

事業報告書

第2期中期目標期間



目次

I	総説.....	1
1.	中期目標の期間.....	1
2.	基本情報.....	1
	(1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構の概要	1
	(2) 本社・支部等の住所	3
	(3) 資本金の状況	4
	(4) 役員の状況.....	4
II	第2期中期目標期間の事業	5
1.	国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成 するためとるべき措置	7
	(1) 産業技術開発関連業務	7
	(ア) 研究開発マネジメントの高度化	7
	(イ) 研究開発の実施	17
	(ウ) 産業技術人材養成の推進	26
	(エ) 技術経営力の強化に関する助言	27
	(2) 新エネルギー・省エネルギー関連業務等	30
	(3) 産業技術開発関連業務及び新エネルギー・省エネルギー関連業務等の 実施に係る共通の実施方針.....	31
	(ア) 企画・公募段階	31
	(イ) 業務実施段階	34
	(ウ) 評価及びフィードバック	37
	(エ) 成果の広報・情報発信に関する事項	37
	(4) クレジット取得関連業務	41
	(ア) 企画・公募段階	43
	(イ) 業務実施段階	44
	(ウ) 評価及びフィードバック・情報発信	45
	(エ) 地球温暖化対策技術普及等推進事業	46
	(5) 債務保証経過業務・貸付経過業務	47
	(6) 石炭経過業務	48
	(ア) 貸付金償還業務	48
	(イ) 旧鉱区管理等業務.....	48
2.	業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置	49
3.	予算（人件費見積もりを含む。）、収支計画及び資金計画	67
4.	短期借入金の限度額	72
5.	重要な財産の譲渡・担保計画	72
6.	剰余金の使途	72

7. その他主務省令で定める事項等	73
8. 産業技術開発関連業務における技術分野ごとの実績.....	76
< 1 > ライフサイエンス分野	76
< 2 > 情報通信分野	124
< 3 > 環境分野	177
< 4 > ナノテクノロジー・材料分野	207
< 5 > エネルギー分野	270
< 6 > 新製造技術分野	271
< 7 > 各分野の境界分野・融合分野及び知的基盤研究分野	291
9. 新エネルギー・省エネルギー関連業務等における技術分野ごとの事業.....	297
< 1 > 燃料電池・水素エネルギー利用技術分野.....	297
< 2 > 新エネルギー技術分野.....	328
< 3 > 省エネルギー技術分野.....	373
< 4 > 環境調和型エネルギー技術分野	394
< 5 > 国際関連分野	409
< 6 > 石炭資源開発分野	419
< 7 > 技術開発等で得られた知見の活用等	425
(第2期中期計画及び第2期実績)	
<別表1> 第2期中期目標期間 決算報告書.....	428
<別表2> 第2期中期目標期間 貸借対照表.....	432
<別表3> 第2期中期目標期間 損益計算書.....	440
<別表4> 第2期中期目標期間 キャッシュ・フロー計算書	448

I 総説

1. 中期目標の期間

平成 20 年 4 月 1 日から平成 25 年 3 月 31 日

2. 基本情報

(1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構の概要

①目的

機構は、非化石エネルギー、可燃性天然ガス及び石炭に関する技術並びにエネルギー使用合理化のための技術並びに鉱工業の技術に関し、民間の能力を活用して行う研究開発(研究及び開発をいう。以下同じ。)、民間において行われる研究開発の促進、これらの技術の利用の促進等の業務を国際的に協調しつつ総合的に行うことにより、産業技術の向上及びその企業化の促進を図り、もって内外の経済的社会的環境に応じたエネルギーの安定的かつ効率的な供給の確保並びに経済及び産業の発展に資することを目的としております。このほか、気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書(以下「京都議定書」という。)第六条 3 に規定する排出削減単位の取得に通ずる行動に参加すること、京都議定書第十二条 9 に規定する認証された排出削減量の取得に参加すること及び京都議定書第十七条に規定する排出量取引に参加すること等により、我が国のエネルギーの利用及び産業活動に対する著しい制約を回避しつつ京都議定書第三条の規定に基づく約束を履行することに寄与することを目的としております。(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第四条)

②業務内容

機構は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第四条の目的を達成するため、以下の業務を行います。

i) 産業技術開発関連業務及び新エネルギー・省エネルギー関連業務等

・産業技術開発関連業務

①民間のみでは取り組むことが困難な、実用化までに中長期の期間を要し、かつリスクの高い「ナショナルプロジェクト」、②産業技術及び新エネルギー・省エネルギー技術の「実用化・企業化促進事業」、③大学や公的研究機関等の有望な技術シーズを育成する「技術シーズの育成事業」を、技術分野ごとの特性や研究開発を取り巻く環境の変化を踏まえて適切に組み合わせて実施する。

【技術分野】

- < 1 > ライフサイエンス分野
- < 2 > 情報通信分野
- < 3 > 環境分野
- < 4 > ナノテクノロジー・材料分野
- < 5 > エネルギー分野
- < 6 > 新製造技術分野
- < 7 > 各分野の境界分野・融合分野及び知的基盤研究分野

・新エネルギー・省エネルギー関連業務等

平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災により日本のエネルギーを巡る環境は大きく変化しており、太陽光・風力などの再生可能エネルギーの導入拡大やそれを支えるスマートグリッドの構築、蓄電池、燃料電池、ヒートポンプなどのエネルギー関連技術の革新を目指した、新エネルギー・省エネルギー関連業務等の重要性はますます高まっている。

これらの情勢を踏まえ、機構は、新エネルギー・省エネルギーにおける政府として重点的に取り組むべき分野の技術開発、実証試験及び導入普及の各業務等を戦略的・重点的に【新エネルギー・省エネルギー

ギー関連業務等における技術分野ごとの計画】のとおり推進する。

【新エネルギー・省エネルギー関連分野】

- < 1 > 燃料電池・水素エネルギー利用技術分野
- < 2 > 新エネルギー技術分野
- < 3 > 省エネルギー技術分野
- < 4 > 環境調和型エネルギー技術分野
- < 5 > 国際関連分野
- < 6 > 石炭資源開発分野

ii) クレジット取得関連業務

「京都議定書目標達成計画」に基づき、京都議定書に定める第一約束期間の目標達成に向けて、国内対策を基本として国民各界各層が最大限努力してもなお、京都議定書の約束達成に不足する差分を踏まえ、計画的に目標達成に必要と見込まれるクレジットの取得及び政府への移転を、制度改善と運用体制の強化をしつつ、実施する。

iii) 債務保証経過業務・貸付経過業務

鉱工業承継業務に係る貸付金の回収について、債権の管理を適切に行い、回収額の最大化に向けて計画的に進める。

iv) 石炭経過業務

- ・ 貸付金償還業務について、回収額の最大化に向け、管理コスト等を勘案しつつ、個別債務者の状況に応じた適切な措置を講じ、計画的に貸付金の回収を進める。
- ・ 旧鉱区管理等業務について、旧石炭鉱業構造調整臨時措置法（昭和三十年制定）により機構が買収し、最終鉱業権者となっている旧鉱区に関する鉱害の発生の防止のため当該鉱区の管理及び鉱害発生後の賠償を行う。

③沿革

- 平成 15 年 10 月 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構設立
- 平成 18 年 4 月 アルコール事業本部を完全民営化に向け特殊会社に移行
(日本アルコール産業株式会社法の施行)
- 平成 18 年 7 月 京都メカニズム クレジット取得関連業務を追加
- 平成 19 年 4 月 技術経営力の強化に関する助言業務を追加
- 平成 24 年 9 月 石炭資源開発業務及び地熱資源開発業務を独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構に承継
- 平成 25 年 4 月 石炭経過業務を独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構に承継

④設立根拠法

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法（平成十四年十二月十一日・法律第百四十五号）

⑤主務大臣（主務省所管課等）

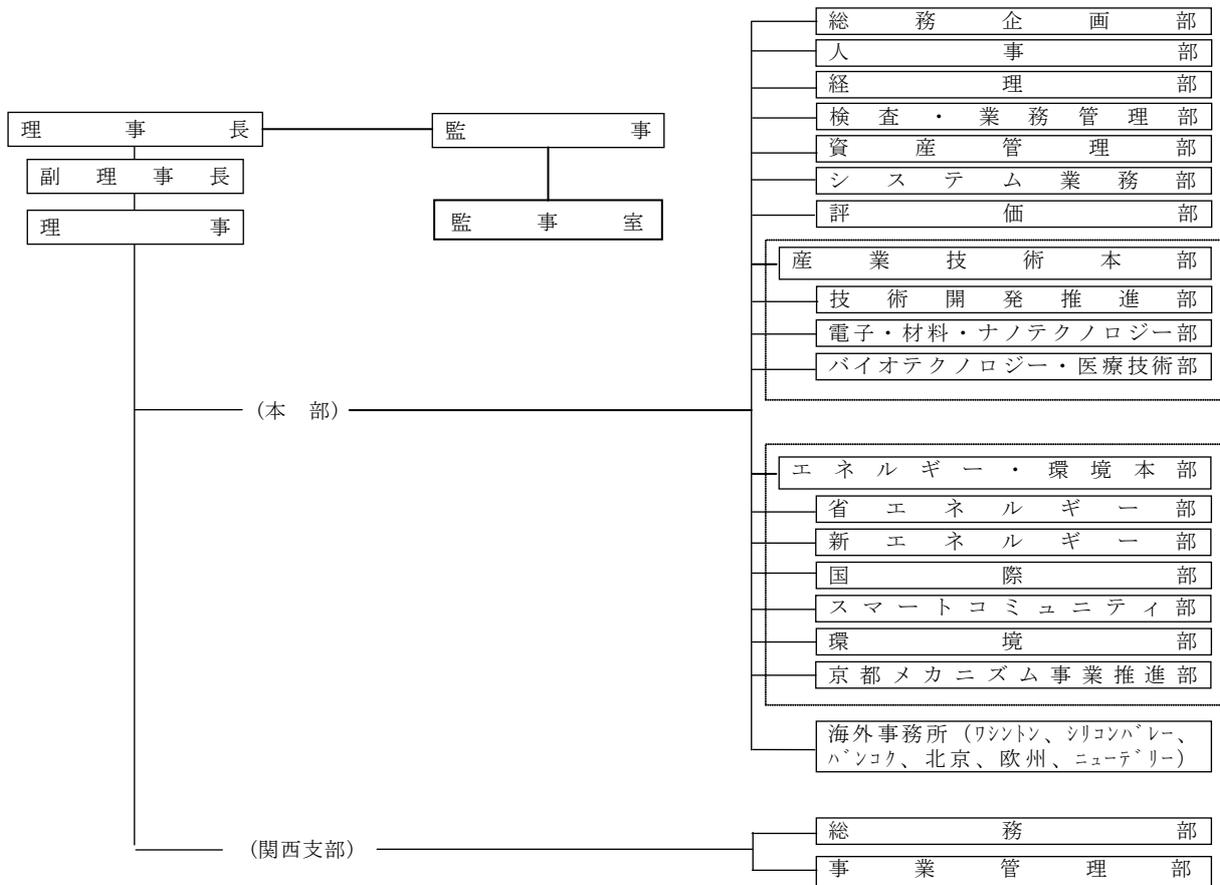
経済産業大臣（経済産業省産業技術環境局技術振興課）

※京都メカニズムクレジット取得関連業務は経済産業大臣及び環境大臣

⑥組織図

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の組織図

（平成 25 年 4 月 1 日現在）



(2) 本社・支部等の住所

①本部 〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町 1310 番
 ミューザ川崎セントラルタワー（総合受付 16 階）

②関西支部 〒530-0001 大阪府大阪市北区梅田三丁目 3-10
 梅田ダイビル 16 階

(3) 資本金の状況

(単位：百万円)

区 分	期首残高	当期増加額	当期減少額	期末残高
政府出資金	143,496	21,720	39,466	125,750
民間出資金	215	—	58	157
資本金合計	143,711	21,720	39,524	125,907

※金額の欄の係数は、原則として四捨五入によっているもので端数において合計と合致しないものがある。

(4) 役員状況 (平成 25 年 3 月 31 日現在)

役 職	氏 名	任 期	担 当	経 歴
理 事 長	古川 一夫	自 H23.10.1 至 H27.9.30	組織業務運営	(株) 日立製作所 執行役社長
副 理 事 長	羽藤 秀雄	自 H23.7.16 至 H27.9.30	業務運営全般についての 理事長補佐、エネルギー・ 環境全般担当	消費者庁審議官
理 事	植田 文雄	自 H21.8.17 至 H25.9.30	電子・材料・ナノテクノロ ジー、省エネルギー、京都 メカニズム事業推進担当	トヨタ自動車(株) 車両材料技術部 バイオマス技術開発室シニアスタッ フエンジニア
理 事	和坂 貞雄	自 H19.10.1 至 H25.9.30	環境、新エネルギー担当	(独) 新エネルギー・産業技術総合 開発機構 環境技術開発部長
理 事	元木 英一	自 H23.10.1 至 H25.9.30	経理、検査・業務管理、資 産管理、システム業務担当	(独) 新エネルギー・産業技術総合 開発機構 検査・業務管理部長
理 事	国吉 浩	自 H24.9.1 至 H25.9.30	国際、スマートコミュニテ ィ担当	近畿経済産業局地域経済部長
理 事	倉田 健児	自 H24.6.3 至 H25.9.30	産業技術全般、総務企画、 人事、評価、バイオテクノ ロジー・医療技術担当	(独) 産業技術総合研究所 企画本部 副本部長
監 事	藤井 哲哉	自 H23.10.1 至 H25.9.30	監査業務担当	東京ガス(株) 監査部長
監 事 (非常勤)	渡辺 通春	自 H21.9.1 至 H25.9.30	監査業務担当	(株) 東芝顧問 (株) 東芝機械監査役 (非常勤)

Ⅱ 第2期中期目標期間の事業

[中期計画]

新エネルギー・産業技術総合開発機構は、昭和55年（1980年）に新エネルギーの開発を促進する特殊法人として設立後、各種業務追加が行われ、新エネルギー・省エネルギー技術開発・導入普及業務、ほぼ全ての産業技術に係る研究開発業務、石炭合理化業務、アルコール製造・販売業務等の多岐にわたる業務を担う機関となった。同特殊法人を前身として平成15年10月に発足した、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「機構」という。）は、独法移行時（平成15年度）に海外石炭関係貸付・債務保証業務及び地熱開発資金債務保証業務を、平成17年度末に研究基盤施設整備に係る出資業務をそれぞれ廃止するとともに、平成18年度末において石炭経過業務のうち鉱害復旧業務を完了し、また、アルコール業務については平成18年4月に特殊会社化することにより廃止する一方で、平成18年度から京都メカニズムクレジット取得事業を開始することなどにより、その行うべき業務を、「研究開発関連業務」、「新エネルギー・省エネルギー導入普及関連業務等」及び「クレジット取得関連業務」の3つに重点化してきた。

その上で、機構は、産業技術及びエネルギー・環境分野における中核的政策実施機関として、独立行政法人のメリットを活かしつつ、第1期中期目標及び中期計画に基づき、次のような業務を実施してきた。

研究開発の実施に当たっては、マネジメントの機能をサイクルとして捉え、一連の流れを繰り返すことで業務を効果的・効率的に処理する手法として、企画（Plan）、実施（Do）、評価（See）、更にその結果を反映させた次の計画（Plan）及び実施（Do）へとつなげるPDSサイクルを本格的に導入し、廃止や縮小を含めた成果を挙げるプロジェクトへの選択と集中を図ったほか、選択と集中をより弾力的に実施するため、各事業部を30部から20部へ大括り化し、活きた研究資金の迅速な提供と厳格な執行に向けた業務執行体制や制度の見直しを行い、産業競争力強化に向けた研究開発を実施した。

また、エネルギー・環境面での技術開発とその実証試験及び導入・普及の促進を通じ、国内においては第1期中期目標期間中に640万トン-CO₂/年の温室効果ガス削減の効果（平成15～18年度の実績値）を挙げ、また、経済産業省及び環境省の委託によりNEDOが実施するクレジット取得関連業務については、初年度となる平成18年度に、90年総排出量比1.6%（1億トン-CO₂）の約6.4%に相当する640万トン-CO₂の購入契約を締結したほか、研究開発や導入普及の成果を、可能な限り国民に対しわかりやすい形で提供すべく、「愛・地球博」への出展等、積極的な情報発信を通じて国民への説明責任を遂行した。

第1期中期目標期間中においては、我が国経済は全般としてみると着実な景気回復を続ける一方で、企業における研究開発活動については、短期的な利益を重視した結果、中長期的な観点からの研究開発投資が減少する傾向が続いた。また、グローバルな競争の激化の中で、差別化による競争力の強化に向け、単なる技術開発ではなく、その成果が社会や市場での価値創造に速やかにつながる「イノベーション」に着目し、その促進に各国政府、企業がしのぎを削る時代となり、更に企業の動向を見ると、例えば半導体関連産業に代表されるように、業界横並びの体制から、産業再編による各企業の専門化が進み、その過程において、オープンイノベーションシステムの導入等の企業間連携が加速された。一方、京都議定書に定める第一約束期間を間近に控え、我が国の温室効果ガス削減目標達成をより確実なものとするために、現実的な取組が必要となってきた。

さらに、人口減少・少子高齢化、アジア及びBRICsの飛躍的な経済成長に代表される世界的規模での競争の激化、原油・稀少金属資源の価格上昇など、持続的経済発展の制約要因となり得る課題も顕在化してきた。

今後、我が国の経済成長をより強固なものとするためには、技術の一層の付加価値化や、社会ニーズを踏まえた新産業群の創出、中長期的な観点からの資源・エネルギー対策が重要であり、あらゆる場面におけるイノベーション創出への期待が高まっている。

このような背景の下、第2期中期目標期間では、民間の能力・知見を最大限に活用しつつ、経済社会の持続的成長の実現に向けたイノベーション創出を推進すべく、我が国産業競争力強化、エネルギーの安定供給及び地球環境問題への対応という課題に対して、技術を核として産学官の叡智を結集し、政策当局との緊密な連携の下、以下の理念に基づき業務を実施する。

①産学官の総力を結集して優れた研究成果を生み出すための高度な研究開発マネジメント機能を提供するとともに、厳格な評価とその結果の適切なフィードバックを通じた業務運営の一層の高度化、プロジェクトフォーメーションの工夫による知の融合拠点の創造やプロジェクト終了後のサンプルマッチング事業の実施などの取組を「技術戦略マップ」の策定・更新作業や「NEDO特別講座」の実施を通じて強化している人的ネットワークも活用しつつ更に活発化することなど、最終的なイノベーションの担い手である事業者の経営を通じてイノベーションに結び付く確率をより高めるための取組を行うことにより、「成果を挙げるNEDO」を推進する。

また、研究開発マネジメントに関するノウハウを組織知としてより一層蓄積・活用し、フィードバックを得て改良するとともに、これらの取組の成果を幅広く世の中に発信すること等により、平成19年度の産業技術力強化法等の改正により追加された事業者における「技術経営力」の強化に関する助言業務を着実に実施する。

②エネルギー・環境分野における技術開発のみならず、あらゆる分野において、「環境重視・人間重視の持続発展可能な形のイノベーション（エコイノベーション）」の実現に向けた取組を強化する。

特に、我が国の国際公約である京都議定書の6%の温室効果ガス排出削減や次期枠組みの議論で我が国が主導的な役割を担うことや、長期的な世界の温室効果ガスの大幅な削減に向け、エネルギー・環境面での技術開発とその導入・普及の促進を通じ、内外のエネルギー・環境問題の解決に貢献するため、「エネルギーの安定供給の確保」、「環境への適合」及びこれらを十分配慮した上での「市場原理の活用」というエネルギー政策目標の同時達成を効率的に実現

することを念頭に置き、国の政策の重要性を踏まえた上で、以下の取組に注力する。

- i) 新エネルギー・省エネルギーに関するノウハウの蓄積があり、また、導入普及段階で発生する技術的課題を研究課題にフィードバックできるという特徴を活かして、技術開発・実証試験・導入促進の各ステージで得られた知見を相互に最大限活用することにより、事業のシナジー効果を高める。
 - ii) 今後、短期的には、京都議定書に定める第一期約束期間の目標達成に効果の高いテーマに重点化する。また、中長期的には、より革新的な効果をもたらすテーマに重点化し、世界のモデルとなるような研究開発と実証を組み合わせた取組を通じて、エコイノベーションの実現を加速する。
 - iii) 国から委託された、気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書の規定に基づく排出削減単位、認証された排出削減量、割当量の一部（以下「クレジット」という。）の取得業務を通じ、我が国の京都議定書第3条の規定に基づく約束の履行に貢献する。
 - iv) これらの取組については、幅広く、かつ、わかりやすく国民に積極的に情報発信を行うとともに、その実施を通じて構築した国際ネットワークを活用して海外に向けても積極的に情報発信を行う。
- ③業務執行体制や制度に係る不断の見直しを通じて、自由な研究や活動を行えるような環境を確保するための機動的かつ柔軟な業務運営に努め、「利用しやすいNEDO」を更に進める。
- ④研究開発や新エネルギー・省エネルギー・環境関連技術の導入普及の成果や、イノベーション創出に関する取組や様々な情報について、「わかりやすく情報発信するNEDO」として積極的な情報発信により国民への説明責任を全うするとともに、過去の成果の蓄積と内外の最新動向分析を基に時代をリードする政策提言を行う。

[中期目標期間実績]

民間の能力・知見を最大限に活用しつつ、経済社会の持続的成長の実現に向けたイノベーション創出を推進するべく、我が国産業競争力強化、エネルギーの安定供給及び地球環境問題への対応という課題に対して、技術を核として産学官の叡智を結集し、政策当局との緊密な連携の下、以下の理念に基づき業務を実施した。

- ①産学官の総力を結集して優れた研究成果を生み出すための高度な研究開発マネジメント機能を提供するとともに、厳格な評価とその結果の適切なフィードバックを通じた業務運営の一層の高度化、プロジェクトフォーメーションの工夫による知の融合拠点の創造やプロジェクト終了後のサンプルマッチング事業の実施などの取組を「技術戦略マップ」の策定・更新作業や「NEDO特別講座」の実施を通じて強化している人的ネットワークも活用しつつ更に活発化することなど、最終的なイノベーションの担い手である事業者の経営を通じてイノベーションに結び付く確率をより高めるための取組を行うことにより、「成果を挙げるNEDO」を推進した。

具体的には、約5000人の機構外部の専門家・有識者を活用した評価の実施とその結果のフィードバックを行うとともに、サンプルマッチング事業やイノベーションジャパン等、研究開発成果の発表・マッチングを活発化させた。また、研究開発マネジメントに関するノウハウを組織知としてより一層蓄積・活用し、フィードバックを得て改良するとともに、これらの取組の成果を幅広く世の中に発信すること等により、平成19年度の産業技術力強化法等の改正により追加された事業者における「技術経営力」の強化に関する助言業務を着実に実施した。

具体的には、研究開発マネジメントに関するノウハウを「NEDO研究開発マネジメントガイドライン」として蓄積・拡充するとともに、研究開発成果を成果発表会等にて広く世の中に発信。また、その研究開発の成果を事業化に結びつけるべく、技術経営の専門家・公認会計士・弁理士等を「技術経営アドバイザー」として委嘱し、NEDO職員とともに、研究委託・助成先の中小企業、ベンチャー企業等に対して技術経営力の強化に関する助言を行った。

- ②エネルギー・環境分野における技術開発のみならず、あらゆる分野において、「環境重視・人間重視の持続発展可能な形のイノベーション（エコイノベーション）」の実現に向けた取組を強化した。

特に、我が国の国際公約である京都議定書の6%の温室効果ガス排出削減や次期枠組みの議論で我が国が主導的な役割を担うことや、長期的な世界の温室効果ガスの大幅な削減に向け、エネルギー・環境面での技術開発とその導入・普及の促進を通じ、内外のエネルギー・環境問題の解決に貢献するため、「エネルギーの安定供給の確保」、「環境への適合」及びこれらを十分配慮した上での「市場原理の活用」というエネルギー政策目標の同時達成を効率的に実現することを念頭に置き、国の政策の重要性を踏まえた上で、以下の取組に注力した。

- i) 新エネルギー・省エネルギーに関するノウハウの蓄積があり、また、導入普及段階で発生する技術的課題を研究課題にフィードバックできるという特徴を活かして、技術開発・実証試験・導入促進の各ステージで得られた知見を相互に最大限活用することにより、事業のシナジー効果を高めた。

具体的には、各事業で得られた成果を実用化するため、プロジェクト及び制度で得られた研究開発成果や技術シーズをイノベーション推進事業等の実用化フェーズの研究開発に結びつけ、切れ目ない支援を実施するなど、事業間・制度間での機動的な連携を図った。また、プロジェクトの大括り化・重点化を実施、成果の相互活用や成果の最大化を図った。

- ii) 短期的には、京都議定書に定める第一期約束期間の目標達成に効果の高いテーマに重点化した。また、中長期的には、より革新的な効果をもたらすテーマに重点化し、世界のモデルとなるような研究開発と実証を組み合わせた取組を通じて、エコイノベーションの実現を加速した。

具体的には、新エネルギー・省エネルギーの実証試験、導入普及業務により、年平均で約200万トン程度、通算1,781万トンのCO₂削減効果をあげた。エコイノベーション推進事業においては、エコイノベーションに資する技術開発関連テーマについて公募・審査・採択を行い、事業を実施した。

- iii) 国から委託されたクレジットの取得業務を通じ、我が国の京都議定書第3条の規定に基づく約束の履行に貢献した。

具体的には、「京都議定書目標達成計画」の目標達成に必要なと見込まれるクレジットの取得及び政府への移転等のクレジット取得関連業務を、制度改善と運用体制の強化により、計画的に実施し、政府取得目標の約1億トン-CO₂に迫る9,752.8万トン-CO₂の契約量を確保した。なお、平成23～24年度は政府方針によ

り新規契約によるクレジットの取得は行わなかった。

iv) これらの取組については、幅広く、かつ、わかりやすく国民に積極的に情報発信を行うとともに、その実施を通じて構築した国際ネットワークを活用して海外に向けても積極的に情報発信を行った。

具体的には、国民へのわかりやすい成果の情報発信・提供のため、成果の映像、印刷物、ホームページ等の媒体の製作・提供、成果発表会、展示会等の開催及び出展等を行った。その際には、必要に応じて印刷物、ホームページ等の媒体の英語版を作成した。また、クレジット取得状況や事業を取り巻く環境変化等の情報収集及び分析等を行い、政策当局への情報提供等を行った。なお、クレジット取得契約相手先の名称、取得契約クレジット量及び移転クレジット量については、各年度終了後に速やかに公表した。

③業務執行体制や制度に係る不断の見直しを通じて、自由な研究や活動を行えるような環境を確保するための機動的かつ柔軟な業務運営に努め、「利用しやすいNEDO」を更に進めた。

具体的には、複数年度契約・交付決定、年複数回採択等の制度を効果的に実施するとともに、契約・検査制度の改善等を行った。また、ホームページにおいて公募時期を事前周知するとともに、公募に関する問い合わせや、各種制度を初めて利用する方、または利用の仕方がわからない方等への助言やサービスを一層向上させるため、「NEDOお客様デスク」を設置し、電話やホームページを通じた相談に対応した。

④研究開発や新エネルギー・省エネルギー・環境関連技術の導入普及の成果や、イノベーション創出に関する取組や様々な情報について、「わかりやすく情報発信するNEDO」として積極的な情報発信により国民への説明責任を全うするとともに、過去の成果の蓄積と内外の最新動向分析を基にプロジェクトの提言を行った。

具体的には、国民への情報発信のため、「イノベーションジャパン」等のイベントセミナー・シンポジウム等の開催・参加のほか、パンフレットや「NEDO活動報告アニュアルレポート」の作成、広報誌の発行を行い、エネルギー及び産業技術等、様々な情報を広く一般に理解してもらえるよう実施した。更に、分かりやすい情報発信を行うために、ホームページのコンテンツの見直し、リニューアルを行ったほか、バナーを活用したメリハリのある情報発信を行った。

経済産業省、産業界等との連携の下、総勢約600名の産学官の専門家の英知を結集して、研究開発プロジェクト戦略の基本となる「技術戦略マップ」を策定し、また、特定の技術動向調査の結果等に基づき、プロジェクトの提言を行った。

1. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置

(1) 産業技術開発関連業務

[中期計画]

機構が産業技術開発関連業務を推進するに当たっては、第3期科学技術基本計画（平成18年3月閣議決定）において重点分野とされたライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料、エネルギー、ものづくり技術等の基本的な政策に基づく分野について、日本の産業競争力強化へつながるテーマを実施する。併せて、エコイノベーションの実現を意識し、他の機関にはない機構の特徴とこれまでの業績を明確に意識、検証しつつ、以下の基本方針の下、産業技術開発関連業務を推進する。

[中期目標期間実績]

機構が産業技術開発関連業務を推進するに当たっては、第3期科学技術基本計画（平成18年3月閣議決定）において重点分野とされたライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料、エネルギー、ものづくり技術等の基本的な政策に基づく分野について、日本の産業競争力強化へつながるプロジェクトを実施した。

(ア) 研究開発マネジメントの高度化

[中期計画]

i) 全般に係る事項

機構が産業技術開発関連業務を推進するに当たっては、PDS（企画－実施－評価）サイクルを深化させ、高度な研究開発マネジメントを実践する。具体的には、産業技術開発関連業務を実施するに当たって、以下に留意することとする。

- ・将来の社会ニーズや技術進歩の動向、国際的な競争ポジション等を踏まえ、要素技術、要求スペック、それらの導入シナリオを時間軸上に示した「技術戦略マップ」の改訂を毎年度継続する。
- ・「技術戦略マップ」の策定・改訂及び日々の学界・産業界との情報交換等により構築した有識者とのネットワークを深化・拡大し、機構の研究開発マネジメントに活用する。
- ・PDSサイクルの一層の深化と確実な定着を図るべく、中間評価、事後評価及び追跡調査の各結果から得られた知見・教訓を「NEDO研究開発マネジメントガイドライン」において引き続き組織知として蓄積するよう毎年度改訂するとともに、同ガイドラインが機構内でより一層活用されるよう、毎年度2回以上の機構内の普及活動を実施する。
- ・機構職員が研究現場に直接出向くことにより「企業・大学インタビュー」を毎年度実施し、その結果を研究開発マネジメントの高度化等のための具体的な取組に結び付け、翌年度のインタビューで評価する。

- ・国内のみならず海外の企業や機関と共同で研究開発を実施する必要性が高まっていることを踏まえ、必要に応じて海外機関との国際連携を図り、双方にとってのWin-Winの関係を構築するため、我が国と相手国双方の利益に結び付く可能性のある技術等について、その有効性を十分検証した上で、情報交換協定などの協力関係を構築した機関数を1.5倍以上に増加させる。その際、意図せざる技術流出の防止の強化を図る観点から、機構の事業の実施者の成果の取扱いについての仕組みの整備等に努めるものとする。

[中期目標期間実績]

機構が産業技術開発関連業務を推進するに当たっては、PDS（企画－実施－評価）サイクルを深化させ、高度な研究開発マネジメントを実践した。

平成20年度には、

- ・機構は、経済産業省、産業界等との連携の下、総勢約600名の産学官の専門家の英知を結集して、研究開発プロジェクト戦略の基本となる「技術戦略マップ2009」を策定（全体30分野のうち、21分野に関与）した。策定に当たっては、機構が計92回の策定ワーキンググループを開催し、最新の技術動向や市場動向、研究開発成果を基に20分野を対象に改訂を行った。
- ・技術戦略マップの策定・改訂において、当該分野の有識者のみならず、異分野の有識者との意見交換を行うことにより、有識者とのネットワークの深化・拡大を図り、機構の研究開発マネジメントに活用した。
- ・「NEDO研究開発マネジメントガイドライン」については、機構が実施する中間評価、事後評価等から得られた知見を追加して平成20年度中に改訂し、機構内に周知した。また、同ガイドラインが機構内でより一層活用されるよう、上半期に2回ワークショップを開催し、下半期にはプロジェクト推進部署を対象に9回の説明会を行い、機構内の普及活動を行った。
- ・これまでの「企業・大学インタビュー」を踏まえた質問項目を用いて、機構の取組についてさらに改善すべき点がないかどうか等について「企業・大学インタビュー2008」を企業53社のCTO等に対して実施した。研究現場の評価を把握、改めて制度改善に着手することにより、現場とのPDSサイクルを深化させた。
- ・欧州において、国際連携促進のための新たな協定を2機関と締結（うち1つは従来からの協定内容の発展）
 - ①スペイン産業技術開発センター（CDTI）と産業技術分野におけるイノベーションの国際連携促進を目的とした協定を締結（平成20年12月）。両国間の国際共同研究について、それぞれの研究開発支援制度を活用し、自国の参加研究機関を支援するもの
 - ②フランス 環境・エネルギー管理庁（ADEME）と従来の情報交換協定から内容を発展させ、技術実証等の協力事業の実施まで可能とした協力協定として締結。（平成20年12月）
- ・新たな連携構築に向けて、国際会議開催協力、ミッション派遣などを行った。（エネルギー技術開発に関する日EU戦略ワークショップ、米国エネルギー省（DOE）傘下研究所ミッション 等）

平成21年度には、

- ・機構は、経済産業省、産業界等との連携の下、総勢約600名の産学官の専門家の英知を結集して、研究開発プロジェクト戦略の基本となる「技術戦略マップ2010」を策定（全体31分野のうち、23分野に関与）した。策定に当たっては、機構が計106回の策定ワーキンググループを開催し、最新の技術動向や市場動向、研究開発成果を基に1分野を新規に策定し、21分野を対象に改訂を行った。
- ・技術戦略マップの策定・改訂において、当該分野の有識者のみならず、異分野の有識者との意見交換を行うことにより、有識者とのネットワークの深化・拡大を図り、機構の研究開発マネジメントに活用した。
- ・「NEDO研究開発マネジメントガイドライン」については、機構が実施する中間評価、事後評価等から得られたマネジメント上の成功事例及び教訓となる事例を追加するなどの改訂を行い、機構内に周知した。また、同ガイドラインを用いた研究開発マネジメントについてのワークショップの開催を2回、職員向け研修における説明会を8回行うなど、機構内の普及活動を行った。
- ・これまでの「企業・大学インタビュー」を踏まえた質問項目を用いて、機構の取組についてさらに改善すべき点がないかどうか等について「企業・大学インタビュー2009」を企業28社のCTO等に対して実施した。研究現場の評価を把握、改めて制度改善に着手することにより、現場とのPDSサイクルを深化させた。
- ・国際連携促進のため、以下の取り組みを実施。
 - ・米国ニューメキシコ州において、日米スマートグリッド実証事業を開始。その際、米国国立研究所、プロジェクトサイト等との所有者間で、4つの基本協定書を締結（平成22年3月）。
 - ・フィンランド技術庁（TEKES）との協定の内容を、従来の情報交換だけではなく、共同技術協力事業推進について追加し新たに締結（平成21年10月）。分野は、省エネルギー、再生可能エネルギー、その他技術開発とした。
 - ・蓄電分野及び水素・燃料電池分野において、ドイツの関係機関等との技術協力を促進するため、関係機関等との協力構築に向けた協議を推進。
 - ・インドのデリー・ムンバイ間産業大動脈（DMIC）構想のスマート・コミュニティ共同開発において、デリー・ムンバイ間産業大動脈開発公社（DMICDC）との間で覚書を締結。
 - ・アラブ首長国連邦（UAE）アブダビ未来エネルギー公社（MASDAR）最高経営責任者と今後の協力可能性について意見交換を実施。
 - ・中国科学院とスマートグリッド等の共同研究の推進について合意し、具体的なプロジェクト構築に向け意見交換を実施。
 - ・国際再生可能エネルギー機関（IRENA）の事務局長と再生可能エネルギーの普及促進に向け協力可能な分野や体制について意見交換を実施。
 - ・ネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）の具体化に向け、日米共同ワークショップを開催。
- ・その他、欧米等において、新たな国際連携構築に向けた会合、ミッション派遣等（日EUエネルギー協力にかかる事

務レベル会合、米国スマグリ官民ミッション等)を行った。

平成22年度には、

- ・機構は、経済産業省、産業界等との連携の下、総勢約600名の産学官の専門家の英知を結集して、研究開発プロジェクト戦略の基本となる「技術戦略マップ2011」を策定(全体31分野のうち、23分野に関与)した。策定に当たっては、機構が計68回の策定ワーキンググループを開催し、最新の技術動向や市場動向、研究開発成果を基に17分野を対象に改訂を行った。
- ・また、技術戦略マップの普及を図るため、我が国の現状や技術開発の方向性等をわかりやすく紹介する概要を作成し、公表した。
- ・技術戦略マップの策定・改訂において、当該分野の有識者のみならず、異分野の有識者との意見交換を行うことにより、有識者とのネットワークの深化・拡大を図り、機構の研究開発マネジメントに活用した。
- ・産学官連携プロジェクトによるアウトカムの最大化を図るために鍵となる知財マネジメントに関する基本方針(NEDO知財マネジメント基本方針)を策定し公表した。また、標準化への取り組みが必要となるプロジェクトにおいて国際標準案を提案する等の活動を行った。
- ・事業計画等においてアウトカムを明確化するため、公募時に「知財マネジメントに関する提案」を応募要件とした。
- ・「NEDO研究開発マネジメントガイドライン」については、機構が実施する中間評価、事後評価等から得られたマネジメント上の成功事例及び教訓となる事例の追加や過去の9事例を現在の視点で見直し内容の充実を図るなどの改訂を行った。また職員向け研修における説明会を11回行うなど、機構内の普及活動を行った。
- ・これまでの「企業・大学インタビュー」での項目に加え直近の情勢を踏まえた質問項目を用いて、機構の取組についてさらに改善すべき点が無いかどうか等について「企業インタビュー2010」を民間企業46社のCTO等に対して実施した。研究現場の評価を把握、改めて制度改善に着手することにより、現場とのPDSサイクルを深化させた。平成22年度は、国際連携促進のためスマートコミュニティ分野や産業技術分野を中心として以下の取り組みを実施した。
- ・ドイツ教育・研究省(BMBF)とのエネルギー貯蔵技術分野での協力関係を構築のためのMOU締結
- ・スペイン産業技術開発センター(CDTI)とのスマートコミュニティ分野の協力に関するLOI締結
- ・フランスの起業支援・イノベーション振興機構(OSEO)との日仏企業イノベーション促進のためのMOU締結
- ・シンガポール国家研究基金(NRF)との間で、エネルギー・環境、産業技術分野での協力についての包括的な合意書締結
- ・世界銀行と情報交換等の包括的協定を締結し、2国間にとどまらず国際機関とも連携して共同で事業を実施していく体制を整備

平成23年度には、

- ・機構は、経済産業省、産業界等との連携の下、総勢約600名の産学官の専門家の英知を結集して、研究開発プロジェクト戦略の基本となる「技術戦略マップ2012」を策定(全体31分野のうち、23分野に関与)した。策定に当たっては、機構が計43回の策定ワーキンググループを開催し、最新の技術動向や市場動向、研究開発成果を基に8分野を対象に改訂を行った。
- ・技術戦略マップの策定・改訂において、当該分野の有識者のみならず、異分野の有識者との意見交換を行うことにより、有識者とのネットワークの深化・拡大を図り、機構の研究開発マネジメントに活用した。
- ・「NEDO研究開発マネジメントガイドライン」については、機構が実施する中間評価、事後評価等から得られたマネジメント上の成功事例及び教訓となる事例を8件追加するなどの改訂を行った。また職員向け研修における説明会を10回行うなど、機構内の普及活動を行った。
- ・平成23年度新規公募時に求めた知財提案の内容把握や実施事業に係る委員会での出口を意識した検討内容の把握を行いつつ、知財マネジメントの高度化に向けた知財基本方針の見直しや必要書類の作成ガイドを検討し、また、特許分析システムの運用を開始した。
- ・これまでの「企業・大学インタビュー」での項目に加え直近の情勢を踏まえた質問項目を用いて、機構の取組についてさらに改善すべき点が無いかどうか等について「CTOインタビュー」を民間企業19社のCTO等に対して実施した。研究現場の評価を把握、改めて制度改善に着手することにより、現場とのPDSサイクルを深化させた。平成23年度は、国際連携促進のためスマートコミュニティ分野や産業技術分野を中心として以下の取り組みを実施した。

- ・フランスの起業支援・イノベーション振興機構(OSEO)との間で、環境分野、産業技術分野において、日仏両国からのファンドによる共同研究事業の仕組みを整備
- ・英国エネルギー技術機構(ETI)とのスマートコミュニティ分野における協力に関するLOI締結
- ・ポーランド環境省とのスマートコミュニティ分野等における協力に関するLOI締結
- ・ニューヨーク州立大学 ナノスケール理工学カレッジ(SUNY CNSE)との新エネルギー省エネルギースマートコミュニティ分野における協力に関するMOU締結

平成24年度には、

- ・機構は、経済産業省、産業界等との連携の下、総勢約600名の産学官の専門家の英知を結集して、研究開発プロジェクト戦略の基本となる「技術戦略マップ2013」を策定した。策定に当たっては、機構が計35回の策定ワーキンググループを開催し、最新の技術動向や市場動向、研究開発成果を基に8分野を対象に改訂を行った。
- ・技術戦略マップの策定・改訂において、当該分野の有識者のみならず、異分野の有識者との意見交換を行うことにより、有識者とのネットワークの深化・拡大を図り、機構の研究開発マネジメントに活用した。
- ・「NEDO研究開発マネジメントガイドライン」については、機構が実施する中間評価、事後評価等から得られたマネジメント上の成功事例及び教訓となる事例を6件追加するなどの改訂を行った。また職員向け研修における説明会

を7回行うなど、機構内の普及活動を行った。

- ・平成24年度新規公募時に求めた知財提案の内容把握を行いつつ、プロジェクト実施者、ならびに機構内における知財マネジメント事例を収集し、ノウハウの蓄積に努めた。これを踏まえ、「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」の改訂・公表を行い、知財合意書の作成ガイドを策定した。また、特許分析システムの運用及び普及の観点から、終了プロジェクトの分析事例を主たる内容としたシステム操作研修を実施した。
- ・研究開発投資を行う企業のうち45社に対して企業役員等へインタビューを実施した。研究現場の評価を把握、改めて制度改善に着手することにより、現場とのPDSサイクルを深化させた。
平成24年度は、国際連携促進のためスマートコミュニティ分野や産業技術分野を中心として、意図せざる技術流出防止の観点を踏まえつつ、以下の取り組みを実施した。
- ・フランスの起業支援・イノベーション振興機構(OSEO)との間で、環境分野及び産業技術分野において、日仏が協力して二国間の共同研究開発を支援する仕組みを整備。公募の結果、バイオテクノロジー・医療分野に係る研究開発テーマ3件を採択。
- ・シンガポール国家研究基金(NRF)との間で、環境分野及び産業技術分野において、日星が協力して二国間の共同研究開発を支援する仕組みを整備。公募の結果、バイオテクノロジー・医療分野に係るFSテーマ3件を採択。
- ・アジア開発銀行(ADB)との間で、エネルギー・環境分野における連携に係るMOU締結。
- ・世界銀行(WB)との間で、双方の指向する事業の連携を高めるため、事業プランの情報交換等を実施。

[中期計画]

ii) 企画段階

- ・類似する研究開発テーマが同時に進行したり同種の研究内容が複数の研究開発事業で行われることによって、今後、効率的かつ効果的な研究開発業務の実施に問題が生ずることがないよう、第2期中期目標期間中に業務の枠組みを含めた事業の再編整理、研究テーマの重点化等を行い、必要な実施体制の見直しを行うものとし、実施プロジェクト数が平成19年度の数を上回らないようにする。
- ・事業実施効果の確保及び事業費の有効活用を図るため、企画型の研究開発事業の立案及びテーマ公募型研究開発事業の案件採択時において、費用対効果分析の実施を徹底するよう努める。
- ・有識者をプログラムマネージャー(PM)・プログラムディレクター(PD)として採用して活用するとともに、部署横断的なリエゾン担当を設置し、分野融合型・連携型プロジェクトの企画を促進する。
- ・地域に埋もれた「まだ見ぬ強豪」のシーズを発掘するために、地方経済産業局や地方の大学との連携強化を図ることとし、機構職員による「イノベーション・オフィサー」及び外部専門家による「新技術調査委員」を全国各地に配置して一層の活用を図る。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・必要な実施体制の見直しを行い、機構の実施プロジェクト数については、平成19年度の120件に対し、平成20年度では118件に重点化した。
- ・研究開発に係るプロジェクトについては、企画型の研究開発事業の企画立案段階においては、外部有識者を活用した事前評価を実施し、予算に見合った成果が期待できるかという費用対効果の観点から評価を実施するとともに、事業内容へ反映させる取組を推進した。また、テーマ公募型研究開発事業の案件採択時においては、例えば「代替フロン等3ガスの排出抑制設備の導入・実用化支援事業」については、単位金額当たりのCO₂削減量を評価するなど、経済性の観点から審査し、費用対効果分析を実施する取組を推進した。
- ・PM4名(半導体、太陽光発電、国際標準、通信関連分野)、PD4名(バイオマス、ライフサイエンス、テーマ公募型事業2名)を新たに配置し、研究開発マネジメントの高度化を図った。また、部署横断的なリエゾン担当について、19年度に引き続きバイオマス技術(バイオ部、新エネ部)1名、蓄電池技術(新エネ部、燃料電池部、機械システム部)1名を配置し、各プロジェクトにおける企画及び推進の牽引役を担った。
- ・機構の支援を受けるに至っていない地域に埋もれた優れた技術シーズを発掘するために、合同公募説明会の実施等により地方経済産業局や地方の大学との連携強化を図った。また、全国各地に配置している「新技術調査委員」を27名に増員し、各支部に配置している機構職員による3名の「イノベーション・オフィサー」との連携を強化しつつ、優れた技術シーズの発掘を行った。

平成21年度には、

- ・必要な実施体制の見直しを行い、機構の実施プロジェクト数については、平成19年度の120件に対し、平成21年度では118件に重点化した。
- ・研究開発に係るプロジェクトについては、企画型の研究開発事業の企画立案段階においては、外部有識者を活用した事前評価を実施し、予算に見合った成果が期待できるかという費用対効果の観点から評価を実施するとともに、事業内容へ反映させる取組を推進した。また、テーマ公募型研究開発事業の案件採択時においては、例えば、単位金額当たりのCO₂削減量を評価するなど、経済性の観点から審査し、費用対効果分析を実施する取組を推進した。また、プロジェクトの社会経済への普及を効果的に進めるべく「アウトカム」をこれまで以上に明確にした。
- ・PM6名(蓄電池、ナノテク、材料、熱・物質移動制御、経済・イノベーション、医療分野)、PD2名(テーマ公募型事業)を新たに配置し、研究開発マネジメントの高度化を図った。また、部署横断的なリエゾン担当について、20年度に引き続きバイオマス技術(新エネ部、バイオ部)1名を配置し、バイオマスの総合利用(エネルギー利用、マテリアル利用)における企画及び推進の牽引役を担った。
- ・機構の支援を受けるに至っていない地域に埋もれた優れた技術シーズを発掘するために、合同公募説明会の実施等により地方経済産業局や地方の大学との連携強化を図った。また、全国各地に配置している26名の「新技術調査委

員」及び各支部に配置している機構職員による3名の「イノベーション・オフィサー」との連携を強化しつつ、優れた技術シーズの発掘を行い、例えば、膀胱癌ワクチンの開発、低投与量で効果を有する静脈内投与型の腫瘍送達用 siRNA キャリアに関する技術等が見出された。

平成22年度には、

- ・必要な実施体制の見直しを行い、機構の実施プロジェクト数については、平成19年度の120件に対し、平成22年度では104件に重点化した。
- ・研究開発に係るプロジェクトについて、企画立案段階において、外部有識者を活用した事前評価を実施し、予算に見合った成果が期待できるかどうかという費用対効果の観点から評価を実施した。また、それら分析から得られる数値等をプロジェクトの基本計画の中に「アウトカム目標」として項目に入れるようマニュアルに記載し、平成22年度新規事業からは実施段階においても常にアウトカムを意識してプロジェクトマネジメントを実施するよう制度化した。
- ・PM2名（知財・国際標準化、分析化学）、PD2名（テーマ公募型事業、電気工学）を新たに配置し、研究開発マネジメントの高度化を図った。また、部署横断的なリエゾン担当について、21年度に引き続きバイオマス技術（新エネ部、バイオ部）1名を配置し、バイオマスの総合利用（エネルギー利用、マテリアル利用）における企画及び推進の牽引役を担った。
- ・機構の支援を受けるに至っていない地域に埋もれた優れた技術シーズを発掘するために、合同制度説明会の実施等により地方経済産業局や地方の大学との連携強化を図った。また、全国各地に配置している25名の「新技術調査委員」及び各支部に配置している機構職員による3名の「イノベーション・オフィサー」との連携を強化しつつ、優れた技術シーズの発掘を行った。

平成23年度には、

- ・必要な実施体制の見直しを行い、機構の実施プロジェクト数については、平成19年度の120件に対し、平成23年度では71件に重点化した。
- ・研究開発に係るプロジェクトについて、企画立案段階において、外部有識者を活用した事前評価を実施し、予算に見合った成果が期待できるかどうかという費用対効果の観点から評価を実施した。また、平成23年度新規事業についても引き続き、それら分析から得られる数値等をプロジェクトの基本計画の中に「アウトカム目標」として項目に入れるようマニュアルに記載し、実施段階においても常にアウトカムを意識してプロジェクトマネジメントを実施した。
- ・PM1名（環境）を新たに配置し、研究開発マネジメントの高度化を図った。また、部署横断的なリエゾン担当について、22年度に引き続きバイオマス技術（新エネルギー部、バイオテクノロジー・医療技術部）1名を配置し、バイオマスの総合利用（エネルギー利用、マテリアル利用）における企画及び推進の牽引役を担った。
- ・機構の支援を受けるに至っていない地域に埋もれた優れた技術シーズを発掘するために、合同制度説明会の実施等により地方経済産業局や地方の大学との連携強化を図った。また、全国各地に配置している23名の「新技術調査委員」及び各支部に配置している機構職員による3名の「イノベーション・オフィサー」との連携を強化しつつ、優れた技術シーズの発掘を行った。

平成24年度には、

- ・必要な実施体制の見直しを行い、機構の実施プロジェクト数については、平成19年度の120件に対し、平成24年度では64件に重点化した。
- ・研究開発に係るプロジェクトについて、企画立案段階において、外部有識者を活用した事前評価を実施し、予算に見合った成果が期待できるかどうかという費用対効果の観点から評価を実施した。また、平成24年度新規事業についても引き続き、それら分析から得られる数値等をプロジェクトの基本計画の中に「アウトカム目標」として項目に入れるようマニュアルに記載し、実施段階においても常にアウトカムを意識してプロジェクトマネジメントを実施した。
- ・半導体技術に専門性を有するプログラムマネージャー（PM）1名を新たに配置し、技術開発マネジメントの高度化を図った。また、分野横断的なPJ（IT融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト）の企画運営を、一体的、効率的及び効果的に行うため「IT融合推進本部」を新たに設置するなど、機動的な実施体制の構築を図った。
- ・機構の支援を受けるに至っていない地域に埋もれた優れた技術シーズを発掘するために、合同制度説明会の実施等により地方経済産業局や地方の大学との連携強化を図った。また、全国各地に配置している21名の「新技術調査委員」及び各支部に配置している機構職員による3名の「イノベーション・オフィサー」との連携を強化しつつ、優れた技術シーズの発掘を行った。

[中期計画]

iii) 実施段階

- ・採択においては、企画競争・公募を通じて、最高の英知を集めたプロジェクトフォーメーションを実現し、その過程で約5,000人の外部有識者のプールを形成し、これを活用して事前評価及び採択審査を実施する。
- ・実施期間中に機構外部の専門家・有識者を活用した評価を適切な手法で実施することとし、特に5年間程度以上の期間を要する事業については、3年目ごとを目途とする中間評価を必ず行う。また、機構による自主的な点検等により常に的確に事業の進捗状況を把握するよう努める。これらの結果等を基に事業の加速化・縮小・中止・見直し等を迅速に行う。
- ・各事業で得られた成果を相互に活用する等、事業間連携に取り組むとともに、分野連携・融合を促進し、成果の最大化を図る。また、制度においては各制度を連携して実施するとともに、必要に応じて複数制度を大括り化する等、機動的な運用を行う。
- ・手続き面では、事業の予見性を高めるとともに、進捗に応じた柔軟な執行を可能とするために導入した「複数年度契約」や、研究開発のニーズに迅速に応える「年複数回採択」等の制度面・手続き面の改善を行うとともに、事業実施者に対する説明会を毎年度4回以上行う。

- ・事業実施者における経費の適正な執行を確保するため、機構内の検査専門部署を中心に、不正行為を行った事業実施者に対しては新たな委託契約及び補助金交付決定を最大6年間停止するといった厳しい処分並びに不正事項を処分した場合は全件公表及び機構内部での情報共有等の取組を、政府の動向等を踏まえつつ徹底する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・採択においては、企画競争・公募を通じて、最高の英知を集めたプロジェクトフォーメーションを実現し、その過程で約5,000人の外部有識者のプールを形成し、これを活用して事前評価及び採択審査を実施した。
 - ・平成20年度は、ナショナルプロジェクト22件について中間評価を実施した。評価結果は、適切に加速化・縮小・中止・見直し等を施し、迅速に平成20年度契約額に反映させる等の対応を実施した（テーマの一部を加速し実施2件、概ね現行どおり実施15件、計画の一部を変更し実施3件、テーマの一部を中止0件、中止または抜本的な改善2件）。
 - ・各事業で得られた成果を確実に実用化を図るため、プロジェクト及び制度で得られた研究開発成果や技術シーズの中からテーマを選出し、イノベーション推進事業等の実用化フェーズの研究開発に結びつけるなど、事業間・制度間での機動的な連携を図った。具体的な事例としては、ナショナルプロジェクトにおいて研究開発を実施した装着型歩行再建ロボットの研究開発成果について、イノベーション推進事業の実用化フェーズの事業に移行させ、製品化に必要な技術開発及び実証試験を実施した。
 - ・研究開発については、複数年度契約・交付決定、年複数回採択等の制度を効果的に実施するとともに、裁量労働制が適用されている研究者を対象にNEDO事業への従事割合に応じた労務費算定手法の導入や出向研究者へ法定福利費を加算した労務費単価の適用など、より研究に専念できる制度・環境面の改善に取り組んだ。また、平成21年度に向けた契約・検査制度の改善等に着手した。
- これらについて、事業実施者向けに、6月・9月・11月・2月の4回、全国4箇所（2月は6箇所：札幌、仙台、東京<川崎>、名古屋、大阪、福岡）で制度面・手続面の説明会を開催したところ、1,611名の参加があった。不正行為を行った事業実施者に対しては、関係府省の動向等を踏まえつつ措置するとともに、不正対応への取組として、不正通報受付窓口の公募資料への掲載やホームページトップ画面への表示により通報窓口の明確化を図った。

平成21年度には、

- ・約5,000人の外部有識者を活用し、プロジェクト実施前に適切に事前評価を行うとともに、採択においては企画競争・公募を通じ、最高の英知を集めたプロジェクトフォーメーションを実現できるよう審査を厳正かつ公正に実施した。
 - ・平成21年度は、ナショナルプロジェクト25件について中間評価を実施した。評価結果は、適切に加速化・縮小・中止・見直し等を施し、迅速に平成21年度契約額に反映させる等の対応を実施した（テーマの一部を加速し実施6件、概ね現行どおり実施13件、計画の一部を変更し実施9件、テーマの一部を中止1件）。
 - ・ナショナルプロジェクト及び技術シーズの育成事業で得られた成果や技術シーズの中からテーマを選出し、イノベーション推進事業等の実用化フェーズの研究開発に結びつけるなど、事業間・制度間での機動的な連携を図り、各事業で得られた成果を相互に活用した。具体的な事例としては、技術シーズ育成フェーズの産業技術研究助成事業において研究成果として得られた、応用展開が可能な省エネ・低環境負荷・安価な殺菌・無菌化の基礎技術を、実用化フェーズのイノベーション推進事業に移行させ、工業用触媒として実用化を目指した技術開発を実施した。
 - ・研究開発については、複数年度契約・交付決定、年複数回採択等の制度を効果的に実施するとともに、平成20年度新規案件から導入した労務費の率専従制度の既存事業への適用拡大やNEDO事業専従者の期間条件の緩和など、研究者が研究に専念できる制度・環境面の改善に取り組んだ。また、平成22年度に向けた契約・検査制度の改善等に着手した。
- これらについて、事業実施者向けに6月・9月・11月・2月の4回、全国5箇所（2月は7箇所：札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、広島、福岡）で制度面・手続面の説明会を開催したところ、1,709名の参加があった。不正・不適切な行為を行った事業実施者に対しては、事案の内容に応じた契約等の停止処分及び返還金の請求を行い、処分内容を公表した。
- また、契約監視委員会を開催し、契約の点検・見直しを行った結果、研究開発等については一者応募の場合に公募期間の延長を行う等、一層の契約の適正化に努めた。

平成22年度には、

- ・約5,000人の外部有識者を活用し、プロジェクト実施前に適切に事前評価を行うとともに、採択においては企画競争・公募を通じ、最高の英知を集めたプロジェクトフォーメーションを実現できるよう審査を厳正かつ公正に実施した。
 - ・平成22年度は、ナショナルプロジェクト16件について中間評価を実施した。評価結果は、適切に計画の一部変更等を施し、迅速に基本計画・実施方針に反映させる等の対応を実施した（計画を一部変更して実施するもの（9件）、テーマの一部を中止して実施するもの（1件）など）。
 - ・各事業で得られた成果の相互活用や成果の最大化を図るため、プロジェクトの大括り化を実施した。具体的には例えば「次世代高効率・高品質照明の基盤技術開発」と「ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発―窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発」という類似技術のプロジェクトを大括り化することで、関係部署、実施者間の情報・成果の共有化等を図り、アウトカム実現に向け効率的に事業運用を行った。
 - ・研究開発については、複数年度契約・交付決定、年複数回採択等の制度を効果的に実施するとともに、平成22年度は大学にとってさらにNEDO事業に参画しやすくなるよう大学向けの契約制度・手続き面の抜本的改正に取り組んだ。また、平成23年度に向けた契約・検査制度の改善等にも着手した。
- これら改善内容等について、事業実施者向けに6月・9月・10月・2月の4回、全国5箇所（9月は6箇所、2月

は7箇所：札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、広島、福岡）で制度面・手続面の説明会を開催したところ、1, 588名の参加があった。

不正を行った事業実施者（平成22年度4事業者）に対しては、事案の内容に応じた契約等の停止処分及び返還金の請求を行い、処分内容を公表した。

平成23年度には、

- ・約5, 000人の外部有識者を活用し、プロジェクト実施前に適切に事前評価を行うとともに、採択においては企画競争・公募を通じ、最高の英知を集めたプロジェクトフォーメーションを実現できるよう審査を厳正かつ公正に実施した。
- ・平成23年度は、ナショナルプロジェクト10件について中間評価を実施した。評価結果は、適切に計画の一部変更等を施し、迅速に基本計画・実施方針に反映させる等の対応を実施した（テーマの一部を加速し実施するもの（1件）、計画を一部変更して実施するもの（2件）など）。
- ・NEDOの研究開発マネジメント機能が生かせる事業に重点化し、NEDOのマネジメント機能が生かされない一者への資金配分等を徹底的に見直した。
- ・各事業で得られた成果の相互活用や成果の最大化を図るため、プロジェクトの重点化を実施した。例えば、「ヒト幹細胞産業応用促進基盤技術開発」において、全てのヒト幹細胞（ES細胞、Muse細胞、間葉系幹細胞、等）を研究開発対象に追加し、横断的な情報共有や課題抽出を実施することで、ヒト幹細胞の評価基盤技術の確立及び標準化原案作成を目指した。
- ・研究開発については、複数年度契約・交付決定、年複数回採択等の制度を効果的に実施するとともに、平成23年度は、労務費単価の改訂及び補助員費の上限単価の見直しを行った。また、平成24年度に向けた契約・検査制度の改善等にも着手した。

これら改善内容等について、事業実施者向けに6月・9月・10月・2月の4回、全国7箇所（6月は5箇所、9・10月は4箇所、2月は7箇所：札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、広島、福岡）で制度面・手続面の説明会を開催したところ、1, 467名の参加があった。

不正を行った事業実施者（平成23年度4件）に対しては、事案の内容に応じた契約等の停止処分及び返還金の請求を行い、処分内容を公表した。

平成24年度には、

- ・約5, 000人の外部有識者を活用し、プロジェクト実施前に適切に事前評価を行うとともに、採択においては企画競争・公募を通じ、最高の英知を集めたプロジェクトフォーメーションを実現できるよう審査を厳正かつ公正に実施した。
- ・平成24年度は、ナショナルプロジェクト10件について中間評価を実施した。評価結果は、適切に計画の一部変更等を施し、迅速に基本計画・実施方針に反映させる等の対応を実施した（テーマの一部を加速し実施するもの（5件）、計画を一部変更して実施するもの（1件）など）。
- ・NEDOの研究開発マネジメント機能が生かせる事業に重点化し、NEDOのマネジメント機能が生かされない一者への資金配分等を徹底的に見直した。
- ・各事業で得られた成果の相互活用や成果の最大化を図るため、プロジェクトの重点化を実施した。例えば、「固体酸化燃料電池を用いた事業用発電システム要素技術開発」においては、平成25年度より開始される、SOFC（固体酸化燃料電池）エネファームの本格普及および中・大容量システムへの展開を目的としたプロジェクトと組み合わせることで、基礎研究～業務用・事業用システム向け～次世代技術開発まで一体化し、SOFCエネファームの普及・拡大を効率的に推進することとした。
- ・研究開発については、複数年度契約・交付決定、年複数回採択等の制度を効果的に実施するとともに、平成24年度は、産業財産権等報告の委任範囲の拡大、労務費非計上者の従事状況報告の様式の廃止等を見直しを行った。また、平成25年度に向けた契約・検査制度の改善等にも着手した。

これら改善内容等について、事業実施者向けに6月・9月・10月・2月の4回、全国6箇所（6月は5箇所、9月は4箇所、10月は2箇所、2月は6箇所：札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、福岡）で制度面・手続面の説明会を開催したところ、1, 156名の参加があった。

不正行為により処分した事案（平成24年度3件）については、事案の内容に応じた契約等の停止及び返還金の請求を行い、処分内容を公表した。

[中期計画]

iv) 評価段階

- ・研究開発期間中のみならず終了後も、その成果の実用化に向けて、研究開発の実施者を始め幅広く産業界等に働きかけを行うとともに、研究開発成果をより多く、迅速に社会につなげるための成果普及事業として、プロジェクト成果物をユーザーにサンプルの形で提供し、その評価結果から課題を抽出するサンプルマッチング事業、プロジェクト成果を実使用に近い環境で実証する成果実証事業等を実施する。
- ・また、制度面で研究開発成果の実用化を阻害する課題があれば、積極的に関係機関に働きかける。
- ・機構の研究開発マネジメントの改善や研究開発プロジェクトの企画立案機能の向上に反映させることを目的として、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成17年3月29日内閣総理大臣決定）を踏まえ、評価に伴う過重な作業負担の回避という観点を考慮しつつ、原則として、240本以上の終了プロジェクトについて逐次追跡調査を実施する。
- ・また、追跡調査の結果として把握される継続事業（機構の事業終了後において事業実施者が機構の成果を活用して実施する研究開発等の活動をいう。）の比率を90%以上とする。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・成果普及事業として、例えば、サンプルマッチング事業においては、高効率高温水素分離膜の開発（平成14年度～18年度）の技術成果の可能性調査を行ったところ、分離膜以外の新用途展開の可能性が確認できた。成果実証事業として、平成14年度から平成19年度まで実施した「集中連系型太陽光発電システム実証研究」において、住宅用太陽光発電システム（以下、PVシステムという。）が集中連系した場合の新型の単独運転検出方式等の開発を行い、PVシステムが技術的に集中連系可能であることを実証した。平成20年度から「集中連系型太陽光発電システム成果普及事業」を開始し、本実証設備が今後の集中連系型PVシステムの基本モデルとなるよう、一般家庭でも容易に管理できる設備形態の実現のための検討を進めるとともに、本設備の安全かつ大規模な導入が可能であることを広く情報発信し、その普及に努めた。
- ・なお、機構が研究開発を行ったマイクロ燃料電池の規制緩和については、その実用化の障壁となっていた燃料カートリッジの旅客機客室持ち込み規制について国内航空法規への対応を進め、平成20年度はボロハイドライドおよび水素吸蔵合金中の水素を用いたマイクロ燃料電池用カートリッジについて旅客機客室持ち込みが可能となるなど、制度面で研究開発成果の実用化を阻害する課題の克服に努めた。
- ・平成20年度においては、評価に伴う過重な作業負担の回避という観点を考慮しつつ、第一期中期目標期間中からの継続分のうち今年度調査対象となっている86件及び平成20年度に事後評価を実施した19件の計105件のナショナルプロジェクト（624機関）について追跡調査を実施した。プロジェクト終了後に上市・製品化に至っている企業や、中止等に至っている企業についてその要因を把握・分析するとともにNEDO成果の波及効果等を、国内外の学会・シンポジウムや海外研究運営機関とのワークショップ等において積極的に情報発信した。
- ・平成20年度において、追跡調査の結果として把握される継続事業（機構の事業終了後において事業実施者が機構の成果を活用して実施する研究開発等の活動をいう。）の比率は、100%であった。
- ・「国の研究開発評価に関する大綱的指針」の改正（平成20年10月31日内閣総理大臣決定）を踏まえ、優れた成果を切れ目なく次につなげていくための事後評価の前倒し実施について、機構の対応方針を明確にし、技術評価実施規程を改定した。

平成21年度には、

- ・NEDOプロジェクトにより生み出された研究開発成果の応用展開の可能性を探るためサンプル提供を実施した。具体例としては、高感度光触媒粉末を、コーティング加工が必要な製品への適用可能性を確認するため、数社にサンプルを提供し、その結果として実用化の目処があることを確認した。
- ・経済産業省における研究開発及びその成果の実用化の際に障害となる規制の検討に呼応し、NEDO事業に関する事例の収集を行った。その結果、薬事法関連、高圧ガス保安法関連などで事例が収集されたため、改善要望点、規制緩和のメリット及び望まれる規制緩和の具体的内容を整理し、経済産業省に対して、これらの規制緩和が実現するよう働きかけを行った。また、国連における自動車用リチウムイオン電池の輸送規制の適正化による自動車用蓄電池の更なる国際展開の後押しや、太陽光発電の集中連系用単独運転検出装置の認証制度確立に取り組むなど、制度面で研究開発の実用化を阻害する課題の克服に努めた。
- ・平成21年度においては、評価に伴う過重な作業負担の回避という観点を考慮しつつ、第一期中期目標期間中からの継続分のうち今年度調査対象となっている91件、第二期中期目標期間から調査を開始した19件、平成21年度に事後評価を実施した12件及び20年度の中間評価で前倒し終了した1件の計123件のナショナルプロジェクトについて追跡調査を実施した。プロジェクト終了後に上市・製品化に至っている企業や、中止等に至っている企業についてその要因を把握・分析するとともにその結果等を、国内外の学会・シンポジウム等において積極的に情報発信した。
- ・平成21年度において、追跡調査の結果として把握される継続事業（機構の事業終了後において事業実施者が機構の成果を活用して実施する研究開発等の活動をいう。）の比率は、100%であった。

平成22年度には、

- ・従来、主に材料関連部署で実施していたサンプルマッチング事業について、機構内全ての事業で開発された成果物を対象候補にして、サンプル提供者と、それを活用した用途展開や実用化または製品化のアイデアを有するユーザーとのマッチングの場をホームページを通じて提供する「開発成果の新用途展開事業」を制度化した。
- ・経済産業省における研究開発及びその成果の実用化の際に障害となる規制の検討に対応し、NEDO事業に関する事例の収集を行った。その結果、道路運送車両法関連、安全保障貿易管理制度関連などで事例が収集されたため、改善要望点等、具体的内容を整理し、経済産業省に対して、これらの規制緩和が実現するよう働きかけを行った。
- ・「NEDO標準化マネジメントガイドライン」「NEDO知財マネジメント基本方針」を策定し、成果がより社会経済に普及するよう仕組みを整備した。
- ・平成22年度においては、評価に伴う過重な作業負担の回避という観点を考慮しつつ、第一期中期目標期間中からの継続分のうち今年度調査対象となっている57件、第二期中期目標期間から調査を開始した13件、平成22年度に事後評価を実施した20件、平成21年度に一部の研究開発項目が先行終了した1件、平成21年度に事後評価を前倒し実施した3件の計94件のナショナルプロジェクトについて追跡調査を実施した。プロジェクト終了後に上市・製品化に至っている企業や中止等に至っている企業についてその要因を把握・分析するとともに、その結果等を国内外の学会・シンポジウム等において積極的に情報発信した。
- ・平成22年度において、追跡調査の結果として把握される継続事業（機構の事業終了後において事業実施者が機構の成果を活用して実施する研究開発等の活動をいう。）の比率は、100%であった。また、新たに公募段階における「NEDO研究開発プロジェクトの実績調査」を9プロジェクトにおいて試行し、更なる成果の把握に努めた。

平成23年度には、

- ・機構内全ての事業で開発された成果物を対象として、サンプル提供者と、それを活用した用途展開や実用化または製品化のアイデアを有するユーザーとのマッチングの場をホームページを通じて提供する「開発成果の新たな用途展開事業」を引き続き実施した。
- ・工業ナノ粒子の安全性評価など、研究開発成果の実用化を阻害する課題について、関係機関への働きかけを行った。
- ・平成23年度においては、評価に伴う過重な作業負担の回避という観点を考慮しつつ、第一期中期目標期間中からの継続分のうち今年度調査対象となっている57件、第二期中期目標期間から調査を開始した43件、平成23年度に事後評価を実施した30件（1件は、2件に分割して評価を実施。2件は、後継案件と併せて翌年度以降の評価としたため、当初予定数と異なる。）、7件のテーマ公募型の研究開発事業の計137件のナショナルプロジェクトについて追跡調査を実施した。うち、製品化に向けて継続実施中のナショナルプロジェクト101件に対してアンケートを送付し、詳細な分析を行った。プロジェクト終了後に上市・製品化に至っている企業や中止等に至っている企業についてその要因を把握・分析するとともに、その結果等を国内外の学会・シンポジウム等において積極的に情報発信した。
- ・平成23年度において、追跡調査の結果として把握される継続事業（機構の事業終了後において事業実施者が機構の成果を活用して実施する研究開発等の活動をいう。）の比率は、99%であった。また、新たに公募段階における「NEDO研究開発プロジェクトの実績調査」を5プロジェクトにおいて実施し、更なる成果の把握に努めた。

平成24年度には、

- ・機構内全ての事業で開発された成果物を対象として、サンプル提供者と、それを活用した用途展開や実用化または製品化のアイデアを有するユーザーとのマッチングの場をホームページを通じて提供する「開発成果の新たな用途展開事業」を引き続き実施した。
- ・機構の事業により開発された小形風車の性能評価手法及び安全性に関する技術基準をベースとして、「小形風車の性能および安全性に関する規格」（JSWTA0001）が制定された。
- ・平成24年度においては、評価に伴う過重な作業負担の回避という観点を考慮しつつ、第1期中期目標期間中からの継続分のうち今年度調査対象となっている30件、第2期中期目標期間から調査を開始した40件、平成24年度に事後評価を実施した18件、6件のテーマ公募型の研究開発事業の計94件のナショナルプロジェクトについて追跡調査を実施し、詳細な分析を行った。プロジェクト終了後に上市・製品化に至っている企業や中止等に至っている企業についてその要因を把握・分析するとともに、その結果等を国内外の学会・シンポジウム等において積極的に情報発信した。
- ・平成24年度において、追跡調査の結果として把握される継続事業（機構の事業終了後において事業実施者が機構の成果を活用して実施する研究開発等の活動をいう。）の比率は、100%であった。また、新たに公募段階における「NEDO研究開発プロジェクトの実績調査」を18プロジェクトにおいて実施し、更なる成果の把握に努めた。

[中期計画]

v) 社会への貢献

- ・機構の活動は、広く国民・社会からの理解及び支持を得ることが重要であることから、機構の成果を国民・社会へ還元する観点から、展示会等において、事業で得られた研究開発成果を積極的に発表することにより、引き続きわかりやすく情報発信することとする。
- ・事業で得られた研究開発成果と企業とのマッチングの場を設け、成果の普及促進を図る。
- ・付加価値の高い研究開発成果の実用化に向け、事業実施者における強い知的財産権の取得を奨励する。また、研究開発成果の国際的普及のため、研究開発実施中から国際標準化に一体的に取り組むとともに、研究開発成果の国際標準化に取り組む。具体的には、毎年度、年度計画に以下の項目に関する数値目標を設定し、その達成を図る。
 - ①研究開発プロジェクトにおける標準化に係る取組を含んだ基本計画数
 - ②機構の事業におけるISO等の国内審議団体又はISO等への標準化に関する提案件数
- ・技術経営力に関する各界有識者のネットワークを構築し、このネットワークを活用しつつ技術経営力に関する知見を深化させ、その成果を産業界に発信する。
- ・大学が研究の中核として、新しい産業技術を生み出しつつあるプロジェクトを対象とし、大学に拠点を設けて人材育成、人的交流事業等を展開する「NEDO特別講座」について、効率的・効果的な実施方法の工夫を図りつつ実施する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・各種展示会等（エコプロダクツ展、新エネルギー世界展示会、ナノテック2009等）において、事業で得られた研究開発成果を実施者自ら積極的に発表する機会を設けた。さらに、引き続き分かりやすく情報発信を行うよう広報活動を強化するため、共通分野において各部が連携して効果的な出展ができるよう、機構内の展示会出展計画を把握する体制を構築した。
- ・事業で得られた研究開発成果と企業とのマッチングが図れるよう、成果報告会を開催したほか、各種展示会に出展し積極的に情報発信を行った。
- ・研究開発成果の国際的普及のため、研究開発実施中から国際標準化に一体的に取り組んだ。また、研究開発終了後、引き続き国際標準化の取組が必要な18件のテーマについてフォローアップ事業を実施し、標準化の取組の加速を図った。上記事業に関し、平成20年度における以下の項目に関する数値目標に対して、その達成を図った。
 - ①研究開発プロジェクトにおける標準化に係る取組を含む基本計画数は、23件となった。
 - ②ISO等へ標準化に関する提案の段階を迎える事業に係る標準化に関する提案件数は、9件となった。

- ・技術経営力に関する各界有識者のネットワークを構築し、このネットワークを活用しつつ技術経営力に関する知見を深化させ、その成果を産業界に発信した。
- ・技術経営に関する各界有識者のネットワークの構築のため、「イノベーションジャパン2008 5周年記念シンポジウム」及び「東アジアイノベーション政策カンファレンス」を実施することにより、イノベーションに関するパネルディスカッション及び技術経営力に関するセッション等を実施した。
- ・「NEDO特別講座」として、新たに「高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発」及び「イノベーション政策研究」をコアとする2講座を立ち上げ、8講座（11拠点）で人材育成や人的交流事業を実施した。

平成21年度には、

- ・事業で得られた研究開発成果の発表・マッチングのために、イノベーションジャパン、次世代冷凍空調技術国際会議2010、第2回日独環境フォーラム等のイベント（展示会・国際会議・成果報告会・セミナー・シンポジウム）（95件）を開催したほか、新エネルギー世界展示会、国際ナノテクノロジー総合展・技術会議、エコプロダクツ等の来場者が1万人を超える展示会（32件）への出展等を行い、積極的な情報発信を行った。
また、ウェブサイトトップページのリニューアルを行った他、各部のイベント活動等の情報を紹介するコーナー「最近の動き」（112件）により、情報提供の充実を図った。
- ・研究開発成果の国際的普及のため、研究開発の実施段階に応じた国際標準化の取り組みを一体的に推進している。特に、国際標準化が必要と判断される研究開発事業については、「国際標準化戦略強化プロジェクト」として位置づけ、標準化戦略の強化と着実な運用を図っている。また、研究開発終了後、引き続き国際標準化の取り組みが必要な19件のテーマについてフォローアップ事業を実施した。上記事業に関して、平成21年度における以下の項目に関する数値目標に対して、その達成を図った。
 - ①研究開発プロジェクトにおける標準化に係る取組を含む基本計画数は28件となった。
 - ②機構の事業におけるISO等の国内審議団体又はISO等への標準化に関する提案件数は11件となった。
- ・技術経営力に関する各界有識者のネットワークを構築するため、イノベーションプラットフォーム構築を目指した「アジアイノベーション政策カンファレンス2009」を開催し、技術経営力に関する知見を深化させた。
- ・「イノベーションジャパン2009」を開催し、NEDO特別講座等における産学連携の成果について産業界に発信した。
- ・「NEDO特別講座」を8講座（11拠点）で実施し、人材育成や人的交流事業を実施した。

平成22年度には、

- ・事業で得られた研究開発成果の発表・マッチングのために、イノベーションジャパン、国際福祉機器展等のイベント（展示会・国際会議・成果報告会・セミナー・シンポジウム）（102件）を開催した。うち、スマートグリッド展／スマートグリッドサミット、上海国際博覧会の日本館イベントステージでのロボット展、World Future Energy Summit、エコプロダクツ展等、来場者が1万人を超える、国内外の展示会（26件）への出展等を行い、積極的な情報発信を行った。
また、ウェブサイトトップページのリニューアルを行った他、各部のプロジェクトやイベント活動等の情報を紹介するコーナー「最近の動き」（123件）により、情報提供の充実を図った。
- ・研究開発成果の国際的普及のため、研究開発の実施段階に応じた国際標準化の取り組みを一体的に推進している。また、研究開発終了後、引き続き国際標準化の取り組みが必要なテーマについて、標準化フォローアップ事業を実施した。さらに、我が国の研究開発成果について、国際的な普及に必要となる国際標準化を目指した標準化研究開発事業を実施した。上記事業に関して、平成22年度における以下の項目に関する数値目標に対して、その達成を図った。
 - ①研究開発プロジェクトにおける標準化に係る取組を含む基本計画数：27件
 - ②機構の事業におけるISO等の国内審議団体又はISO等への標準化に関する提案件数：19件
- ・機構における各標準化事業を支援するため、国際標準化機関、各技術分野での国際標準化活動、国際標準化に係る知財戦略、コンソーシアムにおける知財の取り扱い等の各種専門家からアドバイスを得る体制を整えた（アドバイザー20名超）。
- ・研究開発マネジメント等の成果を広く情報発信することを目的とし、公開講座「グリーンイノベーションに向けて日本が取るべき戦略とは」を一般向けに開催した。具体的には、世界的にも注目を集める「水循環システム」、「希少金属（レアメタル）」及び「スマートコミュニティ」をテーマとして、その知見を約150名の聴講者に情報発信した。
- ・「NEDO特別講座」を8講座（10拠点）で実施し、人材育成や人的交流事業を実施した。全体で130回以上の講座を開催し延べ3,900名以上が受講した。また7回のシンポジウムを開催し延べ500名以上が参加した。これに加え、中間評価を実施し、「研究の深化と事業化、さらにはそれを担う人材育成への貢献において非常に期待が大きい」等の評価を得ている。

平成23年度には、

- ・事業で得られた研究開発成果の発表・マッチングのために、イノベーションジャパン等のイベント（展示会・国際会議・成果報告会・セミナー・シンポジウム）（69件）を開催した。うち、スマートグリッド展／スマートグリッドサミット、World Future Energy Summit、エコプロダクツ展等、来場者が1万人を超える、国内外の展示会への出展等（21件）を行い、積極的な情報発信を行った。
- ・また、ウェブサイトのトップページにおいて、プロジェクトやイベント活動、海外案件のMOU締結等の情報を紹介するコーナー「最近の動き」（96件）をリアルタイムに更新し、情報提供の充実を図るとともに、同じくウェブサイトにおいては「開発成果の新たな用途展開事業（サンプルマッチング）」のページを掲載し、NEDO事業による成果の最大化を図った。
- ・平成23年度新規公募については、公募の提出書類に知財の管理・運営方針に関わる提案を追加し、可能な範囲で事業実施者における知財管理の高度化を促した。

- ・出口戦略の策定に向けて外部有識者等を含めた委員会を組織し、様々なアドバイスを取り込めるよう体制を強化した。
- ・研究開発と一体的に取り組む標準化活動事例として、①サービスロボットの安全規格、②風力発電に係る数値シミュレーション技術を用いた性能評価、③可視光応答型光触媒の抗ウイルス評価方法等を実施した。
 - ①研究開発プロジェクトにおける標準化に係る取り組みを含む基本計画数：23件
 - ②機構の事業におけるISO等の国内審議団体又はISO等への標準化に関する提案件数：4件
- ・機構における知財戦略・標準化戦略を支援するため、国際標準化機関、各技術分野での国際標準化活動、国際標準化に係る知財戦略、コンソーシアムにおける知財の取扱等の各種専門家からアドバイスを得る体制を整え（アドバイザー20名超）、コンソーシアムの知財規程、国際連携に係る海外機関との契約締結等に関して助言等を得ている。
- ・技術経営力の強化に関する情報の発信を目的として、イノベーションジャパン2011やNEDO産業技術セミナーにてセミナーを開催し、約320名の聴講者に講演を行った。「技術」と「知」を国際競争力に結びつける仕組みの構築やNEDOプロジェクトにおける出口戦略強化の取り組みについて情報を発信した。
- ・「NEDO特別講座」においては、企業単独や関連業界だけでは実施できない人材育成の機会として継続的に実施すべきとの22年度期中評価を受け、23年度は5講座（7拠点）で人材育成や人的交流事業を実施した。全体で80回以上の講座を開催し延べ1,570名以上が受講、13回のシンポジウムを開催し延べ1,930名以上が参加し、国内外の多様な人材との交流を推進した。

平成24年度には、

- ・事業で得られた研究開発成果の発表・マッチングのために、イノベーションジャパン等のイベント（展示会・国際会議・成果報告会・セミナー・シンポジウム）（69件）を開催した。うち、スマートグリッド展／スマートグリッドサミット、World Future Energy Summit、nanotech2013等、来場者が1万人を超える、国内外の展示会への出展等（21件）を行い、積極的な情報発信を行った。
- ・また、ウェブサイトのトップページにおいて、プロジェクトやイベント活動、海外案件のMOU締結等の情報を紹介するコーナー「最近の動き」（84件）をリアルタイムに更新し、情報提供の充実を図るとともに、同じくウェブサイトにおいては「開発成果の新用途展開事業（サンプルマッチング）」のページを掲載し、NEDO事業による成果の最大化を図った。
- ・平成24年度新規公募についても、公募の提出書類に知財の管理・運営方針に関わる提案の提出を求め、可能な範囲で事業実施者における知財管理の高度化を促した。
- ・出口戦略の策定に向けて外部有識者等を含めた委員会を組織し、様々なアドバイスを取り込めるよう体制を強化した。
- ・研究開発と一体的に取り組む標準化活動事例として、①サービスロボットの安全性に関する国際安全規格及びこれに基づく認証、②断熱材に係わる熱伝導率測定法の国際標準化活動等を実施した。
 - ①研究開発プロジェクトにおける標準化に係る取り組みを含む基本計画数：25件
 - ②機構の事業におけるISO等の国内審議団体又はISO等への標準化に関する提案件数：19件
- ・機構における知財戦略・標準化戦略を支援するため、国際標準化、コンソーシアムにおける知財の扱い等の各種専門家からアドバイスを得る体制を整え（アドバイザー20名超）、コンソーシアムの知財規程、国際連携に係る海外機関との契約締結、秘密保持契約等に関して助言等を得た。
- ・技術経営力の強化に関する情報の発信を目的として、イノベーションジャパン2012等において、約1080名の聴講者に講演を行った。技術と知財で優り事業で優る仕組みの構築や各事業分野の取り組みと戦略について情報を発信した。
- ・企業単独や関連業界だけでは実施できない人材育成の機会として、「NEDO特別講座」を6講座8拠点にて実施。全体で70回以上の講座を開催し延べ1,660名以上が受講。また5回のシンポジウムを開催し延べ550名以上が参加。

（イ）研究開発の実施

[中期計画]

研究開発事業の推進に当たっては、①民間のみでは取り組むことが困難な、実用化までに中長期の期間を要し、かつリスクの高い「ナショナルプロジェクト」、②産業技術及び新エネルギー・省エネルギー技術の「実用化・企業化促進事業」、③大学や公的研究機関等の有望な技術シーズを育成する「技術シーズの育成事業」、を、技術分野ごとの特性や、研究開発を取り巻く環境の変化を踏まえて適切に組み合わせる。

上記の3種類の研究開発事業のそれぞれについて、以下の原則の下で実施する。

研究開発の実施に際しては、以下の目標の達成を図る。

- ・「ナショナルプロジェクト」においては、機構外部の専門家・有識者を活用した事後評価において、技術的成果、実用化見通し、マネジメント等を評価項目とし、別途公表される計算式に基づき8割以上が「合格」、6割以上が「優良」との評価を得る。また、特許については、真に産業競争力の強化に寄与する発明か、海外出願の必要はないか等に留意しつつ、その出願件数を第2期中期目標期間中に国内特許については5,000件以上、海外特許については1,000件以上とする。
- ・「実用化・企業化促進事業」においては、事業終了後、3年以上経過した時点での実用化達成率を25%以上とする。また、特にイノベーションの実現に資するものとして実施する事業については、機構外部の専門家・有識者を活用した事後評価において、技術的成果、実用化見通し等を評価項目とし、別途公表される計算式に基づき6割以上が「順調」との評価を得るとともに、同評価により得られた知見を基に、技術経営力の強化に関する助言業務の観点も踏まえ、事業実施者に対してアドバイスを行う。

- ・「技術シーズの育成事業」においては、事業の実施に基づく査読済み研究論文の予算当たりの発表数を、技術分野ごとの特徴その他適当な条件を加味した上で、第1期中期目標期間と同等以上とする。また、これらの研究成果が、どのような社会的インパクトを与えたかをシミュレートできるモデル及び指標に関する検討を進める。
- ・また、これらの結果を対外的に公表する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・研究開発事業の推進に当たっては、①民間のみでは取り組むことが困難な、実用化までに中長期の期間を要し、かつリスクの高い「ナショナルプロジェクト」、②産業技術及び新エネルギー・省エネルギー技術の「実用化・企業化促進事業」、③大学や公的研究機関等の有望な技術シーズを育成する「技術シーズの育成事業」を、技術分野ごとの特性や研究開発を取り巻く環境の変化を踏まえて適切に組み合わせて実施した。
- ・平成19年度に終了したプロジェクト19件に関し事後評価を行ったところ、19件全て(100%)が合格以上であり、このうち7件(37%)は優良に該当した。本結果については、ホームページ等を通じて対外的に公表した。
- ・特許出願の20年度実績は、国内特許885件、海外特許282件であった(平成21年5月現在)(ただし、現在集計中であり、今後増加する。なお、19年度実績は、平成20年5月集計中の段階では、国内特許920件、海外特許308件であったが、平成21年5月現在では、国内特許1202件、海外特許540件)。
- ・「実用化・企業化促進事業」において、平成15年度から平成17年度までに事業が終了した案件について、平成20年度における実用化達成率は、30.1%であった。
- ・イノベーション推進事業については、機構外部の専門家・有識者を活用し、終了事業者に対して、技術的成果、実用化見通し等を評価項目とした事後評価を実施した結果、76%が「順調」との評価を得た。さらに、同評価により得られた知見を基に、技術経営力の強化に関する助言業務の観点も踏まえ、事業実施者に対してアドバイスを行った。
- ・平成20年度の論文数は232本であった。これらの研究成果が、どのような社会的インパクトを与えたかをシミュレートするモデル及び指標に関する検討に着手した。

平成21年度には、

- ・研究開発事業の推進に当たっては、①民間のみでは取り組むことが困難な、実用化までに中長期の期間を要し、かつリスクの高い「ナショナルプロジェクト」、②産業技術及び新エネルギー・省エネルギー技術の「実用化・企業化促進事業」、③大学や公的研究機関等の有望な技術シーズを育成する「技術シーズの育成事業」を、技術分野ごとの特性や研究開発を取り巻く環境の変化を踏まえて適切に組み合わせて実施した。
- ・平成20年度に終了したプロジェクト12件及び平成21年度に終了するプロジェクト3件に関し事後評価前倒し実施を行ったところ、15件全て(100%)が合格以上であり、このうち10件(67%)は優良に該当した。本結果については、ホームページ等を通じて対外的に公表した。
- ・特許出願の21年度実績は、国内特許873件、海外特許267件であった(平成22年5月現在)(ただし、現在集計中であり、今後増加する。なお、20年度実績は、平成20年5月集計中の段階では、国内特許885件、海外特許282件であったが、平成22年5月現在では、国内特許1,071件、海外特許387件)。
- ・「実用化・企業化促進事業」において、平成15年度から平成18年度までに事業が終了した案件について、平成21年度におけるイノベーション推進事業(次世代戦略技術実用化開発助成事業及びエコイノベーション推進事業を除く)、SBIR技術革新事業、福祉用具実用化開発推進事業及びエネルギー使用合理化技術戦略的開発(実用化開発フェーズ、実証研究フェーズ)の実用化達成率は、30.4%であった。
- ・イノベーション推進事業については、機構外部の専門家・有識者を活用し、終了事業者に対して、技術的成果、実用化見通し等を評価項目とした事後評価を実施した結果、91%が「順調」との評価を得た。さらに、同評価により得られた知見を基に、技術経営力の強化に関する助言業務の観点も踏まえ、事業実施者に対してアドバイスを行った。
- ・平成21年度の論文数は620本(平成22年5月11日時点)であった。また、これらの研究成果が与えるインパクトや波及効果を定量化するための指標を検討した。具体的には、個々の波及事例を個々のモデルと考え、その個々のモデルに影響力の大きさに応じて重み付けをし、さらに大きさの異なるモデル事例を集計することで波及効果を定量化する手法を開発した。

平成22年度には、

- ・研究開発事業の推進に当たっては、①民間のみでは取り組むことが困難な、実用化までに中長期の期間を要し、かつリスクの高い「ナショナルプロジェクト」、②産業技術及び新エネルギー・省エネルギー技術の「実用化・企業化促進事業」、③大学や公的研究機関等の有望な技術シーズを育成する「技術シーズの育成事業」を、技術分野ごとの特性や、研究開発を取り巻く環境の変化を踏まえて適切に組み合わせて実施した。
- ・研究開発の実施に際しては、平成22年度新規事業については産学官で取り組む基盤的技術の開発、安全性基準や市場性のない特定環境技術の開発、国際共同研究・実証等は委託とし、それ以外は2/3を上限とした共同研究又は助成とした。
- ・また、間接費率については、中小企業と大学等を除き、原則として10%とした。
- ・業務委託契約等については、再委託の額を原則として契約金額の50%未満とした。
- ・平成21年度に終了したプロジェクト20件に関し事後評価を行ったところ、20件全て(100%)が合格以上であり、このうち9件(45%)は優良に該当した。本結果については、ホームページ等を通じて対外的に公表した。
- ・特許出願の22年度実績は、国内特許579件、海外特許177件であった(平成23年5月末現在)(ただし、現在集計中であり、今後増加する。なお、21年度実績は、平成22年5月集計中の段階では、国内特許873件、海外特許267件であったが、平成23年5月末現在では、国内特許1,033件、海外特許366件)。
- ・「実用化・企業化促進事業」において、平成15年度から平成19年度までに事業が終了した案件について、平成22年度におけるイノベーション推進事業(次世代戦略技術実用化開発助成事業及びエコイノベーション推進事業を除く)

く。)等の実用化達成率は、31.5%であった。

- ・イノベーション推進事業については、機構外部の専門家・有識者を活用し、終了事業者に対して、技術的成果、実用化見通し等を評価項目とした事後評価を実施した結果、83.6%が「順調」との評価を得た。さらに、同評価により得られた知見を基に、技術経営力の強化に関する助言業務の観点も踏まえ、事業実施者に対してアドバイスを行った。
- ・平成22年度の論文数は848本であった。また、これらの研究成果が与えるインパクトや波及効果を定量化するための指標を検討した。

平成23年度には、

- ・研究開発事業の推進に当たっては、①民間のみでは取り組むことが困難な、実用化までに中長期の期間を要し、かつリスクの高い「ナショナルプロジェクト」、②産業技術及び新エネルギー・省エネルギー技術の「実用化・企業化促進事業」、③大学や公的研究機関等の有望な技術シーズを育成する「技術シーズの育成事業」を、技術分野ごとの特性や、研究開発を取り巻く環境の変化を踏まえて適切に組み合わせて実施した。
- ・研究開発の実施に際しては、平成23年度新規事業については産学官で取組む基盤的技術の開発、安全性基準や市場性のない特定環境技術の開発、国際共同研究・実証等は委託とし、それ以外は2/3を上限とした共同研究又は助成とした。
- ・また、間接費率については、中小企業と大学等を除き、原則として10%とした。
- ・業務委託契約等について、再委託の額を原則として契約金額の50%未満とした。
- ・平成22年度に終了したプロジェクト30件（1件は、2件に分割して評価を実施。2件は、後継案件と併せて翌年度以降の評価としたため、当初予定数と異なる。）に関し事後評価を行ったところ、29件（97%）が合格以上であり、このうち21件（70%）は優良に該当した。本結果については、ホームページ等を通じて対外的に公表した。
- ・特許出願の23年度実績は、国内特許538件、海外特許118件であった（平成23年5月末現在）（ただし、現在集計中であり、今後増加する。なお、22年度実績は、平成23年5月集計中の段階では、国内特許579件、海外特許177件であったが、平成24年4月現在では、国内特許891件、海外特許293件）。
- ・「実用化・企業化促進事業」において、平成15年度から平成20年度までに事業が終了した案件について、平成23年度におけるイノベーション推進事業（次世代戦略技術実用化開発助成事業、ナノテク・先端部材実用化研究開発及びエコイノベーション推進事業を除く。）等の実用化達成率は、31.0%であった。
- ・イノベーション推進事業については、機構外部の専門家・有識者を活用し、終了事業者に対して、技術的成果、実用化見通し等を評価項目とした事後評価を実施した結果、77.7%が「順調」との評価を得た。さらに、同評価により得られた知見を基に、技術経営力の強化に関する助言業務の観点も踏まえ、事業実施者に対してアドバイスを行った。
- ・平成23年度の論文数は818本であった。また、これらの研究成果が与えるインパクトや波及効果を定量化するための指標を検討するためのデータを収集した。

平成24年度には、

- ・研究開発事業の推進に当たっては、①民間のみでは取り組むことが困難な、実用化までに中長期の期間を要し、かつリスクの高い「ナショナルプロジェクト」、②産業技術及び新エネルギー・省エネルギー技術の「実用化・企業化促進事業」、③大学や公的研究機関等の有望な技術シーズを育成する「技術シーズの育成事業」を、技術分野ごとの特性や、研究開発を取り巻く環境の変化を踏まえて適切に組み合わせて実施した。
- ・研究開発の実施に際しては、平成24年度新規事業については産学官で取組む基盤的技術の開発、安全性基準や市場性のない特定環境技術の開発、国際共同研究・実証等は委託とし、それ以外は2/3を上限とした共同研究又は助成とした。
- ・また、間接費率については、中小企業と大学等を除き、原則として10%とした。
- ・業務委託契約等について、再委託の額を原則として契約金額の50%未満とした。
- ・平成23年度に終了したプロジェクト18件（1件は事業期間延長となり翌年度以降の評価としたため、当初予定数と異なる。）に事後評価を行い、平成24年度に終了したプロジェクト4件に事後評価前倒し実施を行ったところ、22件（100%）が合格以上であり、このうち15件（68%）は優良に該当した。本結果については、ホームページ等を通じて対外的に公表した。
- ・特許出願の24年度実績は、国内特許725件、海外特許318件であった（平成25年3月末現在）（ただし、現在集計中であり、今後増加する。なお、23年度実績は、平成24年4月集計の段階では、国内特許891件、海外特許293件であったが、平成25年3月現在では、国内特許1,220件、海外特許462件）。
- ・「実用化・企業化促進事業」において、平成15年度から平成21年度までに事業が終了した案件について、平成24年度におけるイノベーション推進事業（次世代戦略技術実用化開発助成事業、ナノテク・先端部材実用化研究開発及びエコイノベーション推進事業を除く。）等の実用化達成率は、31.5%であった。
- ・イノベーション推進事業については、機構外部の専門家・有識者を活用し、終了事業者に対して、技術的成果、実用化見通し等を評価項目とした事後評価を実施した結果、77.1%が「順調」との評価を得た。さらに、同評価により得られた知見を基に、技術経営力の強化に関する助言業務の観点も踏まえ、事業実施者に対してアドバイスを行った。
- ・平成24年度の論文数は、683本であった。
- ・また、研究成果がどのような社会的インパクトを与えたかを評価する指標に関する検討を行った。企業との共同研究契約数や論文数を用いて指標を導出し、各研究分野の専門家による定性的評価との相関を評価、指標の有効性を検討した。

[中期計画]

i) ナショナルプロジェクト

ナショナルプロジェクトは、民間のみでは取り組むことが困難な、実用化までに中長期の期間を要し、かつリスクの高い技術テーマにつき、民間の能力を活用して機構が資金負担を行うことによりその研究開発を推進するものである。このため、国際的な研究開発動向、我が国産業界の当該技術分野への取組状況や国際競争力の状況、エネルギー需給の動向、当該技術により実現される新市場・新商品による我が国国民経済への貢献の程度、産業技術政策や新エネルギー・省エネルギー政策の動向、国際貢献の可能性等を十分に踏まえつつ、適切なプロジェクトの企画立案、実施体制の構築及び着実な推進を図るものとする。かかる目的の実現のため、以下に留意するものとする。

また、基盤技術研究促進事業については、第2期中期目標期間中において、事業の廃止を含めた検討を行う。なお、環境適応型高性能小型航空機研究開発事業については、その将来の売上に不確定な要素はあるが、そのリスクを上回る政策的意義を有することにかんがみ、基盤技術研究促進事業により実施する。

- ・プロジェクトの立ち上げに当たっては、産業界・学術界等の外部の専門家・有識者を活用して、市場創出効果・雇用創造効果等が大きく、広範な産業への高い波及効果を有し、中長期的視点から我が国の産業競争力の強化に資することや内外のエネルギー・環境問題の解決に貢献するなど、投入費用を上回る効果が見込まれるかどうかの費用対効果の観点も含めた事前評価を可能な限り実施し、その結果を反映するとともに、全てのプロジェクトについて開始前に広く国民から意見を収集するパブリックコメントを1回以上実施する。その結果を活用しつつ、機構は民間では実施が困難なハイリスクの研究開発を実施することにかんがみ、費用対効果等の不確実性が高くとも、将来の産業・社会に大きな改革をもたらす研究課題には果敢に取り組むことが必要であること、また、機構の研究開発の成果は、単純に実際の投入費用に対する収益額の大小でその成否を判断するのは適切ではなく、むしろ経済全体への波及効果という公共・公益性の観点において社会へ還元すべきであることにも留意して、プロジェクトを実施する。
- ・事前評価の結果実施することとなったプロジェクトについては、経済産業省が定めるプログラム基本計画等に沿って、産業界・学術界等の外部有識者との意見交換及び広く国民から収集した意見を反映させ、適切なプロジェクト基本計画を策定する。プロジェクト基本計画には、プロジェクト終了時点での最終目標を極力定量的かつ明確に記述し、「出口イメージ」を明確に記述するものとする。
- ・プロジェクト基本計画で定める研究期間については、中長期的な視点から、必要に応じ、中期目標期間にとらわれず柔軟かつ適切に策定する。
- ・5年間以上の期間を要するプロジェクトについては、プロジェクト基本計画に、3年目を目途とした中間時点での中間目標を極力定量的かつ明確に記述する。
- ・プロジェクト内の各実施主体間競争体制による場合のように、設置が適切でない場合を除き、指導力と先見性を有するプロジェクトリーダーを選定・設置し、プロジェクトリーダーが、機構内部との明確な役割分担に基づき、機構と連携してプロジェクトを推進できるよう、当該プロジェクトの推進に必要な権限と責任を負うような制度を構築する。なお、必要に応じてプロジェクトの企画立案段階からプロジェクトリーダーを指名し、プロジェクト基本計画の策定及び研究体制の構築への参画を求める。
- ・プロジェクトについては、その性格や目標に応じ、企業間の競争関係や協調関係を活用した適切な研究開発体制の構築を行う。特に、研究管理法人を経由するものは、それが真に必要な役割を担うもののみとし極力少数とするとともに、真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定し、成果を最大化するための最適な研究開発体制の構築に努める等、安易な業界横並び体制に陥ることのないよう留意する。
- ・プロジェクトの終了後、機構外部の専門家・有識者を活用し、技術的成果、実用化見通し、マネジメント等を評価項目とした事後評価を実施するとともに、その結果を以後の機構のマネジメントに活用する。

[中期目標期間実績]

ナショナルプロジェクトは、民間のみでは取り組むことが困難な、実用化までに中長期の期間を要し、かつリスクの高い技術テーマにつき、民間の能力を活用して機構が資金負担を行うことによりその研究開発を推進するものである。このため、国際的な研究開発動向、我が国産業界の当該技術分野への取組状況や国際競争力の状況、エネルギー需給の動向、当該技術により実現される新市場・新商品による我が国国民経済への貢献の程度、産業技術政策や新エネルギー・省エネルギー政策の動向、国際貢献の可能性等を十分に踏まえつつ、適切なプロジェクトの企画立案、実施体制の構築及び着実な推進を図り、係る目的の実現のため【産業技術開発関連業務における技術分野ごとの計画】のとおり実施した。

平成20年度には、

- ・基盤技術研究促進事業において、航空機分野を対象にして公募を実施し、1件の提案に対して厳正に審査した結果1件を採択するとともに、委託事業を実施した。また、研究成果の事業化の状況や売上等の状況について106件の報告を聴取し、研究委託先等への現地調査を113回実施した。15件の売上実績、6件の収益実績を確認し、総額約1千万円の収益納付があった。
- ・平成21年度新規プロジェクトを実施するに当たり、外部有識者との積極的な意見交換の下で事前評価を実施し、プロジェクト基本計画を策定した。その際には、広く一般からの意見を求める機会(NEDO POST)を活用した。
- ・平成21年度の全ての新規プロジェクト15件について、産業競争力強化やエネルギー・環境問題の解決に貢献する観点から、費用対効果を質的または数値化して事前評価書に記載し、基本計画案と共にNEDO POST 3を実施した。NEDO POST 3では、43件のパブリックコメントが寄せられ、その結果も公開した。なお、事前評価書や基本計画については、機構のプロジェクトが経済全体への波及効果という公共・公益性の観点において社会へ還元すべきであることにも留意して作成した。
- ・事前評価の結果、平成20年度に新たに実施することとなったプロジェクトについては、経済産業省が定めるイノベーション基本計画等に沿って、産業界・学術界等の外部有識者との意見交換及び広く国民から収集した意見を反映さ

せ、プロジェクト終了時点での最終目標を極力定量的かつ明確に記述し、「出口イメージ」を明確に記述した基本計画を策定した。

- ・プロジェクト基本計画で定める研究期間については、中長期的な視点から、必要に応じ、中期目標期間にとらわれず柔軟かつ適切に策定した。
- ・5年間以上の期間を要するプロジェクトについては、プロジェクト基本計画、3年目を目途とした中間時点での中間目標を極力定量的かつ明確に記述した。
- ・設置が適切な全てのプロジェクトについて、平成20年度は26名のプロジェクトリーダー及びサブプロジェクトリーダーを委嘱し、適切な研究開発チーム構成を実現した。また、プロジェクトリーダー等と機構のプロジェクト推進部部長との間で了解事項メモを締結し、それぞれの役割を明確にするとともに、当該プロジェクトの推進に必要なかつ十分な権限と責任を付与した。また、プロジェクトの効果的な運営を図ること目的として、企画立案段階からプロジェクトリーダーが参画できるよう諸手続きを迅速に進め、平成20年度においては4名のプロジェクトリーダーについて、プロジェクト開始前からの選定・設置を行った。
- ・プロジェクトについては、その性格や目標に応じ、企業間の競争関係や協調関係を活用した適切な研究開発体制の構築を行った。特に、研究管理法人を經由するものは、それが真に必要な役割を担うもののみとし極力少数とするとともに、真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定し、成果を最大化するための最適な研究開発体制の構築に努める等、安易な業界横並び体制に陥ることのないよう留意した。
- ・平成20年度は、ナショナルプロジェクト19件について外部専門家による事後評価を実施した。その結果得られた多くの教訓等を、属人的なものとするのことなく組織として蓄積し、今後のマネジメントに活かすとともにPDSサイクルを強化していくため、研究開発マネジメントガイドラインの事例を拡充した。さらに、これらを研究開発マネジメント能力向上のための研修に活用した。

平成21年度には、

- ・基盤技術研究促進事業において、継続事業1件を実施した。また、研究成果の事業化の状況や売上等の状況について109件の報告書を接受し、研究委託先等への現地調査を109回実施した。18件の売上実績、6件の収益実績を確認し、総額約1千万円の収益納付があった。
- ・平成22年度に新たに実施する事業については、外部有識者等による事前評価を実施して事前評価書を作成し、全ての新規事業等22件について、パブリックコメントを求めるNEDO POSTを実施した。特に、基本計画案を示してコメントを募集するNEDO POST 3では、45件のコメントが寄せられ、その内容や反映結果を全てNEDOのホームページ上に公開した。また、事前評価書には、将来的な市場規模やCO₂削減効果を数値化して記載し、基本計画のアウトカム目標を明確化した。
- ・事前評価の結果、平成22年度に新たに実施することとなったプロジェクトについては、経済産業省が定めるイノベーション基本計画等に沿って、事前評価書やパブリックコメントを反映させ、極力定量的かつ明確な最終目標及び、明確な「出口イメージ」を記述した基本計画を策定した。また、「アウトカム」をこれまで以上に明確に記述した。
- ・プロジェクト基本計画で定める研究期間については、中長期的な視点から、必要に応じ、中期目標期間にとらわれず柔軟かつ適切に策定した。
- ・5年間以上の期間を要するプロジェクトについては、プロジェクト基本計画、3年目を目途とした中間時点での中間目標を極力定量的かつ明確に記述した。
- ・設置が適切な全てのプロジェクトについて、平成21年度は30名のプロジェクトリーダー及びサブプロジェクトリーダーを委嘱し、適切な研究開発チーム構成を実現した。また、プロジェクトリーダー等と機構のプロジェクト推進部部長との間で了解事項メモを締結し、それぞれの役割を明確にするとともに、当該プロジェクトの推進に必要なかつ十分な権限と責任を付与した。プロジェクト開始前からの選定・設置については、平成21年度は実施しなかった。
- ・プロジェクトの委託先等の選定については、外部の有識者による事前審査と機構内の契約・助成審査委員会の2段階で審査し、選考にあたっては、提案内容や遂行能力などの優位性を審査基準にする他、優れた部分提案者の開発等体制への組み込みに関する事項などを考慮すべき事項として、適切な研究開発フォーメーションの構築に努めた。
- ・平成21年度は、ナショナルプロジェクト15件について外部専門家による事後評価を実施した。その結果得られた多くの教訓等を、属人的なものとするのことなく組織として蓄積し、今後のマネジメントに活かすとともにPDSサイクルを強化していくため、研究開発マネジメントガイドラインの事例を拡充した。さらに、これらを研究開発マネジメント能力向上のための研修に活用した。

平成22年度には、

- ・基盤技術研究促進事業において、継続事業1件を実施するとともに、当該事業について中間評価を行った。また、研究成果の事業化の状況や売上等の状況について109件の報告書を徴収し、研究委託先等への現地調査を109回実施した。6件の収益実績を確認し、総額約9百万円の収益納付があった。最先端研究開発支援プログラムにおいては、総合科学技術会議にて選定された中心研究者のうち2件（Mega-ton Water System、有機系太陽電池開発）の支援に着手し、研究開発を開始した。
- ・全ての新規事業等22件については、外部有識者等による事前評価を実施して事前評価書を作成し、パブリックコメントを求めるNEDO POSTを実施した。この結果、45件のコメントが寄せられ、その内容や反映結果を全てNEDOのホームページ上に公開した。また、事前評価書には、将来的な市場規模やCO₂削減効果等について記載し、基本計画のアウトカム目標を明確化した。
- ・事前評価の結果、新たに実施することとなったプロジェクトについては、経済産業省が定めるイノベーションプログラム基本計画等に沿って、事前評価書やパブリックコメントを反映させ、極力定量的かつ明確な最終目標及び、明確な「出口イメージ」を記述した基本計画を策定した。また、「アウトカム」を明確に記述した。
- ・プロジェクト基本計画で定める研究期間については、中長期的な視点から、必要に応じ、中期目標期間にとらわれず

柔軟かつ適切に策定した。

- ・5年間以上の期間を要するプロジェクトについては、プロジェクト基本計画書上、3年目を目途とした中間時点での中間目標を極力定量的かつ明確に記述した。
- ・設置が適切な全てのプロジェクトについて、平成22年度は29名のプロジェクトリーダー及びサブプロジェクトリーダーを委嘱し、適切な研究開発チーム構成を実現した。また、プロジェクトリーダー等と機構のプロジェクト推進部部長との間で了解事項メモを締結し、それぞれの役割を明確にするとともに、当該プロジェクトの推進に必要なかつ十分な権限と責任を付与した。なお、プロジェクト企画段階からのプロジェクトリーダー選定・設置については、平成22年度は実施しなかった。
- ・プロジェクトの委託先等の選定については、外部有識者による事前審査と機構内の契約・助成審査委員会の2段階で審査し、選考にあたっては、提案内容や執行能力などの優位性を審査基準にする他、優れた部分提案者の開発等体制への組み込みに関する事項などを考慮すべき事項として、適切な研究開発フォーメーションの構築に努めた。
- ・平成22年度は、ナショナルプロジェクト20件について外部専門家による事後評価を実施した。その結果得られた多くの教訓等を、属人的なものとすることなく組織として蓄積し、今後のマネジメントに活かすとともにPDSサイクルを強化していくため、研究開発マネジメントガイドラインの事例を拡充した。さらに、これらを研究開発マネジメント能力向上のための研修に活用した。

平成23年度には、

- ・基盤技術研究促進事業において、継続事業1件を実施した。また、研究成果の事業化の状況や売上等の状況について109件の報告書を徴収し、研究委託先等への現地調査を94回実施した。4件の収益実績を確認し、総額約12百万円の収益納付があった。
最先端研究開発支援プログラムにおいては、総合科学技術会議にて選定された中心研究者のうち2件（Mega-ton Water System、有機系太陽電池開発）の支援を引き続き実施した。
- ・全ての新規事業等9件については、外部有識者等による事前評価を実施して事前評価書を作成し、パブリックコメントを求めるNEDO POSTを実施した。さらに、その内容や反映結果を全てNEDOのホームページ上に公開した。また、事前評価書には、将来的な市場規模やCO₂削減効果等について記載し、基本計画のアウトカム目標を明確化した。
- ・事前評価の結果、新たに実施することとなったプロジェクトについては、経済産業省が定めるイノベーションプログラム基本計画等に沿って、事前評価書やパブリックコメントを反映させ、極力定量的かつ明確な最終目標及び、明確な「出口イメージ」を記述した基本計画を策定した。また、「アウトカム」を明確に記述した。
- ・プロジェクト基本計画で定める研究期間については、中長期的な視点から、必要に応じ、中期目標期間にとらわれず柔軟かつ適切に策定した。
- ・5年間以上の期間を要するプロジェクトについては、プロジェクト基本計画書上、3年目を目途とした中間時点での中間目標を極力定量的かつ明確に記述した。
- ・設置が適切な全てのプロジェクトについて、平成23年度は22名のプロジェクトリーダー及びサブプロジェクトリーダーを委嘱し、適切な研究開発チーム構成を実現した。また、プロジェクトリーダー等と機構のプロジェクト推進部部長との間で了解事項メモを締結し、それぞれの役割を明確にするとともに、当該プロジェクトの推進に必要なかつ十分な権限と責任を付与した。なお、プロジェクト企画段階からのプロジェクトリーダー選定・設置については、平成23年度は実施しなかった。
- ・プロジェクトの委託先等の選定については、外部有識者による事前審査と機構内の契約・助成審査委員会の2段階で審査し、選考にあたっては、提案内容や執行能力などの優位性を審査基準にする他、優れた部分提案者の開発等体制への組み込みを考慮すべき事項として、適切な研究開発フォーメーションの構築に努めた。
- ・平成23年度は、ナショナルプロジェクト30件（1件は、2件に分割して評価を実施。2件は、後継案件と併せて翌年度以降の評価としたため、当初予定数と異なる。）について外部専門家による事後評価を実施した。その結果得られた多くの教訓等を、属人的なものとすることなく組織として蓄積し、今後のマネジメントに活かすとともにPDSサイクルを強化していくため、研究開発マネジメントガイドラインの事例を拡充した。さらに、これらを研究開発マネジメント能力向上のための研修に活用した。

平成24年度には、

- ・基盤技術研究促進事業において、継続事業1件を実施した。また、研究成果の事業化の状況や売上等の状況について109件の報告書を徴収し、研究委託先等への現地調査を71回実施した。12件の収益実績を確認し、総額約23百万円の収益納付があった。
最先端研究開発支援プログラムにおいては、総合科学技術会議にて選定された中心研究者のうち2件（Mega-ton Water System、有機系太陽電池開発）の支援を引き続き実施し、中間評価を受け次年度に向けた対応検討を行った。
- ・全ての新規事業等15件については、外部有識者等による事前評価を実施して事前評価書を作成し、パブリックコメントを求めるNEDO POSTを実施した。さらに、その内容や反映結果を全てNEDOのホームページ上に公開した。また、事前評価書には、将来的な市場規模やCO₂削減効果等について記載し、基本計画のアウトカム目標を明確化した。
- ・事前評価の結果、新たに実施することとなったプロジェクトについては、事前評価書やパブリックコメントを反映させ、極力定量的かつ明確な最終目標及び、明確な「出口イメージ」を記述した基本計画を策定した。また、「アウトカム」を明確に記述した。
- ・プロジェクト基本計画で定める研究期間については、中長期的な視点から、必要に応じ、中期目標期間にとらわれず柔軟かつ適切に策定した。
- ・5年間以上の期間を要するプロジェクトについては、プロジェクト基本計画書上、3年目を目途とした中間時点での中

間目標を極力定量的かつ明確に記述した。

- ・設置が適切な全てのプロジェクトについて、平成24年度は11名のプロジェクトリーダー及びサブプロジェクトリーダーを委嘱し、適切な研究開発チーム構成を実現した。また、プロジェクトリーダー等と機構のプロジェクト推進部部長との間で了解事項メモを締結し、それぞれの役割を明確にするとともに、当該プロジェクトの推進に必要なかつ十分な権限と責任を付与した。なお、プロジェクト企画段階からのプロジェクトリーダー選定・設置については、平成24年度は実施しなかった。
- ・プロジェクトの委託先等の選定については、外部有識者による事前審査と機構内の契約・助成審査委員会の2段階で審査し、選考にあたっては、提案内容や執行能力などの優位性を審査基準にする他、優れた部分提案者の開発等体制への組み込みを考慮すべき事項として、適切な研究開発フォーメーションの構築に努めた。
- ・平成24年度は、平成23年度に終了したプロジェクト18件（1件は事業期間延長となり翌年度以降の評価としたため、当初予定数と異なる。）及び平成24年度に終了したプロジェクト4件について外部専門家による事後評価を実施した。その結果得られた多くの教訓等を、属人的なものとすることなく組織として蓄積し、今後のマネジメントに活かすとともにPDSサイクルを強化していくため、研究開発マネジメントガイドラインの事例を拡充した。さらに、これらを研究開発マネジメント能力向上のための研修に活用した。

[中期計画]

ii) 実用化・企業化促進事業

実用化・企業化促進事業は、比較的短期間で成果が得られ、即効的な市場創出・経済活性化に高い効果を有し得るものであることにかんがみ、その実施に際しては、以下に留意するものとする。

なお、本事業の実施に当たっては、必要に応じて大学等の基礎基盤の科学技術の知見も活用し、実用化・企業化を後押しするものとする。

- ・テーマの採択に当たっては、本事業が比較的短期間で技術の実用化・市場化を行うことを目的とするものであることに留意し、達成すべき技術目標及び実現すべき新製品等の「出ロイメージ」が明確で、我が国の経済活性化やエネルギー・環境問題の解決により直接的で、かつ大きな効果を有する案件を選定する。
- ・公的機関のニーズ等を踏まえた技術開発課題の解決への取組を行う事業については、その有効性等を検証しつつ実施する。また、エコイノベーションの実現に資する取組を行う事業については、その有効性等を検討し、必要に応じて実施する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ①イノベーション推進事業については、平成20年度事業の公募を6回実施し（補正を含む）、申請のあった412件について厳正に審査して79件を採択するとともに、継続分71件と合わせて、150件のテーマに対し助成金を交付した。また、平成21年度新規採択に係る公募を年度内に実施した。さらに、エコイノベーション推進事業においては、エコイノベーションに資する技術開発関連テーマについて公募を2回実施し、申請のあった218件に対し審査を行い、61件を採択し、事業を実施した。
- ②SBI R技術革新事業については、公的機関のニーズを踏まえて、F/S：5課題、R&D：2課題を設定した上で公募を1回実施し、申請のあった24件（F/S：22件、R&D：2件）について厳正に審査を行い、12件（F/S：11件、R&D：1件）を採択し、事業を実施した。なお、F/Sについては、事業化可能性等を考慮した技術の選別を行い、R&Dへ移行する段階的競争選抜を平成21年度当初に行う。
- ③「福祉用具実用化開発推進事業」については、平成20年度の公募は56件の応募があり、提案の優れている研究開発テーマを7件採択するとともに、継続分5件の事業と合わせて助成金の交付を行った。
- ④「エネルギー使用合理化技術戦略的開発（実用化開発フェーズ、実証研究フェーズ）」
実用化開発フェーズについて、平成20年度の公募は13件の応募があり、4件を新規に採択するとともに、継続分を合わせた計22テーマを実施した。
平成19年度採択分の中間評価5テーマについては優良5件と評価された。
平成18年度採択分の事後評価4テーマについては優良1件、合格ライン未達3件と評価された。
平成17年度採択分の事後評価7テーマについては優良4件、合格ライン未達3件と評価された。
実証研究フェーズについて、平成20年度の公募は2件の応募があり、新規採択した1テーマを含め、継続分を含めて計4テーマを実施した。
平成19年度採択分の中間評価1テーマについては優良と評価された。
平成18年度採択分の事後評価2テーマについては優良と評価された。
平成17年度採択分の事後評価1テーマについては優良と評価された。

平成21年度には、

- ①イノベーション推進事業（エコイノベーション推進事業除く）については、平成21年度事業の公募を6回実施し（補正を含む）、申請のあった318件について厳正に審査して165件を採択するとともに、継続分82件と合わせて、247件のテーマに対し助成金を交付した。また、平成22年度新規採択に係る公募を年度内に開始した。さらに、エコイノベーション推進事業においては、エコイノベーションに資する技術開発関連テーマについて公募を2回実施し、申請のあった291件に対し審査を行い、35件を採択し、事業を実施した。
- ②SBI R技術革新事業については、公的機関のニーズを踏まえて、F/S：6課題を設定した上で公募を1回実施し、申請のあった39件について厳正に審査を行い、12件を採択し、事業を実施した。また、継続事業12件（F/S：11件、R&D：1件）を実施した。なお、F/Sについては、R&Dへ移行する段階的競争選抜を行い、平成20年度採択1件のうち5件、平成21年度採択12件のうち7件のR&Dフェーズへの継続を決定し、実施した。

- ③福祉用具実用化開発推進事業については、平成21年度事業の公募を1回実施し、申請のあった45件について厳正に審査を行い、4件のテーマを新規に採択するとともに、継続分5件と合わせて、9件のテーマに助成金を交付した。また、平成22年度新規採択に係る公募を年度内に実施した。さらに開発成果については「バリアフリー2009」、「国際福祉機器展（HCR）2009」において延べ22事業者がNEDOブースにて成果の出展を行い、福祉機器について広く普及啓発を図った。
- ④エネルギー使用合理化技術戦略的開発（実用化開発フェーズ、実証研究フェーズ）については、継続分11テーマ（実用化開発フェーズ9テーマ、実証研究フェーズ2テーマ）を実施した。
- ⑤省エネルギー革新技術開発事業（実用化開発フェーズ、実証研究フェーズ）については、平成21年度事業の公募を2回実施し、申請のあった51件について厳正に審査を行い、14件のテーマを採択した。また、平成22年度新規採択にかかる公募を平成21年度内に開始した。

平成22年度には、
実用化・企業化促進事業として、下記を実施した。

- ①イノベーション推進事業
- ②SBIR技術革新事業
- ③福祉用具実用化開発推進事業
- ④新エネルギーベンチャー技術革新事業（フェーズC）
- ⑤エネルギー使用合理化技術戦略的開発（実用化開発フェーズ、実証研究フェーズ）
- ⑥省エネルギー革新技術開発事業（実用化開発フェーズ、実証研究フェーズ）
- ⑦希少金属代替・削減技術実用化開発助成事業

- ①イノベーション推進事業については、平成22年度事業の公募を2回実施し（補正を含む）、申請のあった200件について厳正に審査して77件を採択するとともに、継続分177件と合わせて、254件のテーマに対し助成金を交付した。なお、本事業については、平成22年度第1次補正予算に係る公募を平成22年度末に実施したため、当初平成22年度末に開始予定だった平成23年度新規採択に係る公募は、平成23年度4月に開始した。
- ②SBIR技術革新事業については、公的機関のニーズ等を踏まえた技術研究課題を設定した上で公募を実施し、事前研究（F/S）の採択を行った。申請のあった20件について厳正に審査して8件を採択するとともに、研究開発（R&D）として継続分7件を実施した。なお、新規F/S採択案件8件に対して、R&Dへ移行する案件を絞り込むことを目的としてステージゲート評価を実施し、継続案件4件を決定した。
- ③福祉用具実用化開発推進事業については、平成22年度事業の公募を1回実施し、申請のあった75件について厳正に審査を行い、11件のテーマを新規に採択するとともに、前年度からの継続分の2件をあわせて13件に対して事業を実施した。事業執行中は、個別経理指導、現場での開発打ち合わせ及び四半期毎の研究進捗確認シート等により、経理面及び技術面に関して適切にマネジメントを実施した。また、専門性の高い個別案件については、技術経営助言業務等を活用した。今年度終了の5件については、展示会でもユーザーから好評で、評価委員からも高い評価を受けており、実用化の可能性が高い。なお、平成23年度より、「イノベーション推進事業」に統合されることを受け、平成23年度新規採択に係る公募は当該事業のもと実施した。
- ④新エネルギーベンチャー技術革新事業（フェーズC）については、継続的な新エネルギー導入普及のための新たな技術オプションの発掘・顕在化を実現し、次世代の社会を支える産業群を創出するため、再生可能エネルギー及びその関連技術に関する技術課題を提示し、事業化可能性の高い基盤技術を保有しているベンチャー・中小企業による実用化技術の研究、実証研究等を実施した。平成22年度においては、新規に研究を開始するテーマの採択を行い、申請のあった7件について厳正に審査して1件を助成（助成率2/3）で実施するとともに、事業化に向けた支援を行った。また、平成23年度新規採択に係る公募は、年度内に公募予告を実施したが、東北地方太平洋沖地震の影響により公募開始は次年度となった。
- ⑤エネルギー使用合理化技術戦略的開発（実用化開発フェーズ、実証研究フェーズ）については、「新・国家エネルギー戦略」（2006年5月）で示された2030年までに更に30%以上のエネルギー消費効率の改善を図るという目標を達成するため、継続分3件のテーマを実施した。
- ⑥省エネルギー革新技術開発事業（実用化開発フェーズ、実証研究フェーズ）については、平成22年度事業の公募を実施し、60件の応募に対し11件を採択・実施するとともに、継続分14件のテーマを実施した。また、平成23年度新規採択に係る公募を平成23年3月29日から開始した。
- ⑦希少金属代替・削減技術実用化開発助成事業については、平成22年度補正予算事業として、我が国の産業競争力の確保のために必要不可欠なレアメタル（レアアース17元素を含む）31種類について、助成事業終了後数年以内に実用化が見込まれるレアメタル代替材料開発、使用量低減技術開発、およびリサイクル技術開発を行うための公募を行い、59件の実施者の選定を行った。

平成23年度には、
実用化・企業化促進事業として、下記を実施した。

- ①イノベーション推進事業（次世代戦略技術実用化開発助成事業、ナノテク・先端部材実用化研究開発を除く。）
- ②SBIR技術革新事業
- ③新エネルギーベンチャー技術革新事業（フェーズC）
- ④省エネルギー革新技術開発事業（実用化開発フェーズ、実証研究フェーズ）
- ⑤希少金属代替・削減技術実用化開発助成事業

- ①イノベーション推進事業については、平成23年度事業の公募のうち一部を2回実施し、申請のあった140件につ

いて厳正に審査して42件を採択するとともに、継続分100件と合わせて、142件のテーマに対し助成金を交付した。イノベーション推進事業の成果をPRするため、建築用石膏ボードのリサイクルにつながる高機能フッ素処理剤開発に関するプレスリリースを行うと共に、ホームページの実用化事例紹介頁にキャパシタ電極材・リチウムイオン電池負極材向け炭化物開発等の成果を新たに掲載した。加えて、23年度公募の採択案件の公表においては、本年度から、全採択案件の事業概要を掲載し、より分かり易く情報発信することに努めた。

- ② S B I R技術革新事業については、公的機関のニーズ等を踏まえた技術研究課題を設定した上で公募を実施し、事前研究（F/S）の採択を行った。申請のあった30件について厳正に審査し9件を採択した。また、22年度にF/S案件として採択した8件について引き続き事業を実施すると共に、当該案件のステージゲート評価を実施し研究開発（R&D）として決定した継続分4件についてF/S事業終了後、R/Dを実施した。また、新規F/S採択案件9件に対して、R&Dへ移行する案件を絞り込むことを目的としてステージゲート評価を実施し、継続案件4件を決定した。
- ③ 新エネルギーベンチャー技術革新事業（フェーズC）については、継続的な新エネルギー導入普及のための新たな技術オプションの発掘・顕在化を実現し、次世代の社会を支える産業群を創出するため、再生可能エネルギー関連技術に関し、事業化可能性の高い基盤技術を保有しているベンチャー・中小企業による実用化技術の研究、実証研究等を実施した。平成23年度においては、新規に研究を開始するテーマの採択を行い、申請のあった14件について厳正に審査して5件を助成（助成率2/3）で実施するとともに、事業化に向けハンズオン支援を4回実施した。平成24年度新規採択に係る公募については、3月23日に公募を開始した。
- ④ 省エネルギー革新技術開発事業（実用化開発フェーズ、実証研究フェーズ）については、平成23年度事業の公募を実施し、124件の応募に対し26件を採択・実施するとともに、継続分21件のテーマを実施した。また、平成24年度からは「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」を新設し、本事業を統合して実施することとしたため、本事業での新規採択はおこなっていない。
- ⑤ 希少金属代替・削減技術実用化開発助成事業については、平成22年度補正事業にて採択した59テーマを引き続き実施した。事業期間中には、より大きな成果が見込まれた5テーマの事業規模を拡大し助成金の増額配賦を行った。事業終了後早期に実用化の目途を立てたテーマが複数あり、他にも優れた成果を得たテーマについてはプレスリリースやイベント出展など、開発した技術の実用化・事業化に向け広報活動も積極的に行った。

平成24年度には、

実用化・企業化促進事業として、下記を実施した。

① イノベーション推進事業（次世代戦略技術実用化開発助成事業、ナノテク・先端部材実用化研究開発を除く。）

② S B I R技術革新事業

③ 福祉用具実用化開発推進事業

① イノベーション推進事業（次世代戦略技術実用化開発助成事業、ナノテク・先端部材実用化研究開発を除く。）については、企業や大学等の技術シーズを実用化に効率的に結実させるため、テーマ重視の柔軟な運用の下に実施した。事業実施中は実用化を念頭に置いた技術開発マネジメントを支援した。継続分42件のテーマを実施した。さらに、イノベーション・ジャパン2012を通じて本事業で得られた成果について情報発信を行った。

② S B I R技術革新事業については、公的機関のニーズ等を踏まえた技術開発課題に対する事前研究（F/S）で採択した9件について研究を継続し、その内、ステージゲート評価により継続が認められた4件を研究開発（R&D）として実施した。

③ 福祉用具実用化開発推進事業については、平成24年度は公募を2回実施し、第1回公募では申請33件のうち2件、第2回公募では申請12件のうち5件のテーマを厳正な審査を経て新規採択するとともに、継続分1件と合わせて、8件のテーマに助成金を交付、民間企業等による優れた技術や創意工夫のある福祉用具の実用化開発を推進した。さらに、バリアフリー展、国際福祉機器展を通じて、助成事業者の成果を紹介するとともに、イベントに会場されたユーザーの声を開発に反映した。

[中期計画]

iii) 技術シーズの育成事業

- ・ 広範な視点から社会・産業界のニーズに対応するため、大学・公的研究機関の研究者やその国際共同研究チームなどが有する有望な技術シーズを育成する事業を実施する。その際、我が国の競争的な研究開発環境の醸成等研究開発システムの改革にも資するよう努めるとともに、我が国の産業競争力の強化やエネルギー・環境問題解決等の政策目的に即したテーマの選定を適切に行うため、以下に留意するものとする。
- ・ テーマの選定に当たっては、基礎的・基盤的なものから、広範な産業への波及効果が期待できるものまで、将来の産業技術シーズとして広くポテンシャルを有するテーマを採択する。
- ・ 所属機関や経歴・業績などにとらわれず、若手研究者や地方の大学・公的研究機関の優れた提案も積極的に発掘する。その際、配分先の不必要な重複や過度の集中排除に努めるものとする。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・ 「産業技術研究助成事業」においては、平成20年度新規採択テーマに係る公募を2回実施し、申請のあった808件について厳正な審査を行った結果、将来の産業技術シーズとして広くポテンシャルを有するテーマの絞り込みを行い、77件を採択するとともに、継続分363件（うち旧「国際共同研究助成事業」12件）と合わせて440件に対し、助成金を交付した。また、平成20年6月末で終了した77件のテーマに対して、助成期間の延長を希望する事業について、これまでの事業実施の結果を踏まえて審査を行い、4件を1年半延長した。加えて、助成開始後2年

目となる34件を対象に中間評価を実施するとともに、終了した204件を対象に事後評価を実施した。さらに、平成21年度新規採択に係る公募を開始した。

- ・NEDO職員自らが、主要都市における100箇所以上の大学・研究機関等で、優良課題発掘のためのシーズ発掘・個別説明会を実施した。
- ・研究開発成果を産業応用化、実用化に結びつけるための情報発信に関する支援を実施した。具体的には、研究成果事例集の作成・配付、イベント等を活用した成果の発信、研究成果に関するプレスリリースなどの活動を相乗効果が高まるよう組み合わせて行い、優れた産業技術シーズや成果を広く産業界に発信した。

平成21年度には、

- ・「産業技術研究助成事業」においては、平成21年度新規採択テーマに係る公募を2回実施し、申請のあった925件について厳正な審査を行った結果、将来の産業技術シーズとして広くポテンシャルを有するテーマの絞り込みを行い、92件を採択するとともに、継続分224件と合わせて316件に対し、助成金を交付した。また助成開始後2年目となる97件を対象に中間評価を実施するとともに、終了した107件を対象に事後評価を実施した。
- ・NEDO職員自らが、主要都市における100箇所以上の大学・研究機関等で、優良課題発掘のためのシーズ発掘・個別説明会を実施した。
- ・研究開発成果を産業応用化、実用化に結びつけるための情報発信に関する支援を実施した。具体的には、研究成果事例集の作成・配付、イベント等を活用した成果の発信、研究成果に関するプレスリリースなどの活動を相乗効果が高まるよう組み合わせて行い、優れた産業技術シーズや成果を広く産業界に発信した。

平成22年度には、

- ・「産業技術研究助成事業」においては、平成22年度は、継続分280件に対し、助成金を交付した。また助成開始後2年目となる85件を対象に中間評価を実施するとともに、終了した74件を対象に事後評価を実施した。
- ・研究開発途中の段階から優れた産業技術シーズを広く産業界に周知し、ビジネスパートナー、ユーザーとの連携強化を促進することにより、産業応用化、実用化の確度を高めるための支援を行った。具体的には、研究成果の分かりやすい情報発信および連携先企業候補の担当者との情報交換の場の提供支援等を実施した。

平成23年度には、

- ・「産業技術研究助成事業」においては、平成23年度は、継続分178件に対し、助成金を交付した。また助成開始後2年目となる48件を対象に中間評価を実施するとともに、終了した74件を対象に事後評価を実施した。
- ・研究開発途中の段階から優れた産業技術シーズを広く産業界に周知し、ビジネスパートナー、ユーザーとの連携強化を促進することにより、産業応用化、実用化の確度を高めるための支援を行った。具体的には、研究成果の分かりやすい情報発信および連携先企業候補の担当者との情報交換の場の提供支援等を実施した。

平成24年度には、

- ・「産業技術研究助成事業」においては、平成24年度は、継続分148件に対し、助成金を交付した。また、終了した38件を対象に事後評価を実施した。
- ・研究開発途中の段階から優れた産業技術シーズを広く産業界に周知し、ビジネスパートナー、ユーザーとの連携強化を促進することにより、産業応用化、実用化の確度を高めるための支援を行った。具体的には、イノベーション・ジャパンへの出展、マッチングデーへの参加、産学連携ガイドラインの有効性検証など、研究成果の分かりやすい情報発信および連携先企業候補の担当者との情報交換の場の提供支援等を実施した。
- ・また、記者会見を含む7件のプレスリリースを実施し、研究成果の幅広い広報に努めた。

(ウ) 産業技術人材養成の推進

[中期計画]

民間企業や大学等において中核的人材として活躍し、イノベーションの実現に貢献する技術者の養成事業の質的強化を図る。具体的には、産業技術の将来を担う創造性豊かな技術者・研究者を機構の研究開発プロジェクトや公的研究機関等の最先端の研究現場において研究開発等に携わらせること及び大学等の研究者への助成をすることにより人材を育成するとともに、機構の研究開発プロジェクトに併設するNEDO特別講座について効率的・効果的な実施方法の工夫を図りつつ実施する。これらの活動を通じ、民間企業や大学等において中核的人材として活躍する技術者を、高齢化の進展状況、政府予算の状況その他適当な条件を加味した上で、第1期中期目標期間と同等程度養成する。産業技術フェローシップ事業については、高度な学歴と知識を有する鉱工業技術者の養成を図るとともに、その成果を十分に把握するため、終了者の追跡調査等により事業成果を的確に把握し、事業目的に即した成果が得られているか検証するとともに、検証結果を公表する。その際、終了者のうち本事業の養成目的に合致した業務に従事する者の占める割合を60%以上とする。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・ナショナルプロジェクト等への若手研究者の参画、産業界のニーズに基づいた大学・公的研究機関等における若手研究者による研究開発活動への助成、産業技術フェローシップ事業（技術者養成事業）の推進を通して総合的に1,948名の若手研究者を中心とした人材養成を行った。（第1期中期目標期間実績 6,214名）
 - ナショナルプロジェクト等 1,708名
 - 産業技術フェローシップ事業 10名
 - 産業技術研究助成事業 115名
 - NEDOカレッジ 115名

(定義：平成20年度中に新たに登録した、主に40歳未満の若手研究者(通年ベース))

- ・産業技術フェロシップ事業では、公募により新たに10名を採用するとともに、技術経営、知財戦略等の知識の習得を目的とした座学やグループ討議による研修を実施し、優れた人材の養成を図った。20年度に終了した56名のうち、本事業の養成目的に合致した業務に従事する者の占める割合は76.8%であった。また、第1期中期計画期間中の終了者を対象に事業の成果を把握するための追跡調査を実施した。

平成21年度には、

- ・ナショナルプロジェクト等への若手研究者の参画、産業界のニーズに基づいた大学・公的研究機関等における若手研究者による研究開発活動への助成等の推進を通して総合的に約1,700名の若手研究者を中心とした人材養成を行った。(第1期中期目標期間実績 6,214名)

ナショナルプロジェクト等 1,555名

産業技術研究助成事業 129名等

(定義：平成21年度中に新たに登録した、40歳未満の若手研究者(通年ベース))

- ・産業技術フェロシップ事業では、技術経営、知財戦略等の知識の習得を目的とした座学やグループ討議による研修を実施し、優れた人材の養成を図った。平成20年度に実施した追跡調査結果等を基に事業目的に即した成果が得られているか検証し、その検証結果についてNEDOホームページにて公表した。

平成22年度には、

- ・ナショナルプロジェクト等への若手研究者の参画等の推進を通して、約1,700名の若手研究者を中心とした人材養成を行った。(第1期中期目標期間実績 6,214名)

(定義：平成22年度中に新たに登録した、40歳未満の若手研究者(通年ベース))

- ・産業技術フェロシップ事業では、受入機関と意見交換を実施する等の連携を図り、優れた人材の養成を図った。

平成23年度には、

- ・ナショナルプロジェクト等への若手研究者の参画等の推進を通して、約660名の若手研究者を中心とした人材養成を行った。(第1期中期目標期間実績 6,214名)

(定義：平成23年度中に新たに登録した、40歳未満の若手研究者(通年ベース))

平成24年度には、

- ・ナショナルプロジェクト等への若手研究者の参画等の推進を通して、約590名の若手研究者を中心とした人材養成を行った。(第1期中期目標期間実績 6,214名)

(定義：平成24年度中に新たに登録した、40歳未満の若手研究者(通年ベース))

(エ) 技術経営力の強化に関する助言

[中期計画]

ナショナル・イノベーション・システムにおける機構の役割と責務を踏まえ、研究開発等の成果が事業者の経営上活用されることを重視し、機構が実施してきた研究開発マネジメントの高度化に向けた取組を強化することにより技術経営力に関する知見を深化させるとともに、その成果を活用した事業者の技術経営力の強化に関する助言に係る業務として、以下の取組を実施する。

- ・技術経営力に関する各界有識者のネットワークを構築し、このネットワークを活用し、技術経営力に関する機構内職員の研修を毎年度1コース以上実施するとともに、技術経営力の強化をテーマとしたシンポジウム等を毎年度1回以上開催すること等により、その知見を産業界等に発信する。とりわけ、これまでに蓄積された研究開発プロジェクトのフォーメーション等の決定における採択審査委員会、プロジェクトの途中及び事後における評価委員会などにおける外部有識者を含めた関係各方面とのネットワークを十二分に活用する。
- ・研究開発マネジメントの専門家を目指す職員を外部の研究開発現場等に毎年度1名以上派遣し、その経験を積ませるとともに、大学における技術経営学、工学等の博士号、修士号等について、第2期中期目標期間中に5名以上の取得を行わせる等、当該業務実施に必要な知識・技能の獲得に資する能力開発制度を充実する。
- ・イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として第2期中期目標期間中に100本以上の発表を行う。
- ・技術経営力に関する各界有識者のネットワークを活用し、機構の事業実施者に対し、知的財産の適切な管理・運営、国際標準化の取組を含む技術経営力の強化に係る助言を行う。
- ・研究開発マネジメントのノウハウ等の成果を、社会人向け公開講座等を活用して、企業の技術開発部門や企画部門の担当者等に発信する。
- ・ベンチャー企業等を対象とする事業において、事業実施者の経営能力に関する要素を審査の過程で重視することとし、審査の過程で得られた知見を基に、技術経営力の強化に関する助言業務の観点も踏まえ、事業実施者に対してアドバイスを行う。
- ・研究開発と技術経営を担う人材を育成し、人的ネットワークを更に強化するための研究拠点として、技術経営等についての「NEDO特別講座」を平成21年度までに設置する。
- ・事業者の技術経営力の強化に向けた業務の一環としての観点も踏まえつつ、良質な技術シーズを発掘するため、機構の事業に対する応募に係る相談対応を毎年度2回以上実施する。

[中期目標期間実績]

ナショナル・イノベーション・システムにおける機構の役割と責務を踏まえ、研究開発等の成果が事業者の経営上活用されることを重視し、機構が実施してきた研究開発マネジメントの高度化に向けた取組を強化することにより技術経営

営力に関する知見を深化させるとともに、その成果を活用した事業者の技術経営力の強化に関する助言に係る業務として、以下の取組を実施した。

平成20年度には、

- ・技術経営力に関する各界有識者のネットワークを構築し、このネットワークを活用し、技術経営力に関する機構内職員の研修としてNEDOカレッジ（上期：1コース、下期：1コース）を実施した。また、技術経営力の強化をテーマとしたシンポジウム等として、イノベーションジャパン2008における5周年記念シンポジウム及び東アジアイノベーション政策カンファレンスの2回のシンポジウムを開催すること等により、その知見を産業界等に発信した。
- ・研究開発現場への派遣として東京大学及び東北大学にそれぞれ1名ずつ職員の派遣を実施した。また早稲田大学 MOT コースに2名、東京大学博士課程1名、東京工業大学博士課程1名、ジョージ・ワシントン大学1名の派遣を実施し、職員の専門的知見の更なる深化につとめた。
- ・イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、22本の論文発表を実施した。
- ・研究委託・助成先の中小企業、ベンチャー企業等に対し、NEDO職員と技術経営の専門家・公認会計士・弁理士等が、コンサルティングを行うなど、技術経営力の強化に関する助言業務を実施した。（39事業者、延べ61回）
- ・平成19年度からの2科目に加えて、機構のプロジェクトマネジメントノウハウの情報発信等を目的とした社会人向け公開講座「NEDOカレッジ」として、技術経営（講師は企業経営者OB）や環境・エネルギー（講師は化学工学学会関連団体関係者）に関する講座とも連携して、計7科目（前期4科目、後期3科目）を実施した。
- ・イノベーション推進事業においては、412件の申請者全員から企業経営自己評価レポートを提出させ、審査の際に申請者による知的資産経営のプレゼンテーションを実施し、審査委員からの確かなアドバイスを受けるなど、効果的な運用を図った。新エネルギーベンチャー技術革新事業においては、提案時にビジネスプランの提出を求め、委託期間中に、ビジネスプランの充実に向けてハンズオン支援を行った。また、審査の過程で得られた知見を基に、技術経営力の強化に関する助言業務の観点も踏まえ、ベンチャー企業、中小企業等の事業実施者に対してアドバイスを行った。
- ・研究開発と技術経営を担う人材を育成し、人的ネットワークを更に強化するための研究拠点として、技術経営等についての「NEDO特別講座」を設置した。
- ・テーマ公募型事業の公募時期に合わせて、個別相談会を開催。他にも随時、学会、大学での公募説明会や地方経済産業局と連携して公募相談会を開催した。（2事業、延べ23回）

【産業技術研究助成事業（若手グラント）】11回

【イノベーション推進事業（大学発事業創出実用化研究開発事業）】6回

【イノベーション推進事業（産業技術実用化開発助成事業、次世代戦略技術実用化開発助成事業、研究開発型ベンチャー技術開発助成事業）】6回

平成21年度には、

- ・技術経営力に関する各界有識者のネットワークを構築及び活用し、NEDOカレッジ（上期：1コース、下期：1コース）を実施した。また、技術経営力の強化をテーマとしたシンポジウム等として、「イノベーションジャパン2009」及び「アジアイノベーション政策カンファレンス2009」を開催することにより、その知見を産業界等に発信した。
- ・研究開発現場への派遣として京都大学（NEDO革新蓄電池開発センター）に1名の固有職員を常駐で派遣し、職員の研究開発マネジメント能力の向上を図った。また、早稲田大学MOTコースに2名、東京大学博士課程に3名、東京工業大学博士課程に1名、ジョージ・ワシントン大学に1名の職員を派遣し、NEDO職員に求められる政策・プロジェクト運営等に関する専門的知見の更なる習得、深化を図った。
- ・イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、27本の論文発表を実施した。
- ・研究委託・助成先の中小企業、ベンチャー企業等に対し、NEDO職員と技術経営の専門家・公認会計士・弁理士等が、コンサルティングを行うなど、技術経営力の強化に関する助言業務を実施（41事業者、延べ65回）
- ・機構のプロジェクトマネジメントノウハウの情報発信等を目的とした社会人向け公開講座「NEDOカレッジ」（上期：1コース、下期：1コース）を実施し、のべ72名が修了した。
- ・イノベーション推進事業においては、291件の申請者全員から企業経営自己評価レポートを提出させ、審査の際に申請者による知的資産経営のプレゼンテーションを実施し、審査委員からの確かなアドバイスを受けるなど、効果的な運用を図った。
- ・研究開発と技術経営を担う人材を育成し、人的ネットワークを更に強化するための研究拠点として、技術経営等についての「NEDO特別講座」を設置した。
- ・テーマ公募型事業の公募時期に合わせて公募説明会を94回、個別相談会を32回開催した。その他、大学等において制度説明会を30回開催した。

平成22年度には、

- ・研究開発マネジメント等の成果を広く情報発信することを目的とし、公開講座「グリーンイノベーションに向けて日本が取るべき戦略とは」を一般向けに開催した。具体的には、世界的にも注目を集める「水循環システム」、「希少金属（レアメタル）」及び「スマートコミュニティ」をテーマとして、その知見を約150名の聴講者に情報発信した。
- ・機構内職員向けの研修では、個々の職員が自らの資質・能力向上に効率的、効果的に取り組むために「プロジェクトマネジメント研修」を実施した。具体的には、イノベーション論、戦略的技術開発支援マネジメント等に関する研修（計10テーマ）を職員に対して実施し、技術経営力等の能力を強化した。
- ・研究開発現場への派遣として東京大学先端科学技術研究センターに1名の固有職員を常駐で派遣し、職員の研究開発マネジメント能力の向上を図った。また、東京大学博士課程に3名、東京工業大学博士課程に1名の職員を派遣し、

NEDO職員に求められる政策・プロジェクト運営等に関する専門的知見の更なる習得、深化を図った。

- ・イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、20本の発表を実施した。
- ・研究委託・助成先の中小企業、ベンチャー企業等に対し、NEDO職員と技術経営の専門家がコンサルティングを行うなど、技術経営力の強化に関する助言業務を実施（21事業者、延べ22回）
- ・知財マネジメント基本方針を策定し、23年度以降で採択を行う産学官連携プロジェクトに係る委託事業を対象に、公募・契約段階から、申請者の知財方針の明確化を図ることとした。また、公募提案における知財方針の記載事例の作成等を行った。
- ・研究開発マネジメント等の成果を広く情報発信することを目的とし、公開講座「グリーンイノベーションに向けて日本が取るべき戦略とは」を一般向けに開催した。具体的には、世界的にも注目を集める「水循環システム」、「希少金属（レアメタル）」及び「スマートコミュニティ」をテーマとして、その知見を約150名の聴講者に情報発信した。
- ・イノベーション推進事業においては、200件の申請者全員から企業経営自己評価レポートを提出させ、審査の際に申請者による知的資産経営のプレゼンテーションを実施し、審査委員からの確かなアドバイスをを行い、終了事業者評価委員会の審査の結果、実用化の可能性の高い事業については技術経営力の強化に関する助言業務を実施した。
- ・テーマ公募型事業の公募時期に合わせて公募説明会を46回、個別相談会を6回開催した。その他、経済産業局等において制度説明会を50回開催した。

平成23年度には、

- ・技術経営力の強化に関する情報の発信を目的として、イノベーションジャパン2011やNEDO産業技術セミナーにてセミナーを開催し、約320名の聴講者に講演を行った。「技術」と「知」を国際競争力に結びつける仕組みの構築やNEDOプロジェクトにおける出口戦略強化の取組みについて情報を発信した。
- ・研究開発現場への派遣として東京大学先端科学技術研究センターに1名の固有職員を派遣し、職員の研究開発マネジメント能力の向上を図った。また、東京大学博士課程に2名、東京工業大学博士課程に1名、東京理科大学修士課程に1名、海外大学院の修士課程に1名の職員を派遣し、NEDO職員に求められる政策分析・立案手法、プロジェクト運営、技術経営論等に関する専門的知見の更なる習得、深化を図った。
- ・イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、24本の発表を実施した。
- ・研究委託・助成先の中小企業、ベンチャー企業等に対し、NEDO職員と技術経営の専門家がコンサルティングを行うなど、技術経営力の強化に関する助言業務を実施（21回（21事業者））
- ・知財マネジメント検討委員会を組織し、NEDOプロジェクトにおける知財マネジメントの運用強化に向けて、「知財マネジメント基本方針」の見直しについて議論し、知財マネジメント支援の強化を目指し「必要書類作成ガイド」策定に向けた検討を行った。
- ・特許分析システムの運用に向けた準備として、システム利用案内と特許分析の試行に着手した。
- ・イノベーション推進事業においては、140件の申請者全員から企業経営自己評価レポートを提出させ、審査の際に申請者による知的資産経営のプレゼンテーションを実施し、審査委員からの確かなアドバイスをを行い、終了事業者評価委員会の審査の結果、実用化の可能性の高い事業については技術経営力の強化に関する助言業務を実施した。
- ・分野横断的公募事業の公募時期に合わせて公募説明会をのべ22回、個別相談会をのべ11回開催した。その他、経済産業局等において制度説明会をのべ33回開催した。

平成24年度には、

- ・技術経営力の強化に関する情報の発信を目的として、イノベーションジャパン2012等において、約1080名の聴講者に講演を行った。技術と知財で優り事業で優る仕組みの構築や各事業分野の取組みと戦略について情報を発信した。
- ・機構内職員向けの研修として、「プロジェクトマネジメント研修」（全18回）や「出口戦略セミナー」（全9回）等、第2期中期目標期間中に計18コースの新規の研修を実施し、これらを通じて職員の技術経営力等の能力強化に取り組んだ。これにより、プロジェクトマネジメント能力の体系的な獲得や標準・知財戦略や研究開発マネジメントに関して幅広い視点で理解を深め、職員自らの資質・能力向上を図った。
- ・技術開発現場への派遣として東京大学先端科学技術研究センターに1名の固有職員を派遣し、職員の技術開発マネジメント能力の向上を図った。また、東京大学博士課程に2名、東京工業大学博士課程に1名、東京理科大学修士課程に1名、海外大学院の修士課程等に2名の職員を派遣し、NEDO職員に求められる政策分析・立案手法、プロジェクト運営、技術経営論等に関する専門的知見や語学の更なる習得、深化を図った。
- ・イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、20本の発表を実施した。
- ・研究委託・助成先の中小企業、ベンチャー企業等に対し、NEDO職員と技術経営の専門家がコンサルティングを行うなど、技術経営力の強化に関する助言業務を実施（13回（11事業者））
- ・知財マネジメント検討委員会を組織し、有識者の助言の下、NEDOプロジェクトにおける知財マネジメントの本格的な運用に向け「知財マネジメント基本方針」の改訂・公表を行った。また、プロジェクト参加者における知財合意書の迅速な策定を促すため、「知財合意書の作成ガイド」を策定した。
- ・特許分析システムの運用及び普及の観点から、終了プロジェクトの分析事例を主たる内容としたシステム操作研修を実施した。
- ・イノベーション推進事業においては、従前より申請者全員から企業経営自己評価レポートを提出させ、審査の際に申請者による知的資産経営のプレゼンテーションを実施し、終了事業者評価委員会で審査した結果を踏まえて、今後の実用化に向けた助言を行った。

- ・分野横断的公募事業の公募時期に合わせて公募説明会をのべ31回、個別相談会をのべ31回開催した。その他、経済産業局等において制度説明会をのべ11回開催した。

[中期計画]

(産業技術開発関連業務における技術分野ごとの計画)

後掲

[中期目標期間実績]

後掲

(2) 新エネルギー・省エネルギー関連業務等

[中期計画]

近年の中国・インドを始めアジア諸国の高い経済成長を背景とした世界のエネルギー需要の増加見通し、間近に迫った京都議定書第一約束期間及びポスト京都議定書の議論が活発化の動きがある一方で、ドイツの太陽光発電導入量が平成17年度において日本を抜いて世界一となり、また、米国における平成19年1月のブッシュ大統領の年頭演説におけるバイオマスエタノールの積極的導入方針の明確化などのエネルギーを巡る政策の激変も起きている。

こうした中、我が国では、中国、インド等アジアを中心とする諸国とのエネルギー・環境協力の動きを活発化させる一方で、平成19年5月には「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する」という全世界に共通する長期目標を含めた「Cool-Earth-エネルギー革新技術計画」をとりまとめているところである。

これらの情勢を踏まえ、機構は、我が国産業競争力の強化を果たしつつ我が国のエネルギー安定供給確保と地球温暖化問題の課題解決に貢献するとともに、アジア地域を始めとする世界のエネルギー・環境問題の課題解決にも適切な貢献を果たしていくことを念頭に置き、我が国の新エネルギー・省エネルギーの2010年度目標及び京都議定書目標達成計画の達成のための短期対策を加速的に実施することと、2030年度を目処とした我が国エネルギー戦略の達成や地球温暖化問題の究極の目的達成に貢献することを視野に入れた中長期対策を着実に実施すること等のため、新エネルギー・省エネルギーにおける政府として重点的に取り組むべき分野の技術開発、実証試験及び導入普及の各業務、石炭資源開発業務等を戦略的・重点的に推進する。

これらの業務の推進を通じ、エネルギー関連施設の立地条件、技術進歩による設備能力向上、政府予算の状況その他適当な条件を加味した上で、国内における第1期中期目標期間の温暖化ガスの排出抑制効果と遜色のないレベルの排出抑制を図る。

なお、新エネルギー・省エネルギー導入普及業務においては、石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律(昭和55年法律第71号)及びエネルギーの使用の合理化に関する法律(昭和54年法律第49号)に基づき定められた目標の達成状況を踏まえつつ、すべての事業について、第2期中期目標期間中に継続の必要性や事業成果について検証し、必要性や成果が乏しい事業については廃止する。また、継続実施する事業及び新たに実施する事業については、必ず終期を設定する。

また、新エネルギー・省エネルギー導入普及業務における実施者ごとの個別の案件の実施期間について、原則2年内とし、2年を超える場合には、事業ごとに技術的専門家から構成されることとなる委員会によって事業実施期間を設定する。ただし、設備・機器の生産や設置工事等の関係であらかじめ定めた事業実施期間内での完了が困難な場合は、有識者から構成されている審査委員会の審査を受けて事業実施期間を延長する。

[中期目標期間実績]

新エネルギー・省エネルギーにおける政府として重点的に取り組むべき分野の技術開発、実証試験及び導入普及の各業務、石炭資源開発業務等を戦略的・重点的に【新エネルギー・省エネルギー関連業務等における技術分野ごとの計画】のとおり推進した。

平成20年度には、

- ・これらの業務の推進を通じ、エネルギー関連施設の立地条件、技術進歩による設備能力向上、政府予算の状況その他適当な条件を加味した上で、国内における第1期中期目標期間の温暖化ガスの排出抑制効果と遜色のないレベルの排出抑制を図るという中期計画の達成に向けて取り組んだ。

なお、新エネルギー・省エネルギーの実証試験、導入普及業務により、2008年度は315万トンのCO₂削減効果をあげ、第1期中期計画期間からの6年間で累積1,220万トンのCO₂削減効果をあげた。これは、我が国の京都議定書における温室効果ガスの削減目標である▲6%(7,500万トン)の約16%に相当する。

なお、新エネルギー・省エネルギー導入普及業務においては、石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律に基づき定められた目標の達成状況を踏まえつつ、事業評価(毎年度評価)や中間中期計画期間中評価(中間評価)等を通じて、継続の必要性や事業成果について検証し、必要性や成果が乏しい事業等については廃止を含め見直しを行うとともに、高い必要性・効率性・有効性が認められる事業については、事業の一部を充実・強化する等、業務の改善を図った。また、継続実施する事業及び新たに実施する事業については、必ず終期を設定した。

また、新エネルギー・省エネルギー導入普及業務における実施者ごとの個別の案件の実施期間について、原則2年内とし、2年を超える場合には、事業ごとに技術的専門家から構成されることとなる委員会によって事業実施期間を設定した。ただし、設備・機器の生産や設置工事等の関係であらかじめ定めた事業実施期間内での完了が困難な場合は、有識者から構成されている審査委員会の審査を受けて事業実施期間を延長することとした。

平成21年度には、

- ・これらの業務の推進を通じ、エネルギー関連施設の立地条件、技術進歩による設備能力向上、政府予算の状況その他

適当な条件を加味した上で、国内における第1期中期目標期間の温暖化ガスの排出抑制効果と遜色のないレベルの排出抑制を図るという中期計画の達成に向けて取り組んだ。

なお、新エネルギー・省エネルギーの実証試験、導入普及業務により、平成21年度は188万トンのCO₂削減効果をあげた。

なお、新エネルギー・省エネルギー導入普及業務においては、石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律に基づき定められた目標の達成状況を踏まえつつ、事業評価等を通じて、継続の必要性や事業成果について検証し、必要性や成果が乏しい事業等については廃止を含め見直しを行った。具体的には、「風力発電系統連系対策助成事業」において風車本体と蓄電池について執行機関がそれぞれ異なっていたが、ユーザーの利便性等の観点から見直しを行い、平成22年度以降の新規事業については一括して経済産業省の補助事業とすることとした。また、継続実施する事業及び新たに実施する事業については、必ず終期を設定した。

また、新エネルギー・省エネルギー導入普及業務における実施者ごとの個別の案件の実施期間について、技術的専門家から構成されることとなる委員会によって事業実施期間を設定した。

平成22年度には、

- これらの業務の推進を通じ、エネルギー関連施設の立地条件、技術進歩による設備能力向上、政府予算の状況その他適当な条件を加味した上で、国内における第1期中期目標期間の温暖化ガスの排出抑制効果と遜色のないレベルの排出抑制を図るという中期計画の達成に向けて取り組んだ。

なお、新エネルギー・省エネルギーの実証試験、導入普及業務により、平成22年度は72万トンのCO₂削減効果をあげた。

なお、新エネルギー・省エネルギー導入普及業務においては、石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律に基づき定められた目標の達成状況を踏まえつつ、事業評価等を通じて、継続の必要性や事業成果について検証し、必要性や成果が乏しい事業等については廃止を含め見直しを行った。具体的には、地熱発電開発補助事業、中小水力発電開発事業、地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業等については業務効率化の観点から一括して経済産業省の補助事業とすることとした。また、継続実施する事業及び新たに実施する事業については、必ず終期を設定した。

また、新エネルギー・省エネルギー導入普及業務における実施者ごとの個別の案件の実施期間について、技術的専門家から構成されることとなる委員会によって事業実施期間を設定した。

平成23年度には、

- これらの業務の推進を通じ、エネルギー関連施設の立地条件、技術進歩による設備能力向上、政府予算の状況その他適当な条件を加味した上で、国内における第1期中期目標期間の温暖化ガスの排出抑制効果と遜色のないレベルの排出抑制を図るという中期計画の達成に向けて取り組んだ。

平成23年度まででNEDOでの実施は終了となり、第1期、第2期とも年平均で約200万トン程度、通算1,781万トンのCO₂削減効果をあげた。

なお、新エネルギー・省エネルギー導入普及業務においては、事業の見直しを行い、平成23年度以降NEDOにおける新規採択は実施せず、継続事業を推進した。

平成24年度には、

- エネルギー関連施設の立地条件、技術進歩による設備能力向上、政府予算の状況その他適当な条件を加味した上で、国内における第1期中期目標期間の温暖化ガスの排出抑制効果と遜色のないレベルの排出抑制を図るという中期計画の達成に向けて取り組んできた。

平成23年度までで当該業務は終了し、第1期、第2期とも年平均で約200万トン程度、通算1,781万トンのCO₂削減効果をあげた。

なお、新エネルギー・省エネルギー関連業務等のうち、石炭資源開発業務及び地熱資源開発業務については、災害時における石油の供給不足への対処等のための石油の備蓄の確保等に関する法律等の一部を改正する法律の成立、施行を受け、平成24年9月15日付けで独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構に承継した。

[中期計画]

(新エネルギー・省エネルギー関連業務等における技術分野ごとの計画)

後掲

[中期目標期間実績]

後掲

(3) 産業技術開発関連業務及び新エネルギー・省エネルギー関連業務等の実施に係る 共通の実施方針

(ア) 企画・公募段階

[中期計画]

- i) 円滑かつ迅速な事業実施・推進を図るため、極力多くの事業について、政府予算の成立を条件として、実施年度の

- 前年度の3月までに公募を開始する。
- ii) ホームページ等のメディアの最大限の活用等により採択基準を公表しつつ、公募を実施する。また、公募に際しては、機構のホームページ上に、公募開始の1ヶ月前（緊急的に必要なものであって事前の周知が不可能なものを除く。）には公募に係る事前の周知を行う。また、テーマ公募型の研究開発事業においては、地方の提案者の利便にも配慮し、地方を含む公募説明会の一層の充実を図る。
 - iii) テーマ公募型の研究開発事業については、採択件数の少ない事業を除き、年度の枠にとらわれない随時の応募相談受付と年間複数回の採択を行う。
 - iv) 新エネルギー・省エネルギー関連業務等の「実証」及び「導入普及」業務においては、制度の利用者が容易に事業の趣旨や応募方法等を理解できるよう、第1期中期目標期間に引き続き、事業横断的な統一マニュアルを策定し、できる限り公募方法等を統一化するとともに、補助金交付規程等の規程類を機構のホームページ上で公開し、利用者の利便性の向上に向けた情報提供を更に充実する。
 - v) 機構外部からの優れた専門家・有識者の参加による、客観的な審査・採択基準に基づく公正な選定を行う。
 - vi) 選定結果の公開と不採択案件応募者に対する明確な理由の通知を行う。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- i) 円滑かつ迅速な事業実施・推進を図るため、極力多くの事業について、政府予算の成立を条件として、平成19年度の3月までに公募を開始した。
- ii) 新たに平成21年度新規プロジェクトについては、ホームページの「NEDO POST 3」において公募時期を事前周知するとともに、必要に応じて公募説明会等で説明する公募に係る事前情報を掲載した。
- iii) テーマ公募型事業の平成20年度事業及び平成21年度事業に係る企画及び公募を行うに当たり、以下の事項を実施した。
 - ・公募開始1ヶ月前の事前周知を実施し、積極的に地方で公募説明・個別相談会を開催した。
 - ・主な事業の公募説明会・個別相談会の開催実績は下記のとおり。

【産業技術研究助成事業（若手研究グラント）】

<平成20年度 第1回>

公募説明・個別相談会を札幌、川崎、大阪、福岡にて実施

<平成20年度 第2回>

公募説明・個別相談会を札幌、川崎、大阪、福岡にて実施

<平成21年度>

公募説明・個別相談会を札幌、仙台、川崎、名古屋、大阪、広島、福岡にて実施

【イノベーション推進事業（大学発事業創出実用化研究開発事業）】

<平成20年度 第1回>

全国12会場で開催（札幌、仙台、東京、川崎、名古屋、富山、大阪、広島、高松、福岡、鹿児島、那覇）

川崎、大阪で公募説明・個別相談会を開催

<平成20年度 第2回>

全国11会場で開催（札幌、仙台、東京、川崎、名古屋、金沢、大阪、広島、高松、福岡、那覇）

<平成20年度 補正>

全国11会場で開催（札幌、仙台、東京、川崎、名古屋、富山、大阪、広島、高松、福岡、那覇）

川崎、大阪で個別相談会を開催

<平成21年度>

全国11会場で開催（札幌、仙台、東京、川崎、名古屋、富山、大阪、広島、高松、福岡、那覇）

川崎、大阪で個別相談会を開催

【イノベーション推進事業（産業技術実用化開発助成事業、研究開発型ベンチャー技術開発助成事業、次世代戦略技術実用化開発助成事業）】

<平成20年度 第1回>

全国12会場で開催（札幌、仙台、東京、川崎、名古屋、富山、大阪、広島、高松、福岡、鹿児島、那覇）

川崎、大阪で個別相談会を開催

<平成20年度 第2回>

全国11会場で開催（札幌、仙台、東京、川崎、名古屋、金沢、大阪、広島、高松、福岡、那覇）

<平成20年度第二次補正>研究開発型ベンチャー技術開発助成事業

全国11会場で開催（札幌、仙台、東京、川崎、名古屋、富山、大阪、広島、高松、福岡、那覇）

川崎、大阪で個別相談会を開催

<平成21年度> 産業技術実用化開発助成事業、次世代戦略技術実用化開発助成事業

全国11会場で開催（札幌、仙台、東京、川崎、名古屋、富山、大阪、広島、高松、福岡、那覇）

川崎、大阪で個別相談会を開催

- iv) 第1期中期目標期間に引き続き、「実証」及び「導入普及」業務が一覧できる統一マニュアルを策定するとともに、補助金交付規程等の規程類を機構のホームページ上で公開し、利用者の利便性の向上に向けた情報提供を充実させた。
- v) 機構外部からの優れた専門家・有識者の参加による、客観的な審査・採択基準に基づく公正な選定を行い、透明性

の確保に努めた。

vi) 選定結果の公開と不採択案件応募者に対する明確な理由の通知を行った。

平成21年度には、

- i) 円滑かつ迅速な事業実施・推進を図るため、極力多くの事業について、政府予算の成立を条件として、平成20年度の3月までに公募を開始した。
- ii) 新たに平成21年度新規プロジェクトについては、ホームページの「NEDO POST 3」において公募時期を事前周知するとともに、必要に応じて公募説明会等で説明する公募に係る事前情報を掲載した。また、公募に関する問い合わせや、各種制度を初めて利用する方、または利用の仕方がわからない方等への助言やサービスを一層向上させるため、「NEDOお客様デスク」を設置(21年6月)し、電話やホームページを通じた相談に対応した(相談件数は21年度2,278件、258件/月)。
- iii) テーマ公募型の研究開発事業については、随時、応募を予定している者等からの相談等に対応した。また、平成21年度においてはイノベーション推進事業(産業技術実用化開発助成事業・研究開発型ベンチャー技術開発助成事業・次世代戦略技術実用化開発事業)については3回、イノベーション推進事業(大学発事業創出実用化研究開発事業)及び産業技術研究助成事業(若手研究グラント)などについては2回の採択を実施した。
- iv) 新エネルギー・省エネルギー関連業務等の「実証」及び「導入普及」業務においては、制度の利用者が容易に事業の趣旨や応募方法等を理解できるよう、第1期中期目標期間に引き続き、事業横断的な統一マニュアルを策定し、できる限り公募方法等を統一化するとともに、補助金交付規程等の規程類を機構のホームページ上で公開した。
- v) 事業実施者の審査・選定については、応募要領に審査の方法・基準を示した上で、約5,000人の外部有識者を活用して、客観的で公正な審査・選定に努めた。
- vi) 選定結果の公開と不採択案件応募者に対する明確な理由の通知を行った。

平成22年度には、

- i) 円滑かつ迅速な事業実施・推進を図るため、極力多くの事業について、政府予算の成立を条件として、平成22年度の3月までに公募を開始した。
- ii) ホームページ等のメディアの最大限の活用等により採択基準を公表しつつ、公募を実施した。また、公募に際しては、機構のホームページ上に、公募開始の1ヶ月前には公募に係る事前の周知を行った。また、テーマ公募型の研究開発事業においては、地方の提案者の利便にも配慮し、地方を含む公募説明会の一層の充実を図った。
- iii) テーマ公募型の研究開発事業については、随時、応募を予定している者等からの相談等に対応した。また、平成22年度においてはイノベーション推進事業(産業技術実用化開発助成事業・研究開発型ベンチャー技術開発助成事業・次世代戦略技術実用化開発事業)については2回の採択を実施した。
- iv) 新エネルギー・省エネルギー関連業務等の「実証」及び「導入普及」業務においては、制度の利用者が容易に事業の趣旨や応募方法等を理解できるよう、第1期中期目標期間に引き続き、事業横断的な統一マニュアルを策定し、できる限り公募方法等を統一化するとともに、補助金交付規程等の規程類を機構のホームページ上で公開した。
- v) 事業実施者の審査・選定については、応募要領に審査の方法・基準を示した上で、約5,000人の外部有識者を活用して、客観的で公正な審査・選定に努めた。
- vi) 選定結果の公開と不採択案件応募者に対する明確な理由の通知を行った。

平成23年度には、

- i) 円滑かつ迅速な事業実施・推進を図るため、極力多くの事業について、政府予算の成立を条件として、平成23年度の3月までに公募を開始した。
- ii) ホームページ等のメディアの最大限の活用等により採択基準を公表しつつ、公募を実施した。また、公募に際しては、機構のホームページ上に、公募開始の1ヶ月前(緊急的に必要なものであって事前の周知が不可能なものを除く。)には公募に係る事前の周知を行った。また、テーマ公募型の研究開発事業においては、地方の提案者の利便にも配慮し、地方を含む公募説明会の一層の充実を図った。
- iii) テーマ公募型の研究開発事業については、随時、応募を予定している者等からの相談等に対応した。また、平成23年度においてはイノベーション推進事業(課題解決型実用化開発助成事業)、省エネルギー革新技术開発事業については2回の採択を実施した。
- iv) 新エネルギー・省エネルギー関連業務等の「実証」及び「導入普及」業務においては、制度の利用者が容易に事業の趣旨や応募方法等を理解できるよう、第1期中期目標期間に引き続き、事業横断的な統一マニュアルを策定し、できる限り公募方法等を統一化するとともに、補助金交付規程等の規程類を機構のホームページ上で公開した。
- v) 事業実施者の審査・選定については、応募要領に審査の方法・基準を示した上で、約5,000人の外部有識者を活用して、客観的で公正な審査・選定に努めた。
- vi) 選定結果の公開と不採択案件応募者に対する明確な理由の通知を行った。

平成24年度には、

- i) 円滑かつ迅速な事業実施・推進を図るため、極力多くの事業について、政府予算の成立を条件として、平成24年度の3月までに公募を開始した。
- ii) ホームページ等のメディアの最大限の活用等により採択基準を公表しつつ、公募を実施した。また、公募に際しては、機構のホームページ上に、公募開始の1ヶ月前(緊急的に必要なものであって事前の周知が不可能なものを除く。)には公募に係る事前の周知を行った。また、テーマ公募型の研究開発事業においては、地方の提案者の利便にも配慮し、地方を含む公募説明会の一層の充実を図った。
- iv) 制度の利用者が容易に事業の趣旨や応募方法等を理解できるよう、第1期中期目標期間に引き続き、事業横断的な統一マニュアルを策定し、できる限り公募方法等を統一化するとともに、補助金交付規程等の規程類を機構のホームページ上で公開した。

- v) 事業実施者の審査・選定については、応募要領に審査の方法・基準を示した上で、約5,000人の外部有識者を活用して、客観的で公正な審査・選定に努めた。
- vi) 選定結果の公開と不採択案件応募者に対する明確な理由の通知を行った。

(イ) 業務実施段階

[中期計画]

- i) 交付申請・契約・検査事務などに係る事業実施者の事務負担を極力軽減するとともに、委託事業においては研究開発資産等の事業終了後の有効活用を図る。
 国からの運営費交付金を原資とする事業については、事業実施者から目標達成に向けた明確なコミットメントが得られる場合には、最長3年間程度の複数年度契約・交付決定を実施する。国からの補助金等を原資とする事業については、その性格を踏まえつつも、制度の趣旨に応じた柔軟な応募受付・事業実施システムを構築することにより、年度の切れ目が事業実施の上での不必要な障壁となることのないよう、利用者本位の制度運用を行う。
 なお、十分な審査期間を確保することに最大限留意の上、応募総数が多い場合等、特段の事情がある場合を除き、公募締切から採択決定までの期間をそれぞれ以下の日数とすることにより、事務の合理化・迅速化を図る。
 - ・ナショナルプロジェクト：原則45日以内
 - ・実用化・企業化促進事業：原則70日以内
 - ・技術シーズの育成事業：原則90日以内
 - ・新エネルギー・省エネルギー関連業務の「実証」及び「導入普及業務」：原則60日以内

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・事業者における事務負担の軽減を図るべく、事業者に対するアンケート調査結果等を踏まえ、裁量労働制適用の研究員等を対象に当該業務従事割合で労務費を計上する方法等の導入に係る検討を行い、平成20年度以降における新たな委託契約に適用を開始した。また平成21年度からは適用範囲を既存の委託事業や助成事業にも拡大することを決定、事業者説明会の開催等により広く周知した。
- ・国からの運営費交付金を原資とする事業については、事業実施者から目標達成に向けた明確なコミットメントが得られる場合には、最長3年間程度の複数年度契約・交付決定を実施した。国からの補助金等を原資とする事業については、その性格を踏まえつつも、制度の趣旨に応じた柔軟な応募受付・事業実施システムを構築することにより、年度の切れ目が事業実施の上での不必要な障壁となることのないよう、利用者本位の制度運用を行うように努めた。
- ・平成20年度に公募を実施した研究開発プロジェクト等の受託者・交付先の採択については、緊急の追加公募や応募件数が想定を上回ったことにより審査に時間を要した案件(5件)、実施内容・技術要件等のより慎重な審査・調整に時間を要した案件(6件)を除き、事業区分毎に掲げる公募締切から採択決定までの目標期間以内で採択決定した。
- ・ナショナルプロジェクトでは、期間内で採択決定を行った事業は47件中39件(83%)
- ・実用化・企業化促進事業では、期間内で採択決定を行った事業は12件中11件(92%)
- ・若手研究者への助成事業では2回の公募を行い、全て期間内で採択決定を行った。
- ・新エネ・省エネ関連の実証・導入普及事業では、期間内で採択決定を行った事業は54件中52件(96%)

平成21年度には、

- ・事業者における事務負担の軽減を図るべく、事業者に対するアンケート調査結果等を踏まえ、平成20年度から開始した労務費の率専従制度について、平成21年度は適用範囲を既存の委託事業や助成事業にも拡大した。また、平成22年度からは経理事務が適正に行われている事業者については、検査事務負担の軽減を図る措置を実施することにし、説明会の開催等により広く周知した。
- ・国からの運営費交付金を原資とする事業については、事業実施者から目標達成に向けた明確なコミットメントが得られる場合には、最長3年間程度の複数年度契約・交付決定を原則実施し、平成21年度新規契約についてはほぼ100%に導入した。国からの補助金等を原資とする事業については、その性格を踏まえつつも、制度の趣旨に応じた柔軟な応募受付・事業実施システムを構築することにより、年度の切れ目が事業実施の上での不必要な障壁となることのないよう、早期の事務手続きにより利用者本位の制度運用を行うように努めた。
- ・平成21年度に公募を実施した研究開発プロジェクト等の受託者・交付先の採択については、実施内容・技術要件等に採択条件が付され、慎重な審査・調整に時間を要した案件(4件)並びに第一次補正予算の執行の見直しの影響があった案件(2件)を除き、事業区分毎に掲げる公募締切から採択決定までの目標期間以内で採択決定した。
- ・ナショナルプロジェクトでは、期間内で採択決定を行った事業は43件中37件(86%)
- ・実用化・企業化促進事業では、公募を行った事業13件全て期間内で採択決定を行った。
- ・若手研究者への助成事業では2回の公募を行い、全て期間内で採択決定を行った。
- ・新エネ・省エネ関連業務の実証・導入普及事業では、公募を行った事業38件全て期間内で採択決定を行った。

平成22年度には、

- ・事業者の事務負担の軽減を図るべく、事業者に対するアンケート調査の結果等をふまえ、補助員費の上限単価の見直し、業務委託契約約款の改正を実施するとともに、昨今の経済情勢の中で変動する社会保険料の実態に適合させるべく4年ぶりに労務費単価の見直しを行った。また、事業終了後資産の有効活用を資するべく継続研究契約書のひな型を一部改定することにより円滑な契約事務を推進した。
- ・国からの運営費交付金を原資とする事業については、事業実施者から目標達成に向けた明確なコミットメントが得られる場合には、最長3年間程度の複数年度契約・交付決定を原則実施し、平成22年度新規契約についてはほぼ100%

0%に導入した。国からの補助金等を原資とする事業については、その性格を踏まえつつも、制度の趣旨に応じた柔軟な応募受付・事業実施システムを構築することにより、年度の切れ目が事業実施の上での不必要な障壁となることのないよう、早期の事務手続きにより利用者本位の制度運用を行うように努めた。

- ・平成22年度に公募を実施した研究開発プロジェクト等の受託者・交付先の採択については、条件付き採択等による実施内容・技術要件・研究体制などの調整に時間を要した案件（12件）及び新基準の導入により審査に時間を要した案件（1件）を除き、事業区分毎に掲げる公募締切から採択決定までの目標期間以内で採択決定した。
- ・ナショナルプロジェクトでは、期間内で採択決定を行った事業は63件中51件（81%）
- ・実用化・企業化促進事業では、公募を行った事業9件全て期間内で採択決定を行った。（100%）
- ・技術シーズの育成事業（若手研究者に対する助成事業）は、新規公募を行わなかったため、該当はない。
- ・新エネルギー・省エネルギー関連業務の実証・導入普及事業では、期間内で採択決定を行った事業は件52中51件（98%）

平成23年度には、

- ・事業者の事務負担の軽減を図るべく、知財に関わる申請書の記載内容をより明確化することにより契約事務の効率化を推進した。また、共同研究契約終了後の資産の引取価額について、事業終了時点の残存価格とすることにより金額を客観化、さらに、引取価額の支払い譲渡完了までの間についても事業者の使用を認める対応を行うことにより、資産の有効活用方法を明確にした。
- ・国からの運営費交付金を原資とする事業については、事業実施者から目標達成に向けた明確なコミットメントが得られる場合には、最長3年間程度の複数年度契約・交付決定を原則実施した。平成23年度新規契約についてもほぼ100%の導入となった。国からの補助金等を原資とする事業についても、制度の趣旨に応じた柔軟な応募受付・事業実施システムを構築することにより、年度の切れ目が事業実施の上での不必要な障壁となることのないよう、早期の事務手続きにより利用者本位の制度運用を行うように努めた。
- ・平成23年度に公募を実施した研究開発プロジェクト等の受託者・交付先の採択については、海外との調整に時間を要した案件（3件）、条件付き採択等による実施内容・技術要件・研究体制などの調整に時間を要した案件（4件）及び震災の影響で、審査に時間を要した案件（1件）を除き、事業区分毎に掲げる公募締切から採択決定までの目標期間以内で採択決定した。
- ・ナショナルプロジェクトでは、期間内で採択決定を行った事業は32件中26件（81%）
- ・実用化・企業化促進事業では、公募を行った事業11件全て期間内で採択決定を行った。（100%）
- ・技術シーズの育成事業（若手研究者に対する助成事業）は、公募を行った事業1件について、期間内で採択決定を行った。（100%）
- ・新エネルギー・省エネルギー関連業務の実証・導入普及事業では、期間内で採択決定を行った事業は40中38件（95%）

平成24年度には、

- ・押印書類による届出内容等の見直しや資産登録管理を効率的に行うため、NEDO及び事業者双方で確認できるような様式を変更するなど事務負担軽減と効率化を推進した。また、委託事業終了後速やかに有効活用が図られるよう、所有権の移転に係る手続きを具体的に約款に規程することにより簡略化した。
- ・国からの運営費交付金を原資とする事業については、事業実施者から目標達成に向けた明確なコミットメントが得られる場合には、最長3年間程度の複数年度契約・交付決定を原則実施した。平成24年度新規契約についてもほぼ100%の導入となった。国からの補助金等を原資とする事業についても、制度の趣旨に応じた柔軟な応募受付・事業実施システムを構築することにより、年度の切れ目が事業実施の上での不必要な障壁となることのないよう、早期の事務手続きにより利用者本位の制度運用を行うように努めた。
- ・平成24年度に公募を実施した研究開発プロジェクト等の受託者・交付先の採択については、海外との調整に時間を要した案件（1件）、条件付き採択等による実施内容・技術要件・研究体制などの調整に時間を要した案件（10件）を除き、事業区分毎に掲げる公募締切から採択決定までの目標期間以内で採択決定した。
- ・ナショナルプロジェクトでは、期間内で採択決定を行った事業は31件中22件（71%）
- ・実用化・企業化促進事業では、期間内で採択決定を行った事業は4件中2件。（50%）
- ・技術シーズの育成事業（若手研究者に対する助成事業）は、新規の公募は行わなかった。
- ・新エネルギー・省エネルギー関連業務の実証・導入普及事業では、公募を行った事業6件全てが、期間内に採択決定が行われた。

[中期計画]

- ii) 委託先の事情により適用できない場合等を除き、委託事業における日本版バイドール条項の適用比率を100%とすることにより研究開発実施者の事業取組へのインセンティブを高めるとともに、委託先に帰属する特許権等について、委託先における企業化の状況及び第三者への実施許諾の状況等につき毎年調査し、適切な形で対外的に公表する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・委託先の事情により適用できない場合等を除く、すべての委託事業において日本版バイドール条項を適用し、研究開発実施事業者の事業取組へのインセンティブ向上を図った。また、委託先に帰属する特許権等について、委託先における企業化の状況及び第三者への実施許諾の状況等について調査を実施し、NEDOのホームページにて適切な形で対外的に公表した。

平成21年度には、

- ・委託先の事情により適用できない場合等を除く、すべての委託事業において日本版バイ・ドール条項を適用し、研究開発実施事業者の事業取組へのインセンティブ向上を図った。また、委託先に帰属する特許権等について、委託先における企業化の状況及び第三者への実施許諾の状況等について3, 835件の調査を行い、ホームページにて公表した。具体的な調査結果としては、既に生産・販売を実施中のものが297件、事業計画ありが462件であり、実施許諾等を行っているものは113件であった。

平成22年度には、

- ・知財マネジメント基本方針を策定しNEDOが知財マネジメントに力を入れることを宣言するとともに、バイドール条項が適用された知的財産の活用状況をより的確に把握するためバイドール調査の方法及びシステムの改善に取り組んだ。また、委託契約約款を改正し、平成23年度からはバイドール調査への回答を義務化することにより、プロジェクトから発生した知財についてのNEDOによるグリップ・有効活用の推進を強化した。

平成23年度には、

- ・公表している知財マネジメント基本方針の内容向上に向けた調査や検討委員会を実施した。バイドール条項が適用された知的財産の活用状況をより的確に把握するために特許管理業務とシステム上の連携を図った。バイドール調査により得られたデータを公表し、特許庁と意見交換を行うことにより、プロジェクトから発生した知財について、NEDOによるグリップ・有効活用の推進に資する取組を強化した。

平成24年度には、

- ・委託事業における日本版バイドール条項の適用率を100%として、バイドール条項が適用された事業の実施効果の最大化に向け、知財マネジメントの観点から強化を図るべく、プロジェクト参加者間における知財の取扱いに関するルールや知財運営委員会機能の整備状況や知的財産権の利用状況調査（バイ・ドール調査）を行った。さらに、NEDOの関与を明確にする等さらなる向上を図るため、知財マネジメント基本方針の改訂を行った。

[中期計画]

- iii) 制度面・手続き面の改善を、変更に伴う事業実施者の利便性の低下にも留意しつつ行うとともに、事業実施者に対する説明会を毎年度4回以上行う。また、毎年度、事業実施者に対してアンケートを実施し、制度面・手続き面の改善点等について、8割以上の回答者から肯定的な回答を得る。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・平成20年度の当機構の制度改善に係る全体的な取り組みについてアンケート調査を実施したところ、アンケート回答者から8割を大幅に上回る肯定的回答が得られた。また、アンケートの中で、今年度から前倒しで実施した「経費計上期間の変更」「概算払制度の見直し」や平成21年度に向けた改善項目として掲げた「研究員の労務費算定の制度拡充」等について理解している回答者の9割以上から「大変評価する」との肯定的な回答を得た。

平成20年度は、事業実施者に対する契約・検査制度についての説明会を6月・9月・11月・2月の4回、全国4箇所（2月は6箇所）で開催し、制度の改善事項の一層の周知を図った。

平成21年度には、

- ・平成21年度の当機構の制度改善に係る全体的な取り組みについてアンケート調査を実施したところ、アンケート回答者から8割を大幅に上回る肯定的回答が得られた。また、平成21年度に取り組んだ改善項目の評価については、改善項目を理解している回答者の8割以上から「改善と思う」との肯定的な回答を得た。

平成21年度は、事業実施者に対する契約・検査制度についての説明会を6月・9月・11月・2月の4回、全国5箇所（2月は7箇所）で開催し、制度の改善事項の一層の周知を図った。

平成22年度には、

- ・平成22年度の当機構の制度改善に係る全体的な取り組みについてアンケート調査を実施したところ、アンケート回答者から「満足している」との8割を大幅に上回る肯定的回答が得られた。また、平成22年度に取り組んだ適正判定による検査の効率化、大学向け契約制度の構築については、改善項目を理解している回答者の8割以上から「改善と思う」との肯定的な回答を得た。

平成22年度は、事業実施者に対する契約・検査制度についての説明会を6月・9月・10月・2月の4回、全国5箇所（9月は6箇所、2月は7箇所：東京、仙台、札幌、名古屋、大阪、広島、福岡）で開催し、制度の改善事項の一層の周知を図った。

平成23年度には、

- ・平成23年度の当機構の制度改善に係る全体的な取り組みについてアンケート調査を実施したところ、アンケート回答者から「満足している」との9割を大幅に上回る肯定的回答が得られた。また、平成23年度に取り組んだ労務費の単価の改訂及び補助員費の上限単価の見直しについては、改善項目を理解している回答者の8割以上から「改善と思う」との肯定的な回答を得た。

平成23年度は、事業実施者に対する契約・検査制度についての説明会を6月・9月・10月・2月の4回、全国7箇所（6月は5箇所、9・10月は4箇所、2月は7箇所：札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、広島、福岡）で開催し、制度の改善事項の一層の周知を図った。

平成24年度には、

- ・平成24年度の当機構の制度改善に係る全体的な取り組みについてアンケート調査を実施したところ、アンケート回答者から「満足している」との9割を大幅に上回る肯定的回答が得られた。また、平成24年度に取り組んだ産業財産権等報告の委任範囲の拡大、労働費非計上者の従事状況報告の様式の廃止等の見直しについては、改善項目を理解している回答者の8割以上から「改善と思う」との肯定的な回答を得た。

平成24年度は、事業実施者に対する契約・検査制度についての説明会を6月・9月・10月・2月の4回、全国6

箇所（6月は5箇所、9月は4箇所、10月は2箇所、2月は6箇所：札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、福岡）で開催し、制度の改善事項の一層の周知を図った。

（ウ）評価及びフィードバック

[中期計画]

機構外部の専門家・有識者を活用した厳格な評価を行い、その結果を基に、事業の加速化・縮小・中止・見直し等を迅速に行うとともに、以降の事業実施及び予算要求プロセスに反映する。特に、中間時点での評価結果が一定水準に満たない事業については、国からの運営費交付金を原資とする事業にあつては抜本的な改善策等がない場合には原則として中止するとともに、国からの補助金等を原資とする事業にあつては技術開発動向、エネルギー市場・産業の動向、制度利用者の要望等を踏まえた政策当局への提言等をより積極的にを行い、政策実施機関としての役割を全うする。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

機構外部の専門家・有識者を活用した厳格な評価を行い、その結果を分析したデータを基に、事業の加速化・縮小・中止・見直し等を迅速に行うとともに、以降の事業実施及び予算要求プロセスに反映した。

具体的には、中間時点での評価結果を受け、国からの運営費交付金を原資とする事業の内、2事業はテーマの一部を加速し、別の2事業についてはテーマの絞り込みなど抜本的な改善を行った。

平成21年度には、

平成21年度は、5年間程度以上の期間を要し、かつ事業開始から3年目程度を経過したナショナルプロジェクト25件について、機構外部の専門家・有識者を活用した中間評価を実施し、その評価結果を受け、国からの運営費交付金を原資とする事業の内、6事業はテーマの一部を加速し、別の10事業については計画の見直しや、テーマの絞り込みなどの改善を行った。

平成22年度には、

平成22年度は、5年間程度以上の期間を要し、かつ事業開始から3年目程度を経過したナショナルプロジェクト16件について、機構外部の専門家・有識者を活用した中間評価を実施し、その評価結果を受け、国からの運営費交付金を原資とする事業の内、9事業については計画の見直し、1事業についてはテーマの一部中止などの改善を行った。

平成23年度には、

平成23年度は、5年間程度以上の期間を要し、かつ事業開始から3年目程度を経過したナショナルプロジェクト10件について、機構外部の専門家・有識者を活用した中間評価を実施し、その評価結果を受け、国からの運営費交付金を原資とする事業の内、1事業はテーマの一部を加速し、別の2事業については計画の見直しなどの改善を行った。

平成24年度には、

平成24年度は、5年間程度以上の期間を要し、かつ事業開始から3年目程度を経過したナショナルプロジェクト10件について、機構外部の専門家・有識者を活用した中間評価を実施し、その評価結果を受け、国からの運営費交付金を原資とする事業の内、5事業はテーマの一部を加速し、別の1事業については計画の見直しなどの改善を行った。

（エ）成果の広報・情報発信に関する事項

[中期計画]

i) 国民へのわかりやすい成果の情報発信・提供のため、対象に応じた、成果の映像、印刷物、ホームページ等の媒体の製作・提供、成果発表会、展示会等の開催及び出展等を行う。特に、機構の最新の取組等を紹介する機関誌については年4回以上発行するとともに、分野ごとのパンフレットについては定期的に更新する。これらの媒体については、必要に応じて英語版を含む外国語版を作成する。

国民一般を対象とした広報・情報発信については、特に、記者発表回数や来場者1万人超の一般向け展示会（産業技術、エネルギー・環境関連）出展数を毎年度現行水準以上とする。

我が国の次世代の研究開発を担う小中学生を対象とした広報・情報発信については、特に、科学技術館の展示内容の充実を図るとともに、子ども向け啓発事業を毎年度3回以上実施する。また、アンケート等を通じてこれらの効果について検証し、その結果に応じて内容を見直す。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

研究開発の成果及び研究開発の成果を基礎とした産業界及び新エネルギー・省エネルギーへの影響・貢献について、機構の取り組んできた事業を一般国民に分かりやすくまとめた「成果レポート最前線2008」パンフレットを作成した。

広報誌として、研究成果の最新情報や機構が取り組む様々な活動の紹介などを適時に載せた「FOCUS NEDO」を、洞爺湖サミット特集号を含めて4回発行した。国民への情報発信のため、プレスへの積極的アピールを進めるべく、各部門の研究成果について、記者会見等を15回実施した他、新たな取り組みとして記者向けにNEDO事業の理解増進を図るためのブリーフィングを2回実施した。

さらに、研究成果、エネルギー及び産業技術を一般国民層に広く理解してもらえるよう、北海道洞爺湖サミットにおけるゼロエミッションハウスの設置、「イノベーションジャパン」、各種成果報告会、セミナー・シンポジウム等の開催・参加のほか、「エコプロダクツ展」「新エネルギー世界展示会」「ナノテック2009」等36件の来場者が1万人を超える展示会への出展等を行った。

また、更なる一般国民への分かりやすい情報発信を行うために、ホームページのコンテンツ「よくわかる！技術解説」の更新や各部が制作したビデオの動画配信を開始したほか、トップページに「最近の動き」として各部のイベント活動等の情報を紹介するコーナーを設けるなど情報提供の充実を図った。

次世代を担う小中学生への機構の事業の理解を促進するため、親子向け科学教室（ソーラーカー教室等）、科学技術館の常設展示、かわさきサイエンスチャレンジ（体験型学習教室）、小学生新聞でのNEDO事業の紹介、太陽電池工作コンクールの5つの活動を実施した。

得られた研究開発成果を積極的に発表し、引き続きわかりやすい情報発信を行うよう広報活動を強化するため、広報アクションプランを策定したほか、広報アドバイザーを配置した。

平成21年度には、

機構の取り組んできた事業の成果を一般国民に分かりやすくまとめた「成果レポート最前線2009」パンフレットを作成した。

広報誌として「FOCUS NEDO」を発行し、バイオテクノロジー・医療技術、新エネルギー技術開発、導入普及事業、京都メカニズム推進事業について、最新の成果・動向を情報発信した。また、国民への情報発信のためにマスメディアへの積極的アピールを進めるべく、成果や取り組みについて、プレスリリース（114件）、記者会見（19回）等を実施した他、記者向けにNEDO事業の理解増進を図るためのブリーフィング（8回）を実施した。

さらに、事業で得られた研究開発成果の発表・マッチングのために、イノベーションジャパン、次世代冷凍空調技術国際会議2010、第2回日独環境フォーラム等のイベント（展示会・国際会議・成果報告会・セミナー・シンポジウム）（95件）を開催したほか、新エネルギー世界展示会、国際ナノテクノロジー総合展・技術会議、エコプロダクツ等の来場者が1万人を超える展示会（32件）への出展等を行い、積極的な情報発信を行った。

また、ウェブサイトトップページのリニューアルを行った他、各部のイベント活動等の情報を紹介するコーナー「最近の動き」（112件）により、情報提供の充実を図った。

太陽電池工作コンクール、科学技術館の常設展示、ソーラーカー工作教室（2回）、かわさきサイエンスチャレンジへの出展等次世代を担う小中学生への機構の事業の理解を促進するための活動（9件）を実施した。

得られた研究開発成果を積極的に発表し、引き続きわかりやすい情報発信を行うよう広報活動を強化するため、広報アドバイザーを配置した。

平成22年度には、

平成22年度においては、機構の取り組んできたエネルギー・環境技術開発、産業技術開発の社会への貢献を分かりやすくまとめた30年史を作成し、関係者への配布を行った。また、各分野のパンフレットは重複がないように適宜見直しを図り、コスト削減につなげた。

広報誌として、研究成果の最新情報や機構が取り組む様々な活動の紹介などをわかりやすく掲載した「FOCUS NEDO」を5回発行。話題性のある、「スマートグリッド」や「レアアース」等について取り上げ、アピールを行った。

国民への情報発信のため、マスメディアへの積極的アピールを進めるべく、各部門の研究成果について記者会見を実施。また、マスメディアに対してNEDO事業への理解を深めるためのブリーフィングを実施した。

さらに、機構の取り組んできたエネルギー・環境技術開発、産業技術開発の社会への貢献を広く国民に理解してもらえるよう、各種成果報告会の開催、セミナー・シンポジウムの開催、来場者1万人超の展示会への出展等を行った。なお、出展する展示会の選定にあたってはゼロベースで見直しを行ったことにより、出展すべき展示会の絞込みをかけ、それらに重点的に力を入れることが出来た。

また、一般国民への分かりやすい情報発信を行うために、ホームページのコンテンツの見直し、リニューアルを行った。

我が国の次世代の研究開発を担う小中学生を対象とした情報発信を科学技術館等において積極的展開するほか、小中学生向けのイベント等普及啓発事業（朝日地球環境フォーラムへの協力、霞ヶ関デー、中高生の社会科見学の一環によるNEDO見学）などを3回行った。

分かりやすい情報発信を行うよう広報活動を強化するため、広報室の各部への指導強化を行った結果、特にプレスリリース案件については、露出の増加につながった。

平成23年度には、

平成23年度においては、成果のみならず、機構の取り組んできたエネルギー・環境技術開発、産業技術開発の幅広い活動をわかりやすく伝えるため「NEDO活動報告アニュアルレポート2011」を作成。日本語版のみならず英語版も作成し配賦を行った。また、各分野のパンフレットは重複がないように適宜見直しを図り、コスト削減につなげた。

広報誌として、研究成果の最新情報や機構が取り組む様々な活動の紹介などをわかりやすく掲載した「FOCUS NEDO」を4回発行。社会的に関心の高い「ロボット技術」や「水循環技術」等について取り上げ、アピールを行った。

国民への情報発信のため、マスメディアへの積極的アピールを進めるべく、各部門の研究成果について記者会見を実施。また、マスメディアに対してNEDO事業への理解を深めるためのブリーフィングを実施した。

さらに、機構の取り組んできたエネルギー・環境技術開発、産業技術開発の社会への貢献を広く国民に理解してもらえるよう、各種成果報告会の開催、セミナー・シンポジウムの開催、来場者1万人超の展示会への出展等を行った。なお、出展する展示会の選定にあたってはゼロベースで見直しを行ったことにより、出展すべき展示会の絞込みをかけ、それらに重点的に力を入れることが出来た。

また、一般国民への分かりやすい情報発信を行うために、適宜ホームページのコンテンツを見直し、バナーを活用したメリハリのある情報発信を行った。

我が国の次世代の研究開発を担う小中学生を対象とした情報発信を科学技術館等において積極的に展開したほか、小

中学生向けのイベント等普及啓発事業（朝日新聞「環境教室」への協力、霞ヶ関デー、被災地太陽電池工作教室）などを行った。

分かりやすい情報発信を行うよう広報活動を強化するため、広報室の各部への指導強化を行った結果、特にプレスリリース案件については、露出の増加につながった。

平成24年度には、

平成24年度においては、成果のみならず、機構の取り組んできたエネルギー・環境技術開発、産業技術開発の幅広い活動をわかりやすく伝えるため「NEDO活動報告アニュアルレポート2012」を作成。また、各分野のパンフレットは重複がないように適宜見直しを図り、コスト削減につなげた。

広報誌として、研究成果の最新情報や機構が取り組む様々な活動の紹介などをわかりやすく掲載した「FOCUS NEDO」を4回発行。社会的に関心の高い「スマートコミュニティ」や「洋上風力」等について取り上げ、アピールを行った。

国民への情報発信のため、マスメディアへの積極的アピールを進めるべく、各部門の研究成果について記者会見を実施。また、マスメディアに対してNEDO事業への理解を深めるためのブリーフィングや、実際の現場を記者に公開する現地見学会を実施した。

さらに、機構の取り組んできたエネルギー・環境技術開発、産業技術開発の社会への貢献を広く国民に理解してもらえるよう、各種成果報告会の開催、セミナー・シンポジウムの開催、来場者1万人超の展示会への出展等を行った。なお、出展する展示会の選定にあたってはゼロベースで見直しを行ったことにより、出展すべき展示会の絞込みをかけ、それらに重点的に力を入れることが出来た。

また、一般国民への分かりやすい情報発信を行うために、適宜ホームページのコンテンツを見直し、バナーを活用したメリハリのある情報発信を図った。

我が国の次世代の研究開発を担う小中学生を対象とした情報発信を科学技術館等において積極的展開するほか、小中学生向けのイベント等普及啓発事業（霞ヶ関デー、被災地太陽電池工作教室）などを行った。

分かりやすい情報発信を行うよう広報活動を強化するため、広報室の各部への指導強化を行った結果、特にプレスリリース案件については、露出の増加につながった。

[中期計画]

ii) 研究開発の成果を基礎とした産業競争力及び新エネルギー・省エネルギー分野への貢献（アウトカム）については、中長期な視野で様々な事例とその幅広い波及効果を収集・把握することに努め、印刷物、ホームページ等により、毎年度、広く情報発信を行う。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

（特殊法人時代を含め）機構設立以来のアウトカム把握について、平成20年度は、環境分野について「エネルギー・環境技術に関するNEDO研究開発成果のアウトカム調査」を、電子・情報分野について「光ディスク関連技術プロジェクトに係るアウトカム調査」等を実施した。中長期のアウトカム把握については、「NEDO成果のエネルギー・地球環境問題への貢献」と「主要技術分野における経済的・社会的効果」の二つの観点から、また、短期のアウトカムについては、引き続き「技術成果」や「実用化等の進捗状況」について調査し、波及効果の把握に努めた。

一方、これらアウトカムの情報発信として、追跡調査で把握したNEDOプロジェクト成果による上市・製品化事例（10例）をNEDOのウェブサイトで紹介するコンテンツを作成した。さらに、ロボット技術のアウトカムを取りまとめたNEDOBOKS（ロボット版）を作成するとともに（平成21年度春発刊予定）、平成19年度事業成果を照会するパンフレット「成果レポート最前線2008」を作成し（9,000部）、展示会やイベントを通じて積極的に情報発信を行った。

平成21年度には、

（特殊法人時代を含め）機構設立以来のアウトカム把握について、平成21年度は、太陽光発電（太陽電池）、ブルーレイ関連製品、エコキュートなど、NEDOのプロジェクトにより開発された成果から実用化したもののうち、企業等へのアンケートおよびヒアリングにより売上が把握できた主要27品目について、2010年～2020年までの費用対効果に対する試算を実施した。その結果、主要27品目に対するNEDOプロジェクトの国費支出累計は約4,255億円であったのに対し、累積売上額は約53兆円と推計された。

また、ナショナルプロジェクトによって生み出された主要な論文について調査を実施したところ、平成13～20年度終了プロジェクトのNEDO論文4,961本について、平均15.84の論文に引用されていることが分かった。これは国内の研究機関等のうち第2位に相当する平均被引用回数であり、ナショナルプロジェクトの成果が学術的にも高いレベルにあることを示している。

さらに、これらアウトカムの情報発信として、NEDOのウェブサイトにも、追跡調査等で把握したNEDOプロジェクトによる成果の実用化事例としてインテリジェント手術室や極低温電子顕微鏡など、新たに10事例の情報発信等を行った。

平成22年度には、

アウトカム把握について、集計データを27品目から30品目に更新し、CO₂削減効率や市場シェア率の観点から社会的便益を尺度とする評価を行った。これらアウトカムの情報発信として、NEDOのウェブサイトにも、追跡調査等で把握したNEDOプロジェクトによる成果の実用化事例として共焦点レーザーキャナや4次元X線CT装置など、新たな情報発信等を行った。

平成23年度には、

アウトカム把握について、集計データを30品目から50品目に更新し、CO₂削減効率や市場シェア率の観点から

社会的便益を尺度とする評価を行った。これらアウトカムの情報発信として、NEDOのウェブサイト、追跡調査等で把握したNEDOプロジェクトによる成果の実用化事例として下水汚泥ガス発電システムやノンフロン型省エネ冷凍空調システムなど、新たな情報発信等を行った。

平成24年度には、

アウトカム把握について、集計データを50品目から70品目に拡大し、CO₂削減効率や市場シェア率の観点から社会的便益を尺度とする評価を行った。これらアウトカムの情報発信として、NEDOのホームページに、追跡調査等で把握したNEDOプロジェクトによる成果の実用化事例として火力発電用高効率ガスタービンや産業界の省エネルギー／環境負荷低減に大きく貢献する高性能工業炉など、新たな情報発信等を行った。

[中期計画]

iii) 展示会等の企画・開催、学会等との連携による共同イベントの実施等を通じ、事業で得られた研究開発成果を積極的に発表することにより、研究開発成果と企業とのマッチングの場を設け、成果の普及促進を図る。その際、成果の公表等については、国民への情報発信や学界での建設的情報交換等の視点と、知的財産の適切な取得、国際標準化等その成果の我が国経済活性化への確実な貢献等の視点とに留意するものとする。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

展示会等の企画・開催、学会等との連携による共同イベントの実施等を通じ、事業で得られた研究開発成果を積極的に発表することにより、研究開発成果と企業とのマッチングの場を設け、成果の普及促進を図った。その際、成果の公表等については、国民への情報発信や学界での建設的情報交換等の視点と、知的財産の適切な取得、国際標準化等その成果の我が国経済活性化への確実な貢献等の視点とに留意した。

平成21年度には、

事業で得られた研究開発成果の発表・マッチングのために、イノベーションジャパン、次世代冷凍空調技術国際会議2010、第2回日独環境フォーラム等のイベント（展示会・国際会議・成果報告会・セミナー・シンポジウム等95件）を開催したほか、新エネルギー世界展示会、国際ナノテクノロジー総合展・技術会議、エコプロダクツ等の来場者が1万人を超える展示会（32件）への出展等を行い、積極的な情報発信を行った。

平成22年度には、

事業で得られた研究開発成果の発表・マッチングのために、イノベーションジャパン、国際福祉機器展等のイベント（展示会・国際会議・成果報告会・セミナー・シンポジウム）（102件）を開催した。うち、スマートグリッド展／スマートグリッドサミット、上海国際博覧会の日本館イベントステージでのロボット展、World Future Energy Summit、エコプロダクツ展等の来場者が1万人を超える国内外の展示会（26件）への出展等を行い、積極的な情報発信を行った。

平成23年度には、

事業で得られた研究開発成果の発表・マッチングのために、イノベーションジャパン、国際福祉機器展等のイベント（展示会・国際会議・成果報告会・セミナー・シンポジウム）（69件）を開催・出展した。うち、スマートグリッド展／スマートグリッドサミット、World Future Energy Summit、エコプロダクツ展等の来場者が1万人を超える国内外の展示会（21件）への出展等を行い、積極的な情報発信を行った。

平成24年度には、

事業で得られた研究開発成果の発表・マッチングのために、イノベーションジャパン、国際福祉機器展等のイベント（展示会・国際会議・成果報告会・セミナー・シンポジウム）（69件）を開催・出展した。うち、スマートグリッド展／スマートグリッドサミット、World Future Energy Summit、nanotech2013等の来場者が1万人を超える国内外の展示会（21件）への出展等を行い、積極的な情報発信を行った。

[中期計画]

iv) 内外の研究開発マネジメント機関との情報交換を実施するとともに、イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として第2期中期目標期間中に100本以上の発表を行う。

なお、補正予算により追加的に措置された交付金及び補助金の活用については、以下のとおりとする。

- a) 平成20年度補正予算（第1号）により追加的に措置された交付金及び補助金については、「安心実現のための緊急総合対策」の低炭素社会実現対策のために措置されたことを認識し、低炭素社会の早期実現に向けた取組強化のために活用する。
- b) 平成20年度補正予算（第2号）により追加的に措置された交付金については、「生活対策」の中小・小規模企業等支援対策のために措置されたことを認識し、中小企業等に対する研究開発支援の強化のために活用する。
- c) 平成21年度補正予算（第1号）により追加的に措置された交付金については、「経済危機対策」の低炭素革命、健康長寿・子育て及び底力発揮・21世紀型インフラ整備のために措置されたことを認識し、低炭素・循環型社会の構築、資源大国の実現、医療品等新技术の開発加速、中小企業支援の推進、ITの徹底活用による国民の利便性向上のために活用する。
- d) 平成21年度補正予算（第2号）により追加的に措置された交付金については、「明日の安心と成長のための緊急経済対策」の環境・エネルギー技術への挑戦のために措置されたことを認識し、低炭素社会の実現に不可欠な素材の開発等、革新的な環境技術開発の前倒しや低炭素社会システムの実現に向けた取組の推進のために活用する。
- e) 平成22年度補正予算（第1号）により追加的に措置された交付金については、「円高・デフレ対応のための緊急総合経済対策」のグリーン・イノベーションの推進、ライフ・イノベーションの推進のために措置されたことを認

識し、レアアース等代替技術の開発、グリーン・イノベーションの研究開発支援の加速、ライフ・イノベーションの研究開発支援の加速のために活用する。

- f) 平成23年度補正予算(第3号)により追加的に措置された交付金については、東日本大震災からの復興のために措置されたことを認識し、省エネルギー分野等の革新的技術開発、災害対応無人化システム研究開発のために活用する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、22本の論文発表を実施した。

<平成20年度補正予算(第1号)>

①運営費交付金事業については、既存事業の加速的措置であることを踏まえ、原則として、速やかに変更契約等を行い、既契約額の増額にて対応した。②また、国庫補助金事業については、通常、各都で行う補助金交付申請等の諸手続きを企画調整部にてとりまとめることとし、METI に対する窓口を一本化することで手続きの効率化を図った。これらにより、平成20年度内において、必要な全ての契約締結及び交付決定を完了することができた。なお、決算上、その予算額のうち75億円(補正予算額の90.4%)が繰越となったが、全て既契約等繰越と整理されるものである。

<平成20年度補正予算(第2号)>

新たに事業者を公募しなければならないものであったが、公募予告等を前倒して行うことで、公募に必要な期間を確保し、平成20年度において全ての交付決定を完了した。なお、決算上、その予算の大半(約10億円)が繰越となったが、全て既契約等繰越と整理されるものである。

平成21年度には、イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、27本の論文発表を実施した。さらに、研究・技術計画学会の年次大会にて、研究評価部が推進するプロジェクト評価、追跡評価等の評価システムに対して「学会賞」を受賞した。

<平成21年度補正予算(第1号)>

予算成立後速やかに執行(公募等)を開始したが、10月16日の閣議決定による予算の見直しがあり、その見直し結果を反映させ執行を行った。

<平成21年度補正予算(第2号)>

新たに事業者を公募しなければならないものであったが、公募予告等を前倒して行うことで、公募に必要な期間を確保し、平成21年度において全ての契約を締結した。

平成22年度には、イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、20本の発表を実施した。

<平成22年度補正予算(第1号)>

公募が必要な事業についても、公募に必要な期間を確保した上で、平成22年度中に全ての契約を締結した。(ただし、震災の影響を受けた事業者等は除く)

平成23年度には、イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、24本の発表を実施した。

<平成23年度補正予算(第3号)>

東日本大震災からの復興のために措置されたものであることを踏まえ、省エネルギー分野等の革新的技術開発や災害対応無人化システム研究開発プロジェクトを行った。なお、新規事業者の選定が必要な研究開発については、適切に公募を行い、平成23年度中に全ての契約を締結した。

平成24年度には、イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、20本の発表を実施した。

<平成24年度補正予算>

日本経済再生に向けた緊急経済対策のために措置されたことを踏まえ、イノベーション実用化ベンチャー支援事業の公募を迅速に開始した。

(4) クレジット取得関連業務

[中期計画]

クレジット取得関連業務は、京都議定書における我が国の目標達成に資するための京都メカニズムクレジットの取得を確実に費用対効果を考慮して行うことを目的として、経済産業省及び環境省が機構に委託したものである。

第1期中期目標期間中、政府としてのクレジット取得の制度と運用体制の構築、及びクレジット取得の契約締結を行ってきた。

第2期中期目標期間におけるクレジット取得関連業務の実施に当たっては、引き続き経済産業省及び環境省との緊密な連携の下、我が国が京都議定書目標達成計画に基づき、京都議定書に定める第一約束期間の目標達成に向けて、国内対策を基本として国民各界各層が最大限努力してもなお京都議定書の約束達成に不足する差を踏まえ、計画的に目標達成に必要なと見込まれるクレジットの取得及び政府への移転を、制度改善と運用体制の強化をしつつ実施するものとする。その際、①計画的にクレジットを取得するとともに、国の財政支出の効率化の観点から、取得に係る予算総額の低減を含めた、効率的かつ着実なクレジットの取得に努めること、②地球規模での温暖化防止、途上国の持続可能な開発

への支援を図ること、という観点を踏まえつつ、適切に業務を推進する。

かかる目的の実現のため、以下に留意するものとする。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

CDM、J Iを対象としたクレジットの取得にあたっては、価格面、確実性等に加え、地球規模での温暖化防止、途上国の持続可能な開発への支援という観点を踏まえ、クレジット発行者から直接取得する形態（以下、「タイプA」という。）及び、転売等によりクレジットを取得する形態（以下、「タイプB」という。）によって3件のCDM案件について契約（208.7万トン-CO₂）を締結した。

また、平成20年度は、日本国政府がG I Sホスト国（東欧諸国）との間で署名された覚書に基づき、以下のとおりG I Sを活用した国際排出量取引に関する交渉を行い、平成21年3月、日本で初めてG I Sによるクレジット購入契約を締結した。

契約相手	契約総量	契約締結日
・ウクライナ環境投資庁	3,000万トン-CO ₂	平成21年3月18日

これにより平成20年度の契約総量は、CDM案件を含め、3,208.7万トン-CO₂となり、前年度までの契約総量を含めると、5,510.4万トン-CO₂の契約量を確保した。

平成21年度には、

「京都議定書目標達成計画」の目標達成に必要と見込まれるクレジットの取得及び政府への移転等のクレジット取得関連業務を、制度改善と運用体制の強化により、計画的に実施した。

クレジット取得にあたっては、地球規模での温暖化防止、途上国の持続可能な開発への支援という観点を踏まえ、各種プロジェクトの内、クレジットを安価で大量に取得可能であるG I Sを活用した国際排出量取引に関する交渉に注力、効率的かつ着実なクレジット取得に努め、G I Sによる購入契約を以下の通り締結した。平成21年度の総契約量は4,150.0万トン-CO₂となり、昨年度迄の総契約量を含めると、政府取得目標の約1億トン-CO₂に迫る、9,580.3万トン-CO₂の契約量を確保した。

契約相手先	総契約量	契約締結日
・チェコ共和国環境省	4,000万トン-CO ₂	3/30（4/1発効）
・ラトビア共和国環境省	150万トン-CO ₂	10/5

クレジットの移転については、引き続き事務管理等の効率化・適正化に努め、政府への移転総量は4,498.2万トン-CO₂となり、累積では4,813.0万トン-CO₂を移転し、第一約束期間の目標達成に貢献した。

G I S案件については、移転されたクレジットを確実なものとするために、グリーンングの着実な実施を推進するとともに、日本の環境技術移転を図るべく、契約相手国において日本技術紹介のワークショップ等を開催した。

既契約CDM案件については、国連審査の長期化・厳格化の現状に対応するため、プロジェクト実施者や関係機関等と協力しつつ、COP・EB等での働き掛けを強め、国連登録及びクレジット発行の円滑化の推進に努めた。

また、為替リスクを低減し予算の効率的な運用を図るため、為替予約制度の弾力的運用も実施した。

平成22年度には、

クレジット取得にあたっては、地球規模での温暖化防止、途上国の持続可能な開発への支援という観点を踏まえ、各種プロジェクトの内、クレジットを安価で大量に取得可能であるG I Sを活用した国際排出量取引に関する交渉に注力、効率的かつ着実なクレジット取得に努め、G I Sによる購入契約を以下の通り締結した。平成22年度の総契約量は400万トン-CO₂となり、昨年度迄の総契約量を含めると、政府取得目標の約1億トン-CO₂に迫る、9,782.3万トン-CO₂の契約量を確保した。

契約相手先	総契約量	契約締結日
・ポーランド共和国環境省	400万トン-CO ₂	12/9

クレジットの移転については、引き続き事務管理等の効率化・適正化に努め、政府への移転総量は3,380.8万トン-CO₂となり、累積では8,193.8万トン-CO₂を移転し、第一約束期間の目標達成に貢献した。

G I S案件については、移転されたクレジットを確実なものとするために、グリーンングの着実な実施を推進するとともに、日本の環境技術移転を図るべく、契約相手国において日本技術紹介のワークショップ等を開催した。

既契約CDM案件については、国連審査の長期化・厳格化の現状に対応するため、プロジェクト実施者や関係機関等と協力しつつ、COP・EB等での働き掛けを強め、国連登録及びクレジット発行の円滑化の推進に努めた。

また、為替リスクを低減し予算の効率的な運用を図るため、為替予約制度の弾力的運用も実施した。

平成23年度には、

クレジット取得にあたっては、地球規模での温暖化防止、途上国の持続可能な開発への支援という観点を踏まえ、各種プロジェクトのうち、効率的かつ着実なクレジット取得を行える体制は維持しているが、平成23年度は政府方針により新規契約によるクレジットの取得は行わなかった。これまでに、政府取得目標の約1億トン-CO₂に迫る9,755.9万トン-CO₂の契約量を確保している。

平成23年度はクレジットの確実な移転に注力し、引き続き事務管理等の効率化・適正化に努めたところ、新たに765.5万トン-CO₂を政府の管理口座へ移転、累積では8,959.3万トン-CO₂となるなど、第一約束期間の目標達成に貢献した。

G I S案件については、移転されたクレジットを確実なものとするために、グリーンングの着実な実施を推進するとともに、日本の環境技術移転を図るべく、契約相手国において日本技術紹介のワークショップ等を開催した。

既契約のCDM案件については、国連審査の長期化・厳格化の現状に対応するため、プロジェクト実施者や関係機関等と連携を密にし、国連登録及びクレジット発行の円滑化の推進に努めた。

平成24年度には、

クレジット取得にあたっては、地球規模での温暖化防止、途上国の持続可能な開発への支援という観点を踏まえ、各種プロジェクトのうち、効率的かつ着実なクレジット取得を行える体制は維持しているが、平成24年度は政府方針により新規契約によるクレジットの取得は行わなかった。これまでに、政府取得目標の約1億トン-CO₂に迫る9,752.8万トン-CO₂の契約量を確保している。

平成24年度はクレジットの確実な移転に注力し、引き続き事務管理等の効率化・適正化に努めたところ、新たに406.0万トン-CO₂を政府の管理口座へ移転、累積では9,365.4万トン-CO₂となるなど、第一約束期間の目標達成に貢献した。

G I S案件については、移転されたクレジットを確実なものとするために、グリーンングの着実な実施を推進するとともに、日本の環境技術移転を図るべく、契約相手国において日本技術紹介のワークショップ等を開催した。

既契約のCDM案件については、国連審査の長期化・厳格化の現状に対応するため、プロジェクト実施者や関係機関等と連携を密にし、国連登録及びクレジット発行の円滑化の推進に努めた。

(注) 年度間の総契約量実績の整合性がとれていないのは、一部の既契約案件において契約量の変更を行っているため。

(ア) 企画・公募段階

[中期計画]

- i) クリーン開発メカニズム (CDM)・共同実施 (J I)・グリーン投資スキーム (G I S) によるクレジットの取得に最大限努力する。
- ii) クレジット取得に係る契約の相手先となる事業者等 (以下「契約相手先」という。) の選定については、原則として公募によるものとし、その際ホームページ等のメディアの最大限の活用等を図る。また、原則として随時の応募受付と年間複数回の採択を実施する。また、必要に応じて公募説明会を開催し、契約相手先に対して公募に関する周知を図る。
- iii) 契約相手先の選定においては、客観的な審査・採択基準に基づく公正な審査を行う。具体的には、その信用力、プロジェクトの内容、提案されたクレジットの価格や移転時期その他必要な事項を考慮して選定する。その際、必要に応じて世界で取引されているクレジットのデータベース等の活用などを図るなど、優れた提案等を速やかに採択するための審査体制を維持する。また、審査に当たっては、提案者等が国際ルール等を踏まえて行った、クレジットを生成するプロジェクトに係る環境に与える影響及び地域住民に対する配慮の徹底について確認を行う。
- iv) クレジット取得においては、リスクの低減を図りつつ、費用対効果を考慮してクレジットを取得する観点から、個々のクレジット取得におけるリスクを厳正に評価することに加えて、取得事業全体として、契約相手先やプロジェクト実施国を分散させることなどの措置を講じる。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- i) 平成20年4月1日より公募を開始し、CDM・J I及びG I Sプロジェクトによるクレジット取得に努めた。
- ii) 契約相手先選定の公募に当たっては、ホームページによる周知を実施するとともに、公募説明会を開催した。また、国内外における京都メカニズムに関連するセミナー等での講演等を通じて本事業の周知を図った。また、応募受付を随時とする一方、計5回の締切を設け、採択を実施した。
- iii) 契約相手先の選定に当たっては、信用力、プロジェクトの内容、提案されたクレジットの価格や移転時期等を考慮するとともに、外部の有識者で構成するアドバイザリーグループから専門的見知に基づく助言を書面等で受け、客観的かつ公平な審査を行った。その際、世界で取引されているクレジットの価格情報や企業情報などのデータベースを活用し、速やかに審査を行った。また、クレジットを生成するプロジェクトの環境に与える影響及び地域住民に対する配慮を徹底するため、審査に当たっては提案者に対してヒアリングを行い、チェック項目に基づいて確認を行った。当該確認リストは、取得契約量等と併せて年度終了後速やかに公表する。(平成20年度分は平成21年4月1日に公表済み。)
- iv) 個々の取得案件毎に、アドバイザリーグループからの助言等を活用し、タイプA (プロジェクト参加者として直接クレジットを取得するタイプ) については必要に応じて現地調査を行う等、リスクを厳正に評価した。また、費用対効果の観点も踏まえ、従来のCDM・J I案件だけではなく、G I S案件についてもグリーンングリスク等固有のリスクを厳正に評価した上で新たに取得対象とするなど手法の多様化を図った。

平成21年度には、

- i) 平成21年度は、各種プロジェクトの内、G I Sによる取得手法を活用し、交渉により大量のクレジット取得が可能かつ相対的に安価なクレジットの取得を実施した。
- ii) クレジット取得に係る契約の相手方となる事業者等 (以下「契約相手先」という) の選定については、クレジット価格等の状況を精査しつつ公募を検討したが、結果として公募は見送り、G I Sによる二国間交渉を行った。
- iii) 契約相手先の選定にあたって、信用力、プロジェクトの内容、提案されたクレジットの価格や移転時期等を考慮し、客観かつ公平な審査を行った。その際、世界で取引されているクレジット価格情報や企業情報等のデータベースも活用した。クレジットを生成するプロジェクトの環境に与える影響及び地域住民に対する配慮を徹底するため、提案者に対するヒアリングを行った上で採択した。
- iv) G I S案件について、グリーンングリスク等の固有のリスクを厳正に評価した上で取得契約を締結。グリーンング施行に関しては、履行違反を防ぐべくモニタリング等による確認と是正指導を可能とし、着実なグリーンングを実施できる緻密なスキームを導入した。また、実施国を分散させることで、リスク低減を図った。

平成22年度には、

- i) 平成22年度は、各種プロジェクトの内、GISによる取得手法を活用し、交渉により大量のクレジット取得が可能かつ相対的に安価なクレジットの取得を実施した。
- ii) クレジット取得に係る契約の相手方となる事業者等（以下「契約相手先」という）の選定については、クレジット価格等の状況を精査しつつ公募を検討したが、結果として公募は見送り、GISによる二国間交渉を行った。
- iii) 契約相手先の選定にあたって、信用力、プロジェクトの内容、提案されたクレジットの価格や移転時期等を考慮し、客観かつ公平な審査を行った。その際、世界で取引されているクレジット価格情報や企業情報等のデータベースも活用した。クレジットを生成するプロジェクトの環境に与える影響及び地域住民に対する配慮を徹底するため、提案者に対するヒアリングを行った上で採択した。
- iv) GIS案件について、グリーンングリスク等の固有のリスクを厳正に評価した上で取得契約を締結した。グリーンング施行に関しては、履行違反を防ぐべくモニタリング等による確認と是正指導を可能とし、着実なグリーンングを実施できる緻密なスキームを導入した。また、実施国を分散させることで、リスク低減を図った。

平成23年度には、

- i) 政府方針により、平成23年度は新規契約によるクレジット取得を行わなかった。
- ii) クレジット取得に係る契約の相手方となる事業者等（以下「契約相手先」という）の選定については、クレジット価格等の状況を精査しつつ公募を検討したが、結果として公募は見送りとした。
- iii) 契約相手先の選定にあたって、信用力、プロジェクトの内容、提案されたクレジットの価格や移転時期等を考慮し、客観かつ公平な審査を行う体制を維持した。世界で取引されているクレジット価格情報や企業情報等のデータベースも活用し、クレジットを生成するプロジェクトの環境に与える影響及び地域住民に対する配慮を徹底するため、提案者に対するヒアリングを行うこともスキーム化している。
- iv) GIS案件について、グリーンングリスク等の固有のリスクを厳正に評価した上で契約締結しており、グリーンング施行に関しては、履行違反を防ぐべくモニタリング等による確認と是正指導を可能とし、着実なグリーンングを可能とする緻密なスキームを導入し実施した。また、実施国を分散させることで、リスク低減を図った。

平成24年度には、

- i) 政府方針により、平成24年度は新規契約によるクレジット取得を行わなかった。
- ii) クレジット取得に係る契約の相手方となる事業者等（以下「契約相手先」という）の選定については、クレジット価格等の状況を精査しつつ公募を検討したが、結果として公募は見送りとした。
- iii) 契約相手先の選定にあたって、信用力、プロジェクトの内容、提案されたクレジットの価格や移転時期等を考慮し、客観かつ公平な審査を行う体制を維持した。世界で取引されているクレジット価格情報や企業情報等のデータベースも活用し、クレジットを生成するプロジェクトの環境に与える影響及び地域住民に対する配慮を徹底するため、提案者に対するヒアリングを行うこともスキーム化している。
- iv) GIS案件について、グリーンングリスク等の固有のリスクを厳正に評価した上で契約締結しており、グリーンング施行に関しては、履行違反を防ぐべくモニタリング等による確認と是正指導を可能とし、着実なグリーンングを可能とする緻密なスキームを導入し実施した。また、実施国を分散させることで、リスク低減を図った。

(イ) 業務実施段階

[中期計画]

- i) クレジット取得に係る契約の締結に際しては、費用対効果を考慮してクレジットを取得する観点から、必要に応じて取得契約額の一部前払いを行う。この際、契約相手先の業務遂行能力・信用力等を厳格に審査するとともに、原則前払い額の保全のための措置を講じる。また実際にクレジットが移転されるまでに相当の期間を要することから、必要に応じ、複数年度契約を締結する。
- ii) 契約相手先からの進捗状況に関する定期報告の提出及び随時の報告の聴取や必要に応じた現地調査等を行うことにより、プロジェクトの進捗状況の把握に努めるとともに、必要に応じて契約相手先と協議し、適切な指導を行い、当初の取得契約が遵守されるよう管理する。また、管理に当たっては、複数年度契約により年々累積していく契約案件を効率的に管理していくための体制を構築する。
- iii) クレジット取得等業務を取り巻く環境の変化等を踏まえて柔軟かつ適切に対応する体制とするとともに、必要に応じた職員の能力向上、機構内の関係部門との連携を図る。また、将来のプロジェクトの案件形成にあつては、その実施が可能な地域や省エネルギー技術・新エネルギー技術等の拡大を図るため、関連する業務の成果との連携を図る。これらにより、適切に効率的かつ効果的な業務管理・運営を実施する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- i) 平成20年度においては、結果的に前払いを希望する案件は無かったが、各案件ともクレジット譲渡計画が複数年度にまたがることを考慮し、複数年度契約を締結した。
また、カーボン価格の乱高下、大幅な為替変動等種々の環境変動に備え、為替予約等の措置を講じた。
- ii) 確実なクレジット取得の観点から、契約の締結にあたっては、プロジェクトの進捗状況等についての相手先からの定期報告や必要に応じた現地調査の実施などを盛り込み、その定期報告や現地調査（海外事務所も活用）により把握した状況に応じ、譲渡計画の見直しを指示する等適切な指導を行った。また、年々累積していく契約の管理のため専任職員を配置するとともに、現地に専門駐在員を配置する事を検討するなど体制の強化に努めた。
- iii) GISによるグリーンング活動への支援の本格化、ポスト京都の動向など今後のクレジット取得事業を取り巻く環

境の変化に対応するため、部内の担当グループの再編を行い、要員を適切に配置するなど業務実施体制の整備を図った。また、気候変動枠組条約締約国会議（COP）等国際会合に積極的に参加し、組織内で情報共有を図るほか、各職員に機構内の研修（地球温暖化研修など）への参加を促す等、職員の能力や意識向上を図った。

将来のプロジェクトの案件形成に当たっては、「京都メカニズム開発推進事業」など直接関連する業務のみならず、「国際エネルギー使用合理化等対策事業」等、機構内の他部署が行うプロジェクトからのクレジット取得について検討するなど他部署における業務成果との連携強化を図った。

また、今後G I S取得契約購入資金にて実施することとなる温室効果ガス排出削減プロジェクトの前段階として実施する予定のキャパシティビルディングにて、我が国の環境技術の移転促進を狙ったセミナー等の実施を検討した。

平成21年度には、

- i) 平成21年度に締結したG I S案件では、結果的に前払いは無かったが、2案件のうち1件は実施計画が複数年度に跨ることから、複数年度契約を締結した。
- ii) 確実なデリバリー実施の観点から、G I S案件においては、グリーンングの進捗状況等について契約相手国からの定期報告や必要に応じて実施する現地調査（海外事務所の活用を含む）を通して把握、必要に応じて実施計画の見直しを指示する等、適切な指導を行った。また、年々累積していくCDM並びにG I S契約の管理のため職員を適正配置する等の体制強化を図った。
- iii) G I Sによるグリーンング活動への支援の本格化に伴い、欧州事務所と一体的に実施する体制を構築、国際室・各技術部との連携強化を図った。今後の取得事業を取り巻く環境変化に対応するため、部内横断的な戦略チームを編成、要員を適切に配置するなど業務体制の整備を行った。また、気候変動枠組条約締約国会議（COP）等の国際会議や国連E B等に積極的に参加し、情報収集及び発信に努めた。

平成22年度には、

- i) 平成22年度に締結したG I S案件では、結果的に前払いは無かったが、実施計画が複数年度に跨ることから、複数年度契約を締結した。
- ii) 確実なデリバリー実施の観点から、G I S案件においては、グリーンングの進捗状況等について契約相手国からの定期報告や必要に応じて実施する現地調査（海外事務所の活用を含む）を通して把握、必要に応じて実施計画の見直しを指示する等、適切な指導を行った。また、年々累積していくCDM並びにG I S契約の管理のため職員を適正配置する等の体制強化を図った。
- iii) G I Sによるグリーンング活動への支援の本格化に伴い、欧州事務所と一体的に実施する体制を構築、国際部・各技術部との連携強化に引き続き注力。今後の取得事業を取り巻く環境変化に対応するため、要員を適切に配置しつつ、取得業務の進捗を踏まえ人員体制の効率化を図るなど業務体制の整備を行った。また、気候変動枠組条約締約国会議（COP）等の国際会議や国連E B等に積極的に参加し、情報収集及び発信に努めた。

平成23年度には、

- i) 平成23年度はクレジットの取得に係る新たな契約締結を行わなかったが、契約相手先の業務遂行能力・信用力等の厳格な審査等の費用対効果を考慮した審査・契約体制は維持している。
- ii) 確実なデリバリー実施の観点から、G I S案件においては、グリーンングの進捗状況等について契約相手国からの定期報告や必要に応じて実施する現地調査（海外事務所の活用を含む）を通して把握、必要に応じて実施計画の見直しを指示する等、適切な指導を行った。また、年々累積していくCDM並びにG I S契約の管理のため、適正規模の要員数で対応した。
- iii) G I Sによるグリーンング活動への支援の本格化に伴い、欧州事務所、国際部及び各技術部との連携強化に引き続き注力。今後の取得事業を取り巻く環境変化に対応するため、要員を適切に配置しつつ、取得業務の進捗を踏まえ人員体制の効率化を図るなど業務体制を整備した。また、気候変動枠組条約締約国会議（COP）等に積極的に参加し、情報収集及び発信に努めた。

平成24年度には、

- i) 平成24年度はクレジットの取得に係る新たな契約締結を行わなかったが、契約相手先の業務遂行能力・信用力等の厳格な審査等の費用対効果を考慮した審査・契約体制は維持している。
- ii) 確実なデリバリー実施の観点から、G I S案件においては、グリーンングの進捗状況等について契約相手国からの定期報告や必要に応じて実施する現地調査（海外事務所の活用を含む）を通して把握、必要に応じて実施計画の見直しを指示する等、適切な指導を行った。また、年々累積していくCDM並びにG I S契約の管理のため、適正規模の要員数で対応した。
- iii) G I Sによるグリーンング活動への支援の本格化に伴い、欧州事務所、国際部及び各推進部との連携強化に引き続き注力。今後の取得事業を取り巻く環境変化に対応するため、要員を適切に配置しつつ、取得業務の進捗を踏まえ人員体制の効率化を図るなど業務体制を整備した。また、気候変動枠組条約締約国会議（COP）等に参加し、情報収集及び発信に努めた。

（ウ）評価及びフィードバック・情報発信

[中期計画]

- i) クレジット取得関連業務が京都議定書の目標達成という国際公約に関係していることのみならず、国民の関心の高い地球温暖化防止に直結した業務であることを踏まえ、毎年度、クレジット取得量及び取得コストの実績について、外部の専門家・有識者を活用しつつ、京都メカニズムクレジットの市場価格等を踏まえたクレジット取得事業全体の検証及び評価を実施する。また、クレジット取得の状況や事業を取り巻く環境の変化などの情報収集・分析を行

い、これらを踏まえて以降の事業実施に反映させる。さらに、制度の運用状況や改善点等について精査し、政策当局への提言等を行う。

- ii) クレジットの取得状況に関する情報発信については、原則として、契約相手先の名称、取得契約に係るクレジット量並びに毎年度の取得量及び取得コストの実績について、できる限り速やかに公表（注）する。ただし、公表するクレジットの取得コストについては、我が国がクレジット取得事業を実施するに当たって不利益を被らないものに限定する。

注：我が国が不利益を被らないよう公表時期・内容について十分留意しつつ実施する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- i) クレジット取得量及び取得コストの実績については、毎年度4月に開催する、外部の専門家・有識者等で構成する「京都メカニズムクレジット取得事業評価委員会」での意見等を参考に、クレジットの市場価格等を踏まえ評価を行った。（同委員会は、平成19年度事業を対象に平成20年4月21日に開催。平成20年度事業については、平成21年4月27日に開催。）

また、併せて今後の当該事業へのフィードバック、政策当局への提言等を行う観点から、同評価委員会における意見等を参考にしつつ、クレジット取得状況や事業を取り巻く環境の変化などの情報収集・分析を行った。

- ii) 毎年度のクレジット取得契約相手先の名称、取得契約クレジット量及び政府へのクレジット移転実績総量については、年度終了後、速やかに公表を実施した。（平成19年度分については平成20年4月11日に公表。平成20年度分については平成21年4月1日公表済。）

またクレジットの取得コストについては、平成20年6月末に決算報告書の形で公表を実施した。

平成21年度には、

- i) クレジット取得量及び取得コストの実績について、毎年4月に開催する外部専門家・有識者による「京都メカニズムクレジット取得事業評価委員会」での意見等を参考に、クレジット市場価格等を踏まえて評価を行った。

また、同委員会における意見等を参考に、クレジット取得状況や事業を取り巻く環境変化等の情報収集及び分析等を行い、政策当局への情報提供等を行った。

- ii) 当年度のクレジット取得契約相手先の名称、取得契約クレジット量及び移転クレジット量については、年度終了後に速やかに公表した。

平成22年度には、

- i) クレジット取得量及び取得コストの実績について、毎年4月に開催する外部専門家・有識者による「京都メカニズムクレジット取得事業評価委員会」での意見等を参考に、クレジット市場価格等を踏まえて評価を行った。

また、同委員会における意見等を参考に、クレジット取得状況や事業を取り巻く環境変化等の情報収集及び分析等を行い、政策当局への情報提供等を行った。

- ii) 当年度のクレジット取得契約相手先の名称、取得契約クレジット量及び移転クレジット量については、年度終了後に速やかに公表した。

平成23年度には、

- i) クレジット取得量及び取得コストの実績について、年度終了後5月に開催した外部専門家・有識者による「京都メカニズムクレジット取得事業評価委員会」での意見等を参考に、クレジット市場価格等を踏まえて評価を行った。

また、同委員会における意見等を参考に、クレジット取得状況や事業を取り巻く環境変化等の情報収集及び分析等を行い、政策当局への情報提供等を行った。

- ii) 当年度のクレジット取得契約相手先の名称、取得契約クレジット量及び移転クレジット量等については、年度終了後に速やかに公表した。

平成24年度には、

- i) クレジット取得量及び取得コストの実績について、年度終了後4月に開催した外部専門家・有識者による「京都メカニズムクレジット取得事業評価委員会」での意見等を参考に、クレジット市場価格等を踏まえて評価を行った。

また、同委員会における意見等を参考に、クレジット取得状況や事業を取り巻く環境変化等の情報収集及び分析等を行い、政策当局への情報提供等を行った。

- ii) 当年度のクレジット取得契約相手先の名称、取得契約クレジット量及び移転クレジット量等については、年度終了後に速やかに公表した。

(エ) 地球温暖化対策技術普及等推進事業

[中期計画]

なし

[中期目標期間実績]

平成20年度

なし

平成21年度

なし

平成22年度

なし

平成23年度には、

- ・年2回の公募を行い、一次公募26件（発掘調査11件、組成調査15件）、二次公募14件（発掘調査11件、組成調査3件）の計40件（対象国17ヶ国）のF/S事業を採択し、我が国の低炭素技術・製品の普及をはかりながら対象国での温室効果ガス排出削減に貢献するプロジェクトの発掘や組成を実施した。さらに、本事業に関連して、COP17において制度のPRや調査概要についてのPRをはかるとともに、政府が行うベトナム、インドネシアにおける相手国カウンターパートへの報告会への協力等を行った。

平成24年度には、

- ・2回の公募を行い、一次公募21件（発掘調査4件、組成調査12件、フォローアップ調査5件）、二次公募2件（MRV方法論適用等調査2件）の計23件（対象国12ヶ国）のF/S事業を採択し、我が国の低炭素技術・製品の普及をはかりながら対象国での温室効果ガス排出削減に貢献するプロジェクトの発掘や組成等を、他の国際事業等との連携をはかりながら推進した。また、本事業に関連して、COP18のサイドイベントや、平成23年度実施F/Sの成果報告会を開催し、本事業の情報発信を行った。さらに、政府が行うインド、エチオピア、インドネシア、ベトナムにおけるF/S実施国での報告会等への協力を行った。

（5）債務保証経過業務・貸付経過業務

[中期計画]

省エネルギー・リサイクル推進に係る債務保証業務については、保証継続案件及び求償権を有している案件について、債務保証先の適切な管理及び求償権の回収額から回収コストを差し引いた額の最大化に向け適切な措置を講じる。なお、同債務保証の新規採択業務の廃止に伴い、当該業務を実施するための基金に係る政府出資金については、所要の法整備が行われた後に全額国庫納付する。

鉱工業承継業務に係る貸付金の回収については、債権の管理を適切に行い、回収額の最大化に向けて計画的に進め、約定回収等を終了した時点をもって当該業務を廃止する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・省エネルギー・リサイクル推進に係る債務保証業務については、保証中案件1件については保証が完了した。求償権案件3件については法的手続き等により、求償権の回収額から回収コストを差し引いた額の最大化に努めた。
- ・鉱工業承継業務に係る貸付金の回収については、債権の管理を適正に行うとともに、平成20年度償還予定分以上の回収を行った。

＜平成20年度償還予定額と回収額＞

償還予定額	503百万円
回収実績額	534百万円

平成21年度には、

- ・省エネルギー・リサイクル推進に係る債務保証業務については、求償権の回収額から回収コストを差し引いた額の最大化に努め、求償権案件3件のうち2件の求償権の一部回収を行った。
- ・鉱工業承継業務に係る貸付金の回収については、債権の管理を適正に行うとともに、平成21年度回収予定分以上の回収を行った。

＜平成21年度回収予定額と回収額＞

回収予定額	390百万円
回収実績額	404百万円

平成22年度には、

- ・特定事業活動等促進経過業務に係る3事案の求償権については、平成21年度において、回収可能なものは回収し尽くしたことから、平成22年度は、回収不能なものについて適正に処分し、平成22年11月15日付けで政府出資金5億円の毀損なく適正に業務を終了した。本政府出資金については、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」において、国庫返納する旨が明記されたことから、今後勘定を閉鎖した上で国庫返納する予定。特定事業活動等促進業務に係る政府出資金については、平成22年度内に国庫返納済み。
- ・鉱工業承継業務は、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」における、個別に講ずべき措置として、政府出資金の国庫納付が閣議決定されたため、政府出資金183億円のうち168億円を国庫納付した。あわせて、民間出資金80百万円のうち73百万円の払戻しを手続き中である。

鉱工業承継業務に係る貸付金の回収については、債権の管理を適正に行うとともに、平成22年度回収予定分以上の回収を行った。

＜平成22年度回収予定額と回収額＞

回収予定額	353百万円
回収実績額	365百万円

平成23年度には、

- ・省エネルギー・リサイクル支援法債務保証経過業務については、出資金500百万円を含めて608百万円を平成23年度に国庫納付した。
- ・鉱工業承継業務に係る貸付金の回収については、債権の管理を適正に行うとともに、平成23年度償還予定分以上の回収を行った。

＜平成23年度償還予定額と回収額＞

償還予定額 286 百万円

回収実績額 295 百万円

平成24年度には、

- ・ 鉱工業承継業務に係る貸付金の回収については、債権の管理を適正に行うとともに、平成24年度回収予定分以上の回収を行った。

<平成24年度回収予定額と回収額>

回収予定額 23 百万円

回収実績額 29 百万円

(6) 石炭経過業務

(ア) 貸付金償還業務

[中期計画]

回収額の最大化に向け、管理コスト等を勘案しつつ、個別債務者の状況に応じた適切な措置を講じ、計画的に貸付金の回収を進める。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、平成20年度の償還予定額2,291百万円を計画どおり回収した。

平成21年度には、平成21年度の償還予定額561百万円を計画どおり回収した。

平成22年度には、平成22年度の償還予定額1,046百万円を計画どおり回収した。

平成23年度には、平成23年度の償還予定額2,171百万円を計画どおり回収した。

平成24年度には、平成24年度の償還予定額1,334百万円を計画どおり回収した。

(イ) 旧鉱区管理等業務

[中期計画]

廃止前の石炭鉱業構造調整臨時措置法により機構が買収し、最終鉱業権者となっている旧鉱区及びボタ山に関し、鉱害発生のもたら防止のための管理及び鉱害発生後の賠償を行う。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

旧鉱区及びボタ山の管理を行った。

具体的には、

- 1) 旧鉱区管理マニュアルに従い、旧鉱区に係る54炭鉱のぼた山等の状況調査及びぼた山保全工事・開放坑口閉塞工事等を実施した。
- 2) 坑廃水改善対策として、5炭鉱の水量・水質調査・解析・実証試験業務等を実施した。

また、旧鉱区に係る鉱害処理については、申し出497件に対し、鉱害であるか否かの認否件数235件（うち、鉱害である旨採択（認定）した件数59件、不採択（否認）件数176件）の処理を行い、平成20年度末未処理分25件及び20年度採択件数のうち29件の計54件（計536百万円）の鉱害処理を適正に実施した。なお、採択未処理物件62件及び認否未処理件数262件については、平成21年度において現地調査等を行い適正に処理する。

平成21年度には、

旧鉱区及びぼた山の管理を行った。

具体的には、

- 1) 旧鉱区管理マニュアルに従い、旧鉱区に係る54炭鉱のぼた山等の状況調査及びぼた山保全工事・開放坑口閉塞工事等を実施した。
- 2) 坑廃水改善対策として、5炭鉱の水量・水質調査・解析・実証試験業務等を実施した。

また、旧鉱区に係る鉱害処理については、申し出644件に対し、鉱害であるか否かの認否件数250件（うち、鉱害である旨採択（認定）した件数62件、不採択（否認）件数188件）の処理を行い、前年度末未処理分31件及び21年度採択件数のうち29件の計60件（計514百万円）の鉱害処理を適正に実施した。なお、採択未処理物件64件及び認否未処理件数394件については、平成22年度において現地調査等を行い適正に処理する。

平成22年度には、

旧鉱区及びぼた山の管理を行った。

具体的には、

- 1) 旧鉱区管理マニュアルに従い、旧鉱区に係る71炭鉱のぼた山等の状況調査及び5炭鉱に係るぼた山保全工事・開放坑口閉塞工事等を実施した。
- 2) 坑廃水改善対策については、5炭鉱の水量・水質調査・解析・実証試験業務等を実施し、その結果を踏まえ、各炭鉱毎の基本方針を策定した。
- 3) 旧鉱区に係る鉱害処理については、申し出612件に対し、鉱害であるか否かの認否件数308件（うち、鉱害である旨採択（認定）した件数51件、不採択（否認）件数257件）の処理を行い、前年度末未処理分30件及び22年度採択件数のうち28件の計58件（計546百万円）の鉱害処理を適正に実施した。なお、採択未処理物件5

4件及び認否未処理件数304件については、平成23年度において現地調査等を行い適正に処理する。
平成23年度には、
旧鉱区及びぼた山の管理を行った。

具体的には、

- 1) 旧鉱区管理マニュアルに従い、旧鉱区に係る45炭鉱のぼた山・坑口等の状況調査及び4炭鉱に係るぼた山保全工事・開放坑口閉塞工事等を実施した。
- 2) 坑廃水改善対策については、22年度に定めた炭鉱毎の基本方針に従い、23年度は、2炭鉱の水量・水質等調査及び3炭鉱の基本設計の策定を行った。
- 3) 旧鉱区に係る鉱害処理については、申し出557件に対し、鉱害であるか否かの認否件数255件（うち、鉱害である旨採択（認定）した件数67件、不採択（否認）件数188件）の処理を行い、前年度未処理分26件及び23年度採択件数のうち47件の計73件（計480百万円）の鉱害処理を適正に実施した。なお、採択未処理物件18件及び認否未処理件数302件については、平成24年度において現地調査等を行い適正に処理する。

平成24年度には、

旧鉱区及びぼた山の管理を行った。

具体的には、

- 1) 旧鉱区管理マニュアルに従い、旧鉱区に係る27炭鉱のぼた山・坑口等の状況調査及び4炭鉱に係るぼた山保全工事・開放坑口閉塞工事等を実施した。
- 2) 坑廃水改善対策については、22年度に定めた炭鉱毎の基本方針及び平成23年度に実施した基本設計に基づき、2炭鉱の実施設計及び3炭鉱の坑廃水処理施設設置用地等の用地買収等を行うとともに1炭鉱の水量・水質調査を行った。
- 3) 旧鉱区に係る鉱害処理については、申し出514件に対し、鉱害であるか否かの認否件数291件（うち、鉱害である旨採択（認定）した件数53件、不採択（否認）件数238件）の処理を行い、前年度未処理分20件及び24年度採択件数のうち29件の計49件（計548百万円）の鉱害処理を適正に実施した。

2. 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置

(1) 機動的・効率的な組織

[中期計画]

近年における産業技術分野の研究開発を巡る変化や、国際的なエネルギー・環境問題の動向の推移に迅速かつ適切に対応し得るような、柔軟かつ機動的な組織体制を構築し、意思決定及び業務執行の一層の迅速化と効率化を図る。その際、人員及び財源の有効利用により組織の肥大化の防止及び支出の増加の抑制を図るため、事務及び事業の見直しを積極的に実施するとともに、人員及び資金の有効活用の目標として、下記を設定し、その達成に努める。

[中期目標期間実績]

平成23年度には、

近年における産業技術分野の研究開発を巡る変化や、国際的なエネルギー・環境問題の動向の推移に迅速かつ適切に対応し得るような、柔軟かつ機動的な組織体制を構築し、意思決定及び業務執行の一層の迅速化と効率化を図った。その際、人員及び財源の有効利用により組織の肥大化の防止及び支出の増加の抑制を図るため、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針（平成22年12月7日閣議決定）」等を踏まえ、事務及び事業の見直しを積極的に実施するとともに、人員及び資金の有効活用の目標として、下記を設定し、その達成に努めた。

平成24年度には、

近年における産業技術分野の研究開発を巡る変化や、国際的なエネルギー・環境問題の動向の推移に迅速かつ適切に対応し得るような、柔軟かつ機動的な組織体制を構築し、意思決定及び業務執行の一層の迅速化と効率化を図った。その際、人員及び財源の有効利用により組織の肥大化の防止及び支出の増加の抑制を図るため、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針（平成22年12月7日閣議決定）」等を踏まえ、事務及び事業の見直しを積極的に実施するとともに、人員及び資金の有効活用の目標として、下記を設定し、その達成に努めた。

[中期計画]

(ア) 効率的な業務遂行体制を確保するため、各部門の業務に係る権限と責任を規程等により明確化するとともに、産業技術開発関連業務及び新エネルギー・省エネルギー関連業務等については、基本計画等により業務の進捗及び成果に関する目標を明確に設定し、組織内部においてその達成状況を厳格に評価する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

(ア) 産業技術開発関連業務及び新エネルギー・省エネルギー関連業務等については、プロジェクト毎に作成される事業原簿や基本計画等により業務の進捗及び成果に関する目標を明確に設定し、組織内部においてその達成状況を各分野毎に厳格に評価した。

平成21年度には、

(ア) 産業技術開発関連業務及び新エネルギー・省エネルギー関連業務等については、全ての事業について、各部門が責任を持って策定した基本計画または実施方針により業務の進捗及び成果に関する目標を明確に設定し、そのうち、

平成21年度は、5年間程度以上の期間を要し、かつ事業開始から3年目程度を経過したナショナルプロジェクト25件について、機構外部の専門家・有識者を活用した中間評価を実施した。

平成22年度には、

(ア) 産業技術開発関連業務及び新エネルギー・省エネルギー関連業務等については、全ての事業について、各部門が責任を持って策定した基本計画または実施方針により業務の進捗及び成果に関する目標の達成度の把握に努め、そのうち、平成22年度は、5年間程度以上の期間を要し、かつ事業開始から3年目程度を経過したナショナルプロジェクト16件について、機構外部の専門家・有識者を活用した中間評価を実施した。

平成23年度には、

(ア) 産業技術開発関連業務及び新エネルギー・省エネルギー関連業務等については、全ての事業について、各部門が責任を持って策定した基本計画または実施方針により業務の進捗及び成果に関する目標の達成度の把握に努め、そのうち、平成23年度は、5年間程度以上の期間を要し、かつ事業開始から3年目程度を経過したナショナルプロジェクト10件について、機構外部の専門家・有識者を活用した中間評価を実施した。

平成24年度には、

(ア) 産業技術開発関連業務及び新エネルギー・省エネルギー関連業務等については、全ての事業について、各部門が責任を持って策定した基本計画または実施方針により業務の進捗及び成果に関する目標の達成度の把握に努め、そのうち、平成24年度は、5年間程度以上の期間を要し、かつ事業開始から3年目程度を経過したナショナルプロジェクト10件について、機構外部の専門家・有識者を活用した中間評価を実施した。

[中期計画]

(イ) 関連する政策や技術動向の変化、業務の進捗状況に応じ、機動的な人員配置を行う。また、外部専門家等の外部資源の有効活用を行う。特に、プログラスマネージャー等、高度の専門性が必要とされるポジションについては、積極的に外部人材を登用する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

(イ) 急速に重要性が増している蓄電技術開発について新たに「蓄電技術開発室」を設置し、必要な人材を配置した。また、外部専門家等の有効活用に関し、PM4名（半導体、太陽光発電、国際標準、通信関連分野）、PD4名（バイオマス、ライフサイエンス、テーマ公募型事業2名）を新たに配置したほか、固有職員・出向者の人材リソースがその持てるパフォーマンスを最も効果的に発揮できることを意識した人材配置を行い、研究開発マネジメントの高度化を図った。

平成21年度には、

(イ) 外部専門家等の有効活用に関し、PM6名（蓄電池、ナノテク、材料、熱・物質移動制御、経済・イノベーション、医療分野）、PD2名（テーマ公募型事業）を新たに配置した。うち、蓄電池分野のPMは、京都大学に新たに設置したNEDO革新蓄電池センターに配置し、高度な知見を研究現場において直接発揮した。また、固有職員・出向者の人材リソースがその持てるパフォーマンスを最も効果的に発揮できることを意識した人材配置を行い、研究開発マネジメントの高度化を図った。

平成22年度には、

(イ) 外部専門家等の有効活用に関し、PM2名（知財・国際標準化、分析化学）、PD2名（テーマ公募型事業、電気工学）を新たに配置した。うち、知財・国際標準化分野のPMは、NEDOの研究開発プロジェクトが我が国の産業競争力に資するよう、研究開発において取り組むべき出口戦略について具体的事例を踏まえた助言を行った。分析化学分野のPMは、水素先端科学基礎研究事業において、高度な知見を九州大学の研究現場において直接発揮した。また、固有職員・出向者の人材リソースがその持てるパフォーマンスを最も効果的に発揮できることを意識した人材配置を行い、研究開発マネジメントの高度化を図った。

平成23年度には、

(イ) 外部専門家等の有効活用に関し、PM1名（環境）を新たに配置した。うち、知財・国際標準化分野のPMにおいては、我が国の産業競争力に資するNEDOの研究開発プロジェクトのあり方、具体的にはオープン標準化及び知財マネジメント戦略を念頭に置いた「産業競争力の強化に向けた周辺状況調査委員会」において、委員長を務め、当該委員会の検討において主導的役割を果たした。その他、個別のNEDO研究開発プロジェクトにおける知財戦略、標準化戦略について助言を行うなど、自身の専門性を生かし、NEDOの取り組みへ貢献した。

平成24年度には、

(イ) 外部専門家等の有効活用に関し、PM1名（半導体技術）を新たに配置した。また、知財・国際標準化分野のPMにおいては、NEDOの技術開発プロジェクトの出口戦略を強化する観点から、平成24年12月に改訂された「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」の改訂方針に関する助言や、NEDO内プロジェクト推進部からの知財戦略、国際標準化戦略等に関する相談対応及び助言のほか、国内最大規模の産学マッチングイベントである「イノベーション・ジャパン2012」における基調講演等を実施した。

[中期計画]

(ウ) 各部門の業務が相互に連携して効率的な運営が行われるような体制になるよう、更なる随時見直しを図る。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

(ウ) 機構のコンプライアンス推進体制の整備として、コンプライアンス推進委員会・推進室を新たに設置するとともに、コンプライアンス統括管理者・責任者・担当者を設置した。また、機構内部統制を厳格にチェックするため、監

事室を設置し、監査体制の整備を図った。これに加えて、海外の情報収集や関係機関との協力事業を効率的かつ効果的に推進するため、ワシントン及び欧州事務所の人員強化、ジャカルタ事務所の廃止、ニューデリー事務所の設置を図った。さらに、国内外において今後さらなる拡大が見込まれる蓄電池の市場・ニーズに対し、我が国蓄電池産業の競争力の維持・強化を図るため、蓄電池に関する技術開発を総合的に推進する蓄電技術開発室を新たに設置した。

平成21年度には、

(ウ) 地球温暖化に係る世界的な関心の高まりを背景に、再生可能エネルギーの安定的供給、効果的・効率的なシステムを可能とするスマートグリッドに対する世界的な関心が高まる中、これまでの研究開発活動を通じて蓄積されたスマートグリッド関連技術等を有機的に統合し、スマート社会構築に向けたシステムの開発及びその実用化を推進するため、エネルギー・環境技術本部内にスマートコミュニティ推進室を新たに設置し、幅広いニーズに対応できる体制を構築した。

平成22年度には、

(ウ) わが国の省エネルギー技術、新エネルギー技術、環境技術、水処理技術などの高い水準の技術・インフラシステムを新興国等で着実に展開し、国内産業の成長力への結び付けていくことを目的として、国際事業統括室を国際部とし、海外における実証事業等を着実に推進するための体制を強化した。

また、スマート社会構築に向けたシステムの開発及びその実用化をさらに推進するため、スマートコミュニティ推進室をスマートコミュニティ部とし、幅広いニーズに対応できる体制を強化した。

加えて、IT産業や再生可能エネルギー技術等に係わる多数の企業や研究機関等が立地する米国西部地域における活動を強化するために、シリコンバレー事務所を設置した。

また、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」に基づき他法人との海外事務所共用化について検討を実施した。

平成23年度には、

(ウ) 社会情勢、技術動向を踏まえ、部室の統合による部数の縮減、部室名称の変更を実施した。

具体的には、所管する事業の親和性及び業務量を考慮し、機械システム部を技術開発推進部に統合した。また、情報システム部における管理業務の更なる推進のためにシステム運営の実態を踏まえシステム業務部に名称変更を実施した。加えて、エネルギー対策推進部における省エネルギー業務への集中の実態を反映し省エネルギー部に名称変更を実施した。

平成24年度には、

(ウ) 社会情勢、技術動向を踏まえつつ、部の体制について随時見直しを行い、最終年度の成果最大化に向け、当年度には部の統廃合を見送った。一方、関係各部のメンバーから構成される「IT融合推進本部」を設置(24年10月)し、部室横断的な業務にも機動的に対応した。

[中期計画]

(エ) 本部、地方支部、海外事務所間における双方の円滑な流通・有機的連携を一層図るとともに、業務の状況を踏まえ必要に応じ組織の見直しを図る。特に国内支部、海外事務所については、戦略的、機動的に見直しをする。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

(エ) 本部、地方支部、海外事務所間における人事、情報等の円滑な流通・有機的連携を一層図り、業務効率化を実施した。また、近年のエネルギー需要及びCO₂の排出量が急増しているインド地域でのエネルギー対策の必要性が高まりを受けニューデリー事務所を開設するとともに、ジャカルタ事務所を廃止した。

平成21年度には、

(エ) 本部、地方支部、海外事務所間における適材適所の人事配置及び情報の共有化など組織内での有機的連携を一層図り、業務効率化を実施した。

平成22年度には、

(エ) 本部、支部間は、各種業務打ち合わせ、連絡会議、支部職員対象研修開催等により業務の有機的連携を図った。

本部、海外事務所間は、本部、海外事務所間で連携して海外プロジェクトを推進するなど双方の有機的連携を図った。

平成23年度には、

(エ) 本部、支部間は、各種業務打ち合わせ、連絡会議、支部職員対象研修開催等により業務の有機的連携を図った。

本部、海外事務所間は、本部、海外事務所間で連携して海外プロジェクトを推進するなど双方の有機的連携を図った。

平成24年度には、

(エ) 本部、支部間は、各種業務打合せ、連絡会議、支部職員対象研修開催等により業務の有機的連携を図った。本部、海外事務所間は、本部、海外事務所間で連携して海外プロジェクトを推進する等双方の有機的連携を図った。

また、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」(平成22年12月7日閣議決定)に基づき、地方支部について体制の見直しを行い、北海道支部及び九州支部をそれぞれ24年度末で閉所した。(平成25年4月1日付)。

平成23年度には、

(オ) 本法人単独で借上げを行っていた旧東京会議室については廃止し、移転の上、新たにNEDO分室を設置して他の独立行政法人とそれぞれの会議室を共用する方式での運用を開始した。

平成24年度には、

(オ) 引き続きNEDO分室について、他の独立行政法人とそれぞれの会議室を共有する方式で効率的な運用を行った。

平成23年度には、

(カ) 区分所有宿舍6戸について鑑定評価を行い、売却に向けた準備を実施した。

平成24年度には、

(カ) 区分所有宿舍6戸については、入札による売却を行い、その譲渡収入を平成25年1月に国庫納付した。

平成23年度には、

(キ) 粕屋敷地、太宰府敷地、筑紫野敷地、吉塚倉庫、篠栗書庫について3月に入札を行ったが不調となった。

平成24年度には、

(キ) 粕屋敷地、太宰府敷地、筑紫野敷地、吉塚倉庫、篠栗書庫については、不動産鑑定評価による売却価格の見直しを行い、平成25年2月に入札を実施した結果、筑紫野敷地、篠栗書庫は不調となったものの、粕屋敷地、太宰府敷地、吉塚倉庫については売却処分を行った。

平成23年度には、

(ク) 財務省からの国庫納付に向けた整備事項に関する調査等への対応を実施した。

平成24年度には、

(ク) 伊東敷地については、処分方針を現物納付から売却による譲渡収入納付に変更し、入札を2回実施したが不調となった。

平成23年度には、

(ケ) 地熱開発促進調査事業に係る噴出試験設備について、売却を実施し、平成23年度末をもって売却額の国庫納付が完了した。

平成23年度には、

(コ) 民間からの出向者数について計画的に抑制を図った。

平成24年度には、

(ケ) 民間からの出向者数について計画的に抑制を図った。

(2) 自己改革と外部評価の徹底

[中期計画]

全ての事業につき、厳格な評価を行い、不断の業務改善を行う。また、評価に当たっては機構外部の専門家・有識者を活用するなど適切な体制を構築する。評価は、研究開発関連事業に関する技術評価と事業評価の両面から適切に実施し、その後の事業改善へ向けてのフィードバックを行う。

評価の実施に際しては、事業のPDSサイクル全体の評価が可能となるよう「成果重視」の視点を踏まえ、「NEDO研究開発マネジメントガイドライン」の一層の活用を図る。

また、管理会計の視点を可能な限り考慮した評価のあり方を検討する。具体的には、例えば、試行的に中長期にわたるコスト、進捗、成果を考慮すべき事業を選定し、個別事業毎の中間・事後評価の時点、事業終了後数年経過後に行う追跡評価の時点において、投入と効果の関係をコストの視点から可能な限り具体的・定量的に評価する方策を検討する。

さらに、機構の成果のうち優れたものについては、内外の各種表彰制度に機構自らが応募し、又は事業実施者における応募を促す。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、平成20年度に中間評価を行った全22件のプロジェクトの内、計画を一部変更して実施するもの(3件)、中止または抜本的な改善を行うもの(2件)など、不断の業務改善を行った。また、評価に当たっては機構外部の専門家・有識者を活用するなど適切な体制で実施した。評価は、研究開発関連事業に関する技術評価と事業評価の両面から適切に実施し、その後の事業改善へ向けてのフィードバック(中間評価結果の反映方針の策定など)を行った。なお、テーマ公募型の研究開発事業に係る制度評価(平成20年度の評価対象全11件)に関しては、当該事業の運営・管理等の改善に資するため、中間評価を原則毎年度行うとともに(9件)、事業終了後には事後評価を行った(2件)。さらに、管理会計の視点を可能な限り考慮した評価のあり方について、検討の方向性を模索した。

平成21年度には、平成21年度に中間評価を行った全25件のプロジェクトの内、計画を一部変更して実施するもの(9件)、テーマの一部を中止して実施するもの(1件)など、不断の業務改善を行った。また、評価に当たっては機構外部の専門家・有識者を活用するなど適切な体制で実施した。評価は、研究開発関連事業に関する技術評価と事業評価の両面から適切に実施し、その後の事業改善へ向けてのフィードバック(中間評価結果の反映方針の策定など)を行った。なお、テーマ公募型の研究開発事業に係る制度評価(平成21年度の評価対象全8件)に関しては、当該事業の運営・管理等の改善に資するため、中間評価を原則毎年度行うとともに(7件)、事業終了後には事後評価を行った(1件)。さらに、管理会計の視点を可能な限り考慮した評価のあり方については、NEDOのプロジェクトにより開発された成果から実用化したもののうち、企業等へのアンケートおよびヒアリングにより売上高が把握できた主要27品目について、2010年～2020年までの費用対効果に対する試算を実施した。その結果、主要27品目に対するNEDOプロジェクトの国費支出累計は約4,255億円であったのに対し、売上予測累計は約53兆円であった。

平成22年度には、平成22年度に中間評価を行った全16件のプロジェクトの内、計画を一部変更して実施するもの(9件)、テーマの一部を中止して実施するもの(1件)など、不断の業務改善を行った。また、評価に当たっては機構外部の専門家・有識者を活用するなど適切な体制で実施した。評価は、研究開発関連事業に関する技術評価と事業評価の両面から適切に実施し、その後の事業改善へ向けてのフィードバック(中間評価結果の反映方針の策定など)を

行った。なお、テーマ公募型の研究開発事業に係る制度評価（平成22年度の評価対象全4件）に関しては、当該事業の運営・管理等の改善に資するため、中間評価を3件行い、事業終了後には事後評価を行った（1件）。さらに、管理会計の視点を可能な限り考慮した評価のあり方については、NEDOのプロジェクトにより開発された成果の中長期の活用状況を把握するため、プロジェクトの実績調査を9プロジェクトの公募において試行した。

平成23年度には、平成23年度に中間評価を行った全10件のプロジェクトの内、テーマの一部を加速し実施するもの（1件）、計画を一部変更して実施するもの（2件）など、不断の業務改善を行った。また、評価に当たっては機構外部の専門家・有識者を活用するなど適切な体制で実施した。評価は、研究開発関連事業に関する技術評価と事業評価の両面から適切に実施し、その後の事業改善へ向けてのフィードバック（中間評価結果の反映方針の策定など）を行った。なお、テーマ公募型の研究開発事業に係る制度評価（平成23年度の評価対象全6件）に関しては、当該事業の運営・管理等の改善に資するため、中間評価を3件行い、事業終了後には事後評価を行った（3件）。

さらに、管理会計の視点を可能な限り考慮した評価のあり方については、NEDOのプロジェクトにより開発された成果から実用化したもののうち、企業等へのアンケートおよびヒアリングにより売上高が把握できた主要50製品について、2011年～2020年までの費用対効果に対する試算を実施した。

平成24年度には、平成24年度に中間評価を行った全10件のプロジェクトの内、テーマの一部を加速し実施するもの（5件）、計画を一部変更して実施するもの（1件）など、不断の業務改善を行った。また、評価に当たっては機構外部の専門家・有識者を活用するなど適切な体制で実施した。評価は、研究開発関連事業に関する技術評価と事業評価の両面から適切に実施し、その後の事業改善へ向けてのフィードバック（中間評価結果の反映方針の策定など）を行った。なお、テーマ公募型の研究開発事業に係る制度評価（平成24年度の評価対象全4件）に関しては、当該事業の運営・管理等の改善に資するため、中間評価を3件行い、事業終了後には事後評価を行った（1件）。

さらに、管理会計の視点を可能な限り考慮した評価のあり方については、NEDOのプロジェクトにより開発された成果から実用化したもののうち、企業等へのアンケートおよびヒアリングにより売上高が把握できた主要70製品について、2011年～2020年までの費用対効果に対する試算を実施した。

（3）職員の意欲向上と能力開発

[中期計画]

個人評価においては、適切な目標を設定し、その達成状況を多面的かつ客観的に適切にレビューすることにより評価する。また、個人評価の運用に当たっては、適切なタイミングで職員への説明や研修等を行うことにより、円滑な運用を目指すとともに、毎年度職員に対する人事評価制度の理解度の調査を行い、その結果を現行水準以上にする。さらに、評価結果の賞与や昇給・昇格への適切な反映を拡大することにより、職員の勤労意欲の向上を図る。

現行の研修コースの見直しを行い、業務を行う上で必要な研修の充実を図るため、第2期中期目標期間中に新規の研修コースを5コース以上設置する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、職員の意欲向上と能力開発に関し、以下の対応を行った。

- ・総合評価積み上げ算出方式等の評価結果に対する透明性、公平性を追求した人事評価制度を導入し平成20年度より運用を開始した。
- ・運用に際しては、中間面談の実施義務化に加え、自己評価や評価結果のフィードバック等についても制度化し、評価者と被評価者の意思疎通を重視した運用の徹底を図り、職員の意欲向上を図った。
- ・制度理解の為、評価者研修を9回、被評価者説明会を5回実施した。
- ・人事評価に関する理解度及び意見徴集を目的としたアンケートを実施し、評価制度の理解度について「理解できた」との回答が79%に達した。
- ・職員のプロジェクトマネジメント能力の向上を図るため、職員向け研修について、契約・検査等実務研修を中心として実施した。（主な実績：出向者研修（8回）、委託契約・助成金交付に係る事務研修（7回）、知的財産権研修（5回））
- ・平成20年度においては、新規に6件の研修を実施した。①コンプライアンス研修、②温暖化研修、③広報研修、④「決算書の読み方」研修、⑤「公会計の適正な執行」研修、⑥若手層研修
- ・特に、①コンプライアンス研修については、当機構の法令遵守や法人倫理確立等コンプライアンスの取組強化に対応し、全職員がコンプライアンスについて正しい認識を持ち業務遂行にあたるよう、基本的知識を教示し共通基盤化を図った。

平成21年度には、職員の意欲向上と能力開発に関し、以下の対応を行った。

- ・総合評価積み上げ算出方式等の評価結果に対する透明性、公平性を追求した人事評価制度を平成20年度より導入し、定着を図った。
- ・制度理解の為、新規着任者に対する研修を8回、評価者研修を2回実施した。
- ・人事評価に関する理解度及び意見徴集を目的としたアンケートを実施し、評価制度の理解度について理解できたとの回答が97%に達した。
- ・固有職員を対象とした平成21年度階層別研修においては、人材育成方針で各階層に求められる役割、各階層に不足している能力の両方を高める内容にして実施。新規では、2年目職員を対象としたフォローアップ研修、課長クラスの全管理職を対象とした管理職研修、50歳代課長代理・主査キャリアデザイン研修を実施。
- ・プロジェクトマネジメント能力向上のため、外部で開催される専門研修に積極的に固有職員を参加させ、専門知識の習得に努めた（21年度は新たに知的財産権研修、資源確保政策研修に参加させた）。

- ・NEDO業務関連研修としては、新規着任者研修、契約・検査業務関連研修、知財管理研修、資産管理研修、会計検査研修を平成20年度同様に実施するとともに、新たに研究評価研修や経理関連研修を実施し、職員の業務遂行能力を高めた。
- ・また、全階層においてコンプライアンス研修を実施、さらに外部講師による情報セキュリティセミナーを開催し、職員の法令遵守と情報管理の意識強化に努めた。
- ・固有職員を対象とした平成22年度階層別研修においては、平成22年度に定めた固有職員育成方針にのっとり、特に若手職員の業務遂行能力及び組織内調整能力を強化するメニューを実施した。(新人研修での業務の基本の徹底習得、2年目職員研修でのマネジメント論導入等)
- ・プロジェクトマネジメント研修においては、固有職員のみならず、NEDO内プロジェクト担当者を広く参加させ、NEDO全体においてマネジメント能力向上を図った。また、知財・国際標準化戦略に関する強化特別セミナーを実施し、プロジェクト担当者の知財・国際標準化に関する意識向上に努めた。
- ・固有職員に業務に必要な専門知識を習得させるため、外部で開催される専門研修に積極的に参加させた。(公文書管理、個人情報保護、契約実務、税務等)
- ・NEDO業務関連研修としては、新規着任者研修、契約・検査業務関連研修、知財管理研修、資産管理研修、会計検査研修を平成21年度の内容にさらに改良を加え、対象受講者が漏れなく受講できるよう実施し、業務遂行能力を高めた。
- ・全階層においてコンプライアンス研修を実施、さらに外部講師による情報セキュリティセミナーを開催し、職員の法令遵守と情報管理の意識強化に努めた。
- ・急速に高まるNEDO業務の国際展開に対応し、職員英語研修の受講者やTOEIC公開テスト受験者を21年度より拡大した。さらに海外との取引、交渉の更なる円滑化を目指し、国際部門の職員に国際法務に関する研修を受講させた。
- ・意欲ある職員へ研修費用を一定額補助する研修補助制度の利用促進を行った。

平成22年度には、職員の意欲向上と能力開発に関し、以下の対応を行った。

- ・総合評価積み上げ算出方式等の評価結果に対する透明性、公平性を追求した人事評価制度を平成20年度より導入し、定着を図った。
- ・制度理解の為、新規着任者に対する研修を11回、評価者研修を4回実施した。
- ・人事評価に関する理解度及び意見徴集を目的としたアンケートを実施し、評価制度の理解度について理解できたとの回答が98%に達した。

平成23年度には、職員の意欲向上と能力開発に関し、以下の対応を行った。

- ・総合評価積み上げ算出方式等の評価結果に対する透明性、公平性を追求した人事評価制度を平成20年度より導入し、定着を図った。
- ・制度理解の為、新規着任者に対する研修を8回、評価者研修を3回実施した。
- ・人事評価に関する理解度及び意見徴集を目的としたアンケートを実施し、評価制度の理解度について理解できたとの回答が98%に達した。
- ・固有職員を対象とした平成23年度階層別研修においては、平成22年度に定めた固有職員育成方針にのっとり、特に若手職員の業務遂行能力及び組織内調整能力を強化するメニューを実施した。(新人研修での業務の基本の徹底習得、2年目職員研修でのマネジメント論導入等)
- ・プロジェクトマネジメント研修においては、固有職員のみならず、NEDO内プロジェクト担当者を広く参加させ、NEDO全体においてマネジメント能力向上を図った。また、知財・国際標準化戦略に関する出口戦略強化セミナーを実施し、プロジェクト担当者の知財・国際標準化に関する意識向上に努めた。
- ・固有職員に対して業務に必要な専門知識を習得させるため、外部で開催される専門研修を積極的に参加させた。(独法会計、経理、広報、知的財産、イノベーション環境整備等)
- ・NEDO業務関連研修としては、新規着任者研修、契約・検査業務関連研修、知財管理研修、資産管理研修、会計検査研修を平成22年度の内容にさらに改良を加え、対象受講者が漏れなく受講できるよう実施し、業務遂行能力を高めた。特に新規着任者研修については、プロジェクト担当者が適切にプロジェクトマネジメントを行うために必要な項目を教示するカリキュラムを追加し、民間出向者の能力活用・即戦力強化に努めた。
- ・管理職に対して部下の労働管理に関する意識向上をさせるため、新たに労務管理研修及びeラーニングを実施した。
- ・全階層においてコンプライアンス研修を10～11月に実施し、さらに外部講師による情報セキュリティセミナーを開催し、職員の法令遵守と情報管理の意識強化に努めた。
- ・急速に高まるNEDO業務の国際展開に対応し、国際部門における英語研修を拡大するとともに、「長期在外留学及び海外語学研修制度」を構築し、平成23年度中に1名の職員を派遣した。
- ・意欲ある職員へ研修費用を一定額補助する研修補助制度の利用促進を行った。また、研修補助制度を利用した職員の英語能力強化に努めた。

平成24年度には、職員の意欲向上と能力開発に関し、以下の対応を行った。

- ・総合評価積み上げ算出方式等の評価結果に対する透明性、公平性を追求した人事評価制度を平成20年度より導入し、定着を図った。
- ・制度理解の為、新規着任者に対する研修を7回、評価者研修を4回実施した。
- ・人事評価に関する理解度及び意見徴集を目的としたアンケートを実施し、評価制度の理解度について理解できたとの回答が98%に達した。
- ・プロジェクトマネジメント研修、評価マネジメント研修については、機構内役職員を対象とした定期的な講座の実

施の他、新人と2年目職員の階層別研修においても講義を取り入れ、プロジェクトマネジメント能力の向上を図った。また、知財・国際標準化戦略に関する出口戦略強化セミナーを実施し、プロジェクト担当者の知財・国際標準化に関する意識向上に努めた。

- ・階層別研修においては、新人研修では業務の基本の徹底習得、2年目職員では業務遂行能力・コミュニケーション能力等の向上、主任研修では役割認識や交渉能力強化、主査・課長代理研修ではリーダーシップ能力向上のための研修を実施した。
- ・語学研修については、若手職員に対する集合研修の実施の他、国際関連業務に関わる職員を中心に英語のeラーニングや英文eメールライティング研修を新たに実施し、国際関連業務の推進・円滑化を図った。

[中期計画]

技術経営力に関する各界有識者のネットワークを構築し、このネットワークを活用し、技術経営力に関する機構内職員の研修を毎年度1コース以上実施するとともに、技術経営力の強化をテーマとしたシンポジウム等を毎年度1回以上開催すること等により、その知見を産業界等に発信する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、技術経営力に関する各界有識者のネットワークを構築し、このネットワークを活用し、技術経営力に関する機構内職員の研修としてNEDOカレッジを実施した。また、技術経営力の強化をテーマとしたシンポジウム等として、イノベーションジャパン2008における5周年記念シンポジウム及び東アジアイノベーション政策カンファレンスを開催すること等により、その知見を産業界等に発信した。

平成21年度には、技術経営力に関する各界有識者のネットワークを構築及び活用し、NEDOカレッジを実施するとともに、NEDOカレッジを活用して機構内職員の研修を実施した。また、技術経営力の強化をテーマとしたシンポジウム等として、「イノベーションジャパン2009」及び「アジアイノベーション政策カンファレンス2009」を開催すること等により、その知見を産業界等に発信した。

平成22年度には、研究開発マネジメント等の成果を広く情報発信することを目的とし、公開講座「グリーンイノベーションに向けて日本が取るべき戦略とは」を一般向けに開催した。具体的には、世界的にも注目を集める「水循環システム」、「希少金属（レアメタル）」及び「スマートコミュニティ」をテーマとして、その知見を約150名の聴講者に情報発信した。

機構内職員向けの研修では、個々の職員が自らの資質・能力向上に効率的、効果的に取り組むために「プロジェクトマネジメント研修」を実施した。具体的には、イノベーション論、戦略的技術開発支援マネジメント等に関する研修（計10テーマ）を職員に対して実施し、技術経営力等の能力を強化した。

平成23年度には、技術経営力の強化に関する情報の発信を目的として、イノベーションジャパン2011やNEDO産業技術セミナーにてセミナーを開催し、約320名の聴講者に講演を行った。「技術」と「知」を国際競争力に結びつける仕組みの構築やNEDOプロジェクトにおける出口戦略強化の取組みについて情報を発信した。

機構内職員向けの研修では、個々の職員が自らの資質・能力向上に効率的、効果的に取り組むために「プロジェクトマネジメント研修」や「出口戦略セミナー」を実施した。プロジェクトマネジメント研修では、戦略的技術開発支援のための理論とノウハウなどの講義・実習（全10回）を実施し、出口戦略セミナーでは各国の取組み事例を用いて知財マネジメントの重要性について全23回のセミナーにより技術経営力等の能力を強化した。

平成24年度には、技術経営力の強化に関する情報の発信を目的として、イノベーションジャパン2012等において、約1080名の聴講者に講演を行った。技術と知財で優り事業で優る仕組みの構築や各事業分野の取組みと戦略について情報を発信した。

機構内職員向けの研修として、「プロジェクトマネジメント研修」（全18回）や「出口戦略セミナー」（全9回）等、第2期中期目標期間中に計18コースの新規の研修を実施し、これらを通じて職員の技術経営力等の能力強化に取り組んだ。これにより、プロジェクトマネジメント能力の体系的な獲得や標準・知財戦略や研究開発マネジメントに関して幅広い視点で理解を深め、職員自らの資質・能力向上を図った。

[中期計画]

研究開発マネジメントの専門家を目指す職員を外部の研究開発現場等に毎年度1名以上派遣し、その経験を積ませるとともに、大学における技術経営学、工学等の博士号、修士号等について、第2期中期目標期間中に5名以上の取得を行わせる等、当該業務実施に必要な知識・技能の獲得に資する能力開発制度を充実する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、研究開発現場への派遣として、東京大学及び東北大学にそれぞれ1名ずつ職員の派遣を実施した。また早稲田大学MOTコースに2名、東京大学博士課程1名、東京工業大学博士課程1名、ジョージ・ワシントン大学1名の派遣を実施した。

平成21年度には、研究開発現場への派遣として京都大学（NEDO革新蓄電池開発センター）に1名の固有職員を常駐で派遣し、職員の研究開発マネジメント能力の向上を図った。また、早稲田大学MOTコースに2名、東京大学博士課程に3名、東京工業大学博士課程に1名、ジョージ・ワシントン大学に1名の職員を派遣し、NEDO職員に求められる政策・プロジェクト運営等に関する専門的知見の更なる習得、深化を図った。

平成22年度には、研究開発現場への派遣として東京大学先端科学技術研究センターに1名の固有職員を常駐で派遣し、職員の研究開発マネジメント能力の向上を図った。また、東京大学博士課程に3名、東京工業大学博士課程に1名の職員を派遣し、NEDO職員に求められる政策・プロジェクト運営等に関する専門的知見の更なる習得、深化を図った。

平成23年度には、研究開発現場への派遣として東京大学先端科学技術研究センターに1名の固有職員を派遣し、職

員の研究開発マネジメント能力の向上を図った。また、東京大学博士課程に2名、東京工業大学博士課程に1名、東京理科大学修士課程に1名、海外大学院の修士課程に1名の職員を派遣し、NEDO職員に求められる政策分析・立案手法、プロジェクト運営方法、技術経営論等に関する専門的知見の更なる習得、深化を図った。

平成24年度には、技術開発現場への派遣として東京大学先端科学技術研究センターに1名の固有職員を派遣し、職員の技術開発マネジメント能力の向上を図った。また、東京大学博士課程に2名、東京工業大学博士課程に1名、東京理科大学修士課程に1名、海外大学院の修士課程等に2名の職員を派遣し、NEDO職員に求められる政策分析・立案手法、プロジェクト運営、技術経営論等に関する専門的知見や語学の更なる習得、深化を図った。

[中期計画]

内外の研究開発マネジメント機関との情報交換を実施するとともに、イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として第2期中期目標期間中に100本以上の発表を行う。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、内外の研究開発マネジメント機関との情報交換を実施するとともに、イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として22本以上の発表を行った。

平成21年度には、内外の研究開発マネジメント機関との情報交換を実施するとともに、イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として27本の発表を行った。さらに、プロジェクト評価、追跡評価等の「評価システム構築」を先行的かつ積極的に取組んできたことが評価され、「研究・技術計画学会」から学会賞を受賞した。

平成22年度には、内外の研究開発マネジメント機関との情報交換を実施するとともに、イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、20本の発表を実施した。

平成23年度には、内外の研究開発マネジメント機関との情報交換を実施するとともに、イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、24本の発表を実施した。

平成24年度には、内外の研究開発マネジメント機関との情報交換を実施するとともに、イノベーション、研究開発マネジメント及びプロジェクトマネジメント関係の実践的研究発表として、セミナー、学会、シンポジウム、内外の学会誌、専門誌等に機構自身として、20本の発表を実施した。

[中期計画]

研究開発マネジメントへの外部人材の登用に際しては、機構における業務が「技術の目利き」の能力向上の機会としてその後のキャリア・パスの形成に資するよう、人材の育成に努める。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、民間出向者等がNEDOの基本的業務について早急に習熟できるよう新規出向者研修等の充実を図ると共に、試行的に民間出向者の事業管理及びマネジメント事例の収集及び可視化の検討に着手する等、早期にマネジメント業務に注力出来るような環境づくりについて検討を実施した。

平成21年度には、研究評価研修を新規に実施し、民間出向者等がNEDOの評価システムの概要や、過去の優れたマネジメントの実践例について習得し、プロジェクト運営に注力することを通じて、能力向上やその後のキャリア・パスの形成にも繋がり得るよう、人材の育成に努めた。

平成22年度には、プロジェクトマネジメント研修においては、NEDO内プロジェクト担当者を広く参加させ、NEDO全体においてマネジメント能力向上を図るとともに、知財・国際標準化戦略に関する強化特別セミナーを実施してプロジェクト担当者の知財・国際標準化に関する意識向上を図り、能力向上やその後のキャリア・パスの形成にも繋がり得るよう、人材の育成に努めた。

平成23年度には、プロジェクトマネジメント研修においては、NEDO内プロジェクト担当者を広く参加させ、NEDO全体においてマネジメント能力向上を図るとともに、知財・国際標準化戦略に関する出口戦略強化セミナーを実施してプロジェクト担当者の知財・国際標準化に関する意識向上を図り、能力向上やその後のキャリア・パスの形成にも繋がり得るよう、人材の育成に努めた。

平成24年度には、プロジェクトマネジメント研修、評価マネジメント研修については、機構内役職員を対象とした定期的な講座の実施によるNEDO全体のマネジメント能力向上を図るとともに、知財・国際標準化戦略に関する出口戦略強化セミナーを実施してプロジェクト担当者の知財・国際標準化に関する意識向上を図ることにより、人材の育成に努めた。

[中期計画]

研究開発マネジメント、契約・会計処理の専門家等、機構職員に求められるキャリア・パスを念頭に置き、適切に人材の養成を行うとともに、こうした個人の能力、適性及び実績を踏まえた適切な人員配置を行う。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、個々の職員の業務実績、評価、希望調書、面談等を踏まえつつ、職員個人の能力・適性を踏まえた人員配置に努めた。

平成21年度には、個々の職員の業務実績、評価、希望調書、面談等を踏まえつつ、職員個人の能力・適性を踏まえた人員配置に努めた。

平成22年度には、個々の職員の業務実績、評価、希望調書、面談等を踏まえつつ、職員個人の能力・適性を踏まえた人員配置に努めた。

平成23年度には、個々の職員の業務実績、人事評価、希望調書、面談等を踏まえつつ、職員個人の能力・適性を踏まえた人員配置に努めた。

平成24年度には、個々の職員の業務実績、人事評価、希望調書、面談等を踏まえつつ、職員個人の能力・適性を踏まえた人員配置に努めた。

(4) 業務の電子化の推進

[中期計画]

事業者との間の申請・届出等手続きを電子的手法により行うシステムの導入、登録研究員に係る研究経歴書の取扱の電子化の平成21年度までの環境整備等、電子化の促進等により事務手続きの一層の簡素化・迅速化を図るとともに、ホームページの利便性の確保、電子メールによる新着情報の配信等を通じ、機構の制度利用者の利便性の向上に努める。

幅広いネットワーク需要に対応しつつ、職員の作業を円滑かつ迅速に行うことができるよう、機構内情報ネットワークの充実を図る。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、業務の電子化の推進に関し、以下の対応を行った。

- ・NEDOポータル利用者からの要望に基づく機能追加を実施し利便性の向上を図るとともに、「NEDOポータル説明会」及び実機を利用した「NEDOポータル操作説明会」を計25回実施することにより、利用の拡大に努めた。(利用者数374事業者、1,157人)
- ・登録研究員に係る研究経歴書の取扱を電子的に行う仕組みを構築、実運用を開始し、事務手続きの一層の簡素化・迅速化を図った。
- ・ホームページに動画配信を開始したほか、トップページに「最近の動き」として各部のイベント活動等の情報を紹介するコーナーを設けるなど情報提供の充実を図った。また、Webサイトに関する「ご意見・ご要望」の受付をトップページに設置し、今後の改善に役立てることとした。さらに、コンテンツの充実、電子メールによる新着情報の配信等を通じ、制度利用者の利便性の向上に努めた。
- ・ホームページ作成のために利用しているCMS(コンテンツマネジメントシステム)において、コンテンツデザインの統一化、公募、イベント等の検索機能等の機能追加を行い、高機能なホームページの作成システムを整備することにより、制度利用者の利便性の向上を図った。
- ・平成19年度に実施したシステム改善要望アンケートの結果に基づき、費用対効果、緊急性等をシステム利用部門とシステム部門にて検討し、優先順位付けを行った。その上で、必要であると判断されたプロジェクト管理・会計システム等の改善を行い、業務の効率化を図った。
- ・「NEDOポータル」のプロジェクト毎の各種情報について、予め登録された管理者及び担当者間で情報の共有を行うことができる仕組みを導入し、運用を開始した。さらに、フォーラム機能(電子掲示板)の利用により、特定のトピックスに関して機構内においてディスカッションを行うことができる仕組みの整備を行った。また、機構内職員間のリアルタイムコミュニケーションを実現する仕組みを構築、運用開始し、機構内情報ネットワークの充実を図った。
- ・ネットワークの構成情報やログ情報等を容易にかつ正確に行うことを可能とする「ネットワーク監視ツール」を導入し、情報セキュリティの強化を図った。また、さらなる情報セキュリティ強化に向けて、「NEDOホームページWebアプリケーション/ネットワークのセキュリティ診断」を実施した。
- ・職員の情報セキュリティ対策として、eラーニング方式による情報セキュリティ教育を実施した。(受講率92%)

平成21年度には、業務の電子化の推進に関し、以下の対応を行った。

- ・NEDOポータル利用者からの要望に基づき、機能の追加・修正を実施し利便性の向上を図るとともに、事業者及び機構内職員を対象とした説明会の開催、更に外部の利用環境の対象拡大を行い、利用者拡大に努めた。
- ・ウェブサイトトップページのリニューアルを行った他、各部のイベント活動等の情報を紹介するコーナー「最近の動き」(112件)により、情報提供の充実を図った。
- ・平成20年度に実施したシステム改善要望アンケートの結果に基づき、費用対効果、緊急性等をシステム利用部門とシステム部門にて検討し、優先順位付けを行った。その上で、システム化が必要であると判断された案件についてシステム改善を行い、業務の効率化を図った。
- ・シンクライアント方式を導入したPC研修室を設け、システム研修を実施した。
- ・平成20年度に実施したウェブアプリケーション脆弱性に関する調査結果を踏まえ、ウェブアプリケーションの改修を実施するとともに、セキュリティ対策を施したASPサービスの調達、導入を行い、更にウェブアプリケーション開発・改修に関するセキュリティ対策ガイドラインを制定した。また、海外事務所との通信を暗号化するVPN通信を導入した。

更に、詐称メールによるウィルス攻撃をブロックし機構内への侵入を防止した。

一方、職員の情報セキュリティ向上のため、教育、講習会及び自己点検を実施した。

平成22年度には、

- ・これまでの「NEDOポータル」については平成22年12月をもって利用停止とし、ユーザニーズが高く、導入を容易にする新しい運用に向け、機能の見直し等の検討を開始した。

- ・ホームページのコンテンツの充実を目指し、NEDOの活動状況を「最近の動き」として写真付きで掲載。海外案件については英語での発信に務めた。また、電子メールでの新着情報の配信を通じて、公募等の利便性を図った。
- ・前年度実施したアンケート案件に「法制度に対応して、システム開発・改修が必須なもの」、「新規業務・規定等の改定に対応して、システム開発・改修が必須なもの」に該当する案件がなかったが、別途セキュリティ脆弱性への対応、法改正への対応など緊急性の高いシステム改修の案件が発生したため、これらを今年度のシステム改修案件として選定し、改修を行った。
- ・「情報基盤サービス」の一環で導入したIP固定電話、スマートフォン、ウェブメール、認証付き複合機等によりネットワークの充実を図った。
- ・ホームページのセキュリティ機能を強化するとともにウェブアプリケーションの作成に当たり、脆弱性が生じないようにその作成方法の指導を徹底した。海外事務所とはIP-VPNのネットワークを導入しセキュリティを強化した。メールについては詐称メールの監視を行い適切なフィルタにより機構内への侵入をブロックした。また、情報セキュリティに関するeラーニング、自己点検を実施するとともに、外部講師による情報セキュリティ研修を開催した。

平成23年度には、業務の電子化の推進に関し、以下の対応を行った。

- ・NEDO外部からの電子申請に適していると考えられる業務及びその導入手法の調査検討を行なった結果を踏まえ、特許DBシステムをベースとしたNEDO外部（委託先）へのバイドール調査をWebで実施できる「研究成果管理システム」を開発した。なお、当該システムは平成24年度から本格運用を開始する予定。
- ・ホームページのコンテンツにおいて、トップページに、技術や成果情報のキーワード別に情報を整理し、リンク集を作成。利用者のニーズに応えた利便性の向上に努めた。
- ・サーバ台数削減による費用削減を目的として、イベント登録システムをアンケートシステムに集約するためのシステム改修を実施した。
- ・機構内の主要会議室にシンクライアントPCを配置し、職員が当該会議室を離れることなく、タイムリーに情報の収集、データ加工等の作業を実施できる環境を構築した。また、スマートフォンの機種変更を行い、通信性能の向上によりネットワークを強化した。
- ・ウェブブラウザのバージョンアップにより、Webサイトの閲覧に係る脆弱性対策を強化するとともに、ブラックリスト・ホワイトリスト等の管理・適用により、セキュリティ対策の強化を図った。また、機構内全役職員を対象とした情報セキュリティeラーニング・情報セキュリティ対策自己点検を実施し、情報セキュリティに関する意識の維持・向上を図った。

平成24年度には、業務の電子化の推進に関し、以下の対応を行った。

- ・NEDO外部（委託先等）への追跡調査をWebで実施できる「成果フォローアップシステム（追跡調査）」を開発した。なお、当該システムは平成25年度から本格運用を開始する予定。
- ・ホームページのコンテンツにおいて、トップページに、最近のトピックを整理し、リンク集を作成。利用者のニーズに応えた利便性の向上に努めた。
- ・各職員のシンクライアント環境にインストールされている標準ソフトである一太郎及びAcrobatのバージョンアップを実施した。
- ・Webサイトの閲覧に係る脆弱性対策を引き続き実施し、ブラックリスト・ホワイトリスト等の管理・適用によりセキュリティ対策の強化を図った。また、機構内全役職員を対象とした情報セキュリティeラーニング、情報セキュリティ自己点検を実施し、情報セキュリティに関する意識の維持・向上を図った。さらに、海外事務所の情報セキュリティ対策状況を調査し、海外事務所向け情報セキュリティガイドラインを策定した。

[中期計画]

情報システム、重要情報への不正アクセスに対する十分な強度を確保することにより、業務の安全性、信頼性を確保する。

「独立行政法人等の業務・システム最適化実現方策」に基づき策定した「NEDO PC-LANシステムの最適化計画」を踏まえ、効率的な情報システムの構築に努めるとともに、PDSサイクルに基づき継続的に実施する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・原則、全ての研究開発関連業務において府省共通研究開発管理システム（e-Rad）に100%登録し電子化を推進し、事業者の作業軽減を図るとともに効率化を図った。
- ・平成19年度末に策定した「NEDO PC-LANシステムの業務・システム最適化計画」に基づき、平成22年7月の次期PC-LANシステム運用開始に向けたアクションプランを策定し、グリーンITの取組、セキュリティ対策強化、アウトソーシングの活用による運用管理業務の合理化等のサービス仕様の検討作業を着実に実施した。

平成21年度には、

- ・次期PC-LANシステムの更改に向け、政府調達に関する説明会の開催及び意見招請に関する公示、仕様書案の説明会を行い、調達仕様書を作成した。

平成22年度には、4月の公告により「情報基盤サービス（次期PC-LANシステム）」を調達し、11月よりサービス提供を開始した。本サービスはクラウドコンピューティングを利用したもので、ユーザ利便性の向上、グリーンIT、セキュリティ対策強化及び運用管理の強化・合理化等を図ることができた。また、サーバ、OS等の業務システムの更新に向けた業務システムの更新計画のマスタープランを作成した。

平成23年度には、

- ・スマートフォンの導入や貸出PCの増強によりユーザ利便性の向上を図った。また、J A V AのアップデートやOS等のパッチ適用により、セキュリティ対策の強化を図るとともに、情報提供系についても、統合・クラウド化により運用管理の強化・合理化及びセキュリティ対策の強化に取り組んだ。さらに、業務システム系サーバの更新計画案を策定し、更新計画の実施準備に着手した。

平成24年度には、

- ・新たな暗号化USBの運用開始及び貸出PCの増強を行いユーザ利便性の向上を図り、また、OS等のパッチ適用によりセキュリティ対策の強化を図った。
さらに業務システム系サーバの更新として文書管理システム、P J系システム等の統合・仮想化基盤への移行を実施した。

(5) 外部能力の活用

[中期計画]

費用対効果、専門性等の観点から、法人自ら実施すべき業務、外部の専門機関の活用が適切と考えられる業務を精査し、外部の専門機関の活用が適切と考えられる業務については、外部委託を活用するものとする。特に、機構の研究成果等を外部発信する活動の一環として設置している科学技術館の常設展示ブースについては、今後も引き続き外部委託により保守・運営業務を効率的に実施する。

なお、外部委託の活用の際には、機構の各種制度の利用者の利便性の確保に最大限配慮するものとする。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、従来から実施している、機構の情報ネットワークシステムの維持管理及び運用のアウトソーシング、職員の給与支給に係る明細の作成業務及び当該明細の地方組織の職員への発送業務に係る事務処理外注、海外出張における損害保険付保業務、総合受付業務等の外注を実施するとともに、科学技術館の常設展示ブースについても外部委託により効率的に保守・運営業務を実施した。

平成21年度には、従来から実施している、機構の情報ネットワークシステムの維持管理及び運用のアウトソーシング、職員の給与支給に係る明細の作成業務及び当該明細の地方組織の職員への発送業務に係る事務処理、海外出張における損害保険付保業務、総合受付業務等の外注を継続するとともに、事業者向けポータル（NEDOポータル）の利用者向けヘルプデスク業務等についても、外部委託により効率的に実施した。なお、機構の各種制度の利用者にとっての利便性が低下しないことにも配慮しつつ外部委託を活用した。

平成22年度には、従来から実施している、機構の情報ネットワークシステムの維持管理及び運用のアウトソーシング、職員の給与支給に係る明細の作成業務及び当該明細の地方組織の職員への発送業務に係る事務処理、海外出張における損害保険付保業務、総合受付業務、資産管理業務等の外注を継続するとともに、情報基盤サービス関連業務等についても、外部委託により効率的に実施した。なお、機構の各種制度の利用者にとっての利便性が低下しないことにも配慮しつつ外部委託を活用した。

平成23年度には、従来から実施している、機構の情報ネットワークシステムの維持管理及び運用のアウトソーシング、職員の給与支給に係る明細の作成業務及び当該明細の地方組織の職員への発送業務に係る事務処理、海外出張における損害保険付保業務、総合受付業務、資産管理業務等の外注を継続するとともに、情報基盤サービス関連業務等についても、外部委託により効率的に実施した。

また、展示協力を行っている科学技術館のNEDO展示室については、技術の最新動向に合わせ、展示の見直しを行った。なお、機構の各種制度の利用者にとっての利便性が低下しないことにも配慮しつつ外部委託を活用した。

平成24年度には、従来から実施している、機構の情報ネットワークシステムの維持管理及び運用のアウトソーシング、職員の給与支給に係る明細の作成業務及び当該明細の地方組織の職員への発送業務に係る事務処理、海外出張における損害保険付保業務、総合受付業務、資産管理業務、情報基盤サービス関連業務等の外注を継続し、外部委託により効率的に実施した。

また、展示協力を行っている科学技術館のNEDO展示室については、技術の最新動向に合わせ、リニューアルを行った。なお、機構の各種制度の利用者にとっての利便性が低下しないことにも配慮しつつ外部委託を活用した。

(6) 省エネルギー及び省資源の推進と環境への配慮

[中期計画]

環境に調和して持続的に発展可能な社会に適応するため、毎年度環境報告書を作成・公表するとともにその内容の充実を図ることにより、日常の業務推進に当たりエネルギー及び資源の有効利用を図るものとする。また、機構の温室効果ガス排出抑制等のための実施計画（平成19年7月2日作成）に基づき、平成24年度において平成18年度比6%削減の達成に向け取り組む。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、平成19年度に策定した「NEDOにおける温室効果ガス排出抑制等のための実施計画」の取組状況などの内容を盛り込むなど環境報告書の内容の充実を図り、ホームページ上で公表した。また、照明照度の調整、空調温度の調整、地球温暖化研修の実施による機構職員の意識向上を図るなど温室効果ガス排出抑制等のための実施計画の目標達成に向けた取組を実施した。

平成21年度には、平成19年度に策定した「NEDOにおける温室効果ガス排出抑制等のための実施計画」の取組

状況を環境報告書に反映させ、HP上で公表した。本部、九州支部においてLED照明を導入したことにより、NEDO全体として基準年度比▲14.1%の省エネ効果を上げる等、温室効果ガス排出抑制等のための実施計画の目標達成に向けた取組を実施した。

平成22年度には、平成19年度に策定した「NEDOにおける温室効果ガス排出抑制等のための実施計画」の取組状況をまとめ、環境報告書としてHP上で公表した。サーバー室の削減等により、NEDO全体として基準年度比▲31.0%の省エネ効果を上げる等、温室効果ガス排出抑制等のための実施計画の目標達成に向けた取組を実施した。

平成23年度には、環境と経済が好循環する持続可能な社会の構築に率先して取り組むことを目的とし、①22年度に行った環境配慮の取組を改めて点検・総括し、環境報告書としてまとめ、公表を行った。②東日本大震災等の影響による電力需給状況を踏まえ、例年よりも更に積極的な節電計画を策定し、職員への啓蒙と併せて機構全体でエネルギー使用量の抑制に取り組んだ。③機構の温室効果ガス排出抑制等のための実施計画（平成19年7月2日作成）に基づく取組を進めてきた結果として、平成23年度の温室効果ガス排出量は平成18年度比▲61.6%であった。

平成24年度には、機構の「温室効果ガス排出抑制等のための実施計画（平成19年7月2日作成）」における最終年度として、日常の業務における環境配慮・省資源・省エネルギーの取組を一層高い意識を持って進め、これまでの取組を環境報告書に総括し、積極的に公表した。また、同計画において策定した温室効果ガスの排出削減目標「平成24年度において平成18年度比6%削減」を大幅に上回る▲48.4%を達成した。（左記の数値は暫定値。平成25年12月頃確定見込み）

（7）業務の効率化

[中期計画]

一般管理費（退職手当を除く。）については、業務の効率化等を進めることにより段階的に削減し、第2期中期目標期間の最後の事業年度において平成19年度比15%を上回る削減を行う。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、一般管理費（退職手当を除く。）については、業務効率化等による人件費等の削減、福利厚生費・特許維持経費の削減、支部事務所の縮小・統合による事務費を削減する等の取組により、平成19年度比▲6.1%を達成。

平成21年度には、一般管理費（退職手当を除く。）については、業務効率化等による人件費等の削減、情報システム関連経費の抑制等の取組により、平成19年度比▲9.7%を達成。

平成22年度には、一般管理費（退職手当を除く。）については、業務効率化等による人件費等の削減、情報システム関連経費の抑制等の取組により、平成19年度比▲13.4%を達成。

平成23年度には、一般管理費（退職手当を除く。）については、業務効率化等による人件費等の削減、夏期節電対策による電気料等の削減等の取組により、平成19年度比▲14.8%を達成。

平成24年度には、一般管理費（退職手当を除く。）については、業務改善、汎用品の活用等による調達コストの削減の取組等を通じて業務の効率化を進めたことにより、第2期中期目標期間の最後の事業年度である本年度において平成19年度比▲22.7%を達成。

[中期計画]

総人件費については、簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律（平成18年法律第47号）等に基づく総人件費削減（平成22年度までの5年間において5%の削減を達成。）を図るとともに、経済財政運営と構造改革に関する基本方針2006（平成18年7月7日閣議決定）に基づき、人件費改革の取組を平成23年度まで継続する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、総人件費削減については、昇給抑制、役員月例支給額の引き下げ及び退職者の不補充による人員削減等を実施した。また、出勤管理システムの導入により労働時間管理の厳格化を図った。これらの取組により、総人件費削減率は、平成17年度比▲8.3%となり、対17年度比5%削減の目標を大幅に達成した。

平成21年度には、総人件費については、昇給抑制、平成21年度人事院勧告に基づく役員月例支給額及び賞与の引き下げ等の取組を実施した。これらの取組により、総人件費削減率は、平成17年度比▲8.8%となり、対17年度比▲5%の目標を大幅に上回る総人件費削減を達成した。

平成22年度には、総人件費については、平成22年度人事院勧告に基づく役員月例支給額及び賞与の引き下げ、出向者の抑制等の取組を実施した。これらの取組により、総人件費削減率は、平成17年度比▲14.9%となり、対17年度比▲5%の目標を大幅に上回る総人件費削減を達成した。

平成23年度には、総人件費については、民間出向者の計画的な抑制、退職者の不補充による人員削減等の取組を実施した。これらの取組により、総人件費削減率は、平成17年度比▲21.8%となり、対17年度比▲6%の目標を大幅に上回る総人件費削減を達成した。

平成24年度には、総人件費については、「国家公務員の給与の改定及び臨時特例に関する法律」に準じた給与及び賞与の減額、民間出向者の抑制、退職者の不補充による人員削減等の取組を実施した。これらの取組により、総人件費は5,366百万円となった。

[中期計画]

給与水準については、ラスパイレス指数、役員報酬、給与規程、俸給表及び総人件費を引き続き公表するとともに、

国民に対して納得が得られるよう説明する。また、以下のような観点からの給与水準の検証を行い、これを維持する合理的な理由がない場合には必要な措置を講じることにより、給与水準の適正化に取り組み、その検証結果や取組状況を公表する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、給与水準については、平成19年度に引き続き初任給及び給与等のベースアップを見送るとともに、昇給抑制を実施した。また、当機構の多様な職制がラスパイレス指数上適正に反映されるよう職員の給与体系の見直しを講じたことにより20年度の指数は105.0となり、19年度比17.1ポイント低下した。

平成21年度には、給与水準については、平成20年度に引き続き、初任給、給与等のベースアップの見送り及び昇給抑制を実施した。また、平成21年度人事院勧告に基づく役職員の月例支給額及び役職員賞与の引き下げ等を実施した。この結果、平成21年度のラスパイレス指数は104.0となり、平成20年度比1.0ポイント低下した。

平成22年度には、給与水準については、平成21年度に引き続き、初任給、給与等のベースアップを見送るとともに、平成22年度人事院勧告に基づく役職員の月例支給額及び役職員賞与の引き下げ等を実施した。この結果、平成22年度のラスパイレス指数は103.6となり、平成21年度比0.4ポイント低下した。平成23年度には、給与水準については、平成22年度に引き続き、初任給のベースアップを見送ること等を実施した。この結果、平成23年度のラスパイレス指数は103.9となった。

平成24年度には、給与水準については、平成23年度に引き続き、「国家公務員の給与の改定及び臨時特例に関する法律」に準じた給与及び賞与の減額、初任給のベースアップを見送ること等を実施した。この結果、平成24年度のラスパイレス指数は104.4となった。

[中期計画]

- ・法人職員の在職地域や学歴構成等の要因を考慮してもなお国家公務員の給与水準を上回っていないか。
- ・高度な専門性を要する業務を実施しているためその業務内容に応じた給与水準としているなど給与水準が高い原因について、是正の余地がないか。
- ・国からの財政支出の大きさ、累積欠損の存在、類似の業務を行っている民間事業者の給与水準等に照らし、現状の給与水準が適切かどうか十分な説明ができるか。
- ・その他、法人の給与水準についての説明が十分に国民の理解の得られるものとなっているか。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

- ・在職地域及び学歴構成を考慮したラスパイレス指数は104.0となっており、国家公務員の給与水準を上回っているが、当機構は技術的知見を駆使した専門性の高い研究開発マネジメント業務を実施していることから大学院卒の職員が高い割合を占めており(28.2%)、国家公務員に比べて高い給与水準となっている。
- ・20年度支出予算の総額に占める国からの財政支出の割合は98.1%であり高い割合を占めているが、当機構が実施している日本の産業競争力強化のための研究開発関連事業等は、いずれも国からの財政支出によって実施されることを前提としており、これらの業務の重要性・広汎性を鑑みるに適正と考えられる。また、当機構の支出総額2,057億円に占める給与、報酬等支給総額61億円の割合は3.0%であり、割合としては僅少である。
- ・20年度累積欠損額は441億円であった。石炭経過業務については、出資金を取り崩す形で業務を実施しているため、業務の進捗に伴って会計上の欠損金が不可避免的に発生してしまうが、管理コスト等を勘案し計画的・効率的に業務を実施するとともに、貸付金回収を計画的に行う。また、基盤技術研究促進事業については、出資金を原資として事業を実施する仕組みとなっていること及び民間企業と同一の会計処理を法律により義務化されていることから欠損金が不可避免的に発生してしまうが、委託先企業への現地調査や売り上げ等による納付態勢を徹底した結果、20年度は約1千万円程度の納付実績を挙げたところ。今後も現地調査や売り上げ等の納付態勢を徹底して行う。従ってこれら欠損金の存在が給与水準に影響することはないと考えられる。

平成21年度には、

- ・在職地域及び学歴構成を考慮したラスパイレス指数は103.7となっており、国家公務員の給与水準を上回っているが、当機構は技術的知見を駆使した専門性の高い研究開発マネジメント業務を実施していることから、大学院卒が高い割合(全体の約3割)を占めており、国家公務員に比べて高い給与水準となっている。
- ・平成21年度支出予算の総額に占める国からの財政支出額は約98.4%と高い割合を占めているが、当機構が実施している日本の産業競争力強化、エネルギー・地球環境問題の解決のための研究開発関連事業、新エネルギー・省エネルギー導入普及関連事業、京都メカニズムクレジット取得事業等は、いずれも民間単独で行うことが困難であり、国からの財政支出によって実施されることを前提としていることによる。また、当機構の支出総額2,746億円に占める給与、報酬等支給総額61億円の割合は約2.2%であり、割合としては僅少であることから給与水準は適切であると考えられる。
- ・21年度末時点における累積欠損額は466億円であったが、その主な発生理由は下記の通りである。石炭経過業務については、主に政府から出資を受けた資金を取り崩す形で業務にかかる経費を賄っているため、業務の進捗に伴って、会計上の欠損金が不可避免的に生じるものである。引き続き管理コスト等を勘案し業務を計画的・効率的に実施するとともに、貸付金回収を計画的に行う。基盤技術研究促進事業については、政府出資金を原資として事業を実施する仕組みとなっていること及び民間企業と同一の会計処理を法律により義務化されていることから、事業を遂行する過程で、会計上の欠損金が不可避に生じるものである。平成21年度は、委託先への現地調査や売上等による納付態勢を実施した結果、1千万円程度の納付実績を挙げたところであり、引き続き終了案件に対する資金回収の徹底を図る。上述の通り、当機構の累積欠損は会計上不可避に発生するものであり、給与水準と直接結びつくものではないと考えられる。

平成22年度には、

- ・在職地域及び学歴構成を考慮したラスパイレス指数は103.7となっており、国家公務員の給与水準を上回っているが、当機構は技術的知見を駆使した専門性の高い研究開発マネジメント業務を実施していることから、大学院卒が高い割合（全体の約3割）を占めており、国家公務員に比べて高い給与水準となっている。
- ・平成22年度支出予算の総額に占める国からの財政支出額は約96.1%と高い割合を占めているが、当機構が実施している日本の産業競争力強化、エネルギー・地球環境問題の解決のための研究開発関連事業、新エネルギー・省エネルギー導入普及関連事業、京都メカニズムクレジット取得事業等は、いずれも民間単独で行うことが困難であり、国からの財政支出によって実施されることを前提としていることによる。また、当機構の支出総額2,740億円に占める給与、報酬等支給総額56億円の割合は約2.0%であり、割合としては僅少であることから給与水準は適切であると考えられる。
- ・21年度末時点における累積欠損額は466億円であったが、その主な発生理由は下記の通りである。石炭経過業務については、主に政府から出資を受けた資金を取り崩す形で業務にかかる経費を賄っているため、業務の進捗に伴って、会計上の欠損金が不可避免的に生じるものである。引き続き管理コスト等を勘案し業務を計画的・効率的に実施するとともに、貸付金回収を計画的に行う。基盤技術研究促進事業については、政府出資金を原資として事業を実施する仕組みとなっていること及び民間企業と同一の会計処理を法律により義務化されていることから、事業を遂行する過程で、会計上の欠損金が不可避に生じるものである。平成22年度は、委託先への現地調査や売上等による納付態勢を実施した結果、約9百万円の納付実績を挙げたところであり、引き続き終了案件に対する資金回収の徹底を図る。上述の通り、当機構の累積欠損は会計上不可避に発生するものであり、給与水準と直接結びつくものではないと考えられる。

平成23年度には、

- ・在職地域及び学歴構成を考慮したラスパイレス指数は104.1となっており、国家公務員の給与水準を上回っているが、当機構は技術的知見を駆使した専門性の高い研究開発マネジメント業務を実施していることから、大学院卒が高い割合（全体の約3割）を占めており、国家公務員に比べて高い給与水準となっている。
- ・平成23年度支出予算の総額に占める国からの財政支出額は約96.4%と高い割合を占めているが、当機構が実施している日本の産業競争力強化、エネルギー・地球環境問題の解決のための研究開発関連事業、新エネルギー・省エネルギー導入普及関連事業、京都メカニズムクレジット取得事業等は、いずれも民間単独で行うことが困難であり、国からの財政支出によって実施されることを前提としていることによる。また、当機構の支出総額1,756億円に占める給与、報酬等支給総額52億円の割合は約3.0%であり、割合としては僅少であることから給与水準は適切であると考えられる。
- ・22年度末時点における累積欠損額は526億円であったが、その主な発生理由は下記の通りである。石炭経過業務については、主に政府から出資を受けた資金を取り崩す形で業務にかかる経費を賄っているため、業務の進捗に伴って、会計上の欠損金が不可避免的に生じるものである。引き続き管理コスト等を勘案し業務を計画的・効率的に実施するとともに、貸付金回収を計画的に行う。基盤技術研究促進事業については、政府出資金を原資として事業を実施する仕組みとなっていること及び民間企業と同一の会計処理を法律により義務化されていることから、事業を遂行する過程で、会計上の欠損金が不可避に生じるものである。平成23年度は、委託先への現地調査や売上等による納付態勢を実施した結果、約12百万円の納付実績を挙げたところであり、引き続き終了案件に対する資金回収の徹底を図る。上述の通り、当機構の累積欠損は会計上不可避に発生するものであり、給与水準と直接結びつくものではないと考えられる。

平成24年度には、

- ・在職地域及び学歴構成を考慮したラスパイレス指数は104.8となっており、国家公務員の給与水準を上回っているが、当機構は技術的知見を駆使した専門性の高い技術開発マネジメント業務を実施していることから、大学院卒が高い割合（全体の約3割）を占めており、国家公務員に比べて高い給与水準となっている。
- ・平成24年度支出予算の総額に占める国からの財政支出額は約95.5%と高い割合を占めているが、当機構が実施している日本の産業競争力強化、エネルギー・地球環境問題の解決のための産業技術開発関連事業、新エネルギー・省エネルギー関連事業、京都メカニズムクレジット取得事業等は、いずれも民間単独で行うことが困難であり、国からの財政支出によって実施されることを前提としていることによる。また、当機構の支出総額1,500億円に占める給与、報酬等支給総額48億円の割合は約3.2%であり、割合としては僅少であることから給与水準は適切であると考えられる。
- ・23年度末時点における累積欠損額は503億円であったが、その主な発生理由は下記の通りである。石炭経過業務については、主に政府から出資を受けた資金を取り崩す形で業務にかかる経費を賄っているため、業務の進捗に伴って、会計上の欠損金が不可避免的に生じるものである。基盤技術研究促進事業については、政府出資金を原資として事業を実施する仕組みとなっていること及び民間企業と同一の会計処理を法律により義務化されていることから、事業を遂行する過程で、会計上の欠損金が不可避に生じるものである。平成24年度は、委託先への現地調査や売上等による納付態勢を実施した結果、約23百万円の納付実績を挙げたところであり、引き続き終了案件に対する資金回収の徹底を図る。上述の通り、当機構の累積欠損は会計上不可避に発生するものであり、給与水準と直接結びつくものではないと考えられる。

[中期計画]

事業については、京都メカニズムクレジット取得関連業務、基盤技術研究促進事業及び競争的資金を除き、第2期中期目標期間の最後の事業年度において平成19年度比5%を上回る効率化を行う。また、既存事業については進捗状況

を踏まえて不断の見直しを行う。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、事業については、京都メカニズムクレジット取得関連業務、基盤技術研究促進事業及び競争的資金（産業技術研究助成事業、イノベーション推進事業の一部及びエネルギー使用合理化技術戦略的開発）を除き、平成19年度比1.88%の効率化が達成された。また、既存事業については22件の中間評価を行い、テーマの一部を加速し実施2件、概ね現行どおり実施15件、計画を一部変更し実施3件、中止または抜本的な改善2件等を迅速に行った。

平成21年度には、事業については、京都メカニズムクレジット取得関連業務、基盤技術研究促進事業及び競争的資金（産業技術研究助成事業、イノベーション推進事業の一部及びエネルギー使用合理化技術戦略的開発）を除き、平成19年度比14.3%の効率化が達成された。また、既存事業については25件の中間評価を行い、テーマの一部を加速し実施2件、概ね現行どおり実施15件、計画を一部変更し実施3件、中止または抜本的な改善2件等を迅速に行った。

平成22年度には、事業については、京都メカニズムクレジット取得関連業務、基盤技術研究促進事業及び競争的資金（産業技術研究助成事業、イノベーション推進事業の一部及びエネルギー使用合理化技術戦略的開発）を除き、平成19年度比22.9%の効率化が達成された。また、既存事業については16件の中間評価を行い、計画を一部変更して実施するもの（9件）、テーマの一部を中止して実施するもの（1件）など、不断の業務改善を行った。

平成23年度には、事業については、京都メカニズムクレジット取得関連業務、基盤技術研究促進事業及び競争的資金（先導的産業技術創出事業、省エネルギー革新技术開発事業、大学発事業創出実用化研究開発事業及び最先端研究開発支援プログラム）を除き、平成19年度比40%減とするなど、十分な効率化を図った。また、既存事業については10件の中間評価を行い、テーマの一部を加速して実施するもの（1件）、計画を一部変更して実施するもの（2件）など、不断の業務改善を行った。

平成24年度には、事業については、京都メカニズムクレジット取得関連業務、基盤技術研究促進事業及び競争的資金（先導的産業技術創出事業及び最先端研究開発支援プログラム）を除き、第2期中期目標期間の最後の事業年度である本年度において平成19年度比39%減とするなど、十分な効率化を図った。

また、既存事業については10件の中間評価を行い、テーマの一部を加速して実施するもの（5件）、計画を一部変更して実施するもの（1件）など、不断の業務改善を行った。

[中期計画]

事務及び事業の見直し、石炭経過業務の縮小、内部管理部門と事業実施部門との連携推進、各種申請の電子化の拡大等を踏まえ、組織体制の合理化を図るため、実施プロジェクト数が平成19年度の数を上回らないよう重点化を図る。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、必要な実施体制の見直しを行い、機構の実施プロジェクト数については、平成19年度の120件に対し、平成20年度では118件に重点化した。

平成21年度には、必要な実施体制の見直しを行い、機構の実施プロジェクト数については、平成19年度の120件に対し、平成21年度では118件に重点化した。

平成22年度には、必要な実施体制の見直しを行い、機構の実施プロジェクト数については、平成19年度の120件に対し、平成22年度では104件に重点化した。

平成23年度には、必要な実施体制の見直しを行い、機構の実施プロジェクト数については、平成19年度の120件に対し、平成23年度では71件に重点化した。

平成24年度には、必要な実施体制の見直しを行い、機構の実施プロジェクト数については、平成19年度の120件に対し、平成24年度では64件に重点化した。

[中期計画]

民間委託による経費削減については、既に実施している窓口業務の民間委託に加え、特に間接部門における更なる委託の可能性につき検討する。また、既に試行的に行っている各種申請の電子化の範囲を拡大し、その有効活用を図ることにより経費削減を図る。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、既に実施している窓口業務の民間委託に加え、20年度は一部研修業務のアウトソーシングを実施した。また、各種申請の電子化については、NEDOポータル、セミナー・展示会等の参加登録システム及び外部向けアンケートシステムを本格導入・有効活用し、経費削減を図った。

平成21年度には、既に実施している研修周辺業務の一部や外部来訪者の総合受付業務等に加えて、21年度は、NEDOポータルに係る利用者向けの「ヘルプデスク」（既設）について、当該業務の外注化（平成21年12月～）、資産（研究資産、知財等）管理業務の一部（資産データ登録業務、固定資産税納付補助業務、産業財産権データ登録業務等）の外注化（平成21年10月～）等を行った。

また、各種申請の電子化については、「成果報告書登録システム」を構築し運用を行うとともに「ペーパーレス会議室」を設置し、本格稼働等、経費削減を図った。

平成22年度には、11月よりサービス提供が開始された「NEDO情報基盤サービス」の利用は、運用管理の強化・合理化をアウトソーシングすることにより実現し、また経費の削減を図ったものである。各種申請の電子化の範囲の拡大については、アンケートシステムの利用を拡大し、事業者が多い補助事業等への調査や募集をWeb申請することによって、とりまとめの時間を削減することができた。

平成23年度には、平成22年11月から利用している「NEDO情報基盤サービス」により、運用管理の強化・合

理化をアウトソーシングすることにより実現し、引き続き経費の削減を図った。また、公募説明会や入札説明会などの参加登録を Web で受け付けることにより、参加者一覧などの集計作業の軽減を図るとともに、参加者数に応じた最適な会場の選定・設営にも役立った。

平成24年度には、平成22年11月から利用している「NEDO情報基盤サービス」により、運用管理の強化・合理化をアウトソーシングすることにより実現し、引き続き経費の削減を図った。

(8) 石炭経過業務の効率化に関する事項

[中期計画]

業務に係るマニュアル策定等による定形化の推進等、業務運営の円滑化を図る。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、各種マニュアルに従って、効果的かつ適切な業務の運用に努めた。

平成21年度には、各種マニュアルに従って、効果的かつ適切な業務の運用に努めた。

平成22年度には、鉱区調査後の工事実施の可否などの判定について、統一性を図るためマニュアルの一部見直しを実施した。また、マニュアルに基づき調査及び管理を行った結果を一元的に管理する鉱区管理システムの利便性・効率性などを考慮した改修を実施した。

平成23年度には、特定鉱害金銭賠償等マニュアルを見直し、他の鉱害賠償マニュアルとの整合を図り、効率的かつ適切に業務への運用を図った。

平成24年度には、特定鉱害金銭賠償等マニュアルを見直し、他の鉱害賠償マニュアルとの整合を図り、効率的かつ適切に業務への運用を図った。

(9) 随意契約の見直しに関する事項

[中期計画]

契約の相手方、金額等について、少額のものや秘匿すべきものを除き引き続き公表し、透明性の向上を図る。また、「随意契約見直し計画（平成19年12月作成）」に基づく取組を着実に実施するとともに、その取組状況を公表する。

具体的には、物品調達等の契約については、競争入札の厳格な適用により透明性・公平性を確保するとともに、国に準じた随意契約によることのできる限度額の基準を厳格に運用する。一方、研究開発関連事業等の委託契約については、選定手続きの透明性・公平性を十分に確保しつつ、企画競争・公募の方法により効率的な運用を行う。

さらに、全ての契約に係る入札・契約の適正な実施がなされているかどうかについて、監事等による監査を受ける。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、随意契約の見直し状況及び月別の契約締結内容について、NEDOホームページ上で公表を行い透明性の向上を図った。また、物品調達等の契約については、随意契約によることが真にやむを得ないものを除き、一般競争入札等に移行するとともに、国に準じて改正した規程等を遵守し、更なる契約の透明性・公平性を図った。一方、研究開発関連事業等の委託契約については、選定手続きの透明性・公平性を十分に確保しつつ、企画競争・公募の方法により効率的な運用を行った。

これら取組により、平成20年度の競争性のある契約は、件数：96.4%、金額：99.7%となった。

さらに、全ての契約に係る入札・契約手続きに関しては、契約プロセスの適切性・透明性等の観点から、平成20年10月に監事による監査を受けた。

平成21年度には、随意契約の見直し状況及び月別の契約締結内容について、NEDOホームページ上で公表を行い引き続き透明性の向上を図った。また、物品調達等の契約については、随意契約によることが真にやむを得ないものを除き、引き続き一般競争入札等による契約を行い、契約の透明性・公平性を図った。一方、研究開発関連事業等の委託契約については、選定手続きの透明性・公平性を十分に確保しつつ、企画競争・公募の方法により効率的な運用を行った。

これら取組により、平成21年度の競争性のある契約は、件数：96.0%、金額：99.7%となった。

また、契約監視委員会を開催し、契約の点検・見直しを行った結果、研究開発等については一者応募の場合に公募期間の延長を行う等、一層の契約の適正化に努めた。

さらに、全ての契約に係る入札・契約手続きに関しては、契約プロセスの適切性・透明性等の観点から、平成21年7月に監事による監査を受けた。

平成22年度には、随意契約の見直し状況及び月別の契約締結内容について、NEDOホームページ上で公表を行い引き続き透明性の向上を図った。また、物品調達等の契約については、随意契約によることが真にやむを得ないものを除き、引き続き一般競争入札等による契約を行い、契約の透明性・公平性を図った。一方、研究開発関連事業等の委託契約については、選定手続きの透明性・公平性を十分に確保しつつ、企画競争・公募の方法により効率的な運用を行った。

これらの取組により、平成22年度の競争性のある契約は、件数：97.6%、金額：99.8%となった。

また、契約監視委員会を開催し、契約の点検・見直しを行った結果、研究開発等については引き続き一者応募の場合に公募期間の延長を行う、広く公募・入札情報を周知するため公募予告、公募、説明会時にメール配信サービスへの登録を奨励する等、一層の契約の適正化に努めた。

さらに、全ての契約に係る入札・契約手続きに関しては、契約プロセスの適切性・透明性等の観点から、平成22年

度中の四半期毎に監事による監査を受けた。

平成23年度には、随意契約の見直し状況及び月別の契約締結内容について、NEDOホームページ上で公表を行い引き続き透明性の向上を図った。また、物品調達等の契約については、随意契約によることが真にやむを得ないものを除き、引き続き一般競争入札等による契約を行い、契約の透明性・公平性を図った。一方、研究開発関連事業等の委託契約については、選定手続きの透明性・公平性を十分に確保しつつ、企画競争・公募の方法により効率的な運用を行った。

これらの取組により、平成23年度の競争性のある契約は、件数：96.8%、金額：99.5%となった。

また、契約監視委員会を開催し、契約の点検・見直しを行った結果、研究開発等については引き続き一者応募の場合に公募期間の延長を行う、広く公募・入札情報を周知するため公募予告、公募、説明会時にメール配信サービスへの登録を奨励する等、一層の契約の適正化に努めた。

さらに、全ての契約に係る入札・契約手続きに関しては、契約プロセスの適切性・透明性等の観点から、平成23年度中の四半期毎に監事による監査を受けた。

平成24年度には、随意契約の見直し状況及び月別の契約締結内容について、NEDOホームページ上で公表を行い引き続き透明性の向上を図った。また、物品調達等の契約については、随意契約によることが真にやむを得ないものを除き、引き続き一般競争入札等による契約を行い、契約の透明性・公平性を図った。一方、研究開発関連事業等の委託契約については、選定手続きの透明性・公平性を十分に確保しつつ、企画競争・公募の方法により効率的な運用を行った。

これらの取組により、平成24年度の競争性のある契約は、件数：95.4%、金額：96.3%（国の水準は平成22年度 件数84%、金額79%）となった。

また、契約監視委員会を開催し、契約の点検・見直しを行った結果、研究開発等については引き続き一者応募の場合に公募期間の延長を行うことや、広く公募・入札情報を周知するため公募予告、公募、説明会時にメール配信サービスへの登録を奨励することなどにより、一層の契約の適正化に努めた。

さらに、全ての契約に係る入札・契約手続きに関しては、契約プロセスの適切性・透明性等の観点から、四半期毎に監事による監査を受けた。

（10）コンプライアンスの推進

〔中期計画〕

法令遵守や法人倫理確立等コンプライアンスの取組については、今後更なる徹底を図るべく、管理部門の効率化に配慮しつつ、機構が果たすべき責任・機能との関係でプライオリティをつけながら、コンプライアンスや情報公開・情報管理に関する法務関連業務を扱うグループの設置などによる事業部との連携強化・迅速対応など内部統制機能の強化を図るとともに、不正を行った者に対する処分等講じた措置については全て公表する。特に、コンプライアンス体制については、必要な組織体制・規程の整備により、PDSサイクル確立の観点から体系的に強化を図る。

具体的には、機構職員に対するコンプライアンス研修の年4回以上の実施に加え、受託者や補助事業者に対してもコンプライアンス研修を年4回以上行う。また、不正事業者への対応については、機構職員の教育研修の充実、新規の受託者や補助事業者のうち過去に公的資金の受入実績がない者に対する経理指導を全件実施する。さらに、談合等の不正を行った者に対する処分に係る規程等を平成20年度末までに整備するとともに、不正を行った者に対する処分は全件公表するといった厳正な対応を徹底する。

〔中期目標期間実績〕

平成20年度には、機構におけるコンプライアンスの取組については、コンプライアンス関連を統括する部署として「コンプライアンス推進室（総務部）」、経営幹部による「コンプライアンス推進委員会」を設置するなど体制整備を図るとともに、関係規程である「コンプライアンス推進規程」の策定、コンプライアンスマニュアルの検討を進め、職員研修を計12回実施するなどの充実等により、コンプライアンスの取組を体系的に強化した。

新規の受託・補助事業者のうち公的資金の受入実績がない全ての事業者に対して、採択決定後や中間検査時にあわせて経理指導を実施するとともに、新規採択事業者や契約・検査事務に不慣れた事業者向けに説明会を開催し、公的資金の適正執行について周知を図った。

また、平成20年度中に6月・9月・11月・1月の4回、全国4箇所（東京、名古屋、大阪、福岡）で開催した事業者向け検査研修では、コンプライアンスの取組や法令・規定等に則した適正な経費執行について研修を行った。

不正事業者に対しては、不正金額の返還を求めるとともに、契約等停止の処分を行い、これらの内容について公表した。なお、談合等の不正を行った者に対する処分に係る規程類の整備については、請負及び委託等の事業者に関して、それぞれ、「契約事務の取扱に関する機構達」及び「委託契約事務の取扱に関する機構達」を平成20年度中に改正した。

監査については、内部監査計画に基づき計画的に業務監査及び会計監査を実施するとともに、平成19年度の監査結果のフォローアップ監査をあわせて実施し、改善状況を盛り込んだ監査報告とした。

平成21年度には、機構におけるコンプライアンスの取組については、経営幹部による「コンプライアンス推進委員会」（1回）、各部管理職による「コンプライアンス担当者会議」（2回）をそれぞれ開催するとともに、コンプライアンスマニュアルの作成・配布により、職員間でのコンプライアンス情報の共有を推進した。また、役職に応じた階層別研修（19回）を実施し、職員の研修受講機会を拡大するなどの充実等により、コンプライアンスに対する職員の意識向上に取り組むことで、体系的な強化を図った。

新規の受託・補助事業者のうち公的資金の受入実績がない全ての事業者に対して、採択決定後や中間検査時にあわせて

て経理指導を実施するとともに、新規採択事業者や契約・検査事務に不慣れな事業者向けに説明会を開催し、公的資金の適正執行について周知を図った。

また、平成21年度中に6月・9月・11月・1月の4回、全国5箇所（川崎、名古屋、大阪、広島（6月・11月のみ）、福岡）で開催した事業者向け検査研修では、コンプライアンスの取組や法令・規定等に則した適正な経費執行について研修を行った。

不正・不適切な行為を行った事業実施者に対しては、不正金額の返還を求めるとともに、契約等停止の処分を行い、これらの内容について公表した。

監査については、内部監査計画に基づき計画的に業務監査及び会計監査を実施するとともに、年度途中で新たに生じた対処すべき監査項目についても監査を行った。また、平成20年度の監査結果のフォローアップ監査をあわせて実施した。

監査結果については、今後の業務遂行に当たり留意すべき事項として、公募要領に企業化状況報告書の提出期限を明記するよう指示するなどの監査報告を行った。

関連法人への再就職の状況及び機構と関連法人との間の取引等の状況について、機構のホームページを活用して情報を開示した。

平成22年度には、機構におけるコンプライアンスの取組については、経営幹部による「コンプライアンス推進委員会」（1回）、各部管理職による「コンプライアンス担当者会議」（1回）をそれぞれ開催するとともに、コンプライアンスマニュアルの配布により、職員間でのコンプライアンス情報の共有を推進した。さらに、役職員からの内部通報の機会の拡大を図るため、外部専門家を活用した外部窓口を設定した。また、役職に応じた階層別研修（12回）を本部で実施したほか、地方支部に講師を派遣して同内容の研修（3回）を実施し、コンプライアンスに対する職員の意識向上に取り組むことで、体系的な強化を図った。

新規の受託・補助事業者のうち公的資金の受入実績がない全ての事業者に対して、採択決定後や中間検査時にあわせて経理指導を実施するとともに、新規採択事業者や契約・検査事務に不慣れな事業者向けに説明会を開催し、公的資金の適正執行について周知を図った。

また、平成22年度中に6月・9月・10月・12月の4回、全国主要都市で開催した事業者向け検査研修では、コンプライアンスの取組や法令・規定等に則した適正な経費執行について研修を行った。

不正事業者に対しては、不正金額の返還を求めるとともに、契約等停止の処分を行い、これらの内容について公表した。

監査については、内部監査計画に基づき計画的に業務監査及び会計監査を実施するとともに、平成21年度の監査結果のフォローアップ監査をあわせて実施し、改善状況を盛り込んだ監査報告とした。

関連法人への再就職の状況及び機構と関連法人との間の取引等の状況について、機構のホームページを活用して情報を開示した。

平成23年度には、機構におけるコンプライアンスの取組については、経営幹部による「コンプライアンス推進委員会」（1回）、各部管理職による「コンプライアンス担当者会議」（3回）をそれぞれ開催し、職員間でのコンプライアンス情報の共有を推進した。また、研修（12回）を本部で実施したほか、地方支部に講師を派遣して同内容の研修（3回）を実施し、コンプライアンスに対する職員の意識向上に取り組むことで、体系的な強化を図った。

新規の受託・補助事業者のうち公的資金の受入実績がない全ての事業者に対して、採択決定後や中間検査時にあわせて経理指導を実施するとともに、新規採択事業者や契約・検査事務に不慣れな事業者向けに説明会を開催し、公的資金の適正執行について周知を図った。

また、平成23年度中に6月・9月・10月・12月の4回、全国主要都市で開催した事業者向け検査研修では、コンプライアンスの取組や法令・規定等に則した適正な経費執行について研修を行った。

不正事業者に対しては、不正金額の返還請求、契約等停止の処分を行い、これらの内容について公表するとともに、再発防止策の策定及び報告を求めた。

監査については、内部監査計画に基づき計画的に業務監査及び会計監査を実施するとともに、平成22年度の監査結果のフォローアップ監査をあわせて実施し、改善状況を盛り込んだ監査報告とした。

関連法人については、関連法人への再就職の状況及び機構と関連法人との間の取引等の状況について情報を開示した。

平成24年度には、機構におけるコンプライアンスの取組については、経営幹部による「コンプライアンス推進委員会」（1回）、各部管理職による「コンプライアンス担当者会議」（2回）をそれぞれ開催し、職員間でのコンプライアンス情報の共有を推進した。また、研修（12回）を本部で実施したほか、地方支部に講師を派遣して同内容の研修（3回）を実施し、コンプライアンスに対する職員の意識向上に取り組むことで、体系的な強化を図った。

新規の受託・補助事業者のうち公的資金の受入実績がない全ての事業者に対して、採択決定後や中間検査時にあわせて経理指導を実施するとともに、新規採択事業者や契約・検査事務に不慣れな事業者向けに説明会を開催し、公的資金の適正執行について周知を図った。

また、平成24年度中に6月・9月・10月・12月の4回、全国主要都市で開催した事業者向け検査研修では、コンプライアンスの取組や法令・規定等に則した適正な経費執行について研修を行った。

不正事業者に対しては、不正金額の返還請求、契約等停止の処分を行い、これらの内容について公表するとともに、再発防止策の策定及び報告を求めた。

監査については、内部監査計画に基づき計画的に業務監査及び会計監査を実施するとともに、平成23年度の監査結果のフォローアップ監査をあわせて実施し、改善状況を盛り込んだ監査報告とした。

関連法人については、関連法人への再就職の状況及び機構と関連法人との間の取引等の状況について情報を開示した。

3. 予算（人件費見積もりを含む。）、収支計画及び資金計画

[中期計画]

予算、収支計画及び資金計画は以下の通り。予算の見積もりは運営費交付金の算定ルールに基づき2.（7）の目標を踏まえ試算したものであり、実際の予算は毎年度の予算編成において決定される係数等に基づき決定されるため、これらの計画の額を下回ることや上回ることがあり得る。

（1）予算

[中期計画]

[運営費交付金の算定ルール]

毎年度の運営費交付金（G（y））については、以下の数式により決定する。

$G(y)$ （運営費交付金） $=A(y)$ （一般管理費） $\times \alpha$ （一般管理費の効率化係数） $+B(y)$ （事業に要する経費） $\times \beta$ （事業の効率化係数） $\times \gamma$ （中長期的政策係数） $+C(y)$ （調整経費） $-D(y)$ （自己収入）

$$\left. \begin{aligned} A(y) \text{（一般管理費）} &= Sa(y) \text{（一般管理費人件費）} + Ra(y) \text{（その他一般管理費）} \\ Sa(y) &= Sa(y-1) \times s1 \text{（一般管理費人件費調整係数）} \\ Ra(y) &= Ra(y-1) \times \delta \text{（消費者物価指数）} \\ B(y) \text{（事業に要する経費）} &= Sb(y) \text{（事業費人件費）} + Rb(y) \text{（その他事業に要する経費）} \\ Sb(y) &= Sb(y-1) \times s2 \text{（事業費人件費調整係数）} \\ Rb(y) &= Rb(y-1) \times \delta \text{（消費者物価指数）} \\ D(y) \text{（自己収入）} &= D(y-1) \times d \text{（自己収入調整係数）} \end{aligned} \right\}$$

A(y)：運営費交付金額のうち一般管理費相当分。

B(y)：運営費交付金額のうち事業に要する経費相当分。

C(y)：短期的な政策ニーズ及び特殊要因に基づいて増加する経費。短期間で成果が求められる技術開発への対応、重点施策の実施（競争的資金推進制度）、法令改正に伴い必要となる措置等の政策ニーズ、及び退職手当の支給、事故の発生等の特殊要因により特定の年度に一時的に発生する資金需要について必要に応じ計上する。

D(y)：自己収入。基本財産の運用より生じる利子収入等が想定される。

Sa(y)：役員報酬、職員基本給、職員諸手当及び超過勤務手当に相当する額。

Sb(y)：事業費中の人件費。

係数 α 、 β 、 γ 、 δ 、 s 及び d については、以下の諸点を勘案した上で、各年度の予算編成過程において、当該年度における具体的な係数値を決定する。

α （一般管理費の効率化係数）：2.（7）にて24年度において19年度比15%を上回る削減を達成することとしているため、この達成に必要な係数値とする。

β （事業の効率化係数）：2.（7）にて24年度において平成19年度比5%を上回る削減を達成することとしているため、この達成に必要な係数値とする。

γ （中長期的政策係数）：中長期的に必要となる技術シーズへの対応の必要性、科学技術基本計画に基づく科学技術関係予算の方針、独立行政法人評価委員会による評価等を総合的に勘案し、具体的な伸び率を決定する。

δ （消費者物価指数）：前年度の実績値を使用する。

$s1$ （一般管理費人件費調整係数）：職員の新規採用、昇給・昇格、減給・降格、退職及び休職等に起因した一人当たり給与等の変動の見込みに基づき決定する。

$s2$ （事業費人件費調整係数）：事業内容に基づき決定する。

d （自己収入調整係数）：自己収入の見込みに基づき決定する。

①総計

②一般勘定

③電源利用勘定

④エネルギー需給勘定

⑤基盤技術研究促進勘定

⑥鉱工業承継勘定

⑦石炭経過勘定

⑧特定事業活動等促進経過勘定

[中期目標期間実績]

①総計 (別表1-1)

②一般勘定 (別表1-2)

③電源利用勘定 (別表1-3)

- ④エネルギー需給勘定 (別表1-4)
- ⑤基盤技術研究促進勘定 (別表1-5)
- ⑥鉱工業承継勘定 (別表1-6)
- ⑦石炭経過勘定 (別表1-7)
- ⑧特定事業活動等促進経過勘定 (別表1-8)

(2) 収支計画

[中期計画]

- ①総計
- ②一般勘定
- ③電源利用勘定
- ④エネルギー需給勘定
- ⑤基盤技術研究促進勘定
- ⑥鉱工業承継勘定
- ⑦石炭経過勘定
- ⑧特定事業活動等促進経過勘定

[中期目標期間実績]

(2-1) 貸借対照表

- ①総計 (別表2-1)
- ②一般勘定 (別表2-2)
- ③電源利用勘定 (別表2-3)
- ④エネルギー需給勘定 (別表2-4)
- ⑤基盤技術研究促進勘定 (別表2-5)
- ⑥鉱工業承継勘定 (別表2-6)
- ⑦石炭経過勘定 (別表2-7)
- ⑧特定事業活動等促進経過勘定 (別表2-8)

(2-2) 損益計算書

- ①総計 (別表3-1)
- ②一般勘定 (別表3-2)
- ③電源利用勘定 (別表3-3)
- ④エネルギー需給勘定 (別表3-4)
- ⑤基盤技術研究促進勘定 (別表3-5)
- ⑥鉱工業承継勘定 (別表3-6)
- ⑦石炭経過勘定 (別表3-7)
- ⑧特定事業活動等促進経過勘定 (別表3-8)

(3) 資金計画

[中期計画]

- ①総計
- ②一般勘定
- ③電源利用勘定
- ④エネルギー需給勘定
- ⑤基盤技術研究促進勘定
- ⑥鉱工業承継勘定
- ⑦石炭経過勘定
- ⑧特定事業活動等促進経過勘定

[中期目標期間実績]

(3) キャッシュ・フロー計算書

- ①総計 (別表4-1)
- ②一般勘定 (別表4-2)
- ③電源利用勘定 (別表4-3)
- ④エネルギー需給勘定 (別表4-4)
- ⑤基盤技術研究促進勘定 (別表4-5)
- ⑥鉱工業承継勘定 (別表4-6)
- ⑦石炭経過勘定 (別表4-7)
- ⑧特定事業活動等促進経過勘定 (別表4-8)

(4) 経費の削減等による財務内容の改善

[中期計画]

各種経費を必要最小限にとどめることにより、財務内容の改善を図る観点からも、2.(7)に記載した、一般管理費の削減、総人件費削減及び人件費改革の取組並びに事業の効率化を行う。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、2.(7)に記載した、一般管理費の削減等の取り組みを進め、各種経費を必要最小限にとどめたことなどにより、制度的に不可避に生じる欠損金などの特殊要因を除き、法人全体で14億円の利益剰余金を計上した。また、概算払い制度の見直しにより、多額の未払金を減少させた。なお、石炭経過勘定については、平成20年9月に19億円の国庫返納を行った。

平成21年度には、2.(7)に記載した、一般管理費の削減等の取り組みを進め、各種経費を必要最小限にとどめたことなどにより、制度的に不可避に生じる欠損金などの特殊要因を除き、法人全体で38億円の利益剰余金を計上した。

また、平成21年度はより精緻な執行管理の徹底を図ったことにより、更に未払金を減少させた。

平成22年度には、2.(7)に記載した、一般管理費の削減等の取り組みを進め、各種経費を必要最小限にとどめたことなどにより、制度的に不可避に生じる欠損金などの特殊要因を除き、法人全体で69億円の利益剰余金を計上。

また、平成22年度は引き続き、より精緻な執行管理を徹底したことにより、更に未払金を減少させた。

平成23年度には、2.(7)に記載した、一般管理費の削減等の取り組みを進め、各種経費を必要最小限にとどめたことなどにより、制度的に不可避に生じる欠損金などの特殊要因の除き、法人全体で115億円の利益剰余金を計上。

また、平成23年度は引き続き、より精緻な執行管理を徹底したことにより、更に未払金を減少させた。

平成24年度には、2.(7)に記載した、一般管理費の削減等の取り組みを進め、各種経費を必要最小限にとどめたことなどにより、制度的に不可避に生じる欠損金などの特殊要因を除き、法人全体で149億円に加え、運営費交付金債務残高の全額収益化に伴う375億円の合計で524億円の利益剰余金を計上。

(5) 繰越欠損金の増加の抑制

[中期計画]

基盤技術研究促進事業については、政府出資金を原資として事業を実施する仕組みとなっていることから、事業を遂行する過程で、実施した研究開発が成功してその成果を基にした収益が上がるまでの間は、民間企業と同一の会計処理を法律により義務化されていることから、会計上の欠損金が増加するものである。このため、第2期中期目標期間中においては、環境適応型高性能小型航空機研究開発事業の実施に伴い本事業に係る欠損金は増加する予定である。

また、基盤技術研究促進事業については、平成18年度末時点で414億円の欠損金が生じているところであるが、独立行政法人の欠損金をめぐる様々な議論に配慮しつつ、特に新規案件については事業の見通しを精査し慎重を期す一方、資金回収の徹底を図る。具体的には、研究成果の事業化の状況や売上等の状況について報告の徴収のみならず研究委託先等への現地調査を励行し、必要に応じ委託契約に従った売上等の納付を慫慂するとともに、当該年度において納付される見込みの総額を年度計画において公表する。また、終了評価において所期の目標が達成されなかった事業については、その原因を究明し、今後の研究開発に役立たせる。

石炭経過業務については、平成13年度の石炭政策終了に伴い、旧鉱区の管理等の業務に必要な経費を、主として政府から出資を受けた資金を取り崩す形で賄うこととしているため、業務の進捗に伴って、会計上の欠損金が増加するものである。このため、第2期中期目標期間中においては、旧鉱区の管理等の業務の実施に伴い本業務に係る欠損金は増加する予定である。

このことに留意しつつ、石炭経過業務については、平成18年度末時点で96億円の欠損金が生じているところであるが、独立行政法人の欠損金をめぐる様々な議論に配慮した上で、管理コスト等を勘案し業務を計画的・効率的に実施する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、基盤技術研究促進事業において、航空機分野を対象にして公募を行い、将来の見通しを精査した上で1件を採択し、委託により事業を開始した。また、平成20年度においては、研究成果の事業化の状況や売上等の状況について106件の報告を徴収し、研究委託先等への現地調査を113回実施し、慫慂を行った。15件の売上実績、6件の収益実績を確認し、総額約1千万円の収益納付があった。

平成21年度には、基盤技術研究促進事業において、継続事業1件を実施した。また、研究成果の事業化の状況や売上等の状況について109件の報告書を徴収し、研究委託先等への現地調査を109回実施し、慫慂を行った。18件の売上実績、6件の収益実績を確認し、総額約1千万円の収益納付があった。

石炭経過業務については、旧鉱区の管理及び旧鉱区に発生した鉱害の賠償等を適切に実施したことにより、約12億円の欠損金が発生した。

平成22年度には、基盤技術研究促進事業において、継続事業1件を実施した。また、研究成果の事業化の状況や売上等の状況について109件の報告書を徴収し、研究委託先等への現地調査を109回実施し、慫慂を行った。6件の収益実績を確認し、総額約9百万円の収益納付があった。

石炭経過業務については、旧鉱区の管理及び旧鉱区に発生した鉱害の賠償等を適切に実施したことにより、約11億

円の欠損金が発生した。

平成23年度には、基盤技術研究促進事業において、継続事業1件を実施した。また、研究成果の事業化の状況や売上等の状況について109件の報告書を徴収し、研究委託先等への現地調査を94回実施し、懲遷を行った。4件の収益実績を確認し、総額約12百万円の収益納付があった。

石炭経過業務については、旧鉱区の管理及び旧鉱区に発生した鉱害の賠償等を適切に実施した。また、貸付金については、計画に基づき回収を着実に実施。一方、23年度末においては、貸付金債権区分の見直しによる貸倒引当金の戻入が生じた結果、繰越欠損金を解消し22.4億円の積立金が生じた。

平成24年度には、基盤技術研究促進事業において、継続事業1件を実施した。また、研究成果の事業化の状況や売上等の状況について109件の報告書を徴収し、研究委託先等への現地調査を71回実施し、懲遷を行った。12件の収益実績を確認し、総額約23百万円の収益納付があった。

石炭経過業務については、旧鉱区の管理及び旧鉱区に発生した鉱害の賠償等を適切に実施したことにより、23年度に生じた22.4億円の積立金が約10.7億円減少した。

(6) 自己収入の増加へ向けた取組

[中期計画]

独立行政法人化することによって可能となった事業遂行の自由度を最大限に活用して、国以外から自主的かつ柔軟に自己収入を確保していくことが重要である。このため、補助金適正化法における研究設備の使用の弾力化、成果把握の促進による収益納付制度の活用、利益相反等に留意しつつ寄付金を活用する可能性等、自己収入の増加に向けた検討を行い、現行水準以上の自己収入の獲得に努める。

また、収益事業を行う場合は、法人所得課税に加え、その収益額に因らず法人住民税の負担が増大するため、税法上の取扱の見直しを含め税に係る制約を克服する方法を検討し、その上で、研究開発マネジメントノウハウを活用した指導や出版を通じた発信等により、そこから収益が挙がる場合には、さらなる発信の原資として活用する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、収益事業を行う場合は、法人税に加え、その収益額によらず法人住民税の負担が増大するため、税法上の取扱の見直しを含め税に係る制約を克服する方法について検討を行った。また、補助金適正化法における研究設備の使用の弾力化、成果把握の促進による収益納付制度の活用、利益相反等に留意しつつ寄付金を活用する可能性等、自己収入の増加に向けた検討を行った。

平成21年度には、収益事業を行う場合の法人税等の税法上の取り扱いについて、過去の判例等を調査した。また、自己収入成果把握の促進による収益納付制度の活用については、自己収入の増加に向けた取り組みとして、22年度から収益納付しやすい仕組み（当該年度納付）を導入することとした。

平成22年度には、収益事業を行う場合の法人税等の税法上の取り扱いについてを調査した。また、自己収入成果把握の促進による収益納付制度の活用については、自己収入の増加に向けた取り組みとして、22年度から収益納付しやすい仕組み（当該年度納付）を導入することとした。

平成23年度には、収益事業を行う場合の法人税等の税法上の取り扱いについてを調査した。また、自己収入成果把握の促進による収益納付制度の活用については、自己収入の増加に向けた取り組みとして、22年度から収益納付しやすい仕組み（当該年度納付）を導入することとした。

平成24年度には、自己収入成果把握の促進による収益納付制度について、納付に係る事務手続きの改善の検討に着手した。

(7) 資産売却収入の拡大

[中期計画]

土地・建物の売却については、鑑定評価等市場調査を行い、かつ競争原理を働かせる（予定価格の公表による一般競争入札等）ことにより実施する。

第2期中期目標期間中に、機構が行う業務への供用を終了した研究開発資産の翌年度における売却手続きに要する期間を平均9ヶ月以内とすることを目指す。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、外部有識者による「NEDO保有資産の処分に係る審査委員会」を設置し、効率的な売却方法について検討を行い、白金台研修センターを含め売却処分手続きに着手したが、世界金融危機による不動産市況の急激な悪化の影響を受け入札は不調に終わった。

事業部門と管理部門が処分手続きに係る進捗状況を共有する体制を構築したことにより、手続きが迅速化した。

平成21年度には、外部有識者による「NEDO保有資産の処分に係る審査委員会」を設置し、効率的な売却方法について検討を行いつつ鋭意売却に努めたが、不動産市況の好転がみられず、売却は不調に終わった。

事業部門と管理部門が処分手続きに係る進捗状況を共有する体制を構築したことにより、手続きが迅速化した。

平成22年度には、桜新町倉庫及び祖師谷宿舎については、一般競争入札を行った結果、不動産市況の低迷にも拘わらず、簿価以上の価格で売却した。白金台研修センターについては、現物国庫納付とする調整を実施。

研究開発資産については、事業部門と管理部門が処分手続きに係る進捗状況を共有する体制を構築したことにより、手続きが迅速化した。

平成23年度には、研究開発資産については、事業部門と管理部門が処分手続きに係る進捗状況を共有する体制を強化したことにより、手続きが迅速化した。

平成24年度には、研究開発資産について、事業部門と事業者との処分手続き時期の早期化を図ったことにより、売却手続きが迅速化した。

(8) 金融資産の運用

[中期計画]

金融資産の運用については、機構内で定めた運用方針に基づき、資金源別の留意事項、運用主体の選定時における競争原理などを確保しつつ運用を行ってきた。更なる効率化に向け、現行の運用方法の見直しを検討する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、これまでの資金需要、運用状況等の動向を分析し、新たな運用方法の策定の必要性も踏まえつつ検討を開始した。

平成21年度には、金融資産の運用については、適切な運用方針の下、より精緻な運用を確保すべく、運用マニュアルの見直しを図り、更なる運用の効率化に向けた環境整備を行った。

平成22年度には、引き続き運用方針に沿った適切な運用を行うとともに、所要のシステム改修、資金計画表の見直し等により、資金需要の把握の精度を高めた。

平成23年度には、金融資産の運用については、運用方針に基づき効率的な運用を実施した。

平成24年度には、金融資産の運用については、運用方針に基づき効率的な運用を実施した。

(9) 運営費交付金の効率的活用の促進

[中期計画]

機構においては、その資金の大部分を第三者への委託、助成等によって使用していることから、年度末の確定検査によって不適当と認められた費用等については、費用化できずに結果として運営費交付金債務として残ってしまうという仕組みとなっている。しかしながら、運営費交付金の効率的活用の観点からは、費用化できずに運営費交付金債務となってしまうものの抑制を図ることが重要である。

このため、独立行政法人化における運営費交付金のメリットを最大限に活用するという観点を踏まえ、第2期中期目標期間終了時における運営費交付金債務残の同期間の最終年度の予算額に対する比率を9%以内に抑制する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、

<早期執行に向けた予算執行管理の高度化>

・月次執行状況調査において未執行額の精査を行い、不要不急のものは加速財源として有効活用すべく運用を徹底した。

<予算の追加配賦タイミングの増加等>

・20年10月以降は予算の追加配賦のタイミングを月1回から月2回へ変更した。

・追加配賦要望様式の見直し等、手続きの簡略化を実施した（予算配賦の迅速化）。

以上の取り組みを行った結果、補正予算を除いて交付金債務は71億円、4.9%（補正予算を入れた場合、交付金債務は156億円、10.1%）。

平成21年度には、

<早期執行に向けた予算執行管理の高度化>

・月次の執行状況調査において未執行額の精査を行い、不要不急のものは加速財源として有効活用する運用を実施。

・執行面の工夫として、20年度に改定した概算払制度（資金需要に即した支払い）を徹底することで、21年度末における未払金残高をさらに低減させた。（20年度末 171億円→21年度末 91億円）

<事業計画の前倒しによる予算の追加配賦>

・年度内執行を前提として、積極的な事業計画の前倒しにより成果の最大化が期待できる案件に優先的に追加配賦。中でも優れた成果に対する追加配賦案件については、プレス発表を行い公表に努めた。

・以上の取り組みを行った結果、補正予算を除いた交付金債務は146億円、10.3%。さらに、国際事業における相手国側の都合により発生した債務を除いた場合は125億円、8.8%となる。

（補正予算等を含めた場合、交付金債務は493億円、25.9%）

平成22年度には、

<早期執行に向けた予算執行管理の高度化>

・月次の執行状況調査において未執行額の精査を行い、不要不急な予算は加速財源として有効活用する運用を実施。

・引き続き、より精緻な執行管理の徹底を図ったことにより、更に未払金を減少させた。（21年度末 91億円→22年度末 62億円）

<事業計画の前倒しによる予算の追加配賦>

・積極的な事業計画の前倒しにより成果の最大化が期待できる案件に対して優先的に追加配賦。

・以上の取り組みを行った結果、補正予算を除いた交付金債務は254億円、19.2%。さらに、震災や国際事業における相手国側の都合に伴う事業遅延など、避け難い事由によるものを除いた債務は169億円、12.8%と

なった。(補正予算等を含めた場合、交付金債務は596億円、35.8%)

平成23年度には、

<早期執行に向けた予算執行管理の高度化>

- ・月次の執行状況調査において未執行額の精査を行い、不要不急な予算は加速財源として有効活用する運用を実施。
- ・引き続き、より精緻な執行管理の徹底を図ったことにより、未払金を前年度と同様に抑制させた。(21年度末91億円→22年度末62億円→23年度末54億円)

<事業計画の前倒しによる予算の追加配賦>

- ・積極的な事業計画の前倒しにより成果の最大化が期待できる案件に対して優先的に追加配賦。
- ・以上の取り組みを行った結果、補正予算を除いた交付金債務は437億円、34.0%。さらに、国際事業における相手国側の都合に伴う事業遅延など、避け難い事由によるものを除いた債務は294億円、22.9%となった。(補正予算等を含めた場合、交付金債務は535億円、38.6%)

平成24年度には、

<早期執行に向けた予算執行管理の高度化>

- ・月次の執行状況調査において未執行額の精査を行い、不要不急な予算を開発成果創出促進制度として有効活用する運用を実施。事業の進捗状況に応じ、事業者への支払等に努めるなど、精緻な執行管理を実施。

<事業計画の前倒しによる予算の追加配賦>

- ・積極的な事業計画の前倒しにより成果の最大化が期待できる案件等に対して優先的に追加配賦。
- ・以上の取り組みを行った結果、交付金債務は375億円、平成24年度予算額に対して30.8%。国際事業における相手国側の都合により発生した債務等を除いた場合は175億円、14.4%となった。

4. 短期借入金 の 限度額

[中期計画]

運営費交付金の受入の遅延、補助金・受託業務に係る経費の暫時立替えその他予測し難い事故の発生等により生じた資金不足に対応するための短期借入金の限度額は、600億円とする。

[中期目標期間実績]

実績なし。

5. 重要な財産の譲渡・担保計画

[中期計画]

桜新町倉庫(東京都世田谷区桜新町)については、平成22年度末までに売却する。

祖師谷宿舎(東京都世田谷区祖師谷)については、新規入居を抑制することにより遊休資産化し平成22年度末までに売却する。

白金台研修センター(東京都港区白金台)については、平成23年度中に現物納付する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、外部有識者による「NEDO保有資産の処分に係る審査委員会」を設置し、効率的な売却方法について検討を行い、白金台研修センターを含め売却処分手続に着手したが、世界金融危機による不動産市況の急激な悪化の影響を受け入札は不調に終わった。

平成21年度には、外部有識者による「NEDO保有資産の処分に係る審査委員会」を設置し、効率的な売却方法について検討を行いつつ鋭意売却に努めたが、不動産市況の好転がみられず、売却は不調に終わった。

平成22年度には、桜新町倉庫及び祖師谷宿舎については、一般競争入札を行った結果、不動産市況の低迷にも拘わらず、簿価以上の価格で売却した。白金台研修センターについては、現物国庫納付とする調整を実施。

平成23年度には、白金台研修センターについては、平成23年度末をもって国庫への現物納付が完了した。

6. 剰余金の使途

[中期計画]

各勘定に剰余金が発生したときには、後年度負担に配慮しつつ、各々の勘定の負担に帰属すべき次の使途に充当できる。

- ・研究開発業務の促進
- ・広報並びに成果発表及び成果展示等
- ・職員教育・福利厚生の実施と施設等の補修・整備
- ・事務手続きの一層の簡素化・迅速化を図るための電子化の推進
- ・債務保証に係る求償権回収等業務に係る経費

[中期目標期間実績]

実績なし。

7. その他主務省令で定める事項等

(1) 施設及び設備に関する計画

[中期計画]

- ・白金台研修センターの処分に伴い必要となる研修会議施設

(注) 上記の計画については、状況の変化に応じ柔軟に対応するものとし、予見しがたい事情により変更する場合があります。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、研修センターの代替施設については、物件調査を実施した。

平成21年度には、研修センターの代替施設については、引き続き、慎重に検討を行った。

平成22年度には、研修センターの代替施設については、引き続き、慎重に検討を行った。

平成23年度には、研修センターの代替施設については、引き続き、慎重に検討を行った。

(2) 人事に関する計画

(ア) 方針

[中期計画]

- ・研究開発マネジメントの質的向上、知識の蓄積・継承等の観点から職員の更なる能力向上に努めるとともに、組織としての柔軟性の確保・多様性の向上等の観点から、産官学から有能な外部人材を積極的に登用し、一体的に運用する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、研究開発マネジメントの質的向上を図るため、職員の研究現場・大学への派遣強化、階層別研修の拡充、NEDOカレッジの科目増設等、職員の能力向上のための様々な取組を実施した。また、国際標準分野等に新たにPM、PDを配置する等、産官学から有能な外部人材を積極的に登用するとともに、個々の職員の業務実績、面談等を踏まえ、適材適所の人員配置に努めた。

平成21年度には、研究開発マネジメントの質的向上を図るため、職員の研究現場・大学への派遣強化、階層別研修の拡充、NEDOカレッジ参加手続き簡素化による参加者数拡大等、職員の能力向上のための様々な取組を実施した。また、蓄電池分野等に新たにPM、PDを配置する等、産官学から有能な外部人材を積極的に登用するとともに、個々の職員の業務実績、面談等を踏まえ、適材適所の人員配置に努めた。

平成22年度には、研究開発マネジメントの質的向上を図るため、職員の研究現場・大学への派遣、階層別研修の強化、プロジェクトマネジメント研修の実施等、職員の能力向上のための様々な取組を実施した。また、分析化学分野等に新たにPM、PDを配置する等、産官学から有能な外部人材を積極的に登用するとともに、個々の職員の業務実績、面談等を踏まえ、適材適所の人員配置に努めた。

平成23年度には、研究開発マネジメントの質的向上を図るため、職員の研究現場・大学への派遣、階層別研修の強化、プロジェクトマネジメント研修の実施等、職員の能力向上のための様々な取組を実施した。また、環境分野に新たにPMを配置する等産官学から有能な外部人材を積極的に登用するとともに、個々の職員の業務実績、面談等を踏まえ、適材適所の人員配置に努めた。

平成24年度には、技術開発マネジメントの質的向上を図るため、職員の技術開発現場等への派遣、階層別研修の強化、プロジェクトマネジメント研修の実施等、職員の能力向上のための様々な取組を実施した。また、半導体技術に専門性を有するPMを配置する等産官学から有能な外部人材を積極的に登用するとともに、個々の職員の業務実績、面談等を踏まえ、適材適所の人員配置に努めた。

(イ) 人員に係る指標

[中期計画]

- ・研究開発業務、導入普及業務については、業務のマニュアル化の推進等を通じ、定型化可能な業務は極力定型化し、可能な限りアウトソーシング等を活用することにより、職員をより高次の判断を要するマネジメント業務等に集中させるとともに、人件費の抑制を図る。

(参考1) 常勤職員数

- ・期初の常勤職員数 972人

- ・期末の常勤職員数の見積もり : 期初と同程度の範囲内で、人件費5%削減計画を踏まえ弾力的に対応する。

(参考2) 中期目標期間中の人件費総額

第2期中期目標期間中の人件費総額見込み 34,565百万円

ただし、上記の額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当に相当する範囲の費用である。

[中期目標期間実績]

平成20年度は特に、出退勤管理システムを本格的に導入、運用し、出退勤時刻の記録、休暇申請等の電子化により給与計算等事務業務の効率化を図るとともに、労務管理を強化し時間外労働の削減を図った。

平成21年度は、特に、平成20年度に本格運用を開始した出退勤管理システムについて、より迅速かつ正確な運用が可能となるよう、全職員に対し定期的に操作方法を周知する等職員の日常業務への定着を図り、給与計算等事務業務の一層の効率化及び労務管理の更なる強化を図った。その他の業務についても、新たなアウトソーシング化を積極的に進め、業務の効率化を図った。

平成22年度は、人事発令等を管理する人事システムにおいて、一括アップロード機能を追加し、人事異動に係る事務手続きの効率化を図った。その他の業務についても、アウトソーシング化を積極的に進め、業務の効率化を図った。

平成23年度は民間出向者の計画的な抑制、退職者の不補充による人員削減等の取組を実施することにより、人件費の抑制を図った。

平成24年度は「国家公務員の給与の改定及び臨時特例に関する法律」に準じた給与及び賞与の減額、民間出向者の抑制、退職者の不補充による人員削減等の取組を実施することにより、人件費の抑制を図った。

(3) 中期目標の期間を超える債務負担

[中期計画]

中期目標の期間を超える債務負担については、研究開発委託契約等において当該事業のプロジェクト基本計画が中期目標期間を超える場合で、当該債務負担行為の必要性・適切性を勘案し合理的と判断されるもの及びクレジット取得に係る契約について予定している。

クレジット取得については、多くの日数を要するものがあるため、債務負担を必要とするものである。債務負担の計画については以下のとおり。

債務負担の限度額	債務負担を行った年度	支出を行うべき年度	第1期及び第2期中期目標期間中の支出見込額
12,242百万円	平成18年度	平成18年度以降8箇年度	11,018百万円
40,692百万円	平成19年度	平成19年度以降7箇年度	35,945百万円

※ 上記金額については、政府からの受託状況等により変動があり得る。

[中期目標期間実績]

平成20年度 中期目標の期間を超える債務負担については、京都メカニズム・クレジット取得に関する契約を締結した。

債務負担の限度額	債務負担を行った年度	支出を行うべき年度	第2期及び第3期中期目標期間中の支出見込額
81,199百万円	平成20年度	平成20年度以降6箇年度	81,199百万円

平成21年度 中期目標の期間を超える債務負担については、京都メカニズム・クレジット取得に関する契約を締結した。

債務負担の限度額	債務負担を行った年度	支出を行うべき年度	第2期及び第3期中期目標期間中の支出見込額
70,598百万円	平成21年度	平成21年度以降5箇年度	70,598百万円

平成22年度 実績なし。

平成23年度 実績なし。

平成24年度 実績なし。

(4) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第19条第1項に規定する積立金の使途

[中期計画]

第1期中期目標期間中の繰越積立金は、第1期中期目標期間中に自己収入財源で取得し、第2期中期目標期間へ繰り越した有形固定資産の減価償却に要する費用等に充当する。

[中期目標期間実績]

平成20年度には、第1期中期目標期間中の繰越積立金162百万円のうち87百万円を有形固定資産の減価償却に要する費用等に充当した。

平成21年度には、第1期中期目標期間中の繰越積立金162百万円のうち4百万円を有形固定資産の減価償却に要する費用に充当した。

平成22年度には、第1期中期目標期間中の繰越積立金162百万円のうち4百万円を有形固定資産の減価償却に要する費用に充当した。

平成23年度には、第1期中期目標期間中の繰越積立金162百万円のうち20百万円を有形固定資産の減価償却に要する費用に充当した。

平成24年度には、第1期中期目標期間中の繰越積立金162百万円のうち48百万円を有形固定資産の減価償却に要する費用に充当した。

8. 産業技術開発関連業務における技術分野ごとの実績

< 1 > ライフサイエンス分野

[中期計画]

ライフサイエンスの進展は、ヒトゲノム解読完了により従来にも増して目覚ましいものがある。ポストゲノム研究における国際競争が更に激化するとともに、RNA（リボ核酸：タンパク質合成等に関与する生体内物質の一種）の機能の重要性等これまでの知識体系を大きく変える画期的な科学的成果やエピジェネティクス（後天的DNA修飾による遺伝発現制御に関する研究分野）といった新たな研究分野も次々と出現している。こうした研究成果を医薬品開発に活用した分子標的薬が徐々に出始めるとともに、個人のゲノム情報に基づき医薬品の投与量を調整して副作用を回避する、病態に応じて医薬品の有効性を投薬前に判断するなど、個別化医療の実現につながり始めている。

また、バイオテクノロジーを活用した新しい医療分野として期待されている再生医療については、皮膚、角膜、軟骨といった一部の分野において、既に臨床研究が進み現実的な医療により近付いているとともに新たな幹細胞技術等の基礎的知見も充実している。さらに、ゲノム解析コストの低下により多くの微生物・植物のゲノム解読が進展したことから、ゲノムの知見と遺伝子改変により有用機能を強化された微生物・植物の利用が進んだ。この結果、バイオプロセスによる多様な有用物質（抗体等のタンパク質医薬品、化成品等）の生産が可能となりつつある。第2期中期目標期間においては、我が国で今後本格化する少子高齢社会において、健康で活力に満ちた安心できる生活を実現するため、健康・医療基盤技術、生物機能を活用した生産・処理・再資源化プロセス技術等の課題について重点的に取り組むこととし、以下の研究開発を推進するものとする。

①健康・医療基盤技術

[中期計画]

健康・医療基盤技術に関しては、創薬分野及び医療技術分野に取り組む。

・ 創薬分野

[中期計画]

治験コストの増大、大型医薬の特許切れ、市場のグローバル化等を背景として、十分な開発投資に耐え得る企業規模を求め、合併による業界再編が急速に進んだ。また、進展著しいライフサイエンス分野の知見を活用した新たな創薬コンセプトの創造や創薬支援ツールの開発など、創薬プロセスにおけるベンチャー企業（特に米国）の存在感が増すとともに、治験支援を行う企業の成長など、自前主義から分業化へと創薬プロセスの大きな変革の中にある。

第2期中期目標期間中においては、欧米の大手製薬企業といえども急速に進展するポストゲノム研究開発を全て自前でまかなうことは難しい状況にあることから、最先端の研究成果を積極的に取り込むとともに、これまでに蓄積した遺伝子機能情報等の基盤的知見、完全長cDNA（タンパク質をコードする配列に対応したDNA）等のリソース及び解析技術を十分に活用し、製薬企業のニーズを踏まえ、生体内で実際に機能しているタンパク質複合体を解析する技術、Å単位で生体分子の3次元構造を解析する技術、研究用モデル細胞の創製等により、創薬プロセスの高度化・効率化を一層進める。加えて、機能性RNA、糖鎖、エピジェネティクス、幹細胞等、ライフサイエンスの急速な進展による知識体系の変化に機動的に対応し、産業界の意見を吸い上げ、産業技術につながる的確な技術シーズへの対応を行い、疾患や発生・分化など細胞機能に重要な働きを示す生体分子を十個以上解析し、新たな創薬コンセプトに基づく画期的な新薬の開発や新たな診断技術の開発等につなげる。また、基礎研究の成果をいち早く臨床現場に繋げるため、医療上の重要性や、医療産業、医療現場へのインパクトの大きな技術開発課題に対し、関係各省との連携と適切な役割分担の下に橋渡し研究を推進し、その中で新規創薬候補遺伝子50個以上を同定する等、技術の開発と円滑な普及に向けた取組を行う。

[中期目標期間実績]

創薬プロセスの高度化・効率化を図るため、重要な創薬標的である膜タンパク質とその複合体を解析する技術として、核磁気共鳴装置を用いて医薬品候補化合物の相互作用を生きた細胞で直接解析する手法（in cell NMR法）や、電子線を用いて2.8Å分解能（精度）で3次元構造を解析する技術、さらにはこれらの解析から得られた情報をもとに膜タンパク質と医薬品候補化合物の高精度なドッキングシミュレーションを行うin silicoスクリーニングシステムを開発した。新薬の安全性と開発効率の向上を図るため研究ツールとなる研究用モデル細胞の創製では、ヒトES細胞から神経細胞、心筋細胞へ分化誘導するための基盤技術を確立した。また、がんや糖尿病等を中心に疾患に関連する生体高分子として、機能性RNA1300種以上、糖鎖（糖タンパク質）マーカー30種以上、エピゲノム修飾因子11個の解析を行い創薬・診断ツールを開発した。さらに、優れた基礎研究の成果を臨床現場につなげるための橋渡し研究では、乳がん23遺伝子、肺がん156遺伝子を同定する等、新規創薬のターゲットとなりうる候補遺伝子を多数同定した。

《1》機能性RNAプロジェクト [平成18年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所技術統括 渡辺公綱氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 機能性RNAの探索・解析のためのバイオフィーマティクス技術の開発

RNAの構造のゆらぎの考慮や二次構造の類似性に基づくクラスターリングを可能とするソフトウェア群を開発し、機能性RNAの高速・高精度検索ソフトウェア群の充実を図った。予測した機能性RNA候補の発現解析を実施し、細胞中で高発現している1,300個以上の候補を見出し、機能性RNAデータベースに収載してプロジェクト内で利用可能とした。データベースは収載データの充実を図るとともに、大量のリード塩基配列に対するアノテーション作業の効率化を図り、グループ内の内在性siRNAの新発見に貢献した。

(2) 支援技術・ツール開発

RNAマスマスフィンガープリント法等によりヒト及び酵母のRNAタンパク質複合体解析を実施し、機能未知RNA結合タンパク質とncRNAとの新しい相互作用を発見した。C型肝炎ウイルスの複製等に関与するmiR-122を直接解析したところ3'末端のアデニル化を見出し、その酵素(GLD-2)のノックアウトマウスではmiR-122全体の定常状態量が極度に減少していることが明らかとなった。この成果はmiRNAの安定化機構の一端を初めて見出したものである。非天然型RNAとして、ホウ素を導入したボラノフォスフェートRNAの合成に成功し、この産物はRNAに対する高親和性を示した。

(3) 機能性RNAの機能の解明

増殖関連miRNAによる癌細胞増殖抑制効果がマウスXenograftモデルで持続されることを確認した。AgO2タンパク質に結合するゲノム由来の内在性siRNA群を発見した。これはゲノム中の可動性因子のサイレンシングに関わると考えられる。核内mRNA型ncRNAは、核内構造体中のRNA結合タンパク質と相互作用し構造体の維持に寄与する新規機能を持つことを初めて見出した。同時に構造体からRNA結合タンパク質である新規構成タンパク質を多く同定できた。

平成21年度においては、以下を実施した。

バイオフィーマティクス技術の開発、支援技術・ツールの開発及びこれら技術を用いた機能性RNAの機能解明を目的に、独立行政法人産業技術総合研究所技術統括 渡辺公綱氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、プロジェクトの最終年度である今年度は、個々の研究課題ごとの成果の達成状況を踏まえ、それぞれの相互連携による核酸医薬品の開発ツールとしての利用可能性についても検討を行った。開発成果は基盤技術として医薬品開発等への貢献が見込まれる。

①機能性RNAの探索・解析のためのバイオフィーマティクス技術の開発

予測した機能性RNAのマикроアレイ発現解析により、癌マーカー候補を含む組織特異的な有用機能性RNA候補を発見した。新規miRNAやsnRNAの発見に成功し、さらにその標的RNA予測に必須なアクセサビリティ評価技術を確立した。既知および予測された機能性RNAの、ゲノムへの対応関係、マイクロアレイ情報、および関連疾患名など多角的な情報を組み込んだ機能性RNAデータベースを構築した。このデータベースを用いてプロジェクト内で成果を創出すると同時に、データベースを公開し誰でも自由に使える環境を整備した。また次世代シーケンサーによる発現情報を解析するために、ショートリード自動アノテーションシステムを完成させた。

②支援技術・ツール開発

RNAマスマススペクトロメトリー法を用いてmiRNAの直接的プロファイリング技術を開発した。また、同手法を用いて血中または臓器中に存在する核酸医薬の直接解析と代謝物の同定に成功し、世界標準になりうる核酸医薬の薬物動態技術の確立に大きく前進した。次世代シーケンサーと生化学的な手法を組み合わせることにより、ヒト脳由来RNA中に塩基修飾の1つである新規イノシン化部位を2万か所以上の同定をはじめとして、新規RNA修飾の同定と機能解析で様々な成果を挙げた。CEMアミダイトを用いたRNAの化学合成では、収率や品質の面で大きく向上し、RNA創薬を支える基盤的合成技術を確立した。

③機能性RNAの機能の解明

間葉系幹細胞の分化、iPS細胞形成、マスト細胞の脱顆粒、癌細胞の増殖を制御するmiRNAを10種類以上同定し、miRNA作用点の創薬標的としての有用性を明らかにした。核内構造体形成を行うncRNA、細胞周期を制御するncRNA、血球増殖因子の発現を制御するncRNA、癌の新規マーカー候補のncRNAやアンチセンスRNAなど新しいRNA機能を発見した。またRNA-蛋白質相互作用の重要性に着目し、piRNAやesiRNAなど新規低分子RNA群の発見、長鎖ncRNAの疾患関連蛋白質との相互作用についての新知見を得た。

細胞機能に重要な数十個の機能性RNA候補の機能解析を行い、有用な基盤知見を取得したことで構築された基盤技術により、医薬品開発や再生医療等への貢献が見込まれる。

《2》モデル細胞を用いた遺伝子機能等解析技術開発

《2》-1 細胞アレイ等による遺伝子機能の解析技術開発 [平成17年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院薬学系研究科教授 杉山雄一氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

- (1) T R A I Lによる細胞死のプロセスをモデルとして、遺伝子転写制御を指標に細胞状態をモニターするためのツールが開発でき、T F Aサイクルによって絞り込まれた遺伝子の機能を評価できるようになった。浮遊系細胞用T F A技術の研究開発を進め、電界集中型マイクロエレクトロポレーションの効率向上に成功し、浮遊系細胞を対象とした大規模解析手法への応用可能性が示された。また、遺伝子発現時期・発現量をより微弱な光によって制御できる「ケージド核酸」の合成を進め、光照射によって遺伝子発現を行う化学的基礎を確立した。
- (2) 外来タンパク質発現と細胞分裂のタイミング相関性を応用することにより遺伝子デリバリー材料の核移行性を評価する新しい手法を開発した。またレポーター遺伝子発現システムとs i R N Aによるシグナル伝達タンパク質の発現抑制システムを用い、T R A I Lシグナル下流で働く細胞死関連転写因子の活性化シグナル伝達カスケードを数理的に解析する手法を開発した。G F P（緑色蛍光タンパク質）などの発現細胞の光量が想定値より低いことが判明したために、1細胞・時系列データの解析のための細胞画像の数値的処理のためのシステムを状態に合わせて構築した。
- (3) T F Aサイクルによって紫外線感受性やパクリタキセル感受性に関わる遺伝子群を絞り込んだ結果、全ゲノムから特定の遺伝子群が絞り込まれることが確認され、T F Aサイクルの有効性が示された。

平成21年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院薬学系研究科教授 杉山雄一氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、プロジェクトの最終年度である今年度は、個々の研究課題の相互の連携を図ることで、それぞれが絞り込みプロセスの効率化に寄与するよう、プロジェクトとしての最適化を行った。①～③の研究開発を通じて、創薬支援ツールとしての実用性を証明するとともに、産業上有用な解析ツールとなる基盤技術を完成させてプロジェクトを終了した。

①細胞モニタリング技術開発

多数の変動遺伝子と細胞表現型の相互関係を解析するため、与えた刺激に対して細胞が示す反応の精密時系列計測等を行う技術を開発した。具体的には以下の通り。

- ・癌転移の研究技術の基礎として細胞運動性評価チップの開発を行い、細胞運動に係る遺伝子の探索を行った。
- ・o n - c h i pエレクトロポレーションを技術開発し、低侵襲で高効率な遺伝子導入デバイス、遺伝子発現・抑制の同期化技術、およびガン細胞浸潤能評価チップの開発を行った。
- ・細胞株と乳ガン組織のゲノム異常を明らかにした。また、乳ガンについて、ホルモン受容体発現等と関連するゲノム異常および遺伝子産物を明らかにした。

②細胞情報解析技術開発

細胞状態のモニタリング解析によって得られる種々の情報を統合し、疾患と変動遺伝子の相関性、さらに疾患治療に効果的なパスウェイを解析する技術を開発した。具体的には以下の通り。

- ・レポーター遺伝子発現と細胞分裂の同調性解析技術を開発した。
- ・非計測分子を含むネットワーク動態解析技術および活性化ネットワーク検出技術の開発を行った。
- ・時系列発現解析データを用いてパスウェイの理論的解析手法（ネットワーク補完技術等）の開発を行った。
- ・モーター染色とC G H - B A C a r r a yを組み合わせた手法、およびガン細胞の壊死を誘導する薬剤を用いた手法を用いて、ガン関連遺伝子のスクリーニングおよび解析を行った。

③創薬ターゲット同定技術開発

遺伝子発現情報に基づき、有望な創薬ターゲットを信頼性高く、高効率に絞り込むことを可能にする技術を開発した。具体的には以下の通り。

- ・構築した抗ガン剤感受性遺伝子の機能ネットワーク解析システムを応用して、パクリタキセル（P T X）感受性標的の同定を行った。この同定した遺伝子群を基にP T X治療効果予測システムの構築と検証、および複数のパスウェイの阻害によるP T X感受性増強の検証を行った。また、臨床組織由来の乳ガン培養細胞株の樹立とパスウェイ解析への利用を行った。
- ・絞り込まれたP T X感受性遺伝子候補の情報を受け、創薬の標的遺伝子としての有用性評価を行った。
- ・紫外線感受性に関わるパスウェイと遺伝子を解析し、化粧品開発に適した遺伝子を見出した。また、これを標的とした素材（植物エキス等）のスクリーニング系の開発を行った。

《2》－2 研究用モデル細胞の創製技術開発 [平成17年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

新薬の安全性と開発効率の向上を図るため研究ツール・基盤技術となるヒトE S細胞由来の研究用モデル細胞を構築することを目的に、京都大学物質細胞統合システム拠点長 教授 中辻憲夫氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) ヒトE S細胞の加工技術開発

ヒトE S細胞が扱いやすくなる候補遺伝子を明らかにし、遺伝子導入や分散処理に対する耐性や高い増殖能を持つ樹立E S細胞およびそのサブラインの特性を明らかにする候補遺伝子の発現抑制による影響評価系を確立した。T e t - O n / O f f システム（テトラサイクリンにより遺伝子の発現をO n / O f f するシステム）による導入遺伝子発現制御技術について、低毒性、高感度化を目指しベクターの改変等を行った。R N A干渉法による遺伝子発現制御技術開発は、タモキシフェン誘導の遺伝子発現抑制システムを確立した。ヘルパー依存型アデノウイルスベクター系による遺伝子導入技術により、相同組換え効率の向上や相同組換え体樹立までの効率化等を進めた。

(2) ヒトES細胞の分化誘導制御技術開発

- 1) ヒトES細胞から神経系細胞への分化誘導技術開発は、ノギン（トランスフォーミング成長因子βスーパーファミリーの一種。ES細胞培養液に添加すると神経前駆細胞への分化を誘導する。）による分化誘導法を確立し、さらに外来因子を用い分化誘導法の改良を進めた。
- 2) ヒトES細胞から心筋細胞への分化誘導技術の開発は、新規な誘導法を開発し、さらに心筋細胞の拍動を長期に維持できる培養法を確立し、細胞外電位測定法等による細胞の特性解析の技術を向上させた。
- 3) ヒトES細胞から肝細胞への分化誘導技術開発は、共培養系を用いない擬似基底膜を利用する分化誘導法を見出し、さらに純化方法を検討し、より成熟した肝細胞を見出す方法を見出した。
- 4) 分子構成を最適化した人工基底膜によるES細胞の分化誘導制御技術開発は、基底膜分子構成のより詳細な解析結果を基に、改良型人工基底膜及び改良型擬似マトリックスを他の研究グループへサンプル提供し、評価を行った。

(3) 研究用モデル細胞の構築技術の開発

- 1) 神経変性疾患モデル細胞の創製は、神経変性疾患原因遺伝子を安定発現するヒトES細胞株が、目的神経系細胞への分化することを確認した。
- 2) 血液脳関門（BBB）モデルの創製は、各種構成細胞の量産化技術を確立し、構築モデルの性能評価を行った。
- 3) 肝細胞を用いた創薬支援のための薬物動態・毒性評価系の確立は、全身の薬物動態予測数理モデルの構築と全身薬物血中濃度推移や臓器分布のリアルタイム予測を試み、ES細胞由来肝細胞のより正確な性能評価を進め、代謝酵素・トランスポーターの発現量を定量可能な系の構築をより多種類の分子について進めた。

平成21年度においては、以下を実施した。

京都大学物質細胞統合システム拠点長 教授 中辻 憲夫氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、プロジェクトの最終年度である今年度は、個々の研究課題の達成状況を確認しつつ、実用化を進めるものと事業終了後も引き続き研究を継続するべきものとを整理すること等により、プロジェクトを総括した。肝細胞への分化誘導技術開発でコスト面等での課題が残ったが、目標を達成しプロジェクトを終了した。

①ヒトES細胞の加工技術開発

Tet-On/Offシステムによる導入遺伝子発現制御技術を駆使し詳細な解析を行った結果、ES細胞およびそのサブラインを使いやすくする候補遺伝子がヒトES細胞に特定方向への分化制御効果を示すことを見出した。また、Tet-OFF cDNAレスキューシステムと組み合わせ、新しいノックダウンレスキューシステムを構築し、RNA干渉法による遺伝子発現制御技術をヒトES細胞へ適用可能な技術へと仕上げた。さらに、shRNAを用いたネガティブ選択法の改良を進め、ウイルスベクター系による遺伝子導入技術の効果を検証した。

②ヒトES細胞の分化誘導制御技術開発

- (1) ヒトES細胞から神経系細胞への分化方法を確立した。
- (2) ヒトES細胞から心筋細胞への分化誘導技術開発では、効率的なペースメーカー細胞誘導及び純化法を確立された。これにより、実用化に向けてヒトES細胞由来心筋分化誘導法の基盤技術が確立された。また、霊長類モデルES細胞を用いたHTS系での心筋分化誘導促進物質探索により、候補化合物を得るに至った。
- (3) 肝細胞への分化誘導技術開発は、より効果のあるMLSG細胞株の詳細な検討を進め、さらに、より安価な分化誘導法、成熟化への方法を検討し、モデル肝細胞の創出を目指したが、目的の結果を得るまでには至らなかった。
- (4) 人工基底膜および擬似基底膜によるES細胞の分化誘導制御技術開発は、さらなる改良を進め、より精度の高い人工基底膜及び擬似基底膜の創製を進めた。その成果として、特許出願に至った。

③研究用モデル細胞の構築技術の開発

- (1) 疾患遺伝子を導入した神経変性疾患モデル細胞（アルツハイマー病、筋萎縮性側索硬化症、ハンチントン病）を構築し、機能解析を行った。
- (2) 血液脳関門（BBB）モデル創製は、モデル構築用細胞として好適化が出来、構成細胞の大量供給法を確立した。また、ヒトES細胞由来BBB構成細胞の構築モデルの精度を検証し、従来モデルに匹敵する静的バリア性能を達成した。
- (3) 肝細胞を用いた創薬支援のための薬物動態・毒性評価系の確立は、ES細胞由来肝細胞のより正確な性能評価を進め、代謝酵素・トランスポーターの発現量を定量可能な系を構築した。また、標準化プロトコルの作成を進める一方、実際のES由来の細胞の機能評価も行った。

《3》バイオ診断ツール実用化開発 [平成18年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

臨床サンプルを用いて診断システムの有用性の検証を中心に以下の研究開発を実施した。

(1) 個別化診断向けタンパク質発現プロファイル解析ツールの実用化開発

平成19年度までに目標感度を達成したチップを用いて、虚血性心疾患、肝疾患患者から得た臨床サンプルについて、マーカーの疾患特異性、診断における臨床有用性を検証した。その結果、虚血性心疾患、肝疾患ともに開発チップにより高い精度で診断できる事が可能となった。今後、さらに臨床サンプルを用いて検証を行い、製品化を目指す。

(2) 個別化医療のためのパーソナルプロテインチップの開発

全自動二次元電気泳動装置を主体にパーソナルプロテインチップシステム（実験機）を作成し、ヒト由来の脳腫瘍関連タンパク質の解析データを集積し、診断応用システムとしての最適化を進めるとともに、その有用性の評価を行う臨床データ取得を行った。その結果、脳腫瘍の診断を開発したパーソナルプロテインチップシステムを用いて脳腫瘍を診断できる可能性が示唆された。今後、さらに臨床サンプルを用いた検証を行い、高精度の診断が可能となる機器開発を行う。

- (3) 全自動集積型カートリッジによる遺伝子診断システムと末梢血コンテンツの実用化
全自動カートリッジの試作を行い、患者から採取した血液を用いてリュウマチ治療用生物製剤インフリキシマブ有効性の予測の検証を行った。その結果、試作したカートリッジで薬物の有効性を予測できる可能性が示唆された。
- (4) 前処理装置を搭載した高感度遺伝子多型検出用バイオチップシステムの開発
平成19年度までに作製した高感度遺伝子多型検出用DNAチップシステムを用い、敗血症予後予測コンテンツ13項目についての同時検出・多型判別プロトコールを作成した。また、開発済みの単検体前処理装置の技法を進展させ、多検体同時前処理装置を立ち上げた。さらに、高感度化技術として、電気化学法による検出アレイ開発、ならびに量子ドットによる高感度蛍光検出法開発を開始し、事業終了後も実用化に向け継続する。

《4》染色体解析技術開発 [平成18年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所セルエンジニアリング研究部門主幹研究員 平野隆氏及び東京医科歯科大学 難治疾患研究所教授 稲澤譲治氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

- (1) BACを用いた高精度全ゲノムアレイの開発
日本人BAC 11万クローンの両末端の塩基配列から、ヒトゲノムBAC配列地図の第二次ドラフトを作成し、日本人BACによるタイリングアレイ用17K個のBACクローンを選択、BAC DNAの大量調製し、タイリングアレイの試作を行った。
- (2) 染色体異常を解析する革新的要素技術の開発
 - ①高精度表面加工修飾技術の研究開発
ガラス基板上に高配向性の金属膜を成膜し、DNAを結合し、50～500 μ mのスポットを作成、スポットサイズを問わずDNAの特異的結合を確認した。
 - ②新規ゲノムアレイ用蛍光標識化技術の研究開発
CGH解析で最適な蛍光標識試薬組成の検討で、より高い標識ヌクレオチド取込み条件の検討、最適化、評価を行なった。
 - ③疾患別アレイハイブリシステムの研究開発
 - (a) 物理的ハイブリシステムの研究開発
物理的ハイブリシステムの第一次試作で、流速条件・流速分布などの評価と改善を行なった。
 - (b) 深い焦点深度の読取装置開発
深い焦点深度とS/N比の高い高感度、小型・安価な装置の第一次の試作を行い、装置開発の目処を付けた。また、共同研究にてゲノム情報と臨床情報の統合化、がん組織バンクの構築とCGH解析、疾患別BACアレイの設計を行った。
- (3) 臨床診断用全自動染色体異常解析システムの開発
 - ①臨床診断用全自動染色体異常解析装置の開発
分散型装置のプロトタイプを試作、大幅な微量化と迅速化（数ngのDNAを用いて12時間）を検証した。また、集中型装置については、プロトタイプ機にて基本性能、安定性、操作性等の問題点を抽出し、改良II型機を製造した。加えて、ハイブリ工程、スキャナーの精度（S/N比）等改善を進め、これを継続する。
 - ②診断用ゲノムアレイの開発
 - (a) 先天性疾患を診断するためのGDアレイの開発
精神遅滞を伴う多発性奇形症候群、不育症診断が可能であることを証明した（平成21年度受託解析開始予定）。
 - (b) WG (Whole Genome) 4500アレイを用いた先天性疾患の解析
WG4500により微細ゲノム異常が検出可能となり、2種の疾患と関連するゲノム異常を検出した（特許出願）。
 - (c) WG15000アレイの作製とCNVデータベースの構築
WG4500アレイを用いた日本人100家系を解析し、データベース化が進行中。WG15000については、DNA調整を終了した。
 - (d) がんの染色体異常の解析と個別化医療での診断コンテンツの開発
CA (Cancer Array) 1500/WG4500アレイによる解析で、大腸癌特徴的コピー数異常、腎細胞癌の予後不良に特徴的なゲノム異常領域、肝細胞癌でDNAメチル化異常と予後予測（特許出願）等を見出した。

平成21年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所産学官連携推進部門・産学官連携コーディネータ 平野 隆氏及び東京医科歯科大学難治疾患研究所教授 稲澤 譲治氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

- ①BACを用いた高精度全ゲノムアレイの開発

物理的地図の確定した日本人BACによる全ヒトゲノム領域をカバーするタイリングアレイ用BACクローン1万7千個を選択した。

②染色体異常を解析する革新的要素技術の開発

高精度表面加工修飾技術では、新規DNAチップの性能確認、新規ゲノムアレイ用蛍光標識化技術では、約2倍蛍光物質をDNA鎖中に取り込ませることに成功した。疾患別アレイハイブリシシステムの開発では、物理的ハイブリシステム、高信頼性の読取装置を改良・試作し、有効性を確認した。また、共同研究にてゲノム情報と臨床情報の統合化、がん組織バンクの構築、消化器癌等の疾患別BACアレイの設計を行い、継続する。

③臨床診断用全自動染色体異常解析システムの開発

分散型全自動染色体異常解析装置は、検体の前処理、ゲノムアレイの反応、蛍光シグナル検出を一体化した装置を試作、一連の煩雑な操作を自動化した。集中型全自動染色体異常解析装置は、動作改良を行い、最終年度での評価フェーズに供する全自動プロトタイプ機（ver. I I I）の目処をつけた。

診断用ゲノムアレイの開発では、先天性疾患の診断用に、GD700アレイを完成、製造及び臨床検査受託を開始し、さらに不育症分野で解析を進めている。ヒト全染色体を網羅する高精度ゲノムアレイWG15000を作製し、対応するCNV解析ソフトを開発、日本人100家系 Trio 解析で高精度のデータベースの構築を開始した。

がんの染色体異常の解析と診断コンテンツの開発を進め、7種類の癌について関連するBACプローブを抽出した。低分化型胃癌、大腸癌、口腔癌、肝細胞癌で診断マーカー・治療標的を抽出した。

平成22年度においては、以下を実施した。

バクテリア人工染色体（BAC）を用いたCGH解析技術を開発し、高感度・精度かつ迅速、安価な解析システムの開発ならびに、疾患と染色体異常の関係について臨床サンプルで検証を行うことを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所イノベーション推進本部イノベーションコーディネーター 平野 隆氏、および東京医科歯科大学難治疾患研究所教授 稲澤 譲治氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。また、開発技術の普及促進を目的に、臨床診断用全自動染色体異常解析システムのデータ解析精度を更に向上させるため、平成23年度研究開発の一部継続を実施することとした。

①BACを用いた高精度全ゲノムアレイの開発

BACを用いた日本人の高精度全ゲノムアレイを開発しその有効性を臨床サンプルを用いて実証した。

②染色体異常を解析する革新的要素技術の開発

開発した日本人BACアレイを用いて消化器癌などの解析を行い疾患別BACアレイの設計を行った。新規チップ基板へのBAC DNAの搭載や新規蛍光標識試薬の最適化、ならびに疾患別アレイハイブリシステムの開発を行い、世界トップレベルの読取装置と反応条件を改善した物理的ハイブリシステムとの統合に成功した。

③臨床診断用全自動染色体異常解析システムの開発

高精度BACアレイを開発し、各種がん、先天異常症、自然流産物のゲノムコピー数異常解析を行い、従来の染色体検査を代替・補完する診断法としての有効性を実証した。先天異常症の診断用アレイを実用化し受託研究検査化した。集中型・分散型のアレイCGH全自動染色体異常解析装置を開発した。また開発した高密度BACアレイ（WG15000）による日本人健康者100家系 Trio（両親と子）を解析しCNVデータベースを構築し公開した。

平成23年度においては、以下を実施した。

東京医科歯科大学難治疾患研究所教授 稲澤 譲治氏をプロジェクトリーダーとする、「臨床診断用全自動染色体異常解析システムの開発」について、開発技術／成果の普及促進を目的とした取り組みを実施し以下の成果を得た。

①次世代ゲノムアレイコンテンツの完成に向けて、高密度ジェノタイプング情報を付加した日本人の良性、および病因CNVデータベースを構築した。

②また、実用化した先天異常症診断用ゲノムアレイ（GDアレイ）の日本人病因CNVを判定するためのリファレンス情報を取得した。

③GDアレイを含む高精度ゲノムアレイ、ならびにがん診断用ゲノムアレイの診断精度を向上させ、設定した開発課題における最終目標を達成した。

なお、最終年度までに、特許出願数65（国内30、外国35）、論文・著書発表総数119、学会発表数238、新聞等7報の成果を得た。

《5》化合物等を活用した生物システム制御基盤技術開発 [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所生物情報解析研究センターチーム長 夏目徹氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

①タンパク質の相互作用解析等により創薬ターゲット候補・疾患メカニズムを解明する技術の開発

全自動サンプル調整システムはロボットを最適化し、HEK239T細胞を用いたルーティーン解析の条件検討を終えほぼ完成。一方、低分子タグを化合物に付加し、タグ付き化合物を生細胞に作用させタグを認識する抗体によって化合物-タンパク質複合体を抽出することで、逆に化合物の標的タンパク質の同定が可能となり、これまでに化合物35個以上の標的タンパク質を同定（課題解決型企業連携のテーマ）。in silicoチームとの連携

では、天然化合物の *in silico* 技術による高活性化の解析を重点的に取り組んだ結果、タンパク質相互作用モデルと *in silico* スクリーニングデータをもとに阻害候補化合物の *in vitro* での生物活性評価を行い、結果をタンパク質相互作用解析チームにフィードバックし、化合物の最適化を実施した。また、HSK I システムを用いた機能未知液性因子探索では、候補遺伝子 25 種を導入したノックインマウスで表現系が現れ、中でも 2 因子については抗腫瘍作用が認められた。

②生物機能を制御する化合物等を探索・評価する技術の開発

平成 20 年度は、タンパク質相互作用に限らず、固形がんなどに作用する化合物、スプライシング阻害剤、遺伝子修復阻害剤、細胞分裂関連タンパク質局在制御物質などを標的に積極的にスクリーニングを行った。さらに、これまでに得られた化合物に関して、*in silico* グループ及び化合物高機能化グループと連携して、構造活性相関やコンピューターシミュレーションを用いて、臨床薬としての開発を目的に化合物の誘導体合成を展開した。

これらにより、平成 20 年度 12 月末現在で約 22 万天然化合物ライブラリーを確立し、新規化合物 38 個を見出した。

③また、iPS 細胞の効率的な作製法の開発等を進め、候補因子を見出した（特許出願中）。

平成 21 年度においては、以下を実施した。

中核メンバー 5 名による合議体制で、独立行政法人産業技術総合研究所バイオメディシナル情報研究センターチーム長 夏目 徹氏をプロジェクトリーダーとし、本プロジェクトの外部への紹介等渉外活動を含め以下の研究開発を実施した。

①タンパク質の相互作用解析等により創薬ターゲット候補・疾患メカニズムを解明する技術の開発

疾患に関わるタンパク質相互作用解析を行い、新規タンパク質情報を約 550 個、相互作用情報を 5 個以上取得した。精密微粒子創製技術により非特異的結合タンパク質を 1/10 以下に抑えたプルダウンビーズを開発した。課題解決型企業連携により、20 個以上の化合物のターゲットタンパク質情報を得た。

304 種類の Gateway 化ヒト・エントリクローン等を作成するとともに、スプリットルシフェラーゼ法、改良型インビトロメモリーダイ法、マルチ遺伝子発現クローンを導入した安定発現細胞株を開発し、14 種類のスクリーニング系を構築した。そして 25 万化合物サンプルに対して相互作用阻害物質の探索に必要なメモリーダイアッセイ用タンパク質を供給した。

分子動力学計算により主要な相互作用を予測するとともに、フレキシブルな活性部位を多重モデリングにより構築した。また、天然物ヒット化合物の作用機序を分子シミュレーションで予測した。

以上のように、これまで開発してきた技術を用いて、実際に新たなタンパク質相互作用、タンパク質発現クローン、スクリーニング系を多数発見・構築し、最終年度の目標達成に向けて着実に検討を進めた。

②生物機能を制御する化合物等を探索・評価する技術の開発

スクリーニングに関して、GST と蛍光タンパク質 Venus、Luciferase によるプルダウン法など新規アッセイ法を構築し、新規化合物を 26 個以上を見出した。

天然物を母骨格とする類縁体および独自設計の化合物ライブラリーを合成し、天然物を超える *in vitro* 活性をもつ化合物を見出した。天然物およびその誘導体の全合成により、化合物構造情報と *in silico* 解析の一致を示した。一方、放線菌を中心として収集した菌株の二次代謝産物から未取得化合物を網羅的に分離し、約 31 万天然物ライブラリーを確立した。

以上のように、新規化合物の発見及び天然物ライブラリーを拡充した。

平成 22 年度においては、以下を実施した。

創薬ターゲット候補となりうるタンパク質の相互作用解析などにより創薬ターゲット候補の絞り込みを行うとともに、疾患等の生命現象を制御する新規骨格化合物の探索・評価を行う技術の開発を目的に、プロジェクト中核メンバー 5 名による合議体制で実施するとともに、独立行政法人産業技術総合研究所バイオメディシナル情報研究センターチーム長 夏目 徹氏をプロジェクトリーダーとし、これまでの研究内容を継続・発展させ、平成 22 年度計画を達成した。なお、プロジェクト最終年である今年度は、開発した技術成果の実用化を目指して、課題解決型企業連携に参画する製薬企業との連携の強化に加え、プロジェクト終了後の共同研究継続に向けた交渉などを推進した。特記すべき成果は以下のとおり。

①タンパク質ネットワーク解析技術の開発

- ・疾患関連タンパク質ネットワーク解析において、新規相互作用情報を約 600 個取得した。
- ・低分子化合物標的タンパク質の解析において、化合物 13 個の解析を行い、約 180 個の相互作用情報を取得し、これらの情報を課題解決型連携企業に提供した。
- ・高効率機能解析が可能な EXPOC システムにより、疾患モデルマウスを用いて、新たに 21 種類の遺伝子の表現系解析を行い、新たに 3 件の特許を出願した。

②タンパク質相互作用情報の検証技術の開発

- ・相互作用探索・検証のためのヒト遺伝子のリソースとして新たに 200 個の Gateway エントリクローンを作成した。
- ・分子間の反応を表面プラズモン共鳴により測定する SPR 装置を利用した相互作用阻害物質スクリーニングを約 5 万サンプルについて行い、ヒット化合物を得ることに成功した。

③タンパク質相互作用予測技術の開発

- ・タンパク質相互作用部位を 4 タイプに分類して *in silico* スクリーニングの方法を提案するとともに、天然物ライブラリーのケミカルスペース解析を行い、天然物の持つ構造の多様性を定量的に実証した。
- ・インフルエンザウイルスの複製・増殖に関わる RNA ポリメラーゼ複合体阻害剤を探索し、タンパク質相互作用予測技術の有用性を確認した。

- ④スクリーニング技術開発（蛍光イメージング、天然化合物）
- ・メモリーダイ法を用いて2種の相互作用についてアッセイ系を構築し、約31万化合物サンプルから17サンプルのヒット化合物を得た。
 - ・放線菌、カビ、バクテリア、その他海洋産物から、総計約31万サンプルの天然物ライブラリーを構築し、スクリーニング用化合物として総計約1万9千化合物を単離した。
 - ・Luciferaseを用いた蛍光発光アッセイ系を構築し、約24万化合物サンプルから391サンプルのヒットを得た。
 - ・insilico予測から導き出された化合物を検証する方法として、蛍光偏光法を用いたアッセイ系を構築し、スクリーニング技術として使えることを確認した。
 - ・レポーターアッセイを実施し、合計23個の新規化合物を見出した。
 - ・中皮腫細胞を用いたスクリーニングにより、動物レベルで抗腫瘍効果を持つ新規骨格チューブリン結合化合物を得た。
- ⑤化合物等の高機能化技術の開発
- ・天然化合物TB1の全合成を達成し、天然物の持つ複雑かつ特異な構造が、タンパク質相互作用阻害に重要なことを明らかにするとともに、環状特殊ペプチドを探索するRAPIDシステムを用いて、企業から提供された薬剤標的に対し、数nMから100nMの解離定数で強く結合するペプチドを獲得した。

《6》糖鎖機能活用技術開発〔平成18年度～平成22年度〕

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所糖鎖医工学研究センター長 成松 久氏及び東京大学生産技術研究所教授 畑中研一氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を行った。

①糖鎖マーカーの高効率な分画・精製・同定技術の開発

糖鎖をキャリアするタンパク質に着目してバイオインフォーマテックス技術にて絞り込み、抗体を用いて糖タンパク質を選択的に取得し、レクチンアレイ、質量分析及び従来法を用いて、疾患糖鎖を精度感度よく検出する測定系の構築を進め、糖タンパク10種以上の基本的な分画・精製・同定技術を確立した。

②糖鎖の機能解析・検証技術の開発

糖鎖合成関連遺伝子を導入・削除して糖鎖を改変した動物・細胞株を多数樹立し、糖鎖改変による細胞機能・生体機能の変化を生化学的、生物学的、病理学的に解析することで、産業上有用な糖鎖機能を10種類程度見出した。さらに、多様な糖鎖および糖鎖複合体等を用い、糖鎖及び糖鎖複合体と病原体表面蛋白質等との相互作用認識解析技術等を開発するための、ヒト型糖鎖ライブラリーを用いた機能解析システム開発を実施した。

③糖鎖認識プローブの作製技術の開発

臨床検体等の生体試料中の糖鎖マーカーを特異的に高い親和性を持って認識するための糖鎖/糖タンパク質認識プローブを作製するための技術開発と、それに必要な糖鎖/糖ペプチド/糖タンパク質の作製を実施した。また、癌マーカー開発を中心とし、その他にも糖鎖関連疾患として、IgA腎症、アルツハイマー病、ノロウイルスの診断、再生医療における治療用細胞評価の標準化、さらに、糖鎖を利用した遺伝子治療技術等を含む、糖鎖関連診断技術の開発を進めた。

④糖鎖の大量合成技術の開発

糖鎖の種類を増やすための細胞の探索、複雑な構造の糖鎖を製造するための糖鎖の修飾、ヒト型糖鎖の大量合成に適する新規プライマーの開発、糖鎖の大量合成方法の開発の成果により、中間目標であるヒト型糖鎖の大量合成技術の開発に目処をつけた。また、糖鎖の固定化技術の開発および糖鎖ポリマーを固定した毒素除去用の中空糸を開発したことで、産業上有用な新規糖鎖材料の開発に目処をつけた。

平成21年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所糖鎖医工学研究センター長 成松 久氏及び東京大学生産技術研究所教授 畑中研一氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を行った。また、日本国内及び将来の国外展開を見据え追加公募により研究体制を整えた。

①糖鎖マーカーの高効率な分画・精製・同定技術の開発

血清等の生体試料をレクチンアレイや質量分析などの糖鎖解析技術に供するための生体試料自動前処理システムを実用に耐えるプロトコルまで仕上げた。また、硫酸化糖タンパク質やムチンの解析手法の開発により、解析が困難な分子の構造解析技術が向上した。これらを、生体試料中に微量に含まれる糖鎖マーカー探索にも供し、最終年度に向けて解析環境を整備した。

②糖鎖の機能解析・検証技術の開発

糖転移酵素のノックアウトにより、発がん頻度の顕著な上昇、免疫細胞の恒常的活性化、組織構築の異常、生活習慣病様病態の表現などを見出し、糖鎖機能の重要性を示した。

③糖鎖認識プローブの作製技術の開発

肝炎から肝細胞がんに至るステージを階層化できる血清バイオマーカーシステムを構築し、また、開発した線維化マーカーを用いることで線維化の進展を評価できることを明らかにした。さらに、臨床現場で使用されている検査検出系機器に適合させるための開発の目処がたち、糖鎖認識プローブの実用化開発が進展した。

④糖鎖の大量合成技術の開発

接着細胞と浮遊細胞を培養して得られるそれぞれ代表的な糖鎖1種類について、グラム単位の生産が可能な大量製造スキームを産業化の観点から示した。

平成22年度においては、以下を実施した。

産業上有用な機能を有する糖鎖マーカーに対する糖鎖認識プローブの創製技術、及び産業上有用なヒト型糖鎖を大量に合成し、材料として利用可能とするための技術の開発を目的に、独立行政法人産業技術総合研究所糖鎖医工学研究センター長 成松 久氏及び東京大学生産技術研究所教授 畑中 研一氏をプロジェクトリーダーとし、これまでの研究内容を継続・発展させ、平成22年度計画を達成した。なお、プロジェクト最終年である今年度は、開発した技術成果の実用化を目指して、臨床現場での有効性検証や大量生産の技術検証にも力点を置いて推進した。特記すべき成果は以下のとおり。

項目①「糖鎖マーカーの高効率な分画・精製・同定技術の開発」では、生体試料の糖鎖解析に用いる生体試料自動前処理システムを実用に耐える装置として完成させた。項目②「糖鎖の機能解析・検証技術の開発」では、糖転移酵素のノックアウトにより、免疫異常等の表現型を見出すなど糖鎖機能の重要性を示した。さらに、項目③「糖鎖認識プローブの作製技術の開発」では、肝炎から肝細胞がんに至るステージを階層化できる血清バイオマーカーシステムを構築し、これを、臨床検査機器に適合させることにより有効性の検証を進め、実用化開発の目処を得た。また、項目④「糖鎖の大量合成技術の開発」では、ウイルス・毒素と相互作用する有用糖鎖の数種類をグラムオーダーで合成できる製造技術を実証した。

特に、項目①では、疾患サンプルの糖ペプチド大規模解析実施により、肝細胞癌、胆管がん、肺がん、卵巣癌、その他疾患につき、目標数を越えた既知、未知マーカー分子候補を得たともに、試料の自動前処理装置を開発した。項目②では、11系統の糖転移酵素遺伝子改変マウスを樹立し、その表現型から特許出願可能な糖鎖機能を、30項目以上抽出した。項目③では、20種類以上の糖鎖マーカーに対する糖鎖認識プローブを開発し、さらに実用化可能な糖鎖認識プローブを5種以上開発した。特に肝疾患マーカーについては、製造承認申請を予定するプローブを開発した。項目④では、5種類のプライマーを用いて100種類以上のヒト型糖鎖が合成されることを見出し、そのうち数種類の糖鎖については、中空糸膜法およびハムスター法による大量合成技術を開発し、グラムオーダーで合成できることを実証した。プロジェクト期間中の特許出願は、日本特許65件、外国特許11件。最終目標の達成状況は以上のとおり。

《7》新機能抗体創製技術開発 [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

東京大学先端科学技術研究センター教授 児玉龍彦氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「系統的な高特異性抗体創製技術の開発」

集中研では計123種171抗原の発現とマウス抗体取得を行い、藤田学園ではがん特異抗原80種類とそれら等に対するヒトモノクローン抗体2114種類を単離するなど、その他の機関で作製された物も加え、全体で250を越える抗原を利用する体制が整い、また特に有用である可能性の高い抗体を30程度取得し中間目標を達成した。20年度開発した主な技術は、BVELEISA等のアッセイ系、バキュロウイルス(BV)での発現量増加及び翻訳後修飾技術、ファージディスプレイ法での高効率な同定技術等である。またイメージング等に用いる小分子化抗体技術では、改変抗体構築のプラットフォームをほぼ完成した。オリゴクローナル抗体技術では複数の抗原に対して効果を発見した。

研究開発項目②「高効率な抗体分離精製技術の開発」

開発したプロトタイプリガンドを用い、これまで回収率が2割弱の抗体について、60%を超える回収率を実現した。プロトタイプリガンドの網羅的1アミノ酸置換変異体を用いて、解離定数Kd値が一桁をはるかに超える変異体を作製するなど製造コスト低減へ向けての分離精製の基盤技術も開発し中間目標を達成した。20年度開発した主な技術として、前記リガンド用861種類の遺伝子ライブラリと750種類のタンパク質ライブラリを完成させ、ヒトポリクローナル抗体との結合特性解析を完了した。アフィニティリガンド特性評価装置の試作1号機の開発と改良を行った。また、多孔質球状シリカゲルを開発し動的結合容量40mg/mL-bed以上が可能なカラム作製、シリカモノリスの構造制御手法の確立による低圧で送液可能なキャピラリー型及びスピン型モノリスカラム作製を行った。さらに抗体溶液の変性凝集の迅速検出法、分子多様性(シアル酸修飾、フコース修飾)の評価法を確立した。モデルとなる3種類のヒトモノクローナル抗体産生細胞を用いて、細胞の無血清馴化と30L規模の培養系確立を行い、評価用培養原液とした。

平成21年度においては、以下を実施した。

東京大学先端科学技術研究センター教授 児玉 龍彦氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

①系統的な高特異性抗体創製技術の開発

変性/未変性タンパク質同時ドットプロット等のアッセイ系、立体構造認識抗体のスクリーニング法の立ち上げ、GPCR発現バキュロウイルスでの発現量増加用培地組成の見出した。これにより、膜タンパク質機能アッセイ系を開発し機能性抗体の作製した。新たな抗原のエピトープ解析法を開発しそれを用いる機能性抗体の設計を進めた。エピゲノム創薬等に有用な修飾酵素に対する抗体を作製した。3種類のGPCRについて高性能な抗体を作製し、細胞膜に発現しにくいGPCRを細胞膜に強制発現させる系を開発した。ファージ抗体では、新しく9種類の癌特

異抗原を同定し、それらに結合するヒトモノクローン抗体数十種類を単離した。小分子化抗体では、クリアリング試薬不要のプレターゲット用イムノプローブを開発できた。DT40-SWを用いて2つの癌腫特異的抗原に対する抗体の作製が進行した。オリゴクローナル抗体では、別の5種の抗原に対する抗体を作製し、抗原の特性と活性増強の関連について抗原-抗体複合体の構造解析を行い、モデル化を進めた。エクソソームによるマイングの継続により新規医薬抗体標的分子を同定した。

②高効率な抗体分離精製技術の開発

構築したリガンドライブラリの抗体結合特性データから、さらに特性のすぐれた多重変異体タンパク質を設計合成した。弱酸性域で溶出可能な実用的リガンドの開発に着手した。溶媒探索用分析システムにおいて、溶媒の自動送液・切替機能を付与した。リガンドタンパク質のN末端1か所で結合できるリガンドを開発した。リガンドリーク量について17ng/mg-IgGと目標を達成する値を得て、量産技術の開発を進めるとともに、プロトタイプ型アフィニティカラムを試作した。ハイブリッドシリカモノリス表面に官能基導入を行うなどして、耐アルカリ性を評価し効果を確認した。酸暴露した抗体溶液中の可溶性凝集の形成を赤外分光スペクトルで微量検出する技術開発を進めた。モデル抗体の培養原液供給方法の標準化を行い、この標準に基づいた標準化培養液を1回供給した。この原液を用いて多量体等の経時的変化を評価した。試作したアフィニティ担体の抗体結合特性を評価し、回収率が最大となる溶出溶媒条件を効率的に探索する手法を構築した。

平成22年度においては、以下を実施した。

産業上有用なタンパク質やその複合体等について、タンパク質を抗原として特異性の高い抗体の系統的創製技術及び抗体の分離・精製効率化のための技術を開発することを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所バイオメディカル研究部門主幹研究員 巖倉 正寛氏をプロジェクトリーダーとして研究開発を実施した。基本計画の目標を達成するとともに、プロジェクト終了後も成果を企業が活用できるように、開発者と企業のマッチングを実施し、実用化への足掛けをした。

1) 系統的な高特異性抗体創製技術の開発

継続して抗体を作製し、取得した一部の抗体を下記2)の技術で精製し、第三者機関にモニタリングを依頼して有用性を検定した。ファージディスプレイ法では、32種類の癌特異抗原の同定と555種類のヒトモノクローン抗体の単離に成功した。タンデムFc型改変抗体では、動物による効果を検討し、有意な治療効果が見られた。オリゴクローナル抗体については、結晶構造解析による解析を行ない、メカニズムの概要を推定できた。

2) 高効率な抗体分離精製技術開発

プロテインA型リガンドの多重変異体タンパク質について抗体結合性を評価し、化学的安定性の高い分子を確立した。また弱酸性で溶出可能な実用的リガンドを開発した。アフィニティリガンド特性評価装置では、最小画像取り込み間隔8秒を達成した。溶媒探索用分析システムを9種類の溶媒切替え可能システムとして完成させた。多孔質球状シリカゲル担体とハイスルーポットスピニングカラムの量産化技術を完成させた。上記1)で作成した20種を超える抗体の培養原液を用いて、開発したアフィニティ担体の抗体結合特性を評価し、従来製品より高性能であることが証明できた。

《8》基礎研究から臨床研究への橋渡し促進技術開発 [平成19年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

平成19年度の継続課題の実施とともに、追加公募により新規テーマ8件を採択とし着手した。(橋渡し：橋渡し研究、先導：先導研究、レギュラトリー：レギュラトリーサイエンス支援のための実証研究)

①創薬技術

- ・遺伝子発現解析技術を活用した個別がん医療の実現と抗がん剤開発の加速(平成19年度、橋渡し)
- ・マイクロドーズ臨床試験を活用した革新的創薬技術の開発：薬物動態・薬効の定量的予測技術を基盤として(平成20年度、橋渡し)
- ・臓器線維症に対するVA-ポリマー-siRNAを用いた新規治療法の開発(平成20年度、橋渡し)
- ・血管内皮細胞選択的ナノDDS技術開発を基盤とする革新的低侵襲治療的血管新生療法の実現のための橋渡し研究(ピタバスタチン封入ナノ粒子製剤の研究開発)(平成20年度、橋渡し)
- ・ヘルパーT細胞を中心とした革新的免疫治療法の開発(平成20年度、橋渡し)
- ・Onco antigenを標的とした新規癌ペプチドワクチンの製品化を短期間に実現化する臨床研究技術の開発(平成20年度、橋渡し)
- ・アンチセンスオリゴヌクレオチドを用いたデュシェンヌ型筋ジストロフィーオーダーメイド医療を産業化するシステムの確立(平成20年度、先導)
- ・神経変性に対する革新的治療薬の研究開発(平成20年度、先導)

②診断技術

- ・アルツハイマー病総合診断体系実用化プロジェクト：根本治療の実現に向けて(平成19年度、橋渡し)
- ・抗がん剤治療を革新する有効性診断技術の開発(平成20年度、先導)

③再生・細胞医療技術

- ・再生・細胞医療の世界標準品質を確立する治療法および培養システムの研究開発(平成19年度、橋渡し)
- ・間葉系幹細胞を用いた再生医療早期実用化のための橋渡し研究(平成19年度、橋渡し)
- ・再生医療材料の安全性の確立と規格化及び臨床研究への応用(平成19年度、レギュラトリー)

- ・糖鎖プロファイリングによる幹細胞群の品質管理、安全評価システムの研究開発（平成19、先導）

④治療機器

- ・X線マイクロビーム加速器による次世代ミニマムリスク型放射線治療システムの研究開発（平成19年度、橋渡し）
- ・疾患動物を用いた新規治療機器の安全性・有効性評価手法の開発（平成19年度、レギュラトリー）
- ・次世代型高機能骨・関節デバイスの研究開発（平成19年度、先導）
- ・再狭窄予防を目的とした薬剤溶出型PTAバルーンカテーテル（NFκBデコイコーティング）の研究開発（平成19年度、先導）

平成21年度においては、以下を実施した。

医療現場のニーズに基づき、急速に発展している多様なバイオ技術、工学技術等の基礎・基盤研究の成果を融合し、また民間企業と臨床研究機関が一体となって、円滑に実用化につなげる技術開発を推進した。

平成21年度は、先端医療開発特区採択課題における研究開発をより一層加速させるために必要となる事項を追加し、先端的な医療の実用化・産業化を促進するため、追加公募により新規テーマ6件を採択し着手した。また、15件のテーマを継続実施し、研究進捗に応じた加速予算の追加により研究支援した。制度評価を実施し、次年度に向けた研究計画に反映をした。終了年度を一年延長し、戦略的に革新的医療技術を支援することとした（橋渡し：橋渡し研究、先導：先導研究、レギュラトリー：レギュラトリーサイエンス支援のための実証研究）。

①創薬技術

- ・遺伝子発現解析技術を活用した個別がん医療の実現と抗がん剤開発の加速（H19～、橋渡し）
- ・マイクロドーズ臨床試験を活用した革新的創薬技術の開発：薬物動態・薬効の定量的予測技術を基盤として（H20～、橋渡し）
- ・臓器線維症に対するVA-ポリマー-siRNAを用いた新規治療法の開発（H20～、橋渡し）
- ・血管内皮細胞選択的ナノDDS技術開発を基盤とする革新的低侵襲治療的血管新生療法の実現のための橋渡し研究（ピタバスタチン封入ナノ粒子製剤の研究開発）（H20～、橋渡し）
- ・ヘルパーT細胞を中心とした革新的免疫治療法の開発（H20～、橋渡し）
- ・Oncoantigenを標的とした新規癌ペプチドワクチンの製品化を短期間に実現化する臨床研究技術の開発（H20～、橋渡し）
- ・アンチセンスオリゴヌクレオチドを用いたデュシェンヌ型筋ジストロフィーオーダーメイド医療を産業化するシステムの確立（H20～、先導）
- ・神経変性に対する革新的治療薬の研究開発（H20～、先導）
- ・自然免疫を刺激する次世代トラベラーズマラリアワクチンの開発（H21～、橋渡し）
- ・アルツハイマー病の根本治療を目指した新規治療法の研究開発（H21～、橋渡し）
- ・癌特異的抗原受容体改変T細胞の輸注とがんワクチンによる複合的がん免疫療法の研究開発（H21～、橋渡し）

②診断技術

- ・アルツハイマー病総合診断体系実用化プロジェクト：根本治療の実現に向けて（H19～、橋渡し）
- ・抗がん剤治療を革新する有効性診断技術の開発（H20～、先導）
- ・精神性疾患等の治療に貢献する次世代PET診断システムの研究開発（H21～、橋渡し）

③再生・細胞医療技術

- ・再生・細胞医療の世界標準品質を確立する治療法および培養システムの研究開発（H19～、橋渡し）
- ・間葉系幹細胞を用いた再生医療早期実用化のための橋渡し研究（H19～、橋渡し）
- ・再生医療材料の安全性の確立と規格化及び臨床研究への応用（H19～、レギュラトリー）
- ・細胞シートによる多施設臨床研究を目指した基盤システムの構築（H21～、橋渡し）

④治療機器

- ・X線マイクロビーム加速器による次世代ミニマムリスク型放射線治療システムの研究開発（H19～、橋渡し）
- ・疾患動物を用いた新規治療機器の安全性・有効性評価手法の開発（H19～、レギュラトリー）
- ・次世代型高機能血液ポンプシステムの研究開発（H21～、橋渡し）

平成22年度においては、以下を実施した。

医療現場のニーズに基づき、急速に発展している多様なバイオ技術、工学技術等の基礎・基盤研究の成果を融合し、また民間企業と臨床研究機関が一体となって、円滑に実用化につなげる技術開発を推進した。14件のテーマの継続実施に加え、平成22年度はバイオベンチャー企業と臨床研究機関が有機的に連携して取り組むものについて、「創薬技術」「再生・細胞医療技術」の2分野を対象とした公募を行い、新たに3件を採択し着手した。また、研究進捗に応じた加速予算の追加による研究支援と自主テーマ評価を行った（橋渡し：橋渡し研究、先導：先導研究、レギュラトリー：レギュラトリーサイエンス支援のための実証研究）。

①創薬技術

- ・遺伝子発現解析技術を活用した個別がん医療の実現と抗がん剤開発の加速（平成19年度～、橋渡し）
- ・マイクロドーズ臨床試験を活用した革新的創薬技術の開発（薬物動態・薬効の定量的予測技術を基盤として）（平成20年度～、橋渡し）
- ・臓器線維症に対するVA-ポリマー-siRNAを用いた新規治療法の開発（平成20年度～、橋渡し）
- ・血管内皮細胞選択的ナノDDS技術開発を基盤とする革新的低侵襲治療的血管新生療法の実現のための橋渡し研究（ピタバスタチン封入ナノ粒子製剤の研究開発）（平成20年度～、橋渡し）
- ・ヘルパーT細胞を中心とした革新的免疫治療法の開発（平成20年度～、橋渡し）
- ・Oncoantigenを標的とした新規癌ペプチドワクチンの製品化を短期間に実現化する臨床研究技術の開発

(平成20年度～、橋渡し)

- ・アンチセンスオリゴヌクレオチドを用いたデュシェンヌ型筋ジストロフィーオーダーメイド医療を産業化するシステムの確立(平成20年度～、先導)
- ・自然免疫を刺激する次世代トラベラーズマリアワクチンの開発(平成21年度～、橋渡し)
- ・アルツハイマー病の根本治療を目指した新規治療法の研究開発(平成21年度～、橋渡し)
- ・癌特異的抗原受容体改変T細胞の輸注とがんワクチンによる複合的がん免疫療法の研究開発(平成21年度～、橋渡し)
- ・腸管下痢症経口ワクチンの研究開発(平成22年度～、橋渡し)
- ・がん細胞に発現する必須アミノ酸トランスポーター(LAT1)を分子標的とする新規抗がん療法の研究開発(平成22年度～、橋渡し)

②診断技術

- ・アルツハイマー病総合診断体系実用化プロジェクト:根本治療の実現に向けて(平成19年度～、橋渡し)
- ・精神性疾患等の治療に貢献する次世代PET診断システムの研究開発(平成21年度～、橋渡し)

③再生・細胞医療技術

- ・細胞シートによる多施設臨床研究を目指した基盤システムの構築(平成21年度～、レギュラトリー)
- ・高密度スキャフォールドフリー脂肪由来幹細胞構造体を用いた骨軟骨組織再生の臨床研究(平成22年度～、橋渡し)

④治療機器

- ・次世代型高機能血液ポンプシステムの研究開発(平成21年度～、橋渡し)
- 平成23年度においては、以下を実施した。

医療現場のニーズに基づき、急速に発展している多様なバイオ技術、工学技術等の基礎・基盤研究の成果を融合し、また民間企業と臨床研究機関が一体となって、円滑に実用化につなげる技術開発を推進した。平成23年度は12件のテーマを継続実施した。また、研究進捗に応じた加速予算の追加による研究支援と自主テーマ評価を行った(橋渡し:橋渡し研究、レギュラトリー:レギュラトリーサイエンス支援のための実証研究)。

①創薬技術

- ・遺伝子発現解析技術を活用した個別がん医療の実現と抗がん剤開発の加速(平成19年度～、橋渡し)
- ・マイクロドーズ臨床試験を活用した革新的創薬技術の開発(薬物動態・薬効の定量的予測技術を基盤として)(平成20年度～、橋渡し)
- ・自然免疫を刺激する次世代トラベラーズマリアワクチンの開発(平成21年度～、橋渡し)
- ・アルツハイマー病の根本治療を目指した新規治療法の研究開発(平成21年度～、橋渡し)
- ・癌特異的抗原受容体改変T細胞の輸注とがんワクチンによる複合的がん免疫療法の研究開発(平成21年度～、橋渡し)
- ・腸管下痢症経口ワクチンの研究開発(平成22年度～、橋渡し)
- ・がん細胞に発現する必須アミノ酸トランスポーター(LAT1)を分子標的とする新規抗がん療法の研究開発(平成22年度～、橋渡し)

②診断技術

- ・アルツハイマー病総合診断体系実用化プロジェクト:根本治療の実現に向けて(平成19年度～、橋渡し)
- ・精神性疾患等の治療に貢献する次世代PET診断システムの研究開発(平成21年度～、橋渡し)

③再生・細胞医療技術

- ・細胞シートによる多施設臨床研究を目指した基盤システムの構築(平成21年度～、レギュラトリー)
- ・高密度スキャフォールドフリー脂肪由来幹細胞構造体を用いた骨軟骨組織再生の臨床研究(平成22年度～、橋渡し)

④治療機器

- ・次世代型高機能血液ポンプシステムの研究開発(平成21年度～、橋渡し)
- 平成24年度においては、以下を実施した。

医療現場のニーズに基づき、急速に発展している多様なバイオ技術、工学技術等の基礎・基盤研究の成果を融合し、また民間企業と臨床研究機関が一体となって、円滑に実用化につなげる技術開発を推進した。平成24年度は6件のテーマを継続実施した。また、研究進捗に応じた加速予算の追加による研究支援を行った(橋渡し:橋渡し研究)。

①創薬技術

- ・マイクロドーズ臨床試験を活用した革新的創薬技術の開発(薬物動態・薬効の定量的予測技術を基盤として)(平成20年度～、橋渡し)
- ・癌特異的抗原受容体改変T細胞の輸注とがんワクチンによる複合的がん免疫療法の研究開発(平成21年度～、橋渡し)
- ・腸管下痢症経口ワクチンの研究開発(平成22年度～、橋渡し)
- ・がん細胞に発現する必須アミノ酸トランスポーター(LAT1)を分子標的とする新規抗がん療法の研究開発(平成22年度～、橋渡し)

②診断技術

- ・アルツハイマー病総合診断体系実用化プロジェクト:根本治療の実現に向けて(平成19年度～、橋渡し)

③再生・細胞医療技術

- ・高密度スキャフォールドフリー脂肪由来幹細胞構造体を用いた骨軟骨組織再生の臨床研究(平成22年度～、橋渡し)

《9》創薬加速に向けたタンパク質構造解析基盤技術開発 [平成20年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

京都大学大学院理学研究科教授 藤吉好則氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

1) 電子線等による膜タンパク質及びその複合体の構造解析技術開発

水チャネルAQP4変異体の2次元結晶の作製と共に、多層膜2次元結晶解析用プログラムを改良し、2.8Å分解能で構造解析した。ギャップジャンクションチャネルCx26のアミノ末端欠失体の2次元結晶電子線解析により、プラグ構造はアミノ末端ヘリックスであることを解明し、野生型Cx26の構造決定と、チャネルのゲーティングモデルを提案した。単粒子解析用プログラムを改良し、基質含有シャペロンGroEL/ESリングの構造解析に成功し、リングの非対称変形による基質フォールディングモデルを提案した。

2) 核磁気共鳴法による膜タンパク質及びその複合体とリガンド分子の相互作用解析技術開発

1分子蛍光分析法をもとにNMR測定条件迅速探索法及び大腸菌培養条件下で安定同位体標識できる新規酵母発現系を開発した。また抗血栓薬の標的であるGPVI-コラーゲン相互作用系を解析し、血小板凝集阻害性のリガンドに関する知見を得た。さらにアミノ酸選択的交差飽和法の実験データと分子動力学計算を組み合わせて、高精度なタンパク質複合体の立体構造構築方法を計算科学チームと共同開発した。

3) 高精度in silicoスクリーニング等のシミュレーション技術開発

ドッキングスコア精度向上の為に結合エネルギー算出法として、滑らかな解離経路の計算方法を開発した。生理活性を有する非ペプチド性化合物探索の為に、新たに開発したMD-MVO法によってμオピオイド受容体モデルでの検証テストを行い、優れた探索精度を確認した。HERGの立体構造モデルを用いて、3D-QSARの1種であるCOMBINE法を応用した阻害活性予測法を開発し、非常に良好な予測精度を確認した。溶解度(LogS)推算法として、ニューラルネットを使った新しい予測法を開発し推算精度をほぼ限界の $r^2=0.93$ まで引き上げ、実用的手法とした。

平成21年度においては、以下を実施した。

京都大学大学院理学研究科教授 藤吉好則氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また中間評価において最終目標達成の可能性大として高評価を受けた。予算と研究計画を検討し最終目標を確実に達成するために、実施期間を1年延長することとした。

①電子線等による膜タンパク質及びその複合体の構造解析技術開発

電子線等による膜タンパク質及びその複合体の構造解析技術開発においては、膜タンパク質の構造解析技術(2Åより高い分解能)を開発した。

これを用い、2.8Å分解能の構造解析を行った水チャネルAQP4において、ラットやマウスのAQP4に対する阻害剤を開発したが、それはアミノ酸配列が極めて似通っているヒトのAQP4を阻害しないという結果を得た。また胃酸のpHを1近くに保つHK-ATPaseと各種インヒビターとの複合体の構造解析に成功した。Na⁺イオンチャネルの構造と機能解明のために、多くのバクテリア由来のチャネルのクローニングとそれらの機能解析を行った。これらにより中間目標である10Åより高い分解能で構造解析する技術を開発した。

②核磁気共鳴法による膜タンパク質及びその複合体とリガンド分子の相互作用解析技術開発

核磁気共鳴(NMR)法による膜タンパク質及びその複合体とリガンド分子の相互作用解析技術開発においては、GPCRであるケモカイン受容体CCR5をrHDL(nanodisk)に組み込み、NMRによるTCS実験により、リガンドMIP-1αの結合部位の同定に成功するなど、細胞接着因子の機能発現機構の解明を行い、6個の創薬標的タンパク質を解析し中間目標を達成した。

創薬標的酵素-阻害剤複合体において、阻害剤周囲のプロトン密度と阻害剤プロトンの縦緩和速度変化の大きさに相関を見だし、効果的なエピトープマッピング手法を開発した。

in-cell NMR法において、SLOによるポア形成およびCa²⁺によるリシーリングの効率化により4倍ほどの感度向上に成功した。

DDR2とコラーゲン模倣ペプチドにアミノ酸選択的な転移交差飽和法を適用してDDR2・コラーゲン複合体モデルを構築した。

以上の成果により、創薬に重要な構造情報の獲得が可能な例が示された。

③高精度in silicoスクリーニング等のシミュレーション技術開発

高精度in silicoスクリーニング等のシミュレーション技術開発については、Structure-based drug screening、Ligand-based drug screening、および分子シミュレーションを援用した化合物活性予測手法、並びにNMR情報を利用したタンパク質複合体構造モデリング手法などを新規に開発し、薬物探索精度が市販ソフトの10倍以上となる。これらによりμオピオイド受容体アゴニスト(48ヶ)、農薬シード化合物(23ヶ)、インフルエンザウイルス阻害剤(15ヶ)など多数のヒット化合物を得て、このうち構造上の新規性が高くdrug-likenessを有している産業上有用なものを合計で18ヶ程度得た。このように中間目標を上回る効率でヒット化合物を得ることができ、タンパク質の動的構造を考慮した結合解析法、リガンド探索法の開発を着実に進めた。

平成22年度においては、以下を実施した。

膜タンパク質及びその複合体に対して、創薬加速に資することを目的に、京都大学教授 藤吉 好則氏をプロジェクトリーダーとし、平成22年度も引き続き連携体制のもと以下の技術開発を行った。

①電子線等による構造解析技術開発

リン酸化を模した水チャネルAQP4の変異体の構造と機能解析を実施した。げっ歯類とヒト由来のAQP4で異なるアミノ酸残基の変異体解析により、2つの重要なアミノ酸を同定した。ギャップ結合チャネルCx26の電子線結晶学による構造解析の分解能を向上させ、また膜に存在する輸送体であるHK-ATPaseと強い阻害剤との複合体の構造解析に成功した。バクテリア由来Na⁺イオンチャネルの構造・機能解析を実施した。

②核磁気共鳴法によるリガンド分子との相互作用解析技術開発

リガンドベース創薬デザインのためのNMR相互作用解析手法の開発・高度化を図った。既開発の“交差相関緩和(CCR)を利用し、高分子量標的蛋白質結合下におけるペプチド立体構造の高精度決定手法”を定式化した。創薬標的蛋白質のNMRによる機構解析に関して、メチル基TROSY法により、pH依存性カリウムチャネルKcsAの不活性化機構を解明した。

③高精度in silicoスクリーニング等のシミュレーション技術開発

薬物スクリーニング及び分子シミュレーションを援用した化合物活性予測手法やNMR情報を利用した蛋白質複合体構造モデリング手法などを新規に開発し、myPresto version 4.2を一般公開した。開発ソフトの改良に加え、世界トップクラスの高精度なりガンド結合ポケット予測(MolSite)や薬物選別結果の信頼性を評価する世界初の手法(UAP)を開発した。

上記①～③に加え、「生体高分子立体構造情報解析」、及び「創薬加速に向けたタンパク質構造解析基盤技術開発」の成果普及と利活用を目的とし、京都大学、東京大学ならびに大阪大学に設置した「蛋白質立体構造解析NEDO特別講座」にて、継続して人材の育成と人的交流を図った(基礎講義及びテーマ別講義・実習参加者数はそれぞれ168名及び365名)。また本事業成果の産業普及のためJBIC成果報告会(平成22年10月)並びに研究進捗報告会(平成23年1月)を開催した。

なお、本創薬加速プロジェクトでは平成23年度追加項目として有用天然化合物の安定的生産技術の開発に関する公募を開始した。

なお、平成23年度以降は「ゲノム創薬加速化支援バイオ産業基盤技術開発」に統合して実施した。

《10》iPS細胞等幹細胞産業応用促進基盤技術開発 [平成20年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

以下の①～③の研究開発を実施した。なお、研究体制にはNEDOが委託先決定後に指名したプロジェクトリーダーと各研究開発項目にサブプロジェクトリーダーを置き、研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施した。本技術の国際展開を視野に入れ、欧米メガファーマとの連携体制について検討を開始した。

①安全かつ効率的なiPS細胞作製のための基盤技術の開発

新規多能性誘導遺伝子の探索、多分化能誘導法を効率化する化合物の探索、安全な遺伝子導入技術の開発に関する研究開発を行った。山中4遺伝子の一部を代替する新規4遺伝子および山中4因子の遺伝子発現を上昇させる新規化合物を発見した。

また、山中4因子を同時に細胞に導入して安定に発現できる持続発現型センダイウイルスベクターを構築した。

②細胞の選別・評価・製造技術等の開発

(1) 生体由来の多能性幹細胞の操作技術を基盤としたiPS細胞等幹細胞の選別・評価・製造技術に関する研究開発を行った。生殖幹細胞から効率的にiPSを誘導する系を用いて経時的なマイクロアレイ解析によりリプログラミング因子の変動を解析することが可能となった。また、成人ヒト間葉系細胞から3胚葉への分化能を有する細胞の特性を調べ、腫瘍性増殖を示さないことやマーカーとなる因子の探索を行った。

さらに、各種親細胞とそれから誘導されたiPS細胞の遺伝子発現解析や細胞膜の糖鎖マーカーを測定することにより、親株とiPS細胞の相違や親株の違いによるiPS細胞間の相違を明らかにした。

(2) iPS細胞の産業化に向け、自動培養装置、自動凍結システムの開発に着手した。

③iPS細胞等幹細胞を用いた創薬スクリーニングシステムの開発

(1) iPS細胞等幹細胞から筋細胞への高効率な分化誘導技術の開発及びiPS細胞等幹細胞を活用した創薬スクリーニングシステムの開発に関する研究開発を行った。マウス、サル、ヒトES細胞から筋細胞を分化誘導するNoggin法、X因子法、Y因子法のいずれの方法でもヒトiPS細胞を効率よく筋細胞に分化誘導できる条件を見出した。さらに、X因子法とY因子法を組み合わせることで、より高率に筋細胞に分化誘導できる条件を見出した。

(2) ヒトiPS細胞由来筋細胞を用いて、チップ上にリエントリーモデルを構築して、その伝達速度や、薬剤への応答特性を計測することで、よりヒトの応答に近いモデルの構築を進めた。

平成22年度においては、以下を実施した。

ヒトiPS細胞等幹細胞の産業利用を促進することを目的として、京都大学大学院医学研究科教授 鍋島 陽一氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。具体的な成果は、以下のとおりであるが今年度までの研究開発進捗状況と内外の研究開発同行を勘案し、開発項目の統合・再編を行い、基本計画を発展的に変更し、平成22年度

補正予算により ヒト幹細胞実用化に向けた評価基盤技術の開発を行うため追加公募を実施し委託先を決定した。

①安全かつ効率的な i P S 細胞作製のための基盤技術の開発

山中 4 因子と異なる新規な多能性誘導因子を探索し 2 2 種類発見し、高品質な i P S 細胞作製を可能にした。センダイウイルスベクターの改良を行い、i P S 細胞をより高品質、高効率に作製することに成功した。

②細胞の選別・評価・製造技術等の開発

疾患 i P S 細胞作製のため分化・培養方法の開発を行い、新規の血球分化系を開発した。

また、単能性細胞から多能性幹細胞へのリプログラミング過程を網羅的遺伝子発現解析法で行い、1 0 0 0 個の細胞でも遺伝子発現測定が可能であることを確立した。

③ i P S 細胞等幹細胞を用いた創薬スクリーニングシステムの開発

ヒト E S 細胞由来の心筋細胞クラスターを用い自律拍動下での心毒性評価を行い、偽陰性薬剤を含む 1 0 薬剤で正しく評価できるシステムであることを確認した。

ヒト i P S 細胞由来の心筋細胞を用いた測定では 3 薬剤について評価し、ヒト E S 細胞由来心筋細胞の場合と同様の結果を得た。

なお、平成 2 3 年度以降は「ヒト幹細胞産業応用促進基盤技術開発」に統合して実施した。

《1 1》後天的ゲノム修飾のメカニズムを活用した創薬基盤技術開発 [平成 2 2 年度～平成 2 6 年度]

[中期目標期間実績]

平成 2 2 年度においては、以下を実施した。

後天的ゲノム修飾の効率的・効率的な解析手法の開発により、画期的な診断技術や新薬コンセプトの創造につなげる創薬基盤を構築するため、東京大学先端科学技術研究センター教授 油谷 浩幸氏を委託先決定後にプロジェクトリーダーとして指名した。そして、先進的なエピゲノム修飾解析技術・質量分析技術を有する集中研（オープンラボ）を中核に、医療機関および製薬・診断企業が構成するエピゲノム技術研究組合が参加する研究体制を構築し技術開発を推進した。またプロジェクト開始直後には、更なる目標の共有と連携強化のためキックオフミーティングを実施した。

①「後天的ゲノム修飾解析技術開発」

修飾ヒストン特異的モノクローナル抗体を用いて、一度に 5 0 以上の H 4 テール修飾組合せの分離が可能になった。高感度エピゲノム解析に向け、4 5 万個のメチル化検出プローブをのせた高密度アレイ及び微量 C h I P 検体増幅法を検討した。

エピゲノム情報解析基盤構築に向けて、ヒストン修飾、DNAメチル化、RNA-seq のデータベースを作製した。

②「後天的ゲノム修飾と疾患とを関連づける基盤技術開発」

胃癌 1 5 例、肺癌 1 5 例、肝癌 1 0 例の腫瘍組織から検体を採取し、体系的に DNA、RNA を抽出・精製した。1 5 の腫瘍細胞株を提供し、ヒト腫瘍・胃癌を移植した x e n o g r a f t マウスの作成を進めた。

新たなヒト肝癌組織のメチル化診断候補マーカーが、高感度及び特異性を持つことが明らかとなった。また、肺癌細胞株のヒストン修飾異常を解析し、酵素活性測定系開発に着手するとともに、肝癌、大腸癌で発現増加する長鎖非コード RNA を同定した。

③「探索的実証研究」

ハイスループットアッセイ系開発のため、ヒストンテール組合せ解析法を改良した。

i n s i l i c o スクリーニングにより得られたヒストンメチル化酵素阻害候補化合物 2 0 0 個の活性および細胞機能への影響を検討した。

平成 2 3 年度においては、以下を実施した。

東京大学先端科学技術研究センター教授 油谷 浩幸氏をプロジェクトリーダーとして、東京大学先端研に設置した先進的なエピゲノム修飾解析技術・質量分析技術を有する集中研（オープンラボ）を中核に、医療機関および製薬・診断企業が構成するエピゲノム技術研究組合が参加する研究体制にて技術開発を推進した。また、NEDO による主体的な事業運営を実施するため、平成 2 4 年 3 月に NEDO 主催によるプロジェクト運営会議を開催し、今後の事業方針についての議論をとりまとめた。

①後天的ゲノム修飾解析技術開発

修飾ヒストン特異的モノクローナル抗体の親和性を、B I A C O R E 及び F R A P アッセイにより検討した。微量な C h I P 検体の増幅法の開発および微量検体からの染色体分離法について検討した。8 0 近くのヒストン H 4 テールの修飾組み合わせパターンの分離が可能となり、H 4 テールの修飾パターンの時系列変化を比較定量できる技術を開発した。また、RNA-seq 解析パイプラインをデータベースに登録し、解析の最終結果および中間結果を共有検証できるようにした。

②後天的ゲノム修飾と疾患とを関連づける基盤技術開発

4 5 0 K エピジェノタイピングアレイを用いて、癌組織と非癌部組織のデータ取得を行い、高感度かつ高特異的なマーカーの選出に着手した。ヒストン修飾酵素および DNAメチル化修飾酵素の s h R N A ノックダウンによる表現型解析、及びヒストン修飾の変動を調べるとともに、酵素活性測定系の樹立を進めた。累積で計 6 0 例（胃癌 2 0 例、肺癌 2 0 例、肝癌 2 0 例）の腫瘍組織から検体採取を行うとともに、体系的に DNA、RNA の抽出、精製を行った。

③探索的実証研究

ウェスタンブロット法を用いて、培養細胞の細胞周期におけるヒストン H 4 の修飾組み合わせの解析に着手した。

質量分析計によるヒストンメチル化活性のスクリーニングに加え、 α -スクリーニング法を用いた活性測定法の開発に着手した。約200化合物の *in vitro*スクリーニングにより、さらに阻害活性の高い化合物を得た。ヒストンH3K9メチル化酵素G9aの *in silico*および *in vitro*阻害剤スクリーニングを行った。平成24年度においては、以下を実施した。

後天的ゲノム修飾の効率的・効率的な解析手法の開発により、画期的な診断技術や新薬コンセプトの創造につなげる創薬基盤とすることを目的に、東京大学先端科学技術研究センター教授 油谷 浩幸氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究を実施した。

研究開発項目①後天的ゲノム修飾解析技術開発

DNAメチル化の網羅的解析技術開発において、*Infinium*アッセイの高密度450Kアレイのプロブデザインを行った。新規エピゲノム修飾の候補としてコヒーシンのアセチル化及びその修飾酵素について解析を進めた。ヒストンH3とH4の修飾抗体を用いた多重免疫蛍光染色と定量化による少数細胞のヒストン修飾動態解析法を開発した。質量分析計*Orbitrap ELITE*を用い検出したH4テールの修飾組み合わせについて、さらに高感度化を行った。

研究開発項目②後天的ゲノム修飾と疾患とを関連づける基盤技術開発

新鮮凍結検体の収集を基本として、長鎖RNAを含めたエピゲノム解析に耐える品質管理の下に、胃癌、肺癌、肝臓癌について100例程度の症例の蓄積を行い、また累積90例程度の腫瘍組織から体系的にDNA・RNAの抽出・精製を行った。新たな *direct* ゼノグラフトラインとして、膵がん 24ライン（これまでの累積総数58ライン/185症例（31%）、胃がん40ライン（総数61ライン/289症例（21%））を樹立した。20種類の癌腫特異的マーカー候補（脳腫瘍3マーカー、乳癌1マーカー、大腸癌2マーカー、肝癌7マーカー、白血病2マーカー、前立腺癌1マーカー）と、24種類の複数の癌腫で陽性となるマーカー候補で良好な結果を得たため、これらを次の段階の血液で検証する候補遺伝子とした（特許出願5件）。タンパク質複合体解析等を通じ、協働して作用するタンパク質等を同定することにより、エピゲノム修飾の制御システムを解明し、新たな創薬診断の標的候補分子を同定した。

研究開発項目③探索的実証研究

飛行時間型質量分析計（MALDI-TOFMS）によるヒストンメチル化活性のスクリーニングに加え、2種の標的分子について α -スクリーニング法を用いたハイスループット活性測定法の確立に着手し、1分子については構築した系でスクリーニングを行った。3標的分子について、*in silico*スクリーニングで得た候補化合物を用いて *in vitro*での活性阻害化合物を得た。

《12》ゲノム創薬加速化支援バイオ産業基盤技術開発 [平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

①創薬加速に向けたタンパク質構造解析基盤技術開発

膜タンパク質とその複合体の生体内に近い状態での立体構造解析、相互作用解析、計算科学分野における基盤技術、および天然物化学情報基盤技術の開発により、創薬加速に資することを目的に、京都大学大学院理学研究科教授 藤吉 好則氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 電子線等による膜タンパク質およびその複合体の構造解析技術開発

膜タンパク質とその複合体の構造解析基盤技術の開発・改良を進めており、実際に膜タンパク質とその複合体の構造解析に成功した。具体的には、水チャンネルとその阻害剤との複合体の構造解析に成功し、ギャップ結合チャンネルCx26M34A変異体構造の分解能を向上させ、HK-ATPaseとその阻害剤との複合体の構造解析を行い、Na⁺イオンチャンネルの不活性化の構造と機能解析を行った。

(2) 核磁気共鳴法による膜タンパク質およびその複合体とリガンド分子の相互作用解析技術開発

KチャンネルKcsAを用いて、チャンネル動作機構を解明した。NMRを用いて開条件下における活性・不活性化状態の間の交換速度を決定し、電気生理学から得られた不活性化挙動を完全に再現することができた。また、膜貫通領域に位置する選択フィルタの運動性が、離れた細胞質内領域によって制御されていることを明らかにした。得られた知見はKvチャンネルに適用可能である。

(3) 高精度 *in silico* スクリーニング等のシミュレーション技術開発

受容体とリガンド双方の動的構造を考慮した複合体構造と結合エネルギーの算出法開発を行いドッキングを高精度にした。天然変性蛋白質の構造形成メカニズムを解明した。蛋白質分子表面解析により複合体構造予測の精度を上げた。GPUを活用した膜蛋白質の高速分子動力学計算手法を開発にした。低分子化合物の高速な類似性検索手法を開発し公開した。

②有用天然化合物の安定的な生産技術開発

天然物化学情報基盤技術の開発により創薬加速に資することを目的に、産業技術総合研究所バイオメディカル情報研究センター主任研究員 新家 一男氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 生合成遺伝子クラスターライブラリーの構築および安定生産技術の開発

次世代シーケンサーを用いたゲノム解析結果より、目的とする生合成クラスターを同定する手法を開発し、1

00kbp超の巨大な生合成遺伝子クラスターを取得する手法（BAC法）を確立した。また、放線菌ホストSUKA株を用いて、巨大な生合成遺伝子クラスターが生産する化合物、および休眠生合成遺伝子が生産する化合物の異種発現生産に成功した。

平成24年度においては、以下を実施した。

①創薬加速に向けたタンパク質構造解析基盤技術開発

膜タンパク質とその複合体の生体内に近い状態での立体構造解析、相互作用解析、計算科学分野における基盤技術、および天然物化学情報基盤技術の開発により、創薬加速に資することを目的に、名古屋大学細胞生理学センター教授 藤吉 好則氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 電子線等による膜タンパク質およびその複合体の構造解析技術開発

ヒト由来膜タンパク質の大量発現・精製法を開発した。極低温電子顕微鏡や自動電子顕微鏡の開発を進めるとともに、電子線結晶学、電子線トモグラフィーのためのコンピューターシステム開発を行った。水チャネル、イオンチャネル、ギャップ結合チャネル、ATPase等の膜タンパク質の構造解析を行った。

(2) 核磁気共鳴法による膜タンパク質およびその複合体とリガンド分子の相互作用解析技術開発

再構成HDLを用いて、GPCR等の膜タンパク質を安定化させた状態でのNMR試料調整法を開発した。低分子リガンドと標的タンパク質の距離を高精度に見積もるDIRECTIION法を開発した。細胞の中でタンパク質間相互作用を解析するin-cell NMR法を開発した。

(3) 高精度in silico スクリーニング等のシミュレーション技術開発

マルチカノニカル分子動力学計算において新しいアルゴリズムを導入することにより、エントロピー的な自由エネルギー障壁が高く、従来は困難とされてきたタンパク質間相互作用にも応用できるシミュレーション手法を確立した。

②有用天然化合物の安定的な生産技術開発

天然物化学情報基盤技術の開発により創薬加速に資することを目的に、産業技術総合研究所バイオメディシナル情報研究センター主任研究員 新家 一男氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

次世代シーケンサーを用いたゲノム解析結果より、目的とする生合成クラスターを同定する手法を開発し、100kbp超の巨大な生合成遺伝子クラスターを取得する手法（BAC法）を確立した。また、放線菌ホストKASU株を用いて、巨大な生合成遺伝子クラスターが生産する化合物、および休眠生合成遺伝子が生産する化合物の異種発現生産に成功した。

《13》ヒト幹細胞産業応用促進基盤技術開発 [平成20年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

①ヒト幹細胞実用化に向けた評価基盤技術の開発

ヒト幹細胞の産業利用を促進することを目的に、京都大学iPS細胞研究所特定拠点長・副所長教授 中畑 龍俊氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) iPS細胞の安定な培養・保存技術の開発

ヒト幹細胞の安定な培養・保存技術の開発における、自動培養装置、凍結保存装置の開発では、自動培養装置と凍結保存装置を連結し、凍結保存側の連係動作を実現した。iPS細胞京大株の自動培養にフィーダー細胞使用の条件から着手するとともに、iPS細胞を見分ける観察評価技術の開発に着手した。培養基材及び培地の開発では、培養基材としてラミニン活性フラグメントの調製と活性評価、市販培地の評価を実施した。

ヒト幹細胞の品質管理・安定供給技術の開発において、国際標準化案の策定のため動向調査を行うとともに、国際規格化に向けての合意形成を図った。なお、品質評価指標の開発については、京都大学 iPS細胞研究所と連携して行った。

(2) ヒトES細胞の安定な培養・保存技術の開発と品質評価指標の開発

ヒトES細胞の安定な培養・保存技術の開発において、各種因子の代替化合物について従来法よりも精度の高いスクリーニング法を開発し、ヒトES細胞の未分化維持に有効な化合物を見出した。また、ヒトES細胞のフィーダーフリー培養および三次元培養法の検討に着手。自動培養装置仕様を確定し、試作機作製に着手した。定量的にヒトES細胞コロニーを測定するためのイメージング装置の設計を完了した。

ヒトES細胞の品質評価指標の開発において、継代初期および長期培養後の細胞についてゲノム、エピゲノム、遺伝子発現、脂質、糖鎖など品質指標につき解析を行い、データを統合・比較する為の標準化に着手した。また、培養細胞の神経系細胞、心筋細胞と血球系細胞および内胚葉系への多分化能と分化指向性を評価軸とする基礎データの取得に着手した。

(3) 滑膜由来間葉系幹細胞の大量培養・保存基盤技術開発

滑膜由来間葉系幹細胞の無血清培地の検討については、ヒト滑膜由来MSCの未分化性、有用性、安全性を維持した状態でのディッシュ底面接着法による大量培養に、現在研究用として量産されている無血清培地は十分に対応できることが判明した。また、ヒト滑膜組織においては、脱コラゲナーゼ処理の検討を行い、Explant culture法でのMSC分離が高い増殖能をもつことが判明した。さらに、無血清培地で培養した細胞においても安定してTEC作成が可能であることを確認し、細胞培養とTEC作製期間を大幅に短縮することに成功した。滑膜由来間葉系幹細胞の大量培養方法の開発については、滑膜MSCを微小重力環境で培養し続けた場合、1G環境で培養し続けた場合と比較して、細胞数が増加し、未分化マーカーの発現に変化があることが判った。容量5リ

ツトルの浮遊回転培養装置の試作機を製作し回転条件や培養液組成等での課題が洗い出せた。

培養細胞評価基盤技術の検討については、滑膜MSCの遺伝子発現解析に着手し、遺伝子プロファイルを行い滑膜由来MSCに特徴的な遺伝子候補を抽出した。有血清培養した細胞の表面抗原の発現解析、サイトカインアレイによる培養細胞の品質解析を行った。細胞保存条件の検討については、CASプログラムフリーザーを使った滑膜由来MSCの凍結条件を検討した。

(4) Muse細胞の評価基盤技術の開発

これまでに開発した間葉系組織に存在するSSEA3陽性細胞として分取する手法を用いて取得したMuse細胞とNon-Muse細胞の比較、異なるヒト組織（骨髄、皮膚、脂肪）由来のMuse細胞間の比較及び異なる動物種（ラット、マウス、ウサギ）由来のMuse細胞間の比較による共通因子の解析を、遺伝子発現解析、プロテオーム解析技術等を用いて行い、分離精製によるダメージの少ないMuse細胞の選別に有用な因子となる候補を複数見出した。

分化能及びクラスター形成能について異なるヒト組織（骨髄、皮膚、脂肪）由来のMuse細胞間の比較を行ったところ、脂肪組織が含有率やクラスター形成能が高く、有望なソースである可能性を得た。また、レンチウイルスを用いてGFPを導入したMuse細胞を、肝硬変モデル動物に移植し、in vivoにおける分化能の検証を進めた。

(5) 間葉系幹細胞の品質管理・安定供給技術の開発

再生医療に用いる細胞（組織）として期待されている脂肪組織由来幹細胞を2株、及び間葉系細胞の由来組織による影響を解析するために同一個体由来の間葉系細胞を3株、計5細胞株を選定し、培養環境の異なる条件下での細胞品質の解析を開始した。参加機関間での細胞品質安定性が網羅的遺伝子発現解析により相関係数0.98となり、非常に高い同等性のもとで参加機関における細胞培養が行われていることが示された。間葉系細胞の増殖能は細胞株（異なる由来組織別）で異なり、培地環境によっても影響を受け、分化能力は細胞株間でも異なるが、細胞継代（増殖）とともに減弱することが示された。

細胞の生物学的なデータを取得した培養細胞試料を網羅的遺伝子発現解析及びそのバイオインフォマティクス解析により分子レベルでの特質を解析し、培地開発に有用なマーカーとなりうる候補分子群を同定した。

②ヒトiPS細胞等幹細胞を用いた創薬スクリーニングシステムの開発

ヒト幹細胞の産業利用を促進することを目的に、東京医科歯科大学生体材料工学研究所教授 安田 賢二氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) ヒトiPS細胞等幹細胞から心筋細胞への高効率な分化誘導技術の開発

ヒトiPS細胞からの心筋細胞誘導化法を開発しX因子法+G-CSF法の組み合わせによる方法を確立した。また拍動性を維持したヒト心筋細胞含有率90%以上の任意の大きさのヒトiPS細胞由来の心筋細胞塊作製法と心筋細胞塊を単一細胞へ分散させる分散方法を確立するとともに、心筋細胞塊の凍結保存条件を見出した。更にヒト心筋細胞とヒトiPS細胞の糖代謝特徴の解析により、両者の必要とするエネルギー源の違いを利用した心筋細胞の純化精製法を見出した。

遺伝性心筋疾患患者からのヒトiPS細胞の樹立では、遺伝性QT延長症候群1型、2型、3型患者の皮膚細胞および抹消血液中T細胞よりヒトiPS細胞を作製し、心筋細胞の分化誘導を行った。その結果、1型遺伝性QT症候群患者由来の心筋細胞を用いたフィールド電位計測において、疾患関連と考えられる活動電位変化が観察され、IKrチャネル遮断薬投与の検討では用量依存性にTorsade de point様不整脈の誘発が確認された。

(2) ヒトiPS細胞等幹細胞を活用した創薬スクリーニングシステムの開発

細胞電位推定機能、細胞間ゆらぎ計測機能、全自動波形解析機能・分析機能、薬剤濃度制御・モニター機能、筋収縮力評価用細胞変位計測高速カメラシステム、長期細胞培養機能を有する操作自動化が可能なシステム即ち実用化プロトタイプ機（第2世代システム）を構築した。本システム並びにヒトiPS細胞由来心筋細胞を用い、偽陰性、偽陽性薬剤の応答性を検討し、更に計測条件等の最適化を行い、標準プロトコールを作成した。既知薬剤を用いた検討では取得されたデータを既存法による結果と比較して本システムの評価を行うとともに、標準化に必要なデータの取得、蓄積を行った。本結果については国内外の学会で発表した。また、検討薬剤の提供を受けた海外メダファーマからは、本検討結果に対し高い評価が得られた。

なお、ヒトES細胞由来心筋塊およびヒトiPS細胞由来分散心筋細胞から作成した平面細胞シートを用いてシステム評価した結果、薬物応答性の基礎的データが取得された。ヒトES細胞由来心筋細胞塊の品質改善の可能性と開発中である心筋細胞ネットワークチップの研究に寄与する成果が得られた。

次年度以降の本システムの国内外評価に先立ち、「ヒトES細胞あるいはヒトiPS細胞から分化した心筋細胞を用いるin vitro心臓安全性薬理試験方法」について世界の競合開発状況の総合調査を行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

①ヒト幹細胞実用化に向けた評価基盤技術の開発

ヒト幹細胞の産業利用を促進することを目的に、京都大学iPS細胞研究所特定拠点教授・副所長 中畑 龍俊氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) ES細胞領域

バッグを用いた閉鎖系自動培養装置プロトタイプの作製に着手した。合成培地の開発において有効な低分子化合物を見出した。ヒトES細胞の三次元大量培養を可能にするための培養基質及び培養基材の開発を開始した。非侵襲・無標識で定量的にヒトES細胞コロニーの多面的な形態を測定できるイメージング装置の開発に着手した。京大樹立2株と外国株1株の継代初期細胞と長期培養後の細胞についてゲノム、エピゲノム、遺伝子発現、脂質、糖鎖など品質指標につき既に報告のある国際データとの比較検討を行い、解析方法の異なったデータを統合して比較

する為の標準化を進めた。

(2) i P S細胞領域

自動培養装置と凍結保存装置連携の試験及び装置の改良および装置全体の小型化を検討した。また、観察装置では形態評価の開発を継続すると共に、非侵襲的3次元観察の要素開発を行い、自動培養装置内への設置を進めた。ヒト幹細胞の有用な性質を損なわずに安定培養が可能な、成分が明確かつ異種生物由来の成分を含まない培養基材・培養液を開発した。国際的なあらゆる情勢の変動にも産業への影響を極力排除するため all made in Japan から構成される日本ブランドの幹細胞培養を構築した。更に、培養液の開発においては、未分化マーカー発現およびテラトーマ形成能を維持してヒト i P S細胞(201B7株)を培養できる有効成分や凍結保存できる有効成分の検討に着手した。一方、幹細胞に関連する技術動向調査を行い、用語と定義に関する国際規格(案)の骨子及び草案を作成した。

(3) 滑膜由来間葉系幹細胞領域

大量培養した滑膜由来間葉系幹細胞の安全性と有効性確認のため、ブタ軟骨欠損への移植試験、未分化能、分化能、癌化リスクの評価を行った。大量培養に関しては微小重力環境培養あるいは試作した浮遊回転培養装置を用いた浮遊回転培養法における細胞接触面積の拡大を検討し、システムの試作を開始した。細胞の品質管理については多数の滑膜由来間葉系幹細胞に特徴的な遺伝子候補から未分化マーカーの解析を行い、滑膜由来間葉系幹細胞の表現型を遺伝子解析・蛋白解析などを通じて網羅的に分析した。更に、細胞保存技術については凍結保存液中のDM S O含有率低減など構成成分の検討を行った。

(4) M u s e細胞領域

これまでに開発した手法を用いて取得したM u s e細胞とN o n -M u s e細胞、異なるヒト組織由来のM u s e細胞及び異なる動物種由来のM u s e細胞の比較による共通因子の解析を、遺伝子発現解析、プロテオーム解析技術等を用いて行い、分離精製によるダメージの少ないM u s e細胞の選別に有用な因子となる候補を複数見出すとともに、今後のM u s e細胞取得のためのマーカーとしての可能性を検討した。さらに、従来のレーザーによる分離を行うセルソーターに変わる、いくつかのM u s e細胞取得方法について効率等の検証を行うとともに、プロトコルの改善に努めた。出澤サブプロジェクトリーダーとは独立した第三者によるM u s e細胞の研究を進めることで、M u s e細胞に関する再現性を評価した。

(5) 間葉系幹細胞領域

細胞の増殖性、生存期間、形質の変化等の評価を通じて良質な間葉系幹細胞を識別しうる細胞マーカー及び細胞の品質管理に有用なマーカーを探索した。更に、有血清-無血清培地の比較により細胞培地開発の基礎を築いた。

研究開発項目② ヒト i P S細胞等幹細胞を用いた創薬スクリーニングシステムの開発

ヒト幹細胞の産業利用を促進することを目的に、東京医科歯科大学生体材料工学研究所教授安田 賢二氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) ヒト i P S細胞等幹細胞から心筋細胞への高効率な分化誘導技術の開発

幹細胞の心筋細胞への高効率な分化誘導方法の開発においては、2型と3型遺伝性Q T延長症候群症例から樹立した i P S細胞から心筋細胞を誘導し、イオン電流や活動電位等の解析を行うとともに、これらの i P S細胞由来心筋細胞を用いた不整脈の誘発試験を行った。

(2) ヒト i P S細胞等幹細胞を活用した創薬スクリーニングシステムの開発

オンチップ心毒性総合スクリーニングシステムにヒト i P S細胞由来心筋細胞を適用し、偽陰性・偽陽性薬剤の応答について改善を検討するとともに、パネル試験用細胞セットを用いた評価を進め、最適な細胞ラインの検討とパネル試験への対応の可能性について検討した。また、実用化簡易計測装置および2 Dシート専用マルチウェル電極プレートを整備するとともに、開発システムを評価するための実験プロトコルの作成を進めた。

・ 医療技術分野

[中期計画]

診断・治療機器の国内外における日本製品のシェア等について、大きな変動はないものの、内視鏡や超音波関連の技術や機器の国際競争力は技術的に優位である。高齢化の進展する日本においては、充実した医療による国民の健康の確保及び患者のQ O L(生活の質)の向上が重要な課題となる。

第2期中期目標期間は、厚生労働省を始め関係省庁との連携の下、これまでに蓄積した知見を基に診断機器や低侵襲治療機器の開発、標準化等成果普及のための環境整備に取り組み、早期医療の実現、再生医療の実用化を目指す。また、診断・治療機器の一体化や高機能化、更にはナノテクや情報通信等の先端技術との融合を図り、新たな「医薬工連携」領域となる基盤構築を進める。具体的には、分子イメージング機器開発では、高精度な工学技術や手法、新規診断薬開発等を融合することにより、悪性腫瘍等の早期診断を目指す。この開発では、空間分解能1 m m以下のD O I検出器(深さ方向の放射線位置検出器)を用いた近接撮像型部位別P E T装置(乳房用プロトタイプ)の開発などを目標とする。また、薬剤と外部エネルギーの組み合わせによる画期的な低侵襲治療システムを目指すD D S研究開発、より低侵襲かつ安全な手術を可能とする診断治療一体型手術支援システムの開発等を進める。D D S研究開発では、従来型光増感剤の1 / 1 0の濃度、及び1 / 1 0の光エネルギー密度で従来型光線力学療法(P D T)と同等以上の抗腫瘍効果を達成する光線力学治療システムの開発などを目標とする。さらに、再生医療分野では心筋、運動器等組織の構築を目指すとともに、製造プロセスの有効性・安全性にかかる評価技術開発や、これら技術のJ I S化を通じてI S O等への国際標準への提案を行う。この開発では、細胞厚みを1 μ mの精度で非侵襲的・継続的に計測する間葉系幹細胞の一次培養プロセスの計測・評価装置の開発などを目標とする。また、加齢や疾病等によって衰えた身体機能を補助できる社会参加支援機器等の研究開発を行う。加えて、医療・福祉の現場にそれらの技術が円滑に導入されることを支援するためのデータ提供等や、機械操作等人間の行動特性に適合させた製品技術に関する研究開発等を行う。

福祉用具の実用化開発については、第2期中期目標期間中に、広く社会への普及啓発を図るため、助成事業終了後、その開発成果について、年間5事業者以上を展示会等のイベントを通じて広く社会へ紹介すること等を行う。

〔中期目標期間実績〕

経済産業省が厚生労働省と連携して実施する先進的な医療機器の開発や薬事審査の円滑化・迅速化に資するガイドラインの策定に協力し、開発成果普及の環境整備に取り組んだ。また、医工連携・医薬連携による診断技術・治療技術の高機能化を図り、「がん対策推進基本計画」で定められる「がんの年齢調整死亡率20%減少（平成27年において、平成17年比20%減。但し75歳未満）」に貢献する技術開発を進めた。

分子イメージング機器開発では、悪性腫瘍等の超早期診断を実現するために、微小な段階で病変を検出する高感度で高解像度な分子イメージング装置として4層DOI検出器を搭載した近接撮像型部位別PET装置（マンモPET）を開発し、臨床PET装置で世界最高の空間分解能1mm以下を達成、現在、実用化段階に到達している。また、躯幹部広領域の拡散強調画像と対応する解剖画像（T2強調画像）との撮像を30分以内という短時間で実現することに成功し、3テスラMRIシステムの高機能化を実現、上市に至った。

DDS研究開発では、従来型光増感剤の1/8の濃度にとどまったものの、高い腫瘍組織選択性を実現する光増感剤内包ミセルを開発したことにより、従来型PDTと同等以上の抗腫瘍効果を達成した。

一方、再生医療分野に係る技術開発では、従来の医療技術では根治に至らない疾患の治療を目指し、細胞や生体材料、機器等を用いて欠損した細胞・組織・機能を代替する技術開発を進めた。骨、軟骨、心筋、角膜の再生医療プロセスの計測・評価技術開発では、主として計測・評価技術手法について標準化提案を行った。そのうち軟骨再生に関してはISO/TC150京都総会で標準化提案を行いFuture Preliminary Work Itemとして承認された。また技術的には、本開発で、厚さ計測精度は目標値±0.75μmに対して±0.2μm以下、細胞の接着面積計測精度は目標値±5.5%に対して+4.3~+4.8%と、いずれも当初の目標を達成した。また、加齢や疾病等によって衰えた身体機能を補助できる社会参加支援機器等の研究開発を行った。加えて、医療・福祉の現場にこれらの技術が円滑に導入されることを支援するためのデータ提供等や、機械操作等人間の行動特性に適合させた製品技術に関する研究開発等を行った。

福祉用具の実用化開発については、心身の機能が低下した高齢者や障害者の福祉の向上等に資する技術を開発する企業等への助成を第2期中期目標期間で37件行った。また、当該期間中に終了した31件のうち11件が上市を達成している。さらに、広く社会への福祉用具の普及啓発を図るため、第2期中期目標期間中に福祉用具の開発成果について、合計92件を展示会等を通じて紹介した。

《1》分子イメージング機器研究開発プロジェクト

《1》-1 悪性腫瘍等治療支援分子イメージング機器研究開発プロジェクト

1) フェーズ1（委託事業）：悪性腫瘍等治療支援分子イメージング機器に関する先導研究〔平成17年度～平成21年度〕

〔中期目標期間実績〕

平成20年度においては、以下を実施した。

悪性腫瘍等の疾患の診断・治療を支援するための、悪性度や疾患の進行度も含めた腫瘍組織等の分子レベルでの機能変化を検出・診断できる高感度・悪性腫瘍等の疾患の診断・治療を支援するための、悪性度や疾患の進行度も含めた腫瘍組織等の分子レベルでの機能変化を検出・診断できる高感度、高精度、高速の種々の機器の実現手段について、網羅的にその可能性を把握する。このため、平成18年度、平成19年度からの継続テーマ3件（①PETを用いた多施設共同臨床試験によるアルツハイマー病の超早期診断法の確立と普及の為の合成法及び装置の研究開発、②半導体コンプトンカメラによる複数分子同時イメージング機器の研究開発、③非侵襲的生体臓器イメージングによる糖尿病の超早期診断法の開発）に対し、以下の項目について予備検討（実験を含む。）を行うための先導研究（プロトタイプ開発を要さないで実用化を目指すものも含む。）を実施した。なお、平成19年度からの継続テーマ②、③については、厚生労働省との合同評価委員会の結果に基づき研究の継続を決定するとともに、計画や予算配分等を見直した。

- ・組み合わせる機器と薬剤
- ・適合疾患
- ・最終目標性能（感度、特異性、費用対効果、低侵襲性、微小転移検出能、位置把握精度等）
- ・実用化のために開発する最大の開発要素とその開発手法
- ・国内外の競合技術に対する優位性（特許比較、対応方針を含む。）
- ・他の分子イメージング技術と比較した特徴
- ・研究開発プロジェクトの終了後に研究開発成果を速やかに実用化するために必要と考えられる方策として、現時点で想定される内容及び今後その方策を具体的に計画・実施していくために採用する必要があると考えられる取組体制
- ・実用化に当たり技術開発の他に必要な事項（臨床研究、制度整備、企業化形態等）

2) フェーズ2（助成事業）：悪性腫瘍等治療支援分子イメージング機器の開発〔平成18年度～平成21年度〕

悪性度や進行度も含めた悪性腫瘍等を超早期段階で検出・診断し得る分子イメージング機器のプロトタイプ及びプローブ剤を開発することを目的に、京都大学大学院医学研究科教授 平岡 真寛氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目 「PET、PET-CT/MRIシステム、プローブの開発」

2-1) 近接撮像型PET装置の開発

- ・乳がんを第一の対象とし、4層DOI検出器（3次元放射線検出器）と検出器の3次元化に伴う膨大なデータ量に対応したデータ処理システム（高集積放射線パルス分離計測回路、インテリジェントデータ収集システム等）を採用し、被写体へ上記検出器を近接配置し、高SN比の3次元画像再構成機構を備えた高感度かつ高解像度の乳房用近接撮像型PETプロトタイプ装置の開発を行い、4層DOI検出器の改良設計・試作、データ収集回路の改良設計・試作、画像再構成ソフトウェアの改良、データ収集・補正・校正ソフトウェアの1次試作、座位型の装置本体の1次試作を完了した。

2-2) 高分解能PET-CTシステムの開発

- ・2層DOI検出器を用いた高分解能全身用PET装置、および時間差情報（TOF）を利用した画像再構成技術の開発を行い、2層DOI検出器に対応したデータ収集回路の改良の検討及び基本設計、データ収集・画像再構成・補正・校正ソフトウェアの改良、PET装置本体の改良・評価を完了した。また、TOF-PETに対応した検出器・データ収集回路および画像再構成ソフトウェアの基本設計を行った。
- ・マルチモダリティ装置として、前記の高分解能全身用DOI型PETと高性能マルチスライスCTを融合したDOI型マルチスライスPET-CT装置の開発を行い、CTとPETの結合、データ収集・制御ソフトウェアの改良を行った。
- ・画像融合ソフトウェアの基本設計を行った。また、動態ファントムを用いて、擬似的な4D-PETおよび4D-CT画像を生成し、画像融合ソフトウェアの評価、改良した。

2-3) MRIの高機能化技術

- ・京都大学集中研究センターに1.5T MRI装置を設置し、これに組み合わせる高速収集系としての多チャンネルフェーズドアレイコイル（躯幹部16チャンネル）を開発・実用化するとともに撮像プログラムであるパルスシーケンスの開発推進を目的として新パルスシーケンス開発環境（基本構造）を新規開発した。これら技術を活用して高速な拡散強調画像の収集を実現し、局所臓器を拡散強調画像により短時間（20分以内）で撮像する技術の開発については最短約10分での撮像を実現した。
- ・末梢血流を高分解能に撮像するための技術としては、MRI造影剤を使用せず特定の血管を描出する技術（非造影MRA）を複数臓器領域で開発した。さらなる高分解能化のために局所多チャンネルフェーズドアレイコイル（32チャンネル）の開発を行った。
- ・画像融合技術の開発に関して、拡散強調画像の歪を脳の拡散テンソル画像でより明瞭に評価するため、まず同画像を用いて撮像時に画像歪を補正する手法を開発し、これを拡張して躯幹部での画像歪補正を可能とした。これによりファントムでの評価で画像歪を5%以内に補正し、導入した既存のソフトにより、ファントム画像の融合を試行した。

2-4) 分子イメージング用分子プローブ製剤技術の開発

- ・近接撮像型PET装置及び高分解能PET-CTシステムによる悪性腫瘍等の超早期診断を実現する分子イメージングのために、マルチモダリティに対応できる分子プローブの開発を目指して、膜結合型マトリクス分解酵素をがんの悪性度イメージングの標的分子として選択し、in vivoカップリング法による早期・高感度イメージングの可能性を明らかとした。
- ・がんの悪性度に関わる低酸素領域のイメージングを目的として、低酸素領域でのみ安定に存在する融合タンパク質を標的認識ユニットとして作製し、in vivoカップリング法による早期・高感度イメージングの可能性を明らかとした。
- ・PETプローブの合成法に関して、反応効率に優れるマイクロリアクターを用いた合成法の検討と、それを用いた自動合成装置の試作基盤研究を行った。反応としては、従来法よりも効率的かつ短時間合成可能なone flow合成法を確立した。自動合成装置の開発としては、各ユニットの試作を行い、基本的な動作確認を行った。
- ・MRI用プローブの開発を目的として、既存の造影剤よりも高感度化なMRIシグナルユニットの合成に成功した。また、胆嚢マウスを用い、MRIイメージングを試行した。癌部位からより強い造影効果が得られ、EPR効果により癌部位選択的に造影剤が到達されていることが示唆された。別のMRI用プローブとして19年度本プロジェクトにより開発した超高感度新規造影剤の毒性を調べたところ、毒性は半減していることが明らかとなった。このことから造影剤投与による人体への負担を大きく減らすことが可能であると期待できる。また、酵素反応、酸化還元環境、極性環境を追跡するための新規フッ素MRIプローブの作製に成功した。さらに、特定の遺伝子配列を10倍程度高感度に検出する酸化鉄ナノ微粒粒子によるMRI陰性造影剤も開発した。
- ・開発中の分子プローブの薬効評価系を確立するために、vivo細胞系における検討を進め、腫瘍細胞4種を同定し、薬効評価系に用いることが可能であることを確認した。
- ・4種の腫瘍細胞を用いて動物腫瘍モデル作製を行った結果、vivo移植後に腫瘍細胞が生着していることの確認に成功した。
- ・動物用PETに関して、ラット、マウスでのPET撮像を行い、撮像、イメージの再構成について適切な条件の設定に成功した。

3) 悪性腫瘍を標的とした新規治療支援プローブの開発 [平成20年度～平成21年度]

分子イメージング技術の律速であるプローブ開発を強化・促進するため、光にも対応しうる新規分子プローブの開発及び分子プローブ評価システムの開発に着手した。

平成21年度においては、以下を実施した。

悪性腫瘍等の疾患の診断・治療を支援するための、悪性度や疾患の進行度も含めた腫瘍組織等の分子レベルでの機能変化を検出・診断できる高感度、高精度、高速の種々の機器の実現手段について、網羅的にその可能性を把握するため、以下に示す平成19年度からの継続テーマ2件を実施した。

・半導体コンプトンカメラによる複数分子同時イメージング機器の研究開発

Si、Ge、CdTe等の半導体を検出器素材として開発したコンプトンカメラをさらに高度化し、厚生労働省との連携事業で新たに創薬する新核医学核種を用いた分子プローブ等との組み合わせで複数分子同時イメージングを可能にする、臨床用半導体コンプトンカメラの高度実用化技術開発を行った。高エネルギーγ線放出核種、PET用核種、SPECT用核種など、10種類以上の標識核種を用いた撮像実験に成功し、半導体コンプトンカメラによる複数分子同時イメージングの実証にも世界で初めて成功した。事業終了後、実用化に向け独自に開発を継続する。

・非侵襲的生体膵島イメージングによる糖尿病の超早期診断法の開発

将来的に臨床応用可能な、生体内の膵島量を非侵襲的な画像診断法を用いて定量化するために必要な分子プローブの開発と画像診断法の検討を行い、16種類の分子プローブの合成・標識化を終了し、有効性検討も行った。膵島イメージング用として期待できる分子プローブを合成した。事業終了後、まず新薬開発候補化合物のスクリーニング、効果判定が可能なPET用分子プローブとしての実用化を図るべく、独自に開発を継続する。

② フェーズ2（助成事業）：悪性腫瘍等治療支援分子イメージング機器の開発 [平成18年度～平成21年度]

悪性度や進行度も含めた悪性腫瘍等を超早期段階で検出・診断し得る分子イメージング機器のプロトタイプ及びプローブ剤を開発することを目的に、京都大学大学院医学研究科教授 平岡 真寛氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、プロジェクトの最終年度である今年度は、開発成果の実用化の見込み等についても総括的な評価を行った。事業終了後も事業者間の産学連携、医薬工連携の体制を維持し、実用化に向けた臨床研究を含めた開発を継続する。

研究開発項目「PET・PET-CT・MRI（高機能化技術）・分子プローブの開発」

(1) 近接撮像型PET装置の開発

4層DOI検出器を搭載した近接撮像型PET装置の1次試作機として、座位型及び伏臥位型の2種類の乳房用近接撮像型PETプロトタイプ装置を開発した。ファントムを用いて総合評価を行った結果、2種類とも有効視野内で空間分解能1mmを確認した。さらに、京都大学医学部附属病院において乳がん患者を対象に臨床研究を実施し、高解像度の乳がん画像を得ることに成功した。また、電磁波ノイズ対策関連の改良設計を行った2次試作機を製作して総合評価を行った。

(2) 高分解能PET-CTシステムの開発

(ア) DOI型PET装置で、40cmΦ視野で空間分解能3mm (FWHM) 以下、感度15cps/kBq以上を実現するとともに、最適なエネルギーウィンドウの設定により、雑音等価計数率の改善が可能であることなどを確認し、PET装置のシステム全体での性能評価を完了した。また、DOI型TOF-PET用検出器を試作し、1ペアの検出器とDOI型TOF-PET用データ収集回路基板からなる原理検証システムの試作評価において、時間分解能450ピコ秒の達成を確認した。

(イ) DOI型PET装置と16列CT装置、固定寝台を組合せたDOI型マルチスライスPET-CT装置を開発し、PET装置の自走機能などの総合調整、ファントムでの融合画像の精度確認など総合評価を完了した。さらに、非剛体異種画像融合技術では、計算速度、計算精度改善のプログラム改良、胸部動態ファントムを用いた画像融合技術の精度検証を行うとともに、4D-CT画像を用いた4次元線量分布評価システムを開発し、動きのある部位における吸収線量を定量化した。

(3) MRI（高機能化技術）の開発

(ア) 高速撮像を可能とする3T-MR装置における頭部用、躯幹部腹側用、躯幹部背側用及び頭頸部用の多チャンネルフェーズドアレイコイルを開発した。別途開発したMR装置の自動撮像用ソフトウェアにより、躯幹部領域全体をカバーする設定とした。

(イ) 撮像領域内のコイルを自動的に認識して撮像準備をおこなう機能を新たに開発し撮像領域・撮像条件を規格化するプリセット化で撮像準備時間を短縮した。また拡散強調画像の撮像時間を短縮させるため、3T MR装置最適化開発と3倍速高速撮像パルスシーケンスの最適化も実施した。さらに3分割した躯幹部（頭頸部、胸腹部、骨盤部）各領域を3.5mm厚の軸位断もしくは冠状断画像76スライスすることで、最も効率的に躯幹部広領域を撮像できるようにでき、撮像時間30分以内を達成した。

(ウ) 躯幹部拡散強調画像の画像歪み及び画質の改善を計るため、歪補正、画像劣化・位置ずれ補正、画像ノイズ低減の技術開発成果を、京大病院の胆癌患者を対象とし同院倫理委員会承認プロトコールに基づき、総合性能評価で確認した。拡散強調画像及びT2強調画像の撮像時間を2/3に短縮できた。

上記（ア）、（イ）、（ウ）の結果、全体の撮像時間を被験者の入退出まで含めて当初の46分10秒から、29分40秒となり、開発目標を達成することができた。上記成果を取り入れて、平成21年末には3T MRI装置の薬事申請を行った。また、事業終了後、開発成果の実用化が予定されている。

(4) 分子イメージング用分子プローブ製剤技術の開発

(ア) 乳がんを対象とした悪性度診断用PETプローブ開発のために、標的認識ユニットとして、膜結合型マトリクス分解酵素 (MT1-MMP) を対象とした抗MT1-MMP抗体及びHIF-1高発現領域を対象としたタンパク質プローブを開発した。リンカーユニットにはストレプトアビジン-ビオチンを採用し、放出ユニットである18F標識ビオチン誘導体と組み合わせることでMT1-MMPおよびHIF-1高発現領域をイメージング可能な分子プローブの開発に成功した。

また、アポフェリンの内部にカチオン性Gd錯体を高効率にて内包させることにより、既存の造影剤よりも高感度なMRIシグナルユニットを開発した。

(イ) 3段階反応用マイクロリアクターを用いた[18F]SFBのone-flowでのPETプローブ合成法を確立した。さらに、本法により合成された[18F]SFBとノルビオチナミンを反応させることで、18F標識ビオチン誘導体を開発し、これらマイクロ合成技術を基盤としたPET分子プローブ自動合成装置のプ

ロタイプ開発に成功した。

(ウ) 拡大型単回投与毒性試験を基本骨格として、抗MT1-MMP抗体を用いたストレプトアビジン-ビオチン-抗MT1-MMP抗体及び標識ビオチン誘導体の安全性試験を実施し、有効性を確認した。

事業終了後も事業者間の産学連携、医薬工連携の体制を維持し、分子プローブでは安全性のより向上に向けた、自動合成装置では実用化に向けた開発を継続する。

③新規悪性腫瘍分子プローブの基盤技術開発 [平成20年度～平成21年度]

分子イメージングの要となる、分子プローブの基盤要素技術と評価システムとして、以下の開発を行い、それぞれ最終目標を達成した。がん細胞での蛍光オン・オフ機能を含め、がん特異的的近赤外蛍光イメージングプローブの開発を促進する情報が得られ開発したプローブを実用化につなげるため、臨床応用に向け蛍光以外の分子イメージングとの比較などを含めた事業化計画、安全性評価などを事業終了後に検討する。

(1) 分子プローブ要素技術の開発

「(ア) 標的認識ユニットの開発」、「(イ) シグナルユニットの開発」において開発されたそれぞれのユニットを直接結合、もしくは「(ウ) 分子プローブ化技術の開発」によって一体化させることにより、複数の新規近赤外蛍光プローブを作製した。がんの特異的に発現する分子等の標的に直接作用し、インドシアニングリーン (ICG) 以上の蛍光量子収率を示す蛍光分子プローブを作製した。各研究開発項目の具体的な内容は以下の通り。

(ア) 標的認識ユニットの開発

がん糖鎖抗原を標的に植物マメ科レクチンをスクヤフォールドとし作成した新規レクチンプローブの糖結合特異性を評価し、悪性腫瘍細胞株を特異的に認識するペプチドプローブのマウスを用いた評価系による標的細胞の認識確認を行い、肺癌、胃癌、大腸癌さらに乳癌、前立腺癌の糖鎖プロファイルを明らかにし糖脂質GM2に結合する複数のペプチドを同定した。

テネシシンC抗体 (TN-C) ライブラリーから腫瘍を特異的に認識する抗体を担癌マウスでの評価により腫瘍に特異的に集積することを確認し、子宮内膜癌のTN-C発現解析から臨床期別、リンパ節転移、リンパ管浸潤、組織悪性度と強い相関を確認した。抗TN-C抗体の大量供給の方法を確立し、供給の目処を得た。

また、新規近赤外蛍光試薬IC7-1をラクトソームに内包し、抗MT1-MMP抗体を表面修飾したリポソームを開発し、担がんマウスを用いて、がんへの顕著な集積を確認し、多種類の蛍光基で標識したペプチドライブラリーから、がん細胞/正常細胞の結合比を最適にするスクリーニングを行い、MCF7細胞に特異的に結合するペプチドを見出した。SLXを表面修飾したリポソームを開発し、担がんマウスを用いて、がんへの顕著な集積を確認した。

さらに、CXCR4のリガンド2分子を5.6nmの長さに固定されたリンカーで結合したダイマーが、CXCR4に強く結合することを見出し、標識分子を付加した前記のダイマーは、CXCR4発現細胞を選択的にイメージングできることを確認した。

(イ) シグナルユニットの開発

生体イメージングが可能な近赤外蛍光剤を目的として設計・合成したIC7-1およびIC7-2は、ICGより長波長化を達成し、蛍光量子収率も十分高い値を示した。またIC7-1リポソームが、がん細胞での蛍光オン・オフ機能を持つことを確認した。また各種セレンテラジン・セレンテラミド類縁体を合成し、最大蛍光波長が550nm程度である複合蛍光蛋白質の開発に成功した。

また、既存の近赤外蛍光化合物ICGに比べ、蛍光強度、耐褪色性、化学的安定性、化学修飾の容易さ、毒性試験の全ての点において優れた、新規シグナルユニットSiR700を開発した。

(ウ) 分子プローブ化技術の開発

フェリチンを用いたペプチドプローブの多価提示系を開発した。またシグナルユニット (ICGとSiR700) を内包し、標的認識ユニット (抗CD147抗体) を外側に結合し、各々のユニットが充分な機能を発揮する高分子ミセルキャリアシステムを開発した。脂溶性が高い新規近赤外蛍光試薬IC7をラクトソームに内包させ、さらに、IC7内包ラクトソームをリポソームに封入し、表面を、腫瘍指向性の抗MT1-MMP抗体、抗テネシシン抗体、SLXで修飾した近赤外蛍光リポソームの開発に成功した。

(2) 分子プローブ評価システムの開発

蛍光イメージング用、時間分解システムを構築した。また時間分解拡散光トモグラフィーによる蛍光画像再構成アルゴリズムを開発し、ラット腹部に埋め込まれた蛍光物質の2次元断層イメージを得た。時間分解システムと、蛍光画像再構成アルゴリズムを用い、樹脂で作ったファントムに関して計測し、定量性を評価した。

《1》-2 高精度眼底イメージング機器研究開発プロジェクト [平成17年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

生活習慣病による血管病変等合併症の超早期発見と予防の実現に向けた高精度眼底イメージング機器の開発を目的に、京都大学大学院医学研究科眼科学教授 吉村 長久氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) フルフィールド光コヒーレンス断層画像化装置 (FF-OCT) の開発

ヒト眼底の撮影を達成するために実験機を用いて確認された課題をフィードバックし、プロトタイプ機的设计変更・製作を行なった。ヒト眼底が絶えず動いている事から、粗アライメントのためのSD-OCT装置の組み込み、

パルス発光光源の採用（照明光学系の設計変更・同期制御ソフト開発）、検出アルゴリズムの再検討を行なった。プロトタイプ機を用いて、模擬眼底に設置した豚眼組織の撮影を行ない、網膜神経線維の観察、神経節細胞層の観察まで可能な事を確認した。

(2) 高解像度眼底分析イメージング装置の開発

- ①高解像度眼底分析イメージング装置の第2試作機を作製した。
- ②第2試作機を用いて健常眼及び病理眼における眼底計測を行い、視細胞、血管、神経線維層等の画像を得て臨床評価を開始した。
- ③臨床評価に基づく改良等に必要情報を得て、次期第3試作機の仕様、性能を検討し設計に着手した。
- ④臨床評価に基づく画像改良を検討するために、補償光学系に変換鏡を用いた第2.5試作機を作製し、上記の次期第3試作機の仕様、性能検討に活用した。
- ⑤人眼計測の結果に基づいて補償光学ソフトウェアを改良した。特に、操作性を大幅に向上させると共に、初期パラメーター設定等の機能を充実させて実用性を高めた。
- ⑥波面制御素子の性能安定性を高めるために、同素子の平面度の時間変化を減少させる改良技術を開発した。また、開発した波面制御素子高速制御技術の基本的な動作検証を行い、所望の性能（10bit信号制御で通信時間10ms以下）をほぼ達成していることを確認した。
- ⑦眼球運動センサーを用いて、眼球運動と体動を同時に計測する手法を開発した。開発した手法を用いて実験を行い、体動の影響を調査したところ、眼球運動センサー出力に体動が影響を与えることが判明した。
- ⑧臨床研究のため、可搬性を有した非侵襲の走査型眼底分光装置のプロトタイプを試作し、ヒト眼底を対象とした網膜の血中酸素飽和度計測を行った。これを医学的に評価した結果、網膜循環の障害に対して特に有効性が高いことが示唆され、臨床応用へ展開可能な技術開発の最終目標達成の見通しを得た。また、非侵襲により患者負担が少ないことや、装置と連動した簡便に操作できるインターフェイスによって医療従事者による操作が可能であることを確認した。装置の性能は、波長分解10nm以下を達成し、装置開発として最終目標に掲げた性能に到達した。
- ⑨臨床評価の結果を踏まえて走査型眼底分光装置およびその解析アルゴリズムの改良を行った。病態や被検者により出やすいアーティファクトを検証し、装置構成・解析パラメーターの検討によってその低減を行うことを試みた。

(3) 医学評価

- ①機能イメージングのための眼底分光技術の第1次臨床評価を行った。走査型眼底分光装置を京都大学医学部附属病院眼科外来内に設置し、正常眼および病理眼を約40眼測定した。健常眼を撮影し、機器固有の性能・操作性・安全性を確認した後、糖尿病網膜症、網膜静脈閉塞症などの病理眼を撮影・解析し、走査型眼底分光装置は網膜の虚血をモニタリングする手段として有用であることを証明した。
- ②補償光学を組み込んだ高解像度眼底分析イメージング装置（第2試作機）の医学評価を行った。健常眼を撮影し、機器固有の性能・操作性・安全性を確認した後、糖尿病網膜症、網膜静脈閉塞症、加齢黄斑変性などの病理眼を100例以上撮影した。視細胞・血球動態が観察可能であることを示し、既存の商用機器では検出不可能であった視細胞脱落・変性所見を種々の疾患で発見した。
- ③京都大学糖尿病内科と連携し、上記機器を用いて教育入院中の糖尿病症例を定期的に計測した。この中には検眼鏡的に糖尿病網膜症が未発症の糖尿病症例や初期単純型糖尿病網膜症症例が多数含まれており、網膜症未発症段階から、あるいは網膜症のごく初期から現れる網膜血管形態・血球動態異常に関するデータを採取し、初期症例における毛細血管瘤が観察可能であることを証明した。

平成21年度においては、以下を実施した。

京都大学大学院医学研究科眼科学教授 吉村 長久氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

なお、プロジェクトの最終年度である今年度は、開発成果の実用化の見込み等についても総括的な評価を行った。

①フルフィールド光コヒーレンス断層画像化装置（FF-OCT）の開発

- (1) FF-OCTの要素開発を継続し、(i)光源パルス駆動による光量不足対策のためにスーパーコンティニウム光源を使用し、照明光量3倍とスペックルノイズ低減を実現した。健常者の人眼の神経線維を撮影した。
- (ii)干渉面と焦点面の一致のための調整技術の開発を実施したが、調整が不十分であった。所望の撮影ができるまで繰り返し撮影をする必要があるため、OCTとしての実用化への課題が残った。

②高解像度眼底分析イメージング装置の開発

- (1) 健常眼の視細胞画像では差がみられない。MEMS-DMを用いたイメージングでは、波面センサの感度が低く、病理眼では鮮明な画像が得られにくいことから、LCOSの優位性を確認した。
- (2) 第3試作機の開発を行い、京大病院において視細胞レベルの画像と血球動態の観察臨床研究を行った。
- (3) 第3試作機におけるアライメント用画像システムの開発のため、前眼部の画像・固視灯の設定により初期アライメント時間を短縮し（4分→1分）、スリットスキヤニングを活用した眼底イメージング法を確立した。
- (4) 第3試作機における不随意性の眼底微動を除去するトラッキング機能開発のため、血球動態観察、画像加算による高解像度低ノイズ画像、固視点測定等を実現し、周辺部の撮影を容易にした。
- (5) 第3試作機における高速走査能（30Hz）の開発のため、健康眼に対しては血球動態解析を実現し、撮影時間を短縮した（5分→2分）。
- (6) 改良した補償光学ソフトウェアと開発した波面制御素子、波面センサを搭載し、第3試作機の撮像速度と同じ補償光学制御速度を実現した。
- (7) 補償光学に必要なデバイスの性能（安定性等）向上を行い、性能を向上させたデバイスを第3試作機に搭載した。

事業終了後、OCT機能を付加するなど、独自に開発を継続し、より実用化に近い機器を試作する。

- (8) 京都大学にて臨床研究を行い、酸素飽和度イメージングによる網膜循環の障害に関連・起因する100症例以

上を測定した。この結果を検証することで、酸素飽和度イメージングから提供できる網膜情報の知見を得た。

- (9) 臨床研究からのフィードバックに基づき、走査型眼底分光装置とソフトウェアの改良を行った。特に、酸素飽和度計算方法の改善を行い、使用する波長を増やし精度を向上した。

③医学評価

- (1) F F - O C T の試作機を京都大学医学部附属病院眼科に設置し、健常眼の眼底計測を行い、医学的見地に基づく機器の評価を行った。
- (2) 走査型眼底分光装置の第2次試作機を京都大学医学部附属病院眼科外来に設置し、第2次臨床評価を実施した。対象は糖尿病網膜症、網膜静脈閉塞症とし、網膜の血中酸素飽和度を測定し、蛍光眼底造影検査やOCTで得られる所見との比較・検討を行った。また酸素飽和度の絶対値測定の検討を行った。さらに、任意の部位における血中酸素飽和度を基準として視野全体にわたる酸素飽和度の相対値を二次元でマッピングする機能を有するソフトウェアを開発した。

- (3) 補償光学を適応した高解像度眼底分析イメージング装置の第2次試作機を用いた400例を超える臨床研究、及び第3次試作機による医学評価を行った。様々な視細胞の構造異常を検出した。糖尿病網膜症、網膜静脈閉塞症、加齢黄斑変性等症例の網膜視細胞構造・血管形態・血球動態について分析を行い、正常眼及び各疾患におけるデータベースを構築した。

以上の成果を活用し、事業終了後、糖尿病網膜症、網膜静脈閉塞症、加齢黄斑変性等の早期発見につながる高解像度眼底分析イメージング装置を目指し、独自に開発を継続する。

《2》再生医療の早期実用化を目指した再生評価技術開発 [平成18年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

再生医療における評価技術の開発及び再生医療の実用化を促進することを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所セルエンジニアリング研究部門 研究部門長 大串 始氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

①間葉系幹細胞の一次培養プロセスの計測・評価技術開発

- 1) 細胞特性の計測技術開発のため、間葉系幹細胞の表面分子に対する蛍光標識抗体を選択し、従来法としての蛍光顕微鏡観察やフローサイトメータ測定との比較検討を行なった。また、製作したプロトタイプ装置に対する課題である位相差観察機能の組込み、撮影エリア内の照明ムラ低減、光学部品の再配置による小型化などの検討を行い、改良試作機で対応できる目処がたった。
- 2) 計測装置の厚み計測精度向上の検討、加工及び組立を行うと同時にソフトの改良も行ない、細胞厚み1 μ m以下の細胞の抽出が可能となった。また、ルーチン顕微鏡用ユニットの開発にも着手した。一方、細胞の増殖活性・分化能・厚み・大きさと老化の相関関係を見る生物学的解析や細胞観察機能付自動搬送インキュベータを用いた増殖過程の細胞のトレースを行い、装置開発に必要なデータの構築に取り組んだ。
- 3) 細胞の増殖過程における細胞厚みの経時変化を計測できる培養器具と観察計測可能なタイムラプス計測機能付の倒立型位相シフトレーザ干渉顕微鏡 (P L M) を製作した。ハードウェア部の開発は完了し、解析制御ソフトウェアの最終作りこみと、デバックを進めた。その後、装置としての評価及び間葉系幹細胞の増殖活性及び分化状態の評価手段としての評価を行った。19年度作製した部分改造P L Mについては、厚さ測定精度1 μ m以下を達成した。また同装置を用い、増殖活性及び分化状態の評価として細胞周期の測定を行なった。
- 4) 間葉系幹細胞の癌化関連遺伝子であるp 1 6 遺伝子のメチル化検出に関して、B i s u l f a t e 処理後のメチル化特異的PCR (m e t h y l a t i o n - s p e c i f i c P C R, M S P) により、増幅した断片をリアルタイム P C R 解析装置により、定量化する手法 (R T - M S P 法) を開発した。この方法を用いると混入比0.01%まで、極めて明確に検出できることが判明した。更に解析のそれぞれの段階において、できるだけ市販のキット製品を用いることで、解析技術に客観性を持たせ、かつ所要時間の短縮を試み、72時間程度必要であった行程が12時間まで短縮できた。この方法を用いて、臨床試験の検体等を解析した結果、いずれもp 1 6 遺伝子のメチル化は発生していないことを確認した。

②骨の再生医療プロセスの計測・評価技術開発

- 1) 実際に移植に用いられるセラミック培養担体を使用して、間葉系幹細胞の骨芽細胞への分化培養を行い、細胞活性、分化程度を評価した。担体の種類により、カルセインで骨基質形成能の計測が可能なもの、より検討が必要なものがあることが判明した。また、キシレノールオレンジなどカルセイン以外の蛍光物質を添加し、培養した際の細胞活性、分化程度を検討し、骨基質形成過程観察に適する濃度を決定した。
- 2) マイクロプレートを用いた蛍光測定装置の光学系の最適化と機構系の設計を改良した試作機を製作し、立体基材上の骨基質形成能を計測評価できることを確認した。また、開発装置で抗体染色した細胞やG F P を導入した細胞の撮影を行ない、骨基質量計測だけでなく、他の用途にも使用可能であることを確認した。

③軟骨の再生医療プロセスの計測・評価技術開発

- 1) 前年度までに開発したD T - M R I 用シーケンス及び画像解析ソフトを用いて他の施設においても、1.5Tの臨床用M R I でD T - M R I による間接軟骨の異方性度を測定できることが確認できた。主に、ボランティア・ファントム材料による撮像実験を行い、臨床で用いるために必要な仕様を検討した。また、撮像で得られる画像データ形式もM R I 装置ごとに異なるので、それらの処理に対応できるように画像解析ソフトの改良を行い、標準化テ

クニカルレポートTR作成のためのデータ取得をほぼ完了した。

2) 光音響法に関して、試作したプロトタイプ装置を用いて基礎データの集積を行った。収集したデータをもとに検出信号から力学特性を求めるまでのアルゴリズムを最適化した。種々の細胞を用いて組織工学的に作製した再生軟骨を対象に時間分解自家蛍光スペクトル分析を施行し、性状評価の精度・感度の検討により、複数のパラメータによる評価が有効であることが分り、システム仕様を決定した。標準化に向けて、光音響法に関してASTM関係者と討議した。

④ 心筋の再生医療プロセスの計測・評価技術開発

1) 筋芽細胞の電気生理学的特性と細胞の純度・分化度の関係を検討する目的で、19年度まで行ってきた筋芽細胞のカルシウムイメージングによる電気生理学的特性と筋芽細胞のマーカーとなるdesmin、MyoD、Myogeninなどの遺伝子発現に加え、基板電極上での電位変化を測定し3つのデータの相関を検討することで、非侵襲的な筋芽細胞純度測定法の開発を行った。具体的には、基板電極上での測定に必要な細胞播種密度・培養期間・培養温度・電極サイズ・電極間距離等の各種条件について検討を行った。

2) 移植細胞シートの膜電位変化をイメージングし、移植細胞シートの生着や心機能改善効果との相関の検討を行い、特に、筋芽細胞移植で問題となっている不整脈の発生について、細胞シートの移植枚数と心機能改善効果について相関が認められた。

⑤ 角膜の再生医療プロセスの計測・評価技術開発

1) 開発したバリデーション項目及び方法をTRに提案できる内容・書式にまとめた。さらに、臨床研究の中でバリデーション方法を再評価し、バリデーション項目の最適化を行い、TR委員会にてTR原案を審議し作成した。

2) 作製した培養上皮シートに対し、p63の免疫染色を行い、その陽性細胞率を算出することで培養上皮細胞シートに含まれる上皮幹細胞率を解析し、バリデーション技術の一つとし、上記同様TR原案を作成した。

平成21年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所セルエンジニアリング研究部門組織・再生工学研究グループ上席研究員 大串 始氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、プロジェクトの最終年度である今年度は、それぞれの開発項目ごとに今後の展開や課題などについても総括的な評価を行った。

① 間葉系幹細胞の一次培養プロセスの計測・評価技術開発

(1) 「間葉系幹細胞の培養モニタリング評価技術と計測機器開発」

(ア) エバネッセント光を用いて間葉系幹細胞の特性を計測する技術の開発

蛍光標識した抗体で染色した細胞は、通常の蛍光顕微鏡では未洗浄だと観察不可であるが、エバネッセント光を用いた試作機では、未洗浄のまま観察可能であった。また通常のフラスコを用いても観察可能であることを確認できた。その特性を生かし、インキュベータ内で培養状態のまま細胞観察ができる小型密閉筐体型の改良試作機を作製した。筐体内部の湿度変化を測定し、約一週間の連続細胞観察が可能であること、また、抗体で染め分けたヒト及びラットの間葉系幹細胞が改良試作機でも観察可能であることを確認した。改良試作機はバイオジャパン2009にて展示した。

(イ) 間葉系幹細胞の増殖活性を評価するための細胞厚み及び細胞面積を測定する技術と計測装置の開発

汎用顕微鏡に後付け可能なシステムにするため、焦点位置を簡単に上下動させる機構を試作した。実際に患者由来間葉系幹細胞で厚みの測定を行い、細胞増殖と細胞厚みとの相関が確認された。より正確な細胞厚み測定を目指し、画像解析ソフトの改良も随時行った。また、試作機をバイオジャパン2009にて展示した。試作機は他大学での検証も行い、非侵襲的に細胞の品質評価が可能な本技術は有用との意見を得た。

(2) 「間葉系幹細胞のゲノム及びエピゲノム変異の定量計測技術」

メチル化p16遺伝子の高感度検出法を、より簡便で解析者の技量に依存しないものにするために、解析試薬及び解析機器を統一化し、工程における各段階をできるだけ自動化することを試みた結果、DNA抽出及びバイサルファイト処理は、市販のキット化された試薬を用いることで、それぞれ4時間及び5時間で完了できる方法を確認した。この方法をJIS/TR(標準報告書)化するために、間葉系幹細胞TR原案委員会を設立し、TR原案を作成した。

② 骨の再生医療プロセスの計測・評価技術開発

(1) 「間葉系幹細胞の骨基質形成能計測評価技術と計測装置開発」

(ア) 間葉系幹細胞の骨芽細胞への分化過程における骨基質計測技術の開発

間葉系幹細胞を骨芽細胞へ分化誘導して形成した骨基質を試作機で計測、解析し、試作機の改良にフィードバックさせるべく、問題点等の洗い出しを行った。既存の計測装置と性能を比較するために、同一サンプル(カルセインを添加しつつ分化誘導した間葉系幹細胞)の蛍光強度を測定し、カルシウム化学定量値との相関を検討したが、既存装置より高い相関が得られた。なお、ASTMに登録した規格案については、事業終了後も引き続き規格成立を目指して活動を行うこととした。

(イ) 骨基質内カルシウム量を算定するための骨基質に取り込まれるカルセインを計測する装置の開発

撮影操作の自動化のために、照明、シャッター、蛍光キューブ選択などの動作がPCからの指令で実行できるように、試作機の改良を行った。より正確な定量を目指し、照明や補正レンズ等の光学系を見直し、撮影解析ソフトについてもより使い易くなるように改良をおこなった。試作機はバイオジャパン2009にて展示した。装置販売時には、汎用性も重要になってくるため、応用例の一つとして、蛍光標識した抗体で染色したiPS細胞コロニーの撮影を試み、撮影可能であることを確認した。

③ 軟骨の再生医療プロセスの計測・評価技術開発

(1) 「Diffusion Tensor - Magnetic Resonance Imaging (DT-MRI) 技術を応用したin vivo生体力学的軟骨組織構造の判定評価技術の開発」

関節軟骨の移植後の再生経過診断を行うために、DT-MRI法による関節軟骨の構造判定技術を開発した。測定したデータを取り纏めTR案を作成・提案し、さらに、事業終了後も国際標準規格化を目指し、ISO/TC150のNew Work Item Proposalに進めることとした。

(2)「超音響法による培養軟骨物性・性状の非侵襲的評価技術の研究開発」

同一のレーザーを励起光源として採用することで、超音響法による培養軟骨の粘弾性計測と時間分解自家蛍光スペクトルによる性状評価の同時計測を可能にした。標準化としてはASTMのF04.04に登録しドラフトを作成した。

④心筋の再生医療プロセスの計測・評価技術開発

(1)「多点基板電極を用いた電気生理学的手法による心筋再生シートの機能評価技術とその計測評価装置の開発」

筋芽細胞の電位変化をモニタリングし、筋芽細胞純度を測定することが可能な基板電極と解析に必要な周辺機器、ソフトウェアについて検討を行った。筋芽細胞において、播種密度が低い状態と細胞シート状の高密度な状態では電気生理学的特性が異なることから、多点基盤電極上で細胞シートの状態を確認することが可能となった。さらに電極からの刺激に対して応答を検出するソフトの開発と、多点基板電極上からそのまま細胞シートを回収することが可能な電極皿を開発した。

(2)「移植心筋再生シートのin situ機能計測評価技術の開発」

筋芽細胞移植における不整脈と細胞シートの移植方法や移植部位、移植細胞数、筋芽細胞純度等の移植条件との相関を明らかにするため、筋芽細胞シート移植後の心臓表面の活動電位変化を計測し、移植細胞シートに起因するような活動電位変化は認められなかった。この結果より、筋芽細胞シート移植の安全性を評価することが可能となり、有用性が示された。さらに、これらのデータを臨床研究へとフィードバックすると共に、心臓に対する細胞シート移植のガイドライン案を作成した。

⑤角膜の再生医療プロセスの計測・評価技術開発

(1)「細胞シート中の上皮幹細胞・前駆細胞の定量的評価システムの構築」

培養上皮細胞シートに必要な評価項目を設定し、データをTR案として纏め提案してTR-T0014として承認された。ただし、現在の評価方法は臨床に使用する培養上皮シートと同一ロットのものが評価対象である。

臨床使用予定の細胞シート自体の評価を行うため、TER（経上皮電気抵抗）を用いた新規細胞シート評価法を開発した。TER値は細胞シートの培養状態を反映しており、細胞シート完成時期を容易に予測することが可能であった。非侵襲的に簡易でかつ無菌的な培養上皮細胞シートの評価方法として非常に有用である。

(2)「細胞シート中の分化上皮細胞及び粘膜上皮特異的機能の定量的評価システム」

免疫染色によるp63陽性細胞の算出法の検討を行うため、培養上皮細胞シートについてp63陽性細胞率を算出した。定量性の高いreal-time RT-PCR法によるp63発現について検討を行い、本解析法では3時間程度、1名で測定可能となった。事業終了後は、独自に開発を継続し、より定量精度を高める。

《3》心筋再生治療研究開発 [平成18年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

心筋再生シートによる心筋再生治療の早期実現と迅速な普及を目的に、大阪大学医学部附属病院未来医療センターセンター長 澤 芳樹氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

①細胞源・増殖因子の探索

心筋細胞源を開発する目的で、実用化の面から考えて、細胞シートの細胞源を筋芽細胞、骨格筋内細胞、間葉系幹細胞を中心として検討を行った。骨格筋内幹細胞の検討では、死細胞の少ない、細胞分化能を維持した単離法を検討し、単離に有効な血清濃度、酵素処理時間、細胞保護のための添加物、及び単離に有効な細胞表面マーカーについての検討を行うとともに、候補細胞群を用いて作製された積層化細胞シートについて小動物での心機能改善効果を確認した。

増殖因子の開発については、上記細胞源に対しての心筋分化効率の検討を開始し、心筋分化効率の高い細胞源の選択及び分化誘導法の最適化を開始し、平成21年度に完了する見込みを得た。

また、機能制御技術の開発として、ハニカムフィルムの孔径や膜厚、表面処理等が細胞源の増殖・分化へ与える影響を検討し、細胞の未分化状態もしくは多分化能を保持した培養に効果的な培養表面の構築を行った。

細胞源の安全性評価技術では、ゲノムレベルでの異常を検出する方法として、染色体核型解析およびComparative genomic hybridization (CGH) 法等、樹立した手法を応用し、異種由来物質のうちヒト細胞表面に認められるNアセチルノイラミン酸と非ヒト糖鎖であるNグリコシルノイラミン酸 (NeuAc) を高感度に検証し、臨床応用可能な異種血清由来糖鎖とタンパク質の解析法について検討し、微量・高感度な検出方法を開発した。また、バイオ心筋の安全性評価については、細胞シート内の残存ウシ胎仔血清の除去を目的に、ウシ血清アルブミン (BSA) を指標としてBSA残存量の測定方法を確立し、細胞シート形状を保持したまま残存BSAを低減できる洗浄条件を検討し、臨床適用時に使用できる方法であることを確認した。平成20年度では、残存ウシ血清由来タンパク質の残存原因を解明し、洗浄条件の改良を進めた。

②バイオ心筋の機能向上技術の開発

積層化細胞シートへの血管網の構築については、制御機構を有する維持培養装置を組み込んだ還流型バイオリクターを試作し、生体組織および生分解性ハイドロゲルを用いた血管床を用いたバイオ血管床内還流条件を検討し、バイオ心筋に応用できるパラメータを確立した。バイオ心筋への血管網付与・促進を可能とする組織工学的手法を確立

することを目的として、組織内に形成された血管様構造への還流を実現する技術を確立した。

積層化細胞シートの製造技術の開発においては、バイオ心筋評価技術を取り入れた製造工程確立を目的とし、工程管理に適した温度応答性培養表面を得るための新たな加工技術の確立や、これらを用いた積層化技術の検討を小型自動積層化装置で進め、従来より複雑な積層化技術を確立した。また、バイオ心筋の比較検討のために複数の施設で動物への移植試験を実施する上で必要なプロトコルの確立を検討し、多施設での動物実験ができるレベルの文書を作成した。

③バイオ心筋の評価技術の開発

バイオ心筋の評価技術の開発においては、バイオ心筋の機能評価に必要な評価項目のうち、細胞純度測定技術、サイトカイン分泌能評価技術、及び力学的応答特性評価技術の開発を行った。具体的には、細胞シート培養時における測定項目を選択、全施設で測定情報を共有するとともに、選択した測定項目より重層化細胞シートのサイトカイン分泌能を評価できる技術を検討した結果、評価技術完成の見込みを得た。細胞純度測定技術として積層化細胞シートの相関比較検討を開始できる基礎技術を確立し、収縮・弛緩などの力学的機能の評価技術、電気生理学的特性評価技術も検討し、これら複数のパラメータを設定することが、より効果的な心筋シートを選択する上で重要であることを確認した。また、増殖可能細胞に対する核染色にて、細胞シート内の増殖可能細胞の密度ならびに空間的分布を評価できることを示し、重層化細胞シートの立体解析技術として筋芽細胞シート内の血管内皮細胞分布評価に対する基礎技術を構築した。

平成21年度においては、以下を実施した。

心筋再生シートによる心筋再生治療の早期実現と迅速な普及を目的に、大阪大学医学部附属病院未来医療センターセンター長澤芳樹氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

なお、プロジェクトの最終年度である今年度は、個々の開発成果を踏まえた総括的な評価を行った。①細胞源・増殖因子の探索について、大動物を用いたバイオ心筋による心機能改善効果を確認した。②バイオ心筋の機能向上技術開発について、*in vitro*で1週間以上を維持可能な組織を実現し、また、*in vivo*で5mm以上の厚さを可能とする組織を実現した。③評価技術開発に対しては、形態計測による立体的評価技術と、流動性を指標とした機能評価技術を開発した。それぞれの開発項目における最終目標を達成した。

これらの結果、血管網を有し、心筋組織の欠損部を補てんするための十分な強度と機能を持つ心筋再生組織を作製する基盤技術を確立でき、心筋組織再生における最大の課題に目処が立ったといえる。事業終了後、実用化に対して、心疾患に対する他の再生医療技術等との比較した上で、臨床応用へのステップを検討する。

①細胞源・増殖因子の探索

骨格筋内幹細胞の単離条件を検討し、多分化能について細胞分画で異なることを明らかにした。さらに、マウス梗塞部への移植をし、心機能改善効果を確認した。脂肪由来間葉系細胞については、*in vivo*で心筋細胞への分化を確認し、内皮細胞を混合することにより、細胞生着・心機能改善効果の増強技術を開発した。また、大動物での単離・培養系の確立を行うとともに、ヒト脂肪由来間葉系幹細胞の免疫抑制心筋梗塞ブタに移植し、その心機能改善効果が認められた。

分化・増殖技術では、分化・増殖因子（IGFBP-4）を用いて間葉系幹細胞に対する心筋細胞分化誘導能を確認した。また、材質や3次元構造を最適化したハニカム構造フィルムを用いた細胞源の増殖・分化制御の可能性を検討した結果、特定の孔径で間葉系幹細胞の増殖を有意に増加させることが分かった。臨床応用のための安全性評価技術の開発として、細胞シート、バイオ心筋に対するゲノムレベルでの変異を生じないヒト細胞の安全性確認技術と、作製したバイオ心筋洗浄方法を確立した。

②バイオ心筋の機能向上技術の開発

培養積層化細胞シート内血管網新生促進に向けた培養条件の最適化を行った。生体を模倣した血管床模擬デバイスに積層化細胞シートを繰り返し移植することで生体外でのスケールアップを可能とした。また、バイオ心筋の移植試験を行い最適な動物実験モデルの作製と移植方法を確立した。さらに、バイオ心筋への血管網付与を可能とする組織工学的手法により、生体外で1週以上維持可能な血管網を有する心筋細胞からなる組織体を開発した。細胞シートと大網組織との組み合わせにより厚さ5mm以上で、左室駆出率（EF）5%改善を可能とする組織体を作製した。

③バイオ心筋の評価技術の開発

筋芽細胞の純度とサイトカイン分泌能に相関関係が認められることを確認した。さらに、バイオ心筋の立体的評価指標として適用可能な、血管内皮細胞による血管ネットワーク形成の定量的評価が可能なシステムを構築した。

《4》三次元複合臓器構造体研究開発 [平成18年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

形態的にも機能的にも生体に類似した三次元複合臓器構造体の医療導入の促進を目的に、東京大学医学部附属病院ライッシュ・エンジニアリング部長 高戸 毅氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

1) 三次元複合臓器構造体の対象となる臓器に関する研究開発

①運動器

膝関節部を想定した荷重部の骨および軟骨や軟骨下骨を含む関節に対応する再生エレメントを試作した。また、それらを複合化するための培養容器である造形モールドを試作し、骨の複雑な形状や軟骨の生理的曲面を忠実に再現する検討を行った。また、これら構造体へ血管網誘導技術、血流システムを適用するための実験を行った。これらにより大動物へ移植する複合臓器構造体の製造技術確立に目処をつけた。

②体表臓器

顔面凹凸部を想定した形態、皮下構造が複雑な体表臓器の再建・再生のため、DANCE蛋白の含有ならびに弾性線維や脂肪、皮脂腺等の付属器などの複合組織含有三次元体表臓器構造体の製造を目指し、開発・評価を行った。特に弾性線維再生のためには、基材や化学的性質について最適条件を検討し、その仕様決定、製造を行った。また、皮膚幹細胞から付属器への分化誘導条件の検討を引き続き行い、これらの細胞を含有した再生エレメントの仕様を検討した。さらに、これら構造体へ血管網誘導技術、血流システムを適用するための実験を行った。これらにより実験動物へ移植する複合臓器構造体の製造技術確立に目処をつけた。

2) 三次元複合臓器構造体を実現するための要素技術開発

①自己組織化機能を有する素材であるとともに、プロセス制御のための情報ネットワークあるいは自律系機能体を構築できる新規材料の開発

開発した複合化技術、多孔質構造の制御技術を用いて、高強度で多孔質構造を精密に制御した複合多孔質材料を作製した。生体外での細胞培養実験および動物実験により、多孔質材料の機能を評価し、骨、軟骨、皮膚組織に対応する再生エレメントを構成する材料の作製条件を最適化した。

②複合形成により高度化、集積化が可能な再生エレメントの設計、製造、製造支援にかかわる技術全般およびその製造装置技術の確立

細胞の集合体形成に関わるエレメントを設計し、材料との複合化、高度化及び集積化に必要な条件・環境の設定を行った。材料表面のパターニングによってスフェロイドアレイが作製可能であることを検証し、軟骨細胞スフェロイドが安定維持できる細胞培養条件・環境特性、材料特性の分析、最適化を行った。さらにスフェロイドの集積化に関わる材料設計を行い、その機能及び組織形成の評価によって、最適材料作製条件により軟骨再生エレメントの集積化を確認した。

③三次元臓器造形、血管化を含む再生組織の複合組織構築技術などにより多細胞、多因子、大体積、高次元構造を実現する複合化技術の確立

開発した再生エレメント構築技術を用いて、集積化技術の開発を進めた。具体的には軟骨組織エレメントを用いて、膝関節CT画像から抽出した軟骨組織と同等の3次元形状を有する培養モールドあるいは、軟骨下骨に相当する骨ブラットホームを製造した。これらにより、生体（関節）をシミュレートした臓器構造体の設計を行い、三次元複合化のための素材技術ならびに培養技術を開発した。

④再生組織への栄養血管網誘導技術の開発

平成19年度までに開発した血管新生誘導材料を骨・軟骨再生エレメントやその周囲に複合的に適用することにより、ホスト血管と連結した血管網をもつ再生組織の構築を進めた。In vivo動物実験を繰り返すことにより、データの蓄積を行った。

⑤作製過程あるいは移植後生体内での変化を連続的にモニタリングできるプロセス評価を実現する非侵襲・低侵襲的評価法の確立

骨軟骨および血管の再生を評価できる非侵襲計測法を確立した。その計測法を取り入れた装置を作製し、評価した。また、組織作製過程でのin situ計測法を検討し、その技術性能を評価を行った。軟骨を構成する組織要素の基礎的評価、および再生過程から移植後の臨床的評価までが可能な三次元超音波イメージングの開発を行った。また、皮膚および臓器の血流評価について、標的コントラスト剤の使用によるイメージングを行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

形態的にも機能的にも生体に類似した三次元複合臓器構造体の医療導入の促進を目的に、東京大学医学部附属病院ティッシュ・エンジニアリング部 部長 高戸 毅氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、プロジェクトの最終年度である今年度は、個々の開発成果の総括的な評価を行った。その結果、運動器、体表臓器について本事業の目標としたサイズの動物に移植可能な臓器作製を行った。本事業で最終目標である生理的な機能を再現する複合組織構造、自己組織化促進については、本事業期間内には目標達成できなかった。本事業で作製した生理機能をもたない大容量の移植可能な臓器について実用化が期待できる。

①三次元複合臓器構造体の対象となる臓器に関する研究開発

(1) 運動器

荷重部の骨及び軟骨や軟骨下骨に対応する再生エレメントの大量製造を実施し、それらを複合化するための培養技術をもとに、大容量で荷重にも耐えうる運動器複合臓器構造体を作製し、四肢骨、膝関節などを例として、骨、関節の構造体をそれぞれ実現した。さらに作製した複合臓器構造体をイヌなどの実験動物へと移植し、骨や軟骨の再生・再建を組織学的、生化学的、力学的に評価し、生体の骨に匹敵する特性を確認し、骨や、関節に移植可能な臓器を作出したことを確認した。

(2) 体表臓器

形態、皮下構造が複雑な体表臓器の再建・再生のため、DANCE蛋白の含有及び弾性線維や脂肪、付属器などを複合できる三次元体表臓器構造体を作製した。皮膚複合構造体に(1)で作製した軟骨構造体を複合化させた。これらの複合体においては、実験動物に移植し、実証実験を行い、皮膚ならびに軟骨の再生を組織学的、生化学的または力学的に確認した。さらに、皮膚幹細胞から付属器への分化誘導条件については、多くの種類の細胞に、より効率的に分化誘導可能な培養条件を確定し、神経、上皮、骨、脂肪および脂腺、毛包などに分化可能な皮膚真皮由来幹細胞を含有した次世代再生エレメントも開発した。これらをもとに、顔面凹凸部に移植可能な臓器構造体を作製した。

②三次元複合臓器構造体を実現するための要素技術開発

(1) 自己組織化機能を有する素材であるとともに、プロセス制御のための情報ネットワークあるいは自律系機能体を構築できる新規材料の開発

- 複合化技術、多孔質構造の制御技術を用いて、軟骨下骨に相当する高強度で多孔質構造を精密に制御した複合多孔質材料を作製し、生体外での細胞培養実験及び動物実験により、多孔質材料の機能を評価した。また、最適化を行ったエレメント結合材料を用いて複合臓器構造体を作製した。
- (2) 複合形成により高度化、集積化が可能な再生エレメントの設計、製造、製造支援にかかわる技術全般及びその製造装置技術の確立
- 細胞の集合体形成に関わるエレメント技術を確認し、軟骨細胞を用いて、移植可能なスフェロイドアレイ集積体を作製した。この集積化スフェロイドアレイをまたはその製造技術を上記①の研究開発担当部署に提供した。
- (3) 三次元臓器造形、再生組織の複合組織構築技術などにより多細胞、多因子、大体積、高次元構造を実現する複合化技術の確立
- 3次元造形技術を導入して培養モールドを作製し、軟骨組織エレメントをX-CT画像から抽出した軟骨組織と同等の3次元形状を有する軟骨組織に再構築した。さらに、生体をシミュレートした臓器構造体複合化を行い、運動器複合臓器構造体を作製し、構造体及び技術を上記①の研究開発担当部署に提供した。
- (4) 再生組織への栄養血管網誘導技術の開発
- FGF添加ゲルを骨や軟骨の周囲に配置することにより、ホスト血管と連結した血管網をもつ再生組織の構築技術を確認した。マウスに移植し、1ヶ月後でも、形態を保持することを確認した。これらの技術を用いて複合臓器構造体を作製し、動物実験における実証実験を終えた。
- (5) 作製過程あるいは移植後生体内での変化を連続的にモニタリングできるプロセス評価を実現する非侵襲・低侵襲的評価法の確立
- 動物に移植した複合臓器構造体を検証した。また、組織作製過程を*in situ*計測法で評価した。軟骨を構成する組織要素の基礎的評価が可能な超音波インピーダンス計測法及び再生過程から移植後の臨床的評価まで可能な三次元超音波イメージング法の開発を行い、週齢による音速の変化を確認した。また、微小血管の直接可視化により、皮膚及び再生臓器の血管床の評価を行った。

《5》 深部治療に対応した次世代DDS型治療システムの研究開発 [平成19年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

薬剤等をがん細胞のみにピンポイントに輸送する薬物送達システム(DDS)と人体の深部まで届く様々な外部エネルギーを組み合わせ、治療の効果及び効率を飛躍的に高める新たながん治療を可能とする「次世代DDS型悪性腫瘍治療システム」の開発を目的に、京都大学大学院薬学系研究科教授 橋田 充氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

1) 革新的DDSと光ファイバー技術を融合した光線力学治療PDTシステム

① 光増感剤を内包した腫瘍特異的DDS製剤の開発

(a) 一重項酸素産生効率に優れた光増感剤の開発

組織浸透性に優れた長波長光(680nm)での励起が可能な dendritic porphyrin (DPc) を合成し、高分子ミセルに内包させた状態での一重項酸素産生効率をレーザー光(685nm)照射下での酸素消費速度および酸素消費量の測定によって評価した。その結果、DPc単独の場合は、高い酸素消費速度を示したが、光照射によるDPcの退光が確認された。一方、DPc内包ミセルは、ミセル内核におけるDPcの濃度消光のためにDPc単独より低い酸素消費速度を示したが、ミセル化によってDPcの退光が抑制され、結果としてDPc単独よりも大きな酸素消費量を示した。

(b) 光増感剤を内包する血中長期滞留型・がん細胞に対する標的指向機能を搭載したDDSの開発

ブロック共重合体 PEG-PLL-IM を合成しジスルフィド(SS)架橋によりDPc内包ミセルを構築した。SS架橋はミセル構造を安定化する一方で、DPcの光毒性を顕著に高める(培養がん細胞に対して非架橋型ミセルの100倍)ことを明らかにした。また、疎水性分子、がん組織に特異的なリガンド分子を導入した異なるキャリアの合成も行った。さらに、SS架橋の導入によってDPc内包ミセルの血中滞留性が有意に向上され、肝臓への集積が低減される一方で、腫瘍に対しての集積性が向上することを、蛍光色素を導入したミセルの血中滞留性の評価および組織切片の蛍光顕微鏡観察により確認した。また、ラット膀胱がん細胞のマウス皮下移植モデルに対するPDT実験において、DPc内包ミセルは皮膚に対する光傷害を惹起することなく優れた制がん活性を示すことを確認した。

② 患部に対する効果的な光照射を可能にする照射システムの開発

膀胱内腫瘍の分布や浸潤程度に即して使用できるよう、全周囲方向照射型(最大外径0.66mm、先端チップ長5.0mm)、広角照射型(最大外径1.05mm、先端チップ長5.0mm)の2種類の光分散プローブの試作を完了し、膀胱内壁全体の50-80%の領域に光照射することができることを確認した。また、微小腫瘍検知のため、最大外径0.8mmでありながら画素数15000を有した極細径内視鏡を試作完了し、50μmの空間分解能で観察できるイメージングシステムを構築した。

③ 難治性がんに対するPDT(光線力学療法)の開発と化学療法及び免疫療法を融合した治療システムの開発

ラットの正所性膀胱がんモデルを作成し、蛍光標識DPc内包ミセルのがん組織選択的集積を細径内視鏡によって確認した。さらに、超音波イメージングによって、プローブの位置を確認しながら、膀胱内壁に均質に光を照射

する方法を確立した。一方、PDTと化学療法との併用に関しては、マウス大腸がん細胞の皮下移植モデルに対して、制がん剤カンプトテシンを内包した高分子ミセルとDPc内包ミセルを全身投与し、固形がんに対して光照射を行ったところ、相乗効果によってそれぞれの単独治療よりも優れた治療効果を確認することができた。さらに、DPc内包ミセルによるPDTを行った後の免疫応答の解析を行ったところ、がん組織内におけるCD8陽性T細胞、NK細胞、樹状細胞(DC)の数が増加することが確認され、脾細胞によるインターフェロン γ の産生が認められたが、がん細胞による抗原刺激に特異的な免疫応答は見られなかった。

2) 相変化ナノ液滴を用いる超音波診断・治療統合システム

①造影・増感作用を有するマイクロバブルの液体前駆体(相変化ナノ液滴)の開発

相変化能を有するパーフルオロカーボン液滴の開発について、PEG化リン脂質を用いる液滴調製技術確立、構造最適化の検討を行い、粒径: 400nm以下、PFC内包率50%以上の液滴調製技術を確立した。

②上記液体前駆体の活性化用超音波照射方法及び診断用プローブの開発

(a) 相変化用超音波シーケンス開発

相変化部位特異的な可視化手法の検討を行い、従来フレーム間で行っていた差分による相変化領域の可視化をラスタ間での差分に変更した高速差分法を開発し、アクリルアミドゲルを母材とするファントム実験において効果を検証した。

(b) 相変化用超音波照射システムの開発

従来構造に比べ最大波数が倍以上に上昇することを確認した。さらに、この結果に基づき水冷式構造を設計・試作し評価を開始した。

(c) 相変化用超音波および照射システムの中・大動物による効果検証

3種の腫瘍を用いて、相変化ナノ液滴投与後に超音波パルスを照射することで相変化が生じマイクロバブルが画像上確認できることを検証した。

(d) 相変化用超音波及び照射システムの小動物による安全性の検証

腫瘍内及び多臓器における相変化部と非相変化部との組織変化の、病理組織学的及び超音波診断画像上での検証を行うためのスコアリングシステムを開発した。さらに、本システムを活用しラットを用いた系において相変化の典型的超音波条件における組織障害の程度を検証した。その結果重篤な組織障害が生じていないことを確認した。

③相変化ナノ液滴と診断用プローブを組み合わせて用いる治療用照射装置の開発

(a) マイクロバブルの存在部位を対象とする治療用超音波照射シーケンス

高周波(2MHz以上)超音波と相変化ナノ液滴との組み合わせにより腫瘍組織温度上昇の促進が2.5倍程度に加速されることを検証した。

(b) マイクロバブルの存在部位を対象とする治療用超音波照射装置

相変化生成と治療効果生成をひとつの超音波発生源で行うための検討を行い、数波の単パルスを生成しかつHIFU領域の高強度CW超音波を生成可能な超音波トランスデューサの設計・試作を行い超音波治療用の要求に耐えられる物となったことを確認した。

(c) 治療用超音波及び照射システムの中・大動物による治療効果検証

中・大動物を用いた検討を行うにあたり水槽に依存しない実験系の検討を行った。うさぎを用いて基礎検討を開始した。

(d) 治療用超音波及び照射システムの小動物による安全性の検証

マウスに超音波照射した後の病理標本の検討により、相変化により生成したマイクロバブルを用いた治療効果が局所的に生じていることを確認した。

④多機能化相変化ナノ液滴(長時間滞留、複メカニズムによる治療)の開発

(a) ゼラチン誘導体を用いるナノ液滴の体内動態制御用キャリア

ゼラチンへ疎水性残基を化学導入したゼラチン誘導体を用いて、パーフルオロカーボンを高圧乳化した表面修飾ナノ液滴を作製した。得られたゼラチン誘導体修飾ナノ液滴のサイズは約200nmであり、超音波照射により表面修飾ナノ液滴は相変化した。

(b) 合成高分子を用いるナノ液滴の体内動態制御用キャリア

液晶性高分子およびフッ化アルキル高分子を用いるキャリアの検討を行った。検討の結果、液晶性高分子PEG₅-PLC₁₁/C₉COOHに対するPFC₅の封入量は、他の高分子と比較して低い値を示した。これに対して、PEG₅-P(Asp(C₇H₆F₉)₁₄)₂₂, F10%(疎水部を形成するアスパラギン酸にフッ化アルキルを10%エステル化した高分子)は高いPFC₅封入率を示すことがわかった。この値は、目標と掲げたPFC封入率20%をはるかに超えており、F10%が非常に良いPFC封入用高分子であることが確認された。この結果を踏まえ、フッ化アルキル化ポリマーを用いたPFCキャリアシステムの開発を実施した。

(c) トランスフェリン修飾バブルリポソームの開発

超音波造影、加熱作用、音響化学療法の作用を有する「PFCナノ液滴とドキソルビシンを内封したサイズが200nm以下のトランスフェリン修飾バブルリポソーム」の調製法を開発した。新規に開発したガラスフィルターHydration法によるPFC液滴ミセルのリポソームへの封入効率は70%を得た。集束超音波プローブを用いて、液滴のガス化による造影、キャビテーションに伴う20度前後の温度上昇と腫瘍組織の固化、その時ドキソルビシンから生じる一重項酸素をそれぞれ検出し、本バブルリポソームが当初想定した機能性を有していることを確認した。担がんマウスに対して、本バブルリポソームを腫瘍部位局所に投与して超音波照射による効果を観察したところ、腫瘍組織の固化と壊死が見られ、in vivoでも

機能していることを確認した。

平成21年度においては、以下を実施した。

治療の効果及び効率を飛躍的に高める新たながん治療を可能とする「次世代DDS型悪性腫瘍治療システム」の開発を目的に、京都大学大学院薬学系研究科教授 橋田 充氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、プロジェクトの最終年度である今年度は、開発成果の実用化の見込み等についても総括的な評価を行った。事業終了後、製品化に向けて引き続き開発を進める。

①革新的DDSと光ファイバー技術を融合した光線力学治療（PDT）システム

(1) 光増感剤を内包した腫瘍特異的DDS製剤の開発

(ア) 血中滞留性に優れたDPc内包高分子ミセルの構築

DDSとして、 dendroliマーマフタロシアンニン（DPc）を内包した高分子ミセルを開発し、酸素消費効率の向上、血中滞留期間の長期化、がん組織への集積性の向上、制がん活性の増強を確認した。現在臨床応用されているフォトフリンやレザフィリンと比較し、優れた制がん活性・皮膚等の正常組織に対する光毒性も示さないことを明らかにした。

(イ) DPc内包高分子ミセルの製造プロセスの構築

凍結乾燥製剤が3ヶ月以上の保存安定性を持つDPc内包ミセルの大量調製法と凍結乾燥法を確立した。

(2) 患部に対する効果的な光照射を可能にする照射システムの開発

(ア) 光分散プローブの設計と開発

光照射システムとして、膀胱内腔に均質光を照射するための広角型と拡散型のレーザーファイバークラウドを開発した。広角型ファイバーを用いて膀胱内光照射を行ったところ、膀胱内内臓表面積の80%以上に光が照射されていることを確認した。また、超音波イメージングシステムを利用することによって膀胱内における光ファイバークラウドの位置を精密に制御する方法を確立した。

さらに、膀胱内の微小がんを蛍光イメージングによって検出すると同時に光照射によってがん組織を治療することができるシステムとして、蛍光イメージング用細径内視鏡に治療用光照射ファイバークラウドを挿入した診断-治療一体型光照射システムを構築した。

(3) 難治性がんに対する光線力学療法システムの開発

(ア) 疾患モデルを用いた固形がんのPDTシステムの開発

ラット正所性膀胱がんモデルの作製を行い、上記の(1)(2)で開発を行ったDPc内包ミセルと光照射システムの組み合わせによるPDTの有効性の検証を行った。

膀胱がんモデルにおいて、既存の光増感剤によるPDTと比較してDPc内包ミセルによるPDTは膀胱萎縮を惹起することなく有意な制がん活性を示した。また、DPc内包ミセルによるPDTでは膀胱コンプライアンス低下がないことを確認した。さらに、小動物を使用した毒性評価ならびに大動物（イヌ）を使用したPDTの操作性および安全性評価を実施し、本システムの高い安全性を確認した。

(イ) PDTと化学療法を融合した革新的がん治療システムの開発

PDTと化学療法の融合治療に関しては、固形がんモデルに対して単独治療よりも有意に優れた制がん活性を確認した。また、PDTと免疫療法の融合治療に関しては、皮下腫瘍に対するPDT後の免疫応用を解析したところ、PDTを受けた動物で免疫系が活性化されていることが明らかになった。

②相変化ナノ液滴を用いる超音波診断・治療統合システム

(1) 造影・増感作用を有するマイクロバブルの液体前駆体の開発

(ア) 相変化能を有するパーフルオロカーボン液滴の開発

液滴組成に関し、内包物および外殻の最適化を行い、薬剤の最終プロトとして開発した。前臨床相当試験を行い、ラットにおける安全性に関して、薬効の認められる濃度の約10倍の濃度まで毒性が見られないことを確認した。

(2) 上記液体前駆体の活性化用超音波照射方法及び診断用プローブの開発

(ア) 相変化用超音波シーケンス開発

治療目的組織に分布させたナノ液滴をパルス超音波照射によって相変化させてマイクロバブルを発生させ、連続波照射によって高効率加熱するために必要な超音波照射シーケンスを開発した。開発したシーケンスの有効性は、(3)(イ)のように、相変化ナノ液滴入り超音波加熱凝固能評価ゲルとex vivoファントムを用いた実験により確認した。

(イ) 相変化用超音波照射システムの開発

市販の超音波探触子をベースに、相変化を行うための機能として長バースト波（100波）の送波とそれに付随して生じる熱の放出対策を施した試作プローブを作成し、評価を完了した。

(ウ) 相変化用超音波及び照射システムの中・大動物による効果検証

ウサギなどの中動物及びイヌなどの大動物にて相変化効果を確認した。

(エ) 相変化用超音波及び照射システムの小動物による安全性の検証

小動物用超高分解能超音波診断装置でラット正常肝における相変化状態を確認し、同部位の組織像を病理組織学的に評価した。肝組織傷害の重症度を、可逆的変性を呈する軽度のものから不可逆的変性を呈する重度変性の新たな新分類法を作成し、組織傷害の評価基準を提示した。更に、免疫化学的検討において、熱などのストレスにより生じるhspファミリーの発現が組織傷害に伴って増加することを見出した。

日立製、kast製、京大製の3種の相変化型ナノ液滴およびソナゾイドを静脈内単回投与した際の副作用を調べた。これらの結果から、相変化型ナノ液滴の実用化に向けては、呼吸・循環への影響と一過性神経障害、

- 中性脂肪の上昇などについての評価の重要性を確認した。
- (3) 相変化ナノ液滴と診断用プローブを組み合わせて用いる治療用照射装置の開発
- (ア) マイクロバブルの存在部位を対象とする治療用超音波照射シーケンス
相変化用パルスと治療用パルスとを一連のものとして連続的に照射する相変化・治療一体型シーケンスを開発し、従来よりも約1桁低い強度での治療効果を確認した。
- (イ) マイクロバブルの存在部位を対象とする治療用超音波照射装置
ナノ液滴が相変化して生ずるマイクロバブルを高感度検出して画像上表示できる超音波プローブと超音波診断装置を用いて超音波イメージング装置を開発した。組織深達性を確保しながら、高効率加熱するのに適した治療用超音波周波数の検討を行い、治療用超音波照射装置プロトタイプを開発した。また、アレイ型超音波トランスデューサを構成する各素子をそれぞれ独立に駆動できる回路を開発した。
- (ウ) 治療用超音波及び照射システムの中・大動物による治療効果検証
ウサギおよびイヌを用いた正常臓器（腎臓）への治療用超音波照射を行い、照射方法の条件を確立した。
- (エ) 治療用超音波及び照射システムの小動物による安全性の検証
ラット正常肝に治療用超音波を照射して、組織傷害を組織学的および免疫化学的に評価した。焦点を中心に不可逆的変化（有効範囲）が認められ、その周囲に可逆的変化（安全範囲）が認められた。
- (4) 多機能化相変化ナノ液滴（長時間滞留、複メカニズムによる治療）の開発
- (ア) ゼラチン誘導体を用いるナノ液滴の体内動態制御用キャリア
- i) 保存安定性向上のためのゼラチン誘導体の作製と評価
ゼラチン-疎水性残基を化学導入した種々のゼラチン誘導体を作製した。得られたゼラチン誘導体とパーフルオロペンタン（PFC5）・パーフルオロヘキサン（PFC6）を乳化することにより、ゼラチン誘導体により表面修飾されたナノ液滴を得た。生理的条件下で液体から気体へと相変化するPFC5を添加した表面修飾ナノ液滴の超音波による相変化能を調べた結果、これまでのリン脂質を用いたナノ液滴とほぼ同等の相変化能を有することを確認した。
- ii) 血中半減期延長のためのゼラチン誘導体の作製と評価
PFC5を添加した表面修飾ナノ液滴を、37℃、水中、開放系の条件で静置した時の温度安定性を調べた結果、残存半減期で、4時間以上の成果を得た。血液中に最も多く存在するタンパク質であるアルブミン水溶液中で、ナノ液滴の温度安定性を確認し、水中と比較して温度安定性が低くなることが判明した。
- (イ) 合成高分子を用いるナノ液滴の体内動態制御用キャリア
- i) 液晶性合成高分子を用いるナノ液滴の体内動態制御用キャリアの作製
フッ素含有高分子において、PFC5の封入率、含有量ともに最終目標を大きく越えるエマルションが平均粒径600nm程度で作製できた。またナノ液滴で問題であった保存安定性に対し、冷蔵保存を1ヶ月後もPFC5の含有量の変化がなく、製剤技術としての保存安定性の向上を確認した。
- ii) 合成高分子を用いたナノ液滴の物性測定・評価
キャリアをアクティブに制御するため液晶ジブロック高分子を用いて液晶ナノミセルを作製した。このナノミセルをモデルとして、偏光解消動的散乱測定により、ミセル内核における液体-液晶相転移の存在を確認した。
合成された新規フッ素高分子共重合体を用いて、沸点より高い温度において効率よく超音波を混合溶液に照射することで、200nm程度の微少なナノ液滴を作製するプロセスを確立した。また、ナノ液滴の物性を評価するため、温度可変の動的散乱装置を作製し、ナノ液滴の温度に依存したサイズ変化や発泡温度を精密に測定する手法を開発した。
- (ウ) トランスフェリン修飾バブルリポソームの開発
- i) バブルリポソームの調製法に対するGMP製剤に向けた規格化と長期保存化
- a) バブルリポソームのGMP製剤化の検討
PFCナノ液滴の封入効率を100%近くまで上げることに成功し、常に一定のPFC液滴が保持されるように調製手法を確立した。
- b) 長期保存法について検討
凍結乾燥法あるいは加圧下バイアル瓶保存法など実用的な保存方法について、冷蔵庫（4℃）保存で、半年まで可能であることを確認した。
- ii) 担がんマウスにおける、バブルリポソームの体内動態と腫瘍集積特性の評価及び抗腫瘍効果
- a) 各種担がんマウスを用いて、バブルリポソームの血中滞留性と腫瘍部位集積性の検討
リポソームの動態を、血液・腫瘍組織及び主要臓器中のドキシソルピシンとPFC濃度を定量して行った。バブルリポソームが少なくとも4時間以上PFC液滴を保持して血中滞留化し、トランスフェリンの効果により腫瘍組織に移行後長時間維持されることを確認した。
- b) 腫瘍部位の造影化の検討
腫瘍部位に向けて、相変化用超音波照射した時、液滴が相変化し気泡が生じ超音波造影できることを確認した。正常組織に対して10dB以上の輝度比の超音波画像を得られた。
- c) 抗腫瘍効果の検討
- b) で造影を確認したのち、治療用集束超音波照射して気泡のキャビテーションにより生じるホットスポットを熱電対プローブで測定し、局所的な高熱（60℃～80℃）による腫瘍組織の固化を得た。

《6》インテリジェント手術機器研究開発プロジェクト [平成20年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

a) 主要部位対象機器研究開発

脳神経外科、胸部外科及び消化器外科の領域において、医療従事者が扱いやすい診断・治療一体型の内視鏡手術支援機器であるインテリジェント手術機器の実現を図ることを目的に、九州大学大学院医学研究院教授 橋爪誠氏をプロジェクトリーダーとし、研究項目(3)を加えて以下の研究開発を実施した。

(1)「脳神経外科手術用インテリジェント手術機器研究開発」

脳神経外科手術用インテリジェント手術機器を開発するため、①力触覚計測技術、腫瘍検出技術等、リアルタイムセンシング技術の開発において、先端手術ツールと同等の形状を有するセンサプローブを開発し、②情報統合・呈示技術、手術ロボット基盤ソフトウェア、手術戦略ヘッドクォータ技術等、情報処理技術の開発において、3次元情報を取得・提示するシステムを試作し、動作検証を行い、③手術コクピット、多関節内視鏡統合処置具、精密操作機構、高機能マニピュレータ技術、臨床ツール技術等、マニピュレーション技術の開発において、力覚提示機能を有するマニピュレータの評価を完了し、④トレーニング技術の開発において、リアルタイムでの変形及び反力計算可能な脳モデルを再現した仮想手術環境の構築を完了し、⑤有用性評価においては、脳深部摘出腔内の残存部腫瘍摘出術を想定したシナリオおよび評価法を確定した。

(2)「胸部外科手術用インテリジェント手術機器研究開発」

胸部外科手術用インテリジェント手術機器を開発するため、①局所生理情報計測等リアルタイムセンシング技術の開発において、超音波センサや内視鏡手術環境下で使用可能な心電図計測システム等を開発し、②胸部外科用リアルタイム情報統合・呈示実装、胸部外科用ロボットソフトウェア実装等、情報処理技術の開発において、多節・半硬性機構および心拍動抑制機構を統合的に動作させる制御プログラムの仕様抽出と試作を完了し、③胸部外科用手術コクピット実装、多節・半硬性内視鏡統合機構、高機能マニピュレータ技術、臨床ツール技術等、マニピュレーション技術の開発において、多節・半硬性機構および心拍動抑制機構の操作に必要な動作範囲を検討し、手術コクピットの操作部のデザイン仕様を抽出し、操作部の設計・試作を完了し、④トレーニング技術の開発において、トレーニングシステムのハードウェア試作、シミュレーション用仮想現実空間構築要ソフトウェア等を開発し、⑤有用性評価において、心電用多点電極アレイのアプローチ方向、計測評価を行った。

(3) 消化器外科手術用インテリジェント手術機器研究開発

消化器外科手術用インテリジェント手術機器を開発するため、①内視鏡的超音波イメージングによるセンチネルリンパ節可視化及び転移検出技術、センチネルリンパ節可視化技術の評価等、リアルタイムセンシング技術の開発において、胃のセンチネルリンパ節をより効率よく高精度に長時間描出するために、ガス封入型超音波造影剤の組成、粒子径、そして封入ガス等について最適化等を図り、②消化器外科用リアルタイム情報統合・呈示実装、消化器外科用ロボットソフトウェア実装等、情報処理技術の開発において、超音波内視鏡に位置センサを搭載して、その画像から擬似的な三次元画像を構築するソフトウェアの構築等を行い、③消化器外科用手術コクピット実装、多節半硬性内視鏡統合機構、消化器外科用微細操作機構、超音波内視鏡・収束超音波装置、高機能マニピュレータ技術、臨床ツール技術等、マニピュレーション技術の開発において、手術コクピットにおけるデザインプロセスを検討し、本システムと整合させながら、内視鏡スコープ自体とロボットアームを担当する二人の術者が分担して協調作業をしやすい形態と機能(作業の対象となる部位を画面上で指示できるなどの機能)の試作等を行ない、④内視鏡型経口式手術システム・シミュレータ、内視鏡型経口式手術システム・トレーニングシステム等、トレーニング技術において、試作したシステムの機能を持ったシミュレータを構築し、試作機での動物実験と同等のシミュレーションを行った。

b) 研究連携型機器開発

胎児期に治療を行うための超高感度・高精細撮像素子を導入した内視鏡及び超高精細3D/4D超音波診断装置による新しい子宮内手術システムの開発を行うことを目的に、国立成育医療センター特殊診療部長 千葉敏雄氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

①FEA-HARP技術に基づく内視鏡システムの開発

(1) FEA-HARP検出器の開発と評価

FEA-HARP検出器の主要撮像特性評価技術を開発し、平成19年度に試作した検出器の主要撮像特性を評価した。また、画素数480×480(画素サイズ20μm×20μm)以上の駆動回路内蔵FEA素子の第二次試作を行うとともに、FEA-HARP検出器を大気中で組み立て、真空排気する技術を確立し、試作したFEA素子と項目(3)に記載のHARPターゲットとを組み合わせた検出器の第二次試作とその特性評価を完了した。さらに、FEA-HARP検出器の開発を加速し、実用化に向けた試作技術の確立を図った。

(2) 内視鏡とFEA-HARPカメラ接続ユニットの開発

FEA-HARP検出器からの出力を増幅し、信号処理するモノクロカメラシステムを設計、試作し、併せて、小型・軽量化を図った。また、平成19年度に実施したリレーンズ光学系の設計を基に、FEA-HARPモノクロカメラに内視鏡を接続するためのカメラ接続ユニット(以下、アダプタと言う)の試作を完了した。さらに、上記カメラシステムの小型・軽量化に伴い、内視鏡の細径化を加速して実現した。

(3) HARPターゲット設計・製作・評価技術の開発

平成19年度に試作したHARPターゲットの特性評価などを基に、9.6mm×9.6mmの有効画素エリア内で最大で約200倍の電荷増倍率を安定に得ることができ、かつ、有効画素エリア内の画像欠陥が3個以下のHARPターゲットの試作を完了し、項目(1)に記載のFEA-HARP検出器の試作に供した。

②超高精度3D/4D超音波診断装置の試作(同時8並列)

平成19年度に試作開始した装置を完成させた。この装置ではビームシミュレーション研究の成果を基に同時8並列受信を可能とし、超音波ビーム密度を2倍とすることにより、高画質な3D/4D超音波画像表示を実現した。

平成21年度においては、以下を実施した。

6.1 主要部位対象機器研究開発

脳神経外科、胸部外科及び消化器外科の領域において、医療従事者が扱いやすい診断・治療一体型の内視鏡手術支援機器であるインテリジェント手術機器の実現を図ることを目的に、九州大学大学院医学研究院教授 橋爪 誠氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また中間評価において、以下の通り中間目標を達成し、実用化に向けた提言等を計画に反映した。

①「脳神経外科手術用インテリジェント手術機器研究開発」

リアルタイムセンシング技術開発においては、触覚計測技術開発として、FBG(Fiber Bragg Grating)方式による多点計測が可能な力センサを開発し、先端部直径10mmの硬性内視鏡に装備した内視鏡統合処置具を試作し、中間目標である最小計測量が0.01N以下であることを確認した。情報処理技術開発では、高度な情報処理を行う高機能な画像処理WSとロボット操作者である術者に対する術野映像に加えて必要な情報のみを適切に呈示する術者用コンソール(ロボットコンソール)を分離して開発し、中間目標である術前断層画像情報と内視鏡画像を、2mm(統計的信頼区間5%)以下の誤差で統合できることを確認した。マニピュレーション技術開発では、先端マニピュレータを高精度に術野へ定位する位置決め装置(ベース部)を開発し、評価試験により位置決め精度0.1mm、剛性6.5Nmmを確認した。また、先端マニピュレータとしては、従来にないばねと剛体リンクを組み合わせたばねリンク機構を開発し、評価試験により高精度、高剛性(位置精度0.01mm、剛性30Nmm)を確認し、中間目標である動作誤差が、0.5mm(統計的信頼区間5%)以下を達成した。トレーニング技術開発では、コンテンツ開発として、医療機器ガイドライン「トレーニングシステム開発」WGと共同でトレーニングすべき事項の洗い出し、トレーニングコースの設計を実施すると共に、インフラ開発としては、脳外インテリジェント手術のVRシミュレータを作成し、脳モデルの変形と除去を実装した。

②「胸部外科手術用インテリジェント手術機器研究開発」

リアルタイムセンシング技術開発においては、内視鏡手術機器に搭載可能な世界最小最軽量の直径9mmで32ch心電用多点電極アレイを試作し、中間目標を達成した。また、in-vivo環境での評価により有用性を確認した。術具先端設置型超音波プローブの試作も完了した。情報処理技術開発では、術前断層画像情報と内視鏡位置情報とを統合したナビゲーションシステムを試作し、中間目標である2mm以下の誤差で統合できることを確認した。マニピュレーション技術開発では、中間目標である直径6mmかつ3自由度を有するマスタースレーブ型ロボット鉗子を開発し、ブタの冠状動脈バイパス手術を心臓が拍動した状態で実施した。また内径2mmの血管に針かけ操作が可能であることも確認した。トレーニング技術開発では、コンテンツ開発として、内視鏡下バイパス術のインテリジェント手術の要素動作を分類し、VRとリアルモデルの使い分けを決定すると共に、インフラ開発としては、3次元VRモデルを使った拍動下の内視鏡下心臓手術シミュレータ(世界初)と物理的操作が可能なリアル骨格・臓器モデルを開発した。

③「消化器外科手術用インテリジェント手術機器研究開発」

リアルタイムセンシング技術開発においては、超音波造影剤ソナゾイド®を用い、胃粘膜側から切開線より2cm大網側の投与基準点に最適量を粘膜下投与することによって、継続的(投与1分後から30分程度まで)にリンパ節を描出し、かつ最適投与点に薬剤を再投与することによって、2時間はリンパ節を同定することを可能とし、中間目標を達成した。情報処理技術開発では、臓器ファントムを用い、軟性内視鏡の先端部に磁気式磁気式三次元位置計測装置の6軸計測センサコイルを装着してレジストレーションを実施し、複数回術前断層画像情報との重ね合わせを行い、いずれも重ね合わせ誤差は2mm以下に収まることを確認し、中間目標を達成した。マニピュレーション技術開発では、直径15mmの半硬性内視鏡に埋入可能な収束超音波プローブを開発し、中間目標を達成した。さらに多節半硬性内視鏡の先端部に装着する左右のアームと牽引力制御式ワイヤ駆動機構を有する微細操作鉗子ならびにアームを駆動するワイヤ張力の触覚を推定、色彩変化で呈示することが可能な手術コックピットを試作し、有用性を確認した。トレーニング技術開発では、コンテンツ開発としてNOTESによる術式の訓練要素の抽出を行うと共に、インフラ開発として、NOTESのための患者個別モデルによるシミュレータボックスと2本の鉗子で胃内臓の剥離、切除が可能なNOTESシミュレータを試作した。

6.2 研究連携型機器開発

国立成育医療センター特殊診療部長 千葉 敏雄氏をプロジェクトリーダーとし、①FEA-HARP技術に基づく内視鏡システムの開発、②超高精度3D/4D超音波診断装置の試作(同時8並列)を実施し、共に最終目標を達成した。①については、実用化の目処が得られ、②については、実用化につなげることができた。

①FEA-HARP技術に基づく内視鏡システムの開発

(ア)FEA-HARP検出器の開発と評価

NHK放送技術研究所の研究成果を基にFEA素子を試作メーカーに発注して試作し、その素子を浜松ホトニクスへ供給しFEA-HARP検出器に組み上げ、完成した検出器を評価し、目標とする性能ならびに最終目標である「平均寿命500時間以上」を達成し、事業終了後も引き続き寿命評価を継続する。さらに、2/3インチ

型の小型化したものも試作することができ実用化により近づけることができた。

(イ) 内視鏡とFEA-HARPカメラ接続ユニットの開発

目標仕様を満たす接続ユニット(アダプタ)を完成させた。内視鏡本体についても外径4mm以下という目標に対し3mmのものも試作し評価の結果、実用上問題のない4mm内視鏡の試作に成功した。またPJ期間中の目標には無かった画像のカラー化についてモノクロカメラによるLED照明/フィールドシーケンシャル方式によるカラー化の実験・検証を行い、その可能性の確認ができた。これにより、画像のカラー化の早期実用化に向け大きく前進させることができた。

(ウ) HARPターゲット設計・製作・評価技術の開発

HARPターゲットの評価技術を確立し、開発目標である画像欠陥を実用上問題とならないレベルに対し、複数のサンプルについて有効エリア内において無欠陥を達成した。検出器の目標寿命500時間以上を確認すべく事業終了後も引き続き寿命評価を継続する。これにより、HARPターゲットの製作技術の実用化に向けての目処が得られた。

②超高精度3D/4D超音波診断装置の試作(同時8並列)

“2方向同時送信8方向同時受信”技術を考案し、その有効性をコンピュータシミュレーションで評価し、この技術を搭載した実験機を開発し、超音波ビーム形成本数が現行市販装置の2倍に出来ることを確認した。さらに、2倍の超音波ビーム形成能力を、ビーム密度向上に使用することにより、超音波3次元画像の空間分解が向上すること(空間分解能向上)ならびに、ビーム密度を市販装置と同等にすることにより、3次元画像のフレームレートが2倍となること(時間分解能向上)を確認した。目標を達成し、製品化仕様をまとめた。

なお、平成22年度以降は「がん超早期診断・治療機器の総合研究開発」に統合して実施した。

《7》福祉用具実用化開発推進事業 [平成5年度～]

[再掲: 1. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置

(1) 産業技術開発関連業務 (イ) 研究開発の実施 ii) 実用化・企業化促進事業 参照]

《8》がん超早期診断・治療機器の総合研究開発 [平成22年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

がんに対する最適な治療方針の選択、治療効果の飛躍的な改善に資する早期診断・低侵襲治療技術の実現を目的として、がん性状・位置等の情報を正確に得るための超早期高精度診断機器システムと、その情報に基づく低侵襲な治療の可能性を広げる超低侵襲治療機器システムを開発するため、公募により実施体制を構築し、山口大学名誉教授 加藤紘氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

①超早期高精度診断システムの研究開発

(1) 画像診断システムの研究開発

(ア) 高機能画像診断機器の研究開発

MRI磁場対応DOI-TOF検出器モジュールの開発に関する調査・検討を行い、基礎実験を行った。フレキシブルPET対応のデータ収集・処理系のシミュレーションを実施した。

(イ) がんの性状をとらえる分子プローブ等の研究開発

乳癌、前立腺癌、膵癌を対象とする分子プローブにつき、35種類以上の候補化合物を設計し合成を行った。このうち、がんの悪性度などにかかわる分子MT1MMP、HIF-1を標的とした分子プローブについては、*in vivo*評価を実施した。

(2) 病理画像等認識技術の研究開発

(ア) 病理画像等認識基礎技術の研究開発

(i) 定量的病理診断を可能とする病理画像認識技術

病理画像データ及び、診断情報、画像解析から得られた定量値で構成されるデータベースの構築を開始した。病理診断マーカーの発現と悪性度との相関を検討した。癌領域・非癌領域において、染色輝度値・核数分布等に差があることから、これらを計測するエンジンを開発した。

(ii) 1粒子蛍光ナノイメージングによる超高精度がん組織診断技術

高輝度・超耐光性を示す蛍光性ナノ粒子の目標仕様を確定した。

(イ) 病理画像等認識自動化システムの研究開発

前立腺癌・肝細胞癌の自動検出プログラムのプロトタイプを作製した。

(3) 血液中がん分子・遺伝子診断を実現するための技術・システムの研究開発

(ア) 血中がん分子・遺伝子診断のための基礎技術の研究開発

フローサイトメーターを用いた血中循環癌細胞(CTC)検出のために、肺癌及び乳癌細胞株で前処理プロトコルを検討した。試作装置のレーザービームサイズの縮小化によって蛍光信号の検出感度を従来の約3倍に向上させた。

(イ) 血中がん分子・遺伝子診断自動化システムの研究開発

(i) 血中循環がん細胞検出技術

CTCを微細孔に固定するための前処理プロトコルを検討し、磁性微粒子法では乳癌細胞株で90%以上、フィルター法では肺癌細胞株で80%以上の癌細胞捕捉率を確認した。微細孔形状を癌細胞径に合致させることで誘電泳動法により癌細胞を微細孔に固定でき、蛍光標識することにより癌細胞の検出率90%以上を達成した。

(ii) 血中がん遺伝子診断の検体処理自動化システム

CTCを検出するための前処理技術として密度勾配遠心分離による赤血球除去、細胞を1つずつ基板に埋め込むためのマイクロウェル技術による細胞整列を検討した。実験機では蛍光染色モデル細胞の信号やデバイスノイズの基礎評価を行った。RNA精製高速化のためのプロトコルを作成した。

②内視鏡下手術支援システムの研究開発

(1) 脳神経外科手術用インテリジェント手術機器研究開発

側方立体内視鏡、インテリジェント吸引管／バイポーラ、光ファイバーセンサ、φ2mm以下の磁気センサーの試作を行った。3Dスライサーをベースに内視鏡と術前画像の重量表示を評価した。

(2) 胸部外科手術用インテリジェント手術機器研究開発

半自動吻合器（かしめタイプ）の試作を完了。直径6mm先端4自由度の鉗子を試作し、マニピュレータの6自由度化を達成した。

(3) 消化器外科手術用インテリジェント手術機器研究開発

形状保持機構を有するNOTES用多節半硬性内視鏡、直径15mmの小型・追尾機能付超音波プローブ、牽引力制御式ワイヤ駆動機構を有する微細鉗子等の試作を行った。既承認造影剤ソナゾイド、及び新規開発バブルリポソームにより、リンパ節を可視化できることを確認した。

③高精度X線治療機器の研究開発

(1) 小型高出力X線ビーム発生装置の開発

加速管と電子銃の設計、ビームコントロールシステムの試作を行った。大電力マグネトロンを構成するコンポーネントを設計し、性能試験を実施した。

(2) 動体追跡が可能な高精度X線照射装置の開発

動体追跡装置の大面积FPD装置製作に着手し、小型FPD部分のシステム構築を開始した。動体追跡制御、ビームストッパーと治療装置との協調制御、X線発生制御のソフトの試作を検証し、リアルタイム位置情報検出システム及び体表監視機構を試作した。

(3) 治療計画作成支援技術の開発

フレームワーク仕様決定とデータ管理装置の基本設計を完了し、4次元治療計画用ソフトの開発に着手した。照射ビームの方向、強度を最適化したソフト、及び線量計算ソフトを試作した。

(4) 治療検証技術の研究開発

動体追跡ソフトへ組込むマルチゲーティングの機能と仕様を決定した。治療位置検証システムの開発に着手した。X線モニター及び治療用X線ビームモニターのリアルタイム線量測定システムの試作を開始し、検証システムのデータベース構造の仕様を策定した。

平成23年度においては、以下を実施した。

山口大学名誉教授 加藤 紘氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

①「超早期高精度診断システムの研究開発」

(1) 画像診断システムの研究開発

(ア) 高機能画像診断機器の研究開発

MRI磁場対応DOI-TOF検出器モジュールとしてSiPM素子配置の最適化を行い、モジュールを試作した。この計測・評価のために検出器評価システムを構築した。また、SiPM用フロントエンド回路の試作・評価を行った。

フレキシブルPET対応データ収集系は、さまざまな検出器配置に対応したフレキシブルな同時収集回路を設計・試作した。データ処理系は、部分リングPETに対応した逐次近似画像再構成ソフトウェアを試作し、シミュレーションデータによる評価を行った。

(イ) がんの性状をとらえる分子プローブ等の研究開発

乳がん、前立腺がん、膵がん、或いは肺がんを標的とする分子プローブにつき、85種類以上の候補化合物を設計・合成し、評価系を構築するとともにインビボ・インビトロ評価を行った。そのうち5つの受容体に対しては、インビボイメージングに高い有効性を期待できるプローブを見出した。光・電磁波・電解反応を利用した高速・高効率な標識合成法を検討し、各反応機構を実装する自動合成装置の試作を行った。

(2) 病理画像認識技術の研究開発

(ア) 病理画像等認識基礎技術の研究開発

(i) 定量的病理診断を可能とする病理画像認識技術

画像データと、診断情報、画像解析から得られた定量値で構成されるデータベースの蓄積を継続した。肝細胞がん悪性度マーカーとして、新たに分子Xの発現相関を検討した。また、画像の認識、特徴の数量化を可能とした。超早期がんを特徴付ける情報の選択と測定ツールを構築した。染色のばらつきを考慮した色・スペクトル処理技術を開発した。画像処理の劣化耐性を定量評価可能とした。

(ii) 1粒子蛍光ナノイメージングによる超高精度がん組織診断技術

蛍光性ナノ粒子について、汎用顕微鏡での目視確認できる高輝度化を実現した。また粒子表面構造の改良により非特異性を低減する技術を確立した。先行検証の症例数を37症例に拡大した。

(イ) 病理画像等認識自動化システムの研究開発

- (i) 定量的病理診断を可能とする病理画像解析システム
悪性度を認識するための特徴量の探索・比較検討を行った。肝細胞がんについては、全自動での特徴量抽出システムの構築を行い、本プロジェクトを市場展開するためのプロトタイプを構築した。
- (ii) 1粒子蛍光ナノイメージングによる超高精度がん組織診断システム
H E染色と蛍光タンパク発現量染色の同時染色の試作を開始した。また、同時染色の病理ワークフローの意義を検討した。
- (3) 血中がん分子・遺伝子診断を実現するための技術・システムの研究開発
 - (ア) 血中がん分子・遺伝子診断のための基礎技術の研究開発
フローサイトメーターを用いた血中循環癌細胞（CTC）検出のための前処理プロトコルと装置の改良を実施した。
 - (イ) 血中がん分子・遺伝子診断自動化システムの研究開発
 - (i) 血中循環がん細胞検出技術
血液前処置法として、操作が容易（自動検出に適した）なフィルター法を選択し、前処理条件の検討を行った。CTC検出全工程において乳がん細胞を1細胞単位で検出可能であることを確認した。試作機として、CTC検出全工程の自動化装置を製作し動作確認を完了した。
 - (ii) 血中がん遺伝子診断の検体処理自動化システム
CTC検出のための血液前処理方法を最適化し、染色プロトコルと併せて光学検出の基本条件を導出した。モデル細胞からマイクロアレイ品質のRNAが高速に精製できるプロトコルを確立。RNA精製と品質評価を一体化したシステムの試作に着手した。
- ②「超低侵襲治療機器システムの研究開発」
 - (1) 内視鏡下手術支援システムの研究開発（平成23年度まで）
 - (ア) 脳神経外科手術用インテリジェント手術機器研究開発
手術器具の機構については、挿入時に開口する脳回を1カ所程度にとどめることを実現した。高精度な力覚呈示付き鉗子を実現した。計測した情報、内視鏡画像、術前或いは術中の3次元断層画像等を統合する際の誤差を小さくし、非臨床評価試験により開発機器の有用性を確認した。
 - (イ) 胸部外科手術用インテリジェント手術機器研究開発
直径10mmの内視鏡、内視鏡下用超音波プローブ、心電用多点電極アレイ、力情報取得デバイス、吻合デバイス、さらにこれらを操作可能でかつ吻合操作が可能な鉗子、心臓や肺の裏側にもアプローチ可能な鉗子等を開発し、これらを統合制御可能なインテリジェント手術システムを開発した。また、シミュレーションによる習熟度訓練を目的として、臓器の応力変形や鉗子動作や手術時間等の記録、習熟度レベル判定、レビュー機能を有するVRシミュレータを開発した。非臨床評価試験により開発機器の有用性を確認した。
 - (ウ) 消化器外科手術用インテリジェント手術機器研究開発
NOTES手技用ロボットの技術について、収束超音波プローブ・3D軟性内視鏡・力覚デバイスなど、各種手術デバイスを自在に組み合わせることのできる機構、軟性的アプローチが可能で、脳神経外科領域を共用可能な力触覚情報の呈示機構を達成した。また、超音波画像を用いた照射予定部分の自動追尾機構も搭載した。非臨床評価試験により開発機器の有用性を確認した。
 - (2) 高精度X線治療機器の研究開発
 - (ア) 小型高出力X線ビーム発生装置の開発
試作した大電力小型加速管と電子銃が定格通りの性能を有していることを単体レベルで確認した。また、試作した大電力小型加速管と電子銃におけるビームコントロールシステムの改良及び超高速化を行った。
 - (イ) 動体追跡が可能な高精度X線照射装置の開発
リアルタイム位置情報検出と検出した治療部位の動きに追尾して照射するシステムを試作した。高精度X線照射装置を操作制御するコンソールの試作開発を行い、治療計画に基づいた動体追跡照射を含む一連の治療を行う操作機能を実装した。ロボット型治療に対しては、リアルタイムでシミュレータが動体追跡用X線をロボット型X線治療機が遮った時のロボット動作をシミュレートできることを確認した。
 - (ウ) 治療計画作成支援技術の開発
治療計画装置フレームワーク開発を継続し、DICOM-RTデータの読み込み、画像表示機能を完成させた。CT画像読み込みから線量計算までの一連の治療計画を実施できるまでの統合システムの構築を行った。4次元線量計算・評価ソフトウェアの基本機能を実装したプロトタイプを完成させ、4次元線量計算・評価モジュール単体の性能試験を開始した。ナロービーム顕微鏡手術的X線治療計算ソフトのプロトタイプを作成した。
 - (エ) 治療検証技術の研究開発
マルチプルゲーティングの機能を動体追跡ソフトウェアに組み込み確認した。また、治療位置検証システムの構築を進め、マーカーについて、ネットワーク経由で参照できるシステムを開発した。また、リアルタイム線量測定システム評価のための動体ファントムや、照射線量と座標位置の検出機構を試作した。透過型線量モニタシステムの開発を進めた。

平成24年度においては、以下を実施した。

NEDOプログラムマネジャー 山口大学名誉教授 加藤紘氏をプロジェクトリーダーとし、以下①、②の研究開発項目を実施した。

また、平成24年4月に実施した中間評価では、がんの早期診断／早期治療それぞれにイノベティブな技術開発を目指していることは高く評価でき、診療の場では、臨床検査、画像検査、病理検査が、がん診断の基盤を成しており、こ

れらをひとつのプロジェクトにまとめたことは意義深く、NEDO事業としてタイムリーかつ妥当である、さらに個々の研究開発課題は中間目標を概ね達成しており、特に事業化可能性の高いテーマに資源集中すべきという評価を得た。それら結果を受け、特に成果があり、推進すべきテーマと判断したものは、予算追加の措置を行い、研究を加速した。

研究開発項目① 超早期高精度診断システムの研究開発

(1) 画像診断システムの開発

(ア) 高性能画像診断機器の研究開発

原理検証機に対応しMRI 磁場対応DOI-TOF検出器モジュール、フレキシブルPET対応データ収集システムを開発し、MRI環境下での固有分解能と時間分解能を測定した。また、フレキシブルPET対応データ処理ソフトウェアを試作し、シミュレーションデータによる評価を行った。

(イ) がんの性状をとらえる分子プローブ等の研究開発

膵がん・前立腺がん・乳がん・低酸素を標的としたプローブの開発を進めるとともに、動物用インビボ放射線イメージング装置を用いて、それらの担がんマウスでのがんのインビボイメージングに成功した。さらに、標的-非標的組織比が低いプローブについては、その化学構造の最適化を目指して、分子の設計・合成を行い、それらの生体内動態、イメージングを行い、有効性の評価を行った。当初、平成25年度計画で実施予定であったインスリノーマ標的プローブ安全性試験については、前倒して実施した。さらに、院内臨床用合成装置の作製に着手した。

(2) 病理画像等認識技術の研究開発

(ア) 病理画像等認識基礎技術の研究開発

(i) 定量的病理診断を可能とする病理画像認識技術

肝組織標本の全スライド画像2,500以上を取得し、肝細胞がん診断アルゴリズムの評価、誤判別の原因検討を行った。画像認識技術では、細胞核特徴量に大域特徴量を加えることで、肝細胞がん識別性能を改善した。さらに、マルチフラクタル特徴量を用いたグレード分類アルゴリズム、肝細胞索の抽出技術、索の厚さ・層数等の組織構造を表す特徴の自動計測技術を開発し、がん分化度等との関係性を示した。また、H&E染色の色空間特徴に着目した新たな画像圧縮手法により約15%の圧縮率向上を達成した。色補正技術に関して、異なるWSIスキャナ間での補正に関して実験的に評価し、肝線維化定量の臨床的評価を開始した。また、核を含めた計測項目を使用して、臨床的悪性度の分析を開始した。

(ii) 1粒子蛍光ナノイメージングによる超高精度がん組織診断技術

(a) 超高輝度・超耐光性蛍光性ナノ粒子の研究開発

高輝度蛍光粒子の1次試作完成を受け、診断薬化に着手した。市販乳がん切片で染色性の検証を行い、粒子表面の改質検討を行った。

(b) がん病理組織ナノイメージング基礎技術の研究開発

臨床検体を用いて染色を開始した。さらに、他がんへの展開として、乳がんに加え、食道がんや肝細胞がんの病理組織染色に必要な要素検討を開始した。

(イ) 病理画像等認識自動化システムの研究開発

(i) 定量的病理診断を可能とする病理画像解析システム

核抽出のアルゴリズムの改造、取得する核特徴量の見直しを実施した。これにより中分化～低分化の肝細胞がんについては実用レベルの検出モジュールが完成した。高分化がんの検出について、検出できなかった画像を分析し、その対応法を検討し、再度テストを実施した。また、実用化を行うためテスト画像を増加させるため、追加のROI画像をライブラリ化した。

(ii) 1粒子蛍光ナノイメージングによる超高精度がん組織診断システム

(a) がん病理組織ナノイメージング実用化検討

病理検査現場で使用するハイエンド顕微鏡システムとローエンド顕微鏡システムで測定を行い、差異を検証した。測定される輝点数に差はなく、診断価値ある蛍光像が取得できる可能性を確認した。

(b) システム臨床価値検証

臨床価値検証に必要な画像処理に関する課題抽出と基礎的なモジュールの仕様策定を完了した。

(3) 血液中のがん分子・遺伝子診断を実現するための技術・システムの研究開発

(ア) 血中がん分子・遺伝子診断のための基礎技術の研究開発

血液の前処理プロトコルを構築し、疑似臨床サンプル、肺がん患者、乳がん、婦人科がんの臨床サンプルにおいて、CTCの計数法を確立した。

(イ) 血中がん分子・遺伝子診断自動化システムの研究開発

(i) 血中循環がん細胞検出技術

誘電泳動技術を活用し、CTCを基板上に形成した微細孔に1細胞ずつ固定し検出することで、サンプルの前処理からCTCの選別・カウントを自動で可能にする装置を開発した。前処理はフィルター法から密度勾配遠心法に変更し、前処理プロトコルを構築した。

(ii) 血中がん遺伝子診断の検体処理自動化システム

赤血球を分離する技術、全細胞を標本化する細胞整列技術、CTCの染色技術、細胞整列、染色、検出までを自動化する装置技術(プロト機I)の開発を実施した。

研究開発項目②超低侵襲治療機器の研究開発

(2) 高精度X線治療機器の研究開発

(ア) 小型高出力X線ビーム発生装置の開発

大電力小型加速管、小型電子銃、及び連続可変ナローX線ビーム発生装置を完成させ、小型X線ヘッドのプロ

トタイプを作製し、高精度X線照射装置の試作機に統合することにより、ナローX線ビームの実証実験を完了した。大線量対応大電力マグネトロンのプロトタイプを完成させ、高圧パルス発生装置と組み合わせて大電力での実証実験を実施。また、大電力マグネトロンと高周波回路を小型X線ヘッドの中に組み込み、小型高出力X線ビーム発生装置の検証試験を実施した。

(イ) 動体追跡が可能な高精度X線照射装置の開発

ハイブリッド型FPDの駆動機構の設計を完了した。座標計算精度、追跡精度の向上を図るとともに、インテリジェントシステムとのリアルタイム通信の動作試験を継続して行い、システムを統合化した。

高精度X線照射装置のプロトシステムを作成するとともにプロトシステムの動作確認、確認結果のフィードバック改良を実施した。また、ビームストップの方式を含むロボットの安全対策として、患者に対する保護機構の試作を実施した。

(ウ) 治療計画作成支援技術の開発

治療計画装置の統合システムの構築を継続して実施し、機能の動作試験を行った。4次元線量計算・評価モジュール単体の性能試験および精度向上のための改良を行った。また、治療計画装置の基盤的フレームワークに組み込んだ統合システムとしての動作確認及び性能検証を行った。

治療計画装置の基盤的フレームワークおよび4次元治療計画用補助技術と統合し、ナロービーム顕微鏡手術的X線治療計画機能を、高精度X線照射装置システムのプロトタイプを用いて評価・確認するとともに確認結果のフィードバック改良を行った。統合したX線治療計画ソフトのプロトタイプを利用して、放射線発生装置の駆動及び線量照射制御の実測検証を行った。

(エ) 治療検証技術の研究開発

マルチプルゲーティングを模擬した動体ファントム実験により、各ゲーティング位置における治療ビームの照射割合が計画時の割合と一致することを実験データから解析的に確認した。ビーム照射位置と計画位置の照合機能を実装し、ゲーティング信号が送信されたマーカー位置の存在密度を評価できることを確認した。治療ビームのリアルタイム測定（応答速度5msec内）とその信号を制御側にフィードバックさせるリアルタイム線量測定システムのプロトタイプシステムを実装し、実証実験を行った。また、このデータを基に治療計画との照合を行えるリアルタイム治療検証システムの実装および実証を行った。

治療計画検証システムのデータベースの構築を進め、実際に投与された線量分布及び線量体積ヒストグラムを解析し、治療計画と比較して線量の過不足を評価できるシステムを構築した。

(オ) 高精度X線治療システムの試作開発

(ア)～(エ)で作製した小型高出力X線ビーム発生装置を搭載した高精度X線照射装置、動体追跡（追尾）装置、治療計画装置、治療検証システムを統合し、治療計画に基づく高精度X線治療システムの試作機の製作・評価を実施した。

《9》がん細胞選択的な非侵襲治療機器の基盤技術開発 [平成22年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

広範囲に浸潤するがんや再発がん等に対して高い有効性が示されている中性子捕捉療法に用いる小型・高出力直線加速装置に係る陽子線加速技術を確立する。平成22年度補正予算により公募を行い実施体制を決定した。

平成23年度においては、以下を実施した。

中性子捕捉療法用病院併設型小型直線加速器を開発するため、病院内に併設して運用可能で、かつBNCT実施に十分な中性子を発生させるための小型直線型陽子線加速器（RFQ+DTLタイプ）の加速器本体の製作を実施した。RFQについては、装置本体までの製作を実施した。DTLについては、詳細設計、材料手配まで終了した。一方、加速器の製作と並行して治療計画システム、線量計測等に係る基盤技術の開発を行った。また、加速器システムの検証のため、BNCT用の液体リチウム中性子発生ターゲットについて、実際にターゲット及びリチウム循環システムを製作し、実用機に必要とされる設計性能を世界で初めて実証した。

平成24年度においては、以下を実施した。

1) 中性子捕捉療法用病院併設型小型直線加速器の研究開発

病院内に併設して運用可能で、かつ中性子捕捉療法実施に十分な中性子を発生させるための小型直線型陽子線加速器の製作を実施した。

2) 中性子捕捉療法用陽子線加速器システムの検証

加速器の製作と並行して治療実施に不可欠な治療計画システム、線量計測等に係る基盤技術の開発を行った。

《10》次世代機能代替技術の研究開発 [平成22年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

従来の医療技術では根治が難しい疾病の治療を可能とすることを目的に、少量の細胞により生体内で自律的に成熟する自律成熟型再生デバイスの実用化を推進するとともに、小柄な体格でも、長期在宅使用が可能な植込み型補助人工心臓を開発するため、公募により実施体制を構築するとともに、東京女子医科大学教授 岡野光夫氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

①次世代再生医療技術の研究開発

(1) 生体内で自己組織の再生を促すセルフリー型再生デバイスの開発

(ア) セルフリー型再生デバイスの基盤研究開発

組織幹細胞を可視化、対象臓器での幹細胞の局在部位を調べる技術を開発し、基底膜構成蛋白質の網羅的解析と組み合わせ、幹細胞ニッチの構成因子を探索した。

幹細胞誘導因子HMG B 1の機能発現メカニズムの解析を実施し、将来のデバイス化応用を視野にHMG B 1を大量発現(生産)する方法を検討した。

心筋細胞への分化誘導因子として、これまでに発見したIGFBP-4の他にも誘導因子を同定、作用機序を解析した。

幹細胞誘導因子、分化誘導因子効果があり、経口摂取も可能な低分子薬剤ONO1302につき、動物実験での効果確認試験を実施した。

幹細胞誘導・分化制御因子のDDSにつき薬物包含ハイドロゲルを、幹細胞定着デバイスにつき徐放化ハイドロゲルの形状を検討した。

候補因子の安全性評価及び有効性評価するための技術確立を、動物の正常細胞と組織、ヒト正常細胞を用いて立ち上げた。

(イ) セルフリー型再生デバイスの実用化研究開発

幹細胞及び分化誘導因子を乗せるデバイスとして、適度な柔軟性・伸縮性と強度をもつ心筋ジャケットの成形法を検討した。

(2) 少量の細胞により生体内で自己組織の再生を促す自律成熟型再生デバイスの開発

(ア) 自律成熟型再生デバイスの基盤研究開発

(i) 生体内で自律的に成熟する臓器再生デバイスのための基盤研究開発

軟骨用では、ヒト耳介軟骨等の細胞を用いてハイドロゲルと混和させ、三次元培養を行った。薬剤を血清含有基礎培地に添加し、最適な細胞増殖刺激因子を探索した。ハイドロゲルが従来型ゲルよりも細胞生存率が向上することを確認した。家兎への再生デバイス移植後4週で軟骨の再生を確認した。

骨用では、テトラポッド形微小人工骨をイヌ大腿骨欠損部へ埋植し、欠損部強度の亢進と骨再生因子の良好な徐放性を確認した。焼結積層造形法による三次元形状を持つチタン製外殻を作製し、イヌへの長期埋植を行って性能を評価した。

関節用においてもこれらの人工骨を応用しての検討を行った。

(ii) Muse細胞を用いたin situ stem cell therapyの基盤研究開発

損傷部位で産生されている遊走因子の解析と、Muse細胞の膜タンパク質の解析により、対応する受容体の発現を確認し、遊走因子候補分子を絞り込んだ。

施設に依存しないMuse細胞の精製・培養に関する一般的な方法を確立した。

評価系となるニワトリ胚盤胞を用いたアッセイ系を確立した。

損傷部位でのMuse細胞の生着に関して、候補となる細胞外マトリックスをリストアップし、予備実験を実施した。

生体内での分化制御に関して、Schwann細胞、神経前駆細胞についてMuse細胞からの誘導を試みた。

(イ) 自律成熟型再生デバイスの実用化研究開発

(i) 生体内で自律的に成熟する臓器再生デバイスのための実用化研究開発

軟骨細胞の生存性・増殖性の評価、強度の向上を試みた。新規配列の足場素材(KLD等)に関しては、製造体制の目処をつけた。

(ii) Muse細胞を用いたin situ stem cell therapyの実用化研究開発

Muse細胞の生体内での分化制御を検討した。in vitroで分化誘導した細胞又は誘導をしないMuse細胞を免疫不全マウスの皮膚損傷モデル或いは脊髄損傷モデルに移植、タンパク発現等の経過を観察中である。

(3) 有効性・安全性評価技術等の開発

遺伝子試験、軟寒天培養試験、発癌性否定試験の条件検討を行った。製品安全性に関して素材・細胞相互作用を評価できるモジュールを製造した。

②次世代心機能代替治療技術の研究開発

(1) 小柄な患者に適用できる植込み型補助人工心臓の開発

体重15~30キロの患者にも体内植込み可能な補助人工心臓システムとして、成人用補助人工心臓システムを改良するための具体的目標を設定した。血液ポンプに関しては、低流量運転に最適化した流路設計に着手した。周辺機器に関しては小柄患者用として新規小型携帯バッテリーの設計、製作に着手した。成人用機器と共通化予定のドライバ、上位コントローラ、電源装置は臨床モデルへ向けた改良設計、製作、安全性検証試験を実施した。使用する予定の材料につき、確定しているものについては生物学的安全性試験を開始した。

(2) 有効性及び安全性の評価

耐久性試験、抗血栓性試験については、小児量波形を再現した拍動血流波形を実現するための拍動機構を設計し、モニタリング・警報システムのアルゴリズムの基礎的検討を行った。また粘弾性装置を使用し、せん断応力と血液凝固能の相関を確認した。慢性動物実験による生体適合性評価については、小柄患者用としての評価法を確立するために、体重20キロ台のヤギを用いて、その解剖学的特徴から最適な送脱血管形状に関する検討を行った。

平成23年度においては、以下を実施した。

東京女子医科大学教授 岡野 光夫氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

①「次世代再生医療技術の研究開発」

(1) 生体内で自己組織の再生を促すセルフリー型再生デバイスの開発

(ア) セルフリー型再生デバイスの基盤研究開発

幹細胞ニッチを構築する基底膜分子候補を絞り込み、組織幹細胞を用いてその分子候補の機能評価系を立ち上げると共に、人工幹細胞ニッチの構築戦略を策定した。

幹細胞誘導因子の開発として、L-P+MSCの心筋梗塞部位への集積促進のための分子及び徐放化技術とデバイスの組み合わせの最適化を行うと共に、心筋分化誘導因子の探索及び分化誘導機構の解明を行った。

幹細胞誘導と分化因子の徐放に適した薬物包含ハイドロゲル及び細胞接着に最適な徐放化ハイドロゲルの細胞足場の作製を行い、ドラッグデリバリーシステムとしてのデバイスデザインを決定した。

(イ) セルフリー型再生デバイスの実用化研究開発

セルフリー型再生デバイスの実用化に向け、デバイスの材料の選定と加工技術の検討を行い、その結果に基づいて、心血管デバイス用の骨格製造を再現性良く、かつ安定的に行うための製造技術の検討を行った。

(2) 少量の細胞により生体内で自己組織の再生を促す自律成熟型再生デバイスの開発

(ア) 自律成熟型再生デバイスの基盤研究開発

(i) 生体内で自律的に成熟する臓器再生デバイスのための基盤研究開発

軟骨用再生デバイスでは、増殖因子と分化因子の検討、及び足場素材が培養装置の役割をする培養モジュールを試作した。製膜条件を変化させ、孔径や透水量など種々の膜特性を有する培養モジュール用生分解性中空糸膜を作製するとともにその製造方法を確立した。さらに、生体内での成熟が可能となるコントロールリリースハイドロゲルを作製し、培養モジュールとによる組込型one-piece再生デバイスを試作した。またこれらの有効性を評価するための動物実験を行った。

骨用再生デバイスでは、微小人工骨と外殻の仕様の検討を継続した。

関節用再生デバイスでは、血漿タンパク質・人工骨複合体の軟骨下骨再生への有用性に関する動物実験を実施した。また、無血清培地を用いた間葉系幹細胞の増幅効果、及び軟骨分化能の最適化を検討した。

細胞の増殖・分化の効率をより向上させるために、これらのデバイスを移植する母床側において、接触状態の改善、幹細胞動員環境の改善、再生デバイスに対する免疫反応の抑制等を行った。

(ii) Muse細胞を用いたin situ stem cell therapyの基盤研究開発

Muse細胞の損傷部位への誘導に関する研究開発として、疾患モデルマウスを作製し、当該マウスから採取した末梢血での増加因子及び遊走細胞の同定のためのアッセイ系の確立を行うとともに、他の細胞遊走モデルを参考にした遊走因子候補について検証した。当該遊走因子候補につき、in vitroでの細胞の遊走状態の解析システムの立ち上げを行った。また、in vivoでもマウスを用いたMuse細胞の遊走の検証を行う系の検討を行った。

生体内での分化制御に関する研究開発として、Muse細胞からの分化誘導に成功した細胞につき、支持体と一体化した医療デバイスの検討を行った。さらに他家Muse細胞又は他家Muse細胞から分化させた細胞の免疫応答についての検討を行った。

(イ) 自律成熟型再生デバイスの実用化研究開発

(i) 生体内で自律的に成熟する臓器再生デバイスのための実用化研究開発

軟骨用自律再生デバイスに関して、増殖刺激や分化刺激の検討を行い、これらの機能を担持した移植用培養モジュールを試作した。

(ii) Muse細胞を用いたin situ stem cell therapyの実用化研究開発

白斑症では、Muse細胞から分化誘導したメラノサイトを用いた培養皮膚の作製検討を行った。脳梗塞では、Muse細胞から分化誘導した神経前駆細胞の移植検討を行った。

(3) 有効性・安全性評価技術等の開発

細胞の安全性に関しては、マーカー遺伝子の選出や軟寒天培養法の適応、NOGマウスの応用を検討した。製品の安全性に関しては、細胞形質変化の評価方法を検討した。評価ガイドライン確立に関しては、有効性評価項目ならびに評価方法の検討を行った。

②「次世代心機能代替治療技術の研究開発」

(1) 小柄な患者に適用できる植込み型補助人工心臓の開発

体重15-30キロの患者にも体内植込み可能な補助人工心臓システムとして、低流量運転に向けた流路設計、流動解析に着手した。流動解析結果から低流量運転領域についての評価を進めた。性能試験評価羽根車の機械加工用3次元CADデータの作成と機械加工を行った。性能試験用ポンプの組立に着手し、性能試験評価に向けた準備を進めた。

製作した1次試作機駆動装置小型化のための筐体/基板改造と、電源喪失時のアラーム機能追加を取り進めた。また、携帯バッテリーとその充電器の電磁環境両立性試験を着手した。

(2) 有効性及び安全性の評価

耐久性試験・抗血栓性試験については、小児患者の循環を再現した高心拍数かつ小血流量の拍動血流波形を実現するための、血流量の日内変動を勘案した拍動機構を試作した。拍動機構の弁について検討し、駆動系の改良設計に着手した。モニタリング・警報システムの基本アルゴリズムを構築し、基本動作を確認した。また、粘弾性装置を使用して、活性化凝固時間の低下およびせん断応力の低下にともなって、血液凝固が促進することが定量的に得られた。生物学的安全性試験に関しては、試験結果を評価するための構成部品の試作を行った。慢性動物実験による生体適合性評価については、ヤギを用いてその解剖学的特徴から最適な送脱血管形状に関する検討を行った。また、トロンボエラストメトリー法によるヒトとヤギの血小板凝集能の違いについて検討した。

平成24年度においては、以下を実施した。

東京女子医科大学教授 岡野光夫氏をプロジェクトリーダーとして、以下の①・②の研究開発を実施した。また、平成24年6月に実施した中間評価では、基礎研究レベルでは充分当初の目的を達しており、実質2年の研究成果は目覚ましく、臨床にいちやく進み、事業化を推進するよう評価を得た。その結果を受け、特に推進すべきテーマと判断したものは、予算追加の措置を行い、研究を加速した。

研究開発項目① 次世代再生医療技術の研究開発

(1) 生体内で自己組織の再生を促すセルフリー型再生デバイスの開発

(ア) セルフリー型再生デバイスの基盤研究開発

幹細胞ニッチを構築する細胞外マトリックスの候補分子を同定し、その活性を *in vitro* での組織幹細胞培養系を用いて確認すると同時に、事業化をにらんだ幹細胞ニッチ構成因子の製造法検討を開始した。また、候補幹細胞誘導・分化促進因子の治療効果を確認した。さらに障害部に候補因子を含有したマトリックスを貼付し、治療効果を確認した。これらの成果を踏まえ、目指すべきセルフリー型再生デバイスの具体像を絞り込んだ。

(イ) セルフリー型再生デバイスの実用化研究開発

セルフリー型再生デバイスの実用化に向け、デバイスの材料の選定と加工技術、及び、デバイス形状の検討を行った。特に、当該デバイスの導入状態をシミュレーションすることによりプロトタイプを改良し、心機能改善効果の向上を確認した。

(2) 少量の細胞により生体内で自己組織の再生を促す自律成熟型再生デバイスの開発

(ア) 自律成熟型再生デバイスの基盤研究開発

(i) 生体内で自律的に成熟する臓器再生デバイスのための基盤研究開発

軟骨様再生デバイスでは、PuraMatrixを基調としたゲルを開発し、また生分解性ポリマー製中空糸モジュールを作製して、自律再生デバイスを試作し、動物実験で軟骨の自律再生が生じることを確認した。骨用再生デバイスでは、微小人工骨エレメントを選定し、またチタン製外殻の仕様を決定し、ビーグルならびにミニブタでの動物実験を実施し、有効性を確認した。関節用再生デバイスでは、TECの大量培養を実現した。さらに、TECを移植するため軟骨下骨として人工骨を用い、その人工骨を固定するための、患者由来血清を用いて調製する生体材料を開発し、動物実験で有効性を確認した。

(ii) Muse細胞を用いた *in situ stem cell therapy* の基盤研究開発

平成23年度に候補となった遊走因子について、TAXIScanにより *in vitro* で Muse細胞のみを遊走させることを確認した。疾患モデルマウスの末梢血等での遊走因子の濃度挙動の解析を行った。候補遊走因子を小動物に投与し、*in vivo* でも Muse細胞の集積を確認した。さらに他家移植の可能性を検討するため、Muse細胞の他家移植指標を調べた。

(イ) 自律成熟型再生デバイスの実用化研究開発

(i) 生体内で自律的に成熟する臓器再生デバイスのための実用化研究開発

自律再生を実現する足場素材ハイドロゲルとして、PuraMatrixゲルを開発し、その生物学的特性や安全性、安定性などを評価し、供給体制を検討した。さらに、生分解性ポリマー製中空糸モジュールを試作し、5cm程度の大きさまで拡張を実現した。この大きさの中空糸モジュールを用いて細胞増殖と、増殖細胞の安全な取り出しを確認した。

(ii) Muse細胞を用いた *in situ stem cell therapy* の実用化研究開発

脳梗塞モデルでは、免疫不全マウスを用いた生体内の Muse細胞を利用する実験系を確立し、さらに Muse細胞の移植による治療効果を確認した。白斑症モデルでは、Muse細胞から色素細胞への分化誘導法を確立し、Muse細胞由来色素細胞を用いた3次元培養皮膚の作製に成功した。さらに動物への移植の検討を開始した。

(3) 有効性・安全性評価技術等の開発

培養細胞の安全性に関する評価技術として、特定のマーカー遺伝子、簡便な *in vitro* での試験法、動物による発癌性否定試験を確立した。製品の安全性に関しては、2週間程度で自律再生デバイスの生体内変化を再現できる実験モデルをマウスにおいて実現し、専用チャンバーを用いて可視化することに成功した。これを用いて細胞形質変化の評価項目を列挙した。評価ガイドライン確立に関しては、材料、細胞、組織特性の評価項目と、移植後の組織成熟評価法などを検討し、項目を絞り込んだ。

研究開発項目②「次世代心機能代替治療技術の研究開発」

(1) 小柄な患者に適用できる植込み型補助人工心臓の開発

1次試作機について、羽根車翼形状を決定し、試作機を製作して小柄患者で想定される低流量運転を含む性能評価を実施し、問題無く運転できることを確認した。また、駆動装置については小型化ならびにアラーム機能の追加を実施し、試験機を完成した。

(2) 有効性及び安全性の評価

1次試作機について血液を用いた溶血試験を実施し、小柄患者用の羽根車デザインでも臨床上問題となる血球成分の破壊が発生しないことを確認した。また、体重15kg程度の患者にも埋め込み可能とするための脱血管デザインについて解析を実施し、最小限の性能低下で本体寸法を大きく短縮するデザイン改良を実施した。1次試作機の抗血栓性を中心とした生体適合性評価として慢性動物実験のための送血脱血管を設計・製作し、これらを用いて慢性動物実験を開始した。

②生物機能を活用した生産・処理・再資源化プロセス技術

[中期計画]

近年、原油価格の急騰などによる資源枯渇に対し、化成品等の化石資源由来物質の価格高騰が予想されている。さらに、地球環境問題より、以前にも増して化石資源に依存しない環境負荷の少ない化成品等の製造プロセスの確立や、処理システムの確立が求められている。すなわち、生物機能を利用したいわゆる循環型産業システムの実現が強く望まれるようになってきている。

第2期中期目標期間中には、集約されつつある微生物、植物等に対するの基盤技術に関する知見を基に、生物機能を利用した有用物質の生産基盤技術を構築するため、微生物機能を活用した高度製造基盤技術や、植物を利用した工業原料生産技術開発に注力し、更なる技術の高度化、実用化を図る。具体的には、例えば、高性能宿主細胞創製技術について生産性をプロジェクト開始時（平成18年度世界最高値）の2倍以上とすること、工業原材料生産代謝系の前駆体及び有用代謝物質が従来の1.2～2倍程度に増量されたモデル植物を作出すること等を目標とする技術開発を行う。これら生物機能の利用については、食料、エネルギー等物質生産以外の分野との共通課題もあるため、新たな産業分野での生物機能活用や省庁連携も視野に入れた研究開発を行う。また、循環型産業システムの実現のため、微生物群の機能を活用した高効率型環境バイオ処理技術開発を行い、生物機能の高度化による廃水・廃棄物の高効率化処理システムの実用化を目指す。

[中期目標期間実績]

微生物機能を活用した有用物質の生産基盤技術の開発では、大腸菌、枯草菌、分裂酵母について不要遺伝子を排除して工業生産のために最適化した高性能宿主を開発した。そして枯草菌高性能宿主を用いたセルラーゼ生産においては、世界最高値の2.5倍の生産性を実現することに成功した。

また、植物を利用した工業原料生産技術開発では、トチュウ、ユーカリ等の実用植物を対象として物質生産に関連する遺伝子の解析技術、組換え栽培技術等を開発し組換えトチュウでのゴム生産を3倍、組換えユーカリでのバイオマス量を1.26倍に増産することに成功した。なお、これら生物機能の利用については、食料、エネルギー等物質生産以外の分野との共通課題もあるため、新たな産業分野での生物機能活用や省庁連携も視野に入れた研究開発を行った。

さらに、循環型産業システムの実現のため、微生物群の機能を活用した高効率型環境バイオ処理技術開発では、嫌気性微生物処理及び好気性微生物処理について混合系微生物群の解析、制御技術の開発、テストプラントでの検証等を行い、従来の標準活性汚泥法やメタン発酵よりも高効率な廃水処理システムを開発した。

《1》植物の物質生産プロセス制御基盤技術開発 [平成14年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

奈良先端科学技術大学院大学客員教授 新名 惇彦氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「モデル植物を用いた植物の物質生産機能の解析」

アカシアcDNAライブラリーの作製を進め、1万個のEST解読を終了した。実用植物グループとの多重遺伝子連結は本年度分を完了した。高分子化合物の分子量を分析可能な液体クロマトグラフィー解析システムを整備し、ヒアルロン酸合成系遺伝子を導入したシロイヌナズナ組換え体の分析を開始した。キメラリプレッサーを用いた遺伝子発現制御技術の開発では、トリプトファン派生経路、フェニルプロバノイド合成経路、および脂質合成関連の転写因子の機能解析を進めた。実用植物に特有な代謝経路に対応したKaPPA-VIEWデータベースのマップを作成した。

研究開発項目②「実用植物を用いた物質生産制御技術の開発」

組換えユーカリの特定網室における形質評価試験及び隔離ほ場試験の環境影響評価試験を継続し、特定網室で栽培した3系統各4個体のグリシンベタイン分析の結果、無菌苗とほぼ同等の蓄積と傾向が確認され、無菌苗での選抜が有効であることが示唆された。パラゴムノキについては、モデル植物としてペリプロカを用いパラゴムノキのビタミンE合成関連遺伝子4種とポリイソプレン合成に関連する遺伝子2種を導入した形質転換体を作成し、遺伝子の機能評価を実施し、遺伝子発現解析と代謝物解析、メタボローム解析を同時に進め、ビタミンE合成関連遺伝子HGGTの導入により、野生株には存在しないトコトリエンールの生成を確認した。パラゴムノキのゴム生産制御技術の開発では、花芽形成抑制のため低分子RNAの抽出並びに網羅的解析に着手した。さらにカロテノイド生産用の組換えナタネの特定網室を建設し、形質評価試験を開始した。ヒアルロン酸生産実用植物の作出では、cvHAS遺伝子を導入したジャガイモおよびニンジンの形質転換体を作成し、CamV35Sプロモーター駆動型cvHAS遺伝子を導入した再分化個体にヒアルロン酸生産能を有する形質転換体が得られた。

平成21年度においては、以下を実施した。

奈良先端科学技術大学院大学副学長 新名 惇彦氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、プロジェクトの最終年度であり、最終目標を各研究項目毎に確認し、達成したことを確認した。また、成果の一部を活用し中国への国際協力事業として海外展開を行った。

①「モデル植物を用いた植物の物質生産機能の解析」

実用植物グループとの連携を強化し、実用植物グループがターゲットとしている代謝経路に着目してモデル植物及び実用植物のメタボローム解析、遺伝子発現プロファイリング解析及び遺伝子機能同定を継続するとともに、実用植物グループと個々に共同して重要遺伝子選定のためのデータ解析を実施した。トチュウやカンゾウなど実用植物に対応したデータベースの作成にも注力した。

②「実用植物を用いた物質生産制御技術の開発」

石川県立大学に特定網室を設置したことにより、カルタヘナ法に基づき野外栽培申請するのに必要な特定網室における生物多様性影響評価試験（従来は「安全性試験」や「環境影響性試験」の語句が用いられていたが、この用語に統一された。）を、組換えナタネを用いたカロテノイドの生産にまで広げ、組換えユーカリは、特定網室及び隔離圃場における生物多様性影響評価試験を継続した。具体的には、下記の項目を実施した。

1) ユーカリの木質バイオマス統括的生産制御については、更に耐塩性を改良したユーカリ形質転換体を作成し、野外栽培試験地の調査を行った。他に、耐寒性、耐乾燥性組、高成長性組組換えユーカリの作出も実施し、その機能評価と生物多様性影響評価試験を実施した。また、遺伝子発現解析により高品質化および高成長性にかかわる転写因子も取得してユーカリに導入、発現等について機能評価を事業終了後も継続する。

2) パラゴムノキのゴム（シス型ポリイソプレン）生産制御開発では、組織培養・形質転換材料として従来用いていた薬より未熟種子の方がカルス形成・再生・形質転換効率が期待された未熟種子を用いて、培養条件の詳細検討カルス再分化効率向上、カルスへの遺伝子導入効率向上の研究を行うとともに、パラゴムノキにh g g t 遺伝子（ビタミンE生産の鍵遺伝子）を導入したカルスのビタミンE含量解析等を行った。

3) ヒアルロン酸高生産実用植物の作出では、ヒアルロン酸高生産ジャガイモの作出等を実施し、マイクロチューバーでのヒアルロン酸生産を確認した。

4) トチュウによるトランス型ポリイソプレンについては、遺伝子発現解析等によって得られた新規トチュウゴム関連遺伝子等について、組換え培養根を作成し発現等の機能評価を行い、生産能力の増大を確認した。

5) グリチルリチン生産については、理研、千葉大、かずさDNA研究所との共同研究により、グリチルリチンの配糖化前の物質であるグリチルレチン酸までの生合成系遺伝子（b A S + P s (D 8 8, A 2 1)）をほぼ特定し、これらを多重連結ベクターによりカンゾウ実生切片及び不定芽分化カルスおよびダイズで形質転換を行い、ダイズについては組換え植物体を取得した。

更に、カロテノイドの生産については、ナタネにアスタキサンチン等のケトカロテノイド生産鍵遺伝子を導入した再生個体を得て、特定網室での機能評価と生物多様性影響評価試験を開始し、T O 種子でカロテノイドの生産を確認した。また、レタスやタバコでも同様の結果が得られた。

《2》微生物機能を活用した高度製造基盤技術開発 [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

京都大学大学院農学研究科教授 清水 昌氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

①高性能宿主細胞創製技術の開発

遺伝子の導入、分泌装置の発現強化によりセルラーゼ生産性を40%向上。分子シャペロン共発現・小胞体品質管理機構最適化・過剰糖鎖付加抑制によってヒトトランスフェリンh T Fの分泌生産性を7倍に向上した。

②微生物反応の多様化・高機能化技術の開発

有機溶媒耐性発現・非発現菌で8366遺伝子中2000遺伝子発現を確認。VD3酵素結晶構造を決定、基質結合部位を推定し、VD3水酸化酵素の活性上昇および副反応低減に寄与する有効変異を同定。反応部位に接するアミノ酸や主要結晶水も含めてC A S S C F 計算が出来るようツール類を整備・開発、計算の効率性や収束性を向上。反応部位から離れた遠方部位の効果を取り込むためのQM/MM融合理論を改良、VD3中間体に対してMM/P B法等で構造最適化し反応中間体モデルを構築。立体反転反応を構成する酵素として新規なL-アミノ酸脱水素酵素を発見、酵素遺伝子のクローニングに成功。複合酵素系による光学活性アミン類の生産プロセス研究でS体をR体に反転するプロセスでは当該化合物以外への適応可能性を示した。ランダム変異導入及び優良変異遺伝子のスクリーニング系を確立し、「非天然型」抗生物質Bの生産性を約1.5倍向上させる変異遺伝子を取得した。

③バイオリファイナー技術の開発

人工セルロソーム生産技術としてコリネ型細菌における異種タンパク質分泌系の改良を進め高分泌システムを確立。混合糖の同時利用技術を応用、コリネ型細菌にてキシリトールでS T Y 10 g/L/hを超える生産性を確認。新規探索D-乳酸菌を用い試作中空糸膜モジュール適用ラボ膜利用発酵リアクター連続発酵で光学純度99.5% e. e.、S T Y 16 g/L/h（3週間以上継続）を達成、東レNF・RO膜を用いた乳酸精製基本プロセスを確立した。

平成21年度においては、以下を実施した。

東レ株式会社 先端融合研究所長 清水 昌氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

①高性能宿主細胞創製技術の開発

大腸菌 DGF の D-乳酸生産検討では生産株の転写、代謝解析を行い、乳酸生産性染色体縮小化株の改良を行い、 4 g/L/h の D-乳酸の生産速度を達成した。枯草菌 RGF の開発では、セルラーゼ生産性及び生育が親株とほぼ同等で細胞形態も正常な約 1.4 Mb p 削除株の構築に成功した。分裂酵母 MG F では、緑色蛍光タンパク質・ヒト成長ホルモン・ヒトトランスフェリン・乳酸デヒドロゲナーゼに関し、元株に比べて各々 $1.3\sim 2.3$ 倍の生産性向上を達成した。

②微生物反応の多様化・高機能化技術の開発

Kocuria rhizophila DC2201 株及び水素利用細菌の形質転換系を開発し、キラルアルコールの生産で、対照の大腸菌に比較し同じ酵素系を導入して同じ条件で約 5 倍の蓄積量を示し、有機溶媒耐性水素細菌に不斉還元酵素遺伝子導入を達成、*Rhodococcus opacus* B-4 については水を含まない有機溶媒中の酵素反応の有用性を示し、シグマ因子と排出ポンプのトルエン耐性機構への関与を明らかにした。D 体 α -アミノ酸を L 体に立体反転する反応に必要な酵素群を、同時生産する組換え大腸菌を育種し、 100 g/L のラセミ体フェニルアラニン誘導体を 100% e. e. の L 体に全量変換し、非天然アミノ酸生産プロセスを完成した。

以上のように、科学的知見に立脚したバイオプロセスの高度化の実例を示した。

③バイオリファイナー技術の開発

要素技術においては、耐熱性酵母由来セルラーゼの機能・構造解析により、基質特異性及び基質結合部位についての知見を得た。メタゲノムライブラリーの 28 種のセルラーゼ様遺伝子産物のセルラーゼ活性を確認した。

バイオプロセスの基盤研究開発においては、微生物の創製として、コリネ型細菌の高効率生産システムで確立した D-乳酸、L-アラニン、キシリトールに加え、バリンが還元条件下増殖非依存的に高生産が可能であることを確認した。また糖利用能の拡大・強化を進め、これまでに確立したキシロース、アラビノースに加え、マンノース利用能の向上を確認した。

メンブレン利用高効率発酵システムの開発では、トータルプロセスを確立するため、ベンチスケール精製試験装置を用いたスケールアップ試験を実施、NF 膜による D-乳酸高度精製、RO 膜による濃縮、および蒸留からなる D-乳酸基本精製フローを確立した。

平成 22 年度においては、以下を実施した。

微生物機能を利用した有用物質製造技術を開発するため、東レ株式会社先端融合研究所長 清水 昌氏をプロジェクトリーダーとして、研究開発を実施し以下の成果を得た。これにより、ものづくりに最適化したゲノム縮小株（大腸菌、枯草菌、分裂酵母）を創製し、新規なバイオプロセスを産業レベルの収率まで向上し、糖からの基幹物質生産技術で $STY10\text{ g/L/h}$ を達成して、環境負荷の少ない微生物機能を活用した高度製造基盤技術の確立に寄与した。

①高性能宿主細胞創製技術の開発

大腸菌は 35% 削除、枯草菌は 1.5 Mb p 削除、分裂酵母は 657.3 kb p の遺伝子削除した。そして枯草菌についてはセルラーゼ生産性は世界最高値の 2.5 倍向上させることに成功した。

②微生物反応の多様化・高機能化技術の開発

非水系の有機溶媒耐性宿主細胞により（R）-マンデル酸の生産において 211 g/L の世界最高濃度で濃縮を達成した。酵素に関しては、複数の酵素の組み合わせや、補酵素の再生系、補欠因子族等を複合して使用する産業用触媒の創製によって、非天然 L 体アミノ酸類、キラルアルコール類において 100 g/L レベルの生産が可能な各種の酵素的生産プロセスを開発した。

③バイオリファイナー技術の開発

草本系バイオマスの高効率糖化においてはセルロゾームの機能・構造解析を進め、混合糖変換技術では、グルコース、キシロース、アラビノース 3 糖混合糖が同時利用されることを見出すなど、高効率糖化プロセス基盤技術を確立した。また、膜利用発酵リアクターのベンチスケールにおいて製造した精製 D-乳酸は高純度製品と同等以上の純度が得られた。

《3》微生物群のデザイン化による高効率型環境バイオ処理技術開発 [平成 19 年度～平成 23 年度]

[中期目標期間実績]

平成 20 年度においては、以下を実施した。

高知工業高等専門学校校長（大阪大学名誉教授） 藤田 正憲氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

①好気性微生物処理技術における特定有用微生物（群）を人為的に安定的導入・維持するための技術開発

(1) 特定有用微生物（群）の選抜と特性評価

(a) 内生呼吸低減菌等による高効率好気性水処理技術

組換え大腸菌よりグリコーゲンなどの貯蔵物質分解欠損株や貯蔵機能欠損株を見出し、内生呼吸低減の可能性を世界で初めて見出し、遺伝子的特徴を明らかにした。

(b) 油脂分解微生物の候補選抜

pH = 6 以下の厨房排水中でリパーゼを分泌して油脂を高効率に加水分解し、脂肪酸を資化する細菌を特定した。

(2) 特定有用微生物（群）の安定的導入・維持技術の開発

ポリマーゲル包括固定化担体の内生呼吸低減菌の評価技術の確立および油脂分解微生物の炭素繊維等の担体保持特性を評価した。

(3) 集団を構成する微生物群の処理機能の技術的有効性評価

(a) バイオフィーム工学による微生物のデザイン化

根圏微生物やアナモックス菌のグラニュール形成機構に向けた研究を実施した。

(b) システム論的アプローチによる微生物コミュニティデザイン

微生物グラニュールによる窒素・リン同時除去型リアクターを用い、排水処理能力等の実験データの蓄積を完了。

(c) 有用石油分解菌 *Cycloclasticus*

Cycloclasticus の PAHs (多環芳香族炭化水素) 存在下での鉄の影響と S-2 EPS (細胞外多糖) の影響を検討した。

②嫌気性微生物処理技術における特定有用微生物群を人為的に空間配置させ安定的に維持・優占化するための技術開発

(1) 特定有用微生物群の特性・機能評価

(a) 嫌気性微生物群のデザイン化による芳香族塩素化合物の嫌気性完全分解技術の開発

脱塩素反応、嫌気性酸化反応および必要な水素を供給する為の水素生成反応を含む汎用性微生物分解モデルを構築した。

(b) 嫌気性アンモニア酸化プロセスによる高効率窒素除去システムの開発、*Anammox* 菌の高度集積培養とメタゲノム解析

高度集積培養のアナモックス菌とヒドロキシルアミン濃度制御で、世界一の窒素処理速度を達成。メタゲノム解析により増殖遺伝子等の特定を実施中。

(2) 特定有用微生物群のデザイン化技術の開発

(a) 溶存メタン酸化分解 DHS リアクターの開発

ラボスケール DHS リアクターを用いて、人工廃水中の溶存メタンを HRT 滞留時間 2 時間で 95% 以上除去できた。

(b) 高効率固定床メタン発酵の研究開発

模擬廃棄物の固定床メタン発酵槽の培養テスト、高効率メタン菌、導電性の炭素製担体の検討を完了した。

(3) 集団を構成する微生物群処理機能の技術的有効性評価

芳香族塩素化合物の嫌気性完全分解システムを構築するため、ベンチスケール試験および想定される実場面における、汚染物質、栄養塩類及び反応必要物質の輸送、微生物分解および微生物の流出の輸送シミュレーションを行い、微生物分解モデル有用性を検証した。また、微生物と栄養塩を担持する無機担体から物質放出の機能をモデルに追加し、プログラムの開発を行った。

平成 21 年度においては、以下を実施した。

高知工業高等専門学校校長 (大阪大学名誉教授) 藤田 正憲氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

これまで、微生物の挙動については多くの場合ブラックボックスといわれていたが、ボトムアップ的な考え方を取り入れ、挙動や機能の解明を行ってきた。特に一番研究の進んでいた油脂分解微生物についての研究は、マスコミでの影響が大きく地元新聞の記者が取材に行くなど注目を集めた。

また、中間評価を実施し、好気微生物利用においては廃水処理の曝気エネルギーをこれまでの 3 分の 1 に資する技術開発、嫌気微生物利用に関しては装置のサイズを半分にする技術開発について、以下の個々の技術を利用することで目標到達の目的を得て中間目標を達成した。評価においてはより一層、廃水に関する実用化に近い研究を行うよう指摘を受けたことから、実施 9 機関のうち、5 機関に集約し、世界に例のない、廃水プラントの実用化に向けて、研究を加速することとした。

以下は研究開発の具体的な内容である。

①好気性微生物処理技術における特定有用微生物 (群) を人為的に安定的導入・維持するための技術の開発: 下記 1)、2)、3)、4)、及び 7)、8)、9)

②嫌気性微生物処理技術における特定有用微生物群を人為的に空間配置させ安定的に維持・優占化するための技術の開発: 下記 5)、6)、及び 7)、8)、9)

1) 内生呼吸低減菌等の有用微生物群による高効率好気水処理技術の研究開発

内生呼吸低減菌の探索を行った。各種汚泥や土壌などから幅広く候補菌株を分離、培養するとともに、内生呼吸を低減できること確認し、曝気量低減率が 40% に達する菌株を見出した。

2) 油脂分解微生物の候補の選抜

低融点の脂肪酸を優先的に資化する微生物と、遊離脂肪酸の可溶化能力の高いバイオサーファクタント生産菌を分離取得することが出来た。これらを組み合わせた複合微生物製剤を開発し、企業との実用化に向けた連携を開始した。

3) 溶存メタン酸化分解 DHS リアクターの開発

溶存メタン酸化分解、N₂O 分解、およびリン除去・回収のための DHS リアクターの開発を行った。特にリンは模擬廃水では 3.2 倍に濃縮できることを確認した。

4) 有用石油分解菌 *Cycloclasticus* のデザイン化に関する研究開発

S-2 EPS (細胞外多糖) 及び還元 S-2 EPS を用いて鉄イオンとの親和性の検討と、それらが同菌の生育と PAHs (多環芳香族炭化水素) の分解に与える影響等の検討を行い、S-2 EPS の投与による PAHs 分解促進機構を明らかにした。

5) 高効率固定床メタン発酵の研究開発

微生物コミュニティに対して種々の電位で通電培養を行った。また炭素担体を構成する微生物群集解析及び廃棄物の分解とメタン生成の観点から見たメタン発酵槽の性能についての評価等を行い、装置について 45% のコン

パクト化を達成した。

6) 嫌気性微生物群のデザイン化による芳香族塩素化合物の嫌気性完全分解技術の開発

塩素化フェノール類、PCB等を分解する嫌気微生物群の取得維持と特性評価等の開発を行い、世界で初めて嫌気性菌の組み合わせによる嫌気性生分解技術を開発に成功した。

7) 嫌気性アンモニア酸化プロセスを軸としたメタン発酵脱離液の高効率窒素除去システムの開発

部分硝化リアクターとAnammoxリアクターの個々の最大窒素除去速度を求めることが出来た。これらの値に基づき、最適リアクター容積比率の算出等を行い、メタン発酵脱離液の高効率窒素除去システムの開発を進めた。

8) バイオフィルム工学による微生物のデザイン化

Anammox膜タンパク質をコードする遺伝子の全塩基配列を決定することが出来た。またAnammox菌の細胞表面機能分子(膜タンパク質、多糖類)の機能解析等を行い、アンモニア酸化細菌群等の安定化技術開発を進めた。

9) システム論的アプローチによる微生物コミュニティーデザイン

アンモニア酸化細菌と亜硝酸酸化細菌の2菌種及び従属栄養細菌のそれぞれについて、増殖速度と増殖収率等のパラメータを算出し、アンモニア除去および窒素・リン同時除去型排水システムのためのシミュレーションモデル構築を進めた。

平成22年度においては、以下を実施した。

省エネルギー効果が大きく高効率の廃水等処理を目指し、微生物群の構成や配置等を人為的に制御する技術等を開発するために、大阪大学名誉教授 藤田 正憲氏をプロジェクトリーダーとし、次の研究開発を実施した。

①好気性微生物処理技術における特定有用微生物(群)を人為的に安定的導入・維持するための技術開発: 下記1)、2)、4)、5)

②嫌気性微生物処理技術における特定有用微生物群を人為的に空間配置させ安定的に維持・優占化するための技術開発: 下記3)、4)、5)

1) 有用微生物群による高効率好気水処理技術の研究開発

担体のアルカリ処理法実証装置で有用菌の活性持続性のさらなる解明等を行った。特に、本年度は廃水処理場の実廃水を用い実験を行った。

2) 高濃度微生物保持DHSリアクターによるリン回収技術の開発

リン回収をパイロットプラントで実証し、操作・運転方法を確立するとともに、実用化に向けて装置の大型化を行った。

3) 高効率固定床メタン発酵の研究開発

実廃棄物による通電式メタン発酵槽の性能評価等を行った。

4) 嫌気性アンモニア酸化ANAMMOXプロセスを軸とした高効率窒素除去システムの開発

部分硝化ANAMMOXプロセスの効率化を図るとともに、アナモックス反応装置をこれまでの不織布に付着させるタイプからグラニュールタイプに変更し、スケールアップのための実験を行った。

5) バイオフィルム工学による微生物のデザイン化の研究開発

ANAMMOX細菌のグラニュール形成機構の解析をさらに進めるとともに、共生菌による亜硝酸化の促進を、固定化微生物の手法と組み合わせ、実用化に向けた微生物アンモニア処理効率化に資する知見をまとめた。

平成23年度においては、以下を実施した。

省エネルギー効果が大きく高効率の廃水等処理を目指し、微生物群の構成や配置等を人為的に制御する技術等を開発するために、大阪大学名誉教授 藤田 正憲氏をプロジェクトリーダーとし、次の研究開発を実施した。

①好気性微生物処理技術における特定有用微生物(群)を人為的に安定的導入・維持するための技術開発: 下記(1)、(2)、(4)、(5)

②嫌気性微生物処理技術における特定有用微生物群を人為的に空間配置させ安定的に維持・優占化するための技術開発: 下記(3)、(4)、(5)

(1) 有用微生物群による高効率好気水処理技術の研究開発

担体のアルカリ処理法実証装置で有用菌の活性持続性のさらなる解明等を行った。本年度も引き続き廃水処理場の実廃水を用い実験を行った。

(2) 高濃度微生物保持DHSリアクターによるリン回収技術の開発

リン回収を実用化に向けた大型プラントで実証し、操作・運転方法を確立するための実験を行った。

(3) 高効率固定床メタン発酵の研究開発

実廃棄物による通電式メタン発酵槽の性能評価等を行った。

(4) 嫌気性アンモニア酸化ANAMMOXプロセスを軸とした高効率窒素除去システムの開発

部分硝化ANAMMOXプロセスの効率化を図るとともに、アナモックス反応装置(グラニュールタイプ)で、スケールアップのための実験を行い、廃水処理場の実廃水を使い実験を行った。

(5) バイオフィルム工学による微生物のデザイン化の研究開発

ANAMMOX細菌のグラニュール形成機構の解析をさらに進めるとともに、実用化に向けた微生物アンモニア処理効率化に資する知見をまとめた。

< 2 > 情報通信分野

[中期計画]

誰もが自由な情報の発信・共有を通じて、個々の能力を創造的かつ最大限に発揮することが可能となる高度な情報通信（IT）社会を実現するとともに、我が国経済の牽引役としての産業発展を促進するため、技術の多様性、技術革新の速さ、情報化に伴うエネルギー需要の増大といった状況も踏まえつつ、高度情報通信機器・デバイス基盤関連技術、新製造技術、ロボット技術、宇宙産業高度化基盤技術等の課題について、引き続き重点的に取り組むこととし、以下のような研究開発を推進するものとする。

① 高度情報通信機器・デバイス基盤関連技術

[中期計画]

電子・情報産業は、高度情報通信社会の構築にあたって中核となる産業であり、我が国の経済を牽引する産業の一つと言える。当該分野は、技術の多様化、技術革新の早さといった特徴を有しており、欧米諸国に加えアジア諸国も巻き込んだ激しい国際競争が展開されている。

電子・情報産業を取り巻く環境としては、近年、情報ネットワークが拡大し、ユビキタス環境が進展している。また、国際競争は一層の激化を見せており、国内外の産業再編も進展している。さらに、地球温暖化対策としてIT機器の低消費電力化や安全・安心の観点からのITの役割、少子高齢化時代におけるITによる生産性向上・成長力維持の必要性が増大している。

第2期中期目標期間においては、これらの外部環境の変化を踏まえ、今後も「高度情報通信社会の実現」と、「IT産業の国際競争力の強化」を二大目標とし、高機能化（高速化、高信頼化、大容量化、使いやすさ向上等）、省エネルギー化、生産性の向上といった各分野に共通の重要課題に取り組む。

（1）半導体分野

[中期計画]

半導体の微細化は第1期中期目標期間に引き続き、世界的に基本的潮流であるものの、設備投資・研究開発投資の巨額化や微細化に伴う製品歩留まり・生産性の低下が懸念されており、総合生産性向上への取組は不可欠である。他方、半導体製品の更なる性能向上を図る上で、二次元的な微細化のみならず、もう一つの競争軸として三次元立体化に向けた世界的な取組が活発化している。三次元立体化技術は我が国に優位性のある技術であるが今後各国との競争は熾烈化していくことが予想される。

第2期中期目標期間中には、引き続き微細化限界に挑戦し、hp32nm（hp：half pitch，回路配線の幅と間隔の合計の1/2）に対応する材料・プロセス基盤や設計技術等を確立するとともに、三次元化技術への新たな取組等に挑戦し、微細化・三次元化の手段等による半導体性能の向上を図る。

[中期目標期間実績]

半導体分野における微細化技術としては、hp32nm以細に対応した、新構造極限トランジスタ技術、新規配線技術、高耐性半導体デバイス・プロセス技術等を確立すると共に、hp16nm以細の微細化を実現するために、EUV（Extreme Ultra Violet：極端紫外線）による半導体製造に必要なマスク欠陥検査技術及びEUV光源技術等の開発を推進した。

半導体の集積度を高める三次元実装技術については、世界トップの細密TSV（Si貫通ビア、5μm径、10μmピッチ）を実現した。さらに、ウエハー積層後のクリーニング技術を確立し、2層積層後に深さ25μm、直径8μmのビアを生成することに成功した。これにより、ウエハーの三段積層が実現し、半導体性能を向上させた。

《1》次世代半導体材料・プロセス基盤（MIRAI）プロジェクト [平成13年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

基本計画の変更に基づき、民間企業等に広く公募を行い、実施者を選定し、株式会社半導体先端テクノロジーズ代表取締役社長 渡辺 久恒氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

I. 次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発

研究開発項目①「新構造極限CMOSトランジスタ関連技術開発」

ひずみ制御によるキャリア移動度向上技術の開発として、Ge基板上の引張りSiGeチャネルnMISFETおよびエピSiGeストレッサーが形成されたソース・ドレイン構造を有するGe/SiGeチャネルトランジスタの作製を進めた。また、メタルソース・ドレイン構造におけるパリスティック効率向上をシミュレーションにより明らかにするとともに、メタルソース・ドレインを有する極微細CMOSの試作とデバイス動作に成功した。

研究開発項目②「新探究配線技術開発」

- (1) 極限低抵抗配線技術の開発においては、CNTビア配線において電流密度 $5E6 A/cm^2$ で240時間の信頼性を実証するとともに、300nm対応可能成長技術の開発を進め、CNT密度 $1E12/cm^2$ の高密度成長を達成した。CMOSへのCNTプラグ集積化に関して、下地シリサイド電極の特性を劣化させることなくCNTプラグを低温形成(400℃)することに成功した。
- (2) 光配線技術の開発においては、波長多重光配線チップとLSIチップとの貼り合せ実装を行い、LSIチップレベルで光波長多重信号伝送を用いた電子回路動作に成功した。また、伝送容量低減を図り、これまで5GHz(平成19年度)が最高であった伝達信号パルスが、10GHzまで伝達できることを実証した。更に、光変調器の低消費電力化に向けてPLZT光導波路の伝播損失要因の低減に成功した。

研究開発項目③「特性ばらつきに対し耐性の高いデバイス・プロセス技術開発」

- (1) 構造依存特性ばらつきの物理的理解とモデリング技術の開発においては、経時変化を含めた特性ばらつき評価に有効な標準TEGの設計、マスクの作成を行うとともに、しきい値ばらつきの温度依存性の評価とTakeuchiプロット法の高精度化を進めた。また、アトムプローブ技術によりゲート電極/ゲート酸化膜/チャネルシリコンの疑似構造を解析し不純物の振る舞いを明らかにした。
- (2) 外部擾乱依存の特性ばらつきの物理的理解とモデリング技術の開発においては、ゲート幅の大きいプリミティブセルを使用することがSET型ソフトウェアの抑制には有効であることを明らかにした。また耐ESD技術として、hp65nm以降のプロセスでは、DiodeスタックタイプがCDM耐圧を向上させる入力保護として最適であることを明らかにした。

II. 次世代半導体露光プロセス基盤技術開発

研究開発項目④「次世代マスク基盤技術開発」

シミュレーションによりEUVマスク許容欠陥仕様を策定し、同仕様によるhp45nm微細加工に対応した欠陥検出・修正精度を達成するブランクス位相欠陥検査技術の構築、Die-to-Die方式での欠陥検査感度の達成、欠陥修正技術の構築を行った。さらに、最適マスク構造仕様の策定、コンタミネーション管理基準に反映する堆積モデル提案を行った。マスクハンドリング技術の開発では、マスク裏面異物について、その影響を評価し、管理基準提案を行った。

研究開発項目⑤「EUV光源高信頼化技術開発」

公募により実施者を選定し、EUV光源の高信頼化を実現する汚染評価技術、集光光学系清浄化技術の開発を開始した。汚染評価技術では評価装置を開発し、光源から照明光学系へ流入する物質の分析技術を開発した。清浄化技術ではフォイルトラップ、差動排気、ガスカーテンによるコンタミネーション流入防止効果を確認した。また、磁場によるイオン制御技術の開発、中性原子のイオン化の基礎データを収集した。さらにコレクタミラーの熱管理技術開発を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

株式会社半導体先端テクノロジーズ代表取締役社長 渡辺 久恒氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

I. 次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発

研究開発項目①「新構造極限CMOSトランジスタ関連技術開発」

hp32nmを超える技術領域における低消費電力・低待機電力CMOSに適した、バリスティック効率向上技術として、半導体に比べて抵抗の低い金属をソースとドレインに用いたメタルソースドレイン技術及びゲートスタック技術を開発した。

研究開発項目②「新探究配線技術開発」

- (1) 極限低抵抗配線技術として、カーボンナノチューブ(CNT)によるビア配線において電流密度 $4 \times 10^7 A/cm^2$ で1000時間の信頼性を実証した。
- (2) 新コンセプトグローバル配線技術として、10GHz動作小型PLZT(電氣的に光学性能を制御可能な透明セラミック)リングオンチップ電気光変調器、低損失SiN光導波路を用いた5波長光信号対応の波長多重光回路用小型光合分波器、量子効率20%のプラズモンナノフォトダイオード受光器、伝送容量20Gbpsのオンチップ光配線技術を開発した。

研究開発項目③「特性ばらつきに対し耐性の高いデバイス・プロセス技術開発」

- (1) hp45nmを超える技術領域のLSIの微細化に伴うばらつきに起因する回路誤動作に対処するための構造依存特性ばらつきの物理的理解とモデリング技術の開発においては、n型およびp型チャネルのMOSFETのしきい値ばらつき原因を明らかにするとともに、デバイス特性の経時変化計測を実施した。
- (2) 外部擾乱依存の特性ばらつきの物理的理解とモデリング技術の開発においては、中性子線入射によるソフトウェアのプロセススケール依存性を明らかにするとともに、ESD耐圧決定のメカニズム解明用TEG(Test Element Group、特性評価用素子)の設計、試作、評価を実施した。

II. 次世代半導体露光プロセス基盤技術開発

研究開発項目④「次世代マスク基盤技術開発」

高精度・低欠陥EUVLマスク及びブランクス技術では、ブランクス検査のhp32nm対応位相欠陥検出確率100%を達成し、またマスク製造プロセスが平坦度へ影響しないことを検証した。EUVLマスクパターン欠陥検査技術及び欠陥修正技術の開発では、偏光検査技術とマスク構造最適化でhp32nm対応欠陥検出感度を実証すると共に、hp32nmに対応できる凹欠陥穴埋め修正技

術を開発した。ペリクルレスEUVLマスクハンドリング技術に対しては、マスク保管ケースの性能評価を行い、EUVLブレ量産に適用可能な防塵性能を持つことを示した。

研究開発項目⑤「EUV光源高信頼化技術開発」

光源側から発生する汚染物質が露光光学系へ与える影響について、質量分析計、X線光電子分光、反射率測定を用いた評価技術を確認した。露光光学系への汚染抑制対策としてガスシールド、フォイルトラップ、イオン化レーザーによる燃料デブリ等の拡散・流出防止技術と、磁場印加による燃料回収技術を開発した。集光系構成部材等の熱管理技術と自動アライメント技術を開発した。LPPとDPPの両方式の光源について評価し、平成22年度に高信頼化技術開発を主体的に進める光源方式としてDPPを選択した。また、補正事業として汚染抑制対策の各要素技術を、プラズマ光源と組み合わせ、総合的に実証するための試験装置を製作した。

平成22年度においては、以下を実施した。

情報通信機器の高度化、低消費電力化の要求を満たすLSI等を実現するため、半導体の微細化に対応した半導体デバイスプロセス基盤技術を開発すること、特に、本プロジェクトの第三期としては、hp32nm以細の技術領域の技術課題を解決し、超低消費電力のシステムLSIの実現のために必要な技術開発を行うことを目的に、株式会社半導体先端テクノロジーズ代表取締役社長 渡辺 久恒氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。プロジェクト第三期の最終目標であるhp32nm以細の技術領域の課題を解決する革新技術の開発を達成した。

I. 次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発

研究開発項目①「新構造極限CMOSトランジスタ関連技術開発」

ソース・ドレイン材料・構造の制御による電流駆動力向上を実証した。ひずみSi、SiGe、Geの導入やゲートスタック形成プロセス技術による電流駆動力向上を実証した。さらに、バリステック輸送現象が発現する微細ゲート長のSiGe系MOSトランジスタを作製し、バリステック効率を導出した。

研究開発項目③「特性ばらつきに対し耐性の高いデバイス・プロセス技術開発」

特性ばらつきモデリング技術として、Takeuchiプロットを適用して標準化手法を開発した。また、中性子線入射による電荷発生によって生じるトランジスタおよび回路の異常動作を解析し、中性子線入射に対して耐性の高いデバイス・プロセス・回路の設計に有効なモデリング技術を開発した。

II. 次世代半導体露光プロセス基盤技術開発

研究開発項目④「次世代マスク基盤技術開発」

hp32nm微細加工技術に対応するマスクに許容される欠陥指標を策定するとともに、EUVLブランクの位相欠陥検査技術、マスクコンタミネーション制御技術、マスク欠陥検出技術、マスクパターン欠陥修正技術を確認し、最終目標を達成した。EUVLマスクキャリアケースを評価することにより標準化に貢献し、マスク搬送・保管技術を確認した。

研究開発項目⑤「EUV光源高信頼化技術開発」

量産機（中間集光点出力180W）におけるマスク・ミラー寿命（反射率低下10%以下）1年を明示できる汚染損傷評価技術を確認し、最終目標を達成した。また、中間集光点出力180Wで光源を1年間動作させた場合においてもマスク及びミラーの反射率低下が10%以下となる汚染量制御を可能とする高信頼化要素技術（燃料デブリ等の拡散・流出防止技術、燃料回収技術、集光系構成部材等の熱管理技術及びクリーニング技術）を開発し、それらを統合したEUV光源システムとして量産機におけるマスク・ミラー寿命1年が実現可能であることを示した。

《2》半導体アプリケーションチッププロジェクト（情報家電用半導体アプリケーションチッププロジェクト）[平成17年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

○平成18年度採択プロジェクト

①情報家電用ヘテロジニアス・マルチコア技術開発の研究開発

- ・2大学2企業の共同推進プロジェクトとして、推進委員会の下に技術評価WGを整備し、技術開発の相乗効果と開発スケジュール調整を実施した。
- ・ヘテロジニアス・マルチコアチップの詳細仕様（特定用途コアの改良仕様を含み、32ビット超の物理アドレスに対応）を作成し、その設計データの統合検証を進め、論理合成・論理検証まで実施した。
- ・同チップ搭載ボードの詳細設計を完了した。
- ・同チップを動作させるシステム詳細仕様（32ビット版）を作成し、統合設計を完了。
- ・同チップ用のバックエンドコンパイラを設計し、開発を開始した。
- ・並列化コンパイラへのベンチマークプログラムを提供し、それにより評価を実施した。
- ・ヘテロジニアス・マルチコアチップ用コンパイラの方式検討を行い開発に着手。シミュレータを用いて方式検証を実施して有効性を確認。
- ・同チップに適用できるソフトウェア統合開発環境（IDE）について、フレームワークの64ビット化の設計を実施し、その要素となるデータ競合検出ツールの設計と検証を行なった。同様に、特定用途コア向けの高位シミ

ュレータを設計・評価し、高精度シミュレータについても構築・評価した。

○平成19年度採択プロジェクト

②次世代ネットワークにおけるセキュリティプラットフォームチップの開発

- ・IPv6-TCPIPストリーム再構築機能およびIPパケットフィルタ機能をFPGAで機能検証した。
- ・TOA（乗っ取り攻撃）検査インタフェース改良および攻撃の検知性能改良の方式についてFPGAで機能検証後、ASIC化のためのHDL設計を完了。
- ・全体を1チップに統合するためASIC化仕様を決定し、統合部分のASIC化のためのHDL設計を完了させた。

③携帯電話向け半導体回路の研究開発及びデジタル補聴器向け半導体回路の研究開発

- ・デジタルマイクロフォンに対応した、デジタル回路/アナログ回路を混載した信号処理ICの開発を目的に、A/D変換器を含む周辺アナログ回路の低電圧化・低消費電流化回路技術と、デジタル補聴器用の専用DSP（Digital Signal Processor）の開発を行った。

④システムLSI高密度不揮発メモリの研究開発

- ・標準CMOSプロセスで製造可能な数百Mビットクラスの高密度不揮発メモリの開発を目的に、1トランジスタ型不揮発メモリセルを用いた512Mマクロを設計した。

⑤ビデオCODECチップの研究開発

- ・ビデオ配信、デジタルAV等で使用される、動画の圧縮符号化/復号化を行うCODECチップの開発を目的に、ビデオCODECコアの論理設計及びFPGAを用いたエミュレータでの検証を行った。
- ・CODECチップの構成に必要な各種機能ユニット、インタフェース部とチップ全体の設計と検証を行った。またCODECチップの試作をするためのレイアウト作業を行った。

⑥ワイヤレスHDMIモジュールの研究開発

- ・チャンネル毎に別のアンテナを用いながらCMOSチップを一体として実装するためのシステム設計を行い、送受信回路で低消費電力動作のアーキテクチャを策定した。また要素回路およびミリ波送受信システムを設計し、試作を行った。試作した要素回路を評価し、CMOSデバイスおよび回路のモデリングを行った。また評価の結果、送信システムが目標性能を達成する見通しを得た。さらに試作した送受信回路チップを実装するためのアンテナモジュールを設計開発し、実装の検討を行った。HDMIの送信側では出力回路を中心にCMOS化を進め、目標性能を達成する目処を得た。また、受信側においては、受信特性の改善を行い、劣化したデータでも受信できる事を確認した。

平成21年度においては、以下を実施した。

情報家電用半導体アプリケーションチップに関し、平成18年度に採択した1テーマ、平成19年度に採択した5テーマの合計6テーマを実施した。

○平成18年度採択テーマ

①情報家電用ヘテロジニアス・マルチコア技術開発の研究開発

- ・汎用コアと特定用途コアで合計8コア以上を搭載する64ビットヘテロジニアス・マルチコアチップを試作し、最終目標である電力性能比30GOPS（Giga Operations Per Second）/Wを達成した。

○平成19年度採択テーマ

②次世代ネットワークにおけるセキュリティプラットフォームチップの開発

- ・機能的には次世代インターネットプロトコルIPv6の透過型検査およびフィルタリングを実現した。FPGAへの実装からASIC（特定用途向け集積回路）化することで検知性能を改善し、最終目標の処理スループット1Gbpsを達成した。さらに、チップの機能を評価できるボードを追加作成し、想定ユーザーによる使用機会を拡大した。

③携帯電話向け半導体回路の研究開発及びデジタル補聴器向け半導体回路の研究開発

- ・デジタルマイクロフォン用A/D変換器の試作・評価を完了した。ノイズキャンセラルゴリズムの要素技術をモデル化した。実装できるアルゴリズム、デジタル補聴器回路を設計開発した。本項目は、試作により更に高度な成果を挙げると考えられるため、平成22年度に3ヶ月事業期間を延長する。

④システムLSI高密度不揮発メモリの研究開発

- ・MOSトランジスタのホットキャリア効果を記憶動作の原理とする不揮発多値メモリセル型512MbitPRAMプロトタイプを試作評価を行った。結果、メモリ容量、書き込み・読み出し速度、消費電流、信頼性は最終目標に達し、特にメモリ容量は目標値16Mビット/マクロに対し512Mビット/マクロ、読み出し速度は目標値20nssecに対し3nssecと、優れた成果を残した。

⑤ビデオCODECチップの研究開発

- ・ビデオCODECコアの論理設計と検証と、チップ設計を完了した。応用機能ボードとアプリケーションソフトの製作と評価、ビデオCODECチップの評価を行った。結果、目標の圧縮率2倍以上（H264/AVC比）を達成した。

⑥ワイヤレスHDMIモジュールの研究開発

- ・3チャンネルを装備したHDMI送受信システムチップとアンテナボードを開発し、最終目標の小型・低電力のスティック型無電源ワイヤレスHDMI送受信モジュールを完成した。1080i 24bitのHD画像の送受信実験を完了した。さらに、1080p化の設計を行い、アンテナとチップをモジュール化して最終目標である1080p画像伝送を確認した。

平成22年度においては、以下を実施した。

情報家電用半導体アプリケーションチップに関し、平成19年度に採択した1テーマを実施した。

○平成19年度採択テーマ

- ③携帯電話向け半導体回路の研究開発及びデジタル補聴器向け半導体回路の研究開発・携帯電話向けデジタルマイクロフォン用半導体回路（IC）に必要なインピーダンス変換回路及びMEMSマイクロフォン向けバイパス発生回路を開発し、消費電流500uA、SN比65.9dBのデジタルマイクロフォン用ダイレクトA/D変換回路の開発を行った。
- ・デジタル補聴器向けのデジタル信号処理として、ノイズキャンセル機能や可聴特性改善機能等を実現する為のアルゴリズム研究とそれを最適に実行出来るDSP（Digital Signal Processor）の開発を行うと共に、デジタル補聴器用ICに求められる各要素回路の低電圧化、低消費電流化を目的として研究開発を行い、最終目標を達成した。

《3》マスク設計・描画・検査総合最適化技術開発 [平成18年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院工学系研究科教授 石原 直氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を行った。

研究開発項目①「マスク設計データ処理技術の研究開発」

EDAツールから設計インテントを抽出してデザインインテントファイル（Design Intent File：DIF）を作成し、さらにマスクデータランク（Mask Data Rank：MDR）を作成するツールを次世代プロセスフレンドリー設計技術開発と共同で改良し、主要なEDAツールから、自動的にゲート、クリティカルネット、シールド、ダミー、電源グリッド、リソ・ホットスポットなどのMDRを抽出できるようにした。このツールを使用して、次世代プロセスフレンドリー設計技術開発提供データおよびプロジェクトメンバへのツール貸し出しで描画・検査における時間短縮効果を評価した。繰返しパターン抽出については、平成19年度に実施したデバイスメーカーでの繰返しパターン抽出効率効果検証実験の結果をもとに抽出ツールの改良を行い、改良版ソフトによる検証実験を再度行った。その結果、ライン系データのショット数削減効果の改善を確認した。またキャラクタープロジェクション（Character Projection：CP）マスク作成を考慮したデータ変換フローの設計、基本ソフトウェアの開発を行った。

研究開発項目②「マスク描画装置技術の研究開発」

MCC描画システムのコラム調整用架台上でビーム出しを行ってマルチコラムセル（MCC：Multi Column Cell）-CP描画装置調整技術の開発を開始した。また、本格的エアベアリングステージ上にシステムとして統合組み上げを行い、調整および描画実験を開始した。ランク分け技術に関しても機能評価を開始した。モニタ・自己診断技術については、描画装置監視用システムと自動化描画シミュレータが統合された描画統合監視システムを完成させた。

研究開発項目③「マスク検査装置技術の研究開発」

データ分散処理の高速アルゴリズムを応用した多層データ展開処理機能を検査装置プロト機に適合すべく、展開処理回路の詳細設計を実施した。パターンビューイングソフトを含んだ「レビュー支援機能」を検査装置プロト機システムに結合させ、レビュー工程での繰返し情報を利用した欠陥判定が効率よくできることを検証した。MDRに応じた適応的欠陥判定処理技術を検査装置プロト機システムで試用し、マスク検査での擬似欠陥の減少を確認した。検査装置で欠陥候補とした箇所の設計データを切り取り、転写シミュレーションソフトに引渡す技術を開発した。また追加資金により、「高速・高精度転写シミュレーションシステムおよび応用ソフト」を導入し、本研究の遂行加速を開始した。

平成21年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院工学系研究科教授 石原 直氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を行い、hp45nmにおけるマスク製造に要する時間を、本技術を用いなかった場合のhp65nmの1/2以下にするためのマスク設計・描画・検査総合最適化の基盤技術確立という最終目標を達成した。

研究開発項目①「マスク設計データ処理技術の研究開発」

以下の開発により、パターンデータ量は既存のCAD出力に比べ1/10以下に削減できることを示した。

(1) 共通データフォーマットの開発

設計インテントを抽出し、これをマスク製造で理解できるマスクデータランク（MDR）に変換するフローを開発した。また、アナログデバイスの設計インテント抽出プログラムを開発した。このフローを実デバイスデータに適用してMDRの抽出を行い、MDR適用によるマスク検査およびマスク描画のTAT（Turn Around Time）短縮効果を評価してMDRの有効性を確認した。

(2) 繰返しパターンの高効率利用方法の開発

繰返しパターンを抽出する基本フローを開発し、これにサンプル抽出範囲最適化機能や抽出済み共通CP（Character Projection）を利用する機能を加えて、実用的なフローとした。これをデバイスパターンに適用して、CPマスクを製作した。

研究開発項目②「マスク描画装置技術の研究開発」

以下の開発により、h p 4 5 n mにおけるマスク描画に要する時間を、本技術を用いなかった場合のh p 6 5 n mの1 / 2以下に短縮できることを示した。

(1) C P法による高速・高精度マスク描画技術の開発

C P描画法における描画高精度化対策方法を開発し、C PとV S B (可変成形ビーム) を併用した実デバイスパターンのステージ連続移動描画評価を行った。

(2) モニター・自己診断技術の開発

個々のユニットの動作確認を行い、これらを統合して描画統合監視システムを構築した。また、各種外乱がマスク描画に及ぼす影響を検討して、各種の外乱の閾値を決定した。本システムを実際のマスク描画装置に搭載して、システムとしての一連の動作が出来ることを確認した。

(3) パターン重要度に基づくランク分け描画技術の開発

パターン重要度ランクに応じてビーム静定待ち時間を選択する回路を作製し、必要な精度に対する必要な待ち時間及び最大ビームサイズの案を策定し、評価を行った。

(4) M C C方式並列描画装置技術の開発

1つの電子鏡筒に4コラムを持ったM C C (M u l t i C o l u m n C e l l) - C P方式の電子線描画システムの設計・ユニット製作/評価を行い、ユニットを統合してM C C - C P方式描画システムを構築した。本システムの基本評価を行い、基本的性能が達成されていることを確認した。

研究開発項目③「マスク検査装置技術の研究開発」

以下(1)～(4)で開発した機能をマスク検査装置プロト機と結合し、実データに基づいて製作したプログラム欠陥マスクを使って実検査を行い、マスク検査総時間短縮を確認した。これにより、h p 4 5 n mにおけるマスク検査に要する時間を、本技術を用いなかった場合のh p 6 5 n mの1 / 2以下に短縮できることを示した。

(1) 高速・高精度の検査アルゴリズムの開発

M D Rも含めた多層データを高速に処理するために、多層データ展開回路の製作、専用F P G Aの製作、管理ソフトウェアの製作、検証のためのエミュレーションソフトの製作などを行った。

(2) 繰返しパターン利用による検査効率化技術の開発

「レビュー支援機能」の更なる改良開発を行い、レビュー支援機能の一環としてレビュー時のパターン表示機能の改良を行い、転写性考慮検査時のレビュー画面の視認性を向上した。

(3) パターン重要度に基づく欠陥判定技術の開発

パターン重要度情報に応じた適応的欠陥判定処理技術を開発して、その評価を行って実際のマスク検査で疑似欠陥が減少することを確認した。

(4) 欠陥転写性に基づく欠陥判定技術の開発

欠陥画像を転写シミュレーションソフトに引渡すインターフェース、欠陥箇所周辺のマスクデータ切出し機能、転写シミュレータ制御情報設定G U I (G r a p h i c a l U s e r I n t e r f a c e)の開発を行い、実検査の結果から欠陥のウェハ転写性をシミュレーション出来ることを確認した。

《4》次世代プロセスフレンドリー設計技術開発 [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

民間企業等が実施する実用化開発を支援した。

研究開発項目①「製造性考慮設計の基盤技術開発」

ばらつき考慮に関する統計的タイミング解析効率を25%改善した。また、製造ばらつきを詳細に解析することにより、h p 4 5 n mにおけるサインオフコーナー数をh p 6 5 n mの結果から予測し、ばらつき耐性クロックがサインオフコーナー数削減に効果があることを示した。さらにh p 6 5 n m製造欠陥、リソグラフィ、CMPに起因する歩留まり低下要因を考慮した実用レベルの製造性考慮設計技術フローの実証を行った。リソグラフィ考慮では、製造時に起こると予想されるリソグラフィによるホットスポットを設計段階で100%修正できる可能性があることを示した。また、R T Lプロトタイプング時の低消費電力検証技術の開発を開始した。

研究開発項目②「製造性考慮の標準化技術」

h p 4 5 n m向け標準設計フローを定義し、そのフローでの設計フェーズ間の標準インターフェースを開発し、設計生産性向上の開発シナリオを作成した。

研究開発項目③「新技術事象に対する製造性考慮設計技術開発」

製造後のチップの動作保証するためのシミュレーション時間を大幅に短縮するためのh p 4 5 n mに向けたサインオフコーナーの考えを整理し、コーナ数削減のシナリオを作成し、技術開発項目を明確にした。また、低消費電力設計手法の開発では、動作周波数、電圧を制御させるD V F S (D y n a m i c V o l t a g e F r e q u e n c y S c a l i n g)技術開発に着手した。さらにチップ内の熱勾配や温度変化が予想以上にチップ動作特性へ影響することをつきとめ、平成21年度以降予定されている熱考慮の設計技術開発指針を策定した。

平成21年度においては、以下を実施した。

h p 4 5 n mでの大きな設計課題である低消費電力化技術を主テーマとして取り組んだ。

研究開発項目①「製造性考慮設計の基盤技術開発」

リソグラフィ考慮のユーセージモデルを開発し、この設計フェーズのTATが1/10になる可能性を示した。ばらつき対応としてIRドロップ等の解析手法を開発し、ばらつきマージンを26%から15%に低減させた。

研究開発項目②「製造性考慮の標準化技術」

製造後のチップ特性を考慮した設計と製造のインターフェース技術、大規模ブロックに対して統計的手法に適用可能なライブラリ作成手法、DVFS技術を搭載可能な標準インターフェースの開発を行い、これらの新機能搭載によって設計TATを36%削減できることを示した。

研究開発項目③「新技術事象に対する製造性考慮設計技術開発」

熱考慮のリーク電力最適化技術、RTLプロトタイピングでの電力見積もり技術・最適化技術、多電源時フロアプラン作成技術を開発し、これらにより消費電力が33%削減できる可能性を示した。また、ばらつき耐性クロックの技術開発より、サインオフコーナ数の9から6への削減を達成し、設計時間短縮の実現性の目処を得た。

平成22年度においては、以下を実施した。

設計と製造が統合された製造性考慮設計技術を重点的に組み込んだLSI設計手法を開発することとし、民間企業等が実施する実用化開発を支援し、最終目標を達成した。

研究開発項目①「製造性考慮設計の基盤技術開発」

ストレスに対し、その影響度を解析し、さらにトランジスタの配置位置を調整し、歩留まりが悪化しないように影響度を最適化する技術を開発した。これによりh p 4 5 n m世代においてもh p 9 0 n m世代と同等の設計における製造歩留まり悪化率を実現した。

研究開発項目②「製造性考慮設計の標準化技術」

h p 4 5 n m世代に想定される大規模データの実証実験を行い、実用化に適するように標準設計技術を確立した。22年度の加速によりまとめあげたシリコンインプリメンテーションフローには各種ばらつきを考慮した要素技術をインテグレートし、フロー全体の最適化を実現した。

研究開発項目③「新技術事象に対する製造性考慮設計技術開発」

統合ばらつき考慮設計技術では、実製品に近いテストデータを用い、その効果を実証した。低消費電力対応である多電源サインオフ、h p 4 5 n m世代でのサインオフコーナ数削減手法、統計的なタイミング解析を組み合わせて、サインオフコーナ数、設計制約の最適化技術を開発し、最終目標の設計生産性3倍を実現した。低消費電力対応では、クロックゲーティング、RTLプロトタイピング、DVFS技術を組み合わせ、LSI全体としての電力を最小化する技術を開発し、最先端の低消費電力技術を導入しても設計生産性3倍を達成した。

《5》 パワーエレクトロニクスインバータ基盤技術開発 [平成18年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

高分子素材の発泡等による断熱材分野において、独立行政法人産業技術総合研究所パワーエレクトロニクス研究センター長 荒井 和雄氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高効率・高密度インバータユニット技術開発」

- ・ SiCモジュールを適用した14kVA小型インバータユニットの試作を行い、11kW（14kVA相当）出力時において損失30%以下（対Siインバータユニット比）を実証した。また、試作ユニットの高パワー密度化：10W/cm³（従来比約4倍）を実現した。
- ・ 試作インバータの30kHz（デッドタイム1μsec以下）高キャリア周波数動作を実証した。

研究開発項目②「高効率・高密度インバータ革新的高度化基盤技術開発」

(1) インバータ大容量化基盤技術の研究

結晶欠陥と素子破壊箇所の対応付けを行い、三角欠陥等のエピ欠陥がキラ欠陥であることを明らかにした。また、絶縁破壊箇所特定用TEG構造の試作により、MOSFETの耐圧不良がJFET領域上の酸化膜の破壊によることなどを突き止めた。更に、活性化熱処理プロセスの工夫でSiC基板表面荒れを抑制することで歩留まりを向上させる技術を開発し、5mm□の素子試作に適用してSBD等で高い歩留まりを得た。これらの結果から、5mm□、100A級の素子を達成するのに必要な条件を明確にした。

(2) インバータ信頼性向上基盤技術の研究

5mm□までのMOS構造の信頼性寿命測定、放射光X線トポグラフィー等によるキラ欠陥の同定を進めて、数種のエピ欠陥がキラ欠陥として働き、絶縁破壊電荷を減少させていることを明らかにした。転位欠陥に関して、貫通螺旋転位欠陥は破壊確率を高くするが、市販基板レベルの貫通螺旋転位欠陥密度では、実使用上必要とされる信頼性寿命30年は保証できるとの見通しを示した。また、ドライ酸化とウェット酸化/N₂O/酸化の組み合わせにより、高チャネル移動度と高信頼性を両立

するための酸化膜形成技術の開発に成功した。
(3) インバータ高パワー密度化基盤技術の研究

プロジェクト内製の10A級IEMOSやSBDを用いたインバータ回路の評価試験を行って損失統合設計シミュレータに反映させるとともに、チョップ回路試験の連続動作試験等を通じて手法の妥当性を確認した。これらの結果に基づき、インバータ基本回路のSiC化による損失低減効果を算出し、Si変換器に比べて損失が約70%減となる事を示した。また、高温(250℃)環境動作のための電極形成技術等に関する分析を進め、250℃の環境下で1000時間を超える高温保持試験を行い、良好な接合特性を維持できる事を確認した。これらのことから、50W/cm³の高出力パワー密度を実現するための条件を明確化した。また、各種ウェハ評価装置を活用して得たウェハ情報をもとにキラ欠陥の同定に必要なデータベースの充実を図る共に、ウェハ、エピ外注先との情報交換を行って品質改善の指標を示し、ウェハ品質向上に成果を得た。

《6》先端的SoC製造システム高度制御技術開発 [平成19年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「SoC製造統合制御システム技術の研究開発」

- (a) ウェハ単位で制御するための業務フローを分析し、装置、プロセス、工程、品質の制御機能の役割を機能要求書として定義した。これに基づき基本機能を試作し、システム構成、装置制御基本モデルの検証を完了した。
- (b) 平成19年度までに考案した擾乱対処の要求を実現する制御アルゴリズムの持つべき機能(ウェハ連続供給、条件切り替え削減等)を決定した。工場シミュレータにより各機能についてTAT短縮の効果を確認した。
- (c) 工場業務分析から、総合最適化を図ることを可能とする制御システムに必要なコスト試算、サイクルタイム実態把握・予測の基本的な機能要件の決定とデータ構造の定義を完了した。さらに、コスト試算機能のプロトタイピングにより、工場業務を効率よく実施できる見通しを得た。
- (d) コスト、TAT、歩留まり等の製造性能の向上を可能とする制御システムの基本的な機能要件として、製品品質、装置品質を維持・向上する業務を定義し、業務フローのあるべき姿を定義した。設計、装置等の異なる階層にある制御情報を分析し、業務フローにマッピングした。この結果を用いて製造プロセスの総合最適化を図ることを可能にする制御システムの構成要素の関係を決定し、制御システム全体の機能要求書を作成した。
- (e) (a)から(d)の機能実現に不可欠な情報の共通化技術、実装技術、可視化技術等についての機能要求を決定し、情報の共通化については情報連携基盤のガイドラインを作成した。
- (f) 前工程サイクルタイム、待ち状態、サイクルタイムの構成モデルを定義した。さらに、これら3項目を用いた管理指標を定義した。

研究開発項目②「SoC品質制御システム技術の研究開発」

- (a) 平成19年度で明らかにした露光工程の装置制御機能要件に加え、ウェハの物流(ロット統合等)や品質情報(装置クリーニング実績等)を含めた装置制御システム全体の機能要件を明らかにし、装置が備えるべき機能に関する要件書を作成した。
- (b) 平成19年度で明らかにした、効率的な品質制御方式であるサンプリング手法に基づき、サンプリング周期設定、効果試算等のサンプリング関連業務を効率よく実施するためのサンプリングツールを開発した。

研究開発項目③「SoC製造制御システム実装技術の開発」

適用・検証の対象となる工場のモデルを作成した。また、この工場モデルに基づいて、ロットの処理実績、装置の稼働実績、装置のメンテナンス実績といったコスト試算機能プロトタイプの評価に必要なデータを準備した。

平成21年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「SoC製造統合制御システム技術の研究開発」

- (a) 制御機能の実装方法について検討し、研究開発項目③の実ライン評価の準備を行った。
- (b) プロトタイピングの評価を参加会社で行い、制御システムの課題を抽出し、対応を決め、研究開発項目③の実ライン評価の準備を行った。
- (c) 制御システムのシステム設計を完了し、一部機能のプログラム開発を実施した。また、ソフトウェアの完成予定時期に伴い、実ライン評価に必要な機能の完成予定時期を、初期と実業務適用時期に分けることを決定した。更に、実ライン評価開始時期及び終了予定時期を調整した。
- (d) ガイドラインを本研究開発におけるシステム開発に援用し、課題を明確にし、要望件数110件に対し、59件の改訂(各社の現場で使えるような内容を選択、特に開発事例を充実)を実施した。上記と研究開発項目②の実績を合わせて、研究開発項目③の実ライン評価の準備及び最終目標達成のための土台ができた。

研究開発項目②「SoC品質制御システム技術の研究開発」

- ・ 検査サンプリングツールや平成21年度実施の研究開発項目①(c)記載の制御システムの運用

管理モデルを検討した。

研究開発項目③「S o C製造制御システム実装技術の開発」

- ・平成20年度に作成した要件書に基づき、システム評価条件を明確にし、実ラインにおける具体的な評価方法（適用工程、ライン運用）を決定した。

平成22年度においては、以下を実施した。

ウェハ単位のS o C製造制御を効率的に行うための新たな品質制御システム技術、S o C製造システム全体を統合的に制御し、コスト、TAT（Turn Around Time）、歩留まり等に関し総合最適化を図るための統合制御システム技術、及びこれらの開発技術を製造ラインに適用し有効に機能させるための実装技術を開発することを目的に、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「S o C製造統合制御システム技術の研究開発」

計画内容は実施した。この内容を含む総合的な結果は、③に記載。

研究開発項目②「S o C品質制御システム技術の研究開発」

計画内容は実施した。この内容を含む総合的な結果は、③に記載。

研究開発項目③「S o C製造制御システム実装技術の開発」

計画内容は実施した。この内容は以下の総合的な結果と同様（③の内容は①②の総合効果内容）。

<総合効果評価結果>

- ・O E E向上効果：向上率が40%以上（最大41%）であることを示した。
- ・サイクルタイム短縮効果：0.75日/レイヤ（50%）以上（最大0.85日/レイヤ（57%））の短縮が可能であることを示した。

<研究対象効果結果>

- ・O E E向上効果：向上率が9%以上（9.6%）であることを示した。
- ・サイクルタイム短縮効果：0.2日/レイヤ（13%）以上（0.21日/レイヤ（14%））の短縮が可能であることを示した。

<プラットフォーム効果結果>

- ・開発工数を23~45%低減可能であることを示した。（目標は短縮できることを示す）
- 以上により最終目標値を達成した。

《7》立体構造新機能集積回路（ドリームチップ）技術開発 [平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

基本計画に基づき、民間企業等に広く公募を行い、実施者を選定して東京工業大学 統合研究院 教授 益 一哉氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「多機能高密度三次元化技術」

- ・高速回路シミュレータ用エンジンの開発において、新規アルゴリズムを考案し、現状に対して40倍高速化が可能であることを確認した。
- ・高速ドライバチップ用インターポーザ評価用の高速信号伝送路を設計し、部品内蔵技術の優位性を実証した。さらに、DC-DCコンバータ用インターポーザを試作し、インターポーザ上L C（インダクタおよびキャパシタ）の利用で高効率化することを実証した。
- ・300mm径ウェハ対応/15万端子プローブカードの試作を行い、DC特性評価を完了した。また、評価検討用プローブチップ（LSI）の仕様策定と評価治具設計を行い、そのLSI試作と評価治具の作成を実施した。
- ・三次元集積構造の熱パラメータ測定TEGと、発熱体・温度実測TEGのマスク設計を完了した。さらに、10 μ m接続ピッチTEGを試作し、接続構造・材料をパラメータとした高精度積層接合実装要素技術の検討に着手した。
- ・実証デバイスの基礎検討として、センサ、ADC、高速シリアル・パラレル変換回路の設計を完了した。また高速I/Oドライバの設計製作を実施した。

研究開発項目②「複数周波数対応通信三次元デバイス技術」

- ・700MHz~6GHzに含まれる周波数帯域において動作するRF MEMSデバイスの要素技術開発を行い、スイッチにおいてオン・オフ動作寿命の大きな改善を達成した。
- ・可変インダクタに関しては、3次元電磁界シミュレーション環境を立ち上げ、高周波特性、Q値に優れインダクタンス値を大きく可変できるインダクタの構造を比較検討し、従来のスパイラル型よりもスネーク型の方が有効であるとの結果を得た。
- ・可変アンテナ、可変フィルタ、可変インピーダンス回路に関しては、シミュレーション技術あるいは試作による評価を行い、可変特性を確認した。

研究開発項目③「三次元回路再構成可能デバイス技術」

- ・三次元回路再構成可能デバイスのアーキテクチャに関する検討結果から、シリコン貫通ビアの配置密度、電気的特性等の基本仕様を策定した。さらに、シリコン貫通ビアに要求される仕様に基

づき、三次元積層プロセス（案）を策定した。

- ・三次元回路再構成可能デバイスとして動的再構成型プロセッサ（フレキシブルエンジン）およびFPGAの三次元アーキテクチャの検討を行い、三次元回路再構成可能デバイスの仕様（案）を策定した。
- ・シミュレーション（TCAD）を利用し、三次元回路再構成可能デバイスを実現する上で最適なトランジスタ構造（案）を策定した。

平成21年度においては、以下を実施した。

東京工業大学統合研究院教授 益一哉氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「多機能高密度三次元集積化技術」

(1) 次世代三次元集積化設計技術の研究開発

- ・高速電気回路および高速電磁界シミュレーションエンジンを開発し、それぞれ従来比300倍および100倍程度の高速化を可能にした。
- ・信号品質安定化技術（SI）・電源安定化技術（PI）開発として、高速I/Oドライバ用部品内蔵インターポーザのSI・PIを評価し、電源電圧変動抑制効果を確認した。
- ・補正事業としてベクトルネットワークアナライザを導入し、DC-40GHzの超広帯域かつ0.01Ω以下の低インピーダンス評価を実現した。

(2) 次世代三次元集積化のための評価解析技術の研究開発

- ・300mm径ウェハ対応/30万端子プローブカードの詳細設計を完了し、接触15万接続端子、非接触3.6万端子を有する300mm径ウェハ対応プローブカードの試作およびプローブカード仕様対応プローブチップの設計、試作を行った。また、熱伝導測定装置の構築および積層接合評価解析技術を開発し、接合部の熱伝導率を測定・導出するとともに、試作10μmピッチTEGによる接合実験・評価を行い、微細ピッチ接合の課題を抽出した。
- ・補正事業としてアラインメント装置を導入し、前記300mm径ウェハ対応プローブカードの基本性能を確認した。また、ウェハ温度-40℃~125℃におけるウェハ一括検査用プローバを試作・導入した。

(3) 次世代三次元集積化設計技術及び次世代三次元集積化のための評価解析技術の有効性実証

- ・実証デバイス用設計開発として、各種回路およびアーキテクチャ等の基礎検討を完了し、その評価を開始した。
- ・実証デバイス用プロセス開発において、35μm径マイクロバンプ、TSV形成技術を開発した。補正事業として前記のマイクロバンプ形成等に必要の自動式リソグラフィシステムを導入し、5μm径マイクロバンプ、TSV形成の見通しを得た。
- ・新たな実証デバイスとして、ロジックと超ワイドバスメモリの2チップ構成デバイスの論理レベル設計を完了し、その製作に着手した。

研究開発項目②「複数周波数対応通信三次元デバイス技術」

(1) 複数周波数対応可変RF MEMSデバイスの研究開発

- ・スイッチ、キャパシタ、フィルタ、インダクタの性能改善を行い、700MHz~6GHzをカバーするMEMSスイッチ切替え可変アンテナ等を開発した。また、制御回路を含む可変インダクタチップの0.18μmCMOSプロセスによる設計試作を実施するとともに、各MEMSデバイスの実装技術開発を進めた。
- ・補正事業として、ドライバIC開発を実施してMEMSデバイスとの三次元集積化実装技術を開発した。また、可変キャパシタ内の層間の貼りつきの解決による信頼性大幅向上の目途を得た。この中で信頼性評価システムを構築した。可変フィルタの高周波信号漏洩抑制機能を内蔵する基板を開発し、信号損失の大幅低減を実証した。

(2) 複数周波数対応通信フロントエンド回路の研究開発

- ・フロントエンドを構成する複数のモジュールで使用されるRF MEMSデバイスを制御することのできる制御部の設計を行い、論理検証により制御動作を確認した。

研究開発項目③「三次元回路再構成可能デバイス技術」

(1) 三次元回路再構成可能デバイスに関する三次元集積化技術の研究開発

- ・シリコン貫通ビア、バンプ構造等の基盤技術として、200mm径ウェハを用いてピッチ25μm相当のシリコン貫通ビア、バンプ形成を行った。また、微細バンプを形成したウェハ同士の接合を実施した。

(2) 三次元回路再構成可能デバイスに関するアーキテクチャ及び設計技術の研究開発

- ・三次元FPGAに機能をマッピングするプログラムV2の開発を開発し、マッピングの評価を進めるとともに、定量評価のためのタイル基本回路設計を行った。また、ハイブリッドアーキテクチャ応用システムの評価環境を構築し処理内容の定量化を進めるとともに、デバイスに搭載する機能の0次案を作成した。また、三次元的な積層構造におけるチップ間の通信・制御技術を開発した。

平成22年度においては、以下を実施した。

三次元化技術により、新たな機能の発揮と飛躍的な性能向上を実現する立体構造新機能集積回路技術を開発することを目的に、東京工業大学統合研究院教授 益一哉氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

平成22年度に中間評価を行った。評価委員から、多くの目標を達成していると評価された一方、三次元集積化技術

の確立を待たずに個別応用部品の開発に注力している、類似技術を重複して開発しているなど、効率の良い実施計画・実施体制でないと指摘された。これを反映し、優先度が低い応用部品の開発を中止し、重複を排して、体制を再構築した。平成23年度以降は、二か所で行っていた狭ピッチTSVを用いた薄ウエハの積層接合などの三次元集積化基盤技術の開発を統合し、プロジェクトの軸軸とする。個別応用部品は三次元集積化と組み合わせる意味のある技術に特化して開発する。

平成22年度の開発進捗に関しては次のとおりである。

研究開発項目①「多機能高密度三次元集積化技術」

(1) 次世代三次元集積化設計技術の研究開発

シミュレーション技術開発では、飛躍的に高速な電気系三次元シミュレータを開発するという最終目標を達成し平成22年度で開発を終了。信号品質安定化技術・電源安定化技術開発では、チップ内部ノイズがモニター可能な専用LSIと評価システムを作製して評価し、開発したノイズ低減化技術の有効性を実証する等、信号・電源安定化技術・評価技術を開発した。

(2) 次世代三次元集積化のための評価解析技術の研究開発

一括プロービング技術の研究開発では、端子数30万・転送速度15Gbps・ウエハ径300mmに対応可能な検査基本技術を確認するという最終目標を達成し、平成22年度をもって開発を終了。熱・積層接合評価技術開発では、チップ内の微視的熱伝導評価、新たな一括接合、微小TSVの結晶性や欠陥の評価、薄ウエハ内の不純物分布の制御や応力制御に向けた技術開発などが進展した。

(3) 次世代三次元集積化設計技術及び次世代三次元集積化のための評価解析技術の有効性実証

実証用三次元積層SiPである超ワイドバスメモリ（実証デバイス#1）を構成するロジック、メモリ、インターポーザのウエハ試作までを行い、ウエハ段階で95%前後の良い歩留を得た。同じく実証用高速画像処理SiPの検討としてイメージセンサ、ノイズキラー、AD変換、インターフェース等のチップを評価し目標フレームレート10,000fpsの実現可能性を確認した。リコンフィギャブル機能を目指した要素回路の動作確認も完了した。また、自動車用運転支援画像処理システムの目標策定を開始した。プロセス開発として、Siエッチング・低温CVD装置を導入し10μmピッチのTSV形成・Cuビアフィルめっき・マイクロパンプ形成等の技術を開発した。ウエハ接合では約1μmの貼り合わせ精度を確認する等、要素技術の開発を進めた。

研究開発項目②「複数周波数対応通信三次元デバイス技術」

(1) 複数周波数対応可変RF MEMSデバイスの研究開発

700MHz～6GHzの周波数帯域に対応可能なMEMSデバイスを開発し、それらを組み合わせた回路の動作を実証するという目標の達成に向け、開発を進めた。接点加重を大きくする新設計のMEMSスイッチで寿命が数倍向上し、1.5～2.5GHz帯に対応する周波数可変フィルタ、700MHz～6GHz帯に対応する新たな小型周波数可変アンテナの機能を確認した。また、信頼性向上に向けた新構造の可変インタダクタの基本動作を確認した。

(2) 複数周波数対応通信フロントエンド回路の研究開発

可変フィルタ・可変アンプ・可変低雑音アンプと制御部より構成される、複数周波数対応通信フロントエンド回路を構築し、その性能評価を行った。

研究開発項目③「三次元回路再構成可能デバイス技術」

(1) 三次元回路再構成可能デバイスに関する三次元集積化技術の研究開発

1mm²程度の面積中で1,000ピン以上の接続を可能とするTSV・パンプ構造の開発と実証、5μm以下の精度での位置合わせ技術開発などの目標達成に向けて開発を進め、Cu配線とLow-k絶縁膜を有する65nmノードLSI配線構造において、裏面ビアラスト・プロセスで直径10μmのTSV形成・パンプ形成を行って積層チップを試作し、TSVの基礎的電気特性を取得するとともにTSVの低寄生容量50fF達成の見通しを得た。200mm径ウエハで25μmピッチ相当のCuパンプ形成プロセス等の開発を行い、5μm以下の合わせ精度が得られることを確認した。また、ウエハ薄化後のウエハ厚みばらつきについても200mm径ウエハに対して0.5μm以下に抑制できるなど良い見通しを得た。

(2) 三次元回路再構成可能デバイスに関するアーキテクチャ及び設計技術の研究開発

三次元積層構造を利用した動的リコンフィギャブルプロセッサ、FPGA開発・特性実証に関しては、ネットワークやロボット分野を対象としてその構成や処理内容を検討し、アーキテクチャの設計を行った。また、スケーラブルリコンフィギャブルIOプロセッサの提案・検討・設計を行った。三次元FPGAに機能をマッピングするプログラムを用いたFPGAのアーキテクチャ設計と消費電力を評価、三次元通信回路を搭載したTEGチップの作製・評価を行った。三次元FPGAでは、消費電力あたりのゲート数が二次元の1.35倍と、目標を越えた。

平成23年度においては、以下を実施した。

東京工業大学統合研究院教授 益一哉氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「多機能高密度三次元集積化技術」

(2) 次世代三次元集積化のための評価解析技術の研究開発

- ・TSVの電気特性のモデル化、信頼性設計およびレイアウト仕様の策定、積層チップに適した通信回路方式、電源ノイズを対策する電源回路方式、TSVのテスト・救済方式、積層チップ間同期方式を開発した。
- ・これらの技術を構築するため、要素回路を搭載したTEGチップの設計を行った。

- ・ T S V の設計には周波数依存性や電圧依存性を考慮した設計を行った。
 - ・ 静電破壊や積層によるチップひずみなどの影響を考慮した設計を行った。
 - ・ 次世代三次元集積化共通要素技術として、200mm径以上のウェハを用いたウェハレベルの三次元集積化基本プロセス技術を開発した。
 - ・ ウェハの薄化技術、薄化ウェハへのT S V形成技術、3層以上のウェハ積層技術を開発した。
 - ・ 裏面ビアラストプロセス開発を行った。
 - ・ 3層以上のウェハ積層を行うためにウェハレベルのバンプ保護技術を開発した。
 - ・ 自動車内を想定し、放熱評価用構造体の設計、試作、評価を行い解析技術を開発した。
 - ・ T S V付S iインターポーザ等の超低容量T S Vを低コストで実現する微粉体シリカ焼結絶縁層形成技術の要素技術開発にめどをつけた。
 - ・ 最適な解析手法の選定や、実デバイスからの高精度な物理パラメータ抽出によるインターポーザの高精度設計手法と、デカップリング広帯域化技術を開発し、デジアナ混載回路・多電源化に対応したインターポーザの設計基盤技術の開発を行った。
 - ・ ±1 μ mの高精度ウェハ加工技術、極薄チップ加工技術を確立し、デバイス特性変動機構の解明、薄ウェハにおける結晶欠陥・金属汚染の評価方法の確立とゲッターリング機構の解明を行った。
- (3) 次世代三次元集積化設計技術及び次世代三次元集積化のための評価解析技術の有効性実証
- ・ 超ワイドバスS i Pおよびヘテロジニアス積層構造を実現するために①ノイズ制御、②高性能・低消費電力化の技術開発を行った。
 - ・ ノイズ発生回路・ノイズモニター端子、ノイズ低減用の位相調整回路の搭載、端子テスト回路の組み込み、超多ピンレイアウト及び関連する電源系のレイアウトノウハウの蓄積を主眼とした設計を行った。
 - ・ ノイズ制御のために、S iインターポーザにノイズモニター回路を含む能動素子を搭載し、データ転送仕様をシステム要求に応じて最適化できるアーキテクチャを開発し設計・試作・評価をおこなった。
 - ・ 高性能、低消費電力化のために、ロジックと超ワイドバスメモリ（ビット幅2k本以上、伝送能力100GB/sec以上）をインターポーザで相互接続した三次元積層S i Pの設計・試作・評価を行い、伝送能力や消費電力などの特性面における三次元積層の優位性を検証した。
 - ・ 低コスト化のために、超低容量T S Vの微粉体シリカ焼結絶縁層形成技術を開発した。
 - ・ 画像センサモジュール（S iインターポーザ、有機インターポーザを含む）のコンカレント設計とチップ試作を行い、その実装組み立てに着手した。（H23年度は開発のみ）
 - ・ CMOS半導体デバイス、機能デバイス等を、相互に接続可能とする機械的・電気的インターフェースを設定した。
 - ・ 自動車用運転支援画像処理システムのために、デジアナ混載S i P（画像センサ/CDS/ADC/IFチップ積層）とT S V型デカップリングキャパシタ内蔵インターポーザを開発した。
 - ・ セラミックウェハを用いたMEMSデバイスを試作し、特性を確認した。
 - ・ セラミックMEMSデバイスを搭載した三次元積層技術のデバイス設計とプロセス設計を行った。
 - ・ また、WLPパッケージのMEMSチップを作成し、インターポーザに搭載して性能評価を行った。
 - ・ ヘテロジニアス三次元集積化のための異種ウェハチップ試作と動作検証、およびWLP試作と評価を行った。
 - ・ 200mm以上径ウェハを用い、W2W（Wafer to Wafer）積層技術を開発した。
 - ・ 超ワイドバスメモリ構成ロジックS i Pの評価結果に基づく耐ノイズ性と高速化の改良設計及びウェハ試作を行った。
 - ・ 画像処理システム（視覚支援システム等）に必要なデジアナ混載三次元要素技術の開発を行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

立体構造新機能集積回路技術の開発を目的に、国立大学法人東京工業大学 統合研究院 教授 益 一哉氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「多機能高密度三次元集積化技術」

(2) 次世代三次元集積化のための評価解析技術の研究開発

- ・ 積層チップの位置決めを、粗一近接一接触一半田溶解後の4段階で行うダイナミックアライメント方式を開発した。
- ・ 直径5 μ mの球体形状の接続端子を10 μ m間隔で接続することに成功した。細い電子線で試料を走査し、電子線を当てた座標の情報から対象物の形状を測定する（SEM-デジタル画像相関）方法を構築した。これにより、接続位置精度を25nmの誤差で測定可能となった。
- ・ 周囲温度65℃の下で、4層チップ合計20Wを冷却する方法として、積層チップと基板間に銅製の放熱パイプを挿入し、外部の放熱板と接続する方法を開発。100℃以上あったチップ接合面温度を85℃まで下げること成功した。

(3) 次世代三次元集積化の共通要素技術開発と設計基準策定

アプリチップの試作を通じて、以下の共通要素技術を確立した。

- i) ウェハ積層後の接合面の不純物を除くために水素処理を施したクリーニング技術を確立し、2層積層後に深さ25 μ m、直径8 μ mのビアを生成することに成功。これにより、ウェハの三段積層が実現した。
- i i) 配線の導電層の周りに形成する絶縁層に耐熱性の高いシリカ粉体（フィラー）を用いることでメ

ッキ処理手法が可能となり、従来3工程必要であった絶縁層形成を1工程で実現することに成功。全体の製造工程数を従来の2/3まで低減した。

i i i)

・インブリメンテーション・デザインルールの開発において、電気回路シミュレーション手法として、修正節点解析 (Modify Nodal Analysis) 法と潜在的挿入 (Latency Insertion Method) 法を組み合わせた新たなシミュレーション技術を開発し、従来比較で800倍の高速化 (シミュレーション時間の短縮化) を達成した。

・電磁界シミュレーション技術として従来の時間領域差分法 (Finite Difference Time Domain) を改良し、更にグリッド数低減技術、並列計算技術を適用することで、従来方式に比べて600倍以上の高速化を実現。評価チップの開発では3ヶ月要していた回路設計・電磁界解析作業を0.5日まで短縮することに成功した。

i v) 動作周波数、電源電圧、AC/DC特性などの物理層 (電気的特性)、接続確認用インターフェース等のリンク層、TSVの形状、TSV (Through Silicon Via) の電気的特性の測定方法を規定し、産総研とともにJEITA (Japan Electronics and Information Technology Industries Association) およびSEMI (Semiconductor Equipment and Materials International) に対して標準化提案活動を実施した。

《8》 ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発 [平成21年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

本事業は平成19年度、平成20年度は経済産業省で実施された。平成21年度に行った中間評価では、総合的に見て十分期待に応える優れた研究成果を上げていると評価された。指摘事項であったグループ間の相互連携に関しては、関連学会等で合同シンポジウムを開催した。シーズ技術として既に民間企業に提示できる段階にあるものは実用化に向けた取り組みを検討することとした。また、応用に向けた技術課題と解決のマイルストーンを整理し、基本計画を見直した結果、技術開発の一部を平成21年度で終了とした。

研究開発項目①シリコンナノワイヤ技術

・断面寸法4nm×9nmのシリコンナノワイヤの加工技術、絶縁性基板上の孤立シリコン構造の電気特性計測技術、ナノデバイス・シミュレータ等を開発した。また、ゲート長が10nm以下になった際に顕在化する物理現象を積極的に取り込んだ高性能デバイス実現に向けて、各種極小ゲート長デバイスを先端シリコンプロセスラインで試作し、ワイヤ径24nm、ゲート長50nmでのトランジスタ動作を実証した。

研究開発項目②「次世代メモリ技術」

・低消費電力SRAM技術として、0.5Vの低い電源電圧で十分な動作余裕を確認した。また、新型相変化メモリ技術として、大きな抵抗値差が予想される新規超格子メモリ材料を見出した。ナノギャップ不揮発メモリ技術としては、大容量化に適した縦型素子を開発しメモリ動作を確認した。

研究開発項目③「新材料技術」

・化合物半導体チャネルデバイス技術として、MOSFETを作製し、シリコンチャネルFETを上回る高移動度を実現した。また、カーボンナノチューブデバイス技術として、高密度マルチチャネルFETを作製し動作を実証した。シリコン中の原子空孔評価技術としては、デバイス作製用ボロンドープ基板の原子空孔濃度分布の評価を実施した。

平成22年度においては、以下を実施した。

次世代の電子デバイスのために「シリコンで培った微細化技術やデバイス原理をこれまで同様に活用しながら、シリコンという材料の物理的限界を突破するための“新材料”、“新プロセス”、“新構造”を実現する」半導体技術を、ナノテクノロジーを最大限に活用することによって創生し、将来の産業応用への芽を見出すことを目的に、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「シリコンナノワイヤ技術」

・ゲート長15nm、ナノワイヤ幅11nm・高さ15nmのナノワイヤトランジスタの作製、及びエレベータード・ソース/ドレイン構造の作製に成功し、寄生抵抗の低減と、n型トランジスタのオン電流40%向上を確認した。

研究開発項目②「次世代メモリ技術」

・超格子型相変化メモリにおいてGe原子を集団的にコヒーレントに動作させることで3倍の速さで動作することを示した。また、直径40nmの微細縦型NGSを作製し、N₂ガス封止後のNGS動作を確認した。

研究開発項目③「新材料技術」

・化合物半導体チャネルトランジスタでは、InP上のエピ層の構造に工夫を加えることにより、3.2nmの極薄のIII-V-OI層の形成に成功した。また、原子空孔濃度評価では、高分解能化に

適した横波超音波を用いた空孔濃度評価技術を開発した。

なお、平成23年度以降は「低炭素社会を実現する超低電圧ナノエレクトロニクスプロジェクト」に統合して実施した。

《9》極低電力回路・システム技術開発（グリーンITプロジェクト）[平成21年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

基本計画に基づき、民間企業等に広く公募を行い、実施者を選定して以下の研究開発を実施した。研究開発の体制構築にあたっては、産学連携を推進すると共に、異なる提案者間でのコンビネーションと研究開発項目の補完、全体としての研究開発目標の方向性統一、知財の共有等を条件として、よりナショナルプロジェクトとしての効果を高める条件を付して採択した。

研究開発項目①「ロジック回路技術開発」

- ・回路シミュレーションと65nmTEG測定により低電圧動作時特性を評価し、評価項目として動作下限電圧(VDDmin)とその回路規模依存性と回路種依存性の検討を行った。また、エラーレートを評価項目として測定する機能を搭載した整数演算TEGを65nmCMOSで設計、試作した。
- ・回路動作課題を抽出するための統計データを取得可能なアレイTEGを65nmCMOSで開発し、評価解析の準備を進めた。

研究開発項目②「メモリ回路技術開発」

- ・極低電圧でのSRAM消費電力の解析に基づき、低電圧かつ低消費電力動作を実現するメモリセル動作アシスト回路を提案し、従来技術と比較して1/2以下の消費電力を達成する目処を得るとともに、回路検証用TEGを65nmCMOSで設計、試作した。

研究開発項目③「アナログ回路技術開発」

- ・ジッタを悪化させる雑音源をモデル化し、システムシミュレーションにより、システムレベルでジッタの解析を行った。
- ・低電圧動作PLLを実現するために、デジタル制御による離散型回路のPLLを開発し、要素回路を65nmCMOSで設計、試作し、動作を確認した。また、ばらつきを考慮したキャリブレーション方式による補正方法を検討し、システムシミュレーションによりその有効性を確認した。

研究開発項目④「電源回路技術開発」

- ・協調制御に適した電源構成に関して、「DC-DCコンバータ」「リアレギュレータ」「チャージポンプ」の複合的組み合わせを検討し、これら要素回路を65nmCMOSで設計、試作した。
- ・ロジック側の安定動作のための電源回路への要求仕様を集め、実現すべき適応型協調制御用0.5V電源システムの仕様を検討し、0.5V電源システムの概念設計を行った。

研究開発項目⑥「低電力無線/チップ間ワイヤレス技術」

- ・50pJ/bit以下の低消費電力特性を最終目標とするミリ波送受信器、非接触インターフェース、低電力無線の各アーキテクチャ設計を行うとともに、要素回路を、65nmCMOSで設計、試作した。

平成22年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトは、グリーンITプロジェクトの一環として、極低電圧技術と極低電力無線通信技術を開発し、これら要素技術の主要部分を統合最適化する技術により、半導体集積回路(LSI)の低消費電力化を図る。同じ処理を行うための消費エネルギーを従来技術に比べ1/10以下に削減することを目的に、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①ロジック回路技術開発

- ・最低可動電圧VDDminと極低電圧ばらつき特性について回路TEGの評価を進め、極低電圧動作課題として①順序回路(DF)の低電圧化②ランダムばらつき対策が重要であることを確認した。
- ・65nm、16ビット整数演算回路TEGの評価を行うとともに、VDDminとばらつき課題への対応を改良したゲートレベルばらつき考慮技術やロジック向け冗長回路技術の40nm回路TEGの設計、試作を行った。これにより、0.5Vを下回るVDDminでエネルギー効率従来比で5倍以上改善出来た。
- ・規模によるばらつき課題への対応を改良した細粒度電源タイミング制御技術の40nm回路TEGの設計、試作を行い、電力が従来より25%以上削減される効果を得た。電気ストレス技術のロジック応用の検討を進め、クロックスキュー(場所によるタイミングのばらつき)を約1/10に低減できた。
- ・大規模ロジック回路の設計に着手し、0.5Vライブラリを用いた40nm自動配置配線試行TEGを設計、試作した。
- ・以上により、ロジック消費電力を従来技術の3/10に低減する見通しを得た。

研究開発項目②メモリ回路技術開発

- ・SRAMメモリ周辺回路を制御する高度アシスト回路技術の基礎検討の検証のためのTEG評価

を行い、その結果をもとに高度アシスト回路の設計と評価を行った。その結果、アクティブ電力を従来技術の12%に削減できた。

- ・メモリセル構造の絞り込みのためのTEG評価を行い、新規メモリアレイの設計を行った。その結果、0.5Vで従来技術より速度を10倍改善し電力を3/10に低減した。
- ・メモリセルストレス印加回路アレイの設計、試作、評価を行い、動作下限電源電圧を13%低減出来た。
- ・以上により、メモリ消費電力を従来技術の3/10に低減する見通しを得た。

研究開発項目③アナログ回路技術開発

- ・極低電圧動作PLL要素回路の設計、試作、評価を行い、多相発振器(DCO)で $0.3\mu\text{W}/\text{MHz}$ 、位相検出器(TPC)で $1\mu\text{W}/\text{MHz}$ の所要性能を満たすことを確認した。また、ばらつきを考慮したキャリブレーション方式の設計、試作、評価を行い所望の10ps時間分解能を確認した。これらにより、要素回路並びにキャリブレーションの最終方式を確定した。
- ・一部外部回路を用いてPLLシステム全体を構築し、PLL動作の確認をした。
- ・0.5V動作のADCの電力削減方式を考案し、その有効性をシステムシミュレーションで確認し、従来技術の1/10に削減する見通しを得た。

研究開発項目④電源回路技術開発

- ・デジタル制御降圧電源回路などの0.5V動作の電源回路の要素回路を新規開発し、設計・試作・評価し、入力電圧0.5V、出力電圧0.35V~0.45V、出力負荷電流 $200\mu\text{A}$ のレギュレータ動作を達成した。
- ・適応型協調制御用0.5V電源システム仕様に基づき、ロジックと電源の協調制御TEGを設計、試作を行った。
- ・チップ全体の省電力効果を顕著なものにするために、極低電圧で動作する高効率電源回路の設計に着手した。
- ・以上により、0.5Vチップの安定動作に必要な電源回路要素技術を確立できる見通しを得た。

研究開発項目⑥低電力無線/チップ間ワイヤレス技術

- ・短ミリ波帯無線通信方式の技術開発において、短ミリ波帯における65nmCMOSデバイスモデルの確立と、それに基づいた100GHz超送受信有線回路の設計、試作を行い、通信動作を実証した。更に、低消費電力化に向けての課題を確認し、従来技術(化合物半導体InP)の1/50に低減する見通しを得た。
- ・非接触インターフェイスの技術開発において、65nmCMOSTEGでパルス送信機及び受信機の0.5Vでの動作確認を行なった。ノイズ除去機能付きデジタル方式クロック再生回路を設計、試作し動作の有効性を確認した。いずれも、要素回路レベルで目標の低電力特性(従来技術の1/10)を満たすことを確認した。
- ・低電力無線技術開発において、システム全体を0.5V動作とする新アーキテクチャの有効性をシミュレーションで確認し、消費電力を従来技術の1/10に低減する見通しを得た。

研究開発項目⑦低消費電力メニューコア用アーキテクチャとコンパイラ技術

22年度に研究開発項目を拡充し、追加公募により委託先を決定した。

- ・低消費電力メニューコア用アーキテクチャの検討に着手し、メニューコア・ドメインの基本アーキテクチャを開発した。
- ・提案する技術を適用するアプリケーション拡大に向けた検討に着手した。

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「ロジック回路技術」

- ・最低動作電圧(VDDmin)とばらつき課題への対応を改良したFF(Flip Flop)と電源分離法を用いた40nm、16ビット整数演算回路TEGを測定し、0.365V動作で従来の1/11に相当する 0.508pJ の処理エネルギーと、エラーレート 1.39×10^{-11} の結果を得た。
- ・実用規模回路に向けて細粒度複数電圧制御技術の40nm回路TEGの評価を進め、8%~12%の低消費電力化が可能であることを実証した。
- ・上記開発技術により、最終目標の消費電力1/10以下とエラーレート 1×10^{-10} を達成した。
- ・更に、CPUコアを題材として、0.5Vライブラリを用いたSoC設計フローによる大規模ロジック回路設計、試作、評価を行い、0.5V(2MHz動作)のCPUコアの動作下限が0.3V(25kHz以下で動作)であることを確認するとともに、設計課題を明らかにした。

研究開発項目②「メモリ回路技術」

- ・SRAMメモリ周辺回路を制御する高度アシスト回路の試作、評価を行い、従来技術の1/11に相当する $14.6\text{pJ}/\text{Mbit}$ の低消費電力特性を得た。最終目標の1Mbitあたり消費電力1/10を達成した。

研究開発項目③「アナログ回路技術」

- ・0.5V動作のデジタル制御PLLシステムを設計、試作、評価し、3%以下の低ジッタ性能及び90クロック以下の高速応答、ロジックを含めた動作実証した。これにより最終目標を達成した。
- ・0.5V動作の電圧制御発信器(VCO)を含むPLLは、平成22年度末で未達の2項目(消

費電力、位相雑音@20KHz-offset)を解決策する実証チップ設計を完了し、計画通り作製中である。目標は達成の見込みである。

- ・0.5V動作のアナログフロントエンド(AFE)回路となる最小分解能が4mV相当以下のアナログデジタルコンバータ(ADC)を開発し、製品レベルの従来技術より一桁以上少なくかつ世界最小レベルの低消費電力動作を達成した。

研究開発項目④「電源回路技術」

- ・電源電圧0.5V動作LSI向け電源回路・システムを設計、試作、評価し、電源回路の入力電圧が20%変動してもロジック回路が安定に動作することを確認し、高い動作マージンを実証した。最終目標を達成した。

研究開発項目⑤「極低電力LSIチップ統合最適化技術」

- ・開発された極低電圧要素回路技術の主要部分を統合し、省エネ制御と統合電源システムを組み合わせた極低電力LSIチップ設計手法の開発に着手した。
- ・極低電力LSIチップにはロジックとメモリのコア部分からなるチップ(Aチップ)に加えて、電源、PLL、ADCも内蔵しデータ処理が出来るチップ(Bチップ)に向けたコア開発ならびにプロトタイプ版詳細設計に着手した。

研究開発項目⑥「低電力無線/チップ間ワイヤレス技術」

- ・短ミリ波帯無線通信方式の技術開発において、135GHz送受信機で5Gbpsの無線通信を実現した。伝送速度の高速化を図るとともに、最終目標達成に求められるデバイスモデルの精度向上を行った。
- ・非接触インターフェースの技術開発において、ノイズ除去機能付きクロック再生回路の動作を確認するとともに、クロック再生回路を含む単一チャンネル送受信機を評価して0.9Gbpsの伝送速度を得た。単一チャンネルの目標性能を達成した。
- ・低電力無線技術用新アーキテクチャによる送受信機の試作と特性評価を行い、送信機で52pJ/bit、受信機で32pJ/bitの低消費電力特性を得た。最終目標達成に向けての課題を絞り込んだ。

研究開発項目⑦「低消費電力メニーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術」

- ・仮想アクセラレータ向けに合成・マッピング・自動並列化の機能をもったコンパイラを開発し、簡易シミュレーションによって従来技術と比べ2倍以上の性能向上が可能であることを検証した。
- ・より実用的な研究開発を行うため、ビデオ・マイニングに適したスケーラブルなヘテロニアス・メニーコア・アーキテクチャの検討を進めた。本アーキテクチャの機能検証を加速するため、大規模ハードウェアエミュレータについて、有効性をコンパイル時間、エミュレーション速度、デバッグ容易性、大規模デザインへの適用性等の指標に基づいて評価した。
- ・低消費電力メニーコアの技術普及、適用アプリケーションの拡大に向けた市場調査等の検討を行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

将来のネットワークシステムに使われる、半導体集積回路(LSI)の低消費電力化を目的とし、以下の研究開発を実施。

研究開発項目⑤極低電力LSIチップ統合最適化技術

- ・ロジック、メモリ、電源を統合し、ロジックとメモリをそれぞれの最適な電圧と周波数で動作させるチップアーキテクチャを統合した、統合Aチップで開発し、従来技術に比べて1/10以下の低消費電力特性を得られることを実証した。また、ロジック、メモリ、電源と位相同期回路(PLL: phase locked loop)、アナログーデジタル変換回路(ADC: analog to digital converter)を統合した大規模な統合Bチップでは、低電圧動作での動画処理を実現した。これら統合チップの実測により、それぞれの目標の低電力特性を達成した。

研究開発項目⑥低電力無線/チップ間ワイヤレス技術

- ・周波数帯の異なる短ミリ波無線、チップ間通信、低電力無線の3テーマで研究開発を行った。それぞれ、相補型金属酸化膜半導体(CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor)としては初の短ミリ波無線送受信、ノイズ除去機能付き磁界結合通信、オール0.5V送受信回路に成功し、各分野で世界最小の低消費電力特性で最終目標(50pJ/bit以下)を達成した。

研究開発項目⑦低消費電力メニーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術

- ・新しく設計・開発したメニーコアアーキテクチャに基づいた総合評価環境を構築して評価用ベンチマークによる実証、メニーコア指向のビデオマイニングアプリケーションの開発・評価、メニーコア向けコンパイラの開発・評価を行い、従来技術と比べて電力当たりの処理性能2倍、消費電力量1/10を実現し最終目標を達成した。

《10》次世代パワーエレクトロニクス技術開発(グリーンITプロジェクト)[平成21年度~平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

基本計画に基づき、民間企業等に広く公募を行い、実施者を選定して以下の研究開発を実施した。研究開発の体制構築にあたっては、産学連携を推進すると共に、国内を代表する電機メーカーから成る技術研究組合に、成果の出口を見据えて自動車メーカーを加えた。

研究開発項目①「SiCパワーデバイスを用いたデータセンタ用サーバ電源技術開発」

大容量化、オン抵抗低減に向けてデバイス開発を進めつつ、開発用装置を立上げた。また、開発課題として、さらなる大電流化におけるゲート電圧の低下が課題であることを明らかにした。サーバ電源の駆動方式として、高速スイッチング動作の有効性と実現性を確認するとともに、安定動作確保のための指針を策定した。

研究開発項目②「SiCパワーデバイスを用いた太陽光発電用パワーコンディショナ技術開発」

パワーコンディショナ用電力変換器用デバイスのプロセス上の開発課題を検討し、その解決に向けて、3インチウエハ用プロセスの構築、大電流デバイスのオンウエハ評価、連続通電評価など設備を導入した。また回路・システム上の課題抽出のために高速スイッチングデータを取得し、2レベル主回路構造で目標を達成する見通しを得た。

研究開発項目③「次世代SiCパワーデバイス・電力変換器基盤技術開発」

(1) 電力変換器用SiCスイッチングデバイス基盤技術

新デバイス開発においては、UMOS構造におけるチャネル移動度と閾値電圧のデバイス要素構造(角度)依存性を調べて最適角度を検討した。新規犠牲酸化炉プロセスを導入完了した。また、高温での破壊耐量測定等の評価環境を整えた。更にゲート酸化膜の界面準位密度を低減させる新規プロセスを開発しチャネル移動度を阻害する原因を低減した。

(2) 高温動作電力変換器設計試作技術

高温実装技術開発として、250℃での高温ハンダの強度を確認するとともに、素子の高温動作特性測定などの要素試験を進めた。また、電極のエレクトロマイグレーションへの耐性向上、配線基板の表面処理技術等の要素技術を開発した。高温課通電試験・高温ダイシエアテスト等の装置準備を行い、素子の高温動作特性や各種部材の物性値の温度特性等を設計体系に導入した。

平成22年度においては、以下を実施した。

グリーンITプロジェクトの一環として、次世代SiCスイッチングデバイスを用いたデータセンタや、その電力源としての分散型太陽光発電システムに用いる電力制御機器実用化技術を確認することを目的に、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「SiCパワーデバイスを用いたデータセンタ用サーバ電源技術開発」

(1) SiC接合FETおよびショットキーダイオードの開発

耐圧600V・電流20Aの接合FETとショットキーダイオード、および耐圧600V・40Aのショットキーダイオードを開発した。電流20Aの接合FETにおいて、接合FETのオン抵抗率が $2.5\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ であることを実証し、またショットキーダイオードは40A・オン電圧2.0V以下を達成した。

さらに、信頼性の一次評価として、試作した接合FETやダイオードのブロッキング試験や通電試験を行い、問題がないことを確認した。

(2) サーバ用回路・電源システム技術の開発

20A級のSiC-接合FETの電流・電圧特性、ゲート容量特性などの基本特性の取得を完了し、帰還容量の大きいSiC-接合FETをPFC回路に適用した場合の回路の高効率化の検討を開始した。また、SiC-接合FETを2並列にして、スイッチング試験を開始した。

平成21年度に導入した電源の効率評価装置を活用し、サーバ用電源として多く用いられている750W電源の効率評価を実施し、効率評価環境を立ち上げた。

研究開発項目②「SiCパワーデバイスを用いた太陽光発電用パワーコンディショナ技術開発」

デバイス開発においては、MOSFETの低オン抵抗化に向けた開発を実施した。具体的には、MOS界面特性の向上のためゲート酸化膜形成時の窒化プロセスの高度化及び3Dシミュレーションの活用によるデバイス構造の最適化を行い、低オン抵抗化を検証するためのTEG評価を行った。

回路・システム開発においては、フィルタの最適設計手法開発として、各種のコア材、巻き線形状でのフィルタの損失特性、周波数特性の精密評価を実施し、平成22年度試作評価予定のミニモデル向けフィルタを試作した。平成21年度に実施した主回路方式による損失推定に、前記評価検討において得られたフィルタの損失データを適用し、変換器とフィルタを含めた総合損失推定の精度を向上させた。また、太陽光発電用パワーコンディショナの高効率を実現する主回路方式の最適化設計を行い、数kW級の太陽光発電用パワーコンディショナのミニモデルを設計試作し静特性および動特性を評価した。

以上の結果より30kW級の太陽光発電用パワーコンディショナのプロトタイプの定格運転時の効率が98%以上となる見通しを得た。

研究開発項目③「次世代SiC 電力変換器基盤技術開発」

200～250℃の素子温度を想定した高温実装技術開発においては、AuGe高温ハンダによる電極接合の高温環境下における信頼性の評価を進め、電極接合の劣化機構を明らかにし、その抑制に大きな効果を持つプロセスを開発した。並行して、高温実装のシミュレーション技術の開発を進め、ハンダ領域の熱応力分布を分析した。

高温高出力パワー密度電力変換器の設計・製作技術開発においては、SiC素子の高速スイッチング動作における課題である過渡的な高電圧スパイク発生のメカニズムを解明し、その解析モデルを提案した。

定格400V/出力10kWオールSiC空冷3相インバータ（1次試作）を製作し、連続出力試験において、 $T_j = 200^\circ\text{C}$ 、パワー密度20kW/L（世界最高）を達成した。使用したSiCパワー素子はJFETとJBS（SBD）である。本試作に向けては以下の高温実装、熱設計、駆動回路における要素技術を開発して適用した。高温実装においては、 300°C で3000時間の寿命を有し、 $-40^\circ\text{C} \leftrightarrow 300^\circ\text{C}$ 冷熱サイクル試験において1500サイクル超の寿命を有する高温高信頼AuGeダイ接合技術を確立した。また、パワーデバイスの温度特性に依存して冷却フィンのサイズが最小にできる事実を見出し、それを利用した最適設計法を樹立した。さらに、高温で高い熱伝導と機械的強度を両立できるセラミック基板-冷却フィン直結型モジュールを提案し、同構造を実現するための独自のアセンブリプロセスを開発した。また、駆動技術においては、SiCデバイスの高速スイッチング性を最大限に発揮できる新たな高速ゲート駆動回路を開発した。直列接続したデバイスの誤点弧というSiC固有の大きな課題を解決する新技術を開発した。

上記インバータ1次試作から得た知見を踏まえ、更なる高パワー密度を目指したインバータ2次試作を企画し、設計を完了し一部の試作を進めた。

なお、平成23年度以降は「低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト」に統合して実施した。

《11》低炭素社会を実現する超低電圧ナノエレクトロニクスプロジェクト [平成22年度補正] [平成21年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトは、経済産業省が、企業、大学等の研究機関（委託先から再委託された研究開発実施者を含む）から公募によって研究開発実施者を選定し、共同研究契約等を締結する研究体を構築して、開始したものである。NEDOは、平成23年3月に運営・管理を承継した。

平成23年度においては、以下を実施した。

事業項目I「低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト」

研究開発項目①「ロジック集積回路内1次メモリを対象とした、高集積・高速特性・高書き換え耐性などの機能を有する超低電圧・不揮発デバイスの開発」

- ・磁性変化デバイスの研究開発を行い、そのデバイス構造および要素プロセスとして、トップピン構造、界面垂直磁化膜/材料垂直磁化膜の多層構造、プロセス歪の導入、CoFeシード層上にMg後酸化トンネル膜を形成した構造の採用を決定し、その基本プロセスフローを構築した。
- ・磁性変化デバイスの多値化の検討を行い、トップピン積層構造、一括加工方式、高速読み出し手法などの、多値デバイス設計指針を得た。
- ・回路シミュレーションに適したMTJ (Magnetic Tunnel Junction) のコンパクトモデルを提案し、実測値との整合性を確認した。
- ・300mmウェハで、2層Cu配線間への磁性変化デバイスの埋め込みフロー案を作成し、それに沿った試作を行い、動作を確認した。
- ・350°CのBEOL製造基盤に対して、上記デバイスの特性劣化が実用上問題ないことを実証した。
- ・磁性変化デバイスを、CMOSとCu配線が形成された300mm基板に埋め込むための集積化プロセス構築に着手した。

研究開発項目②「外部記憶の高速低電力データ転送を実現する、高集積・高速低電力書き込み特性などの機能を有する超低電圧・不揮発デバイスの開発」

- ・相変化材料および熱拡散防止層の材料開発を行い、元素添加実験により、これらの材料の抵抗値を10倍以上に制御する指針を得た。さらに、シミュレーションを行い、相変化材料と熱拡散防止層の抵抗値制御により、外部記憶向けの書き込み電力0.1倍～0.85倍化が得られる見出しを示した。
- ・外部記憶向け素子材料の成膜および加工技術の開発を行い、金属/Ge₂Sb₂Te₅をパターンニングすることに成功した。さらに、抵抗素子（1R素子）を単体デバイスとして試作し、メモリ動作を実証することで、開発した素子材料技術が、BEOL設計・製造基盤に整合する製造プロセスであることを示した。
- ・ポリSiダイオードの電界緩和と電極金属の拡散を防止する成膜・アニール技術を開発した。さらに、金属/p-Si/i-Si/n-Si/金属の積層をパターンニングする加工技術を開発して、ポリSiダイオードのクロスポイント選択スイッチを単体デバイスとして試作し、動作を実証した。
- ・外部記憶向け素子材料を、CMOSとCu配線が形成された300mm基板に埋め込むための集積化プロセス構築に着手した。

研究開発項目③「配線切り換えを可能とするスイッチを対象とした、低電流・高速書き換え、高オン・オフ抵抗比、小面積などの機能を有する超低電圧・不揮発スイッチデバイスの開発」

- ・低電圧書き換え時の信頼性劣化を抑制でき、低電圧、低電流動作に対応した3端子型のデバイス構造を開発し、2Vでの書き込みと10年の信頼性を実現した。また、固体電解質材料としてPSEを用いることにより、スイッチの高いOFF信頼性が得られることを示した。
- ・原子移動型スイッチの抵抗変化状態の伝導機構をモデリングした。
- ・原子移動型スイッチのしきい電圧ばらつきの原因として、下部電極であるCu表面のラフネスおよびCuと固体電解質の界面の低酸化状態のバルブメタルの存在であることを明らかにし、しきい電圧ばらつきを改善した原子移動型スイッチの製造プロセスを構築した。さらに、65nmのCMOS基板上に、BEOL設計・製造基盤に整合した、「原子移動型スイッチ」、「ローカル配線」、「セミグローバル配線」の形成プロセスを構築した。
- ・構築した形成プロセスにより製造した、原子移動型スイッチの正常な抵抗変化動作を確認し、製造プロセスに起因するスイッチ特性の劣化がないことを示した。
- ・原子移動型スイッチ素子を、CMOSとCu配線が形成された300mm基板に埋め込むための集積化プロセス構築に着手した。

研究開発項目④「集積回路チップ内において、機能ブロックの三次元集積を実現するための、微細幅・超低電気抵抗、超高アスペクト比配線・材料技術の開発」

- ・横方向配線用多層グラフェンの低温成長（ $\sim 600^\circ\text{C}$ ）をプラズマCVD（Chemical Vapor Deposition）により実現するとともに、触媒段差を起点とする低温固有の成長機構を明らかにした。
- ・剥離グラフェンで横方向配線評価構造を電子ビームリソグラフィにより作成し、基礎的な配線特性（シート抵抗 $\approx 300\Omega/\square$ ）を実証した。
- ・300mm成長装置に触媒Ni-CVDモジュールとナノカーボン熱CVDモジュールを導入して、300mm基板全面で、コンタクトホール底に適用可能な高密度カーボンナノチューブ（CNT）成長（密度 $1\sim 2\times 10^{11}/\text{cm}^2$ ）を実証した。
- ・高アスペクト比（AR）コンタクトホール埋め込み用に、CNTの固定化プロセス（SOG含浸、硬化）を構築し、300mm基板でCNT固定層の割れ・欠けのないCMP（Chemical Mechanical Polishing）研磨を実証した。
- ・アスペクト比（AR）1～4及び10のホールTEGを作製し、AR～4でのCNT埋め込みを実証するとともに、AR～10でのCNT成長評価を行って、ホール底からのCNT成長を確認した。
- ・微細直径（90nm）、超高アスペクト比（ ≥ 16 ）のコンタクトホールへのナノカーボン材料埋め込み実証に向けた、ナノカーボン成長・評価用TEGの作製、300mmでのナノカーボン成長・加工プロセス開発、及び、集積化技術開発に着手した。

研究開発項目⑤「CMOSトランジスタの超低電圧動作、及びリーク電流抑制を同時に実現するための、低しきい値ばらつきトランジスタを集積化するための技術開発、並びに、この技術を用いた高集積機能素子における低電圧動作実証」

- ・低電圧動作のために最適な特性、かつ低ばらつきとなる構造を考案し、試作したデバイスで特性を確認した。
- ・試作したトランジスタのばらつき評価を行い、局所しきい電圧ばらつきが、1万个以上のトランジスタで、平均 ± 0.06 （ $\pm 4\sigma$ ）V以下となることを示した。
- ・ナノトランジスタとバルクCMOSを共存させたハイブリッド構造の集積化プロセスを構築し、各トランジスタの正常動作を確認した。
- ・SRAM動作検証用TEGを用いて、ナノトランジスタ構造デバイスによるSRAMの0.4Vにおける動作性能を検証した。
- ・基板バイアス電圧印加を行うことが可能なナノトランジスタ構造用最適化セルライブラリ、さらに超低電圧LSIを構築するための設計手法と設計フローを開発し、回路検証用TEGを作成した。
- ・低い電源電圧に動作を最適化し、基板バイアス制御技術を適用したナノトランジスタ構造デバイスを集積した1Mbit以上のSRAMでの、0.4V動作実証に着手した。
- ・従来デバイスに比較して消費電力を1/10に低減できる基盤技術の確立と実用化回路レベルでの達成目処の提示に向けた基本検討に着手した。

研究開発項目⑥「BEOL設計・製造基盤（プラットフォーム）開発」

- ・SCR300mmラインで、LSI製造ラインで形成した多層配線/CMOS基板上にファイン配線、およびグローバル配線を形成する配線製造基盤技術を開発し、CMOS特性、配線特性が所望の特性を実現していることを確認した。
- ・新材料の汚染管理手法として、「エッジカットリングによる新材料付着防止」「薬液による新材料除去」「新材料上HDP膜による汚染拡散防止」「FOUP（Front Opening Unified Pod）によるハンドリング管理」の4つの管理手法を検討し、効果を確認した。
- ・連携ファブPDK（Process Design Kit）として、LSI製造ラインPDKとSCR-PDKを統合した設計ルールを策定し、試作に適用して効果を確認した。さらに、配

線特性パラメータの取得、OPC (Optical Proximity Correction : 光近接効果補正) データの取得とOPCモデルの構築を行った。

事業項目 II 「ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発」

研究開発項目② 「次世代メモリ技術 / (1) 新構造FinFETによるSRAM技術の研究開発」

(1) 立体構造FinFET技術の研究開発

・ Flex-Pass-Gate SRAMへの上記FinFET導入を行った。

(2) 4端子FinFETを用いた低消費電力・高ノイズ耐性SRAM回路技術の研究開発

・ (1) で確立した微細4端子FinFETを用いたSRAMアレイを試作し、特性評価・解析によりIPを確立した。

・ 従来トランジスタと比較して、セル面積増加なしに、動作余裕を1.5倍に、待機時消費電力を1/20にできることを示した。

研究開発項目② 「次世代メモリ技術 / (3) ナノギャップ不揮発性メモリ技術の研究開発」

(1) 平面先鋭型金属ナノギャップ素子およびその基本特性評価技術の開発

・ ナノギャップ領域が極限的に微細化してもNGSメモリ動作することを検証するために、中間目標のデバイスサイズよりもさらに微細化した、ギャップ長5nm、ギャップ幅10nmの電極を有する平面型NGS素子を開発した。

平成21年度までに開発した高感度ナノプローブ計測評価技術をさらに発展させ、AFM散逸計測などのナノプローブ物性計測法を用いてナノギャップ部の物性変化を測定することにより、長時間動作後のナノギャップ部の電気特性変化や組成変化を評価した。

(2) 金属ナノギャップメモリ・デバイスの研究開発

・ 縦型NGS素子の微細化を進めるとともに、4kbitのデバイスを試作・評価し、下記の性能を実証した。

・ 高速性：100ns以下の書き換えスピード

・ 稠密性：上下電極交点のViahole径でφ40nm

・ 書き換え耐性：10⁶回以上

また、このデバイスを用いてNGS素子の特性バラツキを評価した。

(3) 高性能メモリ金属ナノギャップ素子の研究開発

・ 素子特性として、最大電流値20μA以下、動作電圧5V程度を実現した。

研究開発項目③ 「新材料技術 / シリコンプラットフォーム上III-V族半導体チャネルトランジスタ技術の研究開発」

・ Si上あるいは絶縁膜上のnチャネルIII-V族半導体チャネルMISFETの作製技術を開発し、その高移動度動作を実証した。

・ Si上のIII-V MISFETの最適素子構造・材料の明確化を進め、CMOSプラットフォームへの適用性を明らかにすると共に、将来のCMOS構造への集積化の可能性を検証した。

研究開発項目③ 「新材料技術 / (3) シリコンウェハ中の原子空孔濃度定量評価技術の研究開発」

(1) 超音波計測を用いた原子空孔濃度分析の研究開発

・ 超音波計測によって低温ソフト化の量を測定することで、産業界で実用化が進んでいる完全結晶ウェハの原子空孔濃度の面内分布の分析技術を確立した。

(2) 原子空孔のナノレベルシミュレーション技術の研究開発

・ 超音波計測の結果と比較しながら、大規模ナノレベルシミュレーションを行い、原子空孔軌道と超音波歪みとの結合定数を求め、産業界で実用化が進んでいる完全結晶ウェハ中の原子空孔濃度の評価に適用した。

(3) シリコン結晶中の原子空孔分布計測と欠陥制御技術の開発

・ as-grown結晶欠陥分布を決定する結晶育成時の熱履歴を厳密に制御する事で、原子空孔濃度を制御したデバイス評価に適した完全結晶ウェハを作製することを可能にした。

(4) 原子空孔濃度を評価した完全結晶ウェハを用いたデバイスの動作特性評価

・ 低温超音波計測により原子空孔濃度を予め評価した完全結晶ウェハを用いてテストデバイスを作製し、原子空孔濃度とデバイス特性との関連を調査し、次世代の完全結晶ウェハを用いたデバイス製造のための基礎技術を確立した。

平成24年度においては、以下を実施した。

事業項目 I 「低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト」

研究開発項目① 「ロジック集積回路内1次メモリを対象とした、高集積・高速特性・高書き換え耐性などの機能を有する超低電圧・不揮発デバイスの開発」

・ 磁性変化デバイスの材料や構造の研究開発を行い、50nm径のデバイスで、読み書き電圧0.4V、最小読み書き電流50μA、読み書き時間10ns (電力量0.2pJ) を実証し、中間目標 (0.4pJ下) を達成した。

・ 磁性変化デバイスの多値化の設計指針に基づいて、積層構造と加工プロセスを開発し、試作を通して4値の多値動作を確認し、中間目標を達成した。

・ 磁性変化デバイスの動作で特徴的な、抵抗値の非線形的な書き換え電圧依存性と、書き換え電圧のバルス幅依存性を再現できるSPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) モデルを開発し、中間目標を達成した。負性抵抗回路とそれに並列に昇圧負荷回路を設けた、低電圧でも動作可能な読み出し回路を提案した。この回路を試作評価した結果、0.4

Vの低電圧で、0.3V以上の十分なセンス電位差を取得し中間目標を達成した。この周辺回路を搭載したメガビット級メモリTEGを起版した。

- ・50mm径の磁性変化デバイスをCu多層配線間に埋め込むため、磁性膜の加工技術や微細なMTJ (Magnetic tunnel junction) とCu配線を接触させるためのボーダーレスコンタクト技術などを開発した。これらの開発技術により、CMOSと下層Cu配線が形成された300mm径基板に磁性変化デバイスと上層Cu配線を形成し、デバイスの動作を確認した。開発した集積化プロセスを用いて、デバイス寸法と電気特性の分布評価やばらつき要因の解析を開始した。
- ・磁性変化デバイスを用いたシステム (アプリケーション実証のためのチップが搭載されたボード) の評価を可能とする、ボード設計と評価の準備を開始した。
- ・トンネル絶縁膜の高品質化開発を通して、10年間の絶縁耐性保障と、1次メモリ適用に必須の無限回書き換え (1016回の書き換え耐性) を実証した。

研究開発項目②「外部記憶の高速低電力データ転送を実現する、高集積・高速低電力書き込み特性などの機能を有する超低電圧・不揮発デバイスの開発」

- ・熱拡散防止層の開発を行い、その結晶サイズを5nm程度とすることで、メモリセルの電気抵抗を増加させ、かつ熱伝導率を減少させることに成功した。この熱拡散防止層を適用した抵抗素子 (1R素子) を単体デバイスとして試作し、書き換え電流を従来の $Ge_2Sb_2Te_5$ の1/3に削減するメモリ動作と、書き換え時間を従来の1/3以下の10nsecとして、動作電力を1/10に削減するメモリ動作を実証した。
- ・300mm径ウエハの成膜装置を用い、 $GeTe/Sb_2Te_3$ 超格子構造形成に世界で初めて成功した。さらに、50nm直径の電極を有する $GeTe/Sb_2Te_3$ 超格子抵抗TEGを300mmラインで試作することを通して、外部記憶向け素子材料を、CMOSとCu配線が形成された300mm基板に埋め込むための集積化プロセスを構築した。
- ・超格子相変化膜の低抵抗から高抵抗へ変化する動作が、従来の $Ge_2Sb_2Te_5$ の1/25以下である70uAの電流、3.5pJのエネルギーで起きることを実証した。ならびに、高抵抗から低抵抗へ変化する動作は、さらに低い60uAで起こることを確認した。以上の熱拡散防止層を用いたメモリセルと、超格子相変化膜を用いたメモリセルの両方において、中間目標である、データ転送速度200MB/sを、従来の1/3の電力 (200mW) で可能とする書き込み動作、および、さらなる高速低電力化の可能性の根拠を提示した。
- ・W配線/シリコンダイオード/相変化材料/W線からなるクロスポイント選択スイッチを試作し、ダイオードの正常動作を確認した。さらに、相変化材料を搭載したクロスポイント型メモリセルを試作し、相変化材料の抵抗変化現象を確認することで、中間目標である、単体デバイスとして、クロスポイント型メモリセル試作と動作実証を達成した。加えて、クロスポイント型メモリアレイの集積化プロセスを開発するためのキロビット級TEGを設計し、マスクを起版した。

研究開発項目③「配線切り換えを可能とするスイッチを対象とした、低電流・高速書き換え、高オン・オフ抵抗比、小面積などの機能を有する超低電圧・不揮発スイッチデバイスの開発」

- ・スイッチ素子材料として下部電極にCu、固体電解質材料にPSE (Polymer Solid Electrolyte: 固体電解質)、上部電極にRuを用いることを基本構成とした3端子型原子移動スイッチの開発を行った。また、その最適化を実施し、単体素子性能として、書き換え電流と書き換え速度の積が $10^{-10}A \cdot 秒$ 以下、オン・オフ抵抗比 10^5 以上、書き換え回数 10^3 以上であることを実証し、中間目標を達成した。
- ・平成23年度に開発した集積化プロセスを基本とし、上記の3端子原子移動型スイッチを、CMOSとCu配線が形成された300mm基板に埋め込むためのBEOL (Back End Of Line) 設計・製造基盤と完全に整合した集積化プロセスを再構築し、さらにスイッチ素子特性改善のためのプロセス最適化を実施した。前記集積化プロセスを用い、300mmCMOS基板に単体の3端子原子移動型スイッチの集積化を実施し、200nsec、500uA (電流速度積: $10^{-10}A \cdot 秒$) のプログラムパルスでプログラムが可能であることを確認した。オンオフ抵抗比は、0.1V印加時の電流値から、 10^5 以上のオン・オフ比が得られていることを確認した。さらに、書き換え回数評価の結果、 10^3 回以上の書き換え耐性が得られた。これらによって、中間目標が達成されたことを確認した。
- ・従来のSRAMスイッチを用いた再構成可能回路との消費電力比較を目的とした、10k論理ゲート規模の再構成可能回路の設計を実施し、TEGマスクを起版した。

研究開発項目④「集積回路チップ内において、機能ブロックの三次元集積を実現するための、微細幅・超低電気抵抗、超高アスペクト比配線・材料技術の開発」

- ・横方向配線用多層グラフェンの微細線幅での配線抵抗 (シート抵抗 $23\Omega/\square@92nm$ 幅) を、剥離グラフェンを用いて実証し、中間目標を達成した。
- ・微細高AR (Aspect Ratio) ホールTEG作製と、触媒Ni-CVDによる高ARホール底への極薄触媒層形成プロセスの整備により、 $AR \sim 16$ (100nm径) ホールでのCNT (Carbon Nanotube) 埋め込みを実証し、中間目標を達成した。
- ・CNTビア用TEG基板を作製し、300mmでのCNTビア集積化に必要な要素プロセスの開発を進めた。これにより、ビア側壁でのCNT成長を抑制しながら、ビア底からのCNT成長、下層配線層を形成したCNTビアのCMP平坦化研磨、汎用BEOLラインへの投入による上部

電極形成などのプロセスを整備した。

- ・多層グラフェン低抵抗化のためのドーピング手法候補の検討を行い、臭素のインターカレーションドーピングにより、剥離グラフェンにおいて一桁以上の抵抗低減を実証した。
- ・多層グラフェンの低温CVD成長に基づいて横方向配線の集積化構造候補を抽出し、プロセスの比較検討を行った。触媒段差での成長起点制御のため、Ir等を添加した耐熱合金触媒を開発し、フォトリソグラフィによる人工段差からの優先的なグラフェン成長を実証した。

研究開発項目⑤「CMOSトランジスタの超低電圧動作、及びリーク電流抑制を同時に実現するための、低しきい値ばらつきトランジスタを集積化するための技術開発、並びに、この技術を用いた高集積機能素子における低電圧動作実証」

- ・低電圧動作のためのトランジスタ構造に改良を加え、デバイス試作により、しきい電圧の適正化やオン電流の向上、ばらつきの低減など、効果を確認した。試作したトランジスタのばらつき評価を行い、局所しきい電圧ばらつきが、100万個以上のトランジスタで、平均値±0.1V以下(±5σ)となり、中間目標を達成した。
- ・試作したトランジスタのオン電流ばらつき $\sigma I_{on}/I_{on}$ が2.8%と、従来バルクトランジスタの6.6%に比べて半分以下になることを示し、その理由を解析した結果、しきい電圧ばらつきと同様に不純物が電流ばらつきの要因であることを見いだした。
- ・低い電源電圧にデバイス動作を最適化し、かつ、基板バイアス制御技術を適用したナノトランジスタ構造デバイスを集積した1メガビット以上のSRAMで0.4V動作を実証し、中間目標を達成した。
- ・SRAM等を含むナノトランジスタ構造用最適化セルライブラリと、これを使用したLSI設計フローに改良を加え、大規模回路TEG作成を通じて設計環境と設計フローが正しく機能することを検証した。
- ・基板バイアス電圧を印加可能な大規模回路TEGの設計を通じて、従来デバイスに比較して消費電力を1/10に低減できるための基本検討を行った。
- ・デバイスを実用化レベルで集積したときの課題検討と従来デバイスに比較して消費電力を1/10に低減出来ることを実証するため、実証アプリケーションチップの設計開発、および、実証アプリケーションチップに必要な周辺回路等の設計開発を行い、実証アプリケーション用のマスクを起版した。
- ・製造ロット間のばらつき低減や歩留まり等の改善を目指し、特にキーププロセスであるエピタキシャル成長工程の安定化のため、選択エピタキシャル成長装置を新規導入し、量産対応仕様のエピタキシャル成長プロセスの開発に着手した。

《12》低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト [平成22年度補正]

[平成21年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトは、経済産業省が、企業、大学等の研究機関（委託先から再委託された研究開発実施者を含む）から公募によって研究開発実施者を選定し、共同研究契約等を締結する研究体を構築して、開始したものである。NEDOは、平成23年3月に運営・管理を承継した。また、SiCパワー半導体開発促進と早期実用化を目指し、6インチ級の大口径SiCウエハの量産化技術とデバイス化プロセス装置の開発については、基本計画に基づき、民間企業等に広く公募を行い、助成先を決定した。

なお、平成23年度以降は「低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト」に統合して実施した。

《13》次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発 [平成22年度補正] [平成22

年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトでは、EUVマスクブランク（多層膜を積層したマスク基板）やマスクパターン（ブランク表面上のEUV光の吸収層パターン）の欠陥検査・評価・同定技術、およびレジスト材料の露光性能やアウトガスを含めた材料開発や評価技術など、hp20nm以細に対応可能な技術の基盤を確立することを目的として、基本計画に基づき、民間企業等に広く公募を行い、実施者の選定を行った。

研究開発の体制構築にあたっては、国内の半導体デバイスメーカー、マスクメーカー、レジスト材料メーカー等により構成されるコンソーシアムを中核に置いた実施体制とし、大学や海外デバイスメーカー等との連携を図ることで、基

盤技術の強化及び実用化を考慮した体制とした。

平成23年度においては、以下を実施した。

平成23年5月31日から、株式会社EUVL基盤開発センター 代表取締役社長 渡邊久恆をプロジェクトリーダーとし、以下の成果を得た。

研究開発項目①EUVマスク検査・レジスト材料技術開発

(1) EUVマスクブランク欠陥検査技術開発

h p 1 6 n m世代での量産に対応できるEUVマスクブランク欠陥検査装置仕様を検討した。検討項目は、高感度欠陥検出モジュール、ステージに関する技術、光学系検討、高感度信号処理システム等である。また、実際の露光試験を行うためアライメント確認用のマスクの準備を行い、EUVマスクブランク欠陥検査装置実機での読み取り評価も終了した。一方、計算機シミュレーションにより位相欠陥の構造の露光へ与える影響に関する評価において、計算環境の整備を終え、必要な技術検討項目に対して評価を継続している。位相欠陥の評価手段として再委託をおこなっている兵庫県立大学のCSM (Coherent Scatterometry Microscope) 研究は、装置の組立が終了し、来年度以降性能の検証と実欠陥の評価を行う。

(2) EUVマスクパターン欠陥検査技術開発

欠陥画像の忠実な再現性を得るためには数百 e V以上の入射電子エネルギーが必要であり、検出電子数を稼ぐためには低エネルギーの画像電子を取り出すことが必要なことを確認した。また、目標感度を達成するために必要なノイズレベルの解析を検出電子数の観点から行い、これを装置仕様にフィードバックした。これらの得られた結果をもとに委託業務において高分解能電子光学系の開発とその製作をおこなっている。電子光学系の優位性を試料との相互作用を織り込んだ電子軌道計算より確認した。今後、製作した電子高分解能電子光学系を用い実際のマスク検査に対する最適化を行い、h p 1 6 n m世代のEUVマスクパターン検査に必要な装置性能を実現していく。

(3) EUVレジスト材料技術開発

200サンプル以上のレジスト材料を評価し、解像度、LWR (Line Width Roughness)、感度のバランスが良好な「第1次標準レジスト」を選定した。「第1次標準レジスト材料」の限界解像度評価として、超解像露光技術を用いた評価を行い、限界解像度16nmを得た。レジストプロセス開発としては、トップコートプロセス、有機下地膜の有効性・効果を確認できた。現在も詳細な評価を継続している。

EUVレジスト材料のアウトガスに関する統一的な知見を得るために計5種類のレジストを試作した。また、高出力EUV光を用いたアウトガス評価装置を改良することにより、実験精度の向上を達成した。試作した5種類のレジストにおいて、EUV、電子ビーム照射によるアウトガス起因で形成されたコンタミ膜の比較評価を実施した。EUVと電子ビームの違いによるアウトガス評価結果で異なる挙動を示すデータが一部で得られ、次年度以降解析を進める。

研究開発項目②EUVマスク検査装置・レジスト材料基盤技術開発

(1) EUVマスクブランク欠陥検査装置開発

h p 1 6 n m以細に対応するEUVマスクブランク欠陥検査装置の設計を完了し、装置構成において核となる要素技術の有効性を確認し、目標を達成した。

研究開発項目①で検討された、h p 1 6 n m世代での量産装置の仕様を実現するために、最適な照明光学系、対物光学系およびシステム全体の検討と基本設計を行った。光学シミュレーションにより検査光学系での結像画像の解析を行い、開発装置の光学系の構成を決定した。この過程で、各々の要素部品に要求される取り付け精度を確認し、求められた精度を実現するために必要な装置の機械的な構造を振動解析等の計算機シミュレーションにより最適化し、装置の基本設計を完了した。これと合わせ、前記の装置仕様であるh p 1 6 n m世代のEUVマスクブランクを製造するために必要とされる欠陥検出感度において45分以内での欠陥検査を実現するために必要なEUV光源の仕様を定めた。この仕様を満たす光源を選定するために、光源評価のための測定系テストベンチを製作し、EUV光源の性能を評価法を確立した。これら方法を用いて、市販されている4種類のEUV光源性能の比較評価を行い、EUVマスクブランク欠陥検査装置のEUV光源として選定した。

(2) EUVマスクパターン欠陥検査装置開発

h p 1 6 n m以細に対応するEUVマスクパターン欠陥検査装置の設計を完了させ、装置構成において核となる要素技術の有効性を示し、目標を達成した。

既存の試験電子光学系を用い、電子投影光学系により得られる試料の画像を、電子の入射エネルギー等の電子光学系の光学条件を変化させて取得し、開発目標であるh p 1 6 n m世代の量産装置に必要な光学条件を確認した。この結果を基に、電子ビーム結像光学系および電子ビーム照明光学系に対する要件を絞り込み、光学系の設計・製作を行った。今後、完成された電子線投影光学系および電子ビーム照明光学系を用い、実際のマスク検査に対し最適化を行う。

(3) EUVレジスト材料基礎研究

EUVレジスト材料の反応機構の解明、レジスト材料やレジストパターン等に関する新規計測・評価技術などについての基礎的データが得られ、当初の目標を達成した。具体的には、下記の成果が得られている。

酸アニオン固定型のレジスト中における酸拡散をモデル化し、シミュレーションコードを製作した。このシミュレーションにより、レジストプロセスの露光量、クエンチャー濃度、露光後熱処理時間依

存性を明らかにした。逆解析モデルにレジスト溶解点のパターンサイズ依存性を考慮可能とし、実際の露光結果に適用することにより、微細化に伴うレジスト溶解特性の劣化を評価した。h p 1 6 n m 以細のレジスト設計では微細構造からのレジスト溶解特性の改善が重要になることを明らかにした。

モンテカルロシミュレーションにより、二次電子による解像度ボケ、量子収率の波長依存性を明らかにした。波長5 n m程度までは、h p 1 1 n mにおいて解像度ボケは許容範囲であり、酸の発生効率もほとんど影響を受けないが、吸収係数が小さくなるため感度が著しく低下することが分かった。

液中A F M (Atomic Force Microscope) を用いたレジスト膜厚薄膜化による影響の解析を行った。その結果、レジストのプラットフォームによって、溶解挙動が異なることが明らかになった。また、レジストの薄膜化によってクラスターサイズが縮小していることが明らかになった。これにより、レジストを薄膜化することで、L W Rを低減できる可能性が示唆された。一連の研究から、液中A F Mがレジストの反応機構の解析に極めて有用であることが分かった。今後、種々のレジストの解析を進め、レジスト材料・プロセス開発にフィードバックしていく。

E U Vレジスト材料の電子ビームによるアウトガス評価装置の仕様を決定した。この仕様に基づき、実際に電子ビームによるアウトガス評価装置を導入し、導入評価装置が露光装置メーカー提案のアウトガス評価手法の仕様を満たしていることを確認した。また、アウトガス物理分析装置が評価に問題無いことを確認した。実際に、露光装置メーカーの汚染膜標準サンプルを用い当該装置で測定した結果、十分な測定精度があることを確認した。

平成24年度においては、以下を実施した。

株式会社E U V L基盤開発センター 代表取締役社長 渡邊久恆をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①E U V (Extreme Ultra Violet) マスク検査・レジスト材料技術開発

(1) E U Vマスクブランク欠陥検査技術開発

- ・E U V光源モジュール、照明光学系、および対物光学系、センサー、ステージモジュール、信号処理システムと搬送システムを組み上げてB I (Blank Inspection) 装置を製作完成させた。このB I装置において、プログラム欠陥を用いた画像データから、基本機能が達成されていることを確認した。また、ブランク欠陥のウエハへの転写性を実際に露光試験により評価し、h p (※) 1 6 n m世代で検出すべき欠陥の概略の仕様を決定した。更に詳細に評価する手法として、C S M (Coherent Scatterometry Microscope)、E U V顕微鏡の製作を行い、E U Vマスクの位相欠陥の評価に活用できることを確認した。
- ・h p 1 1 n m世代に向けたシミュレーションの高度化をおこない、欠陥検出信号やパターン転写像に与える位相欠陥の形状依存性およびマスク表面ラフネス依存性を明らかにした。

(2) E U Vマスクパターン欠陥検査技術開発

- ・写像投影光学系を試験架台の上で評価し、設計で目標とした光学性能が得られていることを確認した。
- ・低分散照明系と低収差電子光学系に写像投影光学系を搭載し、h p 1 6 n m世代対応のマスクパターン欠陥検査装置を組み上げ、設計通りのh p 1 6 n m世代における高コントラスト解像と、旧形式機比30倍の電子透過率の向上を確認した。
- ・シミュレーションと実際の露光により、パターン欠陥のウエハ転写性を高精度に評価し、h p 1 6 n m世代で要求されるパターン欠陥の定義をおこなった。更に、h p 1 1 n m世代を見据え、高開口数に想定されるより大きな入射角による照明におけるパターン欠陥の転写性についても露光シミュレーションをおこない、欠陥に対する仕様がより厳しくなることを確認した。

(3) E U Vレジスト材料技術開発

- ・レジスト組成物のスクリーニングとして、樹脂のスクリーニングを行った結果、レジスト感度を向上させる樹脂材料を見出した。
- ・ネガ現像レジストの初期評価を行い、h p 1 6 n m世代で実現可能性があることを確認した。
- ・約300サンプルのレジスト材料を評価し、解像度、L W R (Line Width Roughness)、感度のバランスが良好な「第2次標準レジスト」と「第3次標準レジスト」を選定した。
- ・アウトガス評価においては、E U V光よりも安価で効率的な電子ビームを用いたレジストアウトガス評価手法を確立した。E U V光照射の場合との相関を確認し、求められる評価精度を実現していることを確認した。標準レジストのE U V光の未露光部分の付着物からレジストを高感度にする成分が検出され、今後のアウトガス合否基準の高精度化に寄与すると共に、レジスト材料開発に対する指針となる知見を得た。

(※) h p : half pitch の略。L S I の配線層のピッチで最小のもの1/2。

《14》低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト [平成21年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクスセンター長 奥村 元氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト

(1) 高品質・大口径SiC結晶成長技術開発／革新的SiC結晶成長技術開発

RAF (Repeated a-Face) 法 (日進分室) ではRAF固有の応力抑制に目処がついた。昇華法 (富津分室) では貫通螺旋転位の大幅低減に繋がる転位のC面内偏向現象を見出した。ガス法では成長炉の改造を行うとともに、再委託先でC1系ガス添加によるクラスター防止・高速・高品質両立の可能性が得られた。溶液法では拠点を整備して2400℃・100気圧の成長炉を導入するなど本格稼働を開始したほか、ポイド抑制技術を見出すなどの成果を得た。

(2) 大口径SiCウェハ加工技術開発

切断・研削・研磨技術において3インチインゴットを用い接続工程間の最適化が進んだ。放電加工法では400μm/分の高速マルチ切断を実験実証し、触媒基準平坦化加工法では4inchウェハでスクラッチフリーの研磨面を実証した。

(3) SiCエピタキシャル膜成長技術

大口径化に向けた成長条件の検討を行い水素エッチングの有効性を示したほか表面に現れない研磨傷が欠陥の発生に影響するなどの知見を得たほか、みなし6インチでの成長実験で $\sigma = 2.1\%$ の膜厚均一性などを得た。高速・厚膜成長技術開発ではハライド成長で100μm/h以上の高速成長を達成した。ガスフロー法では面内±2%以内の膜厚分布を実現した。

(4) SiC高耐圧スイッチングデバイス製造技術

プレーナ型MOS構造ではPNダイオードで3.3kVを超える耐圧が得られたためMOSFETの第1次試作に進んだ。トレンチMOS構造では新たな堆積酸化膜/再酸化による耐圧とオン抵抗両立の可能性を見出し、1,200V耐圧のMOSFETの試作を行った。SJ構造では、深さ7.3μmのトレンチ埋込に成功するなどの成果を得た。高耐圧大容量デバイス/変換器技術開発では高耐圧MOSFETに関しては小容量でデバイスの試作を行い4kVのアバランシェ電圧を得、十分な耐圧特性を実現した。

(5) SiCウェハ量産化技術開発

昇華法による6インチ径SiC結晶成長炉等の整備を行い、6インチ結晶の成長に成功した。RAF法では6インチ化に向けたシードの成長に成功した。

(6) 大口径SiCウェハ加工要素プロセス検証

拠点整備を進めダイヤラッピング装置等を導入した。ウェハ切断では最大ワイヤ速度: 4,000m/min、最大張力: 70Nのスペックを有するマルチワイヤーソーでの高速切断を実証し、切断・研削・研磨の各要素間の連携形態と加工速度・表面粗さとの相関性を見出した。また、CMPによる仕上げ加工の問題を抽出するとともに加工面の解析法や加工法の改善方針を見出した。

(7) SiC高耐圧大容量パワーモジュール検証

3.3kV耐圧・75Aのショットキーバリアダイオードを開発しSi絶縁ゲートバイポーラトランジスタと組み合わせて1000A級のハイブリッド型の大容量パワーモジュールを作製した。また、パワーモジュールの1000Aを超える通電試験及びスイッチング試験を実施し安定動作を検証した。

(8) 大口径対応デバイスプロセス装置開発

6インチSiCウェハの高温処理・透明ウェハのハンドリング等に関する課題を解決して対応するアニール炉とイオン注入装置を開発し所期の特性を得た。

研究開発項目②次世代パワーエレクトロニクス技術開発

(1) SiCパワーデバイスを用いたデータセンタ用サーバ電源技術開発

接合FETの開発では、耐圧600V・電流40Aの接合FETを開発し2.1mΩ・cm²のオン抵抗率を実証し最終目標をクリアしたほか、Siパワーデバイスと同等の信頼性試験をクリアして信頼性を実証した。サーバ用回路・電源システム技術の開発では、PFC (Power Factor Correction) 回路、DC/DCコンバータ回路を試作し動作を確認し、ゲート駆動回路の最適化によってそれらの損失を低減した。これらの検討を基に2kWの電源実験回路を試作し、平成23年度の目標である高効率を達成した。

(2) SiCパワーデバイスを用いた太陽光発電用パワーコンディショナ技術開発

デバイス開発では最終目標に合致する耐圧1200V・定格電流75A・オン抵抗5mΩcm²のMOSFETを実現した。回路・システム開発では太陽光発電用パワーコンディショナの高効率を実現する主回路方式の最適化設計を行い30kW級の太陽光発電用パワーコンディショナのプロトタイプ1相分を試作・特性評価を行い、目標のプロトタイプパワーコンディショナにおいて効率98%以上の見通しを得た。

(3) 次世代SiCパワーデバイス・電力変換器基盤技術開発

JFETを用いて二回のインバータ試作・試験を行い、接合部温度200℃以上での連続スイッチング試験で最終目標パワー密度40kW/Lの動作に成功した。引き続きより優れたDMOSFETの採用に向けドライブ技術の開発を行い、十分なドライブビリティを達成したほか、EMIノイズの対策を行いIECクラス3を達成した。さらに、SiCチップの電極接合で330℃1000時間の信頼性を確認、統合設計に向けたシミュレーションと測定の手続きの確立、高効率化時の課題である過渡的な大電圧のためにシミュレーションモデルの開発などの成果を得た。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト」

S i Cパワーエレクトロニクスについて、結晶成長からデバイス製造、低損失電力変換器の試作・実証まで一貫した技術開発を目的とし、独立行政法人産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクスセンター長 奥村 元氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、新規に項目追加を行った(9)については平成24年度に公募を実施、1件採択し、研究開発を開始した。

(1) 高品質・大口径S i C結晶成長技術開発/革新的S i C結晶成長技術開発

<高品質・大口径S i C結晶成長技術開発>

- ・高品質の6インチR A F (Repeated a-face) シードを用いたc面成長により口径6インチ結晶成長を実現し、転位密度 $2\sim 3\times 10^3$ 個/cm²、螺旋転位密度300~600個/cm²を実証し、中間目標を達成した。
- ・口径6インチ成長において成長速度0.5mm/h以上を達成可能な結晶製造技術を確立した。

<革新的S i C結晶成長技術開発>

- ・ガス法を使って口径2インチ、厚さ15mmの4H-S i C単結晶の成長を実現して中間目標を達成した。
- ・溶液法では最適条件で成長を行い、昇華法とほぼ同等の成長速度0.5mm/hで成長結晶厚~4mmの4H-S i C単結晶成長を実現した。

(2) 大口径S i Cウエハ加工技術開発

- ・開発した高剛性マルチワイヤーソーを用い、3インチインゴットで2時間10枚の同時切断を実証した。
- ・3インチインゴットを対象にした切断~仕上げ研磨の各要素工程の最適化により、切断からCMPまで約12時間のプロセス時間で完了できることを検証した。この成果をふまえ、6インチの一貫加工プロセス開発において24時間以内の目標値を達成するための方策・指針を決定した。

(3) S i Cエピタキシャル膜成長技術

- ・大口径化に向けて、4°オフS i面については、低C/S i比で成長させた、みなし6インチ成長実験で膜厚均一性±0.85%を達成した。2°以下の低オフ角ウエハについては、三角欠陥発生と多形混入に対し、高温かつ低C/S i比の成長条件により抑制できることを明らかにし、平坦かつ単一多形の実現に成功した。
- ・高速・厚膜化に向けては、ガスフロー制御法を用いて3インチウエハ上に成長速度100μm/h以上で形成した、膜厚50μm以上の厚膜について、残留キャリア濃度 3×10^{14} /cm³以下を達成した。
- ・4インチ実証炉については、導入立ち上げを完了すると共に、膜厚と濃度の均一性両立を検討するためのシミュレーション技術の立ち上げを完了した。
- ・欠陥密度に対しては、クリーニング法の改良により、3.4個/cm²を実現し、中間目標を達成した。

(4) S i C高耐圧スイッチングデバイス製造技術

- ・新規耐圧構造デバイス技術として、プレーナM O S構造では、基板濃度、耐圧終端構造、J F E T幅等を振ったT E Gを詳細に評価解析した結果、J F E T抵抗低減構造の効果を確認すると共に、耐圧3000~4000Vを確認し、中間目標を達成した。
- ・トレンチM O S構造では、トレンチエッチング後、高温アニール処理による破壊時間改善効果、窒化処理による移動度向上とトレンチ方向およびオフ角依存性抑制効果を明らかにし、要素技術を開発した。S J (Super Junction) 構造では、トレンチ型M O S F E TとS J構造とを組み合わせることで、トレンチM O S F E Tを超える超低オン抵抗が実現できる可能性をシミュレーションにより提示した。
- ・高耐圧大容量デバイス/変換器技術として、3.8kV以上の耐圧を実現しており3.3kV M O S F E Tとして必要とされる性能を実現した。

(9) 高耐熱部品統合パワーモジュール化技術開発

- ・高耐熱環境下で動作する受動部品のコンデンサー、抵抗、メタライズ放熱基板及び配線基板について、実装構造の設計基本仕様に基づき各部品開発を行った。試作したモジュール部品は、実装技術側にて評価を行い、次年度実装評価を行うモジュール部品仕様を確定した。
- ・1200V-50A級のS i C半導体、配線基板ならびにスナバ用セラミックキャパシタ半導体、配線基板ならびにスナバ用セラミックキャパシタ半導体電力変換器モジュールとして統合/評価するための方策/設備等の環境整備を進めた。各部品の配置やそれぞれに使用する接合材料の種類について、モジュール組立の工程順序や組立に用いる装置の性能等を踏まえた検討を進め、作業工程案としてまとめた。また、モジュール実装構造の基本仕様を定め、接合技術を中心とした信頼性評価を実施し、受動部品開発に反映した。

研究開発項目②「次世代パワーエレクトロニクス技術開発(グリーンI Tプロジェクト)」

データセンタや分散型太陽光発電システムへの次世代S i Cスイッチングデバイス適用技術の確立を目的とし、独立行政法人産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクスセンター長 奥村 元氏をプロジェクトリーダー、独立行政法人産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクスセンター 清水 肇氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) SiCパワーデバイスを用いたデータセンタ用サーバ電源技術開発

新しい回路技術を適用して、高速スイッチング、回路簡素化を可能とした結果、95.10% (2kW電源、負荷率50%) を達成し、当初目標であった変換効率94%を約1%上回ることができた。

(2) SiCパワーデバイスを用いた太陽光発電用パワーコンディショナ技術開発

窒化熱処理による移動度の改善とMOSFET構造の最適化により、低オン抵抗 $5\text{m}\Omega\text{cm}^2$ を実現した。このMOSFETと新開発の低損失フィルターを組み合わせると30kW級の太陽光発電用パワーコンディショナのプロトタイプにおいて定格運転時の変換効率98.88%を実現した。

(3) 次世代SiC電力変換器基盤技術開発

- ・AuSn、AuGeなどの鉛フリー低温度ハンダ、並びに産業化を想定した低価格のZnAlのテストにおいて、良好な結果を得た。熱歪、浮遊容量を削減できる両面実装に着手し、実用化の目途を得た。
- ・高出力パワー密度の変換器作製のため、環境とデバイスの温度差(Δ)を大きくして、放熱器の小型化に取り組んだ。変換器の高密度化は、コンデンサなどの周辺部品の小型化に必要な周波数向上を検討し、サージ電圧、EMIの対策を行った。
- ・市販のJFET、SBDを採用し10kWクラスでパワー密度が25~30W/ccクラスの変換器作製を統合設計、高温実装技術の成果を取り入れて行った。
- ・デバイスの発熱、抜熱、変換器内の熱流体解析、部品の耐熱性と配置、回路の浮遊容量の極小化などを検討し、3次までの試作を行い、200°C超、数100kHz以上の動作条件で、40~60W/ccの値をクリアした。

(2) ストレージ・メモリ分野

[中期計画]

メモリについては、低消費電力化、大容量データの蓄積など、情報家電の進展により、不揮発性メモリの必要性が増している。このため、従来型の揮発性メモリ(DRAM等)と比べ、不揮発性メモリ(フラッシュメモリ)の市場が大きく増加しており、さらに、複数の新規不揮発性メモリの研究開発が活発化している。

ストレージについては、情報家電・モバイルPC向けの中小型(2.5インチ以下)高密度HDDを中心に市場が拡大するとともに、国際的な業界再編等により高密度化技術競争が激化している。

以上のことから、ストレージ・メモリ分野は引き続き国際競争力の維持・強化を図っていくことが必要である。

第2期中期目標期間中には、メモリについては、不揮発性メモリMRAM(Magnetoresistive Random Access Memory, 磁気抵抗メモリ)の更なる性能向上を目指し、大容量化・高速化のための技術開発に取り組む。具体的には、第1期中期目標期間に開発したMRAMのメモリ容量に比べて10倍以上の高集積化を可能とするスピンドラム(電子スピンの特徴を利用したMRAM)技術等を確立する。

ストレージ(HDD)については、記録密度の向上及び省電力性の追求のための技術開発等に取り組む。

[中期目標期間実績]

メモリ分野においては、スピン注入磁化反転によりDRAM並みの高速読み書きを安定して行うことができるTMR(Tunnel Magneto-resistance)素子技術を開発した。その技術を用いて、CMOS回路との整合をとった $0.005\mu\text{m}^2$ 微細TMR素子集積アレイによるスピンドラムの動作を実証した。さらに、垂直磁化TMR膜で世界最高の磁気抵抗比234%の高TMR素子を実現し、1Gbのメモリ容量を可能とする技術を開発した。これにより、第1期中期目標期間に開発したMRAMのメモリ容量(32Mb)に比べて10倍以上の高集積化が可能となった。

ストレージ(HDD)分野においては、ナノビット磁気媒体、超高性能磁気ヘッド、超高精度ナノアドレッシング技術の個別要素技術を開発し、HDDプロトドライブの原理動作検証により、 $5\text{Tb}/\text{in}^2$ の磁気記録密度(2.5インチディスク一枚の記憶容量で3Tb以上)、かつアクティブアイドル時における単位情報量当たりの消費電力について、 $0.3\text{W}/\text{Tb}$ 以下を実現できることを検証した。

《1》スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト [平成18年度~平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所エレクトロニクス研究部門副研究部門長 安藤 功児氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「スピンドラム基盤技術」

(1) 低電力磁化反転TMR素子技術

垂直磁化TMR素子に対して実用的に優れた特性が期待できる垂直磁化TMR素子において、 $0.3 \times 10^6\text{A}/\text{cm}^2$ の低電流密度での磁化反転を実証した。同時に、平成19年度までに面内磁化TMR素子で410%のTMR比を達成することにつながったTMR比向上策を垂直磁化TMR素子

にフィードバックし実用化可能なレベルとなる、182%のTMR比を実現した。また、TMR素子アレイの試作と様々な磁気特性の記憶層材料のダンピング定数の測定等により、素子特性のばらつきを低減した。さらに、平成21年度以降の技術開発に備え、磁化反転の実時間測定方法を構築し、高速書き込みの評価を開始した。

研究開発項目②「スピン新機能素子設計技術」

(1) 新ストレージ・メモリデバイス設計技術

単一磁壁移動メモリに関しては、垂直磁化膜を用いた磁壁移動書き込み部とTMR効果を用いた読み取り部を組み合わせたメモリに適したセル構造を試作し、安定な繰返し書き込み読み出し動作を確認した。また、書き込み電流密度と磁壁の熱安定性の独立な設計が可能であることを確認した。以上により、メモリセルとしての基本性能を確認した。さらに、メモリセルアレイを試作し動作の確認を行った。

複数磁壁移動型ストレージに関しては、NiFe面内磁化材料を用い、磁壁の停止位置制御のため細線段差型の磁壁トラップ構造を作製し、段差部における磁壁停止効果、及び設計した離散的な磁壁移動距離を確認した。また、磁壁書き込み端子付き磁性細線におけるシーケンシャルな電流印加操作により、ストレージデバイスの原理動作となる複数磁壁の書き込み、及び同時移動の実証に成功した。さらに細線上に形成したTMR再生素子において、磁壁移動検出に十分な出力が得られることを確認した。

(2) 不揮発性スピン光機能素子設計技術

光誘起スピン注入磁化反転の実現に必要な $30\Omega\mu\text{m}^2$ の低界面抵抗値を持つGaAs/IInGaAs/IInAs/Fe接合を実現した。GaAs/Fe接合デバイスにおける光電流の偏光依存性を用いて磁化反転を20dB以上のS/N比でモニタする技術を開発した。また、450fs間隔の高速光パルス列の中から選択的に選んだ光パルスでGaAs中に生成される電子のスピン偏極が隣接する光パルスに影響されないことを示すことにより素子の高速動作性を示した。

(3) スピン能動素子設計技術

スピントルク方式スピントランジスタに関しては、二端子素子において、磁化ダイナミクスに伴う負性抵抗を用いることにより増幅率1.2を室温で得た。また、トンネル型の三端子素子を試作し、磁壁の移動をスピントルクダイオード効果の信号として検出した。この結果をマイクロマグネティック計算と比較することにより増幅率の予想を行い、素子寸法をサブミクロンとすることで、三端子素子として室温で1以上の増幅率が得られる可能性を見出した。さらに、電流磁場を利用した三端子素子を作製し、理論増幅率1.8を得た。

ハーフメタル電極方式スピントランジスタに関しては、TMR比1000%に相当する高スピン分極率材料の開発に成功した。さらに、三端子構造においてゲート電圧動作の評価を行ない、課題を明確化した。また、ハーフメタルホイスラー合金の磁気緩和定数の評価に着手した。

平成21年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所エレクトロニクス研究部門副研究部門長 安藤 功児氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「スピンRAM基盤技術」

(1) 低電力磁化反転TMR素子技術

垂直磁化TMR膜のTMR比向上策を明確化し、202%の高TMRを実現した。また、ダンピング定数評価手法の高精度化とばらつきの少ない記憶層材料の開発等によって、参照層・記憶層材料の高度化を達成した。さらに、垂直磁化素子に短パルス電流を入れる評価装置を開発し、DRAM書き込み速度よりも高速な1nsを切る高速磁化反転に成功した。これら技術を統合し、CMOS回路と整合をとった1Mb TMR素子集積アレイ技術に適用し、統計的なデータ解析を開始した。さらに補正事業として規模を拡大した64Mb TMR素子集積アレイ技術にも、同様に適用し統計的なデータ解析を開始した。

研究開発項目②「スピン新機能素子設計技術」

(1) 新ストレージ・メモリデバイス設計技術

実用化を目指す企業を中心とする研究開発体制に変更して、成果の実用化イメージを踏まえた柔軟な開発方針のもとに研究開発を実施した。

Co/Ni積層垂直磁化膜を用いたメモリデバイスにより、60m/s以上の単一磁壁の移動速度を確認した。さらに、同垂直磁化膜を用いた集積メモリセルを試作し、そのメモリ動作を確認した。また、垂直磁化膜を中心とした磁性細線素子において、複数磁壁の一斉移動等、原理動作を確認した。

平成22年度においては、以下を実施した。

スピントロニクス技術が秘める不揮発性機能を始めとする情報通信分野における革新的諸機能を実現するための基盤技術の確立及び実用化に向けたスピン不揮発性デバイス技術の研究開発の推進を図ることを目的に独立行政法人産業技術総合研究所フェロー 安藤 功児氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。最終目標は全項目達成している。

研究開発項目①「スピンRAM基盤技術」

(1) 低電力磁化反転TMR素子技術

スピン注入磁化反転によりDRAM並みの高速読み書きを安定して行うことができるTMR素子技術を開発し、CMOS回路との整合をとった $0.005\mu\text{m}^2$ 微細TMR素子集積アレイによるスピ

ンRAMの動作を実証した。

トンネル障壁の作成プロセスを工夫し、垂直磁化TMR膜で世界最高の234%の高TMRを実現した。

研究開発項目②「スピン新機能素子設計技術」

(1) 新ストレージ・メモリデバイス設計技術

Co/Ni積層垂直磁化膜を用いた磁壁移動素子の試作評価により、単一磁壁で100m/sの移動速度を低電流で実現する技術の開発が実現した。

集積アレイにおいて、書き込み電流の極性に対応したMTJの抵抗変化を検出することでメモリ動作を確認した。

(3) スピン能動素子設計技術

スピントルクを用いたスピントランジスタを試作し、室温で電力増幅率130、電流増幅率4.9、ファンアウト3.7を得、不揮発論理回路の構成が可能であることを実証した。

ハーフメタルを用いたスピントランジスタにおいては、MTJの磁化が反平行状態のときに、温度6Kにおいて最大2920倍の非常に大きな電流On/Off比が得られ、最終目標を達成した。また、室温においても969倍の大きなOn/Off比を観測することに成功し、開発したスピントランジスタが、室温動作可能であることを示した。

《2》超高密度ナノビット磁気記録技術の開発（グリーンITプロジェクト）[平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

基本計画に基づき、民間企業等に広く公募を行い、実施者を選定して株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ執行役員主管技師長 城石 芳博氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「超高密度ナノビット磁気媒体技術の研究開発」

(1) ナノビット微細加工技術の研究開発

シミュレーションを活用の上、2.5Tbits/inch²級ナノビット実現のための媒体材料や構造について検討し、微細加工手段や精度などの要求仕様を明確にした。

(2) 単一ナノビット記録性の検証

2.5Tbits/inch²級ナノビットにおける磁化反転制御条件、ならびに、周辺ナノビットに対する影響について定量的に検討した。また、2.5Tbits/inch²向けエネルギーアシスト記録を実現するための記録材料の成膜プロセスの基礎検討を開始し、成膜装置を導入した。

(3) ナノビット媒体界面技術の研究開発

媒体表面の平滑性、ならびに、潤滑性を確保するための材料や加工技術などについて検討した。エネルギーアシスト耐性を確保するため潤滑材料を比較検討した。また、超薄膜の媒体保護膜の開発前倒しにより、ナノビット構造を持つ媒体の表面保護技術の検討に着手した。

研究開発項目②「超高性能磁気ヘッド技術の研究開発」

(1) 強磁場発生記録ヘッドの研究開発

シミュレーションを活用の上、2.5Tbits/inch²級強磁場発生記録ヘッド実現のために必要となる材料や構造について要求仕様を検討し、課題を抽出した。

(2) エネルギーアシスト機構の研究開発

2.5Tbits/inch²級磁気記録を可能とするエネルギーアシスト技術として、マイクロ波アシスト用スピントルク発信素子の測定と原理検討を開始し、また、光加熱による熱アシストについて要求される微細加工技術および素子構造について課題を抽出した。

(3) 高感度・高分解能再生ヘッドの研究開発

微細加工技術・極薄膜成膜技術およびモデリングにより再生性能を検討し、現行の再生ヘッド技術の限界と、超1Tbits/inch²級の再生ヘッドに要求される性能を見積もった。

(4) ヘッド動作の検証

エネルギーアシストヘッドの目標仕様にに基づき、既存ヘッドに無い新規機能評価のための手段、ならびにヘッド動作検証のためのインターフェースやナノビットに対する磁気記録/再生の検証方法に関して検討し、ヘッド動作検証の仕様を明確にした。

研究開発項目③「超高精度ナノアドレッシング技術の研究開発」

(1) 超精密位置決め技術の確立

2.5Tbits/inch²級HDDに対応する超精密位置決め技術の実現のための要求仕様を明確にした。また、必要性能を確保するためのアクチュエータやサーボ機構に関して検討した。

(2) ナノアドレッシング技術のシミュレーション開発

ナノ精度の位置決め、ナノ精度の振動解析、および、熱・振動の連成解析などナノアドレッシングに関して解析するためのシミュレーションツールの開発に着手した。

研究開発項目④「ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発」

(1) システム化とHDD性能の検証

2. 5 T b i t s / i n c h²ハードディスクドライブシステム化のための概略仕様を策定し、技術の構築に向けた要素技術に対する課題を抽出した。

平成21年度においては、以下を実施した。

株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ執行役員主管技師長 城石 芳博氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「超高密度ナノビット磁気媒体技術の研究開発」

ナノビットが面積200nm²程度、かつ、±7nm以下の位置決め精度で実現を可能とするナノビット加工技術に着手し、複数の要素加工技術を確立して面積200nm²以下のナノビットを実現する見込みを得た。ナノビットにおける磁化反転制御条件、ならびに、周辺ナノビットに対する影響について定量的な検討結果を考慮し、ナノビット記録性の検証環境の効率を向上した。媒体表面の平滑制、ならびに、潤滑制を確保するための材料技術や加工技術などについて定量的に検討し、ナノビット媒体界面の基盤技術を開発した。

研究開発項目②「超高性能磁気ヘッド技術の研究開発」

2. 5 T b i t s / i n c h²級の面密度に対応した強磁場発生記録ヘッド実現のため、磁極等の構造についてシミュレーション検討を行うと共にプロセス技術の検討を進め制御性を確認した。同面密度に対応したエネルギーアシスト機構の実現のための構造についてシミュレーション検討を重ね、目標となる高密度記録が可能である見込みを得た。また、アシスト機構のヘッド組み込みに関する、プロセス技術の検討を行い、エネルギーアシスト機構付きヘッドの試作を行った。2. 5 T b i t s / i n c h²級高感度・高分解能再生ヘッドの要求仕様を基に、再生ヘッド作製に向けた検討を開始した。磁気ヘッドに要求される詳細仕様を明確にするるとともに、記録ヘッド、再生ヘッドを独立に搭載する二つのスライダが周速5⁻²⁰m/sで回転する磁気媒体上に浮上量10nm以下で安定浮上し、かつ、2. 5 T b i t s / i n c h²の面密度に対応するナノビットに対して、高精度の位置決めを行える環境を整えて、エラーレートなどの評価が行える環境を整えた。

研究開発項目③「超高精度ナノアドレッシング技術の研究開発」

アクチュエータの設計を行い、サーボ機構の新評価手法と評価システムを開発し、中間目標として設定した値「ナノビット媒体に対し浮上量7nm以下で安定浮上するヘッドが円周方向、動径方向ともに10nm以内で動的位置制御」を達成できる見通しを得ることができた。

位置決め、ヘッド浮上、記録/再生、振動解析などの解析、および、熱・磁気・振動の連成解析のためのシミュレーションの開発を行い、その妥当性を確認した。

研究開発項目④「ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発」

省電力性、他部品および技術との接続性、信頼性、量産性などの観点を踏まえて検討し、要素技術に対する課題を抽出、明確化した。さらに、それらに基づいた統合シミュレーションにより、試作したヘッドで中間目標の記録密度相当の磁気記録が達成可能である見込みを得ることができた。

平成22年度においては、以下を実施した。

グリーンITプロジェクトの一環として、HDDの記録密度を向上させるための技術開発に取り組み、IT機器の大幅な省エネルギーの達成等を目指すことを目的に、株式会社日立製作所研究開発本部主管研究長 城石 芳博氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「超高密度ナノビット磁気媒体技術の研究開発」

- ・径9nm(65nm²)、ピッチ17nm、ビット位置分散(σ:2.3nm)のナノビットとサーボパターンを同一媒体上に作製した。
- ・単一ナノビット記録性の検証を行い、2.5T T b i t s / i n c h²級ビットパターン媒体において、磁気的反転径とナノビット径の一致を実験的に確認した。
- ・ナノビット媒体界面技術の研究開発を行い、ドライ製膜方式でカーボンナノビット媒体に埋め込み、表面凹凸を10nm以下に平坦化できることを確認した。また、FCA-C(Filt e r e d C a t h o d i c A r c - C a r b o n)が450℃の加熱でも、膜厚、膜質の劣化がないことを実験的に確認。更に分子シミュレーションで、FCA-C上のTA30潤滑材が300℃でも耐熱・耐摺動性を有することを確認した。

研究開発項目②「超高性能磁気ヘッド技術の研究開発」

- ・2. 5 T b i t s / i n c h²以上の面密度に対応した、磁界強度≥5kOeが実現可能なMP-SUL構造磁気ヘッドの設計、およびダマシン法による作製プロセス基本技術を確立した。
- ・2. 5 T b i t s / i n c h²対応の記録磁極-熱アシスト素子間距離20nmの、熱アシスト集積ヘッド作製プロセスを確立、試作した。
- ・5-20m/s媒体上で浮上量≤10nmの評価系を構築、2. 5 T b i t s / i n c h²対応ナノビット媒体への記録と再生が可能なる環境を整備した。熱アシスト記録ヘッドと高Hk媒体で、450G b i t s / i n c h²の熱アシスト静止記録を確認した。

研究開発項目③「超高精度ナノアドレッシング技術の研究開発」

- ・ナノビット媒体で浮上量7nm以下でヘッドが安定に浮上することを確認した。また、ナノビット媒体を実装したプロトドライブでトラックフォローイングを行い、位相サーボ方式とローパスフィルターで、位置決め精度4.4nm以下を確認した。
- ・位置決め制御系仕様及び外乱モデルを策定し、流体起因振動シミュレーションを開発。ディスク、

アームサスペンションフラッタ解析を行い、 2.5 Tbits/inch^2 向け流体振動低減機構を提案した。

研究開発項目④「ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発」

- ・光・熱・磁気統合シミュレーションなどにより、 $2.5、5\text{ Tbits/inch}^2$ HDDの仕様を策定した。 2.5 Tbits/inch^2 はエネルギーアシストもしくはBPM、 5 Tbits/inch^2 はBPMへのエネルギーアシスト記録で実現可能なことを確認した。

平成22年度に行った中間評価では、上記全てのテーマで中間目標を達成していると評価された。主な指摘事項としては、この成果を量産化に結び付ける為の歩留まりの評価、事業化部署との連携の強化、事業者同士の連携強化、また、数多くの技術開発の絞り込みの必要性が挙げられた。これら指摘に対しては今後反映方針を検討する。

平成23年度においては、以下を実施した。

株式会社日立製作所研究開発本部主管研究長 城石 芳博氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「超高密度ナノビット磁気媒体技術の研究開発」

(1) ナノビット微細加工技術の研究開発

ナノビットの面積を 100 nm^2 程度(12 nm ピッチ、直径 6 nm ドット(28.3 mm^2))、かつ、位置精度を $\pm 4.5\text{ nm}$ 以下の円周配列構造で加工する技術を開発した。また、 2.5 インチ径の媒体面内における少なくとも3トラックで前記特性を確認した。

(2) 単一ナノビット記録性の検証

5 Tbits/inch^2 の面密度に対応するナノビットにおいて、磁化反転が制御可能で、かつ、その際に当該ナノビットの周辺ナノビットにおける磁気情報に影響がないことを確認した。

(3) ナノビット媒体界面技術の研究開発

2.5 インチ径のナノビット媒体界面内における表面凹凸を $\pm 5\text{ nm}$ 以下とする技術を開発した。また、媒体表面に付加機能層(表面保護層、潤滑剤など)を付与する場合は、ヘッドの安定低浮上動作と磁気情報の記録/再生を阻害することがないように、当該層が十分薄かつ均一に作製可能で、さらに、ヘッドの安定低浮上動作やアシストエネルギー照射に対して十分な耐性を有することを達成した。

研究開発項目②「超高性能磁気ヘッド技術の研究開発」

(1) 強磁場発生記録ヘッドの研究開発、(2) エネルギーアシスト機構の研究開発

平成22年度において抽出したアシスト機構を垂直記録ヘッドに組込む際の課題を解決し、さらにアシスト効果を向上させるためのアシスト機構部と垂直記録ヘッド部の形状および相対位置関係を制御する基本技術を確立した。

(3) 高感度・高分解能再生ヘッドの研究開発

5 Tbits/inch^2 級に必要な再生センサの要素技術開発に向け、必要な感度($\Delta R/R = 30\sim 40\%/RA\sim 0.2\ \Omega\ \mu\text{m}^2$)、分解能を実現するための低抵抗高出力再生センサ薄膜形成技術を検証した。また、現行センサ構造の分解能限界を打破する極薄新素子構造の基本センサ動作(媒体磁界相当の正負外部磁界による線形応答動作)を検証した。

(4) ヘッド動作の検証

5 Tbits/inch^2 に向けたヘッド記録動作の課題を抽出するため、エネルギーアシスト素子搭載のヘッドを用いて、磁気媒体上に記録を行うことにより記録ヘッドの基本動作を検証した。

5 Tbits/inch^2 に向けたヘッド再生動作の課題を抽出するため、再生ヘッドのSN比、分解能などの再生ヘッドの基本動作を検証した。

研究開発項目③「超高精度ナノアドレッシング技術の研究開発」

(1) 超精密位置決め技術の確立

5 Tbits/inch^2 級HDDを模擬した環境において、ナノビット媒体に対してヘッドの安定浮上および動的な位置制御ができることを確認した。

(2) ナノアドレッシング技術のシミュレーション開発

ナノビット媒体へのアドレッシング技術のためのシミュレーションの開発に着手し、 5 Tbits/inch^2 の面密度に対応したナノビット位置決めの実現技術の方向性を検討した。さらに、HDDの動的な位置制御条件を模擬したシミュレーションにおける空間分解能が 2 nm 以下で行えることを検証の上、 5 Tbits/inch^2 の面密度に対応したナノビット媒体へのナノアドレッシング技術のためのシミュレーション技術を確立した。

研究開発項目④「ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発」

(1) システム化とHDD性能の検証

5 Tbits/inch^2 の面密度に対応する超高密度ナノビット媒体と超高性能ハイブリッド磁気ヘッド、超高性能ナノアドレッシング技術、または、それらの組み合わせによって得られる各性能値をもとに 5 Tbits/inch^2 HDDシステム化のための概略仕様を策定し、HDD全体性能の検討及び要素技術に対する課題抽出を行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトは、HDDの記録密度向上による、IT機器の大幅な省エネルギーの達成等を目的とし、株式会社日立製作所研究開発本部主管研究長 城石芳博氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①超高密度ナノビット磁気媒体技術の研究開発

(1) ナノビット微細加工技術の研究開発

2. 5インチ径の媒体面内の30トラック以上において、面密度2.5 Tb/in²相当のナノビット（面積200 nm²程度）の配置の位置決め精度が3σで6.7 nm以内で加工できることを確認した。

研究開発項目②超高性能磁気ヘッド技術の研究開発

(1) 強磁場発生記録ヘッドの研究開発

マイクロ波アシスト機構を併用した強磁場発生記録ヘッドにより、5 Tb/in²の面密度に対応するナノビットに記録可能な磁場強度を発生できること、および、6 Tb/in²記録実現に向けたフィージビリティを確認した。

(2) エネルギーアシスト機構の研究開発

統合シミュレーションにより、アシストエネルギーで面密度5 Tb/in²に対応する単一ナノビット磁化反転が可能であり、また、それぞれの照射に際して周辺ナノビットにおける磁気情報に影響がないことを確認した。該設計に基づき、レーザ光源、レーザ光高効率導入機構、位置関係を調整して近接場素子を集積した熱アシスト集積ヘッドを試作した。さらにパターンスリミング技術を用いた15 nm級マイクロ波アシスト素子により、6 Tb/in²記録実現に向けたフィージビリティを確認した。

(3) 高感度・高分解能再生ヘッドの研究開発

新規ナノコンタクトMRセンサーを試作し、抵抗変化率35%、面抵抗0.15 Ω μm²から5 Tb/in²が可能であることをシミュレーション検証した。また極薄3層構成のヘッドを試作し、5 Tb/in²の再生分解能を確認した。

(4) ヘッド動作の検証

熱アシスト集積ヘッドが周速5~20 m/sにおいて5 nm以下で安定浮上し、面密度5 Tb/in²対応媒体へ熱アシスト記録が可能であることを確認し、マイクロ波アシスト機構付き記録ヘッドでも記録動作を確認した。さらにナノコンタクトMR型極薄3層構成の再生ヘッドを試作し、5 nm以下の安定浮上性と5 Tb/in²の再生分解能を確認した。

研究開発項目④ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発

(1) システム化とHDD性能の検証

媒体/ヘッド/アドレッシング/信号処理などのナノビット個別要素技術の仕様に基づき、2.5 Tb/in²、及び5 Tb/in² HDDシステムの概略仕様をシミュレーションにより策定・検証し、ナノビット媒体へのエネルギーアシスト記録により6~8 Tb/in²級HDDのフィージビリティを確認した。さらに、ナノビット媒体、ナノアドレッシング技術の個別要素技術を基にHDDプロトドライブを試作し、原理動作を検証した。これらにより、5 Tb/in²の磁気記録密度（2.5インチディスク一枚の記憶容量で3 TB以上）、かつアクティブアイドル時における単位情報量当たりの消費電力を0.3 W/TB以下を実現できることを検証した。

《3》高速不揮発メモリ機能技術開発 [平成22年度~平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

情報処理が不要な時の消費電力を大幅に削減できる革新的な超低消費電力情報機器の実現を目的に、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高速不揮発メモリの開発」

- ・メモリ素子膜の選定、および、電極構造を最適化し、書き換え電流 $\leq 50 \mu\text{A}$ を達成した。書き換え耐性の改善に向けて、メモリ素子構造、メモリ作製プロセス、測定条件の最適化を開始した。
- ・容量1 Gbit以上の高集積度を実現するためのメモリセルの基本データを取得した。
- ・中規模アレイ搭載テストチップレチクルを設計、および、作成を完了した。

研究開発項目②「不揮発アーキテクチャの研究開発」

- ・高速不揮発メモリの高速性・不揮発性という特性を生かしたアーキテクチャとして、高速不揮発メモリとフラッシュメモリを搭載したメモリアーキテクチャを提案しピーク電力を97%削減できることを示した。また、高速不揮発メモリを用いたメモリアーキテクチャのシステムレベルでの性能等を評価するためのESLツールを用いたメモリシステム開発プラットフォームを構築した。
- ・研究開発項目①「高速不揮発メモリの開発」から得られたデバイスデータを元に、チップ性能・インターフェースと不揮発アーキテクチャの仕様に関する検討を開始した。

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「高速不揮発メモリの開発」(共同研究)

- ・メモリ素子構造および電極構造を改良し、書き換え電流 $\leq 20 \mu\text{A}$ 、書き換え時間10 nsを達成した。書き換え耐性は、106回程度と実用化に向けては十分なレベルであることを確認したが、最終目標（ $\geq 10^{16}$ 程度）に向けて、スイッチングモデルを明確にして改善を続けていく。

- ・50nmサイズの中規模アレイ搭載テストチップを試作し、64Mビットのアレイ動作を確認した。この評価を通じて、書き換え電流、書き換え速度、抵抗などの特性データを取得し、ばらつき低減方法の検討を進めている。
- ・大容量プロトタイプチップの開発において、アレイ構成を検討した。単体メモリ素子および、中規模アレイ搭載テストチップの評価結果を元に、読み書き時間の高速化の見通しを得た。

研究開発項目②「不揮発アーキテクチャの研究開発」(委託)

- ・高速不揮発メモリの書き換え回数を50倍増加する、ターンバック書き込み方式を開発し、50nmサイズの高速不揮発メモリ素子を用いて、有効性を実証した。提案手法はシステム性能の劣化なしに信頼性を向上することが出来る。
- ・ESL(CAD)ツールを用いて、平成22年度に開発したメモリシステム開発プラットフォーム上に、メモリ等のデバイスの機能モデルから成る仮想デモシステムを構築した。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①高速不揮発メモリの開発

抵抗変化素子膜を搭載した1Gbit縦MOSアレイTEGを作製し、評価を行った。また、8Gbit大容量プロトタイプチップの設計を行った。

研究開発項目②不揮発アーキテクチャの研究開発

平成23年度に開発した仮想デモシステムを用いて、従来のメモリアーキテクチャの消費電力に対し、実質上1/10以下に削減する不揮発アーキテクチャを開発した。電力削減と同時に、書き込み性能も1.1倍に高速化することが出来た。また、断片化したデータや頻繁にアクセスするデータを高速不揮発メモリに記憶することでフラッシュメモリの書き換え回数を1/7に削減することが出来た。

(3) コンピュータ分野

[中期計画]

コンピュータ分野においては、ユビキタス化の進展に伴い、コンピューティング機器の小型化・多様化・分散化が進展し、組み込みコンピュータやサーバシステムの市場が拡大している。また、CPU(Central Processing Unit, 中央演算処理装置)、サーバシステムの高性能化の追求から、低消費電力化と電力対性能比の改善へと競争軸が変化している。さらに、システムの信頼性向上や開発効率の向上も求められている。

第2期中期目標期間中には、信頼性・セキュリティ、開発効率の向上に寄与する技術、30GOPS/W(Giga Operation Per Second/W)程度の電力対性能比を実現するマルチコア技術の開発等に取り組む。

[中期目標期間実績]

コンピュータ分野においては、マルチコア技術として、汎用コアと特定用途コアで合計8コア以上を搭載する64ビットヘテロジニアス・マルチコアチップを試作し、電力性能比30GOPS(Giga Operations Per Second) /Wを達成した。

《1》半導体アプリケーションチッププロジェクト(情報家電用半導体アプリケーションチッププロジェクト) [平成17年度～平成22年度]

[再掲: <2>情報通信分野 ①高度情報通信機器・デバイス基盤関連技術 (1)半導体分野 《2》参照]

《2》ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発 [平成23年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院情報理工学系研究科教授 中村 宏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「次世代不揮発性素子を活用した電力制御技術の開発」

- ・単体磁性体素子の開発を前倒しで実施し、動作エネルギー効率が従来の10倍以上改善することを確認した。
- ・マイコンシステムにノーマリーオフ技術を活用するアーキテクチャを提案し、MRAMを搭載した評価ボードで技術開発を開始した。
- ・ヘルスケア用に生体情報計測センサーノードLSIの設計を実施中で、不揮発デバイスの低電圧化にも取り組み中である。

研究開発項目②「将来の社会生活を支える新しい情報システムにおいて飛躍的なノーマリーオフ化を実現する新しいコンピューティング技術の検討」

- ・ノーマリーオフ・アーキテクチャの基本構成の検討を完了し、評価ボード仕様書を作成した。
- ・プロセッサ内部のキャッシュメモリを超高速不揮発メモリで置き換えたプロセッサにおいて、プロセッサの消費電力と性能をシミュレーション計算できるプラットフォームの構築を行った。
- ・さらに当該プラットフォーム上で超高速不揮発メモリと従来の中速不揮発メモリのモデリングを行うことで、複数のベンチマークプログラムを実行させた場合の消費電力と性能の評価・比較を行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトにおいて、事業開始時の10倍の電力消費性能（電力あたりの性能）の機器・システム開発を目的とし、東京大学大学院情報理工学系研究科教授 中村 宏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「次世代不揮発性素子を活用した電力制御技術の開発」

①-1：高速低消費不揮発メモリシステムによる携帯情報端末低電力化技術

高速で低消費電力で書き込み動作可能なMTJ（Magnetic Tunnel Junction）素子を開発し、それを用いた高速動作可能なノーマリーオフ型STT-MRAM（Spin Transfer Torque Magnetoresistive Random Access Memory）回路を不揮発キャッシュメモリ向けに設計した。これを300mmシリコンウエハで試作し、キャッシュメモリとして使いうるメモリ読み出しと書き込みの高速動作を確認し、各回路を比較した。

①-2：スマートシティー・センサーネットワーク低電力化技術

センサーネットワークシステムにおける評価ボード・拡張ボード及び制御チップ（FPGAを使用）の設計／試作を行った。また、ノーマリーオフセンサーネットワーク・デモシステムとして、デマンド交通システムの仕様を策定した。

①-4：ヘルスケア応用生体情報計測センサーネットワーク低電力化技術

FeRAM（Ferroelectric Random Access Memory）を混載した生体センサーLSIを試作し、システムモジュールとして生体センサシステム動作中にFeRAM部を間歇動作させることにより、FeRAM部の待機時消費電流を10分の1以下に削減した。また、CPUを搭載した次世代生体センサーLSIの設計と試作を開始した。

研究開発項目②「将来の社会生活を支える新しい情報システムにおいて飛躍的なノーマリーオフ化を実現する新しいコンピューティング技術の検討」

②-1：ノーマリーオフ評価基盤・プラットフォームの研究開発

評価ボードの一次試作を行い、実機でのノーマリーオフ技術の有効性を検討できる評価基盤を実現した。また、電力評価エミュレーションを行う環境仕様策定を実施した。

②-2：超高速不揮発メモリを活用するノーマリーオフメモリシステムプラットフォームの研究開発

平成23年度に整備したシミュレータの精度を向上させ、高速不揮発メモリの特性が性能に与える影響を定量的に評価できる環境を整備した。

②-3：ノーマリーオフコンピューティングシステム設計方法論の研究開発

②-1で実施した評価基盤を用いて、ノーマリーオフ技術を有効に活用できる新規アーキテクチャの提案、電力を最適化するソフトウェア技術の検討を行った。また、②-2で実施したシミュレーション環境を用いて、研究開発項目①で開発した高速低消費電力STT-MRAM回路を適用する不揮発キャッシュメモリの消費電力を効果的に下げるプロセッサアーキテクチャの第一次検討を行ったさらに、低消費電力化効率の高い不揮発性フリップフロップの構成にて回路シミュレーションを実施し、電力低減を確認した。また当該不揮発性フリップフロップと不揮発性メモリを適用した場合の性能比較、およびベンチマークとすべきアプリケーションの選定を開始した。

（4）ネットワーク分野

[中期計画]

通信ネットワークの状況を見ると、トラヒックはますます増大し、既存ルータの機能的限界が顕在化している。また、データセンタにおいて要求される処理能力の高まり及び消費電力の急増といった問題が顕在化している。

第2期中期目標期間中には、第1期中期目標期間において確立した革新的光デバイス技術等を基礎として、エッジルータ機器については信号処理速度40Gbps以上、LAN-SANシステムについては伝送速度160Gbps伝送を可能とする高効率ネットワーク機器・システムの実現に向けた研究開発等に取り組む。

[中期目標期間実績]

ネットワーク分野においては、高効率ネットワーク機器・システムの実現を目指し、エッジルーター用100Gbps双方向・省電力光インターフェイスモジュールを開発した。LAN-SANシステムについては伝送速度160Gbpsスーパーハイビジョン信号配信システムを開発し、各デバイス・システムの検証を行った。

《1》次世代高効率ネットワークデバイス技術開発 [平成19年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院情報理工学系研究科教授 浅見 徹氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発」

(1) 省電力・高性能光インターフェース (I/O) 開発

- ・高速多重・分離回路技術に関しては、試作ICと高速、小型パッケージで、40Gbpsの基本動作を確認し、ISSCC2009で発表した。さらに40Gbイーサネットシリアル入出力機能を追加した。
- ・光受信アナログ・フロントエンドに関しては、単チャンネル電子回路の試作、さら25Gbps×4チャンネル電子回路チップを試作し全チャンネルの動作確認を行った。光送信ドライバに関しては、25Gbps×4チャンネル送信ドライバ (SiGe-BCMOS) の試作と、さらに低電力化のCMOSドライバ回路設計を完了した。また高信頼化方式の検証用モジュールの試作を行い、OFC国際会議で展示した。
- ・LAN/WAN間大容量信号変換技術に関しては、信号変換LSIの全体論理設計を実施し、論理ゲート規模を確認し、LSI試作を一部開始した。イーサネット信号のOTNへの多重化収容についてITU-Tで標準化を推進し、合意を得た。

(2) 超高速LDの技術開発

- ・超高速省電力単一モードレーザの実現に向けたAlGaInAs系レーザについては、活性層の両側に分布反射鏡を集積した新規共振器構造で25℃での40Gbps動作電流が56mAまで低減することを確認した。量子ドットレーザについては、量子ドット活性層の改良を進め、ドットを高密度化した5層構造の量子ドットレーザでの20Gbps変調を世界で初めて確認した。水平共振器面出射型レーザについては、全反射ミラーとレンズを集積した水平共振器面出射レーザを試作し、狭窄光ビーム (2° x 2.5°) の面型出射動作と10Gbps変調動作を確認した。25Gbps動作素子の予備試作をOFC国際会議で展示した。

(3) 小型・集積化技術開発

- ・光フロントエンド用フォトダイオードに関しては、高反射ミラーとレンズを集積したフォトダイオード (PD) を試作し、25Gb用PDとして的高速動作 (周波数帯域: 35GHz) を確認した。これに平行し、4チャンネルFEモジュール用の4素子集積化PDの試作を行い、OFC国際会議で展示した。
- ・波長可変光源に関しては、リング導波路を用いた波長可変共振器の確立、光増幅器 (SOA) とシリコン光回路との光学結合の最適化、ヒータ構造の小型化等を確認し、Cバンド全域をカバーする35nm以上の安定した波長チューニングを1リングあたり40mW以下の消費電力で実現した。サイズは、石英系光回路の約1/30の小型化を達成し、約1/5の低消費電力化を実現した。国際学会に投稿予定である。
- ・光スイッチに関しては、超高速光ゲートスイッチ技術としてサブバンド間遷移 (ISBT) 導波路を最適化して、40Gbit/s繰り返しのピコ秒パルスに対して十分な位相シフトを達成した。ハイブリッド集積化技術では、シリコン導波路の基本的な設計および試作を行った。
- ・半導体光増幅器 (SOA) に関しては、22重のコラムナ量子ドットを2段重ねても高品質を保つ量子ドット結晶成長技術を開発し、2段コラムナ量子ドットSOAで、1段に比べ利得が2倍以上になることを確認し、50℃において波長1.55μmの信号光に対して素子利得27.4dBを得て目標を達成した。
- ・波長変換器に関しては、光出力変動に応じて入力光レベルを調整できるように、光出力信号強度評価モニタの集積化を実施した。入力信号ポートにアクティブ構造を集積しダイナミックレンジ拡大の実証をした。
- ・100Gbイーサ標準化獲得に向けた25Gbps×4チャンネル送受信光モジュールの実装を行い、展示デモ用サブシステムの構築を行い、実証データをOFC国際会議で展示した。

(4) 超電導回路技術開発

- ・SFQ回路デジタルシステムとしてのリアルタイムオシロスコープ実現に向け、新方式ADコンバータ回路のビート周波数法を用いた高速テストを行い、10GHz入力信号に対して4ビット動作に成功した。また、ADコンバータ周辺回路であるエラー補正回路の30GHzでの動作を確認した。光信号をSFQ信号に変換するためのUTC-PD/SFQ変換回路を開発し、ビットエラーレート-12乗以下で40Gb/sの光入力によるSFQ回路の動作実験に成功した。冷凍機で冷却した超電導交流電圧標準デバイスにおいて、光入力により任意波形が量子レベルの精度で発生できることを確認した。

研究開発項目②「次世代高効率ネットワーク・システム化技術の開発」

(1) 大規模エッジルータシステム化技術開発

- ・40Gbps対応トラフィック分析装置実現のためのモニタ情報多段集約アーキテクチャを提案し、これを構成する以下の要素技術を開発した。1) 高速省メモリトラフィック分析処理のハードウェア

クセラレーション技術、2) 特定トラヒックの詳細分析に有用なポリシーミラーリング機構の制御ソフト技術、3) モニタリング情報を管理サーバへ効率的に提供する管理インタフェース技術。上記技術を搭載し、40Gbps対応トラヒック分析装置の一部となる10Gbps回線対応独立筐体を試作し、10Gbps超トラヒックのモニタリングが可能であることを検証した。

(2) 超高速LAN/SANシステム化技術開発

- ・システム化技術では、160Gbit/s OTDM伝送に必要なクロック抽出を立ち上げ、ISBTやSOAを用いる伝送実験を行う体制を構築した。また超高速LAN-SANシステムにSHVを収容するための受信装置のFPGAによる信号処理をRTLで設計し、計算機シミュレーションによるタイミング解析を行い、10Gb/s信号から並列HD-SDI信号への変換が誤り無く実現できる見通しを得た。その結果を基に、SHV収容基礎実験装置を使って10G電気信号のループバックで送受信の動作を確認した。

平成21年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院情報理工学系研究科教授 浅見 徹氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

平成21年度行った中間評価では、全般的に良好に進捗し、一部には世界的に顕著な成果が得られているとともに国際標準化活動・実用化に対しても意欲的に取り組まれている点は高い評価に値するとされた。今後は、次世代ネットワークに向けたデバイス利用技術とシステム技術の検証を行い、研究開発の加速を望むとされた。今後システム化の検証とデバイスの完成度を上げ早期の実用化の促進を図る。

研究開発項目①「次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発」

(1) 省電力・高性能光インターフェース (I/O) 開発

- ・高速多重・分離回路技術に関して、多重・分離CMOS IC回路を試作に加え、補正事業で行った直列に1ビットずつデータ転送するシリアル方式・20Gbpsインターフェースを追加した全体試作により、中間目標の40Gbps動作と消費電力4W以下を実現した。25Gbps受信アナログ・フロントエンドの出力段にイコライザ機能を付加し、2.8mW/Gbpsの低消費電力動作を実証した。さらに補正事業として、ルータ内結合構造に向けたマイクロ光コネクタで光結合する光モジュールを組上げた。4チャンネル直接変調送信ドライバは、25Gbps/chの高速駆動と10mW/Gbpsの低消費電力性を実証した。同じく補正事業として、「小型・集積化技術開発」と連携して光送受信一体化パッケージの開発を開始し、高効率光結合構造の設計と検証を行った。LAN/WAN間信号変換LSIは、トランスポンダ基本動作時で消費電力を10W以下と中間目標を達成した。さらに補正事業として、今後市場の拡大が見込まれる40GbEインターフェースへの接続を可能とするための40GbEインターフェース変換LSIの試作に着手した。インターフェース変換LSI_TEG回路の評価を行うと共に、本TEG回路を用いてOFC/NFOEC2010にて40Gbps級チップセットとして動態展示を実施した。

(2) 超高速LDの技術開発

- ・AlGaInAs系単一モードレーザは、波長1.3μm帯と1.55μm帯で駆動電流50mA以下での室温40Gbps動作を実現した。また波長1.55μm帯で世界初の85℃まで40Gbpsの識別余裕を示すアイ開口を実現した。量子ドットレーザは、8層の活性層を用いて世界初の室温25Gbps動作を実現した。水平共振器面射出型レーザは、世界初となる100℃、25Gbps動作と、従来比1/2以下の低消費電力動作を実証した。

(3) 小型・集積化技術開発

- ・光フロントエンド用フォトダイオードは、帯域35GHzの高速動作と、0.8A/Wの高受光感度を実現した。さらに補正事業として、ルータ内結合構造に向けた4チャンネルアレイレンズ集積PDを試作し、「省電力・高性能光インターフェース (I/O) 開発」と連携して、マイクロ光コネクタで光結合する小型光受信モジュールを試作した。チャンネル当たり25Gbps、クロストーク-17dB以下の受信動作を実証し、プロジェクトの最終目標を達成した。このため、本技術開発は本年度で前倒し終了し、「大規模エッジルータシステム化技術開発」に成果を適用する。波長可変光源は、小型シリコン波長可変共振器と半導体光増幅器をハイブリッド集積し、中間目標を上回る省電力化(28mW/ring)とチューニング帯域100nm以上を実現した。
- ・超高速全光スイッチは、動作効率を大幅改善して0.85rad/pJを達成した。空間光学系モジュールで中間目標である消光比20dB、応答速度2psを超える性能を実現した。コラムナ型量子ドット半導体光増幅器は、温度50℃での40Gbps変調信号光に対するペナルティーフリー増幅を実証し、中間目標を達成した。さらに補正事業として、4チャンネルアレイ素子実現に向け、課題抽出のための試作を実施した。波長変換器は、光出力変動に応じて入力光レベルを調整するモニタの集積化を実施し、ダイナミックレンジ拡大が可能であることを実証した。25Gbps×4チャンネル受信用の高感度フロントエンドは、マイクロ光コネクタで光結合する光モジュールに組み上げ、25Gbps/ch、クロストーク-17dB以下の受信動作を実証し、主要国際会議で展示した。

(4) 超電導回路技術開発

- ・リアルタイムオシロスコープに向けて、4ビットSFQ高速ADコンバータ(ADC)の34GS/s動作を確認した。また、しきい値揺らぎの不安定性を除去するエラー補正回路とADCを統合した。LN変調器を用いてSFQ回路から10Gbps以上の光出力を行うスキームを特許化した。

研究開発項目②「次世代高効率ネットワーク・システム化技術の開発」

(1) 大規模エッジルータシステム化技術開発

- ・複数台の10Gbps対応トラヒック分析機構で分散処理し全体の分析情報を推定算出する再集約アルゴリズムを開発し、中間目標の40Gbps、4Mフロー/秒を達成する独立筐体型トラヒック分析装置を試作した。また、複数のルータを1台の論理的なルータとして扱う装置設定情報管理技術を開発し、40G対応トラヒック分析機構を組み合わせたスケラブル・ルータの機能検証を実施した。さらに補正事業として、光信号接続によりルータ機能モジュールを統合するために必要な光・電気混載可能なコネクタ部品の試作と部品単体の基本特性評価、光信号によるルータ内結合を前提とした装置の構造設計、要素部品を搭載する基板の実装検討を実施した。

(2) 超高速LAN/SANシステム化技術開発

- ・超高速光スイッチおよび高効率光半導体増幅器を用いて、172Gbps OTDM伝送の動作確認を行った。SHV信号(24Gbps)と43Gbps信号とを相互に変換する多重・分離装置を試作した。さらに、2チャンネルSHV映像の転送デモを実施し、平成21年度に設定した中間目標である160Gbps光LAN上での伝送システム動作を実現した。

平成22年度においては、以下を実施した。

次世代ネットワークにおける省電力化・大規模化・超高速化というニーズに応えることを目指した光インターフェースや光デバイス等の基盤技術開発及びシステム化技術開発の推進を目的に、東京大学大学院情報理工学系研究科教授浅見徹氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発」

(1) 省電力・高性能光インタフェース(I/O)開発

- ・共通基盤技術にて開発した各デバイス、サブシステムは、システム化技術の開発により動作を確認する、との基本方針に従い、本開発は研究開発項目②(2)(イ)に統合し、これまで開発した技術を、ルータ内結合用光受信、送信モジュール構造を試作に適用した。

(2) 超高速LDの技術開発

- ・AlGaInAs系単モードレーザについて、高温での動作電流低減に向けてDFB活性領域の両端にDBR反射鏡を集積したレーザのデバイス改良を実施し、波長1.55μm帯レーザにおいて、85℃での40Gbps直接変調動作電流の低減を確認した。また波長1.3μm帯レーザの直接変調による40Gbpsファイバ伝送実験を行い、70℃までの5kmファイバ伝送に世界で初めて成功した。
- ・量子ドットレーザは、高温特性改善に向けた量子ドット結晶改良とデバイス構造検討を実施し、25℃でさらなる利得の増大を確認し、8層構造で世界最高の正味モード利得55cm⁻¹を実現した。
- ・水平共振器面射出型レーザは、平成21年度に行った短共振器型レーザ素子の試作評価結果、ならびに集積レンズの高位置精度アライメント技術を踏まえて、25Gbps高速動作に適した短共振器型レーザ素子の4チャンネル集積化を検討し、85℃で100Gbps(25Gbps×4チャンネル)動作を当初計画の1年前倒しにて実証した。

(3) 小型・集積化技術開発

- ・高感度光受信デバイスと受信アンプ回路については、研究開発項目②(1)(ア)光信号接続によるルータ内結合構造の開発に統合した。
- ・ハイブリッド集積化超高速光スイッチの高性能化を行いその動作を実証、さらに開発した構造をモノリシック集積に応用して、モノリシック集積素子のOTDM-NIC用素子を実現した。
- ・半導体増幅器(SOA)の4チャンネルアレイ素子では、従来の単チャンネル素子と異なり、チャンネル間の相互熱干渉による利得低下などの問題が懸念されるため、前年度に試作した素子の評価結果の分析を通して、動作波長の長波化等の、アレイ素子固有の技術課題を抽出した。これらの結果を受けて、チャンネル間隔の最適化等の対策を進めつつさらに、コラムナ型量子ドット構造の設計、結晶成長技術の開発を行い、最終目標達成の目処を立てた。
- ・波長変換器に関しては、光出力変動をモニタするフォトダイオード(PD)、変動に応じて入力光レベルを調整できるようにするSOAを共に集積した光モジュールを開発し、ダイナミックレンジ拡大フィードバック回路の実証を行った。

(4) 超電導回路技術開発

- ・SFQ回路デジタルシステムとしてのリアルタイムオシロスコープ実現に向け、前年度までに開発したADC統合回路をベースに、使用するジョセフソン接合の臨界電流密度増加による高速化や回路の改良を行い、5ビットADCの50GS/s動作を実現した。また、データ入力部分の高周波設計を改良し、入力帯域向上を行った。さらに、ADC出力を外部に読み出すための速度変換を行うSFQシフトレジスタ回路を開発した。

研究開発項目②「次世代高効率ネットワーク・システム化技術の開発」

(1) 大規模エッジルータシステム化技術開発

- ・省電力光デバイスを活用した大規模エッジルータ実現に向け、光信号接続によるルータ内結合を前提としたルータ装置を試作する。具体的にはルータ装置の構成要素である光インタフェースの要素部品を搭載した基板とその基板を搭載する構造体を平成21年度の検討結果に基づいて試作した。また、ルータ装置全体を制御するための制御機構の設計と試作を行った。
- ・平成21年度までに実施した「次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発」における「省電力・高性能光インタフェース(I/O)開発」と「小型・集積化技術開発」の成果を踏まえ、さらに「超高速LDの技術開発」と連携し、複数のルータ機能モジュールを光信号接続により統合す

るためのルータ内結合構造の実現に向けて、85℃で動作する受信アナログフロントエンド回路と多重・分離回路とを一体集積した電子回路、送信ドライバ回路、高速反射構造光受光デバイス、水平共振器面出射型レーザを基板上に組み込み、ルータシステム実証試験に要求される高実装密度を満たす、10mm角程度の超小型サイズのルータ内結合用光受信、送信モジュール構造を試作した。これを用いて光伝送機能を実証するとともに、最終目標である10mW/Gbps、従来比90%の省電力効果を当初計画の1年前倒しにて実証した。

(2) 超高速LAN/SANシステム化技術開発

- ・光LANにおける光スイッチによるOTDM信号の切り替え試験を行う準備（光スイッチ、高速応答光増幅器）を進めた。光スイッチ時に問題となるOTDMトリビュタリ識別について方式の検討を行い、特許出願をした。ISBT光ゲートの高速動作に関する評価技術の構築を行い、200Gbpsの動作（偏波多重により、次世代Ethernetの400G）が可能であることを確認した。
- ・SHV信号（フル解像度方式、72Gbps）と2つの43Gbps信号とを相互に変換する多重・分離回路を設計して試作基板に実装し、実験により機能を確認した。
- ・平成21年度に試作した40GbEインタフェース変換LSI、TEG回路の評価を進め、動作信号速度特性等を確認した。並行してLAN/WAN変換LSI、40GbEインタフェース変換LSI、40Gbps級小型光インタフェース技術、40Gbps級波長変換技術を組み合わせた40Gbps級LAN/WAN間信号変換システム化技術トータルとしての総合デモンストレーションに向けた検討を実施した。

平成23年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院情報理工学系研究科教授 浅見 徹氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発」

25Gbps量子ドットレーザを75℃での温度安定動作を実現した。

(1) 大規模エッジルータシステム化技術開発

- ・集積型ISBTをモジュール化したOTDM集積型全光スイッチを開発し、開発項目②(2)の実証実験に適用した。サンプリング速度50GS/sでの超電導リアルタイムオシロスコープを開発し、開発項目②(1)の25Gbps波形観測を実証した。

研究開発項目②「次世代高効率ネットワークデバイスシステム化技術の開発」

(1) 大規模エッジルータシステム化技術開発

- ・光信号接続によるルータ内結合構造に向けた100Gbps（25Gbps×4ch）双方向・省電力光インタフェースモジュールを開発した。85℃にて28Gbps×4chまでの動作を確認。消費電力は2W。世界発の空冷小型100Gbps動作としてプレス発表を行い（2012/3/1）、また国際展示会であるOFC（Optical Fiber Communication Conference）2012へ出展した。ルータのバックプレーン接続に適用して動作を確認した。

(2) 超高速LAN-SANシステム化技術開発

- ・集積型ISBTのモジュール、SOA、光NICを接続し、160Gbps光LAN上で、72Gbpsのフル解像度非圧縮スーパーハイビジョン2chを切り替えて配信するシステムを世界で初めて開発し、各デバイス・システムの検証を行った。開発したシステムの公開デモを実施した（2012/1/31）

(3) 超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術

- ・小型・低消費電力で実現が可能な光配線の技術を、基板内のモジュール接続に適用した、光電子ハイブリッド回路基板技術を確立するため、25Gbps/chのボード内光インターコネクティブタイプの試作評価による優位性検証と課題抽出、並びに装着用光源及び高精度装着技術検討を実施した。また、装着用光源及び光源装着技術の検討、長距離データ伝送モジュールの小型化・省電力化の検討、高速光導波路に接続する高速低消費電力の光スイッチ技術の検討を実施し、超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術を構築するための課題を抽出した。

(5) ユーザビリティ分野

[中期計画]

IT情報機器関連では、近年、ますますインターネット・ブロードバンドが浸透するとともに、携帯情報端末が普及し、ユビキタス社会化が進展している。これに伴い、セキュリティの確保など安全・安心を中心とした新たな社会的課題が登場してきている。

ディスプレイ関連では、液晶ディスプレイ（LCD）、プラズマディスプレイ（PDP）が引き続き薄型平面ディスプレイ（FPD）市場の主流をなしており、韓国・台湾との競争が激化している。これからの大画面FPDについては、高精細化・高画質化・低消費電力化などの高付加価値機能搭載、薄型化が進むと考えられる。有機ELについては、小型ディスプレイ搭載デバイスが既に事業化されており、市場は今後も堅調に拡大する見通しであるが、大型化に向けては開発リスクの高い技術課題が残されている。

第2期中期目標期間中には、IT情報機器関連では、コンシューマ、ビジネスユーザからサービス提供者までを含め、ユビキタス社会において、IT機器を活用するためのインタフェース技術やセキュリティ技術等の「人中心型利用

技術」の開発を推進する。

ディスプレイ関連では、第2期中期目標期間中に、大画面・高精細・高画質でありながら従来比（2006年度時点）1/2以下の低消費電力化を実現するLCD技術、新たなパネル材料を用いて年間消費電力量を従来比（2006年度時点）2/3以下にできるPDP技術の開発等を推進する。また、LCD・PDPを性能面で上回る大型有機ELディスプレイの開発等を推進する。

[中期目標期間実績]

ユーザビリティ分野のうち、IT情報機器関連では、「人中心型利用技術」の開発を実施し、次世代インターネットプロトコルIPv6の透過型検査およびフィルタリングを実現した。

ディスプレイ関連ではパネル構成材料技術、プロセス・設備技術、パネル設計・駆動技術開等のLCD技術の開発により、従来に比べて、消費電力1/2削減を達成した。

また、装置技術及びプロセス技術の開発並びに高効率部材の開発等のPDP技術の開発により、最終目標である、従来比年間消費電力量2/3以下を達成した。また、LCD・PDPを性能面で上回る大型有機ELディスプレイの開発等を推進した。

《1》低損失オプティカル新機能部材技術開発 [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、東京大学大学院工学系研究科教授 大津 元一氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「基盤技術研究開発」

(1) ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術

平成19年度までの成果をもとに近接場光領域と伝搬光領域を統合したシミュレーション技術を開発するとともに、伝搬光領域における回折の有無/次数による観測点での伝搬強度への影響について明らかにした。また、並列計算対応FDTDプログラムの高効率化を図り、遺伝的アルゴリズムをFDTD法に適用できるようにした。これをもとに、偏光制御素子の特性解析を行い、偏光透過率60%以上が可能なことを確認した。また、最終目標（透過率75%以上、消光比1:2000）の達成を可能とする偏光制御部材の基本構成を示した。

(2) ナノ構造部材作製技術

偏光素子作製技術として、微小粒径金属膜作製技術、EB露光技術、RIE技術、FIB加工技術、パターンめっき技術等を検討した。これをもとに、微小粒径金属膜の成膜と、EB露光、リフトオフ法による加工技術を用い、45度直線偏光入射での偏光透過率が60%を超える特性を示したイタリックI型構造A1偏光素子を試作した。さらに、3次元縦構造金属細線として、直径70～100nm、高さ400nmの高アスペクトAuピラーを電解パターンめっきにより試作した。また、オプティカル新機能部材作製技術として、MBE技術を検討し、これをもとに、室温での強いPL発光を示す低密度InAs量子ドット（光論理ゲート構造部材の要素）を試作した。

(3) ナノ構造部材評価技術

金属ナノ構造中のプラズモンの状態を評価する方法として、チップ増強ラマン散乱分光法、チップ増強発光法、チップ増強レイリー散乱法が有効であることを原理的に検証した。また、光ナノプローブに関しては、光出力強度の波長依存性とプローブ長依存性を確認すると共に、カーボンナノチューブ入射端の金ナノ粒子が集光アンテナとして、出射端の金ナノ粒子が共鳴器として作用していることを確認した。さらに、光出力強度のプローブ長依存性から、強度減衰率が低下し実用に好適なプローブ長領域が存在することが判った。これらの結果に基づき、光ナノプローブの基本構成を提案した。

(4) ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術

PL評価において、光論理ゲート素子の半導体量子ドット間でのエネルギー移動温度を従来の77kから220kに向上したことを確認した。また、最適な素子構造を想定した試作として、電子線描画およびGas基板のコロージョンレス低ダメージナノエッチングを用いた素子加工プロセスを検証し、基本的な材料特性、ナノ構造による基本特性を明らかにした。ナノ粒子等のナノ構造部材を用いた導波路検討については、Sn seed膜の微細加工プロセスの検討を行い、ウエットプロセス及びドライプロセスでの加工可能な条件を見出した。さらにコアシェル構造金属ナノ分子の耐熱性を向上した。また、近接場光から伝搬光への高効率変換素子として提案したスポットサイズ変換導波路をシリコンにて試作し、スポット径が500ナノメートルに縮小できていることを確認すると共に、更なるスポット縮小を目指し、端面にプラズモンプローブを作製した。

研究開発項目②「ナノ構造を用いた偏光部材研究開発」

(1) ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術

平成19年度までに検討した解析的手法による偏光制御部材の基本動作原理の検証を進めると共に、局所領域および大面積構造での光学特性計算の目処を得た。また、最適構造の一つである金属ナノドット構造にて、位相変化量、透過率変化でのシミュレーションと実験との一致を確認した。また、中間目標（透過率60%以上）を達成しうる偏光制御部材の材料、構成・構造、寸法等を示した。

(2) ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術

平成19年度までに開発したナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術を用い、実用化レベルの大き

さの素子（数mm角サイズ）や30 μ m角サイズ素子での偏光制御部材の基本動作原理の検証を進め、金属ナノ構造による位相差付与機能（位相差50度以上）を確認した。また、中間目標（透過率60%以上）を可能とする偏光制御部材の各種要素技術を開発した。さらに、実用レベルの大きさ（数mm角サイズ）で偏光機能と消光機能を一体的に併せ持つ構造を作成するための準備を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院工学系研究科教授 大津 元一氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「基盤技術研究開発」

(2) ナノ構造部材作製技術

以下より、最終仕様に適するような、数十nmレベルの偏光板等、オプティカル新機能部材の材料及加工精度の作製要素技術内容の目途を得た。

低損失偏光制御部材については、3次元ナノ構造素子形成基礎技術としてAu3層立体構造素子を試作し、高アスペクト比構造形成技術として、Alライン・パターンを試作した。また、微小領域光学特性評価方式を用いて、試作した30 μ m角偏光選択素子の光学特性を評価・解析し、作製条件にフィードバックした。

近接場光を信号キャリアとするナノ構造新機能部材については、MBE技術による半導体量子ドットの形状・材料制御技術として、埋込み(Cap)層の成長条件を最適化し、室温において、従来の2.5倍強度の1層量子ドット発光と、積層量子ドット発光強度の大きな増強とを確認した。以上より、ナノ構造金属部材作製技術を絞込んで最終目標達成に向けた最適作製プロセスの目途を得た。

(3) ナノ構造部材評価技術

ロッド状の標準試料等を用いて、S/N(Signal-Noise ratio)向上を目的とした高感度検出法の構築を行い、また、チップ増強ラマン散乱分光法、チップ増強発光法、チップ増強レイリー散乱法の比較と絞り込みを行った。提案した光ナノプローブと、プラズモンカップリングにより伝搬光をプローブに効率よく導光するカンチレバー導光部を含めた、光ナノプローブシステムの基本構成を明らかにした。

(4) ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術

光論理ゲート素子の最適な素子構造を想定した試作を行い、単層量子ドットからの室温PL発光を確認した。また、ナノ粒子分散型材料を用いた近接場光導波機能を実現するため、これまで得られた成果をもとに、量子ドットの意図した場所への形成および、波長変換素子の動作確認・評価の方策を得た。これにより、最終目標を達成できる目処を得た。

研究開発項目②「ナノ構造を用いた偏光部材研究開発」

(1) ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術

平成20年度に開発した光学特性計算技術と「基盤技術研究開発①(i)ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術」で開発された数値シミュレーション技術を導入し、従来の方式との比較・検証を行い、遺伝的アルゴリズムによる偏光制御部材の最適構造設計技術を開発した。また、最終目標を達成しうる偏光制御部材の構成として、偏光制御部材に使用する金属材料を選定し、積層構造からなる基本素子構成を示した。

(2) ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術

平成20年度までに開発したナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術を用い、実用化レベルの大きさであるmmオーダーの金属ナノ構造素子を作製する技術を開発し、偏光制御部材の構成要素の試作および光学評価を行い、また積層構造を有する偏光制御部材を実現するためのナノ構造形成後の被膜・平坦化技術、および積層構造の作製技術を開発・試作を行い、最終目標達成の方向性を得た。

平成22年度においては、以下を実施した。

動作原理に近接場光を用いる低損失オプティカル新機能部材の基盤技術、材料・加工技術、光学特性評価技術、低損失偏光制御部材の開発を行うことを目的に東京大学大学院工学系研究科教授 大津 元一氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「基盤技術研究開発」

(2) ナノ構造部材作製技術

10nm精度の3次元ナノ構造素子形成技術をはじめとする偏光制御部材作製プロセス技術を開発し、最終目標を達成。リフトオフAu立体層構造を重ね合わせ精度10nmで試作。立体3層構造のHentennaを試作。

(3) ナノ構造部材評価技術

金属ナノ構造の光学・形状特性を評価するため、金ナノ構造充填カーボンナノチューブ・プローブと、伝搬光を効率よくカップリングするカンチレバー導光部を提案し、分解能2nmを理論検証し、最終目標を達成。

(4) ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術

近接場光による量子ドット間のエネルギー移動を用いた、全光ナノスイッチ(NOTゲート)の室温動作(300K)に世界で初めて成功し、プレスリリースを実施。また10nm程度の金ナノ粒子分散材料を用いた幅200nmの近接場光導波路を試作し機能を実証。

研究開発項目②「ナノ構造を用いた偏光部材研究開発」

(1) ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術

平成18～21年度に開発した遺伝的アルゴリズムとFDTDシミュレーションを用いた構造最適

化手法を用い、偏光制御部材の最終目標達成が可能となる構成・構造、寸法等を最適設計するとともに、FDTDやRCWAシミュレーションを用いて、最適構造に対する評価・解析を実施した。また、本最適化手法により得られるデータを用いたロバスト性の評価・解析を行った。さらに、大面積化が容易なナノ構造偏光制御部材の設計・解析を行った。

(2) 「ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発」

ナノ構造を用いた低損失偏光制御部材として、赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率75%以上、消光33dB以上の光学特性を満たす偏光制御部材を開発し、最終目標を達成。

ナノ構造を用いた低損失偏光制御部材の大面積作製に関し、ウェハプロセスでの大面積化技術を開発。実用化レベルの大きさ(10mm以上)の低損失偏光制御部材を作製し、最終目標を達成。

《2》有機発光機構を用いた高効率照明技術の開発 [平成19年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

パナソニック電工株式会社技監 菰田 卓哉氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「生活用照明を代替する高性能照明光源の開発」

(1) 高演色性マルチユニット素子構造の技術開発

更なる短波長・高効率の青色発光材料の開発としてピーク波長450nm未満の純青色材料を合成するとともに、キャリア注入・輸送特性の優れた材料を中間層に適用するなどしたユニット化を図り、素子特性として $R_a = 94$ 、効率 26 lm/W 、輝度半減寿命2万時間程度(初期輝度 $1,000 \text{ cd/m}^2$)の値を得た。

(2) 有機ELの寿命支配要因の解明

高演色性発光素子の寿命支配要因解明に向け、有機層間の界面部、有機層と中間層を構成する無機層との界面部、電極上に塗布成膜される有機層の界面部の膜質変化等の精密分析手法を用いた各種評価を実施し、寿命の改善に寄与可能なITO電極上の表面改質方法や中間層のダメージ低減策などの検討を行った。

研究開発項目②「高演色性光源デバイスの省資源型製造プロセス技術の開発」

(1) 大気圧下での薄膜層形成技術の開発

検討した極薄膜均一塗布プロセスの基本方式に基づき塗布装置の設計、製造を実施し、膜厚 $40 \text{ nm} \pm 5\%$ (100 mm/s 時)の薄膜均一性を確認した。また、不均一塗布領域の発生原因解明のため、塗布状態観測環境を整備した。

(2) 省資源型の高速蒸着プロセス技術の開発

高効率蒸着を実現のため、蒸着源の精密制御等を実現し、特定の材料を用いて、材料使用効率70%、成膜速度 8 nm/s を達成した。

(3) 封止プロセス技術の開発

長寿命化に向け検討した高放熱・低透湿封止方式に基づき、 4.5 cm 角の発光素子に封止を実施し、初期輝度 $1,000 \text{ cd/m}^2$ 以上で輝度半減寿命2.5万時間以上、保管寿命5万時間以上の封止性能を確認した。

平成21年度においては、以下を実施した。

パナソニック電工株式会社技監 菰田 卓哉氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「生活用照明を代替する高性能照明光源の開発」

(1) 高演色性マルチユニット素子構造の技術開発

マルチユニット素子光学設計技術の開発、光取り出し技術の開発、高性能電子輸送材料の開発等を行い、最終目標である平均演色評価数 $R_a = 95$ 、輝度 $1,000 \text{ cd/m}^2$ 、効率 37 lm/W 、輝度半減寿命4万時間を達成した。また本目標を基板サイズ 10 cm 角の有機EL照明光源で実証した。

(2) 有機ELの寿命支配要因の解明

有機層界面部の膜質変化の分析・評価を行い各プロセス処理における膜密度と膜圧の相関を解明した。加えて、界面を備える素子を試作し、酸を用いた複合的界面処理により約6倍以上の長寿命化の効果が確認された。

研究開発項目②「高演色性光源デバイスの省資源型製造プロセス技術の開発」

(1) 大気圧下での薄膜層形成技術の開発

均一な薄膜層形成を実現する方式を開発して、最終目標である不均一領域幅 5 mm 以下、膜厚 $30 \text{ nm} \pm 3\%$ 、 200 mm/s 以上の搬送速度の薄膜形成を達成した。

(2) 省資源型の高速蒸着プロセス技術の開発

共蒸着源を適用した高速蒸着プロセス技術を開発して、最終目標である材料使用効率70%以上、発光層成膜速度 8 nm/s 以上、基板温度 100°C 以下での省資源型蒸着を達成した。

(3) 封止プロセス技術の開発

薄型封止方式を開発して、最終目標である初期輝度 $1,000 \text{ cd/m}^2$ 以上で輝度半減寿命4万時間以上、保管寿命8万時間以上の品質を達成した。本目標を 10 cm 角以上の有機EL照明光源で

実証した。

《3》次世代大型低消費電力プラズマディスプレイ基盤技術開発 [平成19年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

低消費電力を実現する次世代大型プラズマディスプレイに係る民間企業等が実施する実用化開発を支援した。

研究開発項目①「パネル構成材料技術開発」

- ・保護膜材料の放電特性や材料物性のデータベース作成および材料設計シミュレータを開発した。さらに、高 γ 保護膜材料の設計指針を基に、複数の新規材料において低電圧化の可能性を得た。

研究開発項目②「プロセス・設備技術開発」

- ・新規高 γ 材料に適したプロセス環境特性と設備の要求特性の定量化を行い、小型パネルで検証した。また、大型化を想定したパネル設計設備およびパネル製造プロセスの設計指針を得た。

研究開発項目③「パネル設計・駆動技術開発」

- ・放電の空間・時間分解計測技術および計測設備を開発し、新規高 γ 材料に適した放電制御およびセル構造の設計指針を得た。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度行った中間評価では、計画を上回る十分な研究成果が得られ、新たに出現した課題に対しても適切な処置が取られていると評価された。結果、新方式のパネル製造プロセスの実用化検討を追加するとともに、プロジェクト期間の前倒しを実施した。材料について「短期間で実用化できる材料」と「実用化には少々時間を要するが低電圧化効果の大きい材料」の2つに絞り込み検討を行うこととした。

研究開発項目①「パネル構成材料技術開発」

- ・PDP放電における二次電子放出機構を解明し、目標の低電圧化が実現可能な新規高 γ （二次電子放出係数）保護膜材料を複数得て、実用化に向けた評価を開始した。

研究開発項目②「プロセス・設備技術開発」

- ・研究開発項目①で得られた新規高 γ 保護膜材料を用いて、対プロセス環境特性を評価し、実用的なパネル製造プロセス実現に向けた課題抽出を行った。

研究開発項目③「パネル設計・駆動技術開発」

- ・研究開発項目①の新規高 γ 保護膜材料に適したセル構造と放電制御技術探索を行った。さらに、補正事業として小型パネルを使用した低電圧駆動実用化技術の実証実験を実施した。以上により、当初計画より1年前倒しでH22年度末に最終目標を達成できる見通しを得た。

平成22年度においては、以下を実施した。

低消費電力を実現する次世代大型プラズマディスプレイに係る民間企業等が実施する実用化開発を支援した。

研究開発項目①「パネル構成材料技術開発」

- ・PDPの放電における最適な保護膜材料技術を確立し、更にこの成果を用いて新しい保護膜材料を探索した。

研究開発項目②「プロセス・設備技術開発」

- ・研究開発項目①の新しい保護膜材料に関して得た対プロセス環境特性の知見およびデータを用いて、50型以上の大型化を想定した設備・プロセスを開発し、パネルでの実用化実証実験を行い、大型パネル用設備実用化に向けたプロセス・設備条件を明確にした。

研究開発項目③「パネル設計・駆動技術開発」

- ・0.1mmピッチセルに対する駆動制御技術の開発を行ない、高精細・高Xe（20%以上）下において、MgO保護膜を用いた現行技術による駆動電圧と比較して1/2に低減した。さらに、アドレス放電特性を解析し、新規高 γ パネルにおける駆動制御設計法を確立した。最終的には完了時期を1年前倒しの上、最終目標である年間消費電力量2/3以下を達成し、更に年間消費電力1/2以下の実現見込みを得た。

《4》次世代大型低消費電力液晶ディスプレイ基盤技術開発 [平成19年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

低消費電力を実現する次世代大型液晶ディスプレイに係る民間企業等が実施する実用化開発を支援した。

研究開発項目①「装置技術及びプロセス技術の開発」

新規成膜装置により成膜した膜を用いて作製したTFTの特性評価を開始した。また、新規洗浄方

式の性能評価を行った後、試作機による洗浄力評価および高速乾燥評価を実施した。更に、新方式による画像処理システムを検証するとともに、光学デバイスの性能の見極めを行った。

研究開発項目②「画像表示技術の開発」

カラーフィルタ不要な新規高効率バックライトシステムの原理確認を実施した。また、人間工学的画像評価と液晶テレビの光学指標値の関係を解析した。更に、液晶テレビバックライトの光学指標値の画面分布を測定するシステムを構築した。

研究開発項目③「高効率部材の開発」

LEDバックライト評価方法について、輝度むら評価の精度を向上させるとともに、色むら評価へと拡大した。また、LEDバックライトの計測手法を決定し、試作機による実験検証を開始した。更に、LEDバックライト光学系の試作・評価を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度行った中間評価では、次世代技術として主要となる要素を適切に取り上げ、ほとんどのテーマで中間目標を達成していると評価された。指摘事項である信頼性に関する検討が更に必要であることについては、膜の製造条件最適化の評価項目のひとつとして検討を行う。計画の見直しが必要であることが指摘された超高速新規表示モードに関しては、中止も含めて研究計画の見直しを行うこととした。また、プロジェクト参画者間の連携不足については、毎月開催の技術委員会等の打ち合わせにて、プロジェクト参画者の共通認識として開発の進捗や方向付けを実施し十分な連携関係を持って運営し、更に守秘性確保が要素技術の統合と擦り合わせ技術の障害にならないよう協議・検討の上推進することとした。

研究開発項目①「装置技術及びプロセス技術の開発」

新規成膜装置技術開発では、基本技術を確認しTF T試作において中間目標に設定したTF Tの高性能化を達成した。また、大型化に向けた取り組みを開始した。新規ウェット洗浄装置技術開発では、基本原理の確認に加え、高い洗浄能力を保有する手法を見出した。また、実プロセスラインへの適用のための装置構成および検証を進め、大型基板用装置の設計に着手した。新規露光装置技術開発では、基礎的な露光技術の検証を実施し、高スループットを保有する装置構想を得ることができた。更に、新規半導体層を適用したTF T作製プロセスについて、プロセス条件の最適化を進め、新規なTF T作製プロセスを構築した。

研究開発項目②「画像表示技術の開発」

新規表示モードについては、高速・広視野角・高コントラストを実現する材料開発及び改良を行い、簡易素子で現在の液晶テレビに使われている表示モードに比べて高速であることを確認した。これにより、カラーフィルタ不要な新規画像表示モードの見通しを得ることができた。また、人間工学的画像評価を行う上で必要となる、高画質を評価するための低輝度光源およびその評価システムを構築し、所期の目標を達成した。

研究開発項目③「高効率部材の開発」

輝度ムラの主観評価実験結果から輝度ムら評価指標の定式化を行った。また、色ムら評価への拡張準備として輝度を自在に制御し、色ムらを表示できるLEDバックライトシステムを完成させた。上記開発と並行して、分光計測方法の評価機を開発し、その性能を評価した。これまでに考案したバックライト技術を用いる高効率画像表示技術を用いてのカラーフィルタレス化にも取り組み、高効率化の可能性を原理実験で確認した。

平成22年度においては、以下を実施した。

低消費電力を実現する次世代大型液晶ディスプレイに係る民間企業等が実施する実用化開発を支援することを目的に、シャープ株式会社 研究開発本部 技監 石井裕夫をプロジェクトリーダーとして、下記研究開発を実施した。

研究開発項目①「装置技術及びプロセス技術の開発」

新規成膜装置技術開発では、大型化で生じる課題の解析を行い、対策を施すことで装置構造及びプロセスを確立した。また、新規ウェット洗浄装置技術開発では、実プロセスラインを想定した装置構成による検証をすすめ、大型基板にも適用可能なことを実証した。新規露光装置技術開発では、露光精度向上の施策を実施するとともに、精度を検証するための検証用装置を構築し、最終的な精度実証を行った。

研究開発項目②「画像表示技術の開発」

人間工学的な見地から好適な表示条件について調査を進めるとともに、効率的な主観画質評価システムを開発した。また得られた結果から、人間の視覚特性に適合した画像表示により、低消費電力化と視覚負担低減の両立ができることを明らかにした。

研究開発項目③「高効率部材の開発」

高効率化が実現できるカラーフィルタレス化技術について問題点を抽出するとともに、対策に向けた取り組みを開始した。また、人間に近い検査結果となるような自動検査システムを構築し、検証を行った。

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目②「画像表示技術の開発」

輝度、画質、環境に関するユーザー評価結果を基に、適切な表示輝度と視聴環境に関するガイドラインを作成した。

研究開発項目③「高効率部材の開発」

効率を大幅に向上できるカラーフィルタレス技術の課題（広視野角化と均一化向上）対策法につい

て光学シミュレーションにより検討を行い、対策法を確定。試作パネルによる実証を完了した。
上記以外のテーマは平成22年度までに終了した。

《5》次世代大型有機ELディスプレイ基盤技術の開発（グリーンITプロジェクト）

[平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

基本計画に基づき、民間企業等に広く公募を行い、実施者を選定してソニー株式会社 業務執行役員SVP、コーポレートR&Dディスプレイデバイス開発本部 本部長 占部 哲夫氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「低損傷大面積電極形成技術の開発」

- ・大面積にわたって均質な電極を製造する技術を開発するため、スパッタ法による電極形成技術の検討を開始した。小型基板に対する実験用電極形成装置の設計に着手した。
- ・低シート抵抗と低可視光損失率を兼ね備える電極材料の検討、構造の設計を行い、作成された素子の材料評価手法の検討を行った。電極材料及び構造の違いによる特性変化の基礎データを蓄積した。また、有機膜のダメージを光学的に評価するための実験システムを構築し、基礎特性の測定を開始した。

研究開発項目②「大面積透明封止技術の開発」

- ・大型有機ELディスプレイに適合しうる封止プロセス手法として、CVDによる封止技術の検討を着手した。封止膜構造の基礎検討を行い、実験用封止装置の設計、および性能評価手法の検討を行った。
- ・高バリア性と低可視光損失率を兼ね備える封止材料の開発として、新規デシカント膜材料および新規バインダーポリマーの開発に着手した。バインダーポリマーの耐久性向上要因を抽出した。

研究開発項目③「大面積有機製膜技術の開発」

- ・大面積にわたって均質な有機薄膜技術を実現するため、蒸着法の基礎検討に着手した。有効な蒸着条件（ノズル位置や蒸着温度など）を検討するため、小型基板対応の実験装置を導入し、膜質分析を開始した。
- ・有機膜のパターン化技術として、有版印刷法の基礎検討を開始した。高精細の有機膜を塗布するためのインク候補を選択し、転写条件と塗布形状の関係を実験した。

研究開発項目④「大型ディスプレイ製造に向けた検証」

- ・上記①②③の個別要素技術を適用した大型ディスプレイ製造を想定し、低消費電力化を見積もるための基礎情報の収集に着手した。
- ・開発製造要素技術とパネル製造システムへの適合性を検証するためのシステム設計に着手した。

平成21年度においては、以下を実施した。

ソニー株式会社 業務執行役員SVP、コアデバイス開発本部 ディ스플레이デバイス開発部門部門長 占部 哲夫氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「低損傷大面積電極形成技術の開発」

- ・低損傷大面積電極形成に関わる製造プロセスを具体化し、評価・解析を行った。
- ・小型基板対応の透明電極形成装置を開発して、成膜ダメージ、可視光損失率の評価を行い、技術課題を明確化した。
- ・補正事業として、対角10インチ以上の基板に対応した電極形成実験装置を導入して、より実用に近い評価・課題抽出を行った。

研究開発項目②「大面積透明封止技術の開発」

- ・封止構造および封止プロセス技術の開発を行い、性能評価を開始した。また、封止材料候補を絞り込み、封止プロセス技術との技術的親和性の検討を開始した。
- ・光学解析アルゴリズムの開発を開始した。

研究開発項目③「大面積有機製膜技術の開発」

- ・有機成膜プロセス技術を比較し、有望技術である面蒸着技術、有版印刷技術を大面積有機製膜に利用可能な手法候補として検討した。
- ・補正事業として、対角10インチ以上の基板に対応した蒸着実験装置を導入して、より実用に近いデータを抽出し反映した。
- ・面蒸着技術、有版印刷法によるパターン化技術のデータ蓄積・課題抽出を行った。
- ・有機EL素子の膜質評価、材料評価を行った。
- ・有機EL素子用材料の膜成長過程の分析を行った。

研究開発項目④「大型ディスプレイ製造に向けた検証」

- ・大型有機ELディスプレイの消費電力をシミュレーションする技術を開発して要素解析を行い、各要素の開発目標を具体化した。
- 以上により、各研究開発項目それぞれに中間目標として設定した値を達成もしくは達成できる

見通しを得ることができた。

平成22年度においては、以下を実施した。

大型有機ELディスプレイを実現する共通基盤技術開発に取り組み、ディスプレイ機器の大幅な省エネルギーの達成等を目指すことを目的に、ソニー株式会社業務執行役員SVP、コアデバイス開発本部 ディスプレイデバイス開発部門 部門長 占部 哲夫氏をプロジェクトリーダーとして下記研究開発を実施した。

研究開発項目①「低損傷大面積電極形成技術の開発」

- ・有機膜の形成から電極形成までを真空一貫プロセスで行う真空一貫成膜ラインを開発し、透明電極成膜時のダメージを分離して評価することが可能になった。またこれにより標準素子を作成し評価を開始した。

研究開発項目②「大面積透明封止技術の開発」

- ・CVDによる封止技術においては高透明性と高バリア性、10型基板での均一性の実現を確認した。さらに得られた知見をもとに大型基板検証装置の設計、製作を行った。また有機材料による封止技術においては高透明性と高バリア性を実現する材料の絞り込みを完了した。

研究開発項目③「大面積有機製膜技術の開発」

- ・面蒸着方式においては、730×920mmサイズの基板に対応可能な面蒸着源の製作を行い、製膜基板の評価の結果、良好な膜厚均一性を確認した。また、有版印刷法においては画素内の膜厚均一性と下地依存性について調査を行うとともに、RGB塗り分けに必要な目標値の見直しを行った。

研究開発項目④「大型ディスプレイ製造に向けた検証」

- ・高生産性に向けた仮想設計を開始し、タクト目標値を設定した。これをもとに各装置毎の具体的な課題の抽出とアプローチに着手した。

平成22年度に行った中間評価では、開発成果の技術レベルは非常に高く、個々の要素技術開発テーマは中間目標を概ね達成していると評価された。反面、個々の要素技術開発だけで終わらないように注意が必要との指摘に対しては、各要素技術を組み合わせた検証や可能な範囲で実際のサイズでの検証を推進することとした。更有機ELディスプレイのトータルな定量評価をすべきとの指摘に対しては、ベンチマークを更に徹底するとともに、他の表示技術、特に液晶との比較を定量的に行い、表示性能だけでなく、総合的な比較を行っていくこととした。

平成23年度においては、以下を実施した。

ソニー株式会社業務執行役員SVP、コアデバイス開発本部 ディスプレイデバイス開発部門 部門長 占部 哲夫氏をプロジェクトリーダーとして下記研究開発を実施した。

研究開発項目①「低損傷大面積電極形成技術の開発」

- ・真空一貫プロセスで成膜した標準素子の評価を行い、有機膜に対するダメージ因子を特定した。また成膜速度と膜特性との相関について調査を行うとともに、大型基板によるトータルなプロセス確立に向けた取り組みを開始した。

研究開発項目②「大面積透明封止技術の開発」

- ・実素子によるダメージ評価を推進し、開発した材料及びプロセスによるバリア性について検証を行った。ガラス封止した構造で素子の信頼性評価を行い、良好なバリア特性を確認した。
- ・大型基板への適用可能性の検証を推進し、均一性、膜質などの各特性について性能確認を行った。その結果、基板内での面内膜厚均一性水蒸気透過率ともに良好な特性を確認した。

研究開発項目③「大面積有機製膜技術の開発」

- ・面蒸着方式において、最終目標に対する検証・実証に必要なG6サイズ(1500mm×1850mm)基板に適用可能な面蒸着装置の試作を行った。また、実プロセスによる特性評価を推進するとともに、大型基板への適用性について実証検討を行い、残る課題を明確にするるとともに、解決方針を決定した。

研究開発項目④「大型ディスプレイ製造に向けた検証」

- ・大型基板適用性および消費電力に関して、上記研究開発項目①②③の達成レベルをもとにシミュレーションを行い、最終目標達成に向けた方針を決定した。

平成24年度においては、以下を実施した。

ディスプレイ機器の大幅な省エネルギー化を目的とし、ソニー株式会社 コアデバイス開発本部 シニア・リサーチ・アドバイザー 占部 哲夫氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①低損傷大面積電極形成技術の開発

- ・プロセス条件が大型基板上の膜特性に与える影響について最終的な検証実験を行うことで、シート抵抗 $3\Omega/\square$ 以下、可視光損失率10%以下の最終目標を達成。低損傷大面積電極の製造プロセスを確立した。

研究開発項目②大面積透明封止技術の開発

- ・生産性まで考慮した大面積封止プロセスの検証実験を推進し、最終的な寿命試験を実施することで、可視光損失率10%以下、面内ばらつき3%以内、素子寿命5万時間以上(常温常圧で発光領域減少が生じない見込み時間を考案した加速試験で換算)を達成。大面積透明封止膜の製造プロセス技術を確立した。

研究開発項目③大面積有機製膜技術の開発

- ・G6サイズ(1500mm×1850mm)基板において、プロセス条件が膜の諸特性に与える

影響の検証実験を行うことで、面内均一性±3%以下、発光効率90%以上（小型ディスプレイ比）の最終目標を達成した。

研究開発項目④大型ディスプレイ製造に向けた検証

- ・研究開発項目①～③で得られた結果を基として検証を行い、フルHD40型の有機ELディスプレイの消費電力40W以下、G6サイズ（1500mm×1850mm）基板への適用可能性、生産性について、いずれも最終目標を達成することを明らかにした。

《6》次世代高効率・高品質照明の低コストに向けた基盤技術開発 [平成21年度補正]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

高効率・高品質、かつ低コストの次世代照明を実現するための基盤技術開発を行い、次世代照明の早期普及を図ることを目的として、基本計画に基づき、民間企業等に広く公募を行い、実施者の選定を行った。

研究開発の体制構築にあたっては、分析などの基礎的な研究体制強化を目的として、大学を体制に追加した。具体的には、InGaNやAlGaIn等、LEDに含まれる材料のヘテロエピタキシャル成長を行った際に新たな点欠陥や構造欠陥を発生させるメカニズムの解明を、先端科学計測技術を駆使して把握し、またその排除方法等の情報を迅速にフィードバックする事で、HVPE法による高品質なGaN基板結晶成長を支援する。

なお、平成22年度以降は「次世代高効率・高品質照明の基盤技術開発」に統合して実施した。

《7》次世代高効率・高品質照明の基盤技術開発 [平成21年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

高効率（130lm/W以上）・高品質（平均演色評価数80以上）、かつ低コスト（寿命年数及び光束当たりのコスト0.3円/lm・年以下）の次世代照明を実現するための基盤技術開発を行い、次世代照明の早期普及を図ることで、照明機器の省エネルギー化に貢献し、地球環境の温暖化抑制につなげることを目的として、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「LED照明の高効率・高品質化に係る基盤技術開発」

(a) 窒化物等結晶成長手法の高度化に関する基盤技術開発

5～10mm角サイズの結晶成長をHVPE法、Naフラックス法の2通りの異なるアプローチで実施した。本結晶を用いてLEDデバイスを作成・評価して、ステージI目標の発光効率175lm/W以上、平均演色評価数80以上の性能が達成できることを検証した。

(b) 基板の応用によるデバイス技術の開発

5～10mm角サイズの結晶の作成およびLEDデバイスとしての試作・評価を行った。ステージI目標の発光効率175lm/W以上、平均演色評価数80以上の性能を実現するための課題を抽出した。

研究開発項目②「有機EL照明の高効率・高品質化に係る基盤技術開発」

発光面積100cm²以上で発光効率130lm/W以上、平均演色評価数80以上、輝度1,000cd/m²以上、輝度半減寿命4万時間以上の有機EL照明実現に当たり、真空蒸着製法及び塗布製膜製法の異なるアプローチについて技術課題を明確にした上で本課題を解決する実行計画を策定した。本性能を実現する上で重要な青色燐光材料の開発に着手し本燐光材料を適用した白色発光デバイス、および本性能を引き出す層設計技術と光取り出し技術を開発した。発光面積25cm²以上の有機ELパネルのプロトタイプ試作を行い、効率50lm/W以上、平均演色評価数80以上、輝度1,000cd/m²以上、輝度半減寿命1万時間以上の性能が達成できることを検証した。加えて生産効率を向上させる製造プロセス技術として、一貫性蒸着製膜プロセス技術開発、及びRtOR製造プロセス技術開発に着手して、製造プロセスに要求される条件を明確にした。

なお、平成23年度以降は「次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発」に統合して実施した。

《8》次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発 [平成19年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「次世代高効率・高品質照明の基盤技術開発（平成21年度～平成25年度）」

(1) LED照明の高効率・高品質化に係る基盤技術開発

高品質GaN基板の結晶成長をNaフラックス法とHVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy) 改良法の異なる方式を採用して実施。本基板上にエピタキシャル成長させて、発光効率175lm/Wを超える高品質・高効率LEDデバイスを試作した。また最終目標を実現する上での課題の抽出と実現方式を開発した。

(2) 有機EL照明の高効率・高品質化に係る基盤技術開発

高効率化に必要な青色燐光材料開発及び高効率光取り出し技術を実施。最終目標の130lm/Wに近づく85lm/Wの発光効率を達成した。また並行してITO (Indium Tin Oxide) に匹敵する抵抗・透過率と低コスト化を目指す電極開発にも着手した。

(3) 戦略的国際標準化推進事業

LED照明に関する標準化に向けて光の強さ、色、寿命等、LED照明の性能試験評価方法に関する以下の項目について研究開発を行った。本性能試験評価結果は照明の国際標準規格組織 (国際電気標準会議、国際照明委員会) の日本代表である電球工業会、照明器具工業会、JCIE (Japanese National Committee of CIE) と情報共有を行った。

(ア) LED照明利用技術に関わる評価技術開発

- i) LED照明の色再現性能評価技術開発
- ii) LED照明のグレア評価技術開発

(イ) LED照明の測光技術の開発

- i) LED照明の配光測定技術の開発
- ii) LED照明の視作業効率測光技術の開発

有機EL照明に関する標準化については有機EL照明の光源/器具測光方法・測色方法の研究に取り組み、研究基礎データを蓄積すると同時に測光評価項目の絞り込み及び測光方法を考案した。本基礎データと測光方法を元に (財) 照明学会にて国際標準規格作成時のガイドラインを作成中。

研究開発項目②「ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発－窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発 (平成19年度～平成24年度)」

(1) 高品質大口径単結晶基板の開発

- ・4インチ有極性単結晶基板の実現に成功した。また、導電性基板では比抵抗 $< 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 、高抵抗基板では比抵抗 $> 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ の特性を確認した。
- ・3～4インチ無極性単結晶基板の実現上の課題が明確となり、転位密度及び積層欠陥密度の特性の実現課題を明確にすることが確認した。
- ・別途、大口径有極性種結晶を開発した。

(2) 大口径基板上的高品質エピタキシャル結晶成長技術

- ・無欠陥ヘテロ接合構造を実現するために、高品質、高導電性制御されたエピタキシャル成長法を開発し、口径4インチの有極性、及び口径3～4インチの無極性窒化物半導体バルク基板上において、低欠陥高品質GaN、及び混晶エピ層を実現した。

(3) 窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの評価

- ・デバイス評価により有極性と無極性の単結晶基盤の比較、窒化物単結晶デバイスの優位性が確認できた。また横型FETと縦型FETの評価により特性の差違、及びその利害得失が明確化できた。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①次世代高効率・高品質照明の基盤技術開発 (平成21年度～平成25年度)

(1) LED照明の高効率・高品質化に係る基盤技術開発 (平成21年度～平成25年度)

- ・高品質GaN基板の結晶成長をNaフラックス法とHVPE改良法で行い、4インチGaN基板の作製を実現した。このGaN基板を活用したLEDデバイスの試作評価・検証の結果、最終目標の200lm/Wに近づく172lm/Wを達成した。本成果により、最終目標達成と実現上の課題が明確となった。

(2) 有機EL照明の高効率・高品質化に係る基盤技術開発 (平成21年度～平成25年度)

- ・高効率青色燐光材料及び高効率光取り出し技術を開発し、有機ELパネルの試作評価・検証を行い、最終目標130lm/Wに迫る110lm/Wを達成した。本試作・検証により最終目標達成の目処及び課題が明確となった。

(3) 戦略的国際標準化推進事業 (平成22年度～平成25年度)

- ・LED照明に関する標準化についてはLED照明の測光等の性能試験評価方法に関する研究開発を行い、測光に関しては、JISで定める基準の評価が可能な評価装置および評価方法を実現した。
- ・有機EL照明に関する標準化については国際照明委員会内に発足した日本議長の光束維持率測定方式等 (寿命測定方式等) を検証・規格化する技術委員会にて本研究に基づく光束維持率の基礎測定データ及び測定方式の課題を発表した。
- 別途、中間評価結果により追加した次世代照明の人体に与える影響について調査する実証実験については次世代照明の付加価値性調査に切り替えて着手した。

研究開発項目②「ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発－窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発 (平成19年度～平成24年度)」

(3) 窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの評価

- ・高耐圧GaNデバイスの試作・検証を行い、1、200V級の高耐圧性の確認を行い、窒化物半導体をパワーデバイスとして活用した場合の優れた耐圧特性について確認した。

②新製造技術 [後掲：＜6＞新製造技術分野 ①新製造技術 参照]

③ロボット技術 [後掲：＜6＞新製造技術分野 ②ロボット技術 参照]

④宇宙産業高度化基盤技術

[中期計画]

宇宙開発は研究開発中心から利用・産業化の時代に移行しつつあるが、当該分野における中国やインドの急速な台頭もあり、国際競争は一層激化している。

第2期中期目標期間においては、国内産業全般への幅広い波及効果を狙い、宇宙の産業利用促進のための基盤技術（リモートセンシング技術等）、及び、宇宙機器産業の国際競争力強化のための基盤技術（小型化・即応化・軽量化・高機能化・低コスト化・短納期化技術、民生部品の宇宙転用技術、ロケット設計合理化技術、高信頼性化技術等）の開発を行う。例えば民生部品の宇宙転用技術については、第2期中期目標期間中に、宇宙実証衛星への適用数を30種以上とすること等を目指とする。

[中期目標期間実績]

民生部品・民生技術の実証試験を宇宙環境において行うために開発された実証衛星2号機（SERVIS-2 [平成22年6月打ち上げ]）に、民生部品は66品種、民生技術は8技術を搭載した上で、宇宙環境での実証事業を実施した。また、実証衛星3号機による宇宙実証を行うために民生部品・技術の選定に着手し、20品種の民生部品の検討を行った。

《1》宇宙等極限環境における電子部品等の利用に関する研究開発 [平成11年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

宇宙、深部地中等の過酷な環境で使用する機器のコスト引き下げ、機能の高度化及び開発期間短縮を図るため、我が国で現在使われている安価で高機能な民生部品・民生技術を選び、地上模擬試験及び宇宙実証試験を行うことにより、過酷な環境で使用するための民生部品・民生技術の選定技術及び検証技術の検証を行うため、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「民生部品・民生技術の極限環境適用技術」

民生部品の品種毎の放射線耐性予測方法確立のため、メモリ部品に対する放射線耐性予測関係式を導出するといった宇宙放射線環境モデルの検討を継続して実施した。半導体メモリに対する陽子アップセットと重イオンアップセットの断面積間の相関関係式を用いて、放射線耐性予測の関係式の精度向上を図り、その関係式のメモリ以外の半導体素子への拡張性の検討を継続して行った。

宇宙実証試験としては、実証衛星2号機搭載用実験装置、環境計測装置の維持設計を継続した。また、システムPFT（プロトフライト試験）を実施した。更に選定された打上げ機とのインターフェース調整については詳細設計審査（CDR）実施に至っている。ペイロード安全性に関する調整についても現在フェーズ3に入っている。実証衛星2号機運用管制システムの開発、軌道上運用文書の策定及び射場整備計画の策定を完了した。実証衛星2号機に搭載されている民生部品・民生技術の地上試験結果、実験装置の開発成果等を総合的に分析し、民生部品・民生技術を極限環境で使用するための民生部品・民生技術選定評価ガイドライン、民生部品・民生技術適用設計ガイドラインの第2次案の策定を継続した。

研究開発項目②「極限環境で使用する機器等の開発支援技術」

引続き実証衛星開発へ適用し、有効な活用を図るとともに効果の確認を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「民生部品・民生技術の極限環境適用技術」

民生部品の品種毎の放射線耐性予測方法確立のため、宇宙放射線環境モデルの検討を継続して実施した。具体的には半導体メモリは、メモリ部品に対する陽子アップセットと重イオンアップセットの断面積間の相関関係式を用いて放射線耐性予測の関係式の精度向上を図り、メモリ部品に対する関係式を導出した。さらに本関係式のメモリ部品以外の半導体素子への拡張性につき課題を整理した。

宇宙実証試験としては、実証衛星2号機に搭載される実験装置、環境計測装置は維持設計を完了し実証衛星2号機に搭載された。同2号機はフライトモデル製作完了後も適切な環境に保管され、定期点検により機能・性能が正常に維持されていることを確認した。また、同2号機と打ち上げ機（ロケット）とのインターフェース及びペイロード安全性を最終確認した。同2号機運用管制システムと追跡管制システムについては、必要な回線敷設を終え、インターフェース試験を完了した。同2号機

の運用に向けてUSEF運用管制センター（USOC）の整備を引き続き実施し、同2号機の軌道上運用ガイドラインの維持改訂、USOCとJAXA地上局設備との適合性試験、運用訓練等を実施した。同2号機に搭載されている民生部品・民生技術については、地上模擬試験結果、実験装置の開発成果等を総合的に分析し、民生部品・民生技術を極限環境で使用するための民生部品・民生技術選定評価ガイドライン、民生部品・民生技術適用設計ガイドラインの第2次案の策定を継続して実施した。民生部品・民生技術データベースには、現状、地上模擬試験と実装衛星1号機の成果を合わせて219種まで登録を完了した。

なお、同2号機は打ち上げ機（ロケット）の不具合調整によるスケジュール遅延により、打ち上げが平成22年度に延期となった。

研究開発項目②「極限環境で使用する機器等の開発支援技術」

引続き実証衛星開発へ適用し、有効な活用を図るとともに、工数削減、ミスの低減、品質の向上等に関する効果の確認を行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

宇宙、深部地中等の過酷な環境で使用する機器のコスト引き下げ、機能の高度化及び開発期間短縮を図るため、我が国で現在使われている安価で高機能な民生部品・民生技術を選び、地上模擬試験及び宇宙実証試験を行うことにより、過酷な環境で使用するための民生部品・民生技術の選定技術及び検証技術の検証を行うため、以下の研究開発を実施した。なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなった。

研究開発項目①「民生部品・民生技術の極限環境適用技術」

民生部品の宇宙放射線耐性予測方式確立のため、実証衛星2号機の環境計測装置でこれまで取得した実測データとシミュレーション結果との比較検討を実施した。現状、宇宙放射線量が想定量と差異があり、更なるデータ評価が必要であることが判明した。

実証衛星2号機での宇宙実証結果と地上評価試験結果の比較検討については、同2号機に搭載した民生部品・民生技術について宇宙実証試験を行い、シングルイベントの発生回数、トータルドーズによる電流増加等、これまでに実施した地上模擬試験結果との比較検討を行った。

実証衛星2号機は地上支援装置（GSE）と共に、平成22年4月にプレセック射場（ロシア）に輸送し、射場整備作業を実施した。またロケットは同じく平成22年4月に出荷前検査を実施し、打上げ準備を完了した。軌道上運用については、USEF運用管制センターにおいて関係部門と連携し、運用訓練及びリハーサルを実施し、実証衛星2号機の打上げまでに運用準備を完了した。

実証衛星2号機は平成22年6月2日に打上げ・予定軌道投入され、USEF運用管制センターの追跡管制及び運用管制の下、初期機能を確認後、6月19日より宇宙実証試験を開始した。現在、民生部品・民生技術の宇宙環境における実測データを取得中である。なお、GSEは打上げ後日本へ返送し、ロケットは9月に打上げ後評価審査を実施して全作業を終えた。

民生部品・民生技術選定評価ガイドライン、民生部品・民生技術適用設計ガイドラインについては宇宙環境における搭載実験装置の運用の結果、放射線の影響による一部誤動作が見られたものがある。これらについては、正常回復等の検討を行うと共に、ガイドラインへの反映を検討した。

実証衛星3号機は、平成22年9月29日に公募を開始し、採択審査委員会等を通して、実施者を選定した。地上模擬試験としては、宇宙実証試験に使用できる性能を有し、可能な限り最新かつ貿易上の障壁を回避できるものとの条件で、民生部品・民生技術の選定に着手した。宇宙実証試験については、量産化を志向した衛星バス構築を想定し、100kg級の衛星の開発に着手した。ミッション機器は世の中のニーズに合致し事業化の見込みのある光学センサを搭載するものとし、搭載する民生部品・民生技術を適用した実験装置と放射線環境計測のための環境計測装置の開発に着手した。ガイドラインについては、さらに実証衛星3号機を開発する過程で改定し、最終化するための計画を策定した。

研究開発項目②「極限環境で使用する機器等の開発支援技術」

実証衛星1号機及び2号機への適用効果を整理すると共に、定量評価を実施した。具体的には、開発に参加した各社を調査し、実現した設計情報統合技術（3D-CAD等）と設計情報交換技術（ドキュメント管理等）により省力化と迅速化に効果があることが定量的に確認できた。

《2》次世代輸送系システム設計基盤技術開発 [平成14年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

商業ロケット市場における我が国宇宙産業の競争力を確保するため、ロケットのユーザーである衛星とのミッションインテグレーション作業効率化を図り、ミッションインテグレーション期間を短縮するための基盤技術（ミッション対応設計高度化技術）を確立することを目的とし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目「ミッション対応設計高度化技術の研究開発」

- (1) 「飛行中データ取得・機体評価技術」について効率的な診断支援を可能とする技術仕様をまとめた。
- (2) ミッション対応設計高度化技術の効果を確認する実証試験に向けた準備として実証試験モデルの作成を行った。特に、「打上げ当日ミッション解析・評価技術」及び「飛行中データ取得・機体評価技術」に対する実証試験要領の見直しを行った。

- (3) 「打上げ当日ミッション解析・評価システム」において、支援技術の研究と付随するソフトウェアツールの部分試作を行った。
- (4) 中間評価を実施し、優良の評価を得た。

平成21年度においては、以下を実施した。

研究開発項目「ミッション対応設計高度化技術の研究開発」

- (1) 「飛行中データ取得・機体評価技術」の技術仕様として、潜在的故障・不具合の判別を高度な分析により実現する手法について、シミュレーション等による試験を実施し、その技術仕様の有効性を確認した。また、本研究により作成したソフトウェアツールを過去の事例に適用した場合の有効性を確認する評価試験を実施するため、試験要領を作成し、評価に必要なデータ収集等を行った。
- (2) 「ミッション対応設計情報一元管理技術」において、標準インターフェース情報、個別インターフェース情報を整理し、システムでの利用準備作業を実施した。また、「ミッション対応設計情報一元管理技術」の実証試験手順書を作成し、一部の実証試験を実施した。
- (3) 「打上げ当日ミッション解析・評価システム」において、ソフトウェアツールの基本設計、詳細設計を実施し、部分試作を行った。また、平成20年度の中間評価結果の結果を踏まえ、技術動向に關してフォローアップ調査を実施した。

平成22年度においては、以下を実施した。

空中発射ロケットシステムへの研究成果の早期反映を行う為、加速による前倒しにより事業期間の1年短縮を行い、平成22年度で事業を完了した。

商業ロケット市場における我が国宇宙産業の競争力を確保するため、ロケットのユーザーである衛星とのミッションインテグレーション作業効率化を図り、ミッションインテグレーション期間を短縮するための基盤技術（ミッション対応設計高度化技術）を確立することを目的とし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目「ミッション対応設計高度化技術の研究開発」

- (1) 「ミッション対応設計情報一元管理技術」
ミッション対応設計情報一元管理技術の実証試験を完了した。また、実証試験結果からフィードバック項目を識別し付随するソフトウェアツールの改修を実施しフィードバック評価を実施した。これらの作業から衛星/ロケットインタフェース情報をセキュアな環境で一元管理/共有可能であることが確認できた。
- (2) 「ミッション解析情報設定技術」
設計初期段階でロケット仕様を効果的に設定し、設計作業の前倒し可能とする「GA※シミュレーションツール」を開発し、ミッション解析情報設定技術の実証試験を完了した。
「ミッション対応設計一元管理技術」「ミッション解析情報設定技術」とあわせて、本研究開発の目標（ミッションインテグレーション作業期間の40%削減）を達成できたことを確認した。
- (3) 「打上げ当日ミッション解析・評価システム」
打上げ当日の高解像度風データを用いた解析を取り込んだ「打上げ当日ミッション解析・評価システム」を開発し、打上げ当日ミッション解析・評価システムの確認試験を完了した。このシステムを活用することにより作業の効率化・人的エラーの排除と打上げ判断の精度向上が可能であることを確認した。
- (4) 「飛行中データ取得・機体評価技術」
ロケットの打上げ結果を次号機に反映するため、飛行状況の分析・評価を効率的・高度に実施する「飛行中データ取得・機体評価技術」を開発し、実証試験を完了した。本技術を利用することにより飛行後評価従来作業を約29%時間削減できる見通しが得られ、本研究開発の目標（飛行後評価作業の20%削減）を達成できたことを確認した。
※GA：「遺伝アルゴリズム」のこと。

《3》次世代衛星基盤技術開発（衛星搭載用リチウムイオンバッテリー要素技術開発）

[平成15年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

国際商業市場における我が国衛星メーカーの競争力強化を図るべく、準天頂衛星等の次世代衛星に要求されるミッションの大型化・高度化による重量・消費電力の増大等に対処するために不可欠な、衛星搭載用リチウムイオンバッテリー要素技術を開発することを目的に、財団法人無人宇宙実験システム研究開発機構顧問 金井 宏氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「リチウムイオンバッテリーの開発」

- (1) バッテリー制御モジュールの検証モデルを製作し、試験を実施した。
- (2) バッテリーシステム検証モデルの試験を実施した。
- (3) 検証モデルと衛星システムとの適合性確認を行った。

研究開発項目②「リチウムイオンバッテリー技術等の調査・検討」

衛星分野以外の他産業における実用化動向及び技術動向の確認等を行い、本研究で開発された要素

技術の他産業用途のバッテリーへの技術波及について適用性検討を行った。

《4》高性能ハイパースペクトルセンサ等研究開発プロジェクト [平成19年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

資源探査、環境観測、災害監視、農林業等、今後地球観測データユーザーのニーズの拡大が期待される応用分野において、広い観測幅による観測頻度の改善、高い波長分解能による識別能力の向上を可能とする世界トップレベルの高性能な衛星搭載型ハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサの開発を行うことを目的として以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「センサシステムの開発」

- (1) センサシステムの基本設計を行った。
 - ア) 要求仕様を満足するセンサシステムの全体構成及び各構成要素の基本設計を実施した。
 - イ) 実証実験を行う搭載衛星との間のインターフェース設計を実施した。
 - ウ) 開発計画の維持、改定を実施した。
- (2) 要素試作評価結果に基づき、下記評価モデルの設計、製作を行った。
 - ア) 熱構造モデルの設計を行い、製作を開始した。
 - イ) 要素試作評価結果に基づき、機能評価モデルの設計を行い、製作を開始した。

研究開発項目②「要素技術開発」

- (1) 分光検出系の開発
ハイパースペクトルセンサの分光検出系及びマルチスペクトルセンサの分光検出系について、平成19年度に引き続き試作及びデータ取得・評価を行い、実現性を確認した。
- (2) 高速データ処理系、効率的データ伝送技術の開発
平成19年度に設計・製作した高速信号処理回路を用いたデータ取得・評価を行った。

研究開発項目③「技術動向調査及び市場動向調査」

平成19年度に引き続き、国内外の事業として地球観測データ配布を行う先行事例も踏まえ、本センサによる観測データの配布・普及の方策及び体制等について検討した。また、事業化に向けた障壁、必要な前提条件、具体的なビジネスモデル等について検討した。

平成21年度においては、以下を実施した。

高性能衛星搭載型ハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサの開発を行うことを目的に、東京大学先端科学技術研究センター教授 岩崎 晃氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「センサシステムの開発」

- (1) センサシステムの基本設計
センサシステムの全体構成及び各構成要素の基本設計を実施し、搭載が想定される衛星を前提とした基本設計審査で、VNIR（可視近赤外域）で450以上、SWIR（短波長赤外域）で300以上の高S/N比（信号量Sの雑音量Nに対する比率）データを実現するセンサシステム設計の妥当性を確認した。また、衛星インターフェース仕様及び中間評価の結果を反映して追加されたハイパースペクトルセンサの独立ポインティング、データ圧縮機能について、基本設計を実施した。
- (2) センサシステムの詳細設計
搭載が想定される衛星を前提とした基本設計審査の結果をもとに、ハイパースペクトルセンサの独立ポインティング、データ圧縮機能及び衛星インターフェース詳細項目を除いた、センサシステムの全体構成及び集光光学系、分光検出系、信号処理部、校正系、構体、機上校正方式等の各構成要素の詳細設計に着手した。
- (3) 評価モデルの開発
センサシステムの要素技術開発での要素試作評価結果及び搭載が想定される衛星を前提とした基本設計審査の結果に基づき、熱構造モデル及び機能評価モデルの設計を行い、製作に着手した。

研究開発項目②「実証実験による検証」

搭載が想定される衛星を前提とした基本設計審査の結果に基づき、宇宙実証用のフライトモデルの製造設計、部品調達を開始した。

研究開発項目③「技術動向調査及び市場動向調査」

国内外の技術動向、市場動向等の情報収集及び分析を実施し、開発計画、開発仕様に反映した。また、本センサによる地上運用、校正検証、観測データの配布・普及の方策及び体制等について検討し、民間がデータ利用する仕組み及び官民のインフラ整備と分担の可能性について検討を行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなった。

研究開発項目①「センサシステムの開発」

- (1) ポインティング、データ圧縮機能の基本設計
中間評価の結果により追加した、データ圧縮機能、ハイパーセンサポインティング機能に関する基

本設計を実施し、データ圧縮機能については各種可逆圧縮方式の中から圧縮率及び圧縮速度等2次元画像への適用性に優れた方式を選定し、評価モデル及びシミュレーションにより、設計の妥当性を確認した。また、ポインティング機能については、ロンチロック、指向精度及び方向変更性能等を解析及び評価モデルの試験により、設計の妥当性を確認した。

(2) センサシステムの詳細設計

センサシステムの全体構成及び集光光学系、分光検出系、信号処理部、校正系、構体、機上校正方法等の各構成要素の詳細設計を進めた。また、マルチスペクトルセンサの第4バンドの観測波長において、測定精度向上の為、酸素吸収帯(760nm)及び水吸収帯(900nm)を避ける設計を行い、フィルタ製造誤差も考慮した検討の結果、十分な信号雑音比を達成することを確認した。

(3) 評価モデルの開発

分光検出系の評価モデルの製作を完了し、機能性能評価試験により、アライメント調整手法及び試験評価方法を確立し、センサシステム性能が基本計画仕様を達成する見通しを得た。また、評価モデルの温度及び機械環境試験を実施し、分光器熱構造設計が妥当であることを確認した。

平成22年度加速により、ハイパースペクトルセンサの校正精度の向上の為、校正評価用の試験設備(可変波長レーザ、定点黒体炉)を整備し、地上における校正精度評価手法を開発した。また、センサにおける観測自動化運用について、ロボットの遠隔操作技術を活用した計画立案用地上系ソフトウェア及び衛星搭載用ソフトウェアのプロトタイプを作成し、搭載プロセッサに組み込んだ動作検証により、従来手法より高い運用の柔軟性、品質及び観測精度が得られる見通しを得た。

研究開発項目②「実証実験による検証」

基本設計、詳細設計の結果に基づき、宇宙実証用のフライトモデルの製造設計を進め、ハイパー、マルチスペクトルセンサの両ミラーの研磨を開始した。

研究開発項目③「技術動向調査及び市場動向調査」

海外のハイパースペクトルセンサであるドイツのEnMAP※1及びイタリアのPRISMA※2を対象とする技術動向調査を実施した。また、衛星データ将来市場の調査及びハイパー/マルチの同時搭載の効果の評価を行った。

※1 EnMAP: Environmental Monitoring and Analysis Programmeの略

※2 PRISMA: Precursore IperSpettrale della Missione Applicativa (イタリア語)

《5》小型化等による先進的宇宙システムの研究開発 [平成20年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

国際競争力の強化のため、我が国の強みである民生部品及び民生技術等を適用した高機能、低コスト、短納期な、小型化等による先進的宇宙システムの開発技術を確立することを目的として公募により実施者を選定し、以下の研究開発を行った。

(1) 先進的な宇宙システム開発アーキテクチャの確立

先進的な宇宙システムを短期間かつ低コストで実現するための、設計、製造、試験等のアーキテクチャを検討を開始し、このアーキテクチャに基づいた先進的宇宙システムの要求仕様の策定に着手した。

(2) 標準的小型衛星バスの開発

上記(1)の先進的なアーキテクチャに基づき、小型衛星バスの概念検討及び基本設計を実施した。

(3) 搭載ミッション機器の開発

諸外国の先進的な小型衛星搭載の地球観測ミッションを参考に、上記(2)の小型衛星バスへ搭載する地球観測ミッションの選定を行い、諸外国の先進的な小型衛星搭載の地球観測ミッションを参考に開発仕様を策定し、高度510kmにて0.5m以下の分解能(GSD)を達成出来る見込みを得た。本仕様に基づき、ミッション機器の概念設計及び基本設計を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

(1) 先進的な宇宙システム開発アーキテクチャの確立

平成20年度に策定した各基準や方針、考え方を開発中のバスシステム開発に可能な範囲で適用するとともに、その維持改訂等を実施した。

具体的には、中小企業等へのスペースワイヤ(バスシステム内機器を接続する標準インターフェース)普及への課題抽出・検討、インターフェース基準案のブラッシュアップ、民生部品・民生技術のみで構築した仮想衛星モデルでのリスク評価・管理方式の検討、民生機器採用方針の見直し、地上機器に採用されつつあるHALT(高加速寿命試験)の適用性検討、試験検証の低コスト・短工期化の検討、衛星及び衛星運用の自動化・自律化の調査と方向性検討、場所に依存しない運用形態に必要な技術的要素の抽出等を実施した。

さらに、先進的な宇宙システムに使用する民生部品について、シングルイベント耐性試験を実施し、民生部品採用判断の一つの基準となる地上でのシングルイベント耐性データを収集した。

(2) 標準的小型衛星バスの開発

将来ビジネス展開できる300kg級クラスの小型衛星バスの開発及びミッション機器インテグレーションを含む

衛星システム開発を実施した。設計上明らかになった課題（打ち上げ時総質量の低減、ロケットと地上運用システムとのインターフェースの設定、開発計画でのクリティカルパスなど）については、設計前提条件を詰めるべく検討・調整を進めた。開発モデル（EM）の設計・製造試験に関してはJAXAとの共同実施にて、開発モデルの開発を実施した。その他の搭載機器フライトモデル及び搭載ソフトウェアについては設計・製造・試験を実施した。

（3）搭載ミッション機器の開発

平成20年度に実施した設計に基づき、300kg級クラスの小型衛星バスに搭載可能で高度400kmにて1m以下の分解能を有する地球観測ミッション系の主鏡の製造を含む光学センサ、ミッション制御部及び直接伝送系フライトモデルの製造・試験を実施した。

（4）高解像度の画像情報の取り扱いに係る米国動向等の調査・分析

衛星画像情報に係るデータ利用の在り方を法制化・運用している米国やカナダのリモートセンシング商業化法を例にとり、その法令化の背景、法律の運用状況、商業化促進の考え方等を調査・分析した。

平成22年度においては、以下を実施した。

国際競争力の強化のため、我が国の強みである民生部品及び民生技術等を適用した高機能、低コスト、短納期な、小型化等による先進的宇宙システムの開発技術を確立することを目的として、以下の研究を行った。

なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなった。

（1）先進的な宇宙システム開発アーキテクチャの確立

平成21年度までに策定した各基準や方針等を開発中のバスシステム開発に可能な限り適用し維持改定すると共に将来に向けた小型衛星に適用可能な各基準、方針等を策定した。

具体的には、小規模スペースワイヤ（衛星内ネットワーク）試験センタの開設・運営の開始と試験プロセス標準化の検討、熱構造電気インタフェース基準案の見直し、民生部品採用基準及び民生機器採用方針へのリスク評価・管理方法の盛り込み、HALT（高加速寿命試験）からの信頼度算出可能性の検討、試験検証の低コスト化・簡素化の検討、今後進めるべき衛星運用システム自動・自立化検討項目の絞り込み、衛星の「どこでも運用」（場所に依存しない運用）の利用シーン事例の検討・整理等を実施した。また、民生部品のシングルイベント耐性評価では、ASNA RO搭載予定機器に使用するFPGA、フラッシュメモリ、SDRAM等へ陽子照射を実施・評価し、搭載部品の最終選定を行った。

（2）標準的小型衛星バスの開発

衛星バス及びミッション機器インテグレーションを含む衛星システムの開発を終え、衛星バスの機械的検証、熱的検証を実施した。電気的検証としては、バス機器の単体試験、サブシステム試験、システム噛み合わせ試験を実施した。

システム解析としては、機械的検証、熱的検証の試験前解析、試験結果に基づく解析モデル評価の実施と最新の衛星システム条件を反映したシステム解析の見直し、海外ロケットによる打上げを考慮したシステム解析を実施した。

さらに、撮像性能、運用性に優れた機能・方式（スキューショット機能、ラインレート可変機能、恒星による光学センサアライメント方式、光学センサ撮像トラッキング方式）については、設計・解析を実施し、試作したソフトウェアによりシミュレーションを行い、設計・解析の妥当性を評価した。

（3）搭載ミッション機器の開発

地球観測ミッション系の光学センサを製造し、光学系試験及び機器単体試験、ミッション制御部及び直接伝送系フライトモデルの製造機器単体試験、サブシステム組み合わせ試験を実施した。

暗号化機能については、暗号化システム検討を行い、暗号化方式、鍵管理方式を決定した。方式及び回路設計については、シミュレーションにより、その妥当性を確認した。

さらに、耐放射線に優れたSOI（Silicon On Insulator）製造プロセスを使用した光学センサLSIを製造・評価し、信頼性が向上することを確認した。

《6》超高分解能合成開口レーダの小型化技術の研究開発 [平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

公募により実施者を2者選定し、以下の研究開発を実施した。

なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなった。

小型衛星バスに搭載可能な、Xバンド小型超高分解能合成開口レーダシステム概念設計を実施し、平成25年度までに目標達成を地上試験及び解析で検証可能な、小型超高分解能合成開口レーダ及び当該合成開口レーダ搭載小型衛星の開発に関するフィジビリティを検討した。本スタディにより、世界最先端レベルのミッション性能を有し、国内中小企業または新規参入企業の機器を複数採用する、分解能1m以下の性能を持つ超高分解能合成開口レーダ及び搭載小型衛星（500kg級）の開発の実現性を確認した。

< 3 > 環境分野

[中期計画]

平成17年2月の京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの排出抑制の一環として地球温暖化係数の低いフロン代替物質の工業的合成技術開発、ノンフロン化の技術開発を実施してきた。これらの技術開発及び成果普及を通じて、地球温暖化対策推進大綱での目標である95年比で+2%以下の削減目標を達成できることが明らかとなり、更に京都議定書目標達成計画では+0.1%以下という厳しい目標を掲げられた。

また、3R分野では、循環型経済社会システムの構築に向け、着実な改善が見られる等対策の効果が現れてきている。第2期中期目標期間中においては、環境保全を図りつつ資源・エネルギーの効率的利用を促進する持続可能な社会構築を実現するとともに、健康の維持や生活環境の保全を図り将来にわたって生活基盤と産業基盤を両立させていくことを目指して、温暖化対策技術、3R関連技術、輸送系低環境負荷技術等の課題に重点的に取り組むため、以下の研究開発等を推進する。

① フロン対策技術

[中期計画]

代替フロンについては、より厳しい排出削減目標値を設定されており、温室効果の低い物質の開発とともに、その普及や代替フロン等3ガスの排出抑制設備の導入・実用化支援事業等、京都議定書第1約束期間の目標達成に直接貢献することが求められている。

第2期中期目標期間では95年比で代替フロン等3ガスを+0.1%以下にするという目標達成に貢献するべく、温室効果の低いフロン代替物質の合成技術の開発成果等の一層の普及に力を注ぐとともに、冷凍空調分野、断熱材分野でのノンフロン化の技術開発を促進し、京都議定書第1約束期間のみならずポスト京都議定書を見据えたフロン排出削減技術開発事業を展開する。さらに、我が国が開発した効率の良い温室効果ガス排出削減技術の海外移転を促進し、我が国が地球規模での地球温暖化対策防止に貢献できるようリーダーシップを発揮することを目指す。

[中期目標期間実績]

京都議定書目標達成計画において、95年比で代替フロン等3ガスを+0.1%以下にするという当初目標は、2008年の改定により95年比で-1.6%以下(削減量20百万トン CO_2 /年)にすることとなった。代替フロン等3ガスの排出削減設備の開発・実用化支援事業において実施した全てのテーマの累積 CO_2 換算排出削減量は3.6百万トン/年に達し、改定後の削減目標量の18%を占め、目標達成に大きく貢献した。

冷凍空調分野においては、低温室効果冷媒を用い、かつ高効率を両立する技術を実現するため、機器システム、冷媒の両面から技術開発を行い、スーパーマーケット向け冷凍ショーケース用 CO_2 冷媒ノンフロン冷凍機システム等の上市化を達成した。また、低温室効果冷媒の性能・安全性評価を行い、産業界と情報を共有しながら、冷媒の適切な使用法及びリスク評価等を検討・実施した。

断熱材分野においては、二酸化炭素、炭化水素、HFO、エアロゲルなど、従来のフロンガスを用いない手法でノンフロン断熱材の技術開発を推進した。さらに、断熱材の性能を迅速に計測できる熱伝導率測定手法を確立し、装置を開発した。

さらにフロン破壊技術の開発で導入した設備は日本国内のみならず海外にも建設され、CDMの制度を通して二酸化炭素の削減を実施、地球温暖化対策に貢献した。

《1》 ノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発 [平成17年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

オゾン層の破壊及び温室効果等の環境影響が少ないノンフロン型冷媒を用い、かつ省エネルギー性に優れ市場的にも有効である安全・安心・快適な冷凍空調システムの開発を目的に、東京大学新領域創成科学研究科教授 飛原 英治氏をプロジェクトリーダーとし、以下の機器分野ごとに基礎研究、実用化研究を実施した。

平成20年度は平成19年度までの成果を基に、3つの研究開発項目毎に要素機器、システム製作～実証試験等を7事業で実施した。

研究開発項目① 「住宅分野におけるノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発」

デシカント換気空調システムの要素機器を統合したシステムを試作、及び性能確認を実施した。また等温吸脱着方式全熱交換器コアの開発を実施した。RACへのノンフロン型冷媒の適用研究として、候補冷媒評価試験装置製作、候補冷媒の安定性評価、冷凍機油の適合性評価、ドロップイン試験、性能シミュレーション評価、候補冷媒の空調機性能評価を実施した。

研究開発項目② 「業務分野におけるノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発」

業務用冷凍空調機器へのノンフロン型冷媒の適用に係る冷凍(冷蔵空調)システムの過冷却用冷凍サイクルによる高効率化技術の開発、過冷却用サイクルのユニット技術の開発、別置型冷凍システムの信頼性の評価を実施した。

研究開発項目③ 「運輸分野におけるノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発」

カーエアコンへのノンフロン型冷媒の適用に係る要素機器試験、改良、システム試作性能検証、燃費改善技術の向上など次年度以降の車載試験フェーズへの検討を実施したところ、低GWP冷媒(冷

媒HFO-1234yf)を適用したカーエアコンの実用化開発が世界的な趨勢であり、2011年上市を目標にメーカーの自主的研究が進行中であり、項目③への20年度提案事業者はなかった。

研究開発項目④「実用的な運転モード及び評価手法並びに安全基準の構築」

上記①～②の成果評価に資するべく、ノンフロン型冷凍・空調システムのLCCP評価、燃焼特性試験、有害性評価、暴露評価を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

東京大学新領域創成科学研究科教授 飛原 英治氏をプロジェクトリーダーとし、以下の機器分野ごとに基礎研究、実用化研究を実施した。

本プロジェクトは平成21年度終了の計画であったが、ノンフロン型冷媒による安全・安心・快適な省エネ冷凍空調システム開発は、地球温暖化防止対策のひとつとしてポスト京都に向けた重要な研究であるとの総合科学技術会議の評価を受けて、平成22年度まで研究期間を延長した。

平成21年度は平成20年度までの研究開発を進展させる他、委託事業として研究開発項目「実用的な運転モード及び評価手法並びに安全基準の構築」についての基礎研究を公募し、新たに「エアコン用低GWP混合冷媒の物性評価とLCCP評価」研究1件を採択した。また、本プロジェクトの成果を世界に向けて発信することを目的として「次世代冷凍空調技術国際会議2010」を開催し、世界の研究者による活発な意見交換を行った。

研究開発項目①「住宅分野におけるノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発」

- ・住宅用換気空調機器へのデシカントシステムの研究は、要素機器試験、改良、環境試験による性能検証及びシステム効率向上により、再生効率、流路切替方式を改良した要素機器を組み込んだシステム、及び全熱交換モジュールを改良した住宅用省エネ調湿システムを開発した。
- ・RACシステムの研究は、ノンフロン型冷媒の適用に係る材料及び冷凍機油の適合性評価、空調システムの要素機器試験、改良、環境試験による性能検証及びシステム効率向上により、候補となる新規低GWP冷媒の実用化可能性に向けた課題を抽出した。

研究開発項目②「業務分野におけるノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発」

業務用冷凍空調機器へのCO₂冷媒の適用に係る冷凍・冷蔵・空調システムの研究は、要素機器試験、改良、環境試験・フィールドテストによる性能検証及びシステム効率向上により、従来のフロン型冷凍システムに対し、廃熱を用いて温水を活用するタイプの省エネ機器を開発した。

研究開発項目③「実用的な運転モード及び評価手法並びに安全基準の構築」

候補となる新規低GWP冷媒のLCCP評価、燃焼特性試験、有害性評価、暴露評価、熱物性特性の計測、実験式作成、シミュレーション及び性能評価試験等により、新規低GWP冷媒のライブラリ構築、リスク評価を実施し、上記①～②の研究開発に反映するとともに、世界に先駆けて「次世代冷凍空調技術国際会議2010」を開催し、これら最新の研究成果を情報発信した。さらに、平成22年度までの研究延長を踏まえ、ルームエアコンのLCCP評価のための使用実態調査に着手した。

平成22年度においては、以下を実施した。

東京大学新領域創成科学研究科教授 飛原 英治氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。平成22年度は平成21年度までの研究開発を進展させるほか、助成事業として研究開発項目「業務分野向けノンフロン型省エネ冷凍空調システムの開発」を公募し、新たに「低GWP冷媒ドロップイン試験」研究1件を採択した。

研究開発項目①「住宅分野におけるノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発」

RACについてはノンフロン型冷媒の適用に係る材料及び冷凍機油の適合性評価、油添加剤の探索、単体性能試験、冷媒変更試験、ユニット適正化検討、性能評価試験機の試作及び評価試験を実施した。その結果、新規低GWP冷媒を使用した空調機器について、性能的には上市可能となるまでの技術を得た。

※RAC：家庭用エアコン(Room Air Conditioners)

※GWP：地球温暖化係数(Global Warming Potential) 二酸化炭素を基準とし、温室効果ガスの温暖化する能力を数値化した値

研究開発項目②「業務分野におけるノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発」

ターボ冷凍機へのノンフロン型冷媒の適用に係るヒートポンプサイクルのシミュレーション、要素機器試験、ドロップイン試験、適合性評価等による性能検証を実施した。その結果、機器材料、冷凍機油等の適正化により、新規低GWP冷媒が実用可能であることを確認した。

研究開発項目③「実用的な運転モード及び評価手法並びに安全基準の構築」

上記①～②の成果評価に資するべく、開発製品の総合環境性能評価、候補冷媒の燃焼特性試験、暴露評価、熱物性特性の計測、実験式作成、シミュレーション及び性能評価試験、冷媒の使用実態及び漏洩実態を調査し冷媒管理システムの開発等により候補冷媒のライブラリ構築、リスク評価を実施した。明らかとなった熱物性特性及び実験式は他の事業者の成果評価にフィードバックされた。また、将来の安全基準構築に向けての基本的な所見、手法が得られた。

《2》革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト [平成19年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

高分子素材の発泡等による断熱材分野において、平成23年度までに、現状のフロン系硬質ウレタンフォームと同等以上の断熱性能を有し、かつ、実用化を考慮した上で、従来技術と比肩して優位性のある性能・特徴を有する革新的なノンフロン系断熱技術を確認するための技術課題を解決することを目的に、京都大学大学院工学研究科教授 大嶋 正裕氏をプロジェクトリーダー、ウレタンフォーム工業会 専務理事 横山 茂氏をサブプロジェクトリーダーとし以下の研究開発を実施した。下記研究開発項目①、②について、平成19年度の研究開発を進展させ、詳細な検証・試作機の製作等を実施した。

研究開発項目①革新的断熱技術開発

断熱材構造の微細化技術、断熱材素材のハイブリッド化技術、発泡体/低地球温暖化係数(GWP)を有する発泡剤の合成技術、熱流制御技術等、新しいコンセプト・技術を用いた断熱技術について、試作品を製造し性能を評価したところ熱伝導率が $0.024\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ をクリアするものを得ることができた。 $0.024\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ をクリアできなかったものについては、その問題点について絞り込むことができた。また従来と同等以上の性能を発揮できる施工方法について確認できた。

研究開発項目②断熱性能等の計測・評価技術開発

上記①の開発に伴い必要不可欠となる、微細空間の熱伝導率測定方法並びに高性能断熱性能測定方法の試作機を開発した。また、規格化・標準化のための項目について評価基準と支援ツールを開発した。

平成21年度においては、以下を実施した。

京都大学大学院工学研究科教授 大嶋 正裕氏をプロジェクトリーダー、ウレタンフォーム工業会専務理事 横山 茂氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また中間評価を実施し、その結果、事業化、低コスト化、法規制対応について関連事業毎に検討することとした。

研究開発項目①「革新的断熱技術開発」

- ・原料改造は、疎水ポリオールにより熱伝導率 $0.0225\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ を達成した。フォームのガスバリア性とガス透過性測定方法を確立した。新規シリカナノ粒子添加により熱伝導率 $0.0235\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ を達成した。
- ・低GWP発泡剤の合成技術開発は、有力候補化合物の大気寿命は1ヶ月以下、GWP値は1.9以下であることを確認した。
- ・セルの微細化は、ポリマーのブレンドによりナノオーダーの発泡体の構成を達成した。
- ・高空隙率技術の開発は、気泡径を $10\mu\text{m}$ から 100nm オーダーに小さくすることを達成した。
- ・高断熱性ノンフロン発泡体の成形技術確立は、特定発泡体構造において独自開発セル構造の形成、及び、構造制御等熱伝導率低減とその維持が可能であることを確認した。
- ・発泡剤の効率的な合成法の検討は候補化合物のより効率的な合成法を発見した。
- ・既存ウレタンフォーム相当の断熱材製造可能性の実証は、従来のシリカエアロゲルより強度と加工性を大幅に向上し、熱伝導率 $0.018\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ を持つ断熱材試料を作成した。
- ・高バリア性発泡体の開発は、架橋性樹脂と熱可塑性樹脂ポリスチレンのブレンド体に炭酸ガスを含浸させ、UV光をあてることにより熱伝導率 $0.033\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下を実現した。PURFをガスバリア樹脂で被覆する事により経時劣化速度の抑制を達成した。ガスバリアフィルムの製膜基本技術を確立し、目標の現行PETフィルム比べ100倍以上のバリア性能発現を確認した。断熱シートの耐久性加速テストで5年相当まで熱伝導率はほぼ変化無いことを確認した。
- ・LCA評価(熱伝導率劣化試験)の実施では、 CO_2 と低GWP可燃性物質の混合ガスをPURF発泡剤として用いた場合、GWPは現在のHFCの $1/200$ 以下であることを解明した。

研究開発項目②「断熱性能等の計測・評価技術開発」

- ・熱減衰率から熱伝導率への換算は、2つの標準試料を用いた比較法による回帰曲線の最適化により達成した。
- ・自己評価表と簡易評価ツールは、断熱材と測定技術の実用性評価技術として、
 - (a) 実用性評価指針・自己評価表の作成
 - (b-1) 発泡プラスチック系断熱材の断熱性能変化の簡易予測ツールの作成
 - (b-2) LCCO_2 簡易試算ツールの作成
 - (c) 実用性評価方法の試用依頼を実施した。

平成22年度においては、以下を実施した。

革新的なノンフロン系断熱技術を確認するための技術課題を解決することを目的に、京都大学大学院工学研究科教授 大嶋正裕氏をプロジェクトリーダー、ウレタンフォーム工業会専務理事 横山茂氏をサブプロジェクトリーダーとして以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「革新的断熱技術開発」

- ・ポリマー/シリカ複合系断熱材開発では、各種ポリマーと低密度シリカ成分の基礎解析を実施して、 CO_2 の相平衡に関する知見を獲得し、ポリマーとシリカ、及び温度圧力条件の組み合わせが絞り込めた。
- ・押出发泡技術開発では、新しいブロック積層形成技術の開発にめどがついた。
- ・断熱性向上シート開発では、大型発泡プロセス技術開発において、耐熱性が高いポリマーを用いた評価でも熱伝導率 $0.024\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ を確認した。また、発泡/フィルム梱包による CO_2

透過量の抑制効果を確認した。

- ・現場発泡高断熱ウレタン発泡剤開発では、熱伝導率低減のための疎水ポリオール開発として、CO₂透過や拡散を抑制できるポリオール構造を解明した。

研究開発項目②「断熱性能等の計測・評価技術開発」

評価技術開発では、断熱性能評価指針の提案において、利用者からのコメント等を分析して方法やツールを改良した。

平成23年度においては、以下を実施した。

京都大学大学院工学研究科教授 大嶋 正裕氏をプロジェクトリーダー、ウレタンフォーム工業会専務理事 横山茂氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の革新的断熱技術の開発を実施した。

研究開発項目 「革新的断熱技術開発」

- ・超低熱伝導率構造部材に必要な物性と構造の同定とその創製のための基盤研究
課題である生産性・コストの問題を解決しようと超臨界乾燥を使用しないキセロゲルを検討し、キセロゲル+ポリマー剤により断熱材の低熱伝導率化が実現できることを明らかにし、プロジェクト内でその技術を指導した。
- ・次世代断熱発泡剤の研究開発
低熱伝導率、低GWP、難燃性、無毒性の要求を満足し、ウレタン発泡に適用できる発泡剤を見出し、独自の合成プロセスでガスの試作に成功した。
- ・ポリマー/シリカ複合系断熱材開発
ポリマー内に極低熱伝導率のシリカ系ナノゲルを含浸した断熱材を連続製造できる見通しを得た。
- ・押出發泡技術開発
これまで検討してきた多層構造から、実用化・スケールアップを意識して5層構造として、その成形方法を確立することで実用化の見通しを得た。
- ・新規断熱性向上シート開発
耐熱性の弱さからPLA材からPET材に展開し、バイモーダル発泡技術とガスバリアフィルムの組み合わせにより、目標を満足する低熱伝導率を長期間維持できる断熱材製造の見通しを得た。
- ・新規現場発泡高断熱ウレタン技術開発
現場での水発泡にて長期間熱伝導率を維持するポリオール選定条件を作成し、その設計指標を見出した。
- ・ナノゲル断熱材の研究開発
耐湿性を向上するためにナノゲルの疎水化処理を施した結果、長期間低熱伝導率を維持でき性能が向上した。このナノゲルを用いた各種断熱材を試作し、製品化の検討に入った。
震災の影響で一部事業者（産総研：ポリマー/シリカ複合系断熱材開発）は平成24年度5月まで延長するが、本プロジェクトは、平成23年度で終了する。

平成24年度においては、以下を実施した。

京都大学大学院工学研究科教授 大嶋 正裕氏をプロジェクトリーダー、ウレタンフォーム工業会専務理事 横山茂氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の革新的断熱技術の開発を実施した。

研究開発項目③発泡ポリマー=シリカナノコンポジット断熱材及び連続製造プロセスの開発

ポリマーの発泡セル内部を断熱性の高い低密度シリカで充填した構造を持つ発泡ポリマー=シリカナノコンポジット断熱材の開発、及びその連続製造プロセスの改良、最適化を検討した。原料の組成、供給法の変更、押出機内部の温度、圧力の最適条件、スクリュウ、ダイの形状選定などの検討により、吐出の安定化、発泡倍率の向上などを達成し、熱伝導率0.028W/(mK)程度の試料を安定に連続製造するプロセスを確立した。また、長期安定性試験において、性能、形状の安定性を確認した。24年度実績（論文1件、発表・講演1件）

《3》代替フロン等3ガスの排出抑制設備の導入・実用化支援事業 [平成19年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

地方公共団体及び民間企業等における地球温暖化防止への取組を促進するため、代替フロン等3ガスを使用する全ての分野・業種を対象に、その排出抑制設備の導入・適用等（導入・適用に係る評価を含む。）に係る技術開発の事業テーマを公募により募集し、審査の結果、下記の事業テーマを採択し、必要な費用の一部を助成することによりその実用化を支援した。

《研究開発テーマ》

- 1) ノンフロン吹付け硬質ウレタンフォーム装置の導入促進によるHFCガス排出削減事業
- 2) ダストブロワーにおける代替フロン等の排出抑制噴射ノズルの開発
- 3) マグネシウムダイカストにおけるSF₆のエムジーシールドによる代替ガス化
- 4) 半導体工場既存稼働中ラインへの効率的なPFC除害装置の適用試行
- 5) 半導体工場既存稼働中ラインへの効率的なPFC除害装置の適用試行
- 6) 半導体製造用温室効果ガスの回収/除害装置導入に関する事業

- 7) 半導体工場への代替フロン等3ガスの回収・除害設備の導入による地球温暖化防止事業
- 8) SF₆ガス製造設備への希薄ガス燃焼除害装置の導入・実用化
- 9) 圧力スイング吸着法(PSA)を利用した局所PFC回収除害装置の実証研究
- 10) ノンフロン型省エネ冷凍空調システムの実用化検証
- 11) SF₆等3ガスの回収・破壊装置導入実証事業
- 12) 業務用CO₂冷蔵庫の開発
- 13) HFC・PFC類製造設備への回収・除害設備の設置
- 14) マグネシウムダイカスト用カバーガス等に適用可能な低GWPガス生産設備の建設
- 15) 半導体工場への使用方法に適した除害装置導入と効率的な運用によるPFC排出量の削減
- 16) 過熱蒸気を用いた高濃度PFC14および多種混合ガス分解装置の導入・実用化
- 17) 半導体工場の既存稼働中ラインへのC₂F₆ガス排出除害装置の導入
- 18) フロン・SF₆破壊処理(無害化)装置の導入によるSF₆等分解処理事業
- 19) 半導体工場への代替フロン等3ガスの回収・除害設備の導入による地球温暖化防止事業
- 20) LNG貯槽向け現場発泡硬質ウレタンフォームのノンフロン化
- 21) SF₆フリー/SF₆代替ガスによるマグネシウムビレット製造設備の開発
- 22) マグネシウムダイカストにおけるSF₆の代替ガス化および代替ガス供給システムの導入・実用化
- 23) ドライエッチング用除害装置導入によるSF₆排出量削減実証評価
- 24) 現場発泡硬質ウレタンフォームのHFC削減を目的とした液化炭酸発泡装置の導入
- 25) 高効率燃焼型および節水型PFCガス除害装置の実証研究及び代替ガスの適用技術の開発
- 26) 半導体工場への代替フロン3ガス等の排出抑制設備の導入による地球温暖化防止事業
- 27) マグネシウムダイカストにおけるSF₆使用全廃に向けた代替ガスシステムの導入と実用化
- 28) マグネシウムダイカストにおけるSF₆の代替ガス化および代替ガス供給システムの導入・実用化
- 29) CVD装置への除害装置導入による温室効果ガス排出量削減の量産化実証
- 30) マグネシウム鋳造用SF₆代替ガスZEM-SCREENの導入
- 31) マグネシウムダイカストにおけるSF₆の代替ガス化およびガス供給システムの導入
- 32) 半導体工場へのPFCガス及びHFCガスの除害装置導入・性能評価と実用化
- 33) 半導体製造設備へのPFC除害装置導入・性能評価及び実用化
- 34) 半導体製造設備におけるPFC除害装置の性能評価及び実用化検証

上記事業テーマ毎に代替フロン等3ガスの排出抑制設備の導入・実用化を実施し、全ての事業を完了した。これにより、約850万CO₂換算トン(京都議定書第1約束期間中の4年間の累計値)の温室効果ガス排出削減が期待でき、民間企業等における地球温暖化防止への取組が促進され、地球温暖化防止に資することが出来た。

なお、平成21年度以降は「代替フロン等3ガスの排出抑制設備の開発・実用化支援事業」に統合して実施した。

《4》代替フロン等3ガスの排出抑制設備の開発・実用化支援事業〔平成19年度～平成21年度〕

〔中期目標期間実績〕

平成21年度においては、以下を実施した。

地方公共団体及び民間企業等における地球温暖化防止への取組を促進するため、代替フロン等3ガスを使用する全ての分野・業種を対象に、その排出抑制設備の導入・適用等(導入・適用に係る評価を含む。)に係る技術開発の事業テーマを公募により募集し、審査の結果、下記の事業テーマを採択し、必要な費用の一部を助成することによりその実用化を支援した。

《研究開発テーマ》

- 1) 低温暖化冷媒を用いた車両空調システムの実用化研究
- 2) 複数製造設備から発生するPFC、HFC排出ガスの一括処理技術の開発・実証
- 3) 代替フロン漏洩検知機能付き大型ショーケースシステムの開発
- 4) ノンフロン現場発泡吹付装置の実用化検討および実用化
- 5) ビル用パッケージエアコンの冷媒漏えい監視システムの導入及び実証研究
- 6) 食品スーパーマーケット向けノンフロン型冷熱システムの実用化技術
- 7) 半導体製造設備における、温室効果ガス排出量抑制システムの実用化検証事業
- 8) 半導体製造ラインPFC、HFC、SF₆排気の触媒式集中除害システム実用化事業
- 9) 現場発泡硬質ウレタンフォーム用液化炭酸ガス発泡設備の開発によるHFC排出削減
- 10) 半導体製造に係わる代替フロン等3ガスの排出抑制設備の導入による地球温暖化防止
- 11) 個別分散型空調機における冷媒漏れ検出・遠隔監視に関する実用化研究
- 12) IPSアルファ姫路ラインドライエッチ装置排出抑制設備の導入、実用化
- 13) オフセット印刷機廃熱回収システムによるフロンガス排出抑制
- 14) ウレタン発泡設備の実用化検証
- 15) SF₆除害ドライシステム開発による温室効果ガス削減実証評価
- 16) 二酸化炭素冷媒用冷凍機製造設備の開発・実用化
- 17) 断熱建材用発泡ウレタンのノンフロン化技術開発

- 18) 冷凍空調機用改良型配管継手の冷媒漏えい低減の実証研究
- 19) 業務用エアコン配管接続部の排出改善に関する実証研究

上記事業テーマ毎に代替フロン等3ガスの排出抑制設備の導入・実用化を実施し、全ての事業を完了した。これにより、約330万CO₂換算トン（京都議定書第一約束期間中の累計値）の温室効果ガス排出削減が期待でき、民間企業等における地球温暖化防止への取組が促進され、地球温暖化防止に資することが出来た。

また、本事業の成果と関連事業も含め平成18年度～平成21年度の5年間累計で約1,550万CO₂換算トン（京都議定書第一約束期間中の累計値）の温室効果ガス排出削減が期待できる事業を実施した。

なお、平成22年度以降は「代替フロン等3ガスの排出削減設備の開発・実用化支援事業」に統合して実施した。

《5》代替フロン等3ガスの排出削減設備の開発・実用化支援事業 [平成19年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

代替フロン等3ガス排出削減設備の適用等（適用に係る評価を含む。）に係る技術開発の事業テーマを公募により募集し、審査の結果、下記の事業テーマを採択し、必要な費用の一部を助成することによりその実用化を支援した。なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなったため、平成23年度以降はNEDOでは実施しない。

《研究開発テーマ》

- 1) 半導体工場における代替フロン等3ガスの排出抑制設備の実用化研究
- 2) 二酸化炭素冷媒を用いた冷凍機普及促進のための熱交換器生産設備の開発と実証研究
- 3) 代替フロン全廃に向けたCO₂ノンフロン自動販売機の実証化検証
- 4) 寒冷地における二酸化炭素冷媒用別置型ショーケースのCO₂排出削減量の実証評価
- 5) I P Sアルファ姫路ライン燃焼除害装置導入実用化による温室効果ガス排出量削減
- 6) マグネシウムダイカストにおけるZ E M - S C R E E Nガスの代替化供給システムの導入
- 7) ノンフロン型冷凍空調システムの市場普及に向けた実証実験
- 8) 炭酸ガスブローポンプの再充填による代替フロン等排出抑制の製品開発

上記事業テーマ毎に代替フロン等3ガスの排出削減設備の開発・実用化を実施し、全ての事業を完了した。これにより、事業終了後5年間で約98万CO₂換算トンの温室効果ガス排出削減が期待でき、民間企業等における地球温暖化防止への取組が促進され、地球温暖化防止に資することができた。

《6》高効率ノンフロン型空調機器技術の開発 [平成23年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院新領域創成科学研究科教授 飛原 英治氏をプロジェクトリーダーに、日本冷凍空調工業会環境企画委員長 藤本 悟氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

平成23年度は、下記研究開発項目について新規公募を実施し、実施体制を構築した。（採択テーマ：9件）

研究開発項目①「低温室効果の冷媒で高効率を達成する主要機器の開発」

業務用PAC（パッケージエアコン）、ビル用マルチエアコン及び温熱用ヒートポンプを対象に、低温室効果冷媒を適用するための主要な要素部品（熱交換器、圧縮機等）の材料、形状、特性等に係る仕様検討、設計を実施するとともに、試作、性能評価を行った。その結果、温熱用ヒートポンプへの低温室効果冷媒の適用が可能であるとの見通しを得た。

研究開発項目②「高効率かつ低温室効果の新冷媒の開発」

業務用空調機器用の高効率かつ低温室効果の新冷媒を開発するために、新冷媒の設計研究（分子設計、合成・試作）及び特性評価研究（基本特性、環境影響、安全性、熱力学特性）を実施し、一部候補媒体について試作を完了して特性評価に着手した。

研究開発項目③「冷媒の性能、安全性評価」

低温室効果冷媒の性能評価のため、冷媒の基本物性及びサイクル性能に関する研究と共にエアコンの性能評価法の確立を実施した。また、微燃性物質を低温室効果冷媒として使用する際の安全性評価のため、実用条件の燃焼性評価、着火エネルギー評価法の開発及び燃焼爆発影響評価を実施した。更に、着火事故が発生した場合の人的・物的な危害度（フィジカルハザード）を明確化するために、室内への冷媒リーク時及び暖房機器と同時使用時の安全性評価を実施した。

平成24年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院新領域創成科学研究科教授 飛原 英治氏をプロジェクトリーダーに、日本冷凍空調工業会環境企画委員長 藤本 悟氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「低温室効果の冷媒で高効率を達成する主要機器の開発」

業務用PAC（パッケージエアコン）及びビル用マルチエアコンを対象に、低温室効果冷媒を適用するための主要な要素部品（熱交換器、圧縮機等）の材料、形状、特性等に係る仕様検討、設計を实

施するとともに、試作、性能評価を行った。また、それらを組み込んだシステム全体での性能評価を実施した。

研究開発項目②「高効率かつ低温室効果の新冷媒の開発」

新低温室効果冷媒の分子設計・合成試作を行うとともに、得られた新冷媒の基本特性評価、環境影響評価、安全性及び熱力学特性評価等を行い、冷媒選定に必要なデータを取得した。

研究開発項目③「冷媒の性能、安全性評価」

微燃性物質を低温室効果冷媒として使用する際の安全性評価のため、エアコン性能評価法の確立、冷媒の燃焼・爆発性評価（燃焼限界、熱分解特性、消炎距離、最小着火エネルギー等）及び事故シナリオ（室内への冷媒リーク時、サービス・据え付け時等）に基づく安全性評価等を行い、産業界と情報を共有しながら、冷媒の適切な使用法及びリスク評価等を検討・実施した。

② 3 R 関連技術

[中期計画]

3 R 関連技術分野においては、主に最終処分量削減技術、有用資源回収利用技術等の開発に取り組むことにより、資源生産性の向上等の政策目標の達成が求められているところである。

第2期中期目標期間においては、従来の最終処分量削減、有用資源回収利用の下流工程を中心とした対策に加え、国際的な技術普及という観点も踏まえ、枯渇性資源及び地球温暖化・省エネに関する上流工程での対策や、資源・エネルギーの有効利用、環境リスクの低減等を考慮した流域圏水再生循環システムの実現に必要な対策等に向けた技術課題の整理及び必要に応じた技術開発等の取組を行う。

[中期目標期間実績]

最終処分量削減及び有用資源回収利用のため、通常そのまま廃棄・焼却されている製品プラスチックや食品残さを中心とした店舗廃棄物、廃繊維製品等を対象に、再資源化や燃料化のための技術を開発した。また、レアメタルの資源リスク対策として、製造工程で発生するスクラップからのレアメタル抽出技術や、使用済製品から効率的にレアメタル含有部品を回収するための技術を開発した。特に、資源リスクの高いレアアース磁石を対象に、使用済み製品回収業者や一次製品である磁石合金のメーカー等、上流工程と連携してのリサイクル技術開発に着手した。また、国際的な技術普及という観点から、自動車及び電気・電子機器を対象物としたリサイクルについて、海外での技術開発・実証事業を開始した。

一方、水処理分野においては、省水、省エネルギー、環境調和型水循環システムを構築するため、排水処理技術として、有害物質除去技術及びMBR処理技術を開発し、実排水を用いた実証試験を開始した。また、排水処理水を再生水とするための革新的膜処理技術（従来比50%以上の省エネ化実現）を開発した。

《1》省水型・環境調和型水循環プロジェクト [平成21年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

東洋大学教授 松尾友矩氏をプロジェクトリーダーに、東京大学教授 山本和夫氏と北海道大学教授 渡辺 義公氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なおプロジェクトの初年度である今年度は、日本国内の優れた研究者を集結させ、研究開発、実証研究、成果普及、調査（標準化等）を一体となって実施できる体制を構築した。またプロジェクトリーダー、サブプロジェクトリーダーとの技術ヒアリングを定期的に行い、研究開発の進捗状況に応じた的確なフォローを行った。さらに、研究開発項目①の重点テーマに対し、開発加速のための追加予算を執行した。

研究開発項目①水循環要素技術研究開発

1) 革新的膜分離技術の開発

・RO膜の開発

複数種のRO膜薄膜化の試作と、性能向上検討及び組成検討を実施した。

・NF膜の開発

極超低圧NF膜の製膜と評価並びに膜構造解析と、高効率運転用のモジュールのエレメント構成部材などの検討を実施した。

・分離膜の細孔計測技術の開発及び標準化に向けた性能評価手法の開発

陽電子消滅法による細孔測定高度化（不確かさの低減）の検討、及び複数の市販RO膜、NF膜についての細孔測定を実施した。併せて各種溶剤に対する分離性能を測定し、細孔と分離性能の相関を検証した。

2) 省エネ型膜分離活性汚泥法（MBR）技術の開発

・種々の膜素材、孔径の異なる各種シートの基本特性測定と、特性がファウリング（膜閉塞）に与える影響を測定した。小型試験装置を用いた実液試験を実施し、膜洗浄手法効率化の検討を実施した。

・現行膜及び試作膜を用いて担体（サイコロ状のゲルの中に微生物を高濃度に閉じこめたもの）添加による膜への影響評価実験、並びに小型膜ろ過装置を用いた担体/汚泥比の絞り込みを実施した。高耐久性PVDF平膜の課題抽出と試作膜の膜性能分析を実施した。PVDF: Polyvinyl

l i d e n e D i F l u o r i d e

3) 有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発

- ・含浸樹脂を試作して、モデル廃水を用いた亜鉛除去の連続試験により最適含浸率の検討を実施した。エマルションフロー法によるニッケルの抽出/吸着の基本特性を確認した。亜鉛除去及びニッケル抽出の抽出/吸着平衡の解析、並びに添加剤による抽出加速機構の解析を実施した。
- ・無電解銅めっき廃液等を用いて分解生成物の解析、分解機構の解析を実施し、酸化物沈殿の最適条件を検討した。金属硫化物の現場での酸化進行状況の実態調査を実施し酸化促進メカニズムの解析を行った。
- ・新規ホウ素吸着剤の合成を行い、ホウ素吸着特性の評価と解析を行った。ミカン搾汁残渣に担持（化学的に固定）する金属イオンとして複数のイオンを用いたふっ素吸着剤を試作して吸着実験を行い、特性評価及び解析を行った。

4) 高効率難分解性物質分解技術の開発

・難分解性化学物質分解

実廃水を用いた1, 4-ジオキサンの分解特性調査を実施し、促進酸化処理による分解反応速度を測定した。分解過程の解析としてpHによる影響を確認した。

・新機能生物利用

中温型/低温型アナモックス菌（嫌気性アンモニア酸化細菌）の連続培養を実施した。アナモックス菌を担体に固定化し、モデル廃水実験、及び実排水を用いた予備実験により、窒素除去性能の確認並びに反応阻害物質の新機能生物アナモックス菌への影響検討を実施した。

研究開発項目②水資源管理技術研究開発

実証研究と調査検討の進捗具合を勘案し、ステージゲート審査を3回実施した。また、NEDOウォーターソリューション&シンポジウムを実施し、本事業全体の成果発信や将来の普及に向けた情報収集など積極的に実施した。

1) 水資源管理技術の国内外への展開に向けた実証研究

国内外で10件のFS等を実施した。水資源管理技術の国内外への展開に向けた水循環システムの実証研究に関する実施サイトの選定や関係機関との調整・協議、実施内容の検討等を実施した。その中で、「中東等の海外新興地域における小規模分散型水循環事業」、「オゾン処理による中国湖沼浄化プロジェクト」、「海淡・下水再利用統合システム事業」、「豪州における分散型水資源供給システム事業実施可能性調査実証研究」に関してはFSフェーズを終了し、外部委員により構成されるステージゲート審査委員会を経て、パイロットプラントによる実証試験（フェーズ3）に移行した。

2) 水資源管理技術の国内外への展開に向けた調査検討

省水型・環境調和型の水循環システム等の水資源管理技術を国内外に展開する際に必要となる、運営・管理技術の調査、水資源管理技術やそれらを取り巻く環境の国内外動向調査、及び将来の成果普及戦略に関する調査や、その戦略をにらんだ成果普及活動や標準化動向調査等を実施した。具体的には、NEDOウォーターソリューション&シンポジウムを開催し、NEDO成果や日本の水関連技術を発信するとともに、海外有識者によって海外の水ビジネスの動向や戦略等講演を行うことによる、国内水関連企業等の啓蒙活動を実施した。

平成22年度においては、以下を実施した。

東洋大学常勤理事 松尾 友矩氏をプロジェクトリーダー、東京大学環境安全研究センター教授 山本 和夫氏を研究開発項目①のサブプロジェクトリーダー、北海道大学環境ナノ・バイオ工学研究センター長 渡辺 義公氏を研究開発項目②のサブプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①水循環要素技術研究開発

1) 革新的膜分離技術の開発

・RO膜の開発

新素材を用いた膜形成（A4判大）が可能なRO膜形成技術及びモジュール化技術を確立した。

・NF膜の開発

新素材を用いた膜形成（A4判大）が可能なNF膜形成技術及びモジュール化技術を確立した。

・分離膜の細孔計測技術の開発及び標準化に向けた性能評価手法の開発

陽電子消滅法によるナノ細孔の高信頼性計測技術の開発を行うとともに、RO膜分離層のナノ細孔評価のための陽電子消滅法の校正技術基準を確立した。

2) 省エネ型膜分離活性汚泥法（MBR）技術の開発

- ・従来膜エレメント及び新規開発膜エレメントを装填するパイロット試験装置を下水処理場に設置し、対照試験により実規模向け膜エレメントの評価を行い、膜ろ過流束向上効果を確認した。併せて改良型散気装置を開発し膜洗浄空気量の削減効果の検証を開始した。

- ・小型汚泥ろ過実験装置を使って、低い活性汚泥浮遊物質濃度での担体添加の効果や担体サイズ最適化の検討を実施した。さらに、下水処理場に担体添加型の膜モジュールろ過試験装置（ベンチスケール装置）を設置し、連続試験データを取得中である。膜素材の化学組成の設計・改良を行うとともに、摩耗加速試験評価装置を作成した。

3) 有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発

- ・含浸抽出連続試験装置により亜鉛除去し、めっき液の長寿命化効果を確認した。油相除去システムの新なる改良を実施し、小型・低コストで高効率なニッケル回収方式を開発した。亜鉛除去にお

るpH、抽出剤濃度、温度の影響を統合したモデル、及びニッケル抽出の際の抽出加速機構のモデルを構築した。

- ・モデル廃水及び実廃水を用いて、COD成分の酸化処理から酸化物生成までの複合処理実験を実施し、最適化を図った。種々の金属水酸化物汚泥を入手してその性状、組成等を調べ、汚泥の解砕と酸溶解条件の最適化や金属回収条件の最適化を実施した。
- ・新規ホウ素吸着剤のカラム流通試験で吸着特性を解析、吸着量として中間目標の達成を確認した。ミカン搾汁残渣を用いたふっ素吸着剤については、ふっ素吸着と遊離の条件の最適化を図るとともに、連続操作プロセスの検討を行った。

4) 高効率難分解性物質分解技術の開発

- ・難分解性化学物質分解

現地にて1, 4-ジオキサン高濃度/低濃度実排水の連続促進酸化試験を行い、MBR処理により、1, 4-ジオキサンを分解できることを明らかにした。1, 4-ジオキサンを0.5mg/Lまで低減するシステム構成を検討し、当初提案の方式に比べ更なるエネルギー削減の可能性を明らかにした。

- ・新機能生物利用

ラボスケール装置により、アナモックス菌を担体に固定化した窒素除去システムの処理の安定性を検証した。硝化菌とアナモックス菌を同一反応槽内に維持する1槽式アナモックスシステムの反応系を確立し、目標の脱窒速度を達成した。

研究開発項目②水資源管理技術研究開発

1) 水資源管理技術の国内外への展開に向けた実証研究

国内外で6件の実証研究と6件のFS等を実施。水資源管理技術の取得及び省水型・省エネ型の水循環システムの構築を目的とした水循環システムの実証研究に関して、実施サイトの選定や関係機関との調整・協議、実施内容の検討、装置製作、試運転、運転管理等を実施した。

2) 水資源管理技術の国内外への展開に向けた調査検討

水資源管理技術を国内外に展開する際に必要となる、水事業の運営管理技術・国内外の水資源等の動向・事業展開戦略に関する調査、戦略的な成果普及活動に関する活動等を平成21年度の成果を踏まえて実施した。

平成23年度においては、以下を実施した。

我が国が強みを持つ膜技術を始めとする水処理技術を強化するとともに、こうした技術を活用した省水型・環境調和型の水循環システムを構築して、国内外での普及支援等を推進し、更には省水型・環境調和型の水資源管理技術を国内外に普及させることで、水資源管理における省エネ、産業競争力の強化に資することを目的とし、東洋大学常勤理事松尾友矩氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目① 水循環要素技術研究開発

1) 革新的膜分離技術の開発

- ・RO膜の開発

平成22年度までに確立した製膜基本技術を基に、大型製膜機においても均一な薄膜形成がなされることを検証するとともに、50cmモジュールを試作した。

- ・NF膜の開発

従来の界面重合反応による製膜技術から、各種ナノ粒子を用いて行う有機・無機ハイブリッド極超低温NF膜の開発へ移行する中で発生しうる材料変更に合わせて、膜面の無機ナノ粒子の状態（粒径、装飾の有無）を確認した。

- ・分離膜の細孔計測技術の開発及び標準化に向けた性能評価手法の開発

NF膜の低速陽電子消滅分光測定を行い、分離活性層中の細孔評価のための陽電子照射エネルギーなどの最適な測定条件を見いだした。さらに、ポリアミド系複合膜の膜性能を測定し、陽電子消滅法で測定された細孔との相関を比較した。

2) 省エネ型膜分離活性汚泥法(MBR)技術の開発

- ・担体添加型MBRシステムの開発

平成22年度に製作し実験を開始したベンチスケール装置による連続処理運転実験を継続評価し、低MLSS濃度条件で膜面洗浄散気量を50%削減可能なことを確認した。また、パイロット装置については、平成23年度にウォータープラザ北九州のテストベッドに設置完了し、機能確認を経て実下水を用いた連続処理運転実験を開始し、膜面の洗浄性が向上することを確認した。

- ・省エネ型MBR技術の開発

平成22年度に開始した実下水を用いたパイロット試験を継続実施し、開発膜シートの実液評価、膜洗浄空気量の削減試験、サイフォンろ過による膜ろ過ポンプ省略等、個別テーマの実証確認を行った。開発膜シートの実液評価では運転フラックス1.0m/dで2ヶ月以上安定運転が可能であることを確認し、また膜洗浄空気量の削減試験ではろ過圧上昇を抑制しながら膜洗浄空気量を従来比50%に削減できることを確認した。

3) 有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発

- ・抽出

含浸樹脂法による亜鉛除去の最適化を検討し、含浸樹脂をネットバックに詰めた場合と樹脂を繊維に変えた場合のめっき槽への投入方式を検討した。

めっき廃液からニッケルを回収する新型エマルジョンフロー装置（昇流式）について、多段式で正・逆抽出を結合させたシステムを開発し、ニッケルの回収率95%を達成した。また、ニッケル回収装置及び油相成分除去装置を実用化する際の課題であるスケールアップについて、ヘッド構造の工夫により、大型化しても安定したエマルジョンを発生させられる見通しを得た。

溶媒浸透樹脂の耐久性を高めることを目的として、ポリビニルアルコールによる被覆方法を確立した。また定界面積セルによるニッケル抽出速度結果を解析し、抽出機構を推定した。

- ・沈殿

無電解銅めっき廃液の処理水を添加した排水の最適処理法を明らかにするとともに、含水率60%以下の汚泥を得ることが出来た。

ニッケル含有汚泥／廃液処理から得られた硫化ニッケル汚泥を現場に設置された大型酸化装置で酸化実験を行い、規模を拡大しても実施できることを確認した。酸化後の硫酸ニッケル汚泥を水で溶解し、高濃度ニッケル電解液を得て、中規模電解実験を行った結果、電解析出の最適条件を得た。合わせて電解で生じる硫酸ナトリウム除去方法を検討した。

- ・吸着

ほう素吸着剤の二つの合成条件、①吸着剤の母剤であるポリアリルアミン（PAA）の架橋度、②吸着サイトであるグルコースの導入温度を最適化することにより、従来剤の2倍の吸着量を持つ剤の合成に成功した。その後、ほう素濃度や共存イオンなどの吸着条件を最適化することで、従来剤の3倍の吸着量を達成した。

ミカン搾汁残渣を用いたフッ素吸着剤については、連続式吸着装置によりフッ素の吸着・回収プロセスの課題抽出と装置の改良を行った。

4) 高効率難分解性物質分解技術の開発

- ・難分解性化学物質分解

生物処理試験を行いその特性を把握した。現場に設置した試験装置でも特性を確認した。また処理エネルギー、コスト試算、文献調査、実態調査を行った。

- ・新機能生物利用

1槽式アナモックス装置を用いてラボ実験による運転データを取得した。併せて新しい低温アナモックス菌の培養と分解性能評価を行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

我が国が強みを持つ膜技術を始めとする水処理技術を強化するとともに、こうした技術を活用した省水型・環境調和型の水循環システムを構築して、国内外での普及支援等を推進し、更には省水型・環境調和型の水資源管理技術を国内外に普及させることで、水資源管理における省エネ、産業競争力の強化に資することを目的とし、東洋大学常勤理事松尾友矩氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①水循環要素技術研究開発

1) 革新的膜分離技術の開発

- ・RO膜の開発

従来膜の数倍の耐薬品性能を持つ高透水性RO膜を開発した。本膜は常時塩素添加による連続運転を可能とし、前処理工程簡略化で、最終目標のRO膜処理プロセス全体で50%以上省エネの目標を得た。また、50cm幅エレメントの作成技術も確立した。（特許 14件）

- ・NF膜の開発

架橋密度・スキン層形態制御等で極超低压NF膜モジュールを開発し、最終目標である既存NF膜対比50%以上の省エネ効果を達成した。（特許 4件）

- ・分離膜の細孔計測技術の開発及び標準化に向けた性能評価手法の開発

高分子系複合膜の分離機能層の0.5nmから10nmの細孔評価のための低速陽電子消滅法の校正技術基準を確立し、マニュアル化した。市販高分子系複合膜の細孔サイズ及び溶質分離性能には相関があることを明らかにし、陽電子消滅法による細孔構造が分離特性を制御していることを世界で始めて実験的に示した。（特許0件）

研究開発項目②省エネ型膜分離活性汚泥法（MBR）技術の開発

- ・担体添加型MBRシステムの開発

パイロットスケール実験装置（処理規模30m³/日）を用いた実証実験を実施し、最終目標であるシステム全体で30%以上の省エネ化を確認した。（特許12件）

- ・省エネ型MBR技術の開発

下水処理場に設置したパイロット試験装置の改造（大規模化）を行い処理量400m³/日での実証実験を開始した。新膜ユニット、膜洗浄空気量制御、付帯装置の省略・効率化による、省エネ有効性を確認した。

研究開発項目③有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発

- ・抽出

ニッケル回収装置のスケールアップ基礎試験、不純物除去装置の改良、25年度より本格実施する実証プラントの予備試験を実施した。

- ・沈殿

硫化ニッケル汚泥からのニッケル回収実証試験に向け、中規模電解析出実験、空気酸化実験、溶媒抽出による不純物亜鉛の除去実験を実施した。また、実証用リバルブ洗浄設備を開発し、実証場

所に設置した。

・吸着

23年度までに開発したほう素吸着剤、ふっ素吸着剤を用いて実証試験を実施するため公募により実施企業を決定した。ほう素吸着剤については実証に向け膨潤を押さえる剤改良実施中。ふっ素吸着剤については、実証試験に向けプラントの予備実験を実施した。

研究開発項目④高効率難分解性物質分解技術の開発

・難分解性化学物質分解

生物処理+AOPによる実証試験実施中。実証時に発生した不具合を解析し、低温、高BOD対策を検討した。また、省エネルギー化、低コストに向けた運転指標の検討実施した。

・新機能生物利用

実排水による実証試験に向け実証試験装置の改良実施。低温型アナモックス菌の集積培養を実施した。アンモニア排水へのメタノール混入影響を評価した。

《2》省資源型・環境調和型資源循環プロジェクト [平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

以下の研究開発を実施した。なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなった。

研究開発項目①

<要素技術開発>

要素技術開発に資する実施可能性調査として、以下の実施可能性調査を実施した。

(1) 廃プラスチックの総資源化

「能代市における製品プラスチック等の回収実証及び高度化製品に関する研究開発」として、製品プラスチック等の回収実証試験、リサイクル実証試験・物性試験及び高度な製品開発（リサイクル製品の強度向上及び金属代替品）を実施し、将来の実用化の見通しを得た。

(2) 低炭素産業を支える製品のリサイクルシステム

「省エネ型家電製品のリサイクル高度化」として、エアコンのコンプレッサに採用されているネオジム磁石と冷媒に採用されているHFCから、今後、磁石原料のレアアースとHFC原料のフッ素のリサイクルを実施されることが見込まれるため、既存の家電リサイクルルートを利用して回収したコンプレッサを分解する装置の開発・設計、ネオジム磁石の粉碎技術の検討、現状のHFC破壊処理後の廃液の中和方法の改良によるフッ化カルシウム回収技術の開発を行い、将来の実用化の見通しを得た。

(3) 先進的な食品リサイクルシステム

「コンビニエンスストアの食品廃棄物を対象とした効率的回収及びリサイクルシステムの検討」として、コンビニエンスストア各店舗から少量かつ容器付きで排出される販売期限切れ商品を、回収・リサイクルする仕組みの構築を目指して、動脈物流活用等の効率的な回収方法や、リサイクル主体の受入れ要件、都市別の分別ルールや処理委託料金水準などを調査するとともに、代替燃料として再資源化する実証試験を行い、将来の実用化に向けてシステム構築における課題を明確にした。また、「外食産業における食品残さを中心とした店舗廃棄物の総バイオ燃料化等事業」としてコーヒーチェーン店舗から出る多様な廃棄物を回収し、過熱蒸気処理で油化・炭化し、バイオ燃料や工業原料等に再利用するシステムの検討を行い、廃プラスチック類から得られた油脂の燃料用途、コーヒー豆粕から得られた油脂の石鹼への原料利用、更には飼料用途用のパーム油の代替が有望であることが確認された。

(4) 効率的な繊維製品リサイクルシステム

「繊維リサイクル推進の基盤構築に向けた回収システム実証及びリサイクル技術検証」として、不要繊維製品について、自治体、事業者と連動した効率的な集団回収の仕組みを検証し、高コストをかけずに回収できるシステムの構築に見通しを得た。また、綿繊維からのエタノール製造（バイオケミカル法）及び全ての繊維種のガス化によるエタノール製造（サーモケミカル法）の検証を行い、ガス化・エタノール合成のトータルシステムとしての可能性評価を行い、将来の実用化への見通しを得た。

<システム開発>

使用済み小型家電に含まれるベースメタルやレアメタル等のリサイクルシステムを構築するため、当該機器中のレアメタル等の含有状況を把握するとともにレアメタル回収可能量、回収コストを可能な限り算定し、レアメタル等の効率的な抽出方法を体系化した。また、供給リスク、需要見直し等から、我が国の産業界が、今後、安定化確保の手立てを講じる必要がある使用済み小型家電からのリサイクル検討優先鉱種の方向付け、標準的評価手法の確立、レアメタル回収後の廃棄物の適正処理の検討を行った。本事業の実施に当たっては、環境省で実施する「平成22年度使用済み電子・電気機器の回収モデル事業」と連携し、経済産業省と環境省が合同で実施する「使用済み小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会」のレアメタルワーキンググループの事務

を執り行った。

研究開発項目② アジアの対象地域における一体的な資源循環システムの構築を目的に、中国・大連市における、セメントキルンを利用した廃棄物リサイクル事業として、日本のセメント産業で培われたリサイクル技術を中国の実情に合わせて改良し、地元廃棄物業者、市政府と協力し、一体的なリサイクルシステムの実現に向けて、実証研究設備である高生産性塩素バイパスシステムに関する基本設計及び詳細設計を完了し、現地関連機関への各種手続き及び協議・実証研究設備の調達業務を進めるとともに、実施計画に対する有識者委員会による審議等を実施した。

《3》使用済みモーターからの高性能レアアース磁石リサイクル技術開発 [平成24年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成24年度においては、以下を実施した。

公募により実施体制を決定し、ハイブリッド自動車の駆動用モーターに使用されるレアアース磁石の回収技術や、回収済みの磁石からの新しいレアアース抽出技術の基盤を開発するとともに、使用済み製品の回収等を含めたリサイクルシステム全体について、コストや環境影響等の評価を行った。また、実用化可能性の向上と磁石の回収量の拡大に向けて、実施期間を3年間に延長することとした。

③化学物質のリスク評価・管理技術

[中期計画]

人の健康や生態系に有害な化学物質のリスクを最小化するため、化学物質のリスクの総合的な評価を行いつつ、リスクを評価・管理できる技術体系を構築する。

近年、シックハウス症候、化学物質過敏症が大きな社会問題となってきた。今後は化学物質の製造、利用、廃棄段階などのライフサイクルにわたる適切な管理が潮流となってきた。一方、海外では欧州のREACH（化学物質の登録、評価、認可及び制限に関する規則）、RoHS（電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限に関する指令）規制の導入を始め、中国等においても同じような化学品規制が始まろうとしている。また、国内の産業では、アスベスト飛散による健康被害が報告されている。このように、従来にはない新たな化学品を巡る課題が明らかになってきた。

今後、化学物質の管理に関する国内外の規制は、ハザードベースの規制から、企業の自主管理促進・リスクベースの管理に移行すると見込まれる。また、EUでは2012年から化粧品開発での動物実験が禁止になる等、動物愛護の傾向がますます高まっている。

このため、第2期中期目標期間中においては、企業の自主管理促進と化学物質開発の効率化を促進するため、化学物質の安全性を低コストで簡易かつ迅速に評価できる新しい手法の開発を行う。具体的には、構造活性相関手法に関する500物質以上の化学物質の既知の反復投与毒性データ等のデータベースの構築と有害性を予測するシステムの開発等を行う。その際、OECD試験ガイドライン等の国際標準化を目指した技術開発を行う。また、化学物質のライフサイクルにわたるリスク等を評価する手法の開発、アスベストの簡易計測・無害化処理技術等の開発、実用化を進める。具体的には、5つの用途群（洗浄剤、プラスチック添加剤、溶剤・溶媒、金属類及び家庭用製品）を対象としたリスクトレードオフ評価書の作成、アスベストに関する処理量5t/日以上は無害化処理、再資源化技術開発等を行う。さらに、有害化学物質を原料やプロセス中の中間体として使用しない等の代替技術、新規化学プロセス等を活用した環境負荷低減技術等を開発する。

[中期目標期間実績]

化学物質の安全性を低コストで簡易かつ迅速に評価できる新しい手法の開発について、以下の技術開発を実施した。

・構造活性相関手法に関する500物質以上の化学物質の既知の反復投与毒性データ等のデータベースの構築と有害性を予測するシステムの開発等を実施し、プロジェクトで開発した反復投与毒性試験のデータベースの一部等は、OECDで開発した構造活性相関手法のアプリケーションに搭載された。

化学物質のライフサイクルにわたるリスク等を評価する手法の開発、アスベストの簡易計測・無害化処理技術等の開発について、以下の技術開発を実施した。

・中間評価の結果を受けて、リスクトレードオフ評価書の作成対象を4つの用途群（洗浄剤、プラスチック添加剤、溶剤・溶媒及び金属類）とした。洗浄剤とプラスチック添加剤の用途群についてはリスクトレードオフ評価書を作成、OECDへのドラフト版提出に向けた作業を行い、溶剤・溶媒及び金属類の用途群については代替シナリオを決定し、リスクトレードオフ解析に必要なデータの収集及び社会経済分析を含む解析を実施した。

・環境省のアスベスト無害化認定制度に対応した無害化処理技術の開発を実施し、実証試験により処理量5t/日の無害化処理能力を確認した。

有害化学物質を原料やプロセス中の中間体として使用しない等の代替技術、新規化学プロセス等を活用した環境負荷低減技術等の開発について、以下の技術開発を実施した。

・強い毒性を示すCd、Pb等の金属が含まれる既存の無機顔料に対して、無害な元素のみからなり、鮮やかな色彩を呈する新規な環境調和型の黄色無機顔料の開発を実施した。

・水等で機能する触媒の高機能化、新規な触媒固定化技術による生産プロセス、高選択酸化技術による生産プロセス、高効率、省エネルギー化等が可能となる触媒を用いた革新的なナフサ分解プロセス、イソプロピルアルコール等から水を分離する蒸留プロセスにおいて省エネルギー化を達成する分離膜、化学プロセス等から発生する二酸化炭素等の副生ガスを高効率に分離可能な新規材料、微生物触媒による創電型廃水処理基盤技術等に関する技術開発を実施した。

《1》有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発 [平成16年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

(1) 平成16年度採択事業

・「非フェノール系樹脂原料を用いたレジスト材料の開発」

継続研究を実施し、汎用用途向けの実用化に向けて、更なる触媒のコストダウンのために使用量低減及び触媒のリサイクル技術の開発を実施した。また実用レジスト組成物について、ユーザーへのサンプル配布試験を行い、得られた評価結果から開発課題を明らかにし、配合技術開発を加速し、汎用用途の実用化に向けたレジスト組成物の最適化を行った。

(2) 平成17年度採択事業

・「有害化学物質削減支援ツールの開発」

VOC排出削減を支援する「Webツール」の機能の高度化を図った。マイクロフロー解析ツール用データとして、混合溶剤を使用する塗装・印刷について、使用する溶剤を合計した全VOCマイクロフロー解析を実施した。また、VOC排出削減対策に伴う二酸化炭素排出量算出ツールを開発した。さらに、VOC排出削減対策の方法、対策効果、対策コスト等について複数のメーカーに一括依頼できる見積依頼機能を開発した。

・「直接加熱式VOC吸着回収装置の研究開発」

不燃性VOCとしてパークロロエチレンとジクロロメタンについて、脱離温度、キャリアガス流量、キャリアガス導入タイミングなどの直接加熱式吸着回収処理プロセスを最適化して、90%以上の回収率が得られる処理条件を得た。また、直接加熱式吸着回収装置のコストダウンを目指し、吸着塔筐体のサイズや電極構造等を見直すとともに、ブローなどの機器も再検討した結果、大幅なコストダウンが図られる見通しを得た。

・「革新的水性塗料の開発」

塗装適用範囲が広く、塗装性能を向上させた水性塗料の開発を継続した。塗料の塗着時の粘度を更に低くする必要があることを見出し、このため塗料中の樹脂を改良開発した。事業部における商品化活動に向けて、小規模鋼製家具製造工場で、この塗料による実証試験を行い、塗膜異常（ワキ、タレ）の問題なく、ハジキも大幅に改善されたことを確認した。

(3) 平成18年度採択事業

・「大気圧・空気プラズマを利用した揮発性有機化合物（VOC）等の無害化装置の開発」

ホルムアルデヒドに加え、ベンゼン、トルエン、キシレンを対象として、ドラフトチャンバーに組み込める、プラズマ利用VOC分解ユニットを試作した。VOCの分解能力の向上を図り、プラズマの制御方法、VOCの吹き込み方法、OHラジカルを増やすための水蒸気添加などを検討した。

・「デュアルメンブレンシステムによるガソリンペーパー回収装置の開発」

脱水用にゼオライト膜、ガソリンペーパー回収用にシリコンゴム膜を用いた実機サイズの回収装置による耐久試験を行い、実ガソリンスタンドでの1年相当の耐久性能を確認し、実用目標回収率97%を達成した。また、実ガソリンスタンドに設置可能な法的認可を得たモデル機を完成させた。さらに、性能面・コスト面で有利な炭素脱水膜の設計・製作を完了して、回収率の向上を確認した。

・「含塩素VOC高効率分解固定化装置の研究開発」

不燃性VOCとしてパークロロエチレンとジクロロメタンについて、脱離温度、キャリアガス流量、キャリアガス導入タイミングなどの直接加熱式吸着回収処理プロセスを最適化して、90%以上の回収率が得られる処理条件を得た。また、直接加熱式吸着回収装置のコストダウンを目指し、吸着塔筐体のサイズや電極構造等を見直すとともに、ブローなどの機器も再検討した結果、大幅なコストダウンが図られる見通しを得た。

・「溶剤フリー塗装技術の研究開発」

インライン型の量産試作機を試作し、バッチ式真空蒸着装置で得られた成膜条件に従って、連続生産のプロセス最適条件を検討した。その結果、スピーカーコーン等小型で、平坦な基板については、すぐれた防食性能を有する実用可能な均一塗膜形成技術を確立した。一部ユーザーから、サンプル提供依頼を受けるレベルのサンプル製造が可能となった。

(4) 平成19年度採択事業

・「有害廃棄物フリー高効率エステル合成プロセスの開発」

マイクロ波加熱と物理的脱水法を組み合わせたモデルプラントを製作して、トルエンを全く使用しないで、年間トンレベルのプロム酢酸ベンジルの製造が可能で、かつ、廃棄物を大幅に削減できることを示した。また、アミノ酸エステル類の製造においてもマイクロ波加熱が効果的であることを示した。さらに、従来の触媒では反応が起らなかった基質のエステルを合成し得る酸性イオン液体型等の新規触媒を開発した。

・「革新的塗装装置の開発」

ロボット塗装に対応する自動塗装機を開発し、加美電子工業内に塗装ラインを設置した。樹脂部品に対するUVクリア塗装の実証試験の結果、不良品を出さずに実用レベルの塗装を達成した。塗料開発に関しては、1液型、2

液型及びUV型のカラー塗料を開発した。また、真溶剤を使わないクリア塗料の開発にも成功した。

《2》アスベスト含有建材等安全回収・処理等技術開発 [平成19年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

「遠隔操作による革新的アスベスト除去ロボットの開発」

模擬アスベスト（ロックウール）による除去実験による検討を重ね、湿式吹き付けアスベスト除去ロボットのアーム先端部に装着する、粗取り／仕上げ用一体型の実用化レベルのアスベスト剥離装置を開発した。除去したアスベストを所定の廃棄袋に減容して袋詰めできるよう、強固な塊状アスベストや混在するラス網なども細かく破砕できる破砕装置を試作し、所期の破砕能力を確認した。無線式の監視カメラロボット及びヘッドマウント型のディスプレイシステムを遠隔操作時に使用し、その有効性を確認した。事業展開に向けてのシナリオを策定した。

「高性能アスベスト剥離・回収・梱包クローズ型処理ロボットの開発」

剥離実験結果に基づいて、剥離から吸引・圧送・梱包までの全体を統合したシステムを試作し、実大の鉄骨モックアップ及び実現場における剥離実証実験を実施して各装置の改善・改良を行い、実用性の高い湿式アスベスト処理ロボットシステムを完成させた。アスベストの市場性、労働環境等を考慮して実現性の高い事業体制案を策定した。

「オンサイト・移動式アスベスト無害化・資源化装置の開発」

150kW誘導加熱装置及び周辺装置を一体化させたシステムを搭載したオンサイト・移動式のトレーラ（牽引車を除く）を製作し、火力発電所構内で排出された飛散性アスベスト含有保温材の熔融・無害化処理の連続運転を行い、トレーラからのアスベスト飛散防止対策が十分に図られ、実用レベルの処理能力（5t/d）を有することを確認した。また、適応拡大を狙い、含水性アスベスト廃棄物を処理するため、予備乾燥・炉内監視システムを仕様追加し、その能力を確認した。

「低温過熱蒸気によるアスベスト無害化・資源化装置の開発」

平成19年度に製作したバッチ式パイロット装置を連続的に改造し、8時間の連続処理試験を実施した。さらに処理物のセメント原料化の検討及び処理物の無害性評価等を19年度に継続して実施した。これらの結果も踏まえ、実用化に資する導入シナリオとビジネスモデルを検討した。

「マイクロ波加熱によるアスベスト建材無害化装置の開発」

平成19年度に基本設計を行った実用化装置（処理能力2t/日）を用いて、マイクロ波照射装置を追加設置し、照射方法、セッター等を改善した結果、処理能力をおよそ5t/日に向上できた。この装置を用いて、無害化されたことの担保方法を確立するとともに、事業化時の運転条件の設定を検討し、実証試験による確認を実施した。さらに、熱エネルギー効率向上を図るための検討を開始した。

実用化に向けてのビジネスモデル・事業展開へのシナリオの策定を実施した。処理後の建材を用いて、再資源化（外装材などへの添加試験）試験、品質評価試験を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

研究開発項目②は大成建設株式会社常務役員 河村 壮一氏を、研究開発項目③はテーマごとに北陸電力株式会社常務取締役 荒井 行雄氏、戸田建設株式会社執行役員 千葉 脩氏、株式会社ストリートデザイン代表取締役 坂本 佳次郎氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なおプロジェクトの最終年度である今年度は、これまで得られた研究成果を、国内のアスベスト対策技術に普及啓発させるため、展示会やプレスリリース等を積極的に行った。

研究開発項目①「アスベスト含有製品の使用時、解体・回収・廃棄時において、簡易に探知・計測できる技術」

公募を実施し、2件の提案があったが、1年で実用化のめどを付けるのは困難と判断し採択には至らなかった。

研究開発項目②「アスベストを含む建材等の回収・除去現場におけるアスベストの飛散及び暴露を最小化し、回収・除去の安全性及び信頼性等を確保する技術」（遠隔操作による革新的アスベスト除去ロボットの開発）

6軸多関節型のロボットをベースに、粗取り用及び仕上げ用の剥離機を装着し、また力センサー等を付与したアスベスト除去用の知能ロボットを開発し、エレベータシャフト内工事への適用に向け模擬アスベストでの剥離試験を実施した。試験による課題として昇降部の改造及び除去範囲の拡大を進め、実用化のめどを得た。また、従来型のフロー用遠隔操作ロボットにより、実作業現場にて剥離した吹き付け材の回収を行い、操作性と減容の効果を確認した。

研究開発項目③「アスベスト含有廃棄物の無害化処理又は再資源化段階における安全性、効率性に優れた技術（開発目標：処理量5t/日以上）」

「オンサイト・移動式アスベスト無害化・資源化装置の開発」

トレーラ搭載型の誘導加熱装置による1100℃以下での熔融無害化処理の連続実験を行うとともに、環境アセスメントの調査を行い、処理物の無害化及び周辺環境へ影響が発生しないことを確認した。また、停電や地震等の異常時にもアスベストを漏洩させない安全対策を実施した。連続試験時に取得したデータ等に基づいて、21年度3月に環境省の無害化認定制度に申請し、審査が開始された。

「低温過熱蒸気によるアスベスト無害化・資源化装置の開発」

連続式パイロット設備による連続試験を実施し、処理物の無害化を確認した。さらに、過熱蒸気の

循環等による処理効率の向上の検討を進めた。それら実験を通して無害化に関するデータの蓄積を行い、無害化認定制度申請の準備を進めた。また、関連する業界や官庁等にヒアリングを行い、ビジネス化に関する現状の問題点を整理し、導入シナリオを策定した。平成21年12月に示された新たな無害化判定基準（TEM法）に対してのデータも取得を開始し、22年度には無害化認定制度適用のための技術面での事前申請を行うために必要なデータ取得を開始した。

「マイクロ波加熱によるアスベスト建材無害化装置の開発」

加熱効率向上検討の手法として熱伝導解析の技術を確立した。また、フォスフェイト等の副生成物対策として、微粉碎法が有効であることを確認した。処理実験のデータを蓄積し、無害化認定制度への申請に向け関係官庁へのヒアリングを行った。前項同様に新たな無害化判定基準に対してのデータも取得を開始し、21年度2月に無害化認定制度適用のための技術面での事前申請を実施した。

「アスベスト低温熔融無害化・再資源化処理システムの開発」

公募により本テーマを採択し、開発を実施した。アスベスト含有廃棄物には、多くのプラスチック類（養生シート、保護具、袋等）が含まれているため、助剤を加えてキルン内で熱処理することにより、プラスチック類は燃料（ガス、油）として回収すると同時にアスベスト成分を無害化する技術を用いて、パイロット設備での実証試験を行った。その結果、処理物の無害化の確認と、回収した燃料及び排気ガス中にもアスベストが含まれていないことの確認を行った。さらに、無害化認定制度適用のための準備を行うとともに、事業化の検討を行った。

《3》化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発 [平成19年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

リスクが懸念される化学物質の代替によるリスクを科学的・定量的に比較でき、社会経済分析をも行える「リスクトレードオフ評価手法」を開発することを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所安全科学研究部門主幹研究員 吉田喜久雄氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

①「排出シナリオ文書（ESD）ベースの環境排出量推計手法の確立」

洗浄剤（工業用）の用途の物質については、排出寄与が大きいライフサイクル段階を特定し、リスクトレードオフ解析対象とする代替事例を抽出するとともに、排出量推計式のプロトタイプを構築した。プラスチック添加剤については、排出寄与が大きいライフサイクル段階を特定し、排出量推定式を導出し、可塑剤に係るプラスチック添加剤の推定需要量を統計データで検証した。

②「化学物質含有製品からヒトへの直接暴露等室内暴露評価手法の確立」

マイクロチャンバーを用いて標準試料の放散速度と吸着係数の測定を行い、得られたデータに基づき、複数の部材を組み合わせた製品の放散速度推定式を構築し、実測値との比較により妥当性を検証した。化学物質の物性と部材の性質により未知の化学物質に関する推定の可能性を見出した。ウェブ調査を実施し、生活場情報の代表値を決定した。

③「地域スケールに応じた環境動態モデルの開発」

大気モデルについては、揮発性有機化学物質の光分解、二次生成及び沈着過程をモデル化し、移流・拡散モデルに組み込み、モデルの骨格を完成した。二次生成に係わる物質の推定精度を関東地方を対象に確認した。河川モデルについては、対象河川を全国の一級水系へ拡大するとともに、入力発生源の解像度の向上を図った。関東地方の一級水系を対象に、代表的な洗浄剤の河川水中の濃度を推計し、実測濃度との比較により検証した。海域モデルについては、海域における食物連鎖を考慮した化学物質生物蓄積モデルを開発し、東京湾における化学物質蓄積過程をA I S T - R A M T Bに組み込んだプロトタイプモデルを作成した。

④「環境媒体間移行暴露モデルの開発」

土地利用、農作物・飼料作物生産量、家畜飼養頭数等の地域特性パラメータの代表値や確率密度関数を用いて農作物と畜産物中の化学物質濃度を推定する土壌、植物及び家畜の各媒体間移行モデルのプロトタイプを構築した。このモデルを用いて、可塑剤の農作物と畜産物中濃度の推定値を実測濃度と比較により検証し、モデルと地域特性パラメータの代表値や確率密度関数を精緻化した。

⑤「リスクトレードオフ解析手法の開発」

主として洗浄剤（工業用）及びプラスチック添加剤の物質を対象として、既存の情報収集と整理を行い、ヒト健康に係わる有害性の影響と無影響量等を推論するアルゴリズムの骨格を作成した。生態影響に係わる有害性に関する基本データセットを作成し、リスク比較の共通指標算出に必要な情報種を明確化し、さらに、欠如した有害性データ補完手法の初期プロトタイプを作成した。

⑥「5つの用途群の「用途群別リスクトレードオフ評価書」の作成」

洗浄剤（工業用）とプラスチック添加剤用途群の物質について、リスクトレードオフ解析手法を対象とする物質代替シナリオを複数（塩素系から炭化水素系、塩素系から水系および臭素系難燃剤からリン系難燃剤への代替シナリオ）を選定し、評価書の構成内容を確定させ、予備的なリスクトレードオフ解析を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

リスクが懸念される化学物質の代替によるリスクを科学的・定量的に比較でき、社会経済分析をも行える「リスクトレードオフ評価手法」を開発することを目的に、産業技術総合研究所安全科学研究部門主幹研究員 吉田喜久雄氏を

プロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また中間評価を実施し、その結果プロジェクト後半に予定していた3つの用途群を見直し、金属類及び溶剤・溶媒の2つの用途群に重点化し4つの用途群に変更することとした。

研究開発項目①「排出シナリオ文書（ESD）ベースの環境排出量推計手法の確立」

洗剤（工業用）用途については、洗浄工程に着目した洗剤使用量と排出量推計ツールを構築し、現場調査で信頼性を高めた。プラスチック添加剤用途については、マテリアルフローと排出量推計ツールを構築し、消費段階に着目した排出量推定式を導出した。また、2つの用途群のESD（日本語・英語版）を作成し、OECDで説明した。

研究開発項目②「化学物質含有製品からヒトへの直接暴露等室内暴露評価手法の確立」

室内濃度推定モデル、暴露推定モデル及びライフスタイルデータベースを開発して、室内暴露量推定ツールのプロトタイプを構築し、検証した。アンケート調査で決定した住環境情報と行動パターンの代表値の相関性を検討し、ツールに組み込むとともに、一部を公開した。

研究開発項目③「地域スケールに応じた環境動態モデルの開発」

大気モデルについては、大気中濃度の現況再現性の向上と水溶性物質への適用拡大を図った。簡易型ユーザー・インターフェースで汎用パソコンでの動作を確認した。反応過程の簡略化を検討した。

河川モデルについては、積雪地域での精度向上等、流量モデルを改善し、地理情報システムを用いた図示機能の開発を行うとともに、代表的な水系で流量解析を検証した。金属への適用拡張に着手し、金属に関するモデル定数設定のための方法論を検討した。

海域生物蓄積モデルについては、東京湾で捕獲したマアナゴを分析し、モデルを検証するとともに、蓄積過程のパラメータを調整した。マアナゴの可食部・非可食部に分けて濃度推定ができるモデルに改良した。

研究開発項目④「環境媒体間移行暴露モデルの開発」

土壌、植物、家畜の各媒体間移行モデルのプロトタイプに、既報データに基づく生産地から京浜、中京、阪神地区への流通モデルと一般住民の経口暴露モデルを組み合わせて、農・畜産物経由の摂取量を推定する環境媒体間移行暴露モデルのプロトタイプを構築し、推定精度を確認した。

研究開発項目⑤「リスクトレードオフ解析手法の開発」

ヒト健康影響については、反復投与毒性試験データの情報確認、臓器部位やエンドポイントの種類による分類を継続した。肝臓と腎臓に対する参照物質の用量反応関係を導出し、疾病の重篤度を生活の質で表した。収集データを基にエンドポイント間の関連性をネットワーク構造で記述する推論アルゴリズムのプロトタイプを構築し、腎臓と肝臓の参照物質に対する毒性等価係数を推定した。洗剤（工業用）とプラスチック添加剤用途群の物質にアルゴリズムを適用し、毒性等価係数を推定し、質調整生存年数損失量を暫定的に算出した。

生態影響については、基本データセットを用いて、ニューラルネットワークモデル、クラスター解析と重回帰モデルを併用した種の感受性分布推定手法のプロトタイプを構築した。これらを洗剤（工業用）とプラスチック添加剤用途群に適用し、代替シナリオごとに影響を受ける種の割合を算出した。

研究開発項目⑥「5つの用途群の「用途群別リスクトレードオフ評価書」の作成」

洗剤（工業用）とプラスチック添加剤について代替シナリオを選択し、開発した手法やモデルを用いて、代替前後のリスクトレードオフと費用対効果を推定し、目的、スコープ、利用方法等を明記したリスクトレードオフ評価書を作成した。室内暴露評価と費用推算に関する技術評価指針を作成した。

なお、平成22年度以降は「化学物質リスク評価管理技術体系の構築（第2期）」に統合して実施した。

《4》構造活性相関手法による有害性評価手法開発 [平成19年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

市場に流通する多種の化学物質の有害性評価は、多額の費用と時間を要する動物試験を行う必要があるが、それを補うために構造活性相関手法やカテゴリーアプローチ等による毒性予測モデルを組み込んだ有害性評価支援システムの開発を目的とし、財団法人食品農医薬品安全評価センター技術統括部長 林 真氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「毒性知識情報データベースの開発」

化審法既存化学物質の反復投与毒性・生殖発生毒性併合試験報告書及び米国NTP試験報告書から、約200物質の毒性知識情報を抽出・整理した。約50物質について毒性作用機序情報を抽出・整理した。データ構造の改良、毒性所見シソーラスの拡充を進め、組織所見による検索を可能とする検索システムを設計・構築した。

研究開発項目②「代謝知識情報データベースの開発」

ラット（約150物質）及びヒト（約50物質）に関する代謝情報を収集・解析・体系化した。代謝情報を解析し、化学構造から代謝物を推定する代謝推定モデルを設計した。ヒト/ラット間の種差検討に必要な情報を収集・抽出し、約150物質について経験則に従ったヒトCYP2E1による代謝予測を試行し、うち5物質について検証実験を行った。

研究開発項目③「有害性評価支援システム統合プラットフォームの開発」

有害性評価支援システム統合プラットフォームの2つの基本機能（プロファイリング取得機能／類似物質検索機能）の詳細な機能要件を整理し、システム構築を行った。研究開発項目①で取得した毒性知識情報に関し、毒性と化学構造の関係を解析し、カテゴリーライブラリ及び反復投与毒性を推定するベイジアンネットワークの拡充と精緻化を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

食品農医薬品安全評価センター技術統括部長 林 真氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また中間評価を実施し、その結果、有害性評価のためのデータベースを可能な限り新規化学物質において拡充することとした。また、エキスパートによる評価の実施を検討することとした。

研究開発項目①「毒性知識情報データベースの開発」

140物質についての反復投与毒性試験情報の調査を実施し、各種試験データ・物理化学的性状・化学構造等の抽出・整理を行った。46物質について毒性作用機序情報を収集・解析・体系化した。また、これらの情報を統合して毒性知識情報データベースの試作版を完成させた。

研究開発項目②「代謝知識情報データベースの開発」

120物質についてのラット代謝経路情報の収集、及びデータベース化を行った。また、この情報解析から、代謝物推定モデル試作版を完成させた。さらに、40物質について、ヒト及びラットの毒性種差の検討のための代謝関連文献収集を実施し、代謝知識情報データベースに搭載する情報を抽出・整理した。経験則に従ったヒト代謝予測モデルの検証実験（30物質）も実施した。以上より、代謝知識情報データベースの試作版を完成させた。

研究開発項目③「有害性評価支援システム統合プラットフォームの開発」

有害データギャップ補完機能、レポート作成機能を開発し、これらを研究開発項目①及び②の各データベースへリンクさせることにより、有害性評価支援システム統合プラットフォームの試作版を完成させた。研究開発項目①の平成20年度までの毒性試験データを詳細解析し、ベイジアンネットワークによる反復投与毒性推定システムの試作版を完成させた。

なお、平成22年度以降は「化学物質リスク評価管理技術体系の構築（第2期）」に統合して実施した。

《5》高機能簡易型有害性評価手法の開発 [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

遺伝子導入、幹細胞分化誘導、遺伝子発現解析等の近代生命科学を培養細胞や実験動物を用いた短期試験に活用し、高機能で簡易な有害性評価手法を開発することを目的に、研究開発項目①は財団法人食品薬品安全センター秦野研究所代替試験法研究部長 田中 憲徳氏を、また、研究開発項目②は公立大学法人福島県立医科大学トランスレーショナルリサーチセンター臨床ゲノム学講座教授 渡邊 慎哉氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「培養細胞を用いた有害性評価手法の開発」

発がん性については、Bhas42細胞を用いた形質転換試験についてプロトコルを用いた施設間試験を実施し、結果を解析して再現性と安定性を確認した。催奇形性については、マウスES細胞の心筋分化過程に関する遺伝子の発光細胞を用いて、50種類程度の化学物質により催奇形性マーカーとしての有用性及び特徴を明らかにした。免疫毒性については、免疫毒性が既知の化学物質をT細胞、樹状細胞、表皮細胞等に作用させて、その遺伝子発現変動を解析し、その結果を用いてそれぞれの発光細胞を樹立した。また、HACベクター技術を用いた多色発光細胞の開発を行った。

研究開発項目②「28日間反復投与試験結果と相関する遺伝子発現データセットの開発」

毒性学的情報を基に既存化学物質（20種類）とその投与方法を選択し、28日間反復投与実験を行い、主要臓器・組織（15種類程度）を採取・保存し、遺伝子発現解析用RNAサンプルの取得を進め、500を超える遺伝子発現プロファイル取得と解析を実施した。これらの遺伝子発現プロファイルの中から毒性評価バイオマーカーとして新規性・進歩性・有用性のあるものを選択して特許出願した。遺伝子発現情報の編纂と登録を行うための準備作業を実施し、第1回のデータ登録・開示の準備を完了した。

平成21年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①は食品薬品安全センター秦野研究所代替試験法研究部長 田中 憲徳氏を、また研究開発項目②は福島県立医科大学トランスレーショナルリサーチセンター臨床ゲノム学講座教授 渡邊 慎哉氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「培養細胞を用いた有害性評価手法の開発」

発がん性については、Bhas42細胞を用いた形質転換試験の最終プロトコルを作成し、平成22年1月、国からOECDに新規テストガイドラインとして提案した。催奇形性については、マウスES細胞を用いた心筋細胞分化過程における有効性を確認したマーカー遺伝子を用いて高感度な試験細胞を製作し、基本プロトコルを作成した。神経細胞についても、催奇形性マーカーの有用性を検討し、発光細胞の製作を開始した。免疫毒性については、7つの有効なマーカー遺伝子による細胞、樹状細胞、表皮細胞の発光細胞を製作し、バリデーションのためのプロトコルを作成した。これらの評価手法の共通基盤技術については、HACベクターへ複数遺伝子を導入する新技術の有効性を検

証し、また基盤技術に関するプロトコール作成に着手した。

研究開発項目②「28日間反復投与試験結果と相関する遺伝子発現データセットの開発」

毒性学的情報を基に選定した既存化学物質（15種類）について28日間反復投与実験を行い、ラット臓器・組織サンプルを300種類ほど取得し、遺伝子発現解析用RNAサンプルの取得を進め、300を超える遺伝子発現プロファイル取得と解析を実施し、累計として860となった。これらの遺伝子発現プロファイルの中から毒性評価バイオマーカーとして新規性・進歩性・有用性のあるものを選択して特許出願した。遺伝子発現情報の編さんを行い、国際共通フォーマットでの公開を2回実施した。また、既存毒性データベースのデータとの関連付けを試行的に実施した。

なお、平成22年度以降は「化学物質リスク評価管理技術体系の構築（第2期）」に統合して実施した。

《6》揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発 [平成17年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

揮発性有機化合物を的確に管理し、快適で健康的な室内空気環境を実現するとともに、併せて換気量を最小限に抑えることで省エネルギー化の推進に貢献することを可能とする、揮発性有機化合物対策用高感度検出器の技術を開発することを目的に、国立大学法人東京大学大学院新領域創成科学研究科教授 柳沢 幸雄氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「揮発性有機化合物対策用高感度検出器の研究開発」

芳香族用素子は、エージング条件と素子膜厚の最適化等により、2ヶ月以上の安定性を得た。TVOC用素子は、他元素添加とエージング条件の最適化等により、2ヶ月以上の安定性を得た。両素子は、小型プロトタイプ作製に提供し、フィールドでの検知検証を実施し、環境に存在する無機ガスの影響等、実機のための課題を抽出し対策を検討した。ホルムアルデヒド用素子は、作製プロセスを最適化して耐湿度等の性能を実用レベルにまで到達させた。

研究開発項目②「揮発性有機化合物対策用高感度検出器利用のための周辺技術調査」

平成19年度に提案したモニタリング併用型換気システムモデルについて、実大住宅で制御システムの検証やシステム具体化へ向けての実証実験を行うことで、開発したセンサに求められる課題抽出を行うとともに、実大住宅での化学物質検出上の外乱要因の一つとなる吸着現象についてその影響度を調査し、吸着はVOCの急激な増減を緩和することが分かった。本システムを適用した住宅における空気環境と省エネルギー性能を実大実験により明らかにし、その性能要因と課題の抽出・整理を行い、かつ、多教室回路網換気計算を実施して生活状況や汚染発生にかかわる影響効果を分析し、多様な要因を予測し適切に設定するための資料として整備した。フィールド（実居住住宅）調査により、以下の4点を明らかにし、システムに反映させた。①最も高濃度かつ濃度変動の大きい居室はリビングルームである。②開発センサの干渉物質であるエタノールの濃度ピークは速やかに減少する。③開発センサの実証実験を行い、その適応性を実用化可能と評価した。④1階発生源ゾーンと、廊下及び2階ゾーン間において、汚染質の濃度ピークは廊下に出るが、2階に影響は出ない。

《7》グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発 [平成21年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①は自然科学研究機構分子科学研究所教授 魚住 泰広氏と東京大学教授 小林 修氏を、研究開発項目②は産業技術総合研究所つくばセンター次長 島田 広道氏を、研究開発項目③-1は東京工業大学教授 辰巳 敬氏を、研究開発項目③-2は早稲田大学教授 松方 正彦氏を、研究開発項目③-3は京都大学教授 北川 宏氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なおプロジェクトの初年度である今年度は、研究開発項目ごとに産学官の研究開発者を集結させた集中研究室を設置し、基盤研究・実用化研究を同時並行で行うことができる体制を構築した。

研究開発項目①「有害な化学物質を削減できる、又は使わない革新的プロセス及び化学品の開発」

- ・高分子担持白金ナノ触媒による1級アルコールからカルボン酸への直接酸化法を確立し中間目標値を達成した。開発した触媒を用いてテトラカルボン酸の脱水縮合に成功した。エステル化反応において課題であった触媒溶出を抑制できる新規触媒を開発し、中間目標値（水相中に溶け込む触媒量<1%）を達成した。フローリアクターの内径を目標値である50mmへとスケールアップし十分な反応率を得ることができた。触媒開発においても、中間目標を達成した。

研究開発項目②「廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発」

- ・多官能性基質・高分子量基質・易加水分解性基質・難酸化性基質の酸化技術開発に関して全て、中間目標を達成し、水相中に溶け込む触媒量は0%となった（目標値は1%未満）。

研究開発項目③-1「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発」（触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術開発）

- ・トポロジ的にZSM-5、フェリエライト、MCM-68が活性、目的生成物選択性が高いことを確認した。ナノサイズ化及び外表面修飾による効果を確認し、反応速度への影響の基礎データを取得した。酸強度、細孔径とコーク生成速度についての相関を明らかにし長寿命化へ反映させた。触媒成形技術において押出成型法で課題を抽出した。プロセス設計においては、全系シミュレーションのベースを確立した。付加価値相対表を作成し、触媒開発の方向性のガイドラインを示した。

研究開発項目③-2「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発」（規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発）

- ・Y型ゼオライト膜を用いて最終目標を上回る性能が得られた。
- ・酢酸脱水膜についても、中間目標を上回る性能が得られた。
- ・多孔質構造の定量的評価と、熱・機械的特性評価から、今後の開発指針を得た。
- ・膜モジュールに対して3次元解析モデルのCFDへの実装方法を確立した。
- ・プロセスシミュレーションモデルを作成作製した。シミュレーションによる検討を開始し、様々なHybrid案を定量的に検討するとともに、既設への適用案と新設案を考案した。

研究開発項目③-3「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発」（副生ガス高効率分離・精製プロセス基盤技術開発）

- ・CO₂の選択吸着メカニズムの解明をし、柔軟骨格PCPやルイス酸PCPが有望であるという知見を得た。各開発目標を達成し得る候補PCPの探索を行った。各項目ごとに候補を絞り込んだ。
- ・シウ酸合成触媒の改良を行い、より低電位でのCO₂還元に成功した。気相法の検討に必要な小型噴霧反応装置を開発し、噴霧法によるPCP合成検討を行い、課題を抽出した。

研究開発項目④「化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発」

- ・化学製品の大半を占める石油由来の原料についても石油以外の原料に転換・多様化を行い、石油資源自体の供給リスクを克服し、持続可能な低炭素社会を実現するため、平成21年度補正予算事業として研究体制の構築を行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「有害な化学物質を削減できる、又は使わない革新的プロセス及び化学品の開発」

○革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発 [平成21年度～平成23年度]

国立大学法人東京大学大学院理学系研究科教授 小林 修氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

- ・アクア触媒（希薄酢酸濃縮／水中エステル化法）
当初提案の交換法より効率的なプロセスを提案し、単純反応平衡を上回るエステル化収率（約70%）を達成した。
- ・革新的水素化反応（開発フローリアクター）
内径を100mmへとスケールアップし、十分な反応率・生産量で水素化反応が進行する成果を得た。触媒単価を押さえ込む技術開発を行った。触媒適用範囲を拡大する検討を開始した。
- ・不斉ジヒドロキシル化反応
大量スケールで工業的実用化のための目標値を達成した。高分子固定化オスミウム触媒：新規高分子固定化Au及びAu/Pt触媒では大量合成法を確立し、金属溶出2%以下、反応率80%以上と今年度の目標を達成した。

○高機能不均一触媒の開発と環境調和型化学プロセスの研究開発 [平成21年度～平成23年度]

分子科学研究所教授 魚住 泰広氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

電子材料洗浄剤となる界面活性剤では、電子材料ユーザーによる初歩的な製品性能試験において良好な成績を得た。数百グラムスケールでのバッチ検討を開始した。低コスト化パッケージング技術の検討を行った。さらに安価なイオン交換樹脂担持触媒の開発と適用に着手した。炭素-炭素カップリングのGSC化において、反応率は70%以上、反応選択性は85-90%を達成した。水中での触媒的脱水縮合反応に成功し、80%程度でエステルを合成できるようになった。

研究開発項目②「廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発」

○革新的酸化プロセス基盤技術開発 [平成21年度～平成23年度]

産業技術総合研究所つくばセンター次長 島田 広道氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

- ・多官能性基質の酸化
モデル化合物でベンチ試験を行い、収率80%を達成した。3官能性以上の化合物は通常の手段を使えないため、W触媒、4級アンモニウム塩の分離方法を吸着剤処理により検討し、ベンチ試験を実施した。
- ・高分子量基質の酸化
詳細な反応条件を検討することで実用的見地も含めて最適化を行った。種々のポリマー基質への適用性も確認した。また、改質剤・相溶化剤分野に展開するために、ポリマー構造最適化を行うとともに、実用特性評価を行った。
- ・易加水分解性基質の酸化
スケールアップ実験を実施し、工業的製造方法の課題を抽出し、ベンチプラントを設計した。

・難酸化性基質の酸化

液晶ディスプレイ用光学材料の実化合物を評価基質にして、スケールアップ用工学データの取得を行った。過酸化水素を用いた反応系の基礎研究では、より複雑で難易度の高い基質の酸化に適用可能な触媒系の開発を行い、新たな知見を得た。

研究開発項目③-1「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発/触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術開発」

○高性能ゼオライト触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセスの開発 [平成21年度～平成25年度]

国立大学法人東京工業大学資源化学研究所教授 辰巳 敬氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

・高性能ゼオライト触媒の開発

モデル分子を用いた反応実験でスクリーニング評価を実施した。その結果、ZSM-5、フェリエライト、MCM-68が活性、目的生成物選択性が高いことを確認した。ZSM-5のナノサイズ化及び外表面修飾による活性及び活性の持続性、選択性に与える影響を検討した。長寿命化に関してシリカ/アルミナ比の異なるゼオライトにて、酸強度、細孔径とコーク生成速度の相関を明らかにした。

・性能評価・反応解析

MF I型ゼオライトにて、酸点と分子の相互作用、反応機構の知見を得た。プロセス設計：実用化へ向けた触媒成形では従来型触媒にて押出成形検討を実施し、各種成形条件を最適化した。分解反応使用後の再生条件検討を行い再生時課題を抽出した。全系シミュレーションのベースを確立するとともに、S/O・再生サイクルの運転変数の影響度を計算した付加価値相対表を作成し、数値化での触媒開発の方向性のガイドラインを示した。

研究開発項目③-2「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発」

○規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発 [平成21年度～平成25年度]

早稲田大学理工学術院教授 松方 正彦氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 分離膜製造基盤技術及び分離膜評価技術の開発

・イソプロピルアルコール (IPA) 脱水用Y型ゼオライト膜にて、工業規模の長さ (1 m) の膜製造技術にて検討し、透過度が $1 \times 10^{-7} \text{ mol} / (\text{m}^2 \text{ s Pa})$ 、分離係数1000を超える膜の製造技術に目途がつつある。また、CHA型ゼオライトにても短尺膜では中間目標を超える性能を発揮することがわかった。

(2) 酢酸脱水膜

・モルデナイト膜について長尺化の検討を行った。また管状ゼオライト膜微細構造解析：吸着測定による膜の細孔構造を推定する手法の開発を進めた。分離膜用セラミックス多孔質基材の開発：細孔径、気孔率などの特性が系統的に変化した基材の表面特性の評価、熱・機械的特性の評価を行った。

(3) モジュール化技術の開発

・バッフル型モジュール内の流動状態を可視化するためのシミュレーションモデルを作成し、モジュール構造の最適化に向けたシミュレーションによる検討を開始した。目標操作条件での耐久性を満足するシール材料候補について検討した。

(4) 試作材の実環境評価技術の開発

・IPAの蒸留分離装置設置場所J X日鉱日石川崎工場内にて、透過試験設備フローを検討した。IPA脱水については蒸留と膜を組み合わせたHybridプロセスのシミュレーションを行い、35%の省エネが可能であることを明らかにした。酢酸脱水プロセスに関しても検討を開始した。

研究開発項目③-3「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発」

○副生ガス高効率分離・精製プロセスの基盤技術開発 [平成21年度～平成25年度]

国立大学法人京都大学大学院理学研究科教授 北川 宏氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

・分離・精製材料の開発

初年度に探索したもの及び新たに開発した候補について、混合ガス系での吸着性能の評価を進め、吸着性能及び計算化学的検討の結果をフィードバックし、PCPの更なる改良を推進した。PCPを分離・精製材料として用いるための成形法の検討及び成形体の状態での吸着性能の評価に前倒しで着手し、実用化に向けた課題を抽出した。

・PCP複合触媒の開発

液相法により調製したPCP複合触媒を用いて、CO₂の電気的な還元によりシュウ酸等の含酸素化合物が得られることを確認し、中間目標 (23年度末) である電流効率60%以上も達成した。また、改良した噴霧反応装置により、世界で初めて気相法によるPCPの合成に成功し、大量に合成できる可能性を示した。

研究開発項目④「化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発」

(1) 気体原料の高効率利用技術の開発

石油由来原料からの転換・多様化を進めるべく、気体原料を高効率に有効利用するため、分子設計が可能なPCPの開発を中心に、分離・貯蔵・反応技術等の開発を行った。分離技術としては、硫化水素等の微量不純物を除去し再生可能な材料としてナノ金属とPCPの複合化、及び低級炭化水素

(メタン/エタン等)の選択的分離に適したPCPの開発を行い、評価した。貯蔵技術では、金属イオンと有機配位子の組合せを検討し、細孔容積の増大、水素親和性サイトの導入により、室温では世界最高レベルの0.94wt%の水素貯蔵量を達成した。反応技術では、常圧、350℃以下でアンモニア収率2%以上のナノ金属触媒を開発し、アンモニア耐性のあるPCPとの複合による高効率化を検討した。

また、製鉄副生ガスからの酢酸合成プロセスの可能性検証として、ベンチ試験やシミュレーションにより、実用化の可能性を検討した。

(2) 植物由来原料から化合物を合成するプロセスの開発

石油由来原料に代えて植物由来原料を使用することにより有用な化合物を省エネルギー・高効率に合成するプロセスの基盤技術の開発を行った。具体的には、セルロース・ヘミセルロースからモノマー・化学品原料を合成する技術、植物由来エラストマーからモノマーを合成する技術、木質系原料からリグニン由来のフェノール樹脂原料や糖類原料を合成する技術、植物由来糖類からモノマーを合成する技術、部材の高機能化を行うために植物由来モノマーを化学的に修飾する技術の開発を行った。

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「有害な化学物質を削減できる、又は使わない革新的プロセス及び化学品の開発」

(1) 革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発

水中エステル化反応にて、目標エステル化収率90%をほぼ達成した。また、実用化に向けた技術課題を明確化した。水素化反応は、リアクターの内径を200mmへとスケールアップし、十分な反応率・生産量で反応確認。触媒メーカーでの触媒大量調製成功。高分子固定化Os触媒では、新たに医薬品であるエリブリン中間体合成に応用し、まず実験スケールで金属漏出1%以下、反応率>99%、ジアステレオ選択率3:1の結果が得られ、実用化できることが判った。

(2) 高機能不均一触媒の開発と環境調和型化学プロセスの研究開発 [平成21年度～平成23年度]

電子材料洗浄剤(界面活性剤)では、反応条件や触媒構造の最適化を行いkgスケール連続反応システムを構築。触媒回転数>700、反応選択性>95%、>95%化学収率到達した。大量合成したサンプルを提供予定である。

研究開発項目②「廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発」

(1) 革新的酸化プロセス基盤技術開発

全ての反応系において、ベンチ設備にて大量合成可能であることを確認。多官能性基質は、反応初期の異常分解反応を抑え込み、中間体、未反応原料のリサイクル出来ることを確認した。電子材料原料として外部での物性評価を行った。高分子量基質は、改質剤・相溶化剤として実用特性評価を行い一定の性能発揮を確認した。易加水分解性基質は、反応率80%以上、選択率90%以上を達成した。難酸化性基質は、最終数値目標を達成した。新規触媒開発に関しては、目標値を達成した。

研究開発項目③「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発」

(1) 触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術開発

中間評価前の段階で、中間目標は全て達成した。酸点密度を変化させたサンプルを合成し、酸点密度の最適化、A1の脱離の程度に及ぼす影響を検討し、反応速度、収率及び触媒劣化抑制の観点から、実用化プロセスに導入できる候補触媒を2種類に絞り込んだ。活性維持のため、修飾元素種の探索を実施、コーク及びコーク前駆体の生成を抑制、分解除去を促進する金属等の第二、第三成分の探索に着手。触媒成形技術開発においては各種成形条件(成形助剤の種類及び配合比率、押出条件、賦孔剤、洗浄条件等)について課題を抽出。プロセス設計は、開発触媒で得られたデータで反応機構を解析し反応器のモデリング、総付加価値表で感度解析にて他技術との比較検討を行い本技術の優位性を示した。

(2) 規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発

- ・年度内に中間目標値は全て達成した。
- ・「分離膜製造基盤技術及び分離膜評価技術の開発」については、イソプロピルアルコール(IPA)及び酢酸脱水膜について長尺化(1m)の検討を行った。また管状ゼオライト膜の微細構造解析については順調に分離膜構造の観察を進めるとともに、結晶内と粒界の透過性を個別に評価する手法の開発を進めた。「分離膜用セラミックス多孔質基材の開発」については、細孔径、気孔率を制御する製造方法の開発と、熱・機械的特性の評価を行った。
- ・「モジュール化技術の開発」については、シミュレーションと評価試験装置により、内部構造の最適化を検討した。目標操作条件での耐久性を満足するシール材料候補について選定した。
- ・「試作材の実環境評価技術の開発」については、透過試験設備のフロー、機器の仕様について検討した。また、IPA脱水については蒸留と膜を組み合わせたHybridプロセスのシミュレーションを行い、30%～65%の省エネが可能であることを明らかにした。酢酸脱水プロセスについては、酢酸の腐食性により操作温度を制限したHybridプロセスの検討を開始した。

(3) 副生ガス高効率分離・精製プロセス基盤技術開発 [中間評価:平成23年度]

分離・精製材料の開発としては、中間目標は全て達成した。各企業で実用化を想定している混合ガス系に対する吸着性能等の評価を行い、性能を確保し低コスト化が可能なPCPの探索を行った。P

CPの成形についても種々の手法を検討し、基本的な吸着性能を維持できるめどが立ちつつある。一部の混合ガス系では、好適な候補PCPによるラボベースでの繰り返し吸着試験等の耐久性の評価に着手した。PCP複合触媒の開発は、液相法によるPCP複合触媒では既に昨年度に中間目標を達成した。気相法によるPCPと触媒の複合化にも成功し、電流効率60%で含酸素化合物が得られることを確認した。

研究開発項目④「化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発」

(1) 気体原料の化学品原料化プロセスの開発

- (ア) 化学品原料の転換・多様化を実現するために、現行のアントラキノン法に代わる水素と空気から過酸化水素を直接製造するプロセスの開発を行った。過酸化水素濃度10%を短い時間で達成した。
- (イ) 天然ガス等から基幹化学品を製造するプロセスの開発として、メタン改質によるシingasの生成は、高転化率を達成した。プロピレン製造は、分子量制御と、収率向上原理の確認をした。
- (ウ) 二酸化炭素から安価に製造できるCO₂等価物を原料として、有害物質であるホスゲンを用いずにヘキサメチレンジイソシアネート(HDI)を製造する新規プロセスの開発を行った。原料からHDIを得るまでの素反応等の解析、ベンチ設備での確認により、カルバメート収率90%相当を達成した。

(2) 植物由来原料からの化合物・部材製造プロセスの開発

- (ア) セルロースナノファイバー(CNF)強化による高機能化部材の研究開発では、CNFの精密化学修飾技術、製造プロセスの改良、及び製造されたCNF強化プラスチックの特性評価を行った。
- (イ) 木質バイオマスからのフルフラール製造では、製造条件の探索や触媒の改良により、効率的な製造技術の検討を行った。また、フルフラールからテトラヒドロフラン(THF)等の化学品へのプロセスについて、触媒技術の向上及び製造プロセスの検討を行った。
- (ウ) 非可食原料からのバイオポリエステル製造では、植物油精製副産物やパルプから、微生物の優れた物質変換機能を利用したバイオポリエステルの生産技術の検討を行った。バイオポリエステルや分岐状ポリエステルを用いて、実用部材化に向けてコンパウンド、成形加工技術や高強度繊維化の開発を行った。
- (エ) 非可食性植物由来原料からのナイロン樹脂原料の製造技術では、新規微生物技術、分離膜を利用した革新バイオプロセス技術及び化学変換技術の開発を行った。糖類を原料とする油脂発酵菌・油脂分泌生産菌の育種に成功し、微生物による水酸化脂肪酸生産に有用な脂肪酸変換反応の基本技術を確認した。また、膜利用バイオプロセス適用による油脂発酵の生産性向上の可能性を見出した。さらに、水酸化脂肪酸からナイロン原料に誘導する化学変換の基本技術を確認した。
- (オ) グリセロールからの基幹化合物製造では、バイオディーゼルに由来した廃グリセロールを原料とし、モノオール、ジオールを中心とする基幹原料を合成するプロセス及びポリエステル高分子材料の開発を行った。具体的には、廃グリセロールからの基幹原料の選択率・寿命の向上、工業プロセスの検討、ポリエステル製造プロセスの検討を行った。
- (カ) 高性能ポリ乳酸の製造プロセスでは、原料となるラクチドの非可食化・コストダウンのため非可食原料からの乳酸の収率向上、ステレオブロック型ポリマーの重合条件の検討及び高光学純度ポリ乳酸の製造プロセスの検討を行った。
- (キ) 木粉・樹皮からのリグニン樹脂の高効率製造プロセス開発では、異なるバイオマス種からのリグニン単離法を確認し、リグニン樹脂製造条件を明らかにした。また、単離リグニンの利用率の向上、及びリグニン樹脂製造プロセスの検討を行った。一方、乳酸類からのピルビン酸類及びアクリレート系モノマーへの転換に関しては、鍵となるマイクロリアクターの操作法を確認するとともに、収率の向上についての検討を行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目②「廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発」

- (1) 平成23年度までに実用化にめどをつけた過酸化水素酸化技術については、より高難度の基質を高反応率、高選択率で酸化する酸化触媒プロセスの開発と、これを用いた廃棄物、副生成物を大幅に削減できる触媒反応プロセス及び化学品の実用化開発を開発成果創出促進制度により実施した。9月下旬から委託先の公募を実施し、11月より昭和電工株式会社内田博氏をテマリーダーとして研究開発を開始した。3か所以上のアリルエーテル構造を有する多官能性の基質について高反応率、高選択性でエポキシ化する方法を確認するとともに、ベンチ試験での試作を実施し、工業的に展開できることを確認した。また、得られたエポキシ樹脂を用いて2種の最終製品への実用化配合の検討を行い、それぞれの目標を実現できる配合系を確認した。

研究開発項目③「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発」

(1) 触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術開発 [平成21年度～平成25年度]

候補触媒であるゼオライトの合成に関し、種々の有機構造規定剤(OSDA)やOSDA-free状態での合成方法及びナノ粒子結晶の合成方法等を検討した。また触媒劣化の主原因であるコーク析出及び脱A1について、触媒への第二・第三成分の種類・添加率、酸点密度や酸強度の最適化を検討し、触媒性能と寿命の両立を図った。併せてコーク生成メカニズムや生成速度の解析を実施し、コーク生成現象の解明を図るとともに、反応シミュレータの基礎データを取得した。さらに

セミベンチスケール装置を用いて反応と再生の繰り返しによる触媒性能を確認し、再生後の触媒活性、再生サイクル、再生時間等の最終目標を達成するとともに、実ナフサを用いた反応状況等を確認した。また触媒成形方法を検討し、粉状品における触媒性能の維持と触媒強度を有する成形方法の最適化を図った。これらの基礎データを基に反応シミュレータの精度向上を検討するとともに、実際の反応器及び加熱炉を想定したプロセスシミュレーションを実施した。なお、プロジェクトリーダーは平成24年12月6日付で東京工業大学辰巳敬氏から北海道大学増田隆夫氏に交代した。

(2) 規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発 [平成21年度～平成25年度]

「分離膜製造基盤技術及び分離膜評価技術の開発」については、イソプロピルアルコール（IPA）及び酢酸脱水用ゼオライト膜について、最終目標値を超える事が出来た。またゼオライト膜の微細構造解析については製膜法の違いによる膜構造の変化の観察を進め、結晶内と粒界の透過性を個別に評価を進めた。

「分離膜用セラミックス多孔質基材の開発」については、細孔径、気孔率を制御して、より高透過の基材の開発と、熱・機械的特性の評価を行った。「モジュール化技術の開発」については、シミュレーション精度の向上により、内部構造の基礎設計について検討した。

「試作材の実環境評価技術の開発」については、試験設備のフロー、機器の仕様を決定し、JX日鉱日石エネルギー川崎製造所にて実環境下評価試験を行った。また、IPA及び酢酸脱水プロセスの最適化のため、膜透過シミュレーションの精度向上を検討した。

(3) 副生ガス高効率分離・精製プロセス基盤技術開発 [平成21年度～平成25年度]

分離・精製材料の開発については、各企業で実用化を想定している混合ガス系に最適な性能を持つ多孔性配位高分子（PCP）を用いて、コスト計算精度及び形態付与技術を向上させ、最終目標達成に向けて、耐久性評価試験を継続した。一部の委託先ではPCPの量産化を視野に入れた製造技術開発に着手した。PCP複合触媒の開発については、水溶媒を用いたPCP複合触媒合成方法を確立し、PCP耐水性の影響因子を解明した。さらに、CO₂からの含酸素化合物については、収率向上の鍵となる要因を解明し、ラボレベルの電解反応で収率80%以上（最終目標）を達成した。また、本年度12月の変更契約において、分離・精製材料の開発項目を追加・変更するとともに、PCP複合触媒開発の委託先1社が担当から外れた。

(4) 微生物触媒による創電型廃水処理基盤技術開発 [平成24年度～平成27年度]

4月中旬から委託先の公募を実施し、7月より東京大学先端科学技術研究センター教授橋本和仁氏をプロジェクトリーダーとして、研究開発を実施した。本年度は、研究開発に必要な装置を導入するとともに、実証試験で用いる1m³程度の微生物燃料電池（MFC）装置の製作に向け、必要となる要素技術（触媒、電極、制御技術、システム）の開発を行い、以下の主な研究開発成果を得た。①グラフェンベースで開発したカソード触媒の製法が、安価なグラファイトにも適用できることを見出した。②MFC装置を迅速にスタートアップさせる手法を開発した。③実証試験で用いる工場廃水中の主な有機成分がMFCのよい基質となり、発電を伴う廃水処理が進むことを確認した。④装置の流路を改良することで、処理性能・発電性能が向上することを見出した。

研究開発項目④化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発

(1) 気体原料の化学品原料化プロセスの開発 [平成22年度～平成24年度]

(ア) 水素と空気から過酸化水素を直接製造するプロセスの開発では、既存法とのコスト比較及び二酸化炭素排出量の試算を実施し、優位性を確認するとともに、各種用途への適用の可能性を示したほか、ナノコロイド触媒と同等以上の性能を持つ担持触媒の可能性も見出した。

(イ) 天然ガス等から基幹化学品を製造するプロセスの開発では、高い炭素析出耐性を有するメタン改質用触媒の設計指針を確立した。また、反応と触媒を最適化して選択性の高いプロピレン製造プロセス基盤技術を確立した。さらに、プロピレン吸着選択性を維持できるPCP成形体の製造基盤技術を確立した。

(ウ) ヘキサメチレンジイソシアネート（HDI）を製造する新規プロセス開発では、マイクロリアクタを活用した素反応等の解析、ベンチ設備での最適化により、HDI収率98%以上、消費エネルギー20%低減、比例製造コスト15%低減を達成した。また、製品評価ではポリイソシアネート化反応挙動、塗膜性能ともに従来品と同等である事を確認した。

(2) 植物由来原料からの化合物・部材製造プロセスの開発 [平成22年度～平成24年度]

非可食性植物由来原料であるセルロース、ヘミセルロース、リグニン、油脂、残渣、糖類等から植物由来の構造の特徴をいかした製品・部材やポリエステル、ポリアミド等の含酸素系樹脂等の化合物・部材を省エネルギー・高効率に製造する以下の開発を行った。

(ア) セルロースナノファイバー（CNF）強化による自動車用高機能化グリーン部材の研究開発では、プラスチックを軽量・高強度・低熱膨張のCNFにより補強し、高機能部材の開発を行うため、CNFの精密化学修飾技術、樹脂複合体発砲技術、コンパウンディング等、製造プロセスの確立、及び製造されたCNF強化プラスチックの特性評価を行った。

(イ) バイオマスからのフルフラール経由化学品製造プロセスの研究開発では、実バイオマス使用時の製造条件の探索や触媒の改良により、効率的な製造技術の確立を行った。また、フルフラールからテトラヒドロフラン（THF）等の化学品へのプロセスについて、触媒の効率向上及び実バイオマス使用時の製造プロセスの検討を行った。

(ウ) 非可食原料からのバイオポリエステル製造基盤技術の研究開発と実用材料化では、植物油精

製副産物やバルブから、微生物の物質変換機能を利用したバイオポリエステル生産性向上技術の確立を行った。実用部材化に向けて難燃化等コンパウンド、成形加工技術や高強度繊維化の開発を行った。

- (エ) 非可食性植物由来原料からのグリーンポリマー製造基盤技術に関する研究(微生物機能を用いたポリマー原料製造基盤技術の研究開発)では、ナイロン樹脂原料を製造するための新規微生物技術、分離膜を利用した革新バイオプロセス及び化学変換技術の開発を行った。高性能な油脂発酵菌・油脂分泌生産菌の開発に成功した。また、膜利用バイオプロセスの油脂発酵条件の見直しにより生産性向上に成功した。さらに、発酵油脂から水酸化脂肪酸を合成する微生物変換技術を構築し、化学変換条件の見直しにより、収率の向上に成功した。本検討にて得られた原料を用いてナイロン樹脂の試作も実施した。
- (オ) グリセロールからの化学工業基幹化合物製造に関する研究開発では、廃グリセロールを原料とし、モノオール、ジオールを中心とする基幹原料を合成するプロセス及びポリエステル高分子材料の開発を行い、廃グリセロールからの基幹原料の選択率・寿命向上に成功した。また、工業プロセスの検討、本検討にて得られた原料を用いたポリエステルの実用性評価を行った。
- (カ) 高性能ポリ乳酸の研究開発・製造プロセス開発と実用化技術開発では、原料となるラクチドの非可食化・コストダウンのため乳酸の収率向上、及び高光学純度ポリ乳酸の製造プロセスの確立、ステレオブロック型ポリマーの重合条件の確立を行った。
- (キ) バイオマスの化成品転換のための熱化学反応技術基盤の構築とそれに基づく脂肪族、芳香族ポリマー製造プロセスの開発では、熱化学変換技術を利用した木粉・樹皮からのリグニン樹脂の高効率製造プロセスの開発を行った。抽出条件の検討により、リグニンの抽出率向上に成功した。また、アクリレート系ポリマー製造プロセス検討については、マイクロリアクターを用いた乳酸類からのピルビン酸類及びアクリレート系モノマーへの転換プロセスの反応条件を検討した結果、収率の向上に成功した。更に、得られたモノマーを用いたアクリレート系ポリマーの試作を行った。

《8》化学物質リスク評価管理技術体系の構築(第2期) [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

(1) 事業項目「化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発」

独立行政法人産業技術総合研究所安全科学研究部門主幹研究員 吉田 喜久雄氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなったため、平成23年度以降はNEDOでは実施しない。

研究開発項目①「排出シナリオ文書(ESD)ベースの環境排出量推計手法の確立」

溶剤・溶媒については、排出寄与が大きい塗料の工業的使用段階を対象に代表的な工程特性を調査、実測により収集し、VOCの使用量・排出量推計手法のプロトタイプを構築した。金属類については、鉛、銅と亜鉛の大手製錬事業所からの排出移動係数を推定し、アジアや欧米の調査等を参考に生産能力別に排出係数を設定した。3製錬事業所での発生源解析を実施するとともに、道路粉塵等の寄与を解析した。洗浄剤(工業用)とプラスチック添加剤のESDドラフト版をOECD暴露評価タスクフォースに説明し、ドラフト版提出に向けて作業を行った。

研究開発項目②「化学物質含有製品からヒトへの直接暴露等室内暴露評価手法の確立」

プラスチック添加剤についてチャンバー試験を行いつつ、溶剤・溶媒の評価に用いるため、発生源の推定方法の改良・暴露シナリオの改訂、溶剤・溶媒関連のデータベースの拡充を行い、室内暴露評価ツールのプロトタイプを改良した。また、印刷インキのトルエンを対象に検証を行うとともに、結果の表示機能等の検討及び動作確認を行った。

研究開発項目③「地域スケールに応じた環境動態モデルの開発」

大気モデルについては、汎用パソコンでの計算時間を短縮するため、簡略化反応モデルを構築し、近畿地方に適用し検証した。また、GUIインターフェイスの実装を実施した。

河川モデルについては、開発したモデルを公開した。また、金属に適用可能とするため、金属特有の動態メカニズムを再現するモデル定数を検討し、バックグラウンド濃度データをモデルに組み込み、既報値で検証を行った。

海域生物蓄積モデルについては、マアナゴの成長過程を組み込んだモデルを作成し、ウインドウズ版プロトタイプを公開した。また、金属に対応可能なモデルを開発し、検証した。

研究開発項目④「環境媒体間移行暴露モデルの開発」

金属類の環境媒体間移行推定に必要な地域特性パラメータを決定し、推定モデルのプロトタイプを構築した。既報流通情報がない主要農・畜産物の生産地から消費地への流通モデルを空間的相互作用モデルを基に検討した。

研究開発項目⑤「リスクトレードオフ解析手法の開発」

ヒト健康影響については、整備した反復投与毒性試験データのエンドポイントの分類方法を改良するとともに、生殖・発生毒性や急性毒性に対象範囲を拡張した推論アルゴリズムを検討した。溶剤・溶媒と金属類用途群の物質の有害性情報を収集した。

生態影響については、ニューラルネットワークモデルの推定精度の向上に加えて、クラスター解析と重回帰を併用した種の感受性分布推定法の高精度化と信頼性の明確化を検討した。基本データセットに金属類の情報を追加し、生物リガンドモデルを用いて、金属の水質ごとの種の感受性分布推定手法を開発した。

研究開発項目⑥「4つの用途群の「用途群別リスクトレードオフ評価書」の作成」

溶剤・溶媒用途群では、単位VOC削減量当たりのリスク削減効果の原単位を算出し、印刷インキを対象に室内濃度を推定するとともに、代替シナリオを決定した。金属類用途群では、電気電子製品の鉛はんだから鉛フリーはんだへの代替状況を把握し、代替シナリオを決定した。リスクトレードオフ解析に必要なデータを収集し、社会経済分析を含む解析に着手した。

以上のように、研究開発項目①～⑥の全てにおいて目標を達成し、これまでに得られた成果については、一部のESDやモデルを無償で公開・配布した。また、残りのモデル、手法、評価書、評価指針といった本事業の成果も、23年度末までに無償で公開・配布し、普及させる。

(2) 事業項目「構造活性相関手法による有害性評価手法開発」

財団法人食品農薬医薬品安全評価センターセンター長 林 真氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「毒性知識情報データベースの開発」

平成22年度以降に公表されたものを中心に反復投与毒性試験情報を5物質追加、毒性作用機序情報は神経、精巣毒性等を29物質追加し、解析・体系化することにより、毒性知識情報データベース(試作版)の拡充、改良を行った。

研究開発項目②「代謝知識情報データベースの開発」

ラットの代謝経路に関する情報や体内動態の情報を更に239物質追加収集し、代謝知識情報データベース(試作版)を拡充した。また、化学構造から代謝物を推定するモデル(代謝推定モデル)の改良・拡張、経験則に従った代謝推定モデルの検証実験を行った。代謝知識情報データベース(試作版)の改良を行った。

研究開発項目③「有害性評価支援システム統合プラットフォームの開発」

平成21年度に完成した有害性評価支援システム統合プラットフォーム(試作版)の試用、デモを行い、最終版に向けて改良を行った。平成22年度版カテゴリーライブラリー、カテゴリー解説文書を作成した。バイジャンネットのエンドポイント拡張を行った。

※その他

プロジェクトで開発した反復投与毒性試験のデータベースの一部は、平成22年11月にリリースされたOECD QSARアプリケーションツールボックスに搭載された。

カテゴリーアプローチによる反復投与毒性の評価方法を世界に先駆けて開発し、その方法による評価の実例は、カテゴリーアプローチの標準化へ向けたOECDの活動においてケーススタディとして活用された。

(3) 事業項目「高機能簡易型有害性評価手法の開発」

研究開発項目①は食品薬品安全センター秦野研究所代替試験法研究部長 田中 憲徳氏を、また研究開発項目②は福島県立医科大学トランスレーショナルリサーチセンター臨床ゲノム学講座教授 渡邊 慎哉氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「培養細胞を用いた有害性評価手法の開発」

発がん性については、Bhas42細胞を用いた形質転換試験の国際バリデーションを推進した。催奇形性については、マウスES細胞を用いた心筋分化過程における評価用発光細胞を樹立し、施設間バリデーションを実施した。神経分化過程においても、評価用発光細胞を作成した。免疫毒性については、感受性及び免疫学的作用を多角的に評価できる免疫毒性評価システムを構築し、施設間バリデーションを実施した。これらの評価手法の共通基盤技術については、標準発光物質を用いた多色発光測定のプロトコルを作成し、HACベクターへ複数遺伝子を導入する新技術の有効性を検証した。

研究開発項目②「28日間反復投与試験結果と相関する遺伝子発現データセットの開発」

保存していたラット臓器・組織サンプルから遺伝子発現解析用RNAサンプルの取得を進め、遺伝子発現プロファイル取得と解析を実施した。これらの遺伝子発現プロファイルの中から毒性評価バイオマーカーとして新規性・進歩性・有用性のあるものを選択して4件特許出願した。遺伝子発現情報の編さんを行い、国際共通フォーマットでの公開を11回実施した。また、使いやすい毒性参照データベースのプロトタイプを構築した。

(4) 事業項目「ナノ粒子特性評価手法の研究開発」

工業ナノ粒子のリスク評価手法を確立することを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所安全科学研究部門研究部長 中西 準子氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「工業ナノ粒子のキャラクタリゼーション手法の開発」

長尺を含むカーボンナノチューブ(CNT)の良好な液分散手法を開発した。これを基に、CNTの連続・安定的な気中噴霧条件を確立し、研究開発項目④での有害性試験に供するとともに、気中粒子質量濃度オンライン測定技術の検討と合わせて、手順書を作成した。粒子種識別モニタリング技術についてもその適用性を検討した。また、各種フィルタのナノ粒子捕集効率の評価を行い、結果をデ

データベースとして取りまとめた。さらに、液分散炭素系ナノ粒子の平均粒径計測技術・濃度計測技術について検討し、研究開発項目④の有害性試験での供試試料に適用するとともに、手順書として取りまとめた。生物試料中のCNTについて、電子顕微鏡観察と化学分析手法の手順書を作成するとともに、研究開発項目④から得られた試験動物の組織試料の解析に適用した。

研究開発項目②「工業ナノ粒子の暴露評価手法の開発」

模擬排出試験の追加的実施と現場調査を含め、得られた定量・定性的な排出情報を基礎に、工業ナノ粒子の排出と暴露の状況を解析し、40種の工業ナノ粒子について、排出・暴露シナリオ文書を取りまとめた。これを基に、文献情報の収集整理を行い、定量・定性的な暴露量を推定し、研究開発項目④でのリスク評価書の改訂作業に反映した。工業ナノ粒子の気相拡散・凝集過程について、室内実験の結果を解析し、室内・屋外環境を計算できるようにモデル化を行った。

研究開発項目③「工業ナノ粒子の有害性評価手法の開発」

研究開発項目①と連携して吸入暴露試験装置を構築し、CNTについて安定的な条件での連続4週間の吸入暴露試験を実施した。また、二酸化チタンナノ粒子の慢性経皮暴露試験を行い、皮膚形態学的観察および臓器の金属分析を行った。研究開発項目①で安定性を評価した、金属酸化物、金属及び炭素系ナノ材料について、in vitro 試験により生体影響プロファイルを充実し、これらの結果を基に評価手法のマニュアル化を行った。さらに本研究開発で実施した有害試験の成績及び既往文献を解析し、気管内注入試験の吸入暴露試験への外挿法を検討した。CNT等の急性毒性試験（刺激性）及び遺伝毒性試験を実施した。

研究開発項目④：工業ナノ粒子のリスク評価及び適正管理の考え方の構築

CNT等の基礎的情報収集のため、環境運命・生態毒性試験、特性計測等を行った。また、気管内投与コメントアッセイにより遺伝毒性可能性を検証した。同時にこれまでの動物試験結果の補強のための追加分析等を行い、これらの試験結果と、本研究開発でこれまで得られた成果、及び文献調査等に基づいて、二酸化チタン、フラーレン、CNTのリスク評価書を改訂した。消費者製品についてのアンケート調査、及び欧米での事業者の先進的な自主的取組や法規制の動向調査を基に、事業者が自社材料の安全性を確保するために必要となる考え方を整理し、将来あるべきガバナンス体制を提案した。

※コメントアッセイ：DNA損傷試験

※その他

- ・CNT、フラーレンについて、OECD工業ナノ材料作業部会（WPMN）スポンサーシッププログラムへ、得られた知見を提供した。
- ・ISOで進められている工業ナノ材料の毒性スクリーニング手法や試料調製方法の国際標準化活動に寄与すべく、プロジェクトの成果である論文等を多数提供した。

《9》 土壌汚染対策のための技術開発 [平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなったため、平成23年度以降はNEDOでは実施しない。

研究開発項目①「原位置処理重金属等土壌汚染対策技術開発」

(1) 株式会社島津製作所基盤技術研究所主任研究員 秋田 憲氏をテーマリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

細目「物理化学的処理対策技術の開発」

1) 「低コスト原位置電気修復技術の研究開発」

重金属汚染土壌の低コストの原位置修復技術として、土壌中に直流電流を与えて電氣的に汚染物質を回収する技術の研究開発をスタートした。今年度は、人工的に作成した六価クロム汚染土壌を対象として、従来よりも少ない消費電力量で汚染物質を回収することができた。また、鉛や六価クロムの汚染土壌からの回収には、土壌中のpHが大きな影響を及ぼすことを見出した。

(2) 学校法人早稲田大学理工学術院教授 松方 正彦氏をテーマリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

細目「物理化学的処理対策技術の開発」

1) 「ラジアルウェルを活用したパッシブな新規土壌修復技術の研究開発」

原位置土壌修復システムの全体を構成する①基盤支援技術②配水循環処理システム③重金属等の土壌からの脱着法④土壌から脱着した重金属等の吸着処理⑤原位置モニタリング技術⑥遮水壁の研究開発を開始した。初年度である本年度は、施工方法を中心として既存技術等の調査・検討を行った。また、土壌中の水の移動、脱着挙動を検討するモデル実験系を確立し、水溶性重金属類の吸着除去剤の処理能を定量化する実験手法を確立した。

(3) 新日鉄エンジニアリング株式会社環境ソリューション事業部シニアマネージャー 福永 和久氏をテーマリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

細目「生物的处理対策技術の開発」

1) 「シアン汚染土壌の飽和・不飽和原位置バイオレメディエーションの研究開発」

バイオ技術による、汚染サイトの土質および地層に適したシアン原位置浄化技術の確立のため、今年度はスラリー試験において、好気・嫌気状態でのフェロシアンの分解を確認するとともに、嫌気培養下でフェロシアンを分解できるシュードモナス属の微生物を2株分離した。また、シアン浄化のモニタリングに必要な全シアン量分析手法については、模擬土壌（砂質土、粘性土）において、フェロシアンの回収率95%以上を達成した。一方、工法開発においては、室内における基礎試験により、シアン分解に適した圃場容水量の確認や浄化効果の管理手法の確立を行った。さらに、実証実験に向けて、既往の汚染調査・土質調査情報の収集、実証試験候補サイトの試料採取と基本物性の把握を行った。

研究開発項目②「VOCの微生物等を利用した環境汚染物質浄化技術開発」

国立大学法人長岡技術科学大学工学部生物系教授 福田 雅夫氏をテーマリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

細目「次世代バイオレメディエーション普及のためのセーフバイオシステムの研究開発」

1) 「バイレメ利用株の合理的な安全性評価手法の開発」

バイレメ菌と有害菌を株レベルで判別することができる遺伝子を指標とする有害菌特定方法の開発と有害菌データベースの作製を行った。

2) 「塩素化エチレン類分解菌の評価と選抜によるバイオオーグメンテーション実施環境の整備」

好気性分解菌の収集・同定・保存を行うとともに、嫌気性分解菌コンソーシアムの集積・解析・選抜を行った。さらに、「生態系影響評価手法の開発」では、実験室と実汚染現場における実験を行うとともに、網羅的な微生物叢解析・定量的モニタリング手法の開発を行った。

《10》有害化学物質代替等技術開発 [平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「代替物質の開発」

国立大学法人大阪大学大学院工学研究科教授 今中 信人氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなったため、平成23年度以降はNEDOでは実施しない。

強い毒性を示す金属を含んでいるものが含まれている既存の無機顔料に替わる、環境に優しい新しい顔料の開発として、黄色顔料について、バナジン酸ビスマス (BiVO₄) にLa³⁺を固溶させることにより、現時点における優環境型の黄色顔料であるプラセオジム黄の黄色度を超える顔料を合成した。また、合成した黄色顔料を協力機関へ提供した。

《11》アスベスト含有廃棄物の無害化実証開発 [平成23年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

被災地で発生している大量のアスベスト含有廃棄物を、安全に、かつ被災地のエネルギー事情に鑑み極力自立型のエネルギーを用いて無害化処理するための実証開発を行うことを目的として、委託者は公募により選定し、事業を実施した。

石綿含有震災廃棄物を無害化するためのロータリーキルン式の設備、及び廃棄物中の木質系及びプラスチック系のものから炭化水素ガスを回収しそれを燃料とするエネルギー自立型の処理システムについて設計を行い、実証設備の一部を設置した。2月からは無害化処理に掛かる実証試験を開始し、アスベストの無害化や実験時の周辺環境への影響確認及び最適な処理条件の検討に着手した。

平成24年度においては、以下を実施した。

平成23年度に設置した実証試験設備を用いて、平成24年度はアスベスト含有廃棄物の無害化実証試験を実施し、平成24年9月末にプロジェクトを終了した。

無害化実証試験において、飛散性又は非飛散性アスベストを含有する廃棄物（木質系、プラスチック系）と燃料となるアスベスト非含有木質系廃棄物及び融解剤を無害化炉に装入し、アスベストが無害化されたことを確認した。その際、試験環境及び排ガス中のアスベスト濃度を測定し、環境規制値以下であることを確認するとともに、併せて、排ガス中のダイオキシン濃度を測定し、塩素を含有していない廃棄物の処理であればダイオキシン濃度が規制値以下となることを確認した。また、無害化炉で無害化された廃棄物（無害化物）に水蒸気を混合し、炭素分を水蒸気ガス化するガス化試験を実施し、得られた生成ガス（H₂：25%、CO：6%）と軽油により発電が可能であることを確認した。さらに、アスベスト無害化物を用いて水熱合成による有用物への転換を検討し、リン除去剤やケイ酸カルシウム肥料に活用できる Tobermorite 11 Å に高収率で転換できることを確認した。移動式処理システムの検討では、国内移動可能なコンテナサイズの適用の検討とともに、事業化の検討も実施した。環境省認定のための準備データはほぼ採取できた。

④燃料電池・水素エネルギー利用技術 [後掲：新エネルギー・省エネルギー関連業務等

< 1 >燃料電池・水素エネルギー利用技術分野 参照]

⑤民間航空機基盤技術

[中期計画]

環境負荷低減、運航安全性向上等の要請に対応した民間航空機及びエンジンに関する基盤技術力の強化を図るため、環境適応型の小型航空機を対象とした、操縦容易性の実現による運航安全性の向上等を可能とする技術の開発及び飛行試験を含む実証や、エネルギー効率を向上させて直接運航費を現行機種よりも15%向上し、かつ窒素酸化物排出量でもICAO2004規制値に対して50%削減する等環境適合性に優れた小型航空機用エンジンの実用化に向けた技術開発等を実施する。

[中期目標期間実績]

操縦容易性を向上させるコックピット・システム及び電子制御技術を活用した軽量の操縦システムに関する技術開発を実施し、搭載装備品の開発及び機能試験を行うとともに、地上試験・飛行試験の準備を行った。

小型航空機用エンジンを対象として、エネルギー使用効率の大幅向上とともに、より厳しい環境適応性要求を満足するための環境対策技術等の技術開発を実施し、直接運航費用の17.5%向上(=削減)が見込める評価結果を得た。またエンジン設計において、ICAO規制値(2006年適用)に対して-20.5dBの低騒音化、ICAO規制値(2004年適用)に対して-50.5%の低NO_x化を実現するエンジン仕様の結果が得られた。

《1》環境適応型小型航空機用エンジン研究開発 [平成15年度～平成24年度]

平成20年度においては、以下を実施した。

エネルギー使用効率を大幅に向上し、かつ低コストで環境対策にも優れた次世代小型航空機用エンジンの実用化に向け、民間企業等が実施する以下の技術開発を支援する。平成20年度はインテグレーション技術開発として、以下を実施した。

研究開発項目①「インテグレーション技術開発」

(ア) エンジンシステム特性向上技術

a. 全体システムエンジン実証

平成19年度に実施した目標エンジンの全体設計結果に基づき、圧縮機、燃焼器要素研究状況を反映して、国際市場においてより競争力を確保できるように目標エンジンの全体設計をアップデートした。このアップデートに際しては、燃費低減のために、高圧力比化といった要素性能仕様の見直し、冷却空気量の適正化、ダクトロスの低減等を行った。また、取得コストや整備費低減のために、シンプルで製造コストの低減が可能な構造の採用、3次元モックアップの活用による整備性の改善等を行った。

b. 関連要素実証

平成19年度に実施したデモエンジン形態の圧縮機のリグ試験結果、燃焼器のフルアニュラー試験結果や目標エンジン全体設計結果を反映し、デモエンジン形態での圧縮機、燃焼器の改良設計、供試体製作を行い、リグ試験等を実施した。

(イ) 耐久性評価技術

平成19年度に引き続き、エンジン適用のための材料データが充分でない国産単結晶合金等について、引張、疲労、クリープ及び線膨張率等の材料データを取得した。これら材料データを蓄積してデータベースの信頼性向上を図った。

(ウ) 耐空性適合理化技術

エンジンの寿命評価の前提となる温度予測精度の向上のため、ラビリンスシールなどの非接触シール、スプラインシール、リーフシール等の接触シールの流量特性をリグ試験で計測して、耐空性適合理化のためのデータを取得した。

平成21年度においては、以下を実施した。

エネルギー使用効率を大幅に向上し、かつ低コストで環境対策にも優れた次世代小型航空機用エンジンの実用化に向け、民間企業等が実施する以下の技術開発を支援するとともにプロジェクトの加速を推進した。プロジェクトの進捗評価に関しては、技術委員会を開催し、進捗状況および計画について、順調に進行しているとの評価を受けた。

平成21年度はインテグレーション技術開発として、以下を実施した。

研究開発項目①「インテグレーション技術開発」

(ア) エンジンシステム特性向上技術

a. 全体システムエンジン実証

当初の計画通りプロジェクトを進捗させるとともに、設計確認試験、製造工程確認試験等を行い、それらの結果をエンジン設計に反映し目標とする直接運航費用低減に寄与することを確認し

た。さらに、金属射出成形について、実機部品の試作・評価を実施し、圧縮機部品の低コスト化技術の適用性を確認した。

b. 関連要素実証

当初の計画通りプロジェクトを進捗させるとともに、ディフューザパッセージ（DP）部分の段リグ供試体を設計・製作し、実機周速下で試験を実施するとともに、DP段周りのCFD解析を実施し燃費重視仕様の高圧圧縮機の設計に反映した。エンジン用燃焼器については、燃焼試験及び噴射弁単体試験により改良効果の確認を行い、目標とする低NO_x性能を達成するめどを得た。

(イ) 耐久性評価技術

引き続き、エンジン適用のための材料データが充分でない単結晶合金等について、引張、疲労、クリープ等の強度試験、及びヤング率等の物性試験を実施するための試験片を、素材より機械加工製作し、材料試験を行い、材料データを取得、蓄積しデータの充実を図った。

(ウ) 耐空性適化技術

エンジンの部品の温度予測精度向上、寿命予測精度向上、ローターダイナミクス解析技術向上のためのリグ試験を実施し、エンジンの耐空性適化のための検証データを取得し、解析精度を向上させた。

平成22年度においては、以下を実施した。

エネルギー使用効率を大幅に向上し、かつ低コストで環境対策にも優れた次世代小型航空機用エンジンの実用化に向け、民間企業等が実施する以下の技術開発を支援する。平成22年度はインテグレーション技術開発として、以下を実施した。

研究開発項目①「インテグレーション技術開発」

(ア) エンジンシステム特性向上技術

a. 全体システムエンジン実証

市場・技術動向や圧縮機、燃焼器要素研究状況を反映して、目標エンジンのインテグレーション設計を行うとともに、システム評価に着手し、目標とする直接運航費用15%削減の見通しを得た。また、設計確認試験、製造工程確認試験を実施中で、目標エンジンのインテグレーション設計に反映を進めている。なお、目標エンジンのインテグレーション設計及びシステム評価に必要な、ダクトロスの低減や冷却空気量最適化、制御技術、騒音低減技術の高度化等を行った。

b. 関連要素実証

燃費重視仕様の高圧力比化対応高圧圧縮機については、CFD解析による性能解析および性能評価データ取得のため部分段圧縮機の要素試験を実施し、設計通りの性能が得られることを確認した。また、燃費重視仕様の9段圧縮機の実機形態の供試体製作、組立を完了し、平成23年度に実施する試験準備を行った。さらに、非接触型翼振動計測およびチップクリアランス計測技術を導入し、部分段圧縮機の要素試験で計測技術の確認を実施し、実機形態の圧縮機供試体に適用した。

燃焼器については、CFD等を活用して実機形態燃焼器（急速混合形態）、および競合技術に対する優位性を評価するために、部分希薄形態燃焼器、部分過濃形態燃焼器について燃費重視仕様での設計／製作を行い、実作動環境での燃焼試験にて性能評価を実施し、低NO_x性能（目標値：国際規制値－50%低減）を達成した。さらに部分希薄形態燃焼器については、更なる低NO_x化が期待できる特性が得られたことから、当初計画に加え、マルチセクタ燃焼器の設計に着手した。

(イ) 耐久性評価技術

材料特性取得試験等を実施し、データを蓄積して材料データベースの信頼性向上を図った。また、高温環境試験等の実施により材料の耐久性を確認し、耐久性評価に関わる技術を取得した。最終年度までの目標に対し、耐久性評価に関わるデータ取得が約90%完了した。

(ウ) 耐空性適化技術

エンジン部品の温度予測精度向上、寿命予測精度向上、ローターダイナミクス解析技術向上についてのモデル試験等を行い、構造解析手法等耐空性適化に関わる技術を構築した。最終年度までの目標に対し、耐空性適化に関わるデータ取得が約90%完了した。

平成23年度においては、以下を実施した。

エネルギー使用効率を大幅に向上し、かつ低コストで環境対策にも優れた次世代小型航空機用エンジンの実用化に向け、民間企業等が実施する以下の技術開発を支援する。平成23年度はインテグレーション技術開発として、以下を実施した。

研究開発項目①「インテグレーション技術開発」

(ア) エンジンシステム特性向上技術

i) 全体システムエンジン実証

設計確認試験、製造工程確認試験を実施し、市場・技術動向や圧縮機、燃焼器要素研究状況を反映して、目標エンジンのインテグレーション設計を行うとともに、システム評価を実施した。なお、目標エンジンのインテグレーション設計およびシステム評価に必要な、ダクトロスの低減や冷却空気量最適化、制御技術、騒音低減技術の高度化等については、共同研究を活用した。但し、圧縮機要素実証について、東日本大震災の影響により、一部作業が平成24年度に後倒しと

なったことから、圧縮機要素研究状況を反映する必要があることから、目標エンジンのインテグレーション設計およびシステム評価も平成24年度に後倒しとなった。

ii) 関連要素実証

(a) 圧縮機

第2期圧縮機をベースとした燃費重視仕様のための高圧力比化対応高圧圧縮機について、実機形態の供試体により、実作動環境における要素試験を実施する。また、その試験結果を受けた改良設計、供試体製作の準備を行った。更に、高圧圧縮機の性能評価データ取得のため、引き続き部分段圧縮機の要素試験を大学等にて実施した。

(b) 燃焼器

燃費重視仕様のための高圧力比化対応低NO_x化燃焼器（エンジン用燃焼器）では、実作動環境での燃焼試験、性能評価を行った。また、エンジン用燃焼器および比較技術の燃焼器（部分希薄形態、部分過濃形態）の各々について、これまでの燃焼試験結果等を基にして評価を行った。さらに、部分希薄形態燃焼器については、更なる低NO_x化のためマルチセクタ燃焼器の設計を行い、実作動環境での燃焼試験にて性能評価を行った。NO_x低減目標は、エンジン用燃焼器、比較技術の燃焼器ともに目標を達成した。（23年度終了）

(イ) 耐久性評価技術

引き続き、材料特性取得試験等を実施し、データを蓄積して材料データベースの信頼性向上を図り、目標としたデータの取得を23年度で完了した。

(ウ) 耐空性適合理化技術

エンジン部品の温度予測精度向上、寿命予測精度向上、ローターダイナミクス解析技術向上についてのモデル試験等を行い、構造解析手法等耐空性適合理化に関わる技術を構築し、目標とした技術の取得を本年度で完了した。

平成24年度においては、以下を実施した。

エネルギー使用効率を大幅に向上し、かつ低コストで環境対策にも優れた次世代小型航空機用エンジンの実用化に向け、民間企業等が実施する以下の技術開発を支援する。平成24年度はインテグレーション技術開発として、以下を実施した。

研究開発項目①「インテグレーション技術開発」

(ア) エンジンシステム特性向上技術

a. 全体システムエンジン実証

圧縮機要素研究状況を反映して、目標エンジンのインテグレーション設計を行うとともに、システム評価を実施した。なお、目標エンジンのインテグレーション設計およびシステム評価に必要な、ダクトロス低減や冷却空気量最適化、制御技術、騒音低減技術の高度化等については、共同研究を活用した。

b. 関連要素実証

第2期圧縮機をベースとした燃費重視仕様のための高圧力比化対応高圧圧縮機について、実機形態の供試体により、実作動環境における要素試験を実施した。

本年度は、実施方針に基づく上述の研究開発を進め、全ての目標を達成した。（24年度終了）

< 4 > ナノテクノロジー・材料分野

[中期計画]

我が国の材料技術は、過去数十年にわたる多くの研究者、研究機関のたゆまぬ取組と研究成果の蓄積により、基礎研究から応用研究、素材、部材の実用化に至るまで全ての段階において世界のトップレベルを堅持しており、我が国製造業の国際競争力の源泉となっている。

ナノテクノロジー（物質の構造をナノレベルで制御することにより、機能・特性の向上や新機能の発現を図る材料技術等）についても、1980年代に世界に先駆けて技術の斬新性と重要性を認識して研究に着手したこともあって、現時点において世界トップレベルにある。特に、カーボンナノチューブや酸化チタン光触媒などに代表されるナノ材料の研究が全体を牽引していることが我が国のナノテクノロジーの特徴の1つであり、いわば材料技術の強みがナノテクノロジーの強みの源泉となっている。

また、材料技術においては、ナノメートル（ 10^{-9} m）の領域にまで踏み込んだ組織制御・合成技術と、高分解能電子顕微鏡などの高精度分析・計測・解析技術を両輪として、更に進化し続けている。

このように、我が国のナノテクノロジーや材料技術は、研究開発の成果を製品に仕上げるものづくり技術によって支えられており、ナノテクノロジーと材料技術の融合やものづくり技術との相互関連こそが、我が国の科学技術の強み、あるいは技術の特徴となっている。

一方、2000年以降、欧米ではナノテクノロジーの研究開発を国家戦略として政策的に推進してきており、情報通信、環境、ライフサイエンス等の分野においてナノテクノロジーと融合した研究開発が進展している。また、中国、韓国を始めとしたアジア諸国もこれに追従しており、ナノテクノロジー・材料分野における科学技術力が急速に向上している。これらアジア諸国はいずれも、当該分野で科学技術の国際競争力を確保しようとしている。

このような背景の下、広範な科学技術の飛躍的な発展の基盤となる技術を確立するため、川上、川下の連携、異分野異業種の連携による技術の融合を図りつつ、ナノテクノロジー、革新的部材創製技術等の課題について重点的に取り組むこととし、以下のような研究開発を推進するものとする。

① ナノテクノロジー

[中期計画]

21世紀の革新的技術として、情報通信、環境、バイオテクノロジー、エネルギー等の広範な分野の基盤技術である材料技術を根幹から変貌させることが期待されるナノテクノロジーの基盤技術を構築し、川上・川下の連携による早期の実用化を図る。さらに、ナノテクノロジーは広範な産業分野にまたがる基盤技術であることから、縦方向の連携だけでなく、ナノバイオ・ナノIT・環境ナノ等の、複数の技術領域の組合せや横への広がりを持った異分野・異業種の連携による技術の融合を図り、新たな産業分野の創出・イノベーション等を実現する。具体的には、第2期中期目標期間中に異分野・異業種の連携による研究テーマを10件程度実施し、ナノテク関連テーマの早期の実用化等の促進に努める。具体的研究テーマでは、第2期中期目標期間中に、ナノカーボン10wt%添加複合ポリエチレンで弾性率20%向上（ポリエチレン比）、摩耗量低減10%（ポリエチレン比）を実現し材料の高度化を図るとともに医工連携により高耐久性人工関節部材への適用等を目指す開発等を行う。

[中期目標期間実績]

革新的ナノテックシーズを実用化に導く異分野異業種の優れたテーマを、平成20年、平成21年、平成22年にそれぞれ8件、16件、6件採択し、研究開発を実施した。また、ナノマイザー処理などの混合プロセスを駆使し、ポリエチレンへカーボンナノチューブを30wt%まで添加することに成功し、その中で10wt%添加の際に弾性率20%向上、耐摩耗性10%向上を確認した。さらに、強化材であるナノカーボンをアルミナと複合させた新しいセラミックスを開発し、高強度、高靱性を示す、ナノカーボンが均一混合した緻密な複合体を得た。さらに人工関節として、生体適合性についても問題の無いことを確認した。

《1》 発電プラント用超高純度金属材料の開発 [平成17年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

超高純度金属材料技術研究組合技術部長 山本 博一氏の退職により、プロジェクトリーダーを菅原 彰氏に委嘱した。この交代に伴い、新たに3名のサブリーダーを加えたプロジェクトリーダーチームを構成し、マネジメントの強化を図った。

① 超高純度金属材料の量産化・低コスト化製造技術の開発

量産段階のレンガ積み炉を念頭に置いてURC技術を用いて表面改質ではなく基材自体を改良した新型耐火材の開発を実施した。その結果、基材として用いた材料の弱点である水和性が抑制できるほか溶鋼との反応性も低い耐火材が開発できた。

新規精錬技術については開発した新型真空誘導溶解炉を用い、Fe-30Cr-30Ni系合金の溶解、真空溶解その他の溶解試験を実施し、炉内構造物からのガス放出挙動等の把握等操業技術に関する知見の蓄積を進め、上記新型耐火材の開発成果とあわせて量産段階においても「優れた特性を維持したFe-Cr系合金等超高純度金属材料の低コスト・量産化技術を開発する」との目標実現の見通しが得られた。

②開発材による部品製造技術の開発及び実用性評価

上記新型真空誘導溶解炉で溶解した材料を用い、製造技術に係る試験及び実用特性評価試験を実施した。その結果、実用化検討部材については「各種部品製造技術ごとに対象とする製品の試作及び加工性が現用材と同等以上であることを確認する」「現用部品と比較した実用性向上の確認」との目標に関して昨年度の材料に比し腐食性等の改善が確認できた。また、汎用溶解炉で溶解した材料で不純物影響を明らかにするための試験を実施し、靱性と不純物の関係について知見が得られた。中期的開発部材に関しては、鍛造段階での課題について調査研究を実施した。

実用化に長期間を要する高温高強度材に関しては、基礎研究の結果、現在の高温過熱器管用材料であるSUS347を遙かに凌駕するクリープ強度を有し、かつ低温靱性、耐応力腐食割れ性等に優れた新規高強度超高純度合金開発の目処が付いた。

また、超高純度材を実用化する際に必須となる、「実用上許容できる不純物量の最大値を明らかにする」ための検討を進め、18Cr-Fe合金を対象に、母材ならびに溶接部の特性に及ぼす不純物元素の定量的な効果を検討した。平成21年度においては、以下を実施した。

超高純度金属材料技術研究組合技術部長 菅原 彰氏をプロジェクトリーダー、三菱重工業株式会社技術本部長崎研究所技監・技師長 納富 啓氏、株式会社日立製作所日立研究所主管研究員 児島 慶享氏、株式会社東芝電力・社会システム技術開発センター金属材料開発部技術主幹 山田 政之氏をサブリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「超高純度金属材料の低コスト・量産化製造技術の開発」

超高純度金属材料溶解用ルツボ・耐火材の開発では、高耐久性実証済のURC(Ultra Refined Ceramics)材を基材に練り込んだURCルツボにつきレンガ構造を想定した目地材を開発するとともにレンガルツボの成型・評価試験を実施し、有意な欠陥が生じないことを確認した。

新規精錬技術の開発では、低コスト原料の溶解試験によりCaOルツボでの溶解による精錬効果について確認する等を進めた。また、迅速分析技術に関しては、導入済の溶湯サンプリング装置及び分析装置を用いて研究の効率化を図るとともに、検量データの取得、組成精密制御に反映した。

研究開発項目②「開発材による部品製造技術の開発及び実用性評価」

超高純度金属材料の開発では、高純度合金並びに汎用材について耐食性や材料強度、加工性等の観点から純度効果、不純物添加効果の検証を実施した。

部材製造技術開発では、高温高強度材についてクリープ破断強度等の特性評価を実施し、東北大との共同研究を踏まえ、新型炉による部材製造においても同様の圧延等の製造プロセスを実施することで同程度の強度が得られる見通しを得た。

実プラントによる実用性評価試験では、福岡クリーンエナジーの施設を借用し、実プラント環境下での腐食試験を完了、耐食性に遜色ないことを確認した。

平成22年度においては、以下を実施した。

超高純度金属材料技術研究組合技術部長 廣田 耕一氏をプロジェクトリーダー、九州電力株式会社火力発電本部村田 憲司氏、同総合研究所 金谷 章宏氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「超高純度金属材料の量産化・低コスト化製造技術の開発」

本項目は、平成22年11月に実施方針を変更し、次の研究開発を実施することとした。

「平成21年度までに実施した研究のフォローアップとして補完的な溶解試験を追加実施するとともに、超高純度金属の普及及び標準化との連携を図り、認証用標準物質を作製する。」

上記計画に基づき、平成21年度に作製したレンガ積み構造を模擬したレンガルツボを再焼成し、高真空誘導溶解炉の一体型ルツボと置き換えた上で、高純度鉄(4N)のルツボ清浄化溶解及び超高純度鉄(5N)本溶解を実施し、溶解毎に内表面の観察を行った。その結果、溶鋼の差込み等ルツボ内面を浸食することはなく高耐久性が見込まれることが判明した。また、前述したレンガルツボ溶解により溶製したインゴットの成分分析の結果、不純物総量は極めて少なく、溶解中において、ルツボからのガス等不純物の汚染が非常に少ない超清浄溶解が達成できた。このことから、高真空誘導溶解炉は溶解炉の特性として溶解時の汚染を極小化できることが実証された。加えて、コールドクルーシブル炉を用いて溶解を実施した。その結果、十分に不純物を除去した、純度6Nレベルの認証用標準物質を作製することができ、同標準物質を製品評価技術基盤機構「標準物質総合情報システム」及びドイツ連邦材料試験研究所「国際標準物質データベース」へ登録した。

研究開発項目②「開発材による部品製造技術の開発及び実用性評価」

1) 超高純度金属材料の開発

(ア) 長期的開発部材の析出相の推定及び析出挙動調査

- 高純度材及び市販純度材について、析出物の事前予測のため、各温度における析出相と平衡時の析出量計算を実施したところ、平衡時はシグマ相やラーベス相と呼ばれる析出物が析出することが推定された。
- 時効熱処理後に析出物調査を行った結果、予測と実測が一致することが確認された。

(イ) クリープ強度評価

- 高真空誘導溶解炉を用いて溶製した長期的開発部材について鍛造・圧延等の加工により種々の条件に対応した試験片を作製し、プロジェクト期間内で最長5000時間のクリープ破断試験を実施した。
- 母材、溶接継手材のクリープ破断試験の結果及びクリープ破断強度や破断延性の差異についての組織的調査の結果、本部材が目標に掲げる700℃、10万時間におけるクリープ破断強度70

MP a 以上を達成する見通しを得ることができた。

2) 部材製造技術開発

(ア) 溶接性評価

- ・オーステナイト系ステンレス鋼、インコネル系材料及び長期的開発部材のトランスバレストレイン試験（溶接中ひずみ付与試験）を行い、他のオーステナイト材との高温割れ感受性の比較評価を行った。その結果、長期的開発部材は割れ長さが比較材に比べ長いこと、高温割れ感受性が比較材に比べ高いことがわかった。
- ・丸棒突合せ溶接試験片をTIG溶接にて作製した。溶接継手として、共金継手及びフェライト鋼との異材継手を製作し、曲げ試験を実施して継手部の組織観察並びに硬さ分布測定等を行った。その結果、共金継手及び異材継手ともに長期的開発部材を溶接金属とした溶接継手において、溶接金属に割れが発生した。組織観察の結果等から添加した微量の燐が影響していることが推定され、実用化を図る際の課題として抽出した。

《2》 ナノテク・先端部材実用化研究開発 [平成17年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

(平成20年度上期) 応募・採択状況

1. 応募状況

- ・応募件数23件（応募機関総数73（内訳：大学23（31.5%）、研究所13（17.8%）、企業37（50.7%））
- ・一機関当たりの応募件数の最高は独立行政法人 産業技術総合研究所の6（8.2%）、次は東北大学の3（4.1%）
- ・革新的ナノテクノロジーの内訳：ナノインプリント4.3%、精密ビーム加工技術4.3%、薄膜成長30.4%、自己組織化21.7%、ナノ空間30.4%、ナノファイバー技術17.4%、高度材料界面制御技術39.1%、高次組織制御技術47.8%、計測21.7%
- ・キーデバイスの内訳：燃料電池8.7%、ロボット4.3%、情報家電60.8%、健康福祉39.1%、環境・エネルギー56.5%

2. 採択状況

- ・採択案件4件、採択率17.4%
- ・採択機関総数15（内訳：大学5（33.3%）、研究所2（13.3%）、企業8（53.3%））
- ・採択機関の応募機関に対する割合：大学21.7%、研究所15.3%、企業21.6%、全体20.5%
- ・革新的ナノテクノロジーの内訳：ナノインプリント0%、精密ビーム加工技術0%、薄膜成長50%、自己組織化50%、ナノ空間25%、ナノファイバー技術0%、高度材料界面制御技術50%、高次組織制御技術25%、計測25%
- ・キーデバイスの内訳：燃料電池0%、ロボット0%、情報家電100%、健康福祉0%、環境・エネルギー50%

(平成20年度下期) 応募・採択状況

1. 応募状況

- ・応募件数32件（応募機関総数105（内訳：大学40（38.1%）、研究所16（15.2%）、企業49（46.7%））
- ・一機関当たりの応募件数の最高は東京大学の6（5.7%）、次は独立行政法人 産業技術総合研究所の5（4.8%）
- ・革新的ナノテクノロジーの内訳：ナノインプリント6.3%、精密ビーム加工技術9.4%、薄膜成長21.8%、自己組織化12.5%、ナノ空間18.8%、ナノファイバー技術12.5%、高度材料界面制御技術58.5%、高次組織制御技術43.8%、計測43.8%
- ・キーデバイスの内訳：燃料電池6.25%、ロボット12.5%、情報家電40.6%、健康福祉46.9%、環境・エネルギー65.6%

2. 採択状況

- ・採択案件4件、採択率12.5%。
- ・採択機関総数20（内訳：大学8（40%）、研究所4（20%）、企業8（40%））
- ・採択機関の応募機関に対する割合：大学20%、研究所8.2%、企業16.3%、全体19.0%
- ・革新的ナノテクノロジーの内訳：ナノインプリント0%、精密ビーム加工技術0%、薄膜成長0%、自己組織化0%、ナノ空間50%、ナノファイバー技術25%、高度材料界面制御技術25%、高次組織制御技術25%、計測0%
- ・キーデバイスの内訳：燃料電池0%、ロボット25%、情報家電50%、健康福祉25%、環境・エネルギー75%

平成21年度においては、以下を実施した。

1. 応募・採択状況

平成21年度は、地方主要都市での制度説明会や効率的な連携体制構築のアドバイス（個別相談）等を行った結果、応募件数が96件（上期46件、下期50件）と前年度比1.7倍に増加した。これに対し、本制度の趣旨に適合し

た早期実用化が期待できる有望課題16件（上期7件、下期9件）を採択した。

2. 中間評価の実施状況

平成20年度にステージI（先導的研究開発）で採択したテーマ8件に対して、外部有識者による中間評価を実施した結果、5件を計画の一部変更、3件を概ね現行どおり実施することとした。今年度は、制度改善として中間評価において技術の優位性のみならず事業的な観点からも審査できる委員を拡充し、外部有識者による絞り込み評価（ステージゲート）に向けた適切な指導を行った。

3. ステージゲートの実施状況

実用化の観点から有望シーズ技術を選抜してステージII（実用化研究開発）を実施するために、平成21年度にステージIを終了するテーマ9件に対して、ステージゲートを実施し、4件をステージIIに移行、4件を自社研究等、1件を他制度への応募等に移行させた。

4. 研究成果

平成21年度中間評価対象テーマ「高性能AD圧電膜とナノチューブラバーを用いたレーザTV用高安定光スキャナーの基盤技術開発（液晶方式や有機EL方式に比べて低消費電力化が期待できるハイビジョンのレーザTV用光ビーム走査エンジン（高速低速スキャナー）の開発）」では、高速スキャナーについては、新規な設計により駆動電圧20Vで光走査角度100度以上（従来比5～10倍）の走査角度を実現した。耐久試験は3万時間を越え、ステージIの最終目標とするレーザTVに必要な耐久寿命（5万時間）の達成に目処をつけた。さらに低速スキャナーについては、10V以下の低駆動電圧で光学スキャン角60度以上の広角駆動を実現した。また信頼性試験を開始し9万時間相当の寿命試験をクリアしステージIの最終目標を達成し、モバイル用途等に適するデバイス応用を促進した。

平成21年度ステージゲート対象テーマ「セルロースシングルナノファイバーを用いた環境対応型高機能包装部材の開発（TEMPO^{※1}触媒を用いて分解したセルロースシングルナノファイバーを用いた環境対応型高機能包装部材の開発（TEMPO^{※1}触媒を用いて分解したセルロースシングルナノファイバーを用いた環境対応型高機能包装部材の開発）」では、セルロースシングルナノファイバー（CSNF）とポリ乳酸を複合したフィルムの酸素透過度を世界で初めて700分の1以下に低下させた。さらに、量産化を見込んで1バッチ500gのTEMPO酸化セルロース製造装置を開発するとともに、触媒の再利用によって製造コストを40%以上低減させた。平成22年度からステージIIに移行する予定。

※1 TEMPO: 2, 2, 6, 6-tetramethylpiperidine-1-oxyl radical の略、水溶性で安定なニトロキシルラジカル

平成22年度においては、以下を実施した。

革新的ナノテクノロジーと新産業創造戦略の重点分野をつなぐ、川上と川下の垂直連携、異業種・異分野の連携で行う研究開発テーマについて、以下のとおり、公募により新たな実施者を選定したほか、前年度までに採択したテーマを推進し、中間評価もステージゲート評価を行った。

1. 応募・採択状況

平成22年度は、地方主要都市での制度説明会や効率的な連携体制構築のアドバイス（個別相談）等を行った結果、応募件数が80件であった。その後厳正なる審査を経て、本制度の趣旨に適合した早期実用化が期待できる有望課題6件を採択した。

2. 中間評価の実施状況

平成21年度にステージI（先導的研究開発）で採択したテーマ16件に対して、外部有識者による中間評価を実施した。その結果、研究開発内容の選択と集中を行い、研究開発の効率化を促進した。

3. ステージゲートの実施状況

実用化の観点から有望シーズ技術を選抜してステージII（実用化研究開発）を実施するために、平成22年度上期までにステージIを終了するテーマ2件に対して、ステージゲートを実施し、1件をステージIIに移行、1件を自社研究に移行させた。

なお平成23年度より「イノベーション推進事業」に統合されることを受け、平成22年度下期よりステージゲートは実施しないこととした。

4. 研究成果

平成22年度中間評価対象テーマ「革新的な高性能有機トランジスタを用いた薄型ディスプレイ用マトリックスの開発」では、 $10\text{ cm}^2/\text{Vs}$ のキャリア移動度を有する有機トランジスタを開発した。この性能は従来の結果を遙かにしのぐ値であり、例えば、ディスプレイパネルに利用した場合、従来のアモルファスシリコン材料を用いた場合より、1桁速い動画が表示可能となる。

平成22年度ステージゲート対象テーマ「スライドラッシング・マテリアルを用いた先端高分子部材の開発研究」では、超分子構造の一種であるポリロタキサンを架橋して得られるスライドラッシングマテリアル（SRM）を誘電層に用いることにより、低電圧で動作可能な誘電アクチュエータの開発を目的としている。SRM誘電アクチュエータを組み込んだロボットハンドデモ機を試作し、指先を駆動させることに成功した。

平成22年度事後評価対象テーマ「遷移金属酸化物を用いた超大容量不揮発性メモリとその極微細加工プロセスに関する研究開発」では、遷移金属酸化物を電極で挟んだ構造で現れる、巨大抵抗スイッチ現象を用いた不揮発性ランダムアクセスメモリ（RRAM）の開発を行い、低消費電力でかつ高速書き換えが可能なRRAMをシンプルな回路構成で安価に製造することが可能となった。「環境調和型電力機器実現のためのナノコンポジット絶縁材料の研究開発」では、温室効果の高い六フッ化硫黄ガスを使用しない固体絶縁材料を開発した。「自己組織化有機単分子膜を用いた、電界効果トランジスタ型マイクロチップpHセンサおよびバイオセンサの開発」では、世界初の完全固体超小型pHセンサを開発した。これら3テーマにおいては、関係企業により早期の商品化、市場獲得を目指した開発が進められている。

《3》カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所 ナノカーボン研究センター長 飯島澄男氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「カーボンナノチューブ量産化技術開発」

「カーボンナノチューブ量産化技術開発」においては、以下の6項目について検討、実施した。
(実施体制：日本ゼオン株式会社、独立行政法人 産業技術総合研究所)

(1) 触媒・助触媒・基板の研究

安価で信頼性の高い触媒系及び基板再利用プロセスの開発に成功した。塗布液の改良で単層カーボンナノチューブ(SWCNT)成長の安定性の改善に成功した。湿潤触媒塗布、SWCNT合成、SWCNT回収、基板クリーニングを連続でかつ全自動で行える、基板長期耐久試験システムを導入・立ちあげた。

(2) 大面積化カーボンナノチューブ合成技術の開発

A4サイズサンプルの品質評価を行い、品質の不均一性が新しい課題として判明した。また、スーパーグロス大面積CVD合成装置検討システムにおいて、A4サイズサンプルの合成の再現性が取れない状況が続いていたが、原因解明のための対策・実験を継続した結果、再現性の実現の可能性を見出すことに成功した。

流体シミュレーションによって、連続合成検討システム(連続炉)に搭載する各種要素技術について、CNT合成に最適なガス給排気系を設計した。連続合成検討システム(連続炉)を立上げ、実験条件を最適化することにより、従来法で合成したSWCNTと同等のSWCNTを連続合成検討システム(連続炉)で合成することに成功した。

(3) 長尺化・高効率カーボンナノチューブ合成技術の研究

基板面積当たりの収量を増加させるために、炭素源供給を最適化する合成法の開発を開始した。炭素効率20%(前年度までの実績の2倍)、平均収量 7.5 mg/cm^2 (前年度までの実績の5倍)、比表面積 $1100\text{ m}^2/\text{g}$ を達成した。これにより基本計画の成長効率100,000%以上、炭素効率10%以上、生産速度 $0.03\text{ g/h}\cdot\text{cm}^2$ を達成した。

(4) 構造制御カーボンナノチューブ合成技術の研究

触媒形成の温度といった触媒形成条件を制御することにより、カーボンナノチューブ構造体中のカーボンナノチューブのサイズ、密度、高さ、収量の制御を行った。触媒形成プロセス調整で直径制御(1.9~3.2nm)に成功した。

(5) キャパシタ最適カーボンナノチューブ探索及び合成技術の研究

高効率SWCNT合成及び触媒形成プロセス調製CVD装置で合成したカーボンナノチューブを用いたキャパシタを試作し、基本性能を評価した。

(6) 単層カーボンナノチューブ標準化のための計測評価技術の開発

SWCNT標準化のためにUV吸収、蛍光発光法及びラマン分光法を用いたSWCNTの純度評価技術を開発し、得られた結果をISO標準化にむけたワーキングドラフトに反映させた。

研究開発項目②「カーボンナノチューブキャパシタ開発」

「カーボンナノチューブキャパシタ開発」において、以下の3項目について検討、実施した。(実施体制：日本ケミコン株式会社、独立行政法人 産業技術総合研究所)

(1) デバイス製造技術の開発

最終目標である1000F級キャパシタ開発を踏まえ、大型CNTシートの作製を開始した。大量入手可能な汎用CNTをモデル材料としてCNT分散技術を駆使することで、バインダーフリーにもかかわらず高い力学的(引っ張り)強度を持つ大型(200mm Φ)CNTシートの作製に成功した。さらに平成19年度までに開発したSWCNTと集電体との接合技術により、評価用キャパシタ電極面積(約 2 cm^2)の約20倍(約 40 cm^2)のCNT電極をバインダー・接着剤フリーで作製した。また評価用キャパシタとして、40Fの積層SWCNTキャパシタを作製し、中間目標(15Wh kg^{-1} , 10kWh kg^{-1})を上回る16Wh kg^{-1} のエネルギー密度、10kWh kg^{-1} の最大パワー密度を持つセル作製に成功した。

(2) 高性能化技術開発

量産SWCNTにおいて混入可能性のある金属不純物の影響に関して分析・検討し、酸処理による金属除去条件の最適化を開始した。

蓄電メカニズム、開口処理方法による細孔径の制御、細孔内への電解液・電解質イオンの浸透が十分であるかなど、開口による高エネルギー密度化のための条件を検討し、電解液が十分浸透できる処理条件を明らかにした。一方で、開口処理による電気容量増加に一定の上限があることが明らかになってきたので、エネルギー密度の更なる向上のための検討を開始した。

(3) コンポジット電極の研究開発

有機ポリマーおよびその原料モノマーとして、数十種類の新規フルオレン誘導体および数種類のポリフルオレンを合成し、活物質とSG-SGCNTとのコンポジット電極を作製した（有機活物質の合成：岡山大学再委託、ポリマー重合：独立行政法人 産業技術総合研究所環境化学研究部門の協力による成果）。正極材料にポリフルオレンコンポジット電極を用いたSWCNTキャパシタは、DC負荷前では 28Whkg^{-1} と高いエネルギー密度を有し、さらに1000時間のDC負荷後においても活性炭セルの約2倍のエネルギー密度を維持することを明らかにした。また上記有機ポリマーに加え、高い擬似容量を発現する金属酸化物の中で、より安価な材料である酸化マンガンを用いたコンポジット（ $\text{MnO}_2/\text{SWCNT}$ ）電極の作製に成功し、活性炭セルの約4倍のエネルギー密度が期待できる非水系レドックスキャパシタ負極材料であることを確認した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は研究開発の状況変化に伴い、プロジェクト体制を変更するため、プロジェクトリーダーを日本ゼオン株式会社常務取締役 荒川 公平氏に交代し、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「カーボンナノチューブ（CNT）量産化技術開発」

(1) 触媒・助触媒・基板の研究

高収率、高品質、構造制御を実現するために、湿潤触媒、湿潤助触媒の改良を行い、基板再利用まで含めたプロセスに最適な安定・均一な塗布技術開発を行った。その結果、A4サイズ基板で、高収率・高品質・均一なCNT成長に成功した。また、基板長期再利用試験システムを用いて基板の長期寿命試験を実施し、基板の再利用プロセスの開発、基板の変形防止技術の開発に成功した。

(2) 大面積化CNT合成技術の開発

スーパーグロス大面積CVD合成装置検討システムのガス供給系について流体シミュレーションを用いて再設計し、A4基板よりさらに大面積（約 $500 \times 200\text{mm}$ ）基板でのCNT成長技術の開発に成功した。また、キャパシタ作製向けのCNTサンプル提供を確実に実施した。

連続合成検討システム（連続炉）の炉壁、ガスシャワー等をCNT成長に適した金属材料で構成し、石英炉と遜色ない安定的CNT成長に成功した。また、連続合成プロセス探索部を用いて炉材探索試験CNT合成環境に強い炉材の開発を実施し、金属化連続炉での安定的連続CNT合成が可能である事を実証した。

(3) 長尺・高効率CNT合成技術の研究

水分以外の触媒賦活物質と高効率成長の可能性を探索し、超高効率成長が可能である一般則を見出した。製造コスト削減のため、高速合成技術開発に取り組み、新しい賦活剤により生産速度 $0.1\text{g/h}\cdot\text{cm}^2$ を達成し、最終目標の生産速度 $0.06\text{g/h}\cdot\text{cm}^2$ 以上を達成した。スーパーグロス（SG）の成長反応を調べ、水分の0次反応を発見し、スーパーグロス法の化学反応モデルを構築した。

(4) 構造制御CNT合成技術の研究

高分解能・広範囲で容易に成長カーブを測定できる光学システムを構築し、全自動合成装置をあわせて、所望の高さおよび直径を制御したナノチューブ構造体の合成技術を開発した。

(5) キャパシタ最適CNT探索及び合成技術の研究

FAST-CVD法（炭素源を最適に供給する気相合成法）で構造制御合成したCNTを用いたキャパシタを試作し、キャパシタとしての基本性能（充放電特性等）を評価した。

(6) 単層CNT標準化のための計測評価技術の開発

単層CNT標準化のために紫外吸収分光法、蛍光発光法及びラマン分光法を用いた単層CNTの純度評価技術を開発し、得られた結果をISO標準化にむけたワーキングドラフトに反映させた。

研究開発項目②「カーボンナノチューブキャパシタ開発」

(1) デバイス製造技術の開発

1,000F級デバイス作製に向けた大型スーパーグロス法による単層CNT電極作製およびキャパシタセル作製の技術開発を開始した。平成20年度より開始した汎用CNTを用いた大型シート作製技術および集電体との接合技術を基に、汎用CNTによる大型キャパシタ用シートおよび電極作製を引き続き試みた。分散条件・分散溶媒・プレ分散の追加などの手法を駆使し、小型スーパーグロス単層CNTシートと同程度の密度を有する大型スーパーグロス単層CNTシートの作製に成功した。この大型スーパーグロス単層CNTシートも汎用CNT同様、プレス接合すると電解液含浸に伴う復元現象が確認されたが、復元後も高いシート密度を維持できることを明らかにした。スーパーグロス単層CNTキャパシタの寿命特性に関して、複数の異なるDC負荷温度での寿命試験を行い、その結果、最終目標（15年）を上回る約16年の寿命が推定された。

(2) 高性能化技術開発

平成19、20年度に引き続き、量産スーパーグロス単層CNTにおいて、遷移金属混入による影響を低減させるため、酸処理による金属除去条件の最適化を行った。種々の酸水溶液と処理温度を検討した結果、キャパシタ特性への影響を最小限にし、かつキャパシタ特性に大きな悪影響を及ぼさない遷移金属除去条件を確立した。

(3) コンポジット電極の研究開発

金属酸化物を用いたコンポジット電極開発では、平成20年度末に革新的な分散・添着処理により作製したナノ結晶チタン酸リチウム/スーパーグロース単層CNTコンポジット材料を用いた電極が、他のナノカーボン材料を用いた電極に比べ、キャパシタ負極材料として優れたレート特性を示すことを確認した。

また、有機ポリマーを用いたコンポジット電極開発では、主鎖末端にエステル基以外の電子吸引基を導入したフルオレンオリゴマー（フルオレンのユニット数：1-5）を合成し、得られたフルオレンオリゴマーとスーパーグロース単層CNTとのコンポジット電極の電位サイクル（電極寿命）試験を行い、キャパシタの負極材料としての評価を行った。その結果、エステル基置換ポリフルオレンよりもサイクル特性が優れていることを確認した。

平成22年度においては、以下を実施した。

キャパシタの電極材料として活性炭に代わりカーボンナノチューブ（以下、CNT）を用いることにより、活性炭電極のような接触抵抗をなくし、電極材料に起因するセルの内部抵抗を最小限にし、キャパシタの需要に求められる高出力、高エネルギー密度、長寿命の電気二重層キャパシタを開発することを目的に、日本ゼオン株式会社取締役 荒川公平氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「CNT量産化技術開発」

- (1) 新規に開発したスーパーグロース法により、中間目標を満たしたCNTを長さ10mmで生成することに成功した。
- (2) 連続生産に必要な実証プラントを作製し、生産能力については2007年度より120倍の改善がみられた。上記により目標達成の見通しが得られた。
- (3) 大型単層CNTシートの作製工程を最適化し、活性炭シートと同等の単層CNTシート高密度化を達成した。

研究開発項目②「CNTキャパシタ開発」

大型単層CNT電極シートの接合不良を改善し、20Wh/kgのエネルギー密度、10kW/kgのパワー密度を持ち、寿命15年を有するキャパシタをデバイスレベルで開発した。合わせて1000F級のCNTキャパシタ試作を実施し、コンポジット電極（ナノハイブリッドキャパシタ）により、実用化の見通しを得た。

- (1) エネルギー密度21Wh/kg、パワー密度11kW/kg、16年の寿命（@3.0V）を有するコンポジット電極内電極活性物質/単層CNTを用いた多積層非対称キャパシタを試作した。
- (2) エネルギー密度向上のためキャパシタ素子の電極体積占有率を90%以上にした。
- (3) 1.96ΩFの時定数を得た。
- (4) CNTへの分散技術を最適化することにより、抵抗を抑制しつつ、コンポジット電極内電極活性物質（HV）充填率80%を得た。

本プロジェクトの数値目標は概ね達成された。プロジェクトで整備された単層CNTの合成要素技術がつくばイノベーションアリーナの量産実証プラントに適用され、200kg/年の生産量が期待される。これにより各種応用用途への出荷が可能になり、単層CNTの実用化の目処を得た。キャパシタについては、1000F級キャパシタが試作され、コンポジット電極（ナノハイブリッドキャパシタ）による実用化を先行して目指すことになった。

《4》三次元光デバイス高効率製造技術 [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

国立大学法人京都大学大学院工学研究科材料化学専攻教授 平尾 一之氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「デバイス化加工用ガラス材料技術」

(1) デバイス加工用ガラス材料技術共通目標

密度変化による異質相形成（屈折率変化）のメカニズム解明に引き続き、元素分布形成による屈折率変化の屈折率制御の可能性とメカニズムの解明を実施した。その結果、元素分布の様子はガラス材料を構成している元素の組み合わせにより変化し、SiO₂を主成分とするシリケートガラスにおいてはSiが中心に集まる傾向にあることがわかった。

(2) 三次元光学デバイス用ガラス材料技術

レーザー照射によりガラス内部に形成される異質相の屈折率差に関して、光学ローパスフィルタ用材料としての加工条件及び組成の最適化の検討を行った。また、選定されたガラスを加工した結果、屈折率差が約0.015取れるガラス材料があることが確認された。このときのピークパワー密度は、従来比で10分の1程度であった。

(3) 三次元光回路導波路デバイス用ガラス材料技術

光伝送損失因子の特定とその低減化の検討により、合成石英ガラスおよび一部のホウケイ酸塩ガラスにおいて光伝播損失：0.1dB/cmの材料を実現した。また、元素分布形成により、光導波路構造が形成可能であることを確認した。分岐デバイスとして空間光変調器を利用した一括加工光学システムおよびホログラム作成プログラムを構築し、ダンマングレーティングおよびY分岐導

波路の一括形成を各種ガラスにて試みた。その結果、Au含有ガラスにおいて比較的低閾値にて分岐が可能な素子が得られることを確認した。

研究開発項目②「三次元加工システム技術」

(1) 三次元加工システム技術

ガラス・ホログラムとフェムト秒レーザーを使用した三次元光デバイス加工システムの設計と構築を行った。このシステムと次項(2)で述べるホログラム作製技術と設計技術を駆使して、直線導波路型としての異質相を形成するCGH(Computer Generated Hologram)を介してフェムト秒パルスレーザーをシリカガラスに照射し、ガラス内部に断面が $9 \pm 0.9 \mu\text{m}$ の棒状異質相と3次元ホログラムを用いてガラス内部の一辺が $60 \mu\text{m}$ の立方体内に三次元螺旋状に分布する24点・24層の異質相を一括照射により形成した。

(2) 波面制御三次元加工システム技術

更なる高速化(従来比7倍以上)を目指し、ガラスホログラムの製作精度の改善を行った。

(3) 空間光変調器三次元加工システム技術

薄膜や液晶の材料の検討およびデバイスの構造の検討を基に位相変調型液晶空間光変調器(LCOS-SLM)を試作し、中間目標を達成した。さらに繰返し周波数1kHz、パルス幅100fsのフェムト秒レーザー光に対して $50 \text{GW}/\text{cm}^2$ の耐光性の達成、また開発したLCOS-SLMを内蔵する光波面制御モジュール試作機を試作するとともに波面制御技術の開発を進め、計算機合成ホログラム(CGH)を入力することで、三次元の光パターン生成を実現した。

研究開発項目③「三次元加工システム応用デバイス技術」

(1) 三次元光学デバイス技術

1枚のガラス中に光学ローパスフィルタを多点描画にて作成し、方向無依存性が実現されていることを確認した。光学ローパスフィルタを一括描画で一次試作し問題点を抽出した。

(2) 三次元光回路導波路デバイス技術

逐次描画による直線導波路において、レーザー照射条件制御により、目標であるコア径 $9 \mu\text{m}$ の直線導波路を描画し、 $\pm 1 \mu\text{m}$ の加工精度で光伝播損失 $0.1 \text{dB}/\text{cm}$ の導波路を描画することができた。

平成21年度においては、以下を実施した。

国立大学法人京都大学大学院工学研究科材料化学専攻教授 平尾 一之氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「デバイス化加工用ガラス材料技術」

(1) デバイス加工用ガラス材料技術

昨年度に引き続き元素の分布形成による屈折率変化制御の可能性とメカニズムの解明を実施した。屈折率変化のメカニズムについては、高繰返しレーザー照射(200kHz以上)による熱の蓄積効果が重要であり、結果として生じる高温かつ急峻な温度勾配による元素移動(分布)に起因し発現する現象であることをシミュレーションにより確認し、光デバイス応用の可能性を見出した。

(2) 三次元光学デバイス用ガラス材料技術

逐次照射加工でガラス母材と異質相との屈折率差が0.015以上と確認されたガラスに対して、ガラス・ホログラムを用いた一括加工により、ライン状の加工が可能であることを確認した。同時に、光学ローパスフィルタへの適用の観点から、前記ラインの光軸方向の伸びは目標とするフィルタ厚みの $300 \mu\text{m}$ 以下で制御できることが確認できた。以上の通り加工条件および組成の最適化の検討を行い、三次元光学デバイス用ガラス材料実現の可能性を見出した。

(3) 三次元光回路導波路デバイス用ガラス材料技術

数十ミクロンのコア径を有する光導波路の形成に成功した。さらに、ガラス内部の局所的な元素分布形成技術を利用することで、三次元的な相分離領域の形成や非線形光学結晶析出が実現できることを確認し、三次元光回路導波路デバイス用ガラス材料実現の可能性を見出した。

研究開発項目②「三次元加工システム技術」

(1) 三次元加工システム技術

フェムト秒パルスレーザーをシリカガラスに照射し、ガラス内部に断面が $9 \pm 0.9 \mu\text{m}$ の棒状異質相と3次元ホログラムを用いてガラス内部の一辺が $60 \mu\text{m}$ の立方体内に三次元に分布する80点の異質相を一括照射により形成した。これらの実験により、製作したデバイスの基本情報からホログラムとデバイス設計に必要な加工基礎データを取得した。

(2) 波面制御三次元加工システム技術

ホログラム設計環境については、レーザー加工機のビームプロファイルを考慮し、設計するホログラムによって、そのプロファイルデータを適用できるように設計システムを変更し、設計の精度や柔軟性を改善した。

(3) 空間光変調器三次元加工システム技術

三次元加工システムに必要な位相変調型液晶空間光変調器(LCOS-SLM)の改良を進め、それを内蔵するフェムト秒レーザー光波面制御モジュールの開発および実験評価を行い、最終目標を達成したため開発を完了した。

研究開発項目③「三次元加工システム応用デバイス技術」

(1) 三次元光学デバイス技術

光学ローパスフィルタを一括描画で作製するための異質相形成に関する実験データを前年度に引き続き取得した。

(2) 三次元光回路導波路デバイス技術

従来の二次元描画用ホログラムにフレネルレンズのホログラムを合成することで三次元一括描画が可能なシステムを構築した。三次元曲げ導波路の一括形成と金イオン含有ガラス材料を用い0次の回折光が抑制可能な分岐光導波路、および回折光学素子を作製し、それらの加工精度、光伝播損失を向上させた。

なお、平成22年度以降は「新機能創出ガラスの加工技術開発プロジェクト」に統合して実施した。

《5》 ナノ粒子特性評価手法の研究開発 [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

工業ナノ粒子のリスク評価手法を確立することを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所安全科学研究部門長 中西 準子氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「工業ナノ粒子のキャラクタリゼーション手法の開発」

多層カーボンナノチューブ (MWCNT) に関して吸入暴露試験へ適用するための液中分散調製技術、気中分散調製技を開発した。気中分散粒子の多元特性計測システムを高度化し、MWCNT、フラーレン、すすが一定範囲で識別できることを示した。細胞培養液中に分散した金属酸化物ナノ粒子の平均粒子径と分散安定性の評価手順書を作成した。MWCNTを吸入暴露したラット肺組織の透過型電子顕微鏡観察を行い、その取り込みや時間推移について調査した。

研究開発項目②「工業ナノ粒子の暴露評価手法の開発」

炭素系ナノ粒子、金属酸化物ナノ粒子について、製造・使用現場の環境調査を実施し、得られた定量・定性的情報を基礎に工業ナノ粒子5類型について排出シナリオ文書を作成した。文献情報やアンケート調査の結果も取り入れて粒子の量、サイズ、性状等の情報を含んだ定量・定性的な暴露量の推定を実施した。フラーレンに関し、加熱昇華法による気中分散粒子の粒径・濃度観測から、粒子化プロセスの速度論解析に基づいた挙動モデルの作成を試みた。

研究開発項目③「工業ナノ粒子の有害性評価手法の開発」

フラーレンの吸入暴露試験、気管内注入試験、MWCNTの気管内注入試験を実施し、有害性評価を行った。二酸化チタンの経皮暴露試験を重ね、その皮膚形態学的影響評価手順書を作成した。約30種類の工業ナノ粒子に関し、in vitro 試験を実施し、生体影響プロファイルを充実させた。MWCNTの皮下移植試験を実施し、皮下組織の病理学的解析を行った。

研究開発項目④「工業ナノ粒子のリスク評価及び適正管理の考え方の構築」

プロジェクトで得られた有害性評価、暴露評価、リスク判定の内容を改訂しながら他の周辺情報に関する情報を整理し、暫定的なリスク評価書を作成し、外部有識者のレビューをした。成果や情報の発信と意見の収集を目的として国際シンポジウムを開催した。ナノテクノロジー使用の消費者製品に関する情報の収集を継続し、4年間にわたる一般市民に対するアンケート調査の結果を解析して報告書を取りまとめた。それらの結果を基に、ナノテクノロジーのガバナンスに向けた提言をまとめた。

平成21年度においては、以下を実施した。

産業技術総合研究所安全科学研究部門研究部門長 中西 準子氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「工業ナノ粒子のキャラクタリゼーション手法の開発」

単層カーボンナノチューブ (CNT) 液中分散試料の調製法及びキャラクタライズ手法を検討し、気中分散系の長時間連続発生のための適切噴霧条件を求めた。気中繊維状粒子の帯荷電補正法の検討と多元特性同時評価手法の検討を行った。in vitro 試験用の液分散試料のキャラクタライズ手法を検討し、分散安定性を評価した。生体組織中の多層CNTの定量分析手法を開発し、暴露動物の肺中での残存量の経時変化を測定した。各種エアフィルタのナノ粒子捕集効率を計測・評価した。

研究開発項目②「工業ナノ粒子の暴露評価手法の開発」

工業ナノ粒子の排出について現場調査・模擬試験を行うとともに文献等の収集・解析を進め、25種類の排出シナリオ文書と暴露シナリオ文書の素案を作成するとともに、その結果をリスク評価書の暴露評価に反映させた。気中分散させたフラーレン粒子の拡散に伴う凝集過程のチャンバー試験と数値計算による解析を行い、モデルパラメータを取得した。

研究開発項目③「工業ナノ粒子の有害性評価手法の開発」

単層CNTについて、気管内注入試験及び4週間の安定的な吸入暴露試験を実施した。平成20年度に引き続きフラーレンと多層CNTの吸入暴露試験及び気管内注入試験の長期観察を行った。二酸化チタンの慢性経皮暴露試験を行った。多層CNTのマウス皮下移植試験での移植後長期影響を解析・評価した。気管内注入試験からの吸入暴露試験の外挿法を検討した。in vitro 試験では、生体影響プロファイルを充実させるとともに、試験法マニュアルのひな形を作成した。

研究開発項目④「工業ナノ粒子のリスク評価及び適正管理の考え方の構築」

CNT・フラーレン・二酸化チタンの詳細リスク評価書について、外部有識者によるレビュー結果

を反映させるとともに、関連する情報収集・解析を継続し、中間報告版として取りまとめ公表した。
消費者商品情報調査、欧米での事業者の取組・法規制の調査を行い、報告として取りまとめた。

なお、平成22年度以降は「化学物質リスク評価管理技術体系の構築（第2期）」に統合して実施した。

《6》 ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発—窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発 [平成19年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

名城大学教授 天野浩氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高品質大口径単結晶基板の開発」

高品質大口径単結晶基板の開発においては、溶液攪拌条件、基板配置及び成長温度・圧力を検討することにより、2インチ全体でインクルージョンフリー有極性高品質GaN結晶育成の目処を得た。また、炭素添加条件等の検討により、0.5～1cm角の高品質・無極性GaN結晶の育成を実現した。またGeと炭素の共添加条件の検討により0.02Ω・cmの高導電性GaN結晶、Fe添加条件と育成系の高純度化の結果、従来に比べて約2.5倍の高抵抗化をそれぞれ実現した。m面4.5mmφGaN自立種結晶において、LPE成長に影響を及ぼすSi不純物濃度を $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下に低減した。

研究開発項目②「高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発」

高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発においては、超高速バルブスイッチング高温デジタルMOVPE装置について、シミュレーションを活用して設計し、導入を行った。AlGaNチャネル層を持つFET構造を試作し、AlN基板の有用性を確認した。新In原料によるGaN/アンドープGaN(In組成～0.38(c面GaN上)、0.43(a面GaN上)ヘテロ接合構造成長を達成した。

研究開発項目③「窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの評価」

窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの評価においては、研究開発項目①で育成したGaN基板上に研究開発項目②でAlGaN/GaNヘテロ接合をエピタキシャル成長し、その上にプロセス要因を極力排除した標準プロセスを用いて、横型デバイスでは、プレーナ円形ゲート構造の電界効果トランジスタを作製した。試作したゲート長3μmの素子において、最大ドレイン電流510mA/mmの良好な特性を確認した。また、同GaN基板上に作製した縦型p-nダイオードにおいて、1kVを超える逆耐圧が実測され、市販HVPE基板に対する逆耐圧特性の優位性を確認した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は研究開発の状況変化に伴い、プロジェクト体制を変更するため、プロジェクトリーダーを国立大学法人福井大学大学院工学研究科教授 葛原 正明氏に交代し、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高品質大口径単結晶基板の開発」

- (1) 窒化物単結晶成長における基礎技術の検討では、溶液攪拌条件、基板配置及び成長温度・圧力の検討を行った。
- (2) その結果、大口径種結晶の開発では、4インチ全体でインクルージョンフリーの有極性高品質GaN結晶育成の目処を得た。各種無極性種基板結晶上へのLPE(液相エピタキシャル)成長を実施したところ、a面GaN種基板結晶上へのLPE成長では、XRC(X線ロックアップ)半値幅は100秒以下と狭く、a面GaNにおいてNaフラックスLPE法により結晶性が大幅に改善することを示した。
- (3) 高導電性窒化物単結晶基板の開発では、Ge添加条件の検討により、Ge取込量 $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ において抵抗率0.017Ω・cmの高導電性GaN結晶を実現した。
- (4) 高抵抗窒化物単結晶基板の開発では、Zn添加条件と育成系の高純度化の結果、 $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ の高抵抗化を実現した。a面GaN種結晶育成において、XRC半値幅が600秒以下の高品質化に成功した。

研究開発項目②「高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発」

- (1) 大口径基板上の高品質エピタキシャル結晶成長技術では、超高速バルブスイッチング高温デジタルMOVPE(有機金属気相成長)装置を用いてGaNの成長を行い、4インチまでの優れた均一性を確認した。
- (2) 高In組成窒化物層成長技術では、新In原料によるInNの成長を行い、新原料の有用性、および加圧MOVPE成長の有用性を確認した。
- (3) 高Al組成窒化物層成長技術では、AlN及びAlGaNの原子層エピタキシーに成功した。
- (4) 結晶成長その場観察評価技術の開発では、新しい測定原理に基づき、ウェハ形状を二次元的にその場観察できる装置を開発し、非極性面上のヘテロ構造成長時の異方的なウェハのそのその場観察に、世界で初めて成功した。

研究開発項目③「窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの評価」

- (1) 横型電子デバイスの評価では、研究開発項目①で育成したGaN基板上に研究開発項目②でエ

ピタキシャル成長したAlGaIn/GaNヘテロ構造を形成し、その上にプロセス要因を極力排除した標準プロセスを用いて、プレーナ円形ゲート構造の横型電界効果トランジスタを作製した。試作したゲート長3μmの素子において、最大ドレイン電流510mA/mmの良好な特性を確認した。

- (2) 縦型電子デバイスの評価では、縦型ダイオードの耐圧特性において、市販のHVPE（ハイドライド気相成長）基板に対するNaフラックス基板の優位性を確認した。
- (3) 窒化物単結晶基板上デバイスの優位性確認では、GaN基板と他材料基板上に試作したAlGaIn/GaNヘテロ構造FET（電界効果トランジスタ）やダイオードの直流特性を比較し、GaN基板上に作製したデバイスの優位性を確認した。また、スイッチング電源回路において高効率特性を確認した。
- (4) 有極性及び無極性デバイス構造の比較では、無極性基板を用いたダブルヘテロ構造FETの特性シミュレーションを実施した。無極性基板上デバイスの試作も進行中であるが、エピ構造の最適化が未達成のためデバイス動作には至っていない。

【中間評価結果】

高い目標設定にも関わらず中間目標はほぼ達成され、未達成の項目においても検討すべき課題が明確にされ、最終目標は達成の見込みが高く、実用化につながる期待も高い。また、企業研究者のみならず大学での若手研究者の人材育成に関してもその波及効果は大きく、我国の科学技術の発展に寄与するものと評価された。また、技術開発項目が多いので、想定する出口イメージと技術開発項目の関係を整理して開発項目の優先度を明確にし、開発状況、外部状況の変化を見ながら必要であれば修正する。本研究の進捗は最上流の基板結晶の供給量により律速されるため、これまで以上に迅速でスループットの高い複数プランによる結晶供給体制の構築するよう指摘を受けた。

【中間評価への対応】

指摘事項への対応として研究開発項目の優先度の見直しを行い結晶基板の供給確保を優先する方向で、プロジェクト運営に反映した。

平成22年度においては、以下を実施した。

従来の半導体材料では実現できない領域で動作可能なハイパワー・超高効率の電力素子、超高速電子素子などの作製に必要な窒化物半導体結晶成長技術の確立を目指し、「高品質大口径単結晶基板の開発」等に取り組むことにより、我が国のエネルギー消費量削減に大きく貢献することを目的に、福井大学教授 葛原 正明氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高品質大口径単結晶基板の開発」

大口径有極性基板の開発においては、 $10^4 \text{ cm}^{-2} \sim 10^5 \text{ cm}^{-2}$ 台の2インチφ基板を実現した。また、円運動反転間欠動作攪拌で、φ4インチ基板全面にLPE成長実現した。

高導電性・高抵抗基板の開発においては、Ge高濃度添加で低抵抗化（有（無）極性： $\rho < 0.01 \Omega \cdot \text{cm}$ 、キャリア密度 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）を、Zn高濃度添加で、高抵抗化（有極性 $\rho \sim 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 、（無極性） $1.5 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ ）に成功した。

高品質無極性種結晶の開発については、転位密度 $< 10^6 / \text{cm}^2$ の無極性GaN結晶をNaフラックス法により実現した。また、転位密度 $< 10^8 / \text{cm}^2$ のa面GaN種結晶を実現した。

研究開発項目②「高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発」

大口径基板上の高均一・高品質結晶成長技術の開発では、超高速バルブスイッチング高温デジタルMOVPE装置を用いて、4インチサイズにおけるAlN及びAlGaInの原子層エピタキシーに成功した。また、無極性面上GaNにおけるオフ角制御の重要性を確認した。

高In組成窒化物層成長技術の開発では、In組成0.6までのGaInNチャンネルFET構造を作製し、基本動作を確認した。また、In組成の均一性、膜厚分布ともに $\pm 10\%$ を達成した。

高Al組成窒化物層成長技術の開発では、シミュレーションによるガス流予測を行い、デジタルMOVPE装置で、均一性の良い、Al組成60%を超える高Al組成AlGaInの作製に成功した。

その場観察評価技術の開発では、MOVPE装置にて2インチ基板上MOVPE成長における原子レベルの成長総厚その場観察を実現した。

研究開発項目③「窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの作製と評価」

窒化物基板上の横型デバイス・縦型デバイスの優位性実証の検討では、横型FETにおけるゲートリークと表面モホロジの相関を確認した。また、縦型FETにおけるリーク電流の起源の探索を実施した。更に、エッチピットによる結晶欠陥の同定に成功した。

窒化物単結晶基板上デバイスの優位性確認については、GaN基板上に実機動作SBDを試作した。また、AlN基板上AlGaInチャンネルFETを試作し（世界初）、耐圧2000Vを確認した。

有極性、及び無極性デバイス構造の比較検討については、無極性基板上にHEMT構造を試作したが、デバイス動作に至らず、今後に向けての課題を抽出した。

なお、平成23年度以降は「次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発」に統合して実施した。

《7》低炭素社会を実現する革新的カーボンナノチューブ複合材料開発プロジェクト

[平成22年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトは、経済産業省が、企業、大学等の研究機関（委託先から再委託された研究開発実施者を含む）から公募によって研究開発実施者を選定し、共同研究契約等を締結する研究体を構築して、開始したものである。NEDOは、平成23年1月に運営・管理を承継した

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「単層CNTの形状、物性等の制御・分離・評価技術の開発」

グループリーダーの所属：東レ（株）化学品研究所 本田史郎 ケミカル研究室長

- ・eDIPS (enhanced Direct Injective Pyrolytic Synthesis) の直径範囲0.9～2.1nmにおいて直径制御合成を達成
- ・eDIPS法のCNTにおいて結晶性を示すG/D比200以上を達成
- ・大型eDIPS合成装置を作製し、反応器容量として従来の4倍を達成
- ・スーパーグロース（SG）法のCNT配向係数0.13～0.85（分解能0.05）を実現
- ・SG法のCNT密度0.003～0.05g/cm³を分解能0.005g/cm³で達成
- ・SG法のCNT直径制御1.3～3.0nm（分解能0.1nm）を達成
- ・CNT半金分離で収率90%以上、純度（金属97%、半導体95%）、処理量1.3g/dayを達成

研究開発項目②「単層CNTを既存材料中に均一に分散する技術の開発」

グループリーダーの所属：TASC 上島貢

- ・G/D比劣化無し、CNT収率20%、0.6g/h処理能の分散技術を確認
- ・収率100%の分散技術構築を達成
- ・チタン並み熱伝導率（25W/mK）を持つ炭素繊維・ゴム・CNT複合材料を開発
- ・電界めっき技術による10⁻⁵Ω・cm以下の金属CNT複合材料を開発
- ・SG法のCNT使用で100S/cm以上のフッ素ゴム複合材料の実現に成功
- ・放電プラズマによる最大840W/mKの高熱伝導性金属CNT複合材料を実現

研究開発項目③「ナノ材料簡易自主安全管理技術の確立」

グループリーダーの所属：産業技術総合研究所 岸本充生

- ・CNTの安定分散調整法の開発に成功
- ・粉塵計、光散乱式粒子計数器等のCNT応答を評価
- ・炭素分析によるCNTの定量分析の条件を検討中
- ・ウェブサイトにて国際動向の情報提供
- ・H24年1/13に技術推進委員会を実施
- ・以下の応用研究開発項目（助成事業）を追加（公募）
- ④「高熱伝導率単層CNT複合金属材料の応用研究開発」
- ⑤「導電性高分子複合材料の開発」
- ⑥「単層CNT透明導電膜の開発」

平成24年度においては、以下を実施した。

グラフェンについては、平成24年度に公募を実施し、8件の提案のうち、2件の委託先を選定し、研究開発を開始した。

研究開発項目①CNTの形状、物性等の制御・分離・評価技術の開発

- ・eDIPS法では各種合成条件を最適化することで、合成段階で高精度に制御された単層CNTが生成可能となった。また、連続合成技術開発を行い、連続巻き取り回収に成功した。さらに、低コスト化に有利な直接成膜加工技術開発を行い、低コスト化できる見込みを得た。
- ・スーパーグロース法では形状制御合成技術において直径、比表面積、長さ、純度、配向性、密度の制御についてプロジェクト最終目標を達成した。また、触媒組成を最適化することで、非常に高い結晶性を得ることができ、結晶性と収率の課題を解決した。さらに、連続合成技術開発では量産化に成功し、複合材料の作成、評価用に大規模なサンプル提供が可能になった。
- ・金属半導体分離技術は分離スループットをあげることができ、外部企業への資料提供が可能なレベルに到達した。また、分離された半導体型CNTから薄膜型トランジスタを試作し、基板上のほぼすべてのトランジスタでの動作を確認することができた。

研究開発項目②単層CNTを既存材料中に均一に分散する技術の開発

- ・単層CNTを溶媒中に分散する技術では粗分散とナノマイザー分散を組み合わせることで、孤立分散液の収率は最終目標を達成するレベルに到達した。
- ・ポリマーへ分散する技術では、ポリマーの分子量、組成に大きく影響を受けることを確認し、分散材を選定できる可能性が示された。
- ・高熱伝導率性複合材料として、ゴム様の柔軟さを保ちながら、鉄の熱伝導率を上回る結果を示す材料が開発された。
- ・スーパーグロース法で合成した単層CNT複合材料のサンプル提供を行い、実用化を推進した。

- ・高許容電流密度が期待される銅との複合材料の電気特性と熱特性の温度依存性を計測し、非常に良好な結果を得た。

研究開発項目③ナノ材料簡易自主安全管理技術の確立

- ・市販の単層CNTやeDIPS単層CNTを対象試料としてインビトロ細胞試験を進め、SG単層CNTにおける結果と併せることで、SG単層CNTを実施例とする「カーボンナノチューブ有害性試験のための試料調整、計測、細胞(インビトロ)試験方法の手引書(初版)」を作成した。
- ・簡便なCNT等ナノ材料計測手法の開発を行い、国際動向を考慮して、作業環境濃度計測の手引き書を作成した。さらに、「ナノ材料自主安全管理のための手引き-SG単層CNT(初版)」を作成し、助成事業先等へ提供した。
- ・CNTの法規制や自主管理の動向については調査を継続し、北米や欧州のいくつかのプロジェクトと意見交換を行った。開発成果の国際展開として、OECDへインプットを行った。
- ・技術普及活動

研究開発項目①～③での研究成果を関連団体の展示会及び学会、独自の報告会、技術説明会等で広報を行うとともに、戸別訪問等を行い、応用製品の開発先として、数10件のサンプル提供を行った。

研究開発項目④高熱伝導率単層CNT複合金属材料の応用研究開発

金属と単層CNTを複合化することによって得られる高熱伝導率複合金属材料を用い、ヒートシンク等の放熱部材に応用するための技術開発を実施し、目標を達成できる見込みが得られた。

研究開発項目⑤導電性高分子複合材料の開発

ゴム、樹脂等の高分子材料と単層CNTを複合化し、本来の物性を保持しつつ、新機能を有する材料として、高伝導度を有する高分子複合材料と柔軟な電極開発を行った。高伝導度を有する高分子複合材料開発では、目標とする特性が得られ、柔軟な電極開発では単層CNTの優位性が確認された。

研究開発項目⑥単層CNT透明導電膜の開発

タッチパネル、電子ペーパーなどに利用されているITO(酸化インジウムスズ)を使用した透明導電膜を代替できる単層CNTを用いた透明導電膜を開発し、低抵抗化と高透過率化を実現した。

研究開発項目⑦グラフェン基盤研究開発

本年度よりグラフェン基盤研究開発を開始した。高品質のグラフェンの製作技術の開発と、それらを用いた透明導電フィルムと放熱材の開発を行った。また、グラフェン高品質化のための評価技術として、光学特性、電気特性、表面形状の評価技術の開発を進めた。

《8》革新的ナノカーボン材料先導研究開発 [平成23年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

新規に実施方針を策定し公募を行った。契約・助成審査委員会を経て5件を採択先として決定し、研究開発を開始した。

平成24年度においては、以下を実施した。

グラフェン、カーボンナノチューブのナノカーボン材料を用いた部材開発を行った。既存材料による部材を超える優れた特性を有する電磁波吸収シート、機能性ゴム、導電性フッ素樹脂を開発した。またグラフェンを用いたテラヘルツ帯デバイスとバイオセンサを開発し動作を確認した。

②革新的部材創製技術

[中期計画]

現在及び将来において我が国経済を牽引していく産業分野において、競争力を発揮し世界で勝ち抜いていくために、資源、エネルギー等の制約に対応した持続可能性も踏まえつつ、多様な連携(川上・川下産業の垂直連携、材料創製・加工との水平連携)による研究開発を推進する。これにより、当該市場のニーズに応える機能を実現する上で不可欠な高品質・高性能の部品・部材を適時に提供するとともに、提案することができる部材の基盤技術を確立する。また、得られた研究開発の成果については、知的基盤整備又は標準化等との連携を図り、早期普及・実用化を目指す。具体的には、例えば、第2期中期目標期間中に、 $20\mu\text{l}/\text{本}\cdot\text{分}$ の噴出速度、20万本のノズルに相当する機能を有する大型電界紡糸装置基盤技術や現状と比較して紫外光活性2倍、可視光活性10倍の光触媒の高感度化等の開発を行う。

[中期目標期間実績]

大型電界紡糸装置基盤技術の開発を行い、超高性能ノズル及びファイバーリング方式を考案し、 $20\mu\text{l}/\text{本}\cdot\text{分}$ の噴出速度、20万本のノズル性能の開発に成功した。

十面体酸化チタン微粒子の合成により、紫外光活性(反応速度/光量)2倍を有する光触媒の創製に、銅系化合物/酸化タングステン(Cu/WO_3)の合成により、可視光活性10倍を有する光触媒の創製に成功し、その量産技術を確立した。

《1》セラミックリアクター開発 [平成17年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門副研究部門長 淡野 正信氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高性能材料部材化技術の開発」

「高性能材料部材化技術の開発」においては、劣化を抑制し安定に作動可能な銀-酸化物コンポジット電極材料の開発に成功すると共に、電解質の安定性向上のための反応解析を行った。また、多孔質セリア電解質層を電極支持体に付与することで、出力が向上することを見出し、650℃作動時の最終目標値 0.5 W/cm^2 に対し 0.45 W/cm^2 を得た。さらに集電体用複合材料の開発により、高導電性とガス透過性及び熱膨張率の整合性を維持して1000時間レベルの耐久性を満足することに成功した。これらの開発材料を基にして、研究開発項目②におけるセル集積体の性能向上を可能とする材料・部材の供給体制を構築した。

研究開発項目②「マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発」

「マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発」においては、同時焼成による集積一体構造化プロセスとして、スラリーコーティング法やインクジェット法を用いたセル集積による性能向上と課題抽出を行った。モデルモジュール実現のために、キューブの大型化やチューブセルの接続技術等を検討した。要素部材の配列位置精度や寸法精度の向上に成功する等により、直列接続型キューブ集積化技術として確立、モデルモジュールとして発電出力実証を行い、15直列集積体で13.5Vの開回路起電力を得る事が出来た。また、0.4mm径チューブセルによる100本以上/ cm^3 の高度集積化を目指した製造プロセス検討と性能実証を進めるとともに、実用ニーズへの適用性拡大を図るために小型高出力マイクロモジュール化検討を行った結果、空気供給動力を最小化可能なモジュール構造を開発し、自然対流条件でも 2 W/スタック (550℃)の性能を実現した。さらに、複数のハニカム型キューブによる金属インターコネクトを介した直列接続および金属マニホールドを介した並列接続モジュールの作製評価により、モジュール構築の実現性を明らかにし、排ガス浄化リアクターとしての適用性実証検討についてはセルユニットレベルで実施しデータを蓄積した。一方、接続インターフェースの検討では、組成や融着条件の最適化により、3000時間以上の熱サイクルに対してもガスリークが認められない長期安定性に優れたシール材が得られ、融着時の絶縁シール材の膨張収縮を大幅に低減し、導電シール材の精密な形状制御を可能にする等により、精度良く導電パスを構築できるプロセス技術を確立した。

研究開発項目③「評価解析技術開発及びプロトタイプ実証」

「評価解析技術開発及びプロトタイプ実証」においては、キューブ評価によるモジュール化時の設計条件等の最適化を図るとともに、研究開発項目②で作製されたモデルモジュールを評価して18Wの出力を確認、各種課題検討の製造プロセス側へのフィードバックを行い、定置型分散電源へ適用した場合のシステム構成を検討した。また、自動車用APUに対してエタノール燃料を想定したシステム計算、概念設計を実施した結果、水蒸気改質を前提としたAPUシステムで最低限必要とされる発電効率を定常状態で達成できる見通しを得た。一方、水素合成への適用性検討においては性能が5倍以上向上し(1.43V, 0.1 A/cm^2 ・1.37V, 0.5 A/cm^2)、低温作動形セルの水蒸気電解における世界最高値が得られ、水素合成-発電の可逆特性が同等であることを確認し劣化挙動の抑制方法も開発した。また、高酸素利用率条件での加圧作動により、550℃で常圧の空気中より高い電極特性を得られることが分かった。これらの検討に不可欠な、部材・集積ユニットの評価技術及びCFDモデルに基づくシミュレーション技術の検討を実施し、マイクロセルキューブに適した、構造・熱機械特性及び電気化学特性についての評価手法を確立、劣化挙動等の評価解析データを蓄積することができた。

平成21年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門副研究部門長 淡野 正信氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高性能材料部材化技術の開発」

セリア系材料等へ、最適化したナノ粒子複合化技術を適用すると共に量産化プロセスを確立、低温高活性の燃料極・空気極・集電体材料を実現した。これら開発材料の供給により、研究開発項目②における、ハニカム型マイクロSOFC(固体酸化物形燃料電池)等のプロトタイプモジュール実証時の高性能化へ貢献した。また、銀系複合電極及び電解質材料の最適化・安定化・高性能化のための、界面構造制御による耐久性向上の指針を得、検討成果の統合により、650℃作動では 0.7 W/cm^2 超、500℃作動では 0.2 W/cm^2 と、最終目標を超える性能を達成した。

研究開発項目②「マイクロ集積化及びセルスタックモジュール化技術の開発」

100 cm^3 スケールのプロトタイプモジュール製造に必要なスタック供給体制を確立、構成部材の改良を進めた結果、200W級の発電出力と効率40%を600℃作動、一定の燃料利用率下で達成することが出来た。また、ハニカム型で成形-多層コーティングによる連続製造プロセス技術として確立し、発電モジュールとして目標性能を大きく超える 2.8 W/cm^3 の出力密度を達成した。

さらに、浄化リアクターユニットとしても、その性能優位性を実証することが出来た。一方、インターフェースについても、量産可能な高性能材料を開発しスタックモジュール化で組込技術を確認、長期安定性の向上や導電パス微細化を検討して、接続部材としての高い適用性を明らかにした。以上の通り、高機能マイクロ部材集積化の製造プロセス技術開発による成果物の部材・モジュールとして、設定された最終目標を超える世界最高レベルの高性能化に成功した。

研究開発項目③「評価解析技術開発及びプロトタイプ実証」

キューブやスケルトン型チューブ集積体の発電評価により、マニホールド・集積化や空気導入等のモジュール化課題を抽出して製造プロセスへフィードバックし、作製されたプロトタイプモジュールの実用化を考慮したモデル条件下で試験、基本性能評価を行い、定置用電源への適用性を把握した。実挙動試験と同時に、システムシミュレーション解析を自動車APU（自動車用補助電源）等について適用し、定常状態解析に加え起動時プロセス解析を実施した。また、エタノール燃料使用時の発電特性評価により炭素析出条件等を把握、改良課題を明らかにすることが出来た。一方で、水素合成への適用性検討として、供給ガス種による水蒸気電解特性と耐久性を評価し、優位性を明らかにした。以上の実計測やシミュレーションに加え、要素部材の作動環境下における1000時間以上の耐久試験を実施、プロトタイプモジュールの実証評価と最適化を進めた。これらの研究開発成果の統合により、プロジェクト全体として最終目標を達成することが出来た。

《2》先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発 [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

繊維状材料に対してナノオーダーの成形加工や微細な界面加工ならびに複合化することで材料を高機能化し、革新部材を創出することを目的に、国立大学法人 東京工業大学 教授 谷岡 明彦氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「電界紡糸法における繊維高機能化、大型装置化技術の開発」

(1) 大型電界紡糸装置基盤技術の開発

大型電界紡糸装置開発のための新規ノズルを用いた大型装置を試作し、中間目標を達成した。生産能力(ノズル性能)に関して最終目標をも上回る能力を持つことを確認した。また、同方式を用いることにより懸案の防爆性にも優れることを確認した。

(2) 電界紡糸法における繊維高機能化技術の開発

(1)で開発した新規ノズル方式による装置を利用することにより、溶剤、繊維塵回収が可能であることが確認できた。開発した装置を用いて試作した各種高分子や無機材料等による繊維の高機能化技術の開発と高機能繊維の性能及び構造評価を行った。

研究開発項目②「ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発」

(1) ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発

炭素前駆体とマトリックス樹脂の混練条件を検討し、300nmφのピッチ繊維が得られた。さらに不融化条件を検討することにより不融化時間も中間目標値の10時間まで短縮できた。得られた炭素超極細繊維の構造を解析したところ、結晶性が極めて高いことを確認した。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」

(1) パッシブ型燃料電池の開発

電界紡糸法及び炭素化技術による超極細炭素繊維を利用した複合電極製造により製造した電池の性能試験を行い中間目標(電池出力: 50mW/cm²)を大きく上回る結果(80mW/cm²)を得られた。最終目標を達成する目処が立ったので21年度からは本事業から離れ、自主開発により実用化・事業化を目指すことが中間評価にて承認された。

(2) 小型蓄電池の開発

ナノ溶融分散紡糸法により製造した炭素超極細繊維を使用して小型蓄電池を組み立て性能の評価を行い中間目標を達成できた。

(3) 薄型電池の開発

ナノ溶融分散紡糸法により製造した炭素超極細繊維を使用し薄型電池を組み立て性能評価を行い中間目標を達成できた。

研究開発項目④「高性能、高機能フィルター用部材の開発」

(1) 超超純水製造プロセスフィルターの開発

フィルターに最適な材料を用いて電界紡糸法による超極細繊維を製造し、フィルター性能の初期試験を行い中間目標を達成できた。

(2) 超耐熱性無機フィルターの開発

電界紡糸法を用いて無機超極細繊維を紡糸し試験用フィルターを組み立て、基本的な性能評価を行い中間目標を達成できた。

(3) 耐熱性有機フィルターの開発

電界紡糸法を用いて耐熱性超極細繊維を紡糸し試験用フィルターを組み立て、基本的な性能評価を行い中間目標を達成できた。

研究開発項目⑤「高性能、高機能医療衛生・産業用部材の開発」

(1) スーパークリーンルーム用部材の開発

電界紡糸法による高性能・高強度有機高分子超極細繊維製造を行いスーパークリーンルーム用部材としての基本的な性能の評価を行い中間目標を達成できた。

(2) ヒューマンインターフェース医療衛生部材の開発

電界紡糸法を用いて平面型高機能部材の開発をさらに進め、微粒子除去、透湿性、撥水性等の性能評価を行い中間目標を達成できた。

平成21年度においては、以下を実施した。

国立大学法人東京工業大学大学院理工学研究科教授 谷岡 明彦氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「電界紡糸法における繊維高機能化、大型装置化技術の開発」

前年度までに開発した従来の百万倍以上の生成能力を有する世界初の超高性能ノズル方式による大量生産技術を進展させ、より細く、より均一なナノファイバーの大量合成に取り組んだ。その結果、繊維径80nm、ばらつき40%以下のナノファイバー製造技術を開発した。また、不織布状材料で40m/分、コーティングで200m/分、フィラメントで50m/分の作製速度を達成した。

研究開発項目②「ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発」

紡糸ノズル形状や界面活性剤の検討によって繊維径100nmを達成した。また、CO₂による活性化と、空気を対流させる方法によって比表面積1240m²/g、炭素超極細繊維の不融時間従来との1/10を達成した。電池電極については性能向上に必要な条件を検討し、その結果、適切な繊維の条件等を確認した。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」

(1) パンプ型燃料電池(平成20年度に最終目標を達成し、平成21年度以降は自主事業で、燃料電池開発を実施)

(2) 小型蓄電池

炭素繊維の最適化によって、エネルギー密度70Wh/L(前年度50Wh/L)、出力密度20kW/L(前年度15kW/L)の小型蓄電池を開発した。

(3) 薄型電池

ラジカル材料の開発、炭素超極細繊維の利用、基盤上への直接電池作製などの取り組みによって、厚み0.3mm、エネルギー密度118Wh/L(前年度92Wh/L)、出力密度6.8kW/Lの薄型電池を開発した。

研究開発項目④「高性能、高機能フィルター用部材の開発」

(1) 超超純水製造プロセスフィルター

10~100ppmの金属イオンを含む純水から1~10ppm以下の超超純水を製造できる金属類除去用フィルターを開発した。

(2) 超耐熱性無機フィルター

耐熱温度1000℃、0.1μm粒子捕集効率90%以上、初期圧力損失180Pa、超極細繊維繊維径200nm以下の高温用集塵フィルターを開発した。

(3) 耐熱性有機フィルター

繊維径60nm、0.1μm粒子捕集効率90.5%、初期圧力損失39.2Pa、耐熱温度300℃の有機系耐熱フィルターを開発した。

研究開発項目⑤「高性能、高機能医療衛生・産業用部材の開発」

(1) スーパークリーンルーム用部材

初期圧損150Pa、0.3μm粒子捕集効率99.97%のクリーンルーム用エアフィルターを開発した。

(2) ヒューマンインターフェース医療衛生部材

30nm粒子を90%捕集するウイルス完全除去部材、血液を弾く平面型血液進入防止部材、透湿性19200ml/24hr/m²の平面型着用快適部材、現在の手術用手袋の約100倍の針刺し抵抗を有する平面型針刺し防止部材、抗菌活性を持つ平面型抗菌・消臭部材を開発し、貼り合わせによって手袋を試作した。

平成22年度においては、以下を実施した。

繊維状材料に対してナノオーダーの成形加工、微細な界面加工及び複合化を行うことで材料を高機能化し、革新部材を創出し、我が国の産業の競争力の強化を図ることを目的に、東京工業大学教授 谷岡 明彦氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「電界紡糸法における繊維高機能化、大型装置化技術の開発」

従来ノズル方式の100万倍以上の生産能力で安全性が高く、繊維径ばらつきの小さくできる大型装置を開発した。さらに、不織布製造やコーティングでも高生産性であることを確認した。

研究開発項目②「ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発」

最も時間のかかる工程（不融化）において従来技術の1/10以下の大幅な時間短縮ができた。本技術で作製した炭素超極細繊維を用いると従来炭素繊維と比して電池性能が向上することを確認した。

研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」

小型蓄電池、薄型電池とも重要特性であるエネルギー密度、出力密度を向上することができた。薄型電池についてはエネルギー密度116Wh/L、パワー密度12.3kW/h、厚さ0.15mmで最終目標を達成した。

【実用化技術】（助成事業）

研究開発項目④「高性能、高機能フィルター用部材の開発」

超超純水製造プロセスフィルターについては金属類除去が十分可能であることを実証し、耐熱フィルターについては無機、有機ともに耐熱性、粒子捕集率等目標値をクリアした。

研究開発項目⑤「高性能、高機能医療衛生・産業用部材の開発」

スーパークリーンルーム部材ではフィルター性能として初期圧損130Pa、捕集効率99.97%以上の性能が得られ目標を達成した。また、平面型高機能部材については透湿性と保温性が両立する部材、撥水性や吸着性に優れた部材を開発した。

基本計画最終目標に向けた開発を行った結果、共通基盤技術については電界紡糸法、ナノ溶融分散紡糸法とも最終目標を達成した。

実用化技術に関しても下記のとおり、ほぼ最終目標を達成した。

研究開発項目③高性能、高機能電池用部材

パッシブ型燃料電池、薄型電池：最終目標達成、小型蓄電池：一部目標未達であるが、担当企業が性能向上と実用化を進めていく。

研究開発項目④高性能、高機能フィルター用部材

超超純水製造フィルター、超耐熱性無機フィルター、耐熱性有機フィルター全て達成

研究開発項目⑤高性能高機能医療衛生・産業部材

スーパークリーンルーム用部材、医療衛生部材との達成

《3》超フレキシブルディスプレイ部材技術開発 [平成18年度～平成21年度]

【中期目標期間実績】

平成20年度においては、以下を実施した。

次世代モバイル用表示材料技術研究組合理事長 山岡 重徳氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】（委託事業）

研究開発項目①「有機TFTアレイ化技術の開発」

(1) 有機半導体部材の開発

分子量及び分子量分布を最適化した分画・精製技術を確立した。また、自己組織化膜のパターニング又は μ CP法による表面処理により、分子配向したTFTを作製できた。本技術を用いてパネル化に向けたアレイ設計と試作から、本材料がディスプレイに適用可能であることが明らかになった。

(2) 絶縁部材の開発

インク化のベースとなる新規高分子素材の探索、有機・無機ハイブリッド材料などのインクの改良検討を進めた。その結果、目標値（絶縁特性（固有抵抗値 $\geq 10^{15}\Omega\text{cm}$ ）、表面平滑性（ $R_a \leq 15\text{nm}$ ））を満足した。

(3) ソース・ドレイン電極部材の開発

TFTを構成する部材との適性に優れたインク組成最適化を進めた。その結果、プラスチック基板上で焼結温度180℃以下で比抵抗 $1 \times 10^{-5}\Omega\text{cm}$ 以下、ライン幅10 μm 以下の精細印刷性を達成した。

(4) 配線部材の開発

パターニング方法に適したインク特性最適化を進めた。

(5) 画素電極部材の開発

電極部材技術、パターニング技術を適用し、6インチスタンパーを用いて100ppiのTFTアレイを試作した。

(6) 層間絶縁部材の開発

インク化のベースとなる新規高分子素材の探索及び有機・無機ハイブリッド材料などの改良検討を進めた。

(7) 保護膜部材の開発

2層構造膜の製膜条件の検討、物性評価及びガスバリア性の評価を行い、材料の改良・改質を行った。

(8) 版材の開発

A4サイズのPDMS系版材を作製することに成功し、良好に μ CP出来ることを確認した。

(9) 有機TFTアレイ化技術の開発

(ア) μ CP

6インチ、A4プリンターなどを用い、6インチのスタンパー全域に5 μ mルール)での、インク、版、装置などの印刷条件を最適化した。マイクロコンタクトプリントを行い、駆動可能な有機TFTアレイを作製に成功した。

(イ) インクジェット法

ダブルノズルを用いた導電性材料のパターニングを行い、チャンネル幅 μ mの高精細かに成功した有機材料を用いたTFT電極による電荷注入・取り出しの高効率化と導電性多結晶膜の配向性相関を明らかにした。

(ウ) ディップペン法

ペンタイプナノリソグラフィにおける、種々の材料のインクとパターニング条件を最適化し、高スループット化を行った結果、10~100 μ mの線幅を数センチ四方の領域にパターニングすることに成功した。

(エ) その他の方法

ロールプリンター、転写印刷装置を用いた5 μ mルールでの印刷条件を最適化を行った。

(10) フロントパネルの検討

バックプレーンの駆動実証用フロントパネルとして、ポリマーネットワーク液晶ディスプレイを選定した。

研究開発項目②「マイクロコンタクトプリント技術の開発」

(1) パターニング技術の開発

プラスチック基板上での μ CPによるパターニングを行い、半導体インク特性、プロセス条件を確認した。

(2) コンタクトプリンターの開発

銀ナノ粒子インクを用いたゲート電極パターンをA4サイズ200ppiでの印刷に成功した。

(3) バックプレーンパネル化技術の開発

6インチスタンパーを用いて、10×10画素の有機TFT駆動の表示装置の試作を行い、動画表示を確認した。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目③「高度集積部材の開発」

(1) フロントプレーン高度集積部材の開発

偏光/位相差フィルム一体化部材をロールtoロールで作製する技術の研究を行い、貼合方式により目標値(位相差層膜厚10 μ m以下、可視光域楕円率92%以上、位相差面内分布5%以内)を達成した。

(2) バックライト高度集積部材の開発

耐湿熱性に関する課題を抽出し、個別部材の改良へフィードバックした。

プラスチックフィルム上に高透明・低抵抗の透明導電膜を成膜するプロセスを検討し、シート抵抗20 Ω /□以下、光線透過率80%以上の目標を達成した。

(3) バックプレーン高度集積部材の開発

転写法では、下基板形成装置を用いてプロセス検討、ロール部材の開発およびパネル化用サンプルの製作を行い、幅300mm長さ10mで半径150mmのロール部材を開発できた。直接法では、酸化物系の半導体を用いたTFTの試作と評価を行い、LCDのスイッチング素子として使用可能なON/OFF比と移動度を有するTFTを、ベースフィルム上に形成できた。

研究開発項目④「ロール部材パネル化要素技術の開発」

配向膜形成用試作実験では、カラーフィルタフィルム基板の透明導電膜上の必要部位にのみ配向膜を形成する実験を行った。シール形成、液晶層形成および上下基板貼合を連続して行うパネル試作用一体化実験では、各プロセスの加工試験とともに素材を改良し、更にバックプレーン高度集積部材の開発で得たパネル化用サンプルを用い、連続パネル化の試作に成功した。

またパネル切断技術については、上下貼合後のパネルを個片に切断する際に、割れおよび異物の生成なしで、フロントプレーンの一部のみを切断する方法を見出した。ロール部材洗浄技術は、複数の処理方法を組み合わせた研究を行った結果、洗浄後のコーティング性が良好になった。

平成21年度においては、以下を実施した。

次世代モバイル用表示材料技術研究組合理事長 山岡 重徳氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「有機TFTアレイ化技術の開発」

以下の通り、プラスチック基板上に高移動度のトランジスタ性能を有する有機TFT用の新規部材およびソース・ドレイン間隔および駆動用配線の線幅としてサブ μ mオーダーの精度の面積印刷を可能とする新規の μ CP法(マイクロコンタクトプリント法)を開発し、最終目標を達成した。

(1) 有機半導体部材の開発

絶縁体の分子構造や電極と半導体の界面制御を行うことで、高い電気特性を示すことを確認し、表示パネル試作に適用した。

(2) 絶縁部材の開発

インク材料の樹脂組成、溶剤組成の検討と併せ、塗膜の表面平滑性、下地段差に影響されない塗膜レベリング性向上を目的として最適な界面活性剤の開発し、有機TF Tへの適正を確認した。

(3) ソース・ドレイン電極部材の開発

界面活性剤検討と粘度最適化により、 μ CP法の細線部に厚膜形成可能なインクを開発した。

(4) 配線部材の開発

シロキサン系ポリマー（PDMS）凸版を用いてパターン形成を行う μ CP法用インク組成の最適化を実施し、焼成温度を低減できた。

(5) 画素電極部材の開発

20年度までに最終目標を達成したことにより、本年度の開発は実施しなかった。

(6) 層間絶縁部材の開発

絶縁材料に添加する最適な界面活性剤を開発したことで、塗膜の表面平滑性と下地段差に影響されない良好な印刷性が得られた。

(7) 保護膜部材の開発

2層構造の保護膜を施した素子においてフロントパネル積層前後の寿命を測定し、フィルム基材とシール材による水蒸気遮蔽効果で10ヶ月以上のTF T特性が確保できることを確認した。

(8) 版材の開発

PDMS系版材では、新開発材料と従来のPDMSを積層一体化することにより高強度でかつ耐溶剤性を有した μ CP用版を開発した。また、A4サイズの版製作に成功した。

(9) 有機TF Tアレイ化技術の開発

μ CP法において、A4サイズ、転写印刷法においては6インチサイズ、ロール印刷法においては5インチサイズで、解像度200ppiの有機TF Tアレイ化を達成した。ダブルノズルを用いたインクジェット法では、200ppiの画素サイズのアレイ化有機TF Tの作製を行った。ペントライソグラフィでは、200ppiの画素サイズに対応した有機TF Tの補修を実証した。

(10) フロントパネルの検討

バックプレーン開発と連携しながら、ポリマーネットワーク型液晶を用いた200ppi表示パネルの試作を行った。

研究開発項目②「マイクロコンタクトプリント技術の開発」

以下の通り、200ppiのバックプレーンを実現するための μ CP法とその大面積印刷技術化に成功し、最終目標を達成した。

(1) パターニング技術の開発

A4サイズのスタンパーを用い5 μ mルールでの200ppiの有機TF Tアレイを達成した。

(2) コンタクトプリンターの開発

A4プリンターによる素子作製を行った。更に、A4プリンターによるプロセスを最適化し、大面積有機TF Tアレイを作製できるプリンターを開発した。

(3) バックプレーンパネル化技術の開発

各構成部材とパターニング技術を組み合わせ、A4サイズのプラスチック基板全域に亘る200ppi、曲率半径20mmの有機TF Tアレイの試作を行った。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目③「高度集積部材の開発」

(1) フロントプレーン高度集積部材の開発

偏光/位相差フィルム一体化部材とカラーフィルタフィルム基板部材をロールtoロールプロセスで一体化したロール状フロントプレーン高度集積部材を得ることができ、最終目標を達成した。また、フロントプレーン高度集積部材に求められる評価方法を確立した。

(2) バックライト高度集積部材の開発

偏光/位相差フィルム一体化部材とバックライト部材をロールtoロールプロセスで一体化したロール状バックライト高度集積部材を得ることができ、最終目標を達成した。また、バックライト高度集積部材に求められる評価方法を確立した。

(3) バックプレーン高度集積部材

プラスチックフィルム基板上にTF Tアレイを搭載したバックプレーンロール部材を得ることができ、最終目標を達成した。

研究開発項目④「ロール部材パネル化要素技術の開発」

設計開発・導入した上下貼合装置、及びバックプレーンとロール状カラーフィルタ部材を用いて、ロール部材貼合プロセスの研究を進め、貼合精度に優れたパネル試作に成功し、最終目標を達成した。また、パネル組立・評価技術の研究においても、上記プロセスに用いる部材、素材の評価を行うとともに、ロール状部材となるフレキシブルな基板を用いた際に必要な評価方法を確立した。

《4》次世代光波制御材料・素子化技術 [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所 光技術研究部門光波制御デバイスグループ長 西井準治氏をプロジェクトリーダー

とし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】[委託事業]

研究開発項目①「高屈折・低屈伏点ガラスの研究」

- (ア)・リン酸塩系ガラスにおいては、波長589nmについては、屈折率1.7以上、屈伏点450℃以下、波長400nmにおいて厚み3mmでの内部透過率が90%のガラス組成候補を見出した。ホウ酸塩系ガラスにおいては、波長589nmについては、屈折率1.7以上、屈伏点480℃以下、波長400nmにおいて厚み3mmでの内部透過率80%のガラス組成候補を見出した。
- ・種々のガラスでイオン交換を行い、ガラス表面の屈伏点の変化と、モールド成型と同条件での熱処理による着色の有無を調査した。
- ・屈折率1.7以上のビスマス含有リン酸塩ガラスにおいて、添加成分の紫外吸収端に及ぼす影響を調査し、透過特性・ガラス形成の安定性を損なわずに屈伏点を下げる幾つかの添加成分を発見した。

研究開発項目②「サブ波長微細構造成型技術の研究」

a) 鋸歯構造形成技術として以下の2つの成果が得られた。

- (ア)・耐熱性ニッケルモールドナノ機械加工装置を用い、直径14mmの球面形状に加工したニッケルモールド表面に、周期100μm、高さ10μmの同心円状鋸歯構造を加工し、離型膜を形成後、ガラス成型によりレンズ表面へ転写した。また、ダイヤモンドバイトの磨耗の少ない耐熱性ニッケルモールドの加工条件を見出し、助成事業へトランスファーした。これにより、成型温度が50℃以下のガラスを高精度に成型転写できることを確認した。
- ・上記同心円状鋸歯構造モールドを用いて、新たに開発した高屈折低分散ガラスレンズの表面へ、周期100μm、高さ10μmで同心円状鋸歯構造を転写した。また、成型ガラスに樹脂をハイブリッド化し、可視光波長領域において95%以上の回折効率が得られることを実証した。
- (イ) 微細パターン形成技術として、以下の成果が得られた。
- ・電子線描画プログラムの改善を実施し、最終目標である直径50mmの反射防止構造を作製するための、周期300nmの2次元ドットパターンをおよそ6日で描画できるようになった。
- ・紫外線レーザーを用いた干渉露光法によって、周期290nmの2次元レジストパターンを曲率半径23mm、直径16mmの球面SiCモールドの表面に形成できた。
- ・直径50mmの反射防止構造を形成した平面SiCモールドを用いてガラス成型を行い、波長550nmの垂直入射光の反射率0.2%、入射角50度の反射率1%以下を達成した。また、周期250nm、高さ300nm、面積3mm角の反射防止構造の平面SiCモールドを作製し、波長550nmの垂直入射光に対する反射率が0.09%であるガラスの成型に成功した。さらに、周期300nmの1次元周期構造をガラスの両面に一発成型することに成功し、波長405nmの透過光の位相差0.23を達成した。
- ・周期290nmの反射防止構造を形成した曲率半径23mmの球面SiCモールドによって、直径16mmのガラスレンズ成型に成功し、垂直入射の反射率0.22%を得た。
- ・3光束干渉露光法を検討し、直径10mmの平面および曲面基板上に周期200nmの3角格子構造の高コントラストを擁するレジストパターンを形成できた。
- (ウ) 自動光学設計ソフトウェアの開発を目的として、平成19年度に開発した光線追跡と電磁場解析を組み合わせた大面積光学部材光波解析シミュレータにレンズ形状自動補正機能を追加したソフトウェアを開発し、約16時間の計算により表面無反射構造をもつ直径5mm以上の高開口数非球面レンズの波面収差を低減する自動形状補正に成功した。また、電磁場解析に基づく表面微細構造の簡易型高速自動設計ソフトを利用して、素子作製の容易な2層型の構造複屈折1/4波長板の自動設計を可能にした。
- (エ) 微細構造成型メカニズム解析に関して、ガラスの分子挙動のシミュレーションにより、モールドの欠陥モードとガラス成型プロセスを解析し、欠陥の基本モード要素を解明した。

平成20年度(助成)事業内容

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目③「屈折・回折複合素子の開発」

- (ア) レーザ光学系における色収差補正素子の実機検証を最終目的として、直径10mm、段差850nmの同心円状鋸歯構造を高耐久材料である超硬を母材とする平面モールドに加工し、屈折率1.67、屈伏点560℃のガラスを成型した。
- (イ) 撮像光学系における収差補正素子の実機検証を最終目的として、直径10mm、段差9μmの同心円状鋸歯構造を高耐久材料である超硬を母材とする平面モールドに加工し、屈折率1.67、屈伏点560℃のガラスを成型した。成型したガラス材料との屈折率差が0.05(波長587.6nmにおいて)の樹脂材料と成型したガラス素子を組み合わせたハイブリッド回折素子を作製した。
- (ウ) 撮像光学系での実機評価を目的として、集中研からトランスファーを受けた耐熱メッキ材料を用いて直径14mm、曲率半径42mmの凸球面金型に、段差11μmの同心円状鋸歯構造を加工した。

平成21年度においては、以下を実施した。

国立大学法人北海道大学電子科学研究所教授 西井 準治氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】[委託事業]

研究開発項目①「高屈折・低屈伏点ガラスの研究」

- (1) リン酸塩系ガラスにおいては、屈折率1.75以上、屈伏点460℃以下、波長400nmにおいて厚み3mmでの内部透過率が80%以上のガラス組成候補を見出した。ホウ酸塩系ガラスにおいても、屈折率1.75以上、屈伏点460℃以下、波長400nmにおいて厚み3mmでの内部透過率が80%以上のガラス組成候補を見出した。
- (2) 400nmの以下の透過特性と1.8以上の屈折率を維持しつつ基板との反応性を低減させる組成の検討を行った結果、数mol%の導入で白金との反応を抑制できる添加成分を見出した。また、低屈伏点・高屈折率ガラスの組成開発では、400℃以下の屈伏点で1.7以上の屈折率を有する無色透明なガラス組成を新たに見出した。また、成型性を検討するために、高温でのガラスの変形挙動の解析を開始した。
- (3) イオン交換を経由した多孔質ガラス相を作製し、その多孔質ガラス相へ紫外線もしくは熱硬化樹脂をしみこませることによって低屈伏点の有機-無機ハイブリッド相を形成する方法を検討した。また着色についての影響も調べ、成形中の水分が悪影響を及ぼすことを確認した。

研究開発項目②「サブ波長微細構造成型技術の研究」

- (1) 鋸歯構造形成技術として、2種類の耐熱ニッケルモールドの最適加工条件を見出し、10μm以下の同心円で段差が200nm以上の鋸歯状回折格子の成型用モールドの試作に成功した。成型温度564℃のガラスを20ショット成型してもモールド形状に変化のないことを確認した。
- (2) 上記の成型用モールドを用いて、周期100μmの同心円で、段差が10μmの鋸歯形状を持ったレンズの成型を実証し、助成事業に各条件をフィードバックした。
- (3) 周期2μmの円筒同心円で、段差が1μmのロールモールドの作製に成功した。これを用いて、ロールの微細形状（段差500nm）を長さ50mmに渡ってガラス表面へ転写可能であることを確認した。
- (4) 鋸歯構造形成技術として、周期チャープを有するブレースグレーティングを大面積高生産性で作製するための位相マスク干渉露光法を検討した。位相マスクの設計法を見直し、あらたな設計手法・アルゴリズムを開発した。また、実際に位相マスクを作製し原理検証を行った。
- (5) 曲面上に微細構造をもつ光学部材の光波解析を可能するシミュレーターにレンズ形状探索機能を付加することで波面収差を自動補正するレンズ設計ソフトの基本部分を開発した。また、非対称微細周期構造内での光線追跡を固有モード理論に基づいて行う新しい手法を考案することで、より高精度な光波解析シミュレーターを実現する方法を示した。
- (6) 分子流動解析シミュレーターによりガラス成型中のガラス/モールド界面を解析し、モールドにかかる応力は主にガラスとの摩擦に起因して表面に集中することを示した。また、ガラスの粘性データをもとに、成型シミュレーションによる粘性係数とプロセス時間の相関について検証した。

【実用化技術】（助成事業）

研究開発項目③「偏光分離素子の開発」

- (1) プリフォーム成型用溶融炉、プリフォーム成型装置を立ち上げ、委託事業で得られた屈折率nd1.7のホウ酸塩系ガラスにおいて、偏光分離素子の成型に用いるプリフォームを検討し、試作まで行った。
- (2) ガラス表面に周期300nm、高さ200nm、面積3mm²のエリア分割型1次元周期構造の光学系において量産性を確認するため新規に成型装置を立ち上げ、波面収差56mλ、波長400nmにおける位相差0.05の光学特性を得た。これにより、光ピックアップ光学系に搭載する偏光分離素子としての原理確認ができた。

研究開発項目④「屈折・回折複合素子の開発」

- (1) パイロットスケールのガラスプリフォーム溶融装置を立ち上げ、プレス成型テスト用プリフォームを作製し、助成先に提供した。
- (2) (a) 大口径化にむけて、直径14mm、段差11μmの同心円状鋸歯構造を曲率半径42mmの耐熱性メッキモールドに加工した。開発したガラスと、その屈折率よりも0.05低い屈折率を有する樹脂とを組み合わせたハイブリッド回折素子の成型を行い、可視光領域の平均で94.6%の回折効率を得た。さらにこの素子を撮像光学系に実装し画質評価を実施した。
- (b) 直径20mm、段差6μmの直線鋸歯構造を耐熱性メッキの平面モールドに加工し、屈折率差が0.09のガラスと樹脂とを組み合わせたハイブリッド回折素子を作製した。
- (c) 直径37mm、段差11μmの同心円状鋸歯構造を曲率半径177mmの耐熱性メッキモールドに加工した。

研究開発項目⑤「広帯域無反射素子の開発」

- (1) 小型実験炉を導入し、少量での液滴成形テストを行い、ガラス溶融装置のためのデータを得た。さらに、均質なガラスの溶融装置を立ち上げ、溶融条件を決定した。
- (2) (a) 撮像素子カバーガラスへの応用を想定し、市販のガラスを用いて0.7mm厚の薄板ガラスに反射防止構造を成型した。これまで、1mm厚までしか成型できていなかったが、0.7mm厚まで薄板化しても割れない成型条件を確認できた。また、作製したカバーガラスの性能を検証した結果、可視光域での反射率は1%以下であった。
- (b) 非球面レンズに対応したEB（電子ビーム）描画法によるモールド作製技術のトランスファーを受け、ブルーレイ光学系（波長405nm）に用いるコリメートレンズ用モールド表面に周期250nmの反射防止構造を形成できた。また一度の成型で、両面に反射防止構造を形成できるこ

とを確認した。レンズの透過波面収差は40mλであり、実用可能な範囲であった。

- (c) 反射防止素子の表面を取り扱いが容易で汚れに強い構造とするための検討を電磁界シミュレーションにより実施した。ブルーレイ光学系に対応した周期250nm、高さ100nmで上下面がともに平坦部を有する反射防止構造により、反射率を1%以下に低減しながら、アスペクト比の低減と構造の強度向上の可能性を示した。

なお、平成22年度以降は「新機能創出ガラスの加工技術開発プロジェクト」に統合して実施した。

《5》次世代高度部材開発評価基盤の開発 [平成18年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

(1) Low-k材料単膜では、UVキュアにより誘電率上昇を抑えながら機械的強度を相当大きく向上できるが、その効果は材料依存性があり、また処理条件にも依存することがわかった。222nm単一波長によるUVキュアでは膜シュリンクは少ないが、比誘電率は200-400nm広域波長UVアニールと同程度まで低下し、UV波長によって膜の親水性が異なる事が明らかになった。一方、UVはLow-k膜の下層膜にも浸透するため、熱硬化に比べてウェーハの反りが大きく変化し、応力が残留する点が懸念材料である。2層配線試作結果では、実用電界強度における信頼性に問題ないこと、熱硬化に比べると絶縁破壊が改良されている事が検証された。これらによって、ダメージを低減するプロセスの材料評価基盤を確立した。多層配線を形成するプロセスでは、Low-k膜はプラズマCVD膜堆積やエッチング、アッシングなどのプラズマ照射の影響を受ける。プラズマによってダメージを受けたLow-k膜の一部は親水性となり、比誘電率が上昇する。X線反射率測定法により、積層膜容量測定時の抽出k値の測定精度が向上し、Low-k膜のダメージを定量的に把握する事が可能となった。これらの材料評価法により、プラズマの種類とLow-k材料組成によってダメージ程度とその後の高温アニール処理による回復程度が異なることを明らかにし、材料改良指針を発信した。多層配線の構造では、Cuの配線内部への拡散を防止するために、Ta/TaNなどをバリアメタルとして使用している。Low-k材料にCu拡散防止性を持たせることによってバリアメタルの膜厚を薄くし、配線全体のRC積を低減、信頼性向上を実現する事ができる。ポリマー系の新規Low-k材料と約2nm膜厚のTiライナーを用いて、RC積低減、TDD寿命の長期化を実現する配線構造とその製造プロセスを確立し、トータルソリューションとして学会で報告した。半導体製造プロセスでのダメージ耐性を直接的に評価するために、p-SiO/Low-k積層膜の直接研磨によってp-SiO界面付近のLow-kを研磨していくと、Low-k膜の抽出k値が低下(回復)し、CVD膜堆積によるLow-k膜のダメージ層が除去される事がわかった。

また、研磨後の配線の絶縁耐圧特性はLow-k膜の種類によって異なり、配線間Low-k膜の表面粗さが大きいほど耐圧歩留まりが低い事がわかった。このことは、Low-k膜の脆弱性が絶縁破壊耐圧低下の原因であり、Low-k膜の直接CMP研磨プロセスの適用可能性を示している。

(2) CMP研磨条件とディッシング、エロージョンなどの配線平坦性を詳細に評価するために、配線幅や密度の異なるパターンを配置したCMP専用のTEGマスクを設計した。このTEGマスクを用いた配線抵抗測定による配線厚みと段差測定によって、各種スラリ間のCMP研磨特性の差を明確に評価できることを確認した。また、CMP研磨によるウェーハ上の欠陥を電氣的に検出するTEGマスクを設計し、欠陥を高歩留まりで検出することに成功した。45nmノードの材料を評価するために重要となる測定項目、回路パターン、パターン配置などを検討し、第一次改良マスクを設計した。このTEGマスクを用いて配線幅あるいは配線間隔が80nmの2層配線を試作し、配線寸法や形状を観察した。その検証結果から、微細配線形成のマスクパターンを改良したTEGマスクを導入することによって、Viaチェーンのポイズニングを防止しhp80nm配線を高歩留まりで形成する基準プロセスを確立した。この基準プロセスに基き各種Low-k材料を用いた8層配線を試作して、その電気特性を測定することによって、多層配線におけるLow-k材料の評価基準を確立した。

(3) パッケージ工程の材料評価方法の検討にあたり、対象パッケージを、MCP (Multi-chip Package) を含むWBBGA (Wire-bond Ball Grid Array) およびFCBGA (Flip Chip Ball Grid Array) 等とし、配線工程を終了したウェーハを用いてパッケージを試作して、プロセス条件の検討を開始した。得られた知見をもとにパッケージ工程専用のTEGマスクを設計し、このTEGマスクを用いて再配線工程から封止に至るパッケージ化各工程でのひずみや電気特性の変化を検証した。Low-k材料やバッファコート材料を用いた配線ウェーハの環境耐性を測定し、ウェーハレベル信頼性評価基準を設定した。Low-k材料を用いた配線のパッケージ工程プロセスでは、吸湿や水分浸入、応力集中、チップの薄化などによる配線の機械的強度の劣化が観察され、材料特性による差は配線工程より顕著である事がわかった。また50μm以下に研削された薄膜Siの8段MCPの試作によって、Si厚とチップ反りの関係を観察し、応力集中による剥離はチップ間ではなく、チップとインターポーザー間で発生する事がわかった。薄化したSiチップを多段化する場合、Siチップの反りによる剥離を防止するDAFの接着力向上が重要である事がわかった。これらの知見に基づいてLow-k材料、バッファコート、BGテープなどの材料について、パッケージ工程までの一貫評価基準書を作成した。これらにより、評価対象材料について配線工程からパッケージ工程までの一貫した材料評価基盤を確立した。

《6》 マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

公立大学法人大阪府立大学大学院工学研究科教授 東 健司氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「マグネシウム試作鍛造部材の評価、解析、データ集積」

- ・これまでに実施したモデル鍛造材の特性評価結果を基にして、データベースの構築を行った。また、AZ91連続鍛造材およびAZX911連続鍛造材を対象としてサーボプレスを使用した連続鍛造材からの直接鍛造を試み、鍛造速度、鍛造温度、潤滑、加工後冷却速度等の検討を経て、室温強度350MPa、伸び22%の展伸材並の特性を得た。

研究開発項目②「マグネシウム合金鍛造加工における微細組織と変形機構との関連性の解明」

- ・AZ91合金、AZX911合金の動的再結晶挙動に対する試料前処理の影響を調べた。例えば、AZX911合金では、均質化処理材は鍛造まま材に比べて未再結晶領域が少なく、均一な動的再結晶が起こっていた。この結果は、均質微細な動的再結晶組織を得るためには適切な試料前処理を行う必要があることを示している。
- ・第二相を含む鍛造素材の動的再結晶挙動、高温変形挙動などに及ぼす温度、ひずみ速度の影響を調べた。結果、AZ91およびAZX911では微細に動的析出するβ相、およびMg-A1-Ca系化合物が動的再結晶粒の粗大化を抑制し、押し出し加工の中間プロセスを経ずとも、充分微細化可能であることを明らかにした。
- ・Mg合金に合金元素を添加して積層欠陥エネルギーを制御することで、鍛造加工後の動的再結晶挙動を制御できる可能性があることが分かった。さらにTEM観察から、溶質元素濃度ゆらぎと動的再結晶挙動の間に関係がある可能性を示した。

研究開発項目③「マグネシウム合金のリサイクルに係る課題抽出」

- ・過熱水蒸気を用いた有機不純物除去では、Ca添加マグネシウム合金への適用について検討した。成分分離、無機不純物除去では、学習機能を有するスクラップ識別アルゴリズムを開発し、有害となるNiについて溶液系を利用した除去について調査ならびに予察試験を行った。また、リサイクルプロセスを想定したマグネシウム発火実験とCa添加マグネシウムに関する安全性評価研究を行った。
- ・AZ31材、AZ91及びAZX911材のドライ切削粉を固化、成形し、それらのプロセス及び条件がそれらの機械的特性及び組織に及ぼす影響を検討した。また、AZ31材、AZ91材及びAZX911材から製造した素材の後方押し出し鍛造を行い、鍛造温度、潤滑等が製品に及ぼす影響を検討し、併せて組織観察を行った。また、新しい固体リサイクルプロセスとして、スクラップの固相固化と集合組織制御が同時達成できる“ねじり押し出し法”の適応を検討し、本法により集合組織を制御できリサイクル材の延性・加工性が向上した。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目④「マグネシウム合金の鍛造用ビレット調整技術開発」

- ・鍛造用素材として供試可能な実用サイズの連続鍛造ビレットを製造する断熱鋳型連続鍛造システムを開発した。ビレットサイズ拡大と長尺化に対応すべく、連続注湯装置等の鍛造関連設備を新たに導入し、ビレットの組織を均一かつ微細化する製造条件を把握した。また、プロジェクト集中研と連携し、試作したビレットの基本的な鍛造加工特性を調査・分析することにより、鍛造用素材に求められるビレット凝固組織（結晶粒径やデンドライトアーム間隔）と鍛造加工性の関係に関する基礎的な知見を得た。

研究開発項目⑤「マグネシウム合金の鍛造部材開発（輸送用機器、ロボット）」

- (1) 基礎試験として締結部の残存トルクは対アルミ比80%以上を達成した（中間評価）。また、アウトプットとして想定している自動車エンジン部品の試作品を開発し強度特性評価を行った。平成19年度までに導入したダイカスト鍛造機に本年度は鍛造試験機を導入した。
- (2) 急冷凝固した細径連鋳棒AZX910合金に鍛造前に高温で歪みを加える前処理（好塑化処理）で、結晶粒を微細化する条件を決定した。
 - ・サーボプレスで好塑化処理と製品の鍛造を一工程内で実施する方法を見出し権利化した。
 - ・AZX910-0.5Sb合金の細径連鋳材で好塑化処理した素材の引張強度は、自動車足回り部品に使用されているアルミニウム合金をはるかに凌駕していることが判明。
 - ・サーボプレスで結晶粒微細化と鍛造を同時に実施することで、別々に実施するのに比べ、結晶粒の微細化、鍛造加工性が向上する。引き続き次年度詳細検討を加える。ビレットの結晶粒を微細にするため、鍛造前処理（予歪み+加熱）で結晶粒を微細化することに成功した。
 - ・マグネシウム連続鍛造ビレットを用い、サーボプレスで結晶粒微細化をしながら、二輪車用ピストン、ブラケット、自動車用防振ゴム部品、ロボット部品の鍛造試作を行った。
- (3) 初期2段HOMO処理は、組織均一化、HOMO処理時間の短縮に効果的であった。
 - ・鍛造後の熱処理は、強度向上のために効果があることが判明。また、高速鍛造するための条件を

把握した。

研究開発項目⑥「マグネシウム合金の鍛造部材開発（情報家電用機器）」

- ・「ダイカスト薄板+プレス」による複雑形状の成形を達成した（中間評価）。さらに具体的な「携帯電話部品をイメージした試作品作製」に取組み中。
- ・温間プレスによる鍛造プレス加工により、ボス・リブ形状を有した携帯電話機構部品を圧延材薄板から連続多段加工する技術開発に目処が立った。

研究開発項目⑦「マグネシウム合金のリサイクルに係る技術開発」

- ・切削屑及び切削切粉を温度300℃近傍で処理した結果、表面付着物除去後の残留炭素は0.5%以下と良好な状態であることが確認された。
- ・連続処理方式において、過熱水蒸気量を処理量に対し低減する試験を行った結果、処理量に対し同量程度としても残留炭素分0.5%以下を達成できることが確認された。
- ・平成19年度に設置し、平成20年度に使用した連続処理システムの設備を過熱水蒸気を循環できるシステムへと改造した。
- ・連続式表面付着物除去装置の基本性能を確認し、AZ材の工場内発生スクラップ（切削切粉）の表面付着物除去テストを行い処理条件などのデータ収集を行った。また、過熱水蒸気の循環装置を検討・設置し、基本性能の確認を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

公立大学法人大阪府立大学大学院工学研究科教授 東 健司氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】（委託事業）

研究開発項目①「マグネシウム試作鍛造部品の評価、解析、データ集積」

鍛造素材、試作鍛造部品について得られた鍛造特性、機械的特性、組織観察結果から、加工条件と組織（結晶粒径など）と鍛造特性を整理し、助成事業者が生産現場で活用できるデータベースを充実させた。また、データベースは、試作鍛造条件、高温圧縮試験条件に基づいて整理し、必要な情報を効率よく検索できるようなシステムを構築している。また、サーボプレスを使用し、平成20年度よりもさらに複雑形状部品の試作鍛造に成功し、機械的特性の評価、試作部品の組織解析を行なった。さらに、マグネシウム合金鍛造部品の実用化に向けての課題調査の一環として、ハイブリッド車や電気自動車等の次世代自動車の動向とロボット業界の動向について調査した。また、実用化のターゲットとすべき製品把握のため、内外の各種マグネシウム鍛造品実用化プロジェクトの現状を調査した。

研究開発項目②「マグネシウム合金鍛造加工における微細組織と変形機構との関連性の解明」

連続鍛造材（AZ91合金、AZX911合金）に対して、高温圧縮試験を行ない、試験条件と動的再結晶挙動の関係性を考察した。その結果、動的再結晶粒の粗大化を抑制する要因を明らかにした。これらの結果を、データベースに拡充し、鍛造加工マップ整備に着手した。また、動的再結晶により均一微細組織を得るための最適添加元素選定の根拠となる積層欠陥エネルギー算出のための第一原理計算による偏析エネルギーの算出を、微量固溶型合金も含めた新たな20元素について行い、データベース化を実施した。得られた偏析エネルギーより算出した積層欠陥エネルギーに対し、加工度、濃度ゆらぎの異なる試料について実験により求めた積層欠陥エネルギーとの比較を行い、その関係を明らかにした。

研究開発項目③「マグネシウム合金のリサイクルに係る課題抽出」

スクラップのサンプリング方法と識別精度との関係について検討するとともに、溶液系を利用した不純物除去については、溶解速度の高い条件について探索を行った。また、粉塵の強制的流動下での着火性に関する実験を行うとともに、着火性火花の特性について電磁気学的な調査・検討を行った。

切削粉から製造した素材、およびAZ31スクラップ材等について後方鍛造を行い、鍛造条件、加工条件が製品性状、組織に及ぼす影響を検討した。それらの結果から、マグネシウムリサイクル材の鍛造プロセス、条件に関する基礎的データが得られた。また、固体リサイクルマグネシウム合金の腐食特性を評価し、混入物の影響について明らかにした。

【実用化技術】（助成事業）

研究開発項目④「マグネシウム合金の鍛造用ビレット調整技術開発」

- （1）これまでの成果で得られた鍛造用組織微細化ビレットの連続鍛造技術の量産化・低コスト化を実現すべく、量産レベルを想定した製造条件における同時多面連続鍛造システムの開発を実施した。ビレット径φ55mm、8本の同時多面鍛造において、4m程度の鍛造長さの安定かつ高品位の組織微細化ビレットを連続鍛造可能な製造条件を把握し、実用化への目処を立てた。

研究開発項目⑤「マグネシウム合金の鍛造部材開発（輸送用機器、ロボット）」

- （1）鍛造試験を実施し鍛造強度などの基礎的データを採取した。また、量産実用化として新たな自動車エンジン部品の開発に着手し、金型案を決定し、鍛造試験を行った。
- （2）微細鍛造組織の素材をサーボプレスで鍛造加工と同時に結晶粒微細化する好塑性処理方法の条件出しが完了した。これにより第二相粒子と結晶粒の微細化が可能となり、目標強度要件を満足し、難加工材が鍛造可能なことを確認した。また、冷間鍛造の可能性を見出した。
- （3）横型連続鍛造を導入し、25mm板厚材において良好な鍛造性を見出した。
- （4）更なる高強度化に加え、均質化と機械的性質の部分的偏差を解消する方法としてPFHT（鍛造時熱処理）テストを実施し最適条件を模索するとともに、連続鍛造ビレットによる具体的試作

品について検討を開始した。

研究開発項目⑥「マグネシウム合金の鍛造部材開発（情報家電用機器）」

- (1) ダイカスト薄板素材品質とプレス成形性との関係が明確になったので、成形に適した鋳造・金型を用いて情報家電用機器部材を試作した。
- (2) 温間単発プレスによる鍛造プレス加工により、ボス・リブ形状を有し不良の少ない携帯電話機構部品の連続加工技術を確立した。また、ボス・リブを有したノートパソコン筐体の単発加工を行い、改善を実施した。

研究開発項目⑦「マグネシウム合金のリサイクルに係る技術開発」

- (1) 平成19年度導入し平成20年度に過熱蒸気循環システムの付加を行った連続式表面付着物除去装置で、AZ材の工場内発生スクラップ（切削切粉）の表面付着物除去テストを行い処理条件などのデータ収集を行った。また、切削屑以外の各種異形状スクラップを対象とした過熱蒸気式連続搬送処理システムの検討を行い、導入を行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

マグネシウム合金部材の引張強度や疲労強度の向上などにより、部材コストの削減を実現するために必要な技術を開発し、我が国産業の競争力の強化を図ることを目的に、大阪府立大学大学院工学研究科教授 東 健司氏をプロジェクトリーダーとし、研究開発を実施した。

研究開発項目①「マグネシウム試作鍛造部品の評価、解析、データ集積」

鍛造部材製造における素材特性、加工条件、部品特性の関連性を整理しデータベース化を行い、合わせて得られた知見から鍛造部材の評価方法を確立した。

研究開発項目②「マグネシウム合金鍛造加工における微細組織と変形機構との関連性の解明」

鍛造用素材の組織の結晶粒子と変形機構の関係についてデータベース化を進め、鍛造加工マップとして整備することによって、実用的な鍛造温度低温化技術を開発し、実用化レベルの部材として170MPa（1000万回）の疲労強度を持つ構造用マグネシウム鍛造部材の最適な鍛造加工手順を導出するための鍛造組織形成技術の基盤技術を構築した。

研究開発項目③「マグネシウム合金のリサイクルに係る課題抽出」

従来のカスケード型リサイクル（低品位素材へのリサイクル）に代えて、リサイクル材料が新材料と同等の特性を維持する市中スクラップリサイクル基盤技術の開発を行うとともに、総合的なマグネシウムリサイクルについての信頼性評価、データ集積を行い、また、大量排出時を想定した市中回収品スクラップの前処理技術（分別、分離、不純物除去など）の課題抽出し、市中スクラップリサイクル基盤技術を提案した。

【実用化技術】

研究開発項目⑤「マグネシウム合金の鍛造部材開発（輸送用機器、ロボット）」

- (1) ボルト締結の軸力・トルク測定および自動車メーカーより要望のある疲労強度データの整備を実施し、データベース化を進めた。
- (2) 新開発合金素材（組織微細化AZX910系合金）を用いて、サーボプレスで自動車及びロボット部材を鍛造した。この結果をもとに好塑性処理を加えたマグネシウムの鍛造法を確立した。
- (3) 組織微細化鋳造素材を使用して鍛造前処理条件の確立と有効性を確認した。また、特性向上とコストダウンを計るため横型連続鋳造法の検討を行った。

研究開発項目⑥「マグネシウム合金の鍛造部材開発（情報家電用機器）」

- (1) 組成微細化合金を複数条件で試作鍛造することにより、製品化できる製造条件を確立した。
- (2) サーボプレス機を条件制御することで筐体部材を連続加工できる技術開発を行い、試作筐体で実証した。

研究開発項目⑦「マグネシウム合金のリサイクルに係る技術開発」

工場内スクラップの連続処理方式における面付着物除去（含有炭素0.1%以下）を達成する装置を開発し、リサイクル前処理技術の実用化を行い、また、工場内スクラップに対する固体リサイクル前処理システムとしてその有用性を検証した。

委託事業にて特許7件出願。受賞実績9件。展示会への出展11件。

《7》革新的マイクロ反応場利用部材技術開発 [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

国立大学法人京都大学教授 長谷部 伸治氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「マイクロリアクター技術」

- (1) 反応剤・触媒等を用いた活性種生成・反応技術の確立

「炭素アニオン種の生成・反応技術の集積化」においては、連続合成装置に付属の個別温度制御機能付き反応器について種々条件検討し、不安定活性種の制御による効率的な合成が可能となった。

「有機金属と触媒を用いたマイクロ協奏場反応技術開発」においては、芳香環、ヘテロ芳香環を基質とする各種金属活性種の寿命に対応した急速混合技術によるプロセス技術設計を確立した。

「超不安定炭素アニオン種の生成・反応技術」においては、2, 2'-ジプロモビフェニルや4,

4' - ジブロモビフェニルの一つのブロモ基に対して選択的にハロゲン-リチウム交換反応を行い、生成した活性種が分解する前にプロトンやヨウ化メチル、カルボニル化合物等の親電子剤と反応させることができるマイクロリアクターシステムを構築した。

「炭素ラジカル種の生成・反応技術」においては、新規触媒系と反応系の設計により、より効率的・高速で、極性基をもつ広範なモノマーに適用できる精密ラジカル精密重合系を開発した。ブロックポリマーなどの機能性高分子材料も合成した。

(2) 活性種生成場と反応場を分離した反応装置設計と生産システム化に関する共通基盤技術の開発

「イオンジェネレーターと一体型迅速混合反応器の開発」においては、中間体発生部で0.05秒以内の急速混合できる構造を提案し、縮流十字型の混合部形状にすることで、10ミリ秒以下で混合できることを示した。

「多段混合反応ユニット及び急速加熱、急速クエンチユニットの開発」においては、昨年度に試作した多段デバイスを改造し、数ミリ秒の混合性能、4000°C/秒以上の昇降温、±0.1°C以内の温度制御に成功した。

「異相系での活性種精製手法と活性種生成に適した装置開発」においては、マイクロリアクターによる核生成制御で2nm±0.2nmの単分散ナノ粒子の製造に成功した。

「活性種寿命にあわせたユニットアセンブリ技術開発」においては、活性種寿命が10ms～1秒に対応する装置を開発した。

「マイクロプラントに適した精密制御・管理システムの開発」においては、デッドスペースが小さく、複数の情報を一箇所で計測できるデバイスアタッチ型の計測装置を開発した。また、状態推定誤差10%以下の情報監視システムを開発した。

研究開発項目②「ナノ空孔技術」

(1) ナノ空孔反応場と分子触媒の協働作用技術の開発

「ナノ空孔反応場と分子触媒の協働作用技術の開発」においては、有機硫黄化合物の合成に有効な分子触媒をナノ空孔材料へ固定化し、得られた触媒の活性・選択性評価を行ったところ、最終目標（転化率80%以上、選択率90%以上）を上回る成果が得られた。

(2) ナノ空孔反応場と酵素の協働作用技術の開発

「ナノ空孔反応場と酵素の協働作用技術の開発」においては、テアニン合成後に90%以上の高い活性残存率を有する固定化グルタミナーゼを開発することに成功した。また、実製造に合わせた反応条件において25回合成後にもテアニン合成活性が残存することを確認した。

「ナノ空孔材料の製造・量産化技術の開発」においては、ナノ空孔材料の細孔径制御や表面改質等を行い、さらに表面の有機物改質等の最適化およびその量産化技術を開発した。また、ナノ空孔材料の安全性試験を行い、今プロジェクトで用いているナノ空孔材料の安全性を確認した。

(3) ナノ空孔固定化触媒の開発

「ナノ空孔固定化分子触媒の開発」においては、炭素-炭素結合形成反応においては、収率80%以上、リーチングを1.4ppmまで抑えた触媒の開発に成功した。また、不斉水素化触媒については、分子触媒と同等の不斉収率を達成した。

(4) ナノ空孔反応場を利用した反応制御技術の確立

「ナノ空孔反応場を利用した反応制御技術の確立」においては、種々のファインケミカルズ合成反応において、アルミニウムを含むナノ空孔触媒が極めて有効な触媒であること、また有機基による表面修飾の効果は有機基の長さにより影響を受けることを明らかにした。さらに、分子触媒の固定化の際に用いる新しい脱離基を有する修飾材を開発した。

研究開発項目③「協奏的反応場技術」

(1) マイクロリアクターにおける協奏的反応場技術の開発

(a) 外部エネルギーを用いた活性種生成・反応技術の確立

「マイクロ波等との協奏的反応場の構築と活用」においては、5mL/minの溶液を流しながらマイクロ波を照射可能なマイクロ波照射型リアクターを開発した。

「電気エネルギーを用いたマイクロ協奏場反応技術開発」においては、電極表面に微細な凹凸構造を設けることにより、従来の平板電極と比較すると、電極表面積は、物理面積では2倍、反応収率から見積もった有効面積では約1.75倍の大きさにすることを達成した。

「光エネルギーを用いたマイクロ協奏場反応技術開発」においては、固体の析出する反応系でも閉塞することなく16時間以上の連続運転が可能となった。

「ナノ微粒子形成におけるマイクロ協奏場反応技術開発」においては、潜在顔料の修飾部を瞬時に破壊可能なエネルギーを出力できる微粒子合成用ミゼット装置を用いて325°C、30MPaの条件でラテント顔料から150msで99.9%（検出限界）以上を熱分解し、次工程で-30°Cまで1秒以内で急冷し微粒子合成する際に、新たに開発した低分子分散剤と高分子分散剤を組み合わせた処方により平均粒子サイズ47nmを実現し、中間目標を達成した。

(b) 高圧との協奏的反応場技術の開発

「高温高圧水マイクロ空間協奏的反応場による高付加価値物質製造法開発」においては、硝酸アセチルを用いた芳香族の低温ニトロ化の適応範囲を広げ、各種ニトロ化合物を反応時間10秒以内でほぼ定量的に得ることに成功。同時に、ニトロ化の反応選択性、反応メカニズムを明らかにした。また、炭素-炭素カップリングでは、鈴木カップリング、溝呂木-ヘックカップリングを検討し、

反応時間0.1秒以内ながら、最高収率99%、選択率100%を達成した。

「高温高压水を利用したマイクロ反応プロセス開発研究」においては、ニトロナフタレンのジニトロ化、ピフェニルのモノニトロ化を詳細に検討し、ジニトロナフタレンの収率(350℃・40MPaで45%)と異性体化比率を示すとともに、ニトロピフェニルの収率(325℃・40MPaで87%)を明らかにした。

「高压流体と反応ガスを用いる高压マイクロ反応システム開発」においては、超臨界二酸化炭素中でのニトロベンゼンのカルボニル化反応を行った。その結果、アセトニトリルを助溶媒としパラジウムピリジン錯体触媒を用いて、ニトロベンゼンのカルボニル化反応が進行することを確認した。

「活性種生成、活性種反応制御デバイスの高温高压協奏的反應場への展開」においては、これまで開発してきたデバイスが50MPa以上500℃以上で使用可能で、100℃/10ミリ秒以上で急速昇温可能なT字型マイクロミキサーを有する高压マイクロ反応装置を完成し、ピナコール転位反応を実施して、その有用性を検証した。

「高温高压場におけるマイクロリアクター内の反応種挙動の解析」においては、300℃、20-35MPaにおけるメタノール水溶液およびエタノール水溶液の密度データと200℃までの高温液体条件下のエタノール水溶液の誘電物性データを蓄積し、常温~400℃高压下におけるアルコール水溶液の体積挙動と諸物性値推算手法を検討した。

「ニトロ基(化合物)を起点及び終点とした新規化合物製造プロセスの確立」においては、ヘテロポリ酸を使用することで反応率を向上させるとともに、ゼオライトとの複合化により1,5-体選択率を従来よりも40%向上させることに成功した。

「マイクロリアクター内の流路の多機能化」においては、水素還元によるアニリン合成を対象とし、ニッケル薄膜触媒の性能を調べるプロトタイプのリアクターを製作した。3種類の成膜法を試し、36時間の連続運転における特性比較を行った。この知見をもとに、攪拌効率に優れた触媒を必要とする気液反応用リアクターを試作した。

「高压/マイクロリアクター協奏的反應場での微粒子製造の基盤技術の開発」においては、高压CO₂中でのチタンアルコキシドの加水分解により、粒径数百ナノメートルの球形チタニア微粒子の作製に成功した。

(2) ナノ空孔における協奏的反應場技術の開発

(a) マイクロ波、マイクロリアクター利用触媒反応技術の開発

「マイクロ波を利用した化学反応用リアクター技術の開発」においては、原料として比較的誘電損失の大きい化合物を用いることにより、従来の外部加熱法より高効率な芳香環修飾反応が行えることがわかった。化学反応用リアクターとして取り扱いやすい構造である矩形導波管構造キャビティを製作した。

「ナノ空孔利用マイクロリアクター触媒反応技術の開発」においては、シリカゲルをバインダーとしてカーボンナノファイバー、グラファイト粒子を表面積/容積比100,000m²/m³のマイクロハニカム状に成形することに成功した。

「規則性ナノ空孔材料固定マイクロリアクターの開発」においては、触媒や酵素を固定化するための触媒担体層として、メソポーラスシリカ薄膜を形成し、マイクロリアクターとしての稼働を実証した。

「ナノ空孔固定化触媒へのマイクロ波エネルギー供給の適用」においては、溶媒の種類、反応温度、マイクロ波照射法等を適切に選択することにより、触媒失活を起こすことなく目的物を90%以上の収率で合成できる反応条件を見いだすことができた。

(b) マイクロリアクター、マイクロ波および反応媒体利用触媒反応技術の開発

「水を化学原料、反応媒体とする高選択的合成プロセス開発」においては、水、パラジウム系触媒、マイクロ波照射の協奏により、フェニルボロン酸類の高速、高収率、高選択的な炭素-ホウ素結合開裂反応を見いだした。本反応を重水中で行うことにより位置選択的な重水素導入(最高で転化率、選択率99%)を達成した。また、重水、白金系触媒、マイクロ波の組合せによるジメトニダゾール(動物用医薬品)やフェニルピリジン(発光錯体用配位子)の重水素化を検討し、実用レベルの重水素化を達成した(重水素化率95%以上)。

「ナノ空孔反応場と分子触媒の協働作用技術への協奏的反應場の適用」においては、有機窒素化合物の合成における超臨界二酸化炭素が反応に与える影響を評価したが、その有効性は見出されなかった。有機硫黄化合物合成におけるマイクロ波照射の検討では、リアクターの反射率及び透過率から吸収率を評価し、吸収率を高めるためのインピーダンス整合法について検討を開始した。また、新しく開発した多孔質酸化マグネシウムは、従来法で作製した酸化マグネシウムに比べ表面積が小さいにもかかわらず、固体塩基触媒作用が2倍高いことを見出した。

「ナノ空孔反応場と酵素の協働作用技術への協奏的反應場の適用」においては、ナノ空孔材料を内壁に固定化したガラス製マイクロリアクターについて、ナノ空孔材料の細孔内にリパーゼを固定し、酵素マイクロリアクターとして効果的に反応が進行することを実証するとともに、反応工学的な解析を行って基本的にはミカエリス・メンテン式で反応が解析できることを明らかにした。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目④「マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術及び協奏的反應場技術を利用したプラント技術の開発」

- (1) マイクロリアクターと協奏的反応場技術の開発
 - (a) 高圧との協奏的反応場技術の開発
- 1) ニトロ化合物の生成反応におけるプラント技術の開発

ニトロ基を基軸とした高機能材料を製造する実証プロセスの確立に向け、水系超臨界反応設備を導入して基本的な反応を実施した。その結果従来の硝酸/硫酸を用いるニトロ化合物の生成プロセスと比較して硝酸だけで活性種が生成可能である超臨界でのプロセスは連続反応系の構築のし易さや環境負荷の面でも有利であることが実証された。

平成21年度においては、以下を実施した。

国立大学法人京都大学教授 長谷部 伸治氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「マイクロリアクター技術」

- (1) 反応剤・触媒等を用いた活性種生成・反応技術の確立

炭素アニオン種の生成・反応技術の集積化においては、ジアリールエテンの収率90%を達成した。
 - (2) 活性種生成場と反応場を分離した反応装置設計と生産システム化に関する共通基盤技術の開発

マイクロプラントに適した精密制御・管理システムの開発においては、ナンバリングアップ(4基並列)された仮想プラントに実装し、診断成功率85%以上を達成した。
- 研究開発項目②「ナノ空孔技術」
- (1) ナノ空孔反応場と分子触媒の協働作用技術の開発

ナノ空孔反応場と分子触媒の協働作用技術の開発においては、最終目標(転化率80%以上、選択率90%以上)を上回る結果が得られた。
 - (2) ナノ空孔反応場と酵素の協働作用技術の開発

ナノ空孔反応場と酵素の協働作用技術の開発においては、固定化グルタミンナーゼを用いて50回以上の繰り返し試験を実施した。
 - (3) ナノ空孔固定化触媒の開発

ナノ空孔固定化分子触媒の開発においては、炭素-炭素結合形成反応が収率80%程度で進行し、かつ触媒であるパラジウムのリーチングがICP発光分光分析で定量下限値以下(参考値で0.6ppm)と少ないナノ空孔固定化分子触媒を開発した。
 - (4) ナノ空孔反応場を利用した反応制御技術の確立

ナノ空孔反応場を利用した反応制御技術の確立においては、アルミニウムを含むナノ空孔触媒において、触媒中のナノ空孔が高い触媒活性に必須であることを明らかにした。

研究開発項目③「協奏的反応場技術」

- (1) マイクロリアクターにおける協奏的反応場技術の開発
 - (a) 外部エネルギーを用いた活性種生成・反応技術の確立

光エネルギーを用いたマイクロ協奏場反応技術開発においては、マイクロフロー反応によってバッチ反応では達成できない転換率70%を達成した。
 - (b) 高圧との協奏的反応場技術の開発

高温高圧水マイクロ空間協奏的反応場による高付加価値物質製造法開発においては、芳香族アルコール類を用いる変換を5分の反応時間で収率95%、選択率95%を達成した。
- (2) ナノ空孔における協奏的反応場技術の開発
 - (a) マイクロ波、マイクロリアクター利用触媒反応技術の開発

ナノ空孔利用マイクロリアクター触媒反応技術の開発においては、ゼオライト粒子、チタニア粒子、グラファイト粒子を含有するシリカマイクロ繊維を3件開発した。
 - (b) マイクロリアクター、マイクロ波および反応媒体利用触媒反応技術の開発

水を化学原料、反応媒体とする高選択的合成プロセス開発においては、重水を用いた反応場に30分間のマイクロ波照射を行うことにより、実用レベルの純度(99%以上)、重水素含有量(98%以上)で得られることを明らかにした。

【実用化技術】[助成事業(助成率:1/2以内)]

研究開発項目④「マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術及び協奏的反応場技術を利用したプラント技術の開発」

- (1) マイクロリアクター技術
 - (a) 活性種生成・反応場を分離したマイクロプラントの構築
- 1) 「光スイッチング化合物製造のためのパイロットプラント技術の開発」

各種アリールのリチオ化と縮合の反応条件を検討した。メチルフェニルチオフェンで量産化可能な反応で、モノアリール化80%以上、ジアリール化60%以上の収率が得られた。
- (2) ナノ空孔技術
 - (a) ナノ空孔反応場と分子触媒、酵素を利用したプラント技術の開発
- 1) 「半導体デバイスプロセス処理剤のためのプラント技術の開発」

メソポーラス担体に固定化させた金属触媒のリサイクル20回を実証した。
- 2) 「食品関連機能性化学品等の製造のためのプラント技術の開発」

ナノ空孔固定化グルタミンナーゼをカラム充填し、テアニンの通液反応の検討を行い、24時間以上(バッチ24回相当)の反応後も活性が残存する事を確認した。

- 3) 「工業用触媒の製造プロセス技術の開発」
リガンド合成7ステップを5ステップに短縮し、20%以上の原単位削減を達成した。
- (3) マイクロリアクターと協奏的反応場技術の開発
 - (a) 外部エネルギー利用協奏的反応場技術の開発
- 1) 「マイクロ波を外部エネルギーとして用いるパイロットプラント技術の開発」
単一のマイクロ波発振源から、並列化した四つの反応場にマイクロ波を均等に分岐照射することが出来る協奏的マイクロリアクター汎用プラントを試作した。
- (b) 高圧との協奏的反応場技術の開発
- 1) 「ニトロ化合物の生成反応におけるプラント技術の開発」
実際のプロセス設計を行い最大反応温度200℃、最大反応圧力25MPaのプロセスを確立した。

平成22年度においては、以下を実施した。

マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術、各種のエネルギー供給手段等を組み合わせた協奏的反応場を利用し、革新的な化学プロセスを開発することを目的に、国立大学法人京都大学教授 長谷部 伸治氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

その結果、全ての研究開発項目において最終目標を達成した。詳細な検討内容については以下に示す。

研究開発項目①「マイクロリアクター技術」

- (1) 各種活性種に対して、その寿命と望ましい急速混合技術の関係を体系化した。
- (2) 活性種生成場と反応場の分離可能なマイクロ反応器の形状設計手法及びそのデバイスコンポーネントを開発するとともに複数のパイロットプラントへ実装し、その性能を検証及び開発した計測装置を用いた制御・監視システムを開発し、実験プラントへの実装と性能検証を行った。

研究開発項目②「ナノ空孔技術」

- (1) ヘテロ化合物の製造において、ナノ空孔反応場と分子触媒との協働作用を最大限活かすことにより、原料転化率80%、選択率90%する実用レベルまで向上させた。
- (2) 食品関連機能性化学品の合成酵素において、ナノ空孔材料への固定化と活性の発現により、実用化の指標となる50回以上の繰り返し使用を可能とした。
- (3) 炭素-炭素結合形成反応触媒では収率90%以上、不斉水素化触媒では、分子触媒と同等の不斉収率(ee)を達成した。また、両触媒とも、目的物中の残留金属濃度について、実用化の目途となる0.2ppm以下の分子触媒レベルの反応効率を達成するとともに実用可能レベルの触媒リーチング抑制技術を開発した。
- (4) ナノ空孔反応場と分子触媒、酵素との協働作用発現について、協働作用発現機構のモデルを提案し、工業触媒へ応用可能なナノ空孔内への分子触媒、酵素の有効な固定化手法を開発した。

研究開発項目③「協奏的反応場技術」

- (1) (a) 転化率が90%以上の光反応合成プロセスを開発し、高転化率の実用的光反応合成プロセスを開発した。またマイクロ波・熱流体シミュレーション技術を利用したマイクロ波利用装置の形状設計法を開発し、外部エネルギー・熱流体シミュレーション技術を利用した外部エネルギー利用装置設計手法を開発した。
- (b) 高圧(50MPa以上)、腐食性流体中で使用可能なマイクロリアクターと短時間(混合時間0.01秒以下)で混合・反応停止できるマイクロリアクターからなるシステムを開発した。また高機能材料として芳香族化合物、選択的反応技術としてニトロ化反応技術を開発した。
- (2) (a) 40%以上のエネルギー有効利用(現状20~30%)を可能とするマイクロ波照射技術を開発した。また、機能性高分子原料となる多官能性化合物の合成では転化率40%以上かつ選択率70%以上の実用レベルの転化率で選択的に位置異性体を合成する触媒反応技術を開発した。
- (b) 水等の反応媒体を化学原料とする還元反応、酸化反応において95%以上の転化率、選択率を達成し、マイクロ波エネルギーを高い効率で吸収するナノ空孔触媒を活用した実用レベルの高選択触媒反応技術を開発した。

【実用化技術】

研究開発項目④「マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術及び協奏的反応場技術を利用したプラント技術の開発」

- (1) (a) 新規機能性ニーズに対応できる活性種生成場・反応場を分離したマイクロ反応技術に基づくパイロットプラントを構築し、部材製造コストの30%削減、実用化検証を行った。
- (2) (a) 情報・電子関連機能性化学品、食品関連機能性化学品を、高効率かつ低コストで工業生産するためのプラント技術を開発した。
- (3) (a) 電場、マイクロ波、超音波、光などの外部エネルギーを用いたパイロットプラントを構築した。
- (b) 反応性に富んだ活性種であるニトロ基を基軸にした高機能材料を製造する実証プロセスを構築し数時間の連続運転を実施した。
- (4) (a) 実用的各種遷移金属触媒カップリング反応のパイロットプラントを構築し、連続運転を実施した。
- (b) ナノ空孔を利用した各種協奏的反応場を活用した、電子・情報材料、食品等各種機能性化学品の高効率製造システムを構築した。

《8》鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発〔平成19年度～平成23年度〕

〔中期目標期間実績〕

平成20年度においては、以下を実施した。

国立大学法人名古屋大学副総長 宮田 隆司氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「高級鋼材の革新的溶接接合技術の基盤開発」

クリーンMIG溶接の安定化制御技術として、溶接電流制御の影響度を明示して溶滴移行の一層の安定性を保証する制御システムの設計・試作を行った。溶接冶金組織制御技術では、その場観察技術を発展させ、組織形成挙動と割れ感受性や機械的性質に関する基礎データを構築した。また、耐熱鋼の合金設計指針の提示では、クリープ損傷機構の解明を進め金属間化合物を用いた粒界強化法等による設計指針を得つつある。

研究開発項目②「先端的制御鍛造技術の基盤開発」

Vを添加した鋼の恒温変態と連続冷却変態の明確化等を推進し、1000MPa以上に析出強化可能な熱処理条件の提示を行った。また、初期き裂進展状況評価技術確立と影響因子明確化を目的として、非干渉型3chガウスメーターを用いたき裂周辺磁場の可視化および疲労による磁場変化の観察に成功する等、き裂進展とその疲労状態の定量評価手法の確立に着手できた。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目③「高級鋼材の革新的溶接接合技術の開発」

開発されたプラズマMIG溶接法ならびに同軸複層ワイヤ法の各クリーンMIG溶接法を用いて、予熱・後熱なしの条件での溶接施工性を検討するとともに、耐割れ性および機械的特性に優れた成分系の見極めを行った。また、水素侵入による低温割れの解明に対しては、TiC炭化物による水素トラップ状態の明確化等を行った。

研究開発項目④「先端的制御鍛造技術の開発」

VC析出制御による降伏点強度1000MPa以上の高強度化の研究では、無加工条件で、目標強度を確保できる制御冷却条件を見出した。また、ベース鋼に関するバーチャルラボシステムのモジュール構築用データの採取を行い、システムとしてのモデル化を開始した。

平成21年度においては、以下を実施した。

国立大学法人名古屋大学副総長 宮田 隆司氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「高級鋼材の革新的溶接接合技術の基盤開発」

クリーンMIG (Metal Inert Gas) 溶接プロセスにおいては、HT980 (高張力) 鋼と9%Ni (極低温用) 鋼の2鋼種に適合したプロト溶接機の設計指針を提案した。レーザー溶接においては部分溶け込み溶接時のポロシティ防止技術を確立し、25mm厚板溶接への適用を可能にした。さらに、溶接金属の設計 (成分と組織制御ターゲット) とそれを実現する溶接材料指針を明示した。また、耐熱材料については、3万hクリープ強度100MPaの合金設計指針を提示した。さらにクリープ破断データの領域区分解析法などの新しい強度予測法と組み合わせながら高精度の強度予測を行う組織診断プラットフォームのプロトタイプを構築した。

研究開発項目②「先端的制御鍛造技術の基盤開発」

鍛造における鋼の析出制御メタラジの解明や、現実的かつ効率的な鍛造部品の析出制御指導原理を確立した。組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステムの枠組みを完成し、一般的な鍛造プロセス用の組織・強度分布予測・最適工程設計を可能とする計算機シミュレーション技術を開発した。また、き裂発生部位やき裂発生までの転動回数等、寿命予測法の確立に有用なメカニズム解明と観察システム構築に世界で初めて成功した。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目③「高級鋼材の革新的溶接接合技術の開発」

共通基盤技術①で提案された溶接装置を試作し、実用溶接継手レベルの溶接施工性ならびに継手性能を評価し、各プロセスの特徴と有効範囲を明確にした。レーザー溶接継手を作成し、溶接金属の欠陥発生状況や溶接継手性能 (溶接金属靱性、継手強度、硬さ、疲労特性など) を評価し、試験体レベルにおいて目標値を達成した。また、溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計指針を提示して、新しいクリープ強度予測法のベースとなる組織診断プラットフォームのプロトタイプを構築した。

研究開発項目④「先端的制御鍛造技術の開発」

傾斜機能を付与する鍛造プロセス開発においては、同一成分鋼の前方押し材において各部品に対応した強化部・軟質部強度について中間目標を達成するアロイデザイン・プロセスを確立した。また、転動疲労試験時の酸化物系介在物やき裂の詳細な経時変化観察技術、およびその観察状況と合致する応力状況シミュレーション技術を構築し、初期き裂形態への影響因子を抽出した。

【中間評価結果】

大型プロジェクトの目標設定に対し、サブグループ単位で、個別の研究課題ごとに研究者間の十分な連携がなされ、世界最高水準の成果が複数得られていると高く評価された。また、最終的な成果が、経済性の面も含めユーザーの将来ニーズに合致したものであるかどうか等、実用化のための現状把握を実施すべきとの指摘を受けた。

【中間評価への対応】

指摘事項への対応として、現在実施しているユーザー企業の委員を含む研究委員会での情報交流やユーザー企業への訪問を通じて、最新のユーザーニーズの収集を図り、コスト競争力等の経済性も考慮した研究開発も進めることを実施計画に反映した。

平成22年度においては、以下を実施した。

鋼材の高強度化・利用技術及びその信頼性向上技術の開発により、高度な省エネルギー社会を構築するとともに、日本の製造業の国際競争力の更なる向上を目的に、名古屋大学副総長 宮田 隆司氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高級鋼材の革新的溶接接合技術の基盤開発」

HT980（高張力）鋼に適合したクリーンMIG（Metal Inert Gas）溶接の適性制御ソフトウェアを完成し助成事業に提供した。導入した大出力ファイバーレーザー装置により、25mm厚HT980鋼の溶接継手においてJIS1類レベルの無欠陥を達成する制御指針を明示した。また、耐熱材料においては、クリープ強度特性と組織劣化パラメータをリンクさせるプラットフォームの充実化を行うと共に新規開発鋼の10万時間強度評価を実施した。

研究開発項目②「先端的制御鍛造技術の基盤開発」

VCの析出制御および変態制御メタラジの解明により、現実的かつ効率的な高強度・傾斜機能付与部品鍛造の指導原理を確立した。また、鍛造材の疲労特性評価による転動疲労ときのき裂形成機構の整理、3次元初期き裂観察における非金属介在物の最適切削条件の探索、き裂と介在物のデータベース構築、き裂進展挙動に及ぼす非金属介在物や応力の影響について実施した。

研究開発項目③「高級鋼材の革新的溶接接合技術の開発」

一次試作ワイヤを用いて、HT980鋼実用継手をクリーンMIG溶接プロセスで試作し、低温割れなしおよび目標継手特性を確認した。大出力レーザー溶接プロセスの最適化により、12mm厚HT780鋼溶接継手が目標継手性能を満足することを確認した。また、耐熱材料については、クリープデータを拡充し、開発した各種予測技術の組み合わせにより高精度強度予測可能なプラットフォームの原型を提案した。

研究開発項目④「先端的制御鍛造技術の開発」

委託研究で確立された析出と変態制御の指導原理を元に、前方押し出し材にて強化部・軟質部強度について目標を達成する事を確認した。さらにプロトタイプ鍛造部品試作の試験設備を導入した。また、転動疲労のメカニズム解明するための調査方法の検討が完了し、非金属介在物の影響調査を開始した。さらに、転動疲労寿命について下限寿命式を提案し、その妥当性を確認した。

平成23年度においては、以下を実施した。

鋼材の高強度化・利用技術及びその信頼性向上技術の開発により、高度な省エネルギー社会を構築するとともに、日本の製造業の国際競争力の更なる向上を目的に、名古屋大学副総長 宮田 隆司氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】

研究開発項目①「高級鋼材の革新的溶接接合技術の基盤開発」

実用適用性を確認するため、クリーンMIG（Metal Inert Gas）溶接の高強度鋼大型模擬構造体製作を可能にする最適条件を助成事業へ提供し、レーザー・アークハブリッド溶接による大型模擬構造体を製作した。低温割れ抑止を可能にするマスターカーブを提供し、各種大型構造体で目標破壊性能・信頼性を評価する手法を確立した。耐熱材料では破断データ解析に基づく寿命予測法を開発し、高精度の組織診断およびクリープ寿命/強度予測のためのプラットフォームを構築した。

研究開発項目②「先端的制御鍛造技術の基盤開発」

開発鋼における組織変態速度の支配因子、およびVC（炭化バナジウム）による析出強化鋼の強化機構を特定し、傾斜機能を有するプロトタイプ部品鍛造に対するプロセス・合金設計指針の指導原理を確立した。また、鍛造鋼材の転動疲労面直下における介在物・き裂・応力状態を分析するためのソフトウェアおよび装置を開発し、これらを活用して内部起点型疲労破壊におけるき裂発生とき裂伝播機構を明確にした。

【実用化技術】

研究開発項目③「高級鋼材の革新的溶接接合技術の開発」

Cr-Ni系最終成分系ワイヤを用いて大型モデル溶接構造体を製作し、目標継手性能が得られることを確認した。耐熱材料では、研究開発項目①の委託事業と共同でクリープ劣化・損傷の進行を検出、評価できる有効な手法を見出し、高精度の組織診断およびクリープ寿命/強度予測のためのプラットフォームを構築した。

研究開発項目④「先端的制御鍛造技術の開発」

研究開発項目②で得られた傾斜機能を有する部品鍛造に対するプロセス・合金設計指針の指導原理を活用して小型、中型、大型の自動車用部品を想定したプロトタイプ部品を製作し、目標性能が得ら

れることを実証した。また、内部起点型疲労破壊のモデルを構築し、き裂伝播寿命下限曲線から疲労寿命予測の考え方を提示した。

委託事業と助成事業の連携を図るべく、財団法人金属系材料研究開発センターを中心に各研究分野毎に4つのサブグループを組織して研究開発を実施した。その結果、成果普及が促進され、下記成果を得た。

《9》マルチセラミックス膜新断熱材料の開発 [平成19年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

国立大学法人長岡技術科学大学副学長 高田 雅介 氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「多孔質セラミックス粒子合成技術の開発」

熱伝導精密測定装置によって断熱要素材料の小さな熱伝導率の値を正確に測る技術、熱伝導率-真空度関係曲線を精密に測定する技術をほぼ確立した。種々の条件で合成した多孔質セラミックス(シリカ)粒子の熱伝導率-真空度関係曲線を測定した結果、約10Paの低真空下において約0.002W/mKという極めて小さな熱伝導率を有するなどの成果を得た。

研究開発項目②「ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発」

光学特性評価装置によりセラミックス膜の赤外線反射率、光透過率、ヘイズ率等を評価する技術をほぼ確立した。そして、酸化亜鉛、チタニア等の酸化物セラミックス膜を電子ビーム物理蒸着法やスパッタリング法などのコーティング法によって合成し、可視光を80%以上透過させつつ近赤外線を60%以上反射させ、ヘイズ率を2%以下まで低減できるなどの成果を得た。

研究開発項目③「透明多孔質セラミックス合成技術の開発」

超臨界乾燥法によってナノフラクタル多孔構造を有する透明多孔質セラミックス(シリカ)を合成し、気孔率が90%以上、気孔径が50nm以下、可視光透過率が80%以上の透明性の著しく優れたサンプルを得ることができた。また、キセロゲル法等の他の手法による透明多孔質セラミックスの合成と特性評価等の成果も得た。

研究開発項目④「複合化技術及び真空セグメント化技術の開発」

多孔質セラミックス粒子をポリマー膜によって真空封止したサンプルを試作すると共に、真空封止装置を仕様設計し、装置を導入した。透明多孔質セラミックス等をガラス板で真空封止したサンプルを試作すると共に、ガラス真空複合化装置を仕様設計した。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目⑤「超断熱壁材料の開発」

連続式エマルジョン化装置の実溶液を用いた試験を行い、槽容量数10Lの切り替え連続式エマルジョン化装置を用いることより、目標の数千トン/年の生産を行なえることを確認した。また連続遠心式の固液分離装置の想定性能をバッチ式の遠心分離機を用いて再現して、実溶液でテストを行い、連続遠心式の固液分離器が十分な性能を持つとともに廃エマルジョンの分解も同時に行なえることを確認した。

平成21年度においては、以下を実施した。

国立大学法人長岡技術科学大学副学長 高田 雅介 氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「多孔質セラミックス粒子合成技術の開発」

ナノ多孔構造や気孔率等を変化させた種々の多孔質セラミックス粒子について、熱伝導率-真空度依存性の関係曲線を詳しく調べ、極めて小さな熱伝導率を有するなどの成果を得た。圧縮強度は20MPa以上、熱伝導率は0.002W/mK以下(1Pa以上雰囲気下)、気孔率は85%以上のいずれも中間目標値を達成した。

研究開発項目②「ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発」

酸化亜鉛、チタニア等の酸化物セラミックス膜について、電子ビーム物理蒸着法やスパッタリング法などのコーティング法によって多孔質膜あるいは積層膜を合成する条件の制御技術を確立した。気孔率(1~70%)、柱状構造(1μm以下)、羽毛状構造(20~100nm)、赤外線反射率(60%以上)、面積(10,000mm²)ですべて中間目標値を達成した。また、可視光透過率(84.8%)、ヘイズ率(0.43%)についても中間目標値を達成した。

研究開発項目③「透明多孔質セラミックス合成技術の開発」

超臨界乾燥法によって透明多孔質セラミックスの試料を合成する際に、温度および圧力の精密制御を行い、クラック等が生じないように安定に透明体を合成する条件を明らかにし、10,000mm²程度の大きなサイズのサンプル作製を実現させた。以上により、気孔率90~95%、穴径制御50nm以下、圧縮強度0.5Pa以上、可視光透過率80%以上、面積10,000mm²は中間目標を達成した。熱伝導率は中間目標値の0.004W/mK以下に対し0.005W/mK、ヘイズ率は中間目標値の2%以下に対し3%と未達であるが、平成22年度に達成を目指す。

研究開発項目④「複合化技術及び真空セグメント化技術の開発」

多孔質セラミックス粒子をポリマーシートで真空封止したサンプルを試作すると共に、真空封入・

セグメント化における真空排気効率、ポリマー材質、表面凹凸等の技術課題を明らかにした。透明多孔質セラミックス等をガラス板で複層化・真空化して超断熱窓材料を試作し、真空封止後の透明多孔質セラミックスに生じるひずみなどの技術課題を明らかにした。以上により、壁材料として、真空度 0.01Pa 以下、面積 $40,000\text{mm}^2$ 、窓材料として真空度 1Pa 以下、熱還流率 $0.71\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 、面積 $10,000\text{mm}^2$ で中間目標を達成した。ヘイズ率は 3% と中間目標値(2% 以下)未達だったので、平成22年度に達成を目指す。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目⑤「超断熱壁材料の開発」

連続式エマルジョン化装置の実溶液を用いた試験を行い、槽容量数 10L の切り替え連続式エマルジョン化装置を用いることにより、目標の数千トン/年の生産を行える事を確認した。また連続遠心式の固液分離装置の想定性能をバッチ式の遠心分離機を用いて再現して、実溶液でテストを行い、連続遠心式の固液分離機が十分な性能を持つとともに廃エマルジョンの分解も同時に行える事を確認した。

【中間評価結果】

個別の要素技術については概ね数値目標をクリアしており、基礎研究の視点で見た場合には十分に当初の目標を達していると評価された。また、要素材の性能を維持した上で、強度、耐久性を確保し、さらに大型化および低コスト化する必要がある、越えるべき課題は多いとの指摘を受けた。

【中間評価への対応】

指摘事項への対応として、要素材料の性能を維持した上で、強度、耐久性を確保するために、要素材料の多孔質構造最適化、微量水分除去、経時・環境劣化評価を行うことを実施計画書に反映した。また、大型化及び低コスト化を目指した開発については、外部状況の変化に応じて研究課題の絞り込みを行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

建物の冷暖房、家電製品、輸送機器、エネルギー貯蔵などの大幅な省エネ効果をもたらす、超断熱壁材料・窓材料を実現するため、セラミックスポリマー、ガラスのナノテクノロジー・材料技術を駆使し、セラミックス膜新断熱材料を具現し、もって我が国の省エネルギーに大きく貢献することを目的に、長岡技術科学大学副学長 高田 雅介氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなったため、平成23年度以降はNEDOでは実施しない。

研究開発項目①「多孔質セラミックス粒子合成技術の開発」

- (1) 多孔質セラミックス粒子(粉末)の 10Pa の圧力下における熱伝導率を、昨年度の $0.005\text{W}/\text{mK}$ に対して、本年度は $0.002\text{W}/\text{mK}$ に低減することができた
- (2) 粉末の圧縮試験を行うとともに、圧縮後の粉末の破壊状況を調べることにより、粉末の強度・耐久性確保のための評価技術を確立した。
- (3) 粉末の真空下における熱伝導率および、真空封入サンプルの熱伝導率の精密測定方法を確立することができた。

研究開発項目②「ナノ構造セラミックス膜コーティング技術の開発」

- (1) 電子ビーム物理蒸着法およびスパッタリング法により、アルミニウム添加の酸化亜鉛膜のコーティング技術を確立した。
- (2) 周期的な Al 添加により、熱線に対する屈折率のみを変調させ、可視光透明性と熱線反射を両立させることに成功した。

研究開発項目③「透明多孔質セラミックス合成技術の開発」

- (1) 様々なアルコキッドを出発原料にして、密度・可視光透過率・機械特性の異なるエアロゲル合成技術を確立した。
- (2) 表面平滑性、厚さ、内部構造等の制御により、ヘイズ率を 1.8 まで低減することができた。
- (3) 流通式超臨界乾燥条件の最適化によりエアロゲルのサンプルサイズアップ(面積が 40000mm^2)を実現した。光学接着剤を用いてエアロゲルの継ぎ目を埋める技術を開発した。

研究開発項目④「複合化技術及び真空セグメント化技術の開発」

- (1) 真空封入サンプルの熱伝導率の経時変化を調べるとともに、サンプルの真空度低下(漏れ)の場所が最終封止部であること等を明らかにした。
- (2) 壁用断熱材サンプルの熱伝導率が真空封入によって上昇してしまうことの原因や、封入サンプルの熱伝導率と密度の関係を明らかにした。
- (3) 複合化・真空封入した窓用サンプルの熱伝導率を測定し、エアロゲルの熱伝導率との関係等を解析し、熱橋の寄与等を解析した。
- (4) エアロゲルの破損防止、スペーサー部断熱性向上等のためのガラス複合パネルの断面構成の最適化を図り、封着剤の減圧保持性の効果を確認できた。

【実用化技術】

研究開発項目⑤「超断熱壁材料の開発」

- (1) 多孔質セラミックス粒子の量産化にとって、疎水性の付与、低密度化、球形化などが重要課題であることが分かった。
- (2) サンプルの大型および大量試作等において、水分乾燥工程、粉末の真空排気効率、粉の飛散や流動性などの改良が重要指針であることが分かった。

- (3) 多孔質セラミックス粒子（粉末）の量産化への課題や、サンプル試作の重要指針を委託事業に粉末合成や真空封入の技術開発にフィードバックし、今後の効率的開発を促進する。

研究開発項目⑥「超断熱窓材料の開発」

- (1) 複合化ガラス量産化にとって、熱反射膜の複合化（コーティング）の高速化が重要課題であり、かつ複合化プロセスでのエアロゲルの真空封入工程が重要課題であることが分かった。
- (2) 大型化サイズでの製造プロセスにおいて、エアロゲルの真空排気時における損傷防止や継ぎ目の改善などが重要指針であることが分かった。
- (3) 大型真空封入サンプルにおけるガラスのたわみによってエアロゲルは破損しない程度の強度を有することが分かり、かつたわみは視覚・性能に大きな影響は及ぼさないことが確認できた。
- (4) 複合化ガラス量産化、大型化サイズ化等で得られた重要課題や指針を、エアロゲル合成や真空封入の技術開発にフィードバックし、今後の効率的開発を促進する。

《10》高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発 [平成19年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

国立大学法人東北大学ユニバーシティプロフェッサー 井上 明久氏をプロジェクトリーダーとし、以下の内容を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「複合化金属ガラスによる硬磁性・ナノ構造部材技術」

i. 硬磁性複合化金属ガラスの合金創製

薄膜形成による硬磁気特性付与において、Co/Pd多層膜の作製を行い、飽和磁化及び異方性磁界の中間目標を達成した。また、インプリント加工に、より適した金属ガラス層の成膜としてPd基金属ガラスをPLD法にて成膜し、微細パターンインプリント加工による成立性を確認した。さらに、軟磁性裏打ち層の成膜としてFe基金属ガラスおよび零磁歪Fe基アモルファス合金をMGS法にて成膜し、軟磁性裏打ち層として十分な特性を有していることを確認した。

ii. 金属ガラスによる超高密度パターン形成技術の開発

FI Bにより、グラッシーカーボン製金型の加工条件の検討と作製を行い、ドット径20nm、ドット間隔30nmの高密度加工を達成し、さらに目標値に向けて密度の向上を図っている。また、PLD法にて成膜したPd基金属ガラスを用いて市販金型によるインプリントを行い、直径90nmのホールパターンが比較的大面積で形成できることを確認した。

研究開発項目②「複合化金属ガラスによる高強度・超々精密部材技術」

i. 高強度・可塑性複合化金属ガラスの合金創製

Zr基金属ガラスを中心にして、目標とする強度と塑性変形能が得られるような合金成分の基礎的検討を継続実施している。

ii. 超々精密ギヤ等の成形技術の開発

超精密プレス（シェービング加工）による超々精密ギヤ作製で、複合化金属ガラスの特性（表面粗さ、寸法精度）の優位性を確認した。また、共同実施先である東北大学金属材料研究所（井上明久ユニバーシティプロフェッサー）で開発されたホブ加工による超々精密ギヤ作製を技術導入し、作製したギヤの特性の改善に取り組んでいる。

研究開発項目③「複合化金属ガラスによる高強度・高導電性部材技術」

i. 高強度・高導電性複合化金属ガラスの合金創製

Cu基金属ガラスと導電性フィラーを押し出法で混合・固化した複合化金属ガラスで、中間目標に匹敵する引張強さ1040MPa、導電率25%IACSを確認した。さらに、金属ガラス生成ルールを活用したCu基非平衡結晶合金の探索を行い、強度及び導電性の基礎的評価を実施している。

ii. 精密薄板作製技術の開発

押し出法で混合・固化した複合化金属ガラスの精密薄板作製技術の開発を実施している。また、Cu基非平衡結晶合金を冷間圧延することにより幅20mm、厚さ0.12mmの薄板を作製し、小型カードコネクタの一次試作に供給した。

平成21年度においては、以下を実施した。

国立大学法人東北大学ユニバーシティプロフェッサー 井上 明久氏をプロジェクトリーダー、国立大学法人東北大学金属材料研究所教授 早乙女 康典氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の内容を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「複合化金属ガラスによる硬磁性・ナノ構造部材技術」

(1) 硬磁性複合化金属ガラスの合金創製

- (a) 中間目標を達成しつつ要求に合わせて特性が調整可能なCo/Pd多層膜の成膜、インプリント加工に最適化されたPd基金属ガラスのMGS（マグネトロンスパッタリング）法による成膜、HDD媒体の磁気記録層の記録再生特性を高めるAPC（Anti-Parallel Cou

pled Soft-Magnetic under Layer) 構造を採用した軟磁性裏打ち層の成膜にそれぞれ成功した。

- (b) 逆スパッタ法による表面平滑化した媒体試作品の特性評価を実施し、今後の課題の抽出を行った。
- (2) 金属ガラスによる超高密度パターン形成技術の開発
 - (a) FIB (収束イオンビーム) デポジション とドライエッチングを組み合わせた新たな金型作製方法を開発し、ドット径12nm、ドット間隔25nm (1Tbit/In²相当) の金型創製に成功した。また、最終目標達成に向けた、新規な作製方法についても検討を開始した。
 - (b) MGS法にて成膜したPd基金属ガラスを用いて開発金型によるインプリント試験を行い、直径12nmのホールパターンが10μm角の領域で形成できることを確認した。
 - (c) ホール内に多層膜を埋め込み、孤立磁気ドットの磁化反転挙動を確認した。また、特性評価設備の改善に向けた検討を行った。

研究開発項目②「複合化金属ガラスによる高強度・超々精密部材技術」

- (1) 高強度・可塑性複合化金属ガラスの合金創製
 - (a) 1,600MPaの圧縮強さと10%の塑性伸びが得られるZr基複合化金属ガラスを開発した。
- (2) 超々精密ギヤ等の成形技術の開発
 - (a) 共同実施先である東北大学金属材料研究所から技術導入したホブ切りにより超々精密ギヤを試作し、直径0.3mm以下、寸法精度±1μmのギヤの作製に成功した。一方、超精密プレス成形による超々精密ギヤ作製は、安価に大量生産することを考慮してギヤの寸法精度改善に取り組んだ。

研究開発項目③「複合化金属ガラスによる高強度・高導電性部材技術」

- (1) 高強度・高導電性複合化金属ガラスの合金創製
 - (a) 金属ガラス生成成分別を活用したCu基非平衡結晶合金で精密薄板の試作を行い、1,500MPaの引張強さ、32%IACSの導電率を発現する合金の開発に成功して中間目標を達成した。この精密薄板を用いてコネクタ試作品を作製し評価した。
- (2) 精密薄板作製技術の開発
 - (a) 粉末を出発材としたCu基非平衡結晶合金を予備固化および冷間圧延により薄板化し、1,500MPaの引張強さ、32%IACSの導電率を発現する精密薄板を試作した。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目⑤「超微小モータ用部材の開発」

ホブ切りにより作製したZr基金属ガラス製造星歯車を組み込んだ、直径0.9mmで減速比6:1の1段ギヤヘッドを開発した。同時に直径0.9mmのコアレスモータの開発を行い、これらをドッキングした直径0.9mmの超微小ギヤードモータの試作に成功、スムーズな回転動作を確認した。

【中間評価結果】

プロジェクトリーダー及びサブリーダーの強い指導力の下に中間目標が全て達成され、金属ガラスの材料としての優れたポテンシャルを複合化により更に高めることに成功していると高い評価を受けた。また、必要性能と目標値の明確化、今後の実用化研究の重要性およびコスト・品質といった実用化までの課題について検討するよう指摘を受けた。

【中間評価への対応】

指摘事項への対応として、ユーザー企業、有識者の参加する総合技術委員会などを通して、実用化に必要な性能と目標値を精査し明確化を行った。また、委託事業の成果を最大限に生かし、早期の実用化が可能となる実用化事業計画を策定し、実施計画書に反映した。

平成22年度においては、以下を実施した。

複合化金属ガラス合金を創製し、従来の金属ガラス単相合金ではなしえなかった革新的部材の開発を行い、多様な工業製品に応用することで、我が国産業の優位性を確保することを目的に、東北大学ユニバーシティプロフェッサー 井上 明久氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなったため、平成23年度以降はNEDOでは実施しない。

研究開発項目①「複合化金属ガラスによる硬磁性・ナノ構造部材技術」

- (1) 硬磁性複合化金属ガラスの合金創製
 - (a) 膜厚を最適化した軟磁性裏打ち層で静記録再生試験(磁気ヘッドライト幅65nmから細くしていく)を実施し、市販磁気記録媒体に比べて面記録密度が5%~9%改善することを確認した。
 - (b) 逆スパッタリング法による試作媒体の表面超平滑化を適用し、磁気ドットが互いに孤立化していることを確認した。磁気ドットの孤立化後、表面粗さRa≤0.5nmを達成出来る条件を見出した。また、あわせて、更なる超平滑化として保護膜、潤滑膜について検討を進めている。
 - (c) APC構造を採用した軟磁性裏打ち層、非磁性金属ガラスインプリント層、硬磁性膜としてCo/Pd多層膜を採用し、逆スパッタリング法で平滑化することで超高密度パターン形成を含む一連製造プロセスの確立した。この試作媒体の磁化反転挙動を評価した結果、面記録密度が1.2Tb/in²相当の試作媒体の磁化反転を確認した。
- (2) 金属ガラスによる超高密度パターン形成技術の開発
 - (a) 集束イオンビーム(FIB)装置を用いてFIBデポジション法とドライエッチング法の組

- み合わせで面記録密度 2 Tb/in^2 に相当する超微細金型作製プロセスを新たに開発した。
- (b) 有限差分 (FDM) 法を用いて非磁性金属ガラスへのインプリント解析を行い、インプリント条件の最適化を検討した。この解析結果を実際のインプリント条件に反映させ、 2.5 インチ基板 (インプリント部は非磁性金属ガラス) への大面積インプリントが可能な技術を確認した。
- (c) 導入したスタティックテストの計測方法の確立し、 700 Gb/in^2 相当の試作媒体のリード・ライト信号を確認した。 1 Tb/in^2 相当の試作媒体では、パターン信号を確認した。
- (d) 磁気力顕微鏡 (MFM) 用高分解能探針作製技術を新たに開発し、分解能 $6\sim 10\text{ nm}$ で磁気記録媒体の試作性能評価が可能な技術を確認した (従来観察分解能 $20\sim 30\text{ nm}$)。

研究開発項目②「複合化金属ガラスによる高強度・超々精密部材技術」

- (1) 高強度・可塑性複合化金属ガラスの合金創製
- (a) 金属ガラスブランクを用いた粘性流動加工により精密プレスでギヤを成形し、成形ギヤに歯欠けがないこと、金型に対するギヤ成形の成形精度は $\pm 3\ \mu\text{m}$ 以下であることを確認して精密プレス成形による超々精密歯車創製の可能性を見極めた。
- (2) 超々精密ギヤ等の成形技術の開発
- (a) ①寸法精度はホブ切りが優位であること、②量産性はプレス成形が優位であることが期待されるが精度が確保できないこと等総合的に判断し、ホブ切りを超々精密ギヤ用加工方法として決定した。

研究開発項目③「複合化金属ガラスによる高強度・高導電性部材技術」

- (1) 高強度・高導電性複合化金属ガラスの合金創製
- (a) コネクタ用電気接点部材に好適な強度、導電性、曲げ加工性を兼備した Cu-Zr-Ni 系非平衡結晶合金を新たに開発し、ベリリウム銅の特性を凌駕できる圧延条件および時効熱処理条件の最適化を実施した。
- (2) 精密薄板作製技術の開発
- (a) 試作プロセスのスケールアップを実施し、長さ 2 m を超える Cu-Zr-Ag 系および Cu-Zr-Ni 系非平衡結晶合金の長尺試料を試作した。この長尺試料を用いて、量産用高速打ち抜き金型で携帯電話用バッテリーコネクタの試作に成功した。

研究開発項目⑤：「超微小モータ用部材の開発」

共通基盤技術で開発した超々精密ギヤ部材を組み込んだ多段化ギヤヘッドの試作し、精密機械加工による超微小モータ部材の開発を行った。また、同時に超微小ギヤードモータの組立技術の開発を行い、これらを組み込んだ直径 0.9 mm の超微小ギヤードモータの試作、評価を行った。さらに国内及び海外 (欧州・米国) における大学・医療機関を中心にマーケティング調査を行った。

研究開発項目⑥：「高強度・高導電性電気接点部材の開発」

開発された材料を用いて、高速打ち抜き試験をした結果、打ち抜き損傷が認められず、高速ストローク (300 回転/min) の打ち抜き加工性を確認した。

《11》循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト [平成19年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

東京大学先端科学技術研究センター教授 橋本 和仁氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発等を実施した。

【研究開発事業】

①光触媒共通サイエンスの構築

コーティング層表面ナノ構造制御等製造プロセスの最適化、結晶面配向制御、結晶性向上 (緻密化)、酸化チタンナノ粒子の開発等触媒性能の向上に加えて新たに、i) 酸化タングステン (WO_3) と多電子還元反応触媒の複合化、ii) 擬LMCT (Ligand to Metal Charge Transfer, 配位子金属間電荷移動遷移) としての多電子還元反応触媒の適用、iii) タングステンカーバイド (WC) 系多電子還元反応触媒の創製等、多電子還元触媒の複合化の検討を行い、タングステン系高感度可視光応答型光触媒を開発した。

②光触媒基盤技術の研究開発

新規高感度光触媒について、量産化方法を検討した。また、高感度化組成による新規光触媒材料に関してスプレー、スパッタ、溶液含浸等薄膜化プロセスにつきプロセス条件の確立等のめどを得た。

③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発

各内装部材につき可視光応答型光触媒材料の適用化を検討した。
流通法、小型チャンパー法の適用による内装部材開発時の部材性能評価システムを構築した。また、実証住宅を用いた性能評価試験を開始した。

④酸化チタンの新機能創出

撥水性の高い無機酸化薄膜の合成に成功し、光触媒効果と組み合わせた新たな水滴除去材料製品のめどを得た。また、親水-撥水変換材料については、最適な微細組織制御、化学修飾法、他物質との複合化等を検討した。

光触媒をエネルギー貯蔵材料と組み合わせて、光触媒機能を暗所でも維持するための検討を行った。

⑤光触媒新産業分野開拓

VOCやPFCガス等の除去システム、土壌浄化システムを開発するため、最適な光触媒材料、担体材料、システム構成等を絞り込み、小規模実証試験によって性能の評価を行った。

【人材育成事業】

①特別講座等による人材育成事業

- (1) 先端学際工学専攻博士課程での異分野融合型の講義を通年で開講し、社会人学生についても異分野融合型教育を実施した。また、教養学部生対象のバイオマス利用についての講義を開講した。一般に向けた公開講演会やシンポジウムなどを実施した。
- (2) 生産技術研究所では、エネルギー長期需給予測、需給マネジメント教材開発やエネルギー・イノベーション事例調査等を行った。また、エネルギー・環境分野の横断的な知見が求められるコンテンツを提供した。
- (3) 教養学部附属教養教育開発機構では、文系・理系の1, 2年を対象にした、「エネルギー環境科学技術」、「エネルギー環境行政」等、エネルギー環境に関わる学際的・総合的な教育キャリアキュラムを設計し、総合科目、主題科目、全学自由研究ゼミナールと現場調査・体験ゼミナールを開講すると同時に、学生全般を対象とした「新環境エネルギー講座」を開講した。また、異分野融合型の人材育成プログラムを進めるため、環境・エネルギー分野に関する教材の企画・編纂を行うと同時に、タブレットPCを利用した環境・エネルギー分野学習システムの開発も進めた。

②交流促進事業

ポスト京都議定書の国際枠組みに関する調査及び政府当局・研究機関・学者との意見交換のため、欧州、米国、アジア各国等に特任教員又は研究員を派遣した。その調査結果を基にして、再生可能エネルギーや光触媒等を含む環境エネルギー科学、環境社会学、環境経済学の講義に反映させると同時に、シンポジウムやセミナーを通して社会人への情報提供などを行った。

③成果の活用促進

環境エネルギー科学に係る人材育成講義等の組織化の推進と、環境事務次官講演「地球環境問題の現状と課題」等の講演会・国際シンポジウム開催や、東京大学教養学部「NEDOギャラリー」及び「環境エネルギー科学資料室」を設置し、講義のデジタルアーカイブなどを一般に公開する準備をした。

【標準化調査事業】

「可視光応答型光触媒の性能評価試験方法に関する標準化調査」及び「可視光応答型光触媒の標準化に関する国際協調調査事業」の2事業を実施。VOC、悪臭分解性能評価試験方法のJIS化、ISO化を目指し、研究開発事業と連携を取りながら実施している。国際協調事業では、第2回アジア光触媒標準化会議を開催し、アジア諸国と連携した国際標準化への取組を継続して行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院工学系研究科教授 橋本 和仁氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発等を実施した。また中間評価を実施し、その結果、酸化チタンをベースにした可視光応答性の開発方針を明文化する等、プロジェクト方針を再確認した。

【研究開発事業】

①光触媒共通サイエンスの構築

- (1) 主に、多電子還元反応触媒利用の最適化、バンド構造制御等により、酸化チタン系を中心とした光触媒の高感度化に取り組んだ。
- (2) 実環境に近い形でのウィルスに対する光触媒活性を検証した他、簡便なウィルス評価方法を確立した。

②光触媒基盤技術の研究開発

- (1) 新規高感度可視光型光触媒について、パイロットプラントによる量産化を開始し、新規高感度紫外光型光触媒について、パイロット設備を建設した。
- (2) 生産コスト低減のため、大面積コーティング及び成膜プロセス短縮化技術等について検討を行った。

③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発

可視光型光触媒塗膜による抗菌・抗ウイルス性能を実証評価するため、不特定多数の人々が利用する施設での実験を行った。その結果から、サンプル表面における落下付着菌の生菌数を測定することで、可視光型光触媒塗膜の抗菌性を実証評価可能であることと、その際の適切な実験条件を明確にした。

④酸化チタンの新機能創出

- (1) 撥水性膜と光触媒との複合化について、無機系膜及び有機系膜での検討を更に進め、無機薄膜において耐久性と水滴除去性に優れた材料を得ることに成功した。
- (2) エネルギー貯蔵材料の探索を引き続き行い、エネルギー貯蔵型光触媒の最適化と用途開発を行った。

⑤光触媒新産業分野開拓

VOC、PFCガス、細菌・ウィルス等を光触媒により除去するための実証試験装置を開発した。紫外線光源の有効利用及び高性能な光触媒フィルターの使用により、低電力化を行った。省エネ性等の検討として、光源の本数、フィルター数削減、紫外放射LED装置の試作を行った。

①特別講座による人材育成事業

- (1) 教養学部後期課程(3, 4年生)に設置する環境エネルギー科学新コースのカリキュラムを作成した。また、先端学際工学専攻博士課程での異分野融合型の講義を開講するとともに社会人学生向けの「環境エネルギープログラム」を作成した。教養学部生対象の講義として、地球と水をテーマにした講義を開講した。一般向けの温室効果ガス削減に関する公開講演会やシンポジウムなどを4回実施した。
- (2) 生産技術研究所では、エネルギー長期需給予測、需給マネジメント教材開発やエネルギー・イノベーション事例調査のほか、エネルギー・環境分野の横断的な知見が求められるコンテンツを作成した。また、エネルギー分野の公開講演会やシンポジウムなどを6回実施した。

(3) 教養学部附属教養教育開発機構では、引き続き、文系・理系の1, 2年を対象にした、「エネルギー環境科学技術」、「エネルギー環境行政」等、エネルギー環境に関わる学際的・総合的な教育カリキュラムを設計し、総合科目、主題科目、全学自由研究ゼミナールと現場調査・体験ゼミナールを併せて12講座開講した。また、学生全般を対象とした「新環境エネルギー講座」を4講座開設した。さらに、環境・エネルギー分野に関する教材の企画・編纂を行うと同時に、タブレットPCや講義のデジタルアーカイブを利用した環境・エネルギー分野学習システムの活用を進めた。

②交流促進事業

ポスト京都議定書の国際枠組みに関する調査及び政府当局・研究機関・学者との意見交換のため、欧州2回、米国1回、アジア1回特任教員並びに研究員を派遣した。その調査結果を基にして、再生可能エネルギーや環境エネルギー科学、環境社会学、環境経済学の講義に反映させると同時に、社会人への情報提供などを行った。

③成果の活用促進事業

環境エネルギー科学に係る人材育成講義等の組織化の推進と、講演会・国際シンポジウム開催するとともに、環境エネルギーコンテンツの充実を図り、東京大学教養学部を設置したギャラリーを利用して普及啓発活動の一つとしてトークショー6回などを実施した。

平成22年度においては、以下を実施した。

国立大学法人東京大学大学院工学系研究科教授 橋本 和仁氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発等を実施した。また、アジア主要国の光触媒関係者及びISO/TC206関係者による可視光応答型光触媒の国際標準化の協調のための会議(CASP)を実施した。

【研究開発事業】

【共通基盤技術】

①光触媒共通サイエンスの構築

- (1) 多電子還元反応触媒利用の最適化、伝導帯を下げる等によるバンド構造制御、結晶構造制御等により、酸化チタン系を中心とした光触媒の高感度化に取り組んだ。
- (2) ウィルス・細菌の不活性化に高い活性を持つ光触媒材料を探索した。

【実用化技術】

②光触媒基盤技術の研究開発

- (1) 新規高感度光触媒について、成膜を容易にするために光触媒粉体の改良を行い、それに合わせた量産化プロセスの検討を行った。
- (2) 生産コスト低減のため、成膜プロセス短縮化技術等の製造プロセスへの応用について検討を行った。

③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発

- (1) 各内装部材につき、新規高感度光触媒の製品サンプルを作成し、実証住宅等で引き続きその効果を評価した。
- (2) 光触媒と吸着剤等を複合化することにより、処理対象物に応じた性能向上を図った。

④酸化チタンの新機能創出

- (1) 滑水性膜に関して、滑水性能向上及び光触媒との複合化について検討した。併せて、これまで滑水性を示さないと考えられてきた基板に対して滑水性能付与の検討を行った。
- (2) エネルギー貯蔵型光触媒の最適化と用途開発を引き続き行うとともに、成膜に関する検討を行った。
- (3) 酸化チタンナノ微粒子からなる光誘起相転移材料の最適化及び実用的合成手法の開発を行った。

⑤光触媒新産業分野開拓

VOC、細菌・ウィルス等を光触媒により除去するための実証試験装置を開発し、ウィルス不活性化の実証実験を引き続き行うとともに、VOC除去の実証実験を開始した。

【共通基盤整備（人材育成、標準化等）】

東京大学駒場博物館2010年度企画展示として「自然エネルギーの世界」展を7/17から9/21開催した。本展示では最新の自然エネルギー技術を間近に見聞することができ、6千人を超える来場者を記録した。その他特別講座による人材育成事業、交流促進事業、成果の活用促進事業、標準化事業を実施した。

平成23年度においては、以下を実施した。

国立大学法人東京大学大学院工学系研究科教授 橋本 和仁氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発等を実施した。また、アジア主要国の光触媒関係者及びISO/TC206関係者による可視光応答型光触媒の国際標準化の協調のための会議(CASP)を11月29日、30日に開催した。

基本計画最終目標に向けて開発を行った結果、共通基盤技術については下記のとおり、紫外光活性、可視光活性とも最終目標を達成した。

実用化技術に関しても下記のとおり、ほぼ最終目標を達成した。

【研究開発】

（共通基盤技術）

①光触媒共通サイエンスの構築

多電子還元反応触媒利用の最適化、伝導帯を下げる等によるバンド構造制御、結晶構造制御等により、酸化チタン系光触媒の高感度化に取組、ラボレベルにおける活性度評価において現状と比較して紫外光活性2倍、可視光活性10倍の高感度化を達成した。また、ウィルス・細菌の不活性化に高い活性を持つ光触媒材料を探索した。

（実用化技術）

②光触媒基盤技術の研究開発

新規高感度光触媒について、成膜を容易にするために光触媒粉体の改良と量産化プロセスの検討、生産コスト低減のため、成膜プロセス短縮化技術等について検討を行い、光触媒製品の低コスト・省エネルギー製造プロセスに適した、

光触媒粒子、コーティング液、成膜方法等の基盤技術を開発した。

③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発

新規高感度光触媒の製品サンプルを作成し、その効果を評価を行い、また、光触媒と吸着剤等との複合化より処理対象物に応じた性能向上の検討を行い、室内環境でも高い効果を発揮する高感度可視光応答型光触媒材料を開発することが出来、内装部材として製品化の目途が立った。さらに加速予算により医療施設等での実証実験を期間延長（平成24年8月31日まで）して行う。

④酸化チタンの新機能創出

撥水性酸化チタン、親水-撥水変換技術、強磁性等の新しい物性の探索、エネルギー貯蔵材料との複合化技術等を開発することにより酸化チタンの新機能を創出した。滑水性膜に関して、滑水性能向上及び光触媒との複合化、滑水性能付与の検討を行なった。また、エネルギー貯蔵型光触媒の最適化等関する検討を行なった。さらに、酸化チタンナノ微粒子からなる光誘起相転移材料の最適化及び実用的合成手法の開発を行なった。

⑤光触媒新産業分野開拓

揮発性有機化合物（VOC：Volatile Organic Compound）等の除去システム、土壌浄化システム、実環境におけるウイルス・細菌の不活性化システム等を開発した。これにより光触媒の新産業分野を開拓できるめどが立った。さらに加速予算により医療施設等での実証実験を期間延長（平成24年8月31日まで）して行う。

上記研究開発の成果として、特許80件を申請した。

【共通基盤整備（人材育成、標準化等）】

人材育成事業の成果報告として、「東京大学NEDO新環境エネルギー科学創成特別部門成果報告シンポジウム～環境とエネルギーの未来を創る人材の育成～」を12月3日に開催した。その他特別講座による人材育成事業、交流促進事業、成果の活用促進事業を実施した。また、標準化事業では可視光光触媒の性能評価試験方法に関するJIS/IISO原案各12件を作成した。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発

研究開発項目⑤ 光触媒新産業分野開拓

平成24年度は実環境（医療施設）において、高感度可視光応答型光触媒を適用した製品サンプルを使用し、ウイルス・細菌の不活性化及びVOC除去の実証試験を引き続き行い、通年でのデータ収集及び解析を完了させ、その効果を検証することが出来た。本成果を記者会見（平成24年10月11日）及び成果報告会（平成24年10月25日）で公表した。

プロジェクト期間全体（平成19年度～平成24年度）での特許出願は、151件を申請した。また、標準化事業として、可視光応答型光触媒の性能評価試験方法に関するJIS/IISO案を11件作成した。JIS提案については、11件全て発行済み、IISO提案については、3件が審議中である。

《12》超ハイブリッド材料技術開発 [平成20年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

国立大学法人東北大学多元物質科学研究所教授 阿尻 雅文氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「超ハイブリッド材料創製技術開発」

(I) - 1 電気・電子材料分野（パワーデバイス周辺材料・ICパッケージ材料）

界面伝熱抵抗の低減が高熱伝導ハイブリッド材料開発の鍵であることを実験的に証明した。また熱伝導パス形成が有望との知見を得た。

超臨界法により、高熱伝導 Al_2O_3 、BN粒子表面の反応機構に基づいた最適な修飾法を見出した。

(I) - 2 電気・電子材料分野（高放熱性材料・高耐熱性材料）

有機ケイ素修飾銅粒子およびポリシロキサン修飾金属酸化物粒子の合成技術を開発し、放熱性ポリシロキサンおよび耐熱性ポリシロキサン組成物の基礎物性を検討し、表面修飾量が分散性向上に重要であることを明らかにした。

(II) 光学材料分野（高・低屈折率光学材料）

表面修飾剤の分子設計より、樹脂中へのナノ粒子分散性、ハイブリッド材料としての光学特性設計に関する指針を得た。

ナノ粒子と高い親和性を示すノニオン性高分子活性剤の組み合わせにより低屈折率1.4を達成した。ジルコニア粒子とノニオン系高分子活性剤により高屈折率1.7を達成した。2段階重合による屈折率制御技術開発を進め、屈折率1.8を達成した。

研究開発項目②「相反機能発現基盤技術開発」

(I) 電気・電子材料分野 (II) 光学材料分野

表面改質した TiO_2 、 ZrO_2 ナノ粒子の合成の大量合成に成功し、相反機能材料創製研究に供試した。粒子ゼーターポテンシャルと修飾剤の解離条件との整合性を明らかにした。2段階重合法によりナノ粒子の均一分散性を向上し、高屈折率材料に適応した。

(Ⅲ) その他工業材料分野 (放熱性材料)

異形状高熱伝導性ナノフィラーの形態制御・収率向上反応条件および金属ナノ粒子の TiO_2 絶縁被覆技術を確立した。

各種溶媒中においてBNフィラーへのシランカップリング剤修飾処理が可能な条件を見出した。

研究開発項目③「相反機能材料創製プロセス基盤技術開発」

(Ⅰ) 電気・電子材料分野 (Ⅱ) 光学材料分野

流通式装置を用いた 0.1 ton/年 規模での酸化ナノ粒子(ZrO_2)の連続合成に成功した。

スケールアップ装置の供給装置、回収装置、腐食防止措置について新規技術開発を行った。

(Ⅲ) その他工業材料分野 (放熱性材料)

熱可塑性樹脂/繊維コンポジット射出成形で、流動方向への配向成分を増加させ、流動方向の熱伝導率向上を見出した。

ハニカム構造にすることで、熱伝導率フィラーの濃度を低減できることを確認した。

研究開発項目④「材料設計に資する統合評価・支援技術開発」

1) 微小領域熱物性分布測定装置の高度化、2) イオンスパッタ源とTOF分析部の融合、3) PEEMにおける新光源分析用チャンバーの導入、4) 陽電子ビームの高エネルギー化などを進め、大型分子のSIMS分析やナノ空孔計測を深さ方向に拡大することなどに成功した。種々の超ハイブリッド材料の計測を行い、粒子表面の処理状態、処理条件と結合状態、分散性とナノ空隙構造などの関係を確認し、材料開発、基盤技術開発グループに情報提供した。

平成21年度においては、以下を実施した。

国立大学法人東北大学多元物質科学研究所教授 阿尻 雅文氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「超ハイブリッド材料創製技術開発」

(Ⅰ) - 1 電気・電子材料分野 (パワーデバイス周辺材料・ICパッケージ材料)

界面伝熱抵抗の評価について、セラミックス薄板と高分子モデル物質との積層材料の熱伝導を評価し積層数と共に界面伝熱抵抗が大きくなること、有機修飾剤により界面伝熱抵抗を低減できることを実験的に初めて証明した。また伝熱シミュレーションにより、高熱伝導を実現するには熱伝導パス形成が有望との知見を得た。

その結果配向技術との組み合わせでパワーデバイス中間目標 (熱伝導率 30 W/mK 耐熱性 300°C 絶縁破壊電圧 30 kV/mm 易成型性) は達成できた。また同様にICパッケージ中間目標 (非絶縁タイプ 熱伝導率 40 W/mK 接着強度 1 MPa 以上 絶縁タイプ 熱伝導率 7 W/mK 体積抵抗率 $10^{11}\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上) についても Al_2O_3 粒子の表面改質及び配合技術等により達成した。

(Ⅰ) - 2 電気・電子材料分野 (高放熱性材料・高耐熱性材料)

耐熱性微粒子の表面修飾、および得られた表面修飾微粒子を含む耐熱性ポリシロキサン超ハイブリッドの合成技術開発を行った。表面修飾剤の構造が硬化性材料の粘度に及ぼす影響を明らかにし、表面エネルギーの低いポリシロキサンによる表面修飾の有効性を確認した。また、耐熱性ポリシロキサンハイブリッド材料のプロトタイプを潜在顧客に供試し、良好な耐熱性を確認した。さらに、ポリシロキサンの構造、耐熱性微粒子の形状、およびポリシロキサンの架橋密度等を制御することにより、良流動性であり、銅並みの超低熱膨張性を示す液状材料が開発可能であることを示すと共に、最終目標値を達成した。

(Ⅱ) 光学材料分野 (高・低屈折率光学材料)

超ハイブリッド光学材料開発方針として、①無機ナノ粒子と親和性の高いノニオン系界面活性剤の開発、②高屈折率樹脂および樹脂と高屈折率ナノ粒子との相溶性を両立するための表面修飾剤設計開発、③透明性を確保したまま屈折率制御可能な新規重合プロセス開発を進め、中間目標値 (低屈折率材料: 屈折率 1.4 以下、鉛筆硬度 3 H 以上、全光線透過率 90% 以上、MFR (Melting flow rate) $10\text{ g}/10\text{ min}$ 、高屈折率材料: 屈折率 1.6 以上、鉛筆硬度 3 H 以上、全光線透過率 90% 以上、MFR $10\text{ g}/10\text{ min}$) を達成できた。また、ノニオン系活性剤を使用した塗布型反射防止膜 (低屈折層、高屈折層) のフィルムサンプルを形成できた。

研究開発項目②「相反機能発現基盤技術開発」

(Ⅰ) 電気・電子材料分野

(Ⅱ) 光学材料分野

界面制御として超臨界水熱合成法、メカノケミカル法を実施した。以下の相反機能発現基盤技術開発により、電気・電子材料分野、光学材料分野などに対応可能な超臨界水熱合成法による、表面改質したナノ粒子を合成する手法を確立した。

1) 有機・無機材料界面制御技術

有機修飾の機構解明と最適条件の探索を行い、粒子の表面電位と修飾剤の解離条件との整合性の重要性を明らかにし、反応場のpHが必要な制御因子であること解明した。

2) ナノ空間制御技術

有機修飾分子存在下でのメカノケミカル法を新たに開発し、 TiO_2 ナノ粒子の高濃度分散に成功した。また分散・構造制御として、プレポリマーを使用した2段重合法によりナノ粒子の均一分

散を可能とし、高屈折率材料へ適応した。マイクロ相分離技術を利用した、粒子配向技術開発基礎を熱伝導パス形成へ応用実施した。光励起重合によるTiO₂ナノ粒子の配向制御が可能となった。

3) ナノ構造制御技術、4) ナノ空間・構造制御手法最適化技術

上記の構造制御、配向技術の基礎となる界面相互作用評価として、媒体と表面修飾ナノ粒子の相平衡およびナノ粒子とモデル樹脂（基板）との吸着特性、すなわちナノ粒子系の熱力学物性評価を行い、相互作用評価のための研究基盤を確立した。

(III) その他工業材料分野（放熱性材料）

新規フィラーとして、Si₃N₄ナノワイヤーの合成に成功し、その複合材料の厚み方向の熱伝導率5W/m・K以上を達成した。ツインメソゲン液晶エポキシはそのモノ体と比べ、磁場配向度が向上することを確認した。有機無機ハイブリッドが粘度低下、熱伝導率向上、強度向上に効果があることを確認した。

研究開発項目③「相反機能材料創製プロセス基盤技術開発」

1) 官能基導入無機ナノ粒子合成プロセス

官能基導入無機ナノ粒子合成プロセスを検討し、流通式装置を用いた0.1ton/年規模での酸化物ナノ粒子(ZrO₂)の連続合成に成功し、本技術を元に1ton/年能力を持つシステムとして構築した。

2) 高分子中ナノ粒子等均一分散・配向・配列プロセス技術開発

高濃度スラリーが供給できるナノ粒子の均一分散・配向・配列プロセスを開発し、BN粒子、Al₂O₃粒子の表面改質に成功した。

3) プロセス最適化技術

超臨界流通系合成装置のスケールアップに必要な課題として、大量合成（高濃度原料供給・高濃度粒子回収）のための装置開発（最適混合・腐食防止・閉塞防止）を掲げ、開発を遂行した。スケールアップ装置の重要部分（供給装置、回収装置、腐食防止措置）について新規技術開発を行い、また最適な混合条件を探索するために反応場in situ可視化技術の開発を行った。また、ナノ秒パルス電源を用いBNナノシートの樹脂中配列に成功した。

以上のプロセス基盤技術開発により、電気・電子材料分野、光学材料分野などに対応可能なプロセスを確立できる目処を得た。

研究開発項目④「材料設計に資する統合評価・支援技術開発」

超ハイブリッド材料の評価を行うために、サブナノ空孔計測用陽電子計測系のSN比向上、光電子顕微鏡用放射光ビームラインの整備と試料表面の深さ方向低侵襲高精度分析装置の整備を行った。その結果、超ハイブリッド材料の光学特性に対する種々の特性を評価することができた。材料機能インフォマティクスの開発においては、超解像技術を顕微ラマン分光計測結果に適用することで、深さ方向の情報から従来よりも一桁高い分解能で得られた。以上に加えて、超ハイブリッド材料の技術動向の把握を目的とした特許調査等を実施し、プロジェクト内に最新情報を提供した。

【中間評価結果】

各専門分野の研究機関が有機的かつ競争的に研究を推進する体制であり、一部のテーマを除いて、成果は各項目ともほぼ中間目標に達しており、世界的に獨創性のある一定以上の成果があるとの評価を受けた。また、コストを考慮に入れた開発、精密な高分子材料設計、基盤技術の体系化に重点をおくよう指摘を受けた。

【中間評価への対応】

指摘事項への対応として、大型装置を導入し検討を進め、超臨界技術のスケールアップ時の問題点とコスト構造を把握し、問題点に対する対策を立案した。また、プロジェクトの中に高分子の専門家を追加し、プロジェクト体制を変更することを実施方針・実施計画書に反映した。

平成22年度においては、以下を実施した。

単なるハイブリッド化ではなく、従来材料ではなし得なかったトレードオフ（相反機能）をナノレベルでの界面・分散・構造制御で解消し、相反機能を合目的的に制御・実現することができる技術及びそれに資する要素技術の開発を行うとともに、実用化に向けた技術の開発を行うことを目的に、国立大学法人東北大学教授 阿尻 雅文氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「超ハイブリッド材料創製技術開発」

(I) - 1 電気・電子材料分野（パワーデバイス周辺材料・ICパッケージ材料）

最終目標の達成に向け以下の開発を行った。

1) 表面修飾無機粒子の評価及びスケールアップ検討

超臨界場等を用いた表面修飾処理を行った無機粒子の評価解析を進め、粒子表面の修飾有機物を確認した。修飾プロセスのスケールアップのため、流通式処理プロセスを用いた検討を進め、スケールアップ前後で同等の表面官能基の状態を確認した。

2) スケールアップ表面処理粒子を用いた複合材試作及び効果検証

スケールアップ表面処理粒子（窒化ホウ素粒子及びアルミナ粒子）を用いて有機・無機複合材料を試作・評価し、スケールアップ前と同様の粘度低減効果が確認できた。サンプル試作・評価を行ない、有機・無機界面ボイドの抑制及び、その効果と考えられる電気絶縁性の向上を確認した。

3) 複合材の諸特性を改善するための構造制御技術の向上

熱伝導パス構造を形成するための構造制御技術開発を更に進め、窒化ホウ素粒子系複合材料

で、縦配向型・等方型など内部構造及び熱伝導異方性のバリエーションを広げることができた。

(I) - 2 電気・電子材料分野 (高放熱性材料・高耐熱性材料)

表面修飾熱伝導性微粒子とポリシロキサンからなるハイブリッド材料を調製し、放熱特性および加工性を評価した。ハイブリッド調製時に温度・圧力を制御することにより、熱伝導性微粒子の連続相が形成され、熱抵抗値が大きく低下することを見出した。一方、ポリシロキサンの分子量適正化により、良好な加工性も維持された。これらの手法により、新規熱伝導性ポリシロキサン組成物において、プロジェクトの最終目標値を達成した。

(II) 光学材料分野 (高・低屈折率光学材料)

最終目標の達成に向け以下の開発を行った。

1) 無機ナノ粒子と親和性の高いノニオン系界面活性剤の開発

表面修飾機能を有する樹脂モノマーをベースとし、主特性 (屈折率、鉛筆硬度、全光線透過率) に加え、副特性 (耐水性、耐アルカリ性、耐溶剤性等) をも高い次元で満足するハイブリッド材料の開発を推進した。低屈折率材料向けには最終目標値をクリアし、副特性も優れた材料開発に成功した。

2) 高屈折率樹脂と高屈折率ナノ粒子との相溶性を両立するための表面修飾技術の開発

高屈折率カルド樹脂向けのチタニア表面修飾としてシラン系修飾剤の構造物性相関の把握、および2次修飾技術開発等を進めることにより、良好な分散特性と最終目標である1.7以上の屈折率を発揮する材料系シーズを確保できた。

3) 透明性を確保したまま屈折率制御可能な重合プロセス最適化

バルク用途向け高屈折率ハイブリッド材の開発としては、高屈折率・透明性両立のため、シングルナノメートルサイズの高屈折率微粒子の表面修飾最適化を進めた。合成した表面修飾チタニア粒子の高屈折率樹脂モノマーへの分散、重合条件開発により、薄膜評価で屈折率ポテンシャルを確認し、屈折率1.7以上の透明バルクハイブリッド材の合成条件の見通しを得た。また分散状態についても3D-TEMの活用により確認した。

(III) その他工業材料分野 (放熱性材料)

最終目標を達成し、早期実用化への課題抽出を目的にサンプルワークを開始した。

研究開発項目②「相反機能発現基盤技術開発」

(I) 電気・電子材料分野、及び (II) 光学材料分野

最終目標の達成に向け以下の開発を行った。

(1) 有機・無機材料界面制御技術

超臨界法による無機ナノ粒子合成と有機分子による *in-situ* 表面修飾において、粒子ゼータポテンシャルと修飾剤の解離条件との整合性の重要性を明らかにした。得られた表面有機修飾ナノ粒子を高濃度で溶媒分散した溶液 (充填率60wt%) は、ニュートン流体としての挙動を示し、超臨界法によるナノ粒子表面修飾は、粒子を高濃度かつ一次粒子分散する手法としてきわめて優れた手法であることが明確となった。

(2) ナノ空間制御技術

ウェットアニーリングという斬新なプロセスを経た超高屈折率高透明ポリマーTiO₂ナノコンポジットの屈折率を、これまでの最高値 (波長594nmにおける屈折率 $n \approx 2$) まで向上させた。この新規プロセスは、他の高屈折率ポリマーナノコンポジットの創製にも幅広く適用できると考えられ、従来提案してきた二段階重合法に加えて、新たな重合プロセスとして汎用性が高いと判った。

(3) ナノ構造制御技術

垂直型ダブルパーコレーション相分離構造を有するポリイミドブレンドと新規開発の六角錐形状を有する酸化亜鉛ナノ粒子のハイブリッド化において、上記構造を維持したまま粒子を高充填する調製手法を確立した。この膜は膜厚方向の熱伝導率が顕著に大きいことを確認した。また、平盤形状を有する窒化ホウ素微粒子をポリイミドに高濃度均一充填するハイブリッド膜の調製手法を確立し、膜の面内方向・面外方向で大きな熱伝導率を得た。有機液晶分子修飾酸化チタンナノ粒子の合成検討では、単分散性に優れたロッド状酸化チタンナノ粒子を得ることに成功し、粒子サイズと透明性との相関を評価した。ロッド長軸が80nmの酸化チタンは高い透明性を示した。

(4) ナノ空間・構造制御手法最適化技術

親水性表面を有する蛍光性ポリスチレンナノ粒子の吸着挙動観察から、ナノ粒子は選択的に基板パターンの親水領域に吸着し、その吸着量はラインパターンより、サークルパターンの方が明らかに高く、より定量的な基板との界面相互作用評価には、サークルパターンの方が適当と判明した。高分子薄膜基板におけるシリカ微粒子の吸着挙動のSEM観察より、その吸着量は高分子薄膜表面の親水性の順で増加することが判り、高分子マトリクス中におけるシリカ微粒子の分散性の指標となり得ることを示唆した。高分子薄膜表面の親水性およびOH⁻末端シリカナノ粒子の表面性状を溶解度パラメータの算出からの評価から、一定の定性的傾向を見出した。

(III) その他工業材料分野 (放熱性材料)

Si₃N₄ナノワイヤー複合材料の厚み方向の熱伝導率5W/m・K以上を達成した。液晶性エポキシ樹脂の大量合成処方確立し、ツイメソゲン液晶エポキシは、モノ体と比較し磁場配向度が向上した。BNフィラーのシランカップリング剤修飾処理に適した条件を見出し、有機無機ハイ

ブリッドが、粘度低下・熱伝導率向上・強度向上に効果があると確認した。

研究開発項目③「相反機能材料創製プロセス基盤技術開発」

(Ⅰ) 電気・電子材料分野、及び(Ⅱ) 光学材料分野

最終目標の達成に向け以下の開発を行った。

1) 官能基導入無機ナノ粒子合成プロセス

流通式装置を用いて酸化物ナノ粒子の連続合成に成功し、1 t/年の能力を持つシステムとして構築した。また、高濃度スラリーを大量に連続供給・回収出来るプロセスで、BN粒子、 Al_2O_3 粒子の連続表面修飾に成功し、6 t/年規模を持つトータルシステムとして構築し、実用化への課題を抽出した。また、中性子ラジオグラフィにより実際の装置内での超臨界水の混合状態を初めて明らかにするとともに、粒子生成を考慮したシミュレータの開発に成功した。

2) 高分子中ナノ粒子等均一分散・配向・配列プロセス技術開発

研究開発項目②で得られたロッド状酸化チタンの電場配向の検討を行い、配向のためには高電圧ナノパルスの印加が必要であると推察された。また、ナノ粒子を含有した光硬化性樹脂に、硬化波長の光を局所的に与えることにより、屈折率の分布が変化することを見いだした。

3) プロセス最適化技術

粒子形成・表面修飾および濃縮回収までの一連のプロセスをシステムとして構築し、実用化に必要な低価格対応、量産安定化、再現性に必要な課題を確認した。また、ナノ秒パルス電源を用いることによって、直流電場や交流電場と比べて10倍以上もの高電圧を印加しながら、ダメージレスでBNナノシート樹脂中の配列することに成功した。

(Ⅲ) その他工業材料分野(放熱性材料)

繊維系コンポジットの射出成形における配向制御により熱伝導率向上を確認した。ハニカム構造により熱伝導性フィラー量を低減できることを確認した。「高充填高熱伝導」コンセプトに基づく材料の混合・成形プロセス検討により、最終目標値達成の目処を得た。

研究開発項目④「材料設計に資する統合評価・支援技術開発」

材料微細構造や各種物性計測技術、解析技術の開発・高度化を進め、プロジェクト試作材等の評価を行った結果、材料構造に起因する熱物性の局所的な変化やナノ粒子の立体的な分散状態の可視化に成功し、設計通りの構想や物性が実現できているかどうかを直接的に確認することが可能となった。屈折率を向上させるにはナノ空孔の制御が重要であること、超臨界合成ナノ粒子と通常の有機化学合成粒子では形態や表面修飾状態が異なること、分散粒子の表面有無により配向性が変化することなど、得られた結果の材料開発グループへのフィードバックを行った。

平成23年度においては、以下を実施した。

国立大学法人東北大学多元物質科学研究所教授 阿尻 雅文氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「超ハイブリッド材料創製技術開発」

(ア) - 1 電気・電子材料分野(パワーデバイス周辺材料・ICパッケージ材料)

無機ナノ粒子の表面を高度に制御することで、マトリックスとの界面での効率的な熱伝達を実現した。また、マトリックスとの親和性を高めることで、粘度を大幅に低減させ、それにより、無機ナノ粒子の充填率を大幅に向上させた。これによって、加工性を保ちつつ、世界最高レベルの熱伝導率 $40W/m \cdot K$ (従来比10倍)、絶縁耐圧 $50kV/mm$ 、耐熱 $400^\circ C$ を有する絶縁放熱材料の開発に成功し、最終目標を達成した。

(イ) 光学材料分野(高・低屈折率光学材料)

無機ナノ粒子と高分子の界面における親和性を分子レベルで制御する技術を開発し、この相反機能を両立させることに成功した。この技術に基づき、無機ナノ粒子を高濃度かつ透明分散させた反射防止フィルム用材料(高屈折率: ≥ 1.7 、低屈折率: ≤ 1.4)や、バルク材用途の表面修飾ナノ粒子など、多岐にわたる光学材料を開発し、最終目標を達成した。

(ウ) その他工業材料分野(放熱性材料)

粒子特性が制御された熱伝導性フィラーを用い、混合成形プロセスを選択することで、熱伝導率が $40W/m \cdot K$ を超える材料を開発し、最終目標を達成した。

研究開発項目②「相反機能発現基盤技術開発」

(ア) 電気・電子材料分野、及び(イ) 光学材料分野

超臨界水熱法を用いて表面有機修飾無機ナノ粒子を生産する技術を確認したと共に、ポリマー中に高濃度でナノ粒子を良好分散できる有機修飾ナノ粒子合成を実現した。また、表面修飾ナノ粒子の溶媒・ポリマー中での相互作用評価のための基盤を確認したと共に、有機修飾ナノ粒子を高濃度にポリマー中に分散させる基盤技術を確認した。プレポリマーを用いた2段階重合最適化、電場応答性分子修飾形態制御ナノ粒子の合成法の確立、多波長レイリー散乱測定系の構築を行い、ナノ粒子表面の有機修飾に関する基盤技術を開発した。ナノ粒子の相平衡・溶解度・粘性を評価することにより、ナノ粒子と媒体との相互作用評価に関する基盤技術を確認した。さらに、パターン基板と表面修飾モデル粒子との相互作用解析による分散因子検証を行い、親水・疎水パターン基板上での表面修飾モデル粒子の吸着挙動を明らかにし、表面修飾ナノ粒子と媒体との相互作用に関する基盤技術を確認した。以上により最終目標を達成した。

(ウ) その他工業材料分野(放熱性材料)

高熱伝導性が期待できる様々な形態の無機ナノ粒子の合成を検討し、 TiO_2 被覆Agナノロッド、BNナノプレート、 Si_3N_4 ナノワイヤーの合成に成功し、フィラーのさらなる高熱伝導化のための合成条件を確立した。液晶性エポキシ樹脂の開発としては、ターフェニル型液晶性エポキシ樹脂の磁場印加による液晶ドメイン配向促進による熱伝導率の向上を確認し、熱伝導性フィラーの充填量と磁場配向による熱伝導率向上効果の関係について検討した。無機材料の表面修飾技術開発としては、シランカップリング剤による熱伝導性フィラーの表面修飾条件と修飾構造評価方法を確立し、BNに対する表面処理が、粘度低下、熱伝導率向上、強度向上に効果があることを確認した。以上により最終目標を達成した。

研究開発項目③「相反機能材料創製プロセス基盤技術開発」

(ア) 電気・電子材料分野、及び(イ) 光学材料分野

i) 官能基導入無機ナノ粒子合成プロセス

有機修飾ナノ粒子を高速、高濃度に合成・回収するプロセスの設計基盤を確立するため、合成・回収プロセスのスケールアップに必要な設計基盤技術を確立した。

ii) 高分子中ナノ粒子等均一分散・配向・配列プロセス技術開発

ナノ粒子分散光硬化樹脂の合成条件を最適化し、ナノ粒子配列を行った。

iii) プロセス最適化技術

表面修飾ナノ粒子等の合成プロセスをIn-Situに解析し、最適化技術を確立するため、合成プロセスの可視化技術、シミュレーション手法を開発し、最適化を可能とした。超臨界水熱処理プロセスにより無機フィラー表面に有機修飾剤を結合させる10ton/年の連続式処理装置の開発に成功した。そのために必要な、高濃度の粒子スラリーを連続的に高圧供給・回収する独自のシステムも開発した。

以上により最終目標を達成した。

(ウ) その他工業材料分野(放熱性材料)

高熱伝導性高分子繊維表面を高熱伝導性フィラーで被覆した高熱伝導性複合繊維の作製を検討した。また、射出成形の流動場を利用したフィラー配向制御を検討し、特殊な金型構造により熱伝導率の異方性制御を可能にした。ハニカム構造による少量の熱伝導性フィラーによる高熱伝導化を確認した。高充填成形が可能で熱伝導率がほぼ等方的な材料が、粉体の凝集崩壊特性の制御により得られることを見出した。以上により最終目標を達成した。

研究開発項目④「材料設計に資する統合評価・支援技術開発」

フィラー単体の熱物性評価に有効な、熱伝導イメージング装置による単一フィラー粒子の熱拡散率が評価可能となった。外線光電子顕微鏡(UV-PEEM)を開発により、母材に分散させた微粒子の分散状態を1 μ mの空間分解能で観察することに成功した。陽電子消滅法によるナノ空隙計測・解析では、ナノ空隙の生成とプロセス条件の関係を探索した。得られた成果をプロジェクト内研究者らに材料開発指針として提供し、材料特性改善のための対象データとしてフィードバックを継続的に行った。以上により最終目標を達成した。

《13》希少金属代替材料開発プロジェクト [平成20年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトでは、希少金属の代替/使用量低減を目指し、研究開発項目毎に研究開発責任者(テマリーダー)を設置し、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

・シミュレーションにより、第4元素を添加した系の状態密度、電荷密度分布の評価を実施した。その結果、Ti, Al, S, Mg, Sbなどが電気伝導度を維持できることを明らかにした。

また、塗布法に使用するナノ粒子の形状分布と電気伝導性の関係をパーコレーションモデルにより評価した。

・高い伝導性をもつAl, Ti, Mg, Sb等の第4元素を添加したITO膜の探索研究を実施した。

・従来組成のITOならびに金属Sbターゲットを同時スパッタで膜生成を行い、抵抗率はITOに比較し一桁高いが、赤外領域での高い透明性を確認した。

・従来のITO粒子に比べて4wt%ほどIn使用量を減らした、単分散立方体状ITOナノ粒子(10~50nm)をエチレングリコール溶媒を用いた加水分解直接法合成に成功した。

・また、アルカリ溶液に対してIn-Sn溶液を加える、逆混法によってIn-Sn系シングルナノ粒子の合成に成功し、それらの熱処理によって、シングルナノサイズのITO粒子を得た。

・さらにそれらのナノインクを用い、インクジェット法で作成した膜は従来の本プロジェクトの中間評価の目標である膜厚200nm以下、透過率90%以上、ヘイズ1%以下、表面抵抗率100 Ω /sqをほぼ達成した。

研究開発項目②透明電極向けインジウム代替材料開発

(a) 酸化亜鉛系混晶材料による高性能透明電極用材料の開発

・比抵抗の値で 4×10^{-3} [$\Omega \cdot cm$] 以下、また化学的安定性の値では、温度 $23 \pm 2^\circ C$ の〔N-メ

チルー 2-ピロリドン] 液に 30 分間浸漬する試験に対して、抵抗変化が 10% 以内で分光特性変化 2% 以内である透明導電膜の開発に成功した。

- ・ドナー不純物としてガリウムを添加した $Zn_{1-x}Mg_xO$ 混晶材料において、 $x = 0.2$ のマグネシウム濃度において比抵抗値が $2.6 \times 10^{-3} [\Omega \cdot cm]$ という、優れた電気的特性を持つ薄膜を堆積する事に成功した。

(b) 酸化抑制型マグネトロンスパッタ製膜技術 (材料技術を含む) の開発

- ・生産用高周波重畳直流マグネトロンスパッタ装置を用いて、 $5 \times 10^{-4} \Omega \cdot cm$ 台の低抵抗率 ZnO 系 (AZO , GZO) 透明導電膜を実現した。
- ・耐湿性 (高温、多湿雰囲気中での安定性) の改善を実現可能な、第 2 不純物共添加 ZnO 系 ($AZO : X$) 透明導電膜を開発した。

(c) 酸化亜鉛系液晶ディスプレイの開発

- ・樹脂から成るカラーフィルタ (CF) 上成膜と同じ基板温度条件下で、反応性プラズマ蒸着法 (RPD 法)、及び、スパッタ法、両面におけるガラス基板上製膜条件、製膜プロセスを検討した。両成膜技術の優位性の検討を通して、相乗効果を図ったその結果、ガラス基板上で膜厚 150 nm の Ga ドープ ZnO 膜 (GZO 膜) において、シート抵抗及び透過率の 21 年度中間目標値 ($4.5 \times 10^{-4} \Omega \cdot cm$ 以下、可視光平均透過率 85% 以上) を満足し、かつ、耐熱性、耐薬品性における 23 年度最終目標値 (抵抗変化率 $\leq 10\%$ 、可視光透過率の変化率 $\leq 2\%$) を達成する製膜を実現した。
- ・CF 側共通電極として ZnO 系透明電極を用いた 3 インチ小型液晶ディスプレイパネルの実現に世界で初めて成功した。信頼性評価として、温度 60°C、湿度 90% の環境下で、パネル点灯特性が変わることなく、連続動作 1,000 時間以上を達成、実用レベルであることを確認した。

研究開発項目③希土類磁石向けディスプレイ用 ZnO 使用量低減技術開発

- (a) 原料粉末の超微細化・高純度化装置の雰囲気を高純度化することにより、従来より微細かつ低酸素量の粉末の作製に成功した。また、 $Nd-Fe-B$ 系焼結磁石を作製して粉末微細化により保磁力増加の傾向を実証した。
- (b) Dy リッチ原料合金の組成・組織の検討、粉体特性の最適化により、シェル化率: 80% 以上を達成し、焼結磁石における保磁力、残留磁化の増加を確認した。
- (c) 中性子小角散乱で強磁場プロセス中のその場観察を行えるようにするための超伝導電磁石の設計・製作を行った。また、 $Nd-Fe-B$ 焼結磁石に対する中性子小角散乱測定を実施し、内部平均構造と保磁力の相関について示した。 $Nd-Fe-B$ 系焼結磁石において微細結晶粒子群の磁化測定に成功し、結晶粒子集団における反転領域の発生機構が保磁力発現機構に重要な役割を果たしていることを示した。
- (d) $Nd_2Fe_{14}B$ の結晶粒表面の磁気特性を電子論的立場から評価し、保磁力が結晶粒の表面状態によって強く支配されることを明らかに示唆した。

研究開発項目④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

- ・試作した雰囲気制御型の通電接合装置によりタングステン量を 70 質量% 未満にしたサーメット合金基材に超硬母材つき cBN を接合した。接合には機械的合金化等の処理によって作製したインサート材料を使用。接合強度が 100 MPa 以上であることを確認。さらに 1000°C の加熱を行っても剥離しないことを確認した。
- ・ $TiCN$ を主成分とするサーメット合金と WC を主成分とする超硬合金を同時に焼結した際の界面状態を詳細に調べた。界面での反応に炭素量が影響することを明らかにし、同時焼結のための基礎データを収集した。さらに積層プレス成形を行うため、新しいコンセプトの装置を導入し、プレス条件等について検討した。また、焼結時の硬質粒子の結晶成長メカニズムを調べ、構成粒子の大きさを制御した焼結技術の基礎検討を行った。

研究開発項目⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

- ・新規炭化物固溶体粉末の合成条件を確立し、同粉末を用いたサーメットの焼結条件の検討、焼結したサーメットの組織の観察と解析、破壊靱性、硬さ、熱伝導率などの特性を明らかにした。また、レーザー CVD 法によってアルミナ等のハードコーティング温度を従来よりも低温化することに成功し、サーメット基材へのコーティング技術開発を大きく進展させた。
- ・切削工具用サーメット開発のための新規固溶体粉末等を用いたサーメットを作製し、切削工具として要求される材料特性や切削性能の実現を可能とする組織・組成選定の指針を明らかにした。耐摩耗工具用サーメット開発についても新規固溶体粉末等を用いたサーメットを作製し、組織、材料特性等を明らかにするとともに、サーメット大型部材の焼結時の割れの原因を解明した。

平成 21 年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトでは、希少金属の代替/使用量低減を目指し、研究開発項目毎に研究開発責任者 (テマリーダー) を設置し、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

- ・高濃度の Sn 、第 4 元素を添加した系を計算対象にし、バンド構造、キャリア濃度、有効質量の濃度依存性を明らかにし、最適な添加元素、添加量を見出した。その結果、 Ti 、 Sb については 30% 以上添加しても電気伝導度を維持できることを明らかにした。
- ・塗布法に使用するナノ粒子の形状分布と電気伝導性の関係を明らかにするモデルの改良を行い、塗布を行った場合の電気伝導確保の粒子分布の理論的解析を行った。

- ・従来のITO粒子に比べて4%ほどIn使用量を減らした、単分散立方体状ITOナノ粒子(10-50nm)のエチレングリコール溶媒を用いた加水分解直接法合成に成功し、また、アルカリ溶液に対してIn-Sn溶液を加える逆混法によってIn-Sn系シングルナノ粒子の合成にも成功し、それらの熱処理によって、シングルナノサイズのITO粒子を得た。
- ・さらにそれらのナノインクを用い、インクジェット法で作製した膜は従来の本プロジェクトの中間評価の目標である膜厚200nm以下、透過率90%以上、ヘイズ1%以下、表面抵抗率100Ω/sqをほぼ達成した。

研究開発項目②透明電極向けインジウム代替材料開発

「ZnO透明導電膜部材(ZnO薄膜)の開発」

- ・反応性プラズマ蒸着法による酸化亜鉛透明導電膜材料開発において、Ga添加ZnO(GZO)に微量のインジウム(1%以下)を添加することにより耐湿熱性向上を実現し、耐湿熱性における抵抗変化率の中間目標値を達成した。なお、本件は特許出願(平成21年10月1日)を行った。

「大型基板対応製膜技術の開発」

- ・大型基板に対応可能な酸化亜鉛透明導電膜製膜技術開発として、反応性プラズマ蒸着法の特徴の一部を直流マグネトロンスパッタ法(磁場を用いた蒸着膜作成法)に応用するための、研究開発用スパッタ製膜装置の設計および製作を行った。

「大型液晶パネルの応用開発」

- ・量産用のスパッタ製膜装置を用い、20インチクラス液晶ディスプレイパネル製造プロセスに対応可能な基板サイズ680×880mmのガラス基板上で、前年度までの320×400mmのガラス基板上と同等の電気特性、光学特性を有するGZO膜の成膜を確認した。

研究開発項目③希土類磁石向けディスプロシウム使用量低減技術開発

- ・結晶粒微細化研究グループでは、焼結磁石にてジェットミル(超微粉碎機)の最適化により原料粉末粒径1μmまで微細化を達成し、Dy削減率20%相当磁石の開発に成功した。
- ・界面構造制御研究グループでは、Dyを結晶粒界に集中させて高保磁力磁石を開発させる技術で、中間目標値であるDy削減率20%磁石(8%Dy-30kOe)を実現した。また、同磁石の界面組成が従来と異なることを確認した。
- ・指導原理獲得研究グループでは、高速アトムプローブ用検出器の導入で解析手法を高度化し、焼結磁石粒界近傍のDy他の元素分布を定量的に明らかにした。
- ・自動車用磁石応用研究グループでは、シミュレーションにより最適モータ設計を行い、Dy30%低減させたNd-Fe-B系焼結磁石の使用によるモータトルク向上率ならびにその場合の必要保磁力を明らかにした。

研究開発項目④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

- ・雰囲気制御通電接合技術により耐熱性を損わずに、W量が70質量%未満のサーメット合金基材に超硬合金母材つき硬質材料を120秒/個以内で接合できるインサート材料を開発した。
- ・炭窒化チタン系硬質粒子と結合金属相との反応性を評価し、焼結特性及び伝熱特性の改善を行った。さらに、多相組織硬質材料と被削材との反応性を評価し、切削工具としての性能を確認した。
- ・これらの知見から、異種硬質材料粉末から複合構造硬質切削工具をプレス成形したのち、同時焼結できる技術を構築した。W量を72質量%未満とした3次元ブレーカ付チップを試作してコーティング処理を施した後、一般鋼の連続旋削試験を行い、従来の超硬合金切削チップと同程度の性能を達成した。

研究開発項目⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

- ・新規固溶体粉末等を用いて開発したサーメットの強度、靱性、熱伝導率などと組織学的因子との関係を明らかにし、またTEM(透過型電子顕微鏡)観察等によって新規サーメット組織の特徴を明らかにした。
- ・サーメット焼結体の変形・そりなどのシミュレーション技術、液相の接触角の精密測定技術を確立した。サーメット基材にレーザーCVD(化学気相成長)法によってアルミナおよび窒化チタン膜をコーティングする条件を明らかにした。切削工具用および耐摩耗用の新規サーメットの材料特性、切削性能、耐摩耗性、被研削性を明らかにした。そして、それらの研究を通して本テーマに関する中間目標を達成した。

【中間評価結果】

目標値の設定も妥当であり、日本企業が持続的に世界をリードし続ける為に不可欠な国レベルのプロジェクトである。産学官が連携し、各研究開発項目において中間目標が概ね達成されており、最終成果に向けた計画も適切で、順調な進展が期待されると評価された。また、常に最新の情報収集に努め、情勢の変化に対応し、早期の実用化シナリオを更に精査するよう指摘を受けた。

【中間評価への対応】

指摘事項への対応として、最新の情報収集に努め、今後の対処方針に反映させるために、改めて22年度も動向調査(6鉱種およびリスク評価)を行うことを計画した。また、政策サイドと密に連携を図り、今後は最終目標の早期達成および事業化へのさらなる加速に向け、技術委員会を多く開催し、各参画機関の情報共有、連携強化に努めることを実施計画書に反映した。

調達リスクが高いとされる鉱種に応じて、使用量低減技術/代替材料開発の課題解決に向けた最適な研究体制を構築し、以下⑥~⑧の研究開発項目を追加した。

研究開発項目⑥排ガス浄化等向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発

研究開発項目⑥-1「遷移元素による白金族代替技術及び白金族の凝集抑制技術を活用した白金族低減技術の開発」

- ・触媒活性試験及び計算によりFe系触媒活性点の状態、機能低下要因を明らかにした。
- ・耐久試験後の貴金属粒子径をシングルナノオーダーに留める方策を明らかにした。また、DPF (Diesel particulate filter) 触媒において粒子状物質の反応モデルを作成した。
- ・プラズマにより、常温でも高いNO分解能、吸着能を有する構造を明らかにした。
- ・DOC (ディーゼル用酸化触媒装置) とDPFとの機能一体化のための機能確認を行った。

研究開発項目⑥-2「ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発」

- ・酸化触媒に関し、触媒活性と耐久性に対する担体効果並びに白金分散度の効果を明らかにした。
- ・白金、セリウムの複合ナノ粒子の液相合成を検討し、新規複合ナノ粒子を得た。
- ・触媒担体のメソ多孔質材料を検討し金属イオンの添加とメソ細孔径分布の制御手法を確立した。
- ・DPF用白金代替銀触媒に関し、HC/CO浄化性能が変化する要因を確認した。
- ・触媒をエンジンベンチで評価しコート手法でNO酸化活性が低温で促進することを確認した。

研究開発項目⑦「研磨材料等向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発」

研究開発項目⑦-1「代替砥粒及び革新的研磨技術を活用した精密研磨向けセリウム低減技術の開発」

- ・様々な種類の砥粒を用いた時の研磨プロセスシミュレータの開発を行った。
- ・砥粒特性の評価技術を構築し既存砥粒の固溶元素と研磨特性との関係を明らかにした。
- ・複合酸化物砥粒について合成プロセスを最適化し化学研磨特性の発現を明らかにした。
- ・ガラス表面の前処理 (レーザー等) による研磨特性に及ぼす効果を実証した。
- ・電界砥粒制御技術の研磨メカニズム解明のため装置を開発し研磨中の挙動を明らかにした。

研究開発項目⑦-2「4 BODY研磨技術の概念を活用したセリウム使用量低減技術の開発」

- ・有機無機複合砥粒の母粒子としてウレタン素材が優れていることを確認した。
- ・メディア粒子として利用するポリマー微粒子の製造時に使用される界面活性剤が研磨能率を低下させることを突き止めた。
- ・研磨パッドとして、多孔質エポキシ樹脂研磨パッドが優れていることを確認した。
- ・隙間調整型研磨パッドを用い溝加工無しで径100mmを均一に加工できることを確認した。

研究開発項目⑧「蛍光粉等向けテルビウム・ユロピウム使用量低減技術開発及び代替材料開発/高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向けTb、Eu低減技術の開発」

- ・試料溶融・合成炉を用い蛍光体の組成探索を行い、また可能性のある蛍光体組成を見出した。
- ・X線構造シミュレータを用い蛍光体構造とX線パターンの検討等の計算手法の検討を行った。
- ・Cu発光に適切なポーラスシリカの種類、添加組成を検討し、適切な孔径、添加剤を見出した。
- ・可視光のガラス外部への取出し効率を評価する装置を導入しランプ試料と比較した。
- ・電磁石型の低磁場タイプ磁石でR、G、Bの混合の蛍光体が種別分離できる可能性を見出した。

研究開発項目⑨「Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発」

補正事業として以下の研究開発項目を実施した。

研究開発項目⑨-1「Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石の研究」

課題解決に向けた最適な研究体制を構築し、研究開発の基礎検討を行った。

研究開発項目⑨-2「超軽量高性能モータ等向けイットリウム系複合材料の開発」

課題解決に向けた最適な研究体制を構築し、研究開発の基礎検討を行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

希少金属の代替/使用量低減を目指すものでもあり、これを通じて我が国の希少金属の中長期的な安定供給を確保すること等を目的として、各研究開発項目毎に研究開発責任者 (テマリーダー) を設置し、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「透明電極向けインジウム使用量低減技術開発」

高濃度のSn、第4元素を添加した系を計算対象にし、バンド構造、キャリア濃度、有効質量の濃度依存性を明らかにし、Ti、Sbについては30%以上添加しても電気伝導度を維持できることを明らかにした。また、塗布法に使用するナノ粒子の形状分布と電気伝導性の関係を明らかにするパーコレーションモデルの改良を行った。加えて、In₂O₃を50mass%まで減少させた薄膜について、従来通りのエッチング性能が確保できるための湿式エッチング技術を検討した。

ナノインクについては、アルカリ溶液に対してIn-Sn溶液を加える、逆混法によってIn-Sn系シングルナノ粒子の合成についてソルボサーマル法を適用することにより、低温焼成性を有するシングルナノサイズのITOナノ粒子の液相直接合成に成功した。

研究開発項目②「透明電極向けインジウム代替材料開発」

大型基板に対応可能な酸化亜鉛透明導電膜製膜技術開発として、反応性プラズマ蒸着法の特徴の一部を直流マグネトロンスパッタ法に応用した研究開発用スパッタ製膜装置により、従来のスパッタリング法よりもより低抵抗率のZnO透明導電膜を得ることに成功した。また、量産用のスパッタ製膜装置を用い、20インチクラス液晶ディスプレイパネル製造プロセスに対応可能な基板サイズ680×880mmのガラス基板上で、前年度までの320×400mmのガラス基板上と同等の電気特性、光学特性を有するGZO膜の成膜および特性の膜厚依存性を確認した。

- ・大型液晶パネルと同等の製造プロセスからなる20インチ液晶ディスプレイパネルの2回目の試作を行った。

研究開発項目③「希土類磁石向けディスプロシウム使用量低減技術開発」

研究開発の最終目標である、「結晶粒径の微細化、強磁場プロセスによる界面ナノ構造制御技術等の開発により、ディスプロシウム（Dy）使用量原単位30%削減」に対し、結晶粒径微細化技術によって粉末粒径を1.2μmまで小さくし、高保磁力でかつDy量40%削減に相当する磁気特性を有するDyフリー焼結磁石の作製に成功した。一方、界面ナノ構造制御技術でも、全粒子に均一にDyリッチシェルを形成させるH-HAL（Homogeneous High Anisotropy Field Layer）法によって、Dy量25%削減に相当する磁気特性を有する焼結磁石の作製に成功した。

研究開発項目④「超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発」

実用工具形状に対して超硬母材なし硬質材料をタングステンの削減割合が40質量%以上とした炭窒化チタン系硬質材料基材に接合する技術を開発した。さらに、接合した部材が1000℃の加熱後に室温で100MPaの接合強度を実現するための接合条件を明らかにするとともに、インサート材料を100μm以下の厚みで均質に配置する技術を開発した。さらに、120秒以下にて通電接合した上で、不良率10%以下になるようシステム改良を推進し、切削工具表面の超硬合金層に残留圧縮応力を導入した3次元ブレーカ付き切削チップの強靱化効果を検証し、多相組織硬質材料と超硬合金間およびコーティング層と超硬合金層間の界面構造を微視的に観察して剥離を防止した。さらに、非平衡化プロセスを利用して炭窒化チタン系硬質粒子などの粒径を制御した傾斜組織を有する多相組織硬質材料を試作した。破壊靱性は K_{IC} で $8\text{MPa}\cdot\text{m}^{-1/2}$ を達成。また、粉末複合化成形技術を高度化して焼結体の寸法精度をM級精度とし、多成分複合構造硬質材料の応力解析をもとに圧縮残留応力とチップの耐久損性の相関を調べた。その他、総合的な情報収集・分析として、上記研究開発項目に関する技術動向の情報収集・分析等を行った。

研究開発項目⑤「超硬工具向けタングステン代替材料開発」

(Ti, Mo)(C, N)等の新規固溶体粉末等を用いてサーメットを作製し、均質化および微粒化技術を確立した。サーメットのTEM観察技術によって硬質相粒子界面等の微構造の特徴を明らかにし、サーメットの成形体構造評価技術を確立した。レーザーCVD法によるサーメット基材へのアルミナのコーティングにおいて、その組織制御技術等を確立した。

・切削工具用サーメットとして、新規固溶体粉末を用いた高熱伝導率及び高破壊靱性値サーメットを開発すると共に、サーメット表面の傾斜組成化を実施して高靱性層を形成することに成功した。耐摩耗工具用サーメットとして、(Ti, Mo)(C, N)等の新規固溶体粉末を用いたサーメットの組織と特性を明らかにし、また大型サーメットのための成形・焼結技術、加工技術を開発した。

研究開発項目⑥-1「排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／遷移元素による白金族代替技術及び白金族の凝集抑制技術を活用した白金族低減技術の開発」

- ・各触媒（DOC、LNT、DPF）の貴金属使用量を目標値まで低減した時に不足する機能を明確にし、その機能を補うことができる遷移元素活性点とするため、遷移元素とCO結合エネルギーを第一原理計算に基づくシミュレーションにより求め反応が進むことを確認し、また実サンプルで反応性評価実験、物性評価等を行った。また、その機能を補うことができる助触媒、触媒構造等を明確化するため助触媒の酸素吸収放出量測定、吸収放出速度測定、CO被毒耐性評価、及び複数の触媒層の組み合わせによる性能評価等を行った。
- ・遷移元素活性点の機能を最大限引き出すのに最適な大きさを把握するため、TG測定法を開発した。
- ・少量のRhの機能を最大限引き出し、低温活性性能の向上を図るため、TG測定法により最適なRhのサイズ、担体を明確化した。
- ・平成21年度に明らかになった低温活性向上可能なPtのサイズを最適な担体上で実現する手段を開発した。
- ・平成21年度に確立したDPFのPM反応モデルの妥当性を検証するため、実際の車両を使ってDPF中のPM燃焼実験を行った。
- ・DPF中の触媒担持量を低減するため、DPF中の触媒担持位置、平均細孔径、気孔率とPMの反応性との関係を把握するシミュレーションを行った。
- ・プラズマを使った反応促進及び被毒特性を把握するため、粉末触媒を使い酸素、水等実際の反応ガス条件下で反応特性実験を行い、また、ハニカム化した触媒で同様の検証を行うため、平成21年度導入したラボ評価装置にプラズマ反応装置を組み込むとともに、各種支持体、触媒構造体を有する触媒を試作し評価を行った。
- ・DOCとDPFの機能一体化を行うため、DPFの担うPM浄化機能に対する課題を車両を使った実験を行うことによって明らかにし、解決策を立案した。
- ・目標値まで貴金属を低減した触媒の課題を明らかにし、解決策を立案するため、各触媒を試作し、ラボ評価及び車両評価を行った。

研究開発項目⑥-2「排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発」

- ・酸化触媒に関しては、担持白金族触媒の活性に対する担体効果、金属粒子径効果、添加物効果をさらに詳細に検討するとともに、詳細な触媒反応解析を行い、活性と耐久性に優れた最適な触媒活性種構造を明らかにした。
- ・ディーゼル酸化触媒の調製法に関しては、シングルナノサイズの白金とパラジウムの2成分を含有

する凍結乾燥ゲルの作製プロセスを開発し、また、複合ナノ粒子を固定化した触媒の特性評価を行い触媒性能改良のための設計指針を作成した。

- ・触媒担体の開発に関しては、燃料ミスト等による細孔閉塞を回避できるマクロ細孔構造の検討を行い、これとメソ細孔構造を階層的に多元構造化した担体の工業生産技術の開発を行い、また、白金粒子のシタリング挙動や酸化活性へのメソ構造の影響、及び燃料酸化活性に及ぼすマクロ構造の影響についてモデル触媒やシミュレーションを用いて検討し、担体の最適な多元構造を明らかにした。
- ・DPF用白金代替銀触媒については、性能向上が期待できる銀を含む複合酸化物を合成し、ハニカムにコートした後、HC/CO浄化性能のスクリーニングを行い、また、担体の格子酸素のスス燃焼反応への関与や作用機構を調べ、スス酸化に効果的な銀触媒担体の組成や構造を明らかにした。
- ・フィルターの触媒構造（コート箇所、白金触媒の粒径）を検討し白金族の使用量を減らした状態で、触媒の特性がどの程度あがるか検討を行った。その結果、白金族の使用量を減らしても、現行の触媒システムと同等な触媒構造を見出すことができた。
- ・酸化触媒と触媒付DPFの組み合わせ評価を実施。それぞれの触媒機能、組み合わせ違いによる排ガス浄化の特性違いを確認した。

研究開発項目⑦-1 「精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／代替砥粒及び革新的研磨技術を活用した精密研磨向けセリウム低減技術の開発」

酸化セリウム砥粒による研磨シミュレーションを行うことで、原子拡散、電子状態、化学反応を解明し、酸化セリウムがこれまでに有効な砥粒として利用されてきた理由を明らかにした。

- ・モデル材の組成および構造、特に欠陥構造が研磨特性に対する影響について、酸化セリウムを中心に検討し、酸素欠損の局在が研磨特性に大きく影響することを明らかにした。
- ・カチオンを部分置換した $SrFeO_3$ の研磨特性について検討し、Bサイトへの置換が研磨特性向上に極めて有効であることを明らかにした。
- ・既存砥粒の改良により酸化セリウムに匹敵する代替砥粒を開発した。また、各種砥粒の化学反応性の程度を示す指標を発見した。ガラスの研磨機構メカニズムで重要となる、水のガラスに対する影響について調査する。高温高压状態の水環境を実現できるチャンバーの中でガラスの処理を行い、表面状態の変化を確認した。
- ・密閉式ベルジャー型CMP装置を適用して、高压空気環境下で通常の研磨の2倍以上の研磨レートが得られることを発見し、酸化セリウム砥粒の50%低減の可能性を見出した。
- ・酸化マンガン系砥粒によっても、通常研磨の1.5倍の研磨特性を確認した。
- ・新しいスラリーの流入／排出タイプのパッド溝パターンを設計・提案し、スラリー供給量が少なくても効果的な研磨特性が得られる可能性を明らかにした。
- ・片面高速研磨技術である電界制御トライボケミカル研磨技術を発明し、研磨レートが通常の2倍にさらに砥粒使用量を80%削減可能な研磨技術を開発した。ここで、1wt%のスラリー濃度においても良好な研磨特性が得られることを実験を通して明らかにし特許申請を行った。
- ・電界研磨技術の評価実験機である大型電界制御研磨評価装置を導入し、トライボケミカル研磨技術の効果及び電界トライボケミカル研磨技術における電界効果を検証し、実用化に向けての課題を抽出した。
- ・砥粒の使用量削減技術として、ラボベースにてスラリー濃度10wt%を用いて、両面研磨技術である電界スラリー制御CMP研磨技術にて研磨レートが34%向上することを明らかにした。
- ・電界研磨技術の評価実験機である大型電界制御研磨評価装置を用いて1wt%の低濃度スラリーを用いて研磨レートが20%向上することを確認した。

研究開発項目⑦-2 「精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／4BODY研磨技術の概念を活用したセリウム使用量低減技術の開発」

- ・多孔質エポキシ樹脂研磨パッドを使用すれば、研磨能率が2倍以上となり、仕上げにかかる時間を半減できることを見出した。また酸化ジルコニウムを代替砥粒として使用できることを明らかにした。これを受けて、有識者委員および実用化推進委員であるユーザー企業でのサンプル評価を開始した。
- ・多孔質エポキシ樹脂研磨パッドが優れる理由は砥粒のパッド上への滞留性であることを見出した。そのことから、砥粒の滞留性が悪化する高加工・高工具速度・低砥粒濃度の加工条件の時にその効果が顕著となることを確認した。また、硬質なガラス質工作物の研磨に対しては、砥粒の滞留性が向上する低硬度の多孔質エポキシ樹脂研磨パッドが優れていることを確認した。
- ・有機無機複合砥粒の滞留性を向上させるために、シリカを含有させて比重を高めた複合砥粒および異形粒子を母粒子とした複合砥粒を開発した。その結果研磨能率が4割以上向上することを見出した。これを受けて、有識者委員および実用化推進委員に前倒しでサンプル提供を開始した。
- ・上記の比重を向上させた有機粒子および異形の有機粒子を複合粒子研磨法の母粒子として採用した結果、複合砥粒の場合と同様に研磨特性が向上することを確認した。
- ・化学研磨により遊離砥粒研磨と同等の研磨特性を実現するためには、エッチャントの選択および加工面へのエッチャントの効率的な供給が重要であることを見出した。

研究開発項目⑧ 「蛍光体向けテルビウム・ユーロビウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向けTb、Eu低減技術の開発」

- ・イメージ炉、及び、高速昇温炉を導入し、蛍光体試料の大量合成法を確立し、特に赤色蛍光体をターゲットとしてMn系代替組成、Eu³⁺系の組成を探索した。
- ・蛍光体の発光波長と量子化学計算から求められる構造因子との関連を明らかにした。その結果、Eu²⁺の発光波長と構造因子の間の相関パラメーターが明らかになった。
- ・Tbを含む既存組成の緑色蛍光体の希土類濃度依存性を検証した。その結果から、青、赤、緑、青の蛍光体を混合した場合には、単体の緑色蛍光体の輝度低下率ほど粉体輝度が低下しないことが予測されたため、低減型蛍光体を用いてランプ試作を行い、初期光束、光速維持率の評価を行った。
- ・発光シリカの高輝度化を行った。CuにAl、Gaを添加すると蛍光強度が著しく増大することを見出した。またMnをドーピングしても高効率な蛍光体が得られることを見出した。
- ・市販の高磁場勾配磁選法を用いて、ハロリン酸カルシウム、青色、赤色、緑色の各色の蛍光体を分離することのできる分散媒組成の組み合わせを見出した。
- ・蛍光体の高速評価装置の作製と基本性能の検証を行った。

研究開発項目⑨-1 「Nd-F e-B系磁石を代替する新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発/Nd-F e-B系磁石を代替する新規永久磁石の研究」

新規磁石材料の基礎特性把握、新規磁石の高度化および最適化技術の開発等に係る研究体制を構築した上で、基盤技術開発を開始した。

- ・R-F e系では直接合成法/間接合成法において、多岐の合成プロセスを検討しF e-N系を実現し得る新たな合成手法の獲得ならびに最適な合成条件を見出した。
- ・R-F eN系では微細構造をミクロスケールから原子レベルまでのマルチスケール解析を行い、微細構造と保磁力の因果関係を解明し、磁石特性を最適化するための微細構造因子を検討する。

研究開発項目⑨-2 「Nd-F e-B系磁石を代替する新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発/超軽量高性能モータ等向けイットリウム系複合材料の開発」

イットリウム系複合材料の製造工程におけるイットリウム利用率等の効率向上、線材構造の最適化等による高度化で線材特性を向上させ、超長尺化に向けた要求性能に対する技術開発等に係る研究体制を構築した上で、技術開発を開始した。

- ・超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発として、超長尺成膜時の課題を抽出し、対策を施した装置の開発を行った。また、超電導層の連続形成プロセスにおいて、原料収率40%以上を見通す技術を開発した。
- ・界磁巻線及び冷却要素技術においては、小型下突型コイルの試作し、通電評価により30~50KにおいてI_cの70%以上の通電特性を確認した。

研究開発項目⑩-1 A 「排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発/排ガス浄化用触媒のセリウム量低減代替技術の開発」

- ・平成22年度補正予算事業として開始した。
- ・実施計画書を作成し、契約を締結した。

研究開発項目⑩-1 B 「排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発/高次構造制御による酸化セリウム機能向上技術および代替材料技術を活用したセリウム使用量低減技術開発」

- ・平成22年度補正予算事業として開始した。
- ・実施計画書を作成し、契約を締結した。

研究開発項目⑩-2 「透明電極向けインジウムを代替するグラフェンの開発/グラフェンの高品質大量合成と応用技術を活用した透明電極向けインジウム代替技術の研究開発」

- ・平成22年度補正予算事業として開始した。
- ・実施計画書を作成し、契約を締結した。

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目① 「透明電極向けインジウム使用量低減技術開発」

- ・インジウムの使用原単位を薄膜化技術をベースに50%以上達成した。
- ・インジウム含有量を従来の90から50mass%に削減した、新規省インジウム組成のITO (Indium Tin Oxid) ターゲットの大型化・高密度化に成功した。
- ・元素添加、基板加熱、従来組成ITOシート層の積層化により、新規省インジウム組成ITO薄膜の低抵抗率、高等化率を実現した。
- ・シミュレーションにより高等化率を実現できる第4元素候補を絞り込めた。
- ・液相法によるITOナノ粒子の合成とインク化によるインジウム削減においては、
- ・ソルボサーマル法によりサイズ及び形態制御されたITOナノ粒子の一段階合成に成功した。
- ・高性能ITOナノ粒子に低温焼成ナノ粒子を混合し、低抵抗かつ低温焼成性を有するITOナノインク開発し、Sn濃度増加とITO層厚10%以上減で、インジウム使用量10%削減に成功した。

研究開発項目② 「透明電極向けインジウム代替材料開発」

- ・インジウムの使用原単位で50%以上達成した。
- ・課題であった耐湿熱特性について、膜厚100nmでも耐湿熱試験(温度60℃、湿度95%、500時間)前後の抵抗変化率が10%程度と、耐湿熱特性に優れたZnO透明電極材料を開発した。
- ・液晶ディスプレイパネルへの応用開発では、Ga添加ZnO透明電極を適用した20インチ液晶カラーテレビを試作し、従来テレビ(ITO電極)に比較して、可視光透過率に優れている事を確認した。

- ・TFT (Thin Film Transistor) 画素側電極としての膜特性とプロセス適合性、さらに積層膜でのコンタクト特性等の原理確認を行いZnO透明電極の可能性を確認した。
- 研究開発項目③「希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発」
- ・ジスプロシウムの使用原単位で40%以上達成した。
 - ・結晶の微細化では、ヘリウム・ジェット・ミルを用いた微細化により、従来の1/5である1 μ m径の微細粉末を開発し、ジスプロシウム使用量40%削減に相当するジスプロシウムフリー合金で20kOeの高保磁力を達成した。
 - ・界面ナノ構造制御でもH-HAL法によりジスプロシウム使用量30%削減に成功した。
 - ・結晶内部、界面の微細構造と保磁力との相関や磁化反転を明らかにし、高保磁力省ジスプロシウム磁石開発の指導原理を明らかにした。
 - ・モーターにおける漏洩磁束密度が高い箇所と渦電流損との関係を解明し、モーター出力密度高度化の指針を提示した。
- 研究開発項目④「超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発」
- ・ハイブリッド切削工具ではサーメット基材と硬質チップを短時間で高強度接合する技術を開発し、最終目標を達成した。複合構造硬質切削工具では積層プレス成形技術・同時焼成技術・界面制御技術を開発し、最終目標を達成した。
 - ・ハイブリッド切削工具では刃先を構成する硬質材料とサーメット基材とを強固にかつ耐熱性を持たせて短時間で接合する新しい技術を開発した。これによりタングステンの使用量を40%以上低減した工具の開発に成功した。複合構造硬質切削工具では超硬合金とサーメットを複合成型し、同時に焼成する技術を開発した。その結果タングステン使用量を30%以上低減した切削工具の開発に成功した。
- 研究開発項目⑤「超硬工具向けタングステン代替材料開発」
- ・新規固溶体粉末を開発し均質組成を有する新サーメットを開発した。切削工具・耐摩耗工具とも製品化が視野に入ってきた。
 - ・新サーメットの基盤技術としては●高温に於ける炭窒化物とニッケル間の濡れ性評価技術●新規固溶体粉末を開発し均質組成を有する新サーメットを開発●大型サーメットの高速脱脂を実現した成型技術の開発●新サーメットの耐久性を向上させる新コーティング技術を確立した。
 - ・切削工具については新規固溶体粉とサーメットの組成制御技術を開発、従来より高い熱伝導率、破壊靱性を有するサーメットを開発した。耐摩耗工具については新サーメットの開発を通じて研削加工性の向上、大型部品焼結の為の粉末成形技術を開発し、製造技術を確立した。
- 研究開発項目⑥「排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発」
- (1) 遷移元素による白金族代替技術及び白金族の凝集抑制技術を活用した白金族低減技術の開発
- ・触媒材料及び触媒システムに関する要素技術を確立した。
 - ・触媒活性点の材料候補種(酸化鉄)を決定した。
 - ・反応活性に有効なPt、Rhサイズが存在することを確認した。
 - ・各排ガス成分が混合した状態のパティキュレートマター(PM)堆積・燃焼反応モデルが完成した。
 - ・プラズマは、連続的に添加しなくても間欠的に添加することで連続的なNO_x浄化可能であることを実証した。
 - ・酸化触媒とDPFは、大きな跳ね返りなく一体化できコンパクト化の可能性があることを実証した。
- (2) 「ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発」
- ・使用原単位を40%以上低減する要素技術を確立した。
 - ・白金族低減に効果的な、白金族と助触媒金属からなる複合ナノ粒子を相互の配置を制御しつつ合成する手法を開発した。
 - ・第2成分添加により長期的に高活性を保持するシリカ及びアルミナベースの担体を開発した。また、担体構造に関して、マクロ孔形成により高いミスト酸化活性が得られるとの開発指針を得た。
 - ・上述の研究成果を統合し、模擬排ガス条件で現市販品に対して白金族を40%低減できる酸化触媒開発の目途を得た。
 - ・400℃以下のスス燃焼性能を有し、白金族金属を現市販品に対して40%低減したDPF用触媒を開発した。
 - ・白金族使用量を現市販品に対して30%低減できる機能分離コート技術やマクロ孔形成技術を開発した。
- 研究開発項目⑦「精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発」
- (1) 「代替砥粒及び革新的研磨技術を活用した精密研磨向けセリウム低減技術の開発」
- ・使用原単位を15%以上削減する技術を開発した。
 - ・シミュレーションにより研磨における酸化セリウムの役割を明らかにした。この解析結果を元に代替砥粒を設計した。
 - ・SrFeO_xペロブスカイト等による砥粒の代替化研究を進め代替の候補材料を選定した。
 - ・電界印加条件の最適化により研磨レートが20%向上し、また、トライボケミカル研磨技術に電界環境を取り入れることによって、研磨特性を維持したままで、スラリー濃度を従来の1/5で、約2倍の研磨レートを実現した。
 - ・電界印加およびスラリー投入方式等を最適化することで従来の研磨方法と比較して、片面研磨では

約20%、両面研磨では約16%の研磨速度の向上を実現した。

(2)「4BODY研磨技術の概念を活用したセリウム使用量低減技術の開発」

- ・使用原単位を50%以上削減する技術、一部代替する技術を開発した。
- ・酸化セリウムの成分割合が30%以下で、研磨特性が従来研磨より50%向上する有機無機複合砥粒を開発した。また、親水性の強い無機酸化物粒子をメディア粒子に採用することで、1.4倍の研磨特性を達成した。
- ・エボキシ研磨パッドを開発し2倍の研磨特性を達成した。また、酸化ジルコニウム等の砥粒により代替ができることを見出した。
- ・アドバイザー企業での開発した砥粒、研磨パッドのサンプル評価を開始した。
- ・三元系の化学研磨液で鏡面仕上げが可能であることを見出した。研磨時間の短縮に関してはエッチャント液の流動が重要であることを見出した。

研究開発項目⑧「蛍光体向けテルビウム・ユウロピウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向けTb（テルビウム）、Eu（ユウロピウム）低減技術の開発」

- ・使用原単位を55%以上削減する技術を開発した。
- ・量子化学計算手法を確立し、高効率で可視光発光する可能性のある3種類の蛍光体を予測した。また、高速合成炉の導入・コンビケム開発を進めることで、Tb、Eu使用量を低減した3種類の新規蛍光体を得た。既存蛍光体の改良により20%低減できる可能性のある蛍光体を見出した。
- ・市販の緑色蛍光体の60%の輝度をもつ内部量子効率0.2-0.7の発光シリカを開発した。また、無機パターンを設計どおりに精密にガラス上に転写する技術の開発に成功した。
- ・低コストで分離可能な高磁場勾配磁選を用いて各蛍光体の分離が可能な分散媒・プロセスを見出した。また、ランプ製造時の工程条件の見直しを行い、今後の検討方針の策定を行った。

研究開発項目⑨-3「Nd-F e-B系磁石を代替する新規永久磁石の実用化に向けた技術開発」

小項目「窒化鉄ナノ粒子の大量合成技術およびバルク化技術の構築」

- ・ Fe_{16}N_2 単相窒化鉄ナノ粒子 5^{-10}g /バッチの合成技術に向け、設備の改造と熱処理条件の検討を行っている。
- ・ Fe_{16}N_2 単相窒化鉄ナノ粒子の一部を一次粒子相当の粒径まで分散安定化させることに成功し、コア・シェル型の非磁性/窒化鉄ナノ粒子の合成を実施中。
- ・窒化鉄ナノ粒子を磁場中でmmスケールにて固化できることを確認した。

小項目「非平衡状態相の形成を利用したNd系磁石代替実用永久磁石の研究開発」

- ・ $\alpha\text{-Fe}/\text{SmCo}_5$ 、 $\alpha\text{-Fe}/\text{MnBi}$ 系のSn金属バインダーとしたメタルボンド磁石において、組成の最適化により1.0T以上の保磁力が得られた。
- ・ $\text{SmCo}_5/\alpha\text{-Fe}$ 積層周期を20nmのナノコンポジットの作製に成功した。
- ・CoZr合金にB、Ti、Moなどを添加することにより保磁力を $H_{c j}=0.5\text{MA/m}$ まで高めることができ、SmFe合金で $H_{c j}=2.0\text{MA/m}$ を越える保磁力が得られた。

研究開発項目⑩「排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発、透明電極向けインジウムを代替するグラフェンの開発」

(1)「排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発」

(ア)「排ガス浄化用触媒のセリウム量低減代替技術の開発」

- ・セリア・ジルコニア系助触媒について、セリア使用量を30%以上低減した新規な助触媒材料を開発した。
 - ・開発したセリア・ジルコニア系助触媒材料の調製プロセスを検討し、大量合成工程を確立した。
 - ・非セリア系助触媒についても検討を行った。
 - ・開発した助触媒材料を用いてガソリンエンジン自動車用ハニカムを試作し、模擬ガス試験および実車エンジン排気による性能試験を行い、性能を確認した。
- (イ)「高次構造制御による酸化セリウム機能向上技術および代替材料技術を活用したセリウム使用量低減技術開発」
- ・第一原理計算法により、セリア助触媒のシンタリングシミュレーションを行い、シンタリング機構を解明した。
 - ・セリア系および非セリア系助触媒について、組成を変えた新規触媒を検討した。一部の触媒について、酸素吸放出能が大幅に向上することを見いだした。
 - ・本事業で試作した助触媒について、大量合成法を検討した。
 - ・酸素吸放出能が高い助触媒について、ガソリン車用ハニカムに加工し、性能評価を実施した。

(2)「透明電極向けインジウム代替技術の開発」

- ・表面波プラズマCVD装置を用い、成膜温度、ガス組成等種々の条件を変えることで最適な成膜条件を探索した。その結果、シート抵抗 $500\Omega/\square$ 、透過率87%のグラフェン透明導電膜を製作した。
- ・ロール製膜装置を設計し、600mm幅、合成速度0.6m/分でグラフェンが製膜できることを確認した。
- ・レーザーパターンニングに必要なレーザの波長や強度の最適値を検討し、グラフェンを線幅0.3mmで加工出来ることを確認した。
- ・グラフェンを用いた抵抗膜式タッチパネルを試作し、動作可能であることを確認した。

平成24年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトでは、希少金属の代替/使用量低減を目指し、研究開発項目毎に研究開発責任者（テーマリーダー）を設置し、以下の研究開発を実施した。

(1) 委託事業

研究開発項目⑥-1～⑧ [平成21年度～平成25年度]

研究開発項目⑥-1 「排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発/遷移元素による白金族代替技術及び白金族の凝集抑制技術を活用した白金族低減技術の開発」

- ・代替触媒の開発では、触媒活性点の材料候補種（鉄の複合酸化物）を決定し、実用化に向けた触媒仕様の研究に着手した。本研究では、Feの複合酸化物を数ナノメートルまで微粒子化し、さらに、酸化セリウム等の酸素吸蔵放出材料に担持することによって、触媒活性が向上することを見出した。さらに、エンジン排ガス耐久後も微粒子を維持し、Fe複合酸化物により、白金触媒とほぼ同等の触媒性能を発現可能であることを確認した。
- ・プラズマを使った反応促進手法の開発では、反応メカニズム解析を行い、更に、グライディングを開始した。
- ・DOC (Diesel Oxidation Catalyst)とDPF (Diesel Particulate Filter)の機能一体化では、効果を検証するため、DPFへの種々の触媒コーティング方策を策定し、効果の検証を開始した。

研究開発項目⑥-2 「排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発/ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発」

- ・酸化触媒に関しメソ孔拡大4wt%シリカ添加アルミナ担体を開発した。
- ・酸化反応において重要な役割を担うアルミナ担体の第二成分として、ジルコニア添加アルミナの組成や調製法等の最適化を行い、大量合成のための調製条件を提示した。
- ・白金-パラジウム構造化複合ナノ粒子を担持した触媒の量産化に向け、触媒担体上での金属種の新たな還元手法を開発した。
- ・担体上における金属の配置制御法を検討し、白金をルイス酸点上に選択的に固定化する技術を確認した。
- ・上述の研究成果を統合し、NO酸化、炭化水素酸化ともに高い活性を示す候補触媒を抽出し、今年度は50%削減できる酸化触媒開発の目処を得た。
- ・DPF用触媒については、銀合金触媒をベースにしてコート方法の改良を行い、圧損を市販と同等レベルまで低減することができた。
- ・上記で選定された触媒を大型トラックエンジン用のハニカムおよびDPFにコーティングし、大型トラックエンジンにより評価を行い、初期活性については良好な結果が得られたが、耐久評価後、若干の触媒劣化が見られた。

研究開発項目⑦-1 「精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発/代替砥粒及び革新的研磨技術を活用した精密研磨向けセリウム低減技術の開発」

- ・代替砥粒の開発では、研磨プロセスシミュレータによる解析により、砥粒の結晶構造を変化させることで研磨特性を大きく改善できることを明らかにした。また、開発したCa含有ジルコニア系砥粒の低コスト化を検討し、2,000円台/kgでの供給に目処をつけた。
- ・電界制御トライボケミカル研磨技術の開発では、大型研磨装置（実用機）を用いて有効性を実証した。ラポレベルでの結果と同様に、本技術は研磨効率の改善およびスラリーの長寿命化に極めて有効であることを明らかにした。

研究開発項目⑦-2 「精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発/4BODY研磨技術の概念を活用したセリウム使用量低減技術の開発」

- ・複合砥粒開発では、滞留性を高める粒子（移動抑制粒子）の添加を行うことで研磨特性が向上することを確認した。また、移動抑制粒子を添加し滞留性を高めた酸化ジルコニウム砥粒の開発を行った。粒径と比重の最適化を行い酸化セリウム砥粒と同等の研磨特性を達成した。
- ・研磨パッドの開発では、平成24年4月に多孔質エポキシ樹脂研磨パッドの市販を開始した。仕上げ研磨パッドに砥粒の滞留性を向上させる樹脂の適用を検討し、市販パッドと比較して研磨能率が3倍まで上がることを確認した。
- ・プロセス技術開発では、研磨スラリーに金属塩を添加することより酸化ジルコニウム砥粒の研磨特性が向上することを見出した。また、ラッピング用砥粒の開発では、移動抑制粒子を添加することで砥粒の滞留性が改善し、研磨特性が向上することを確認した。

研究開発項目⑧ 「蛍光体向けテルビウム・ユウロピウム使用量低減技術開発及び代替材料開発/高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向けTb（テルビウム）、Eu（ユウロピウム）低減技術の開発」

- ・蛍光体の開発では、溶融炉を用いて作製した試料のLED用途としての検証を実施し、リン酸系の酸化物で青色光（460nm）の励起で赤色発光を示すことを見出した。また、蛍光体の構造探索を加速するために構造データベースから発光効率が高いと考えられる酸素配位数を有する構造をとりますプログラムを開発した。
- ・ガラス部材の開発では、Euを含有する蛍光シリカの近紫外励起での性能検証を行い、近紫外域で0.6以上の内部量子効率を有することを見出した。
- ・蛍光体の分離技術確立では、市中回収品から緑色蛍光体（LAP）を磁気力分離によって95～9

8%まで濃縮でき、蛍光スペクトルのピーク強度は新蛍光体の96~100%の値を得ることができた。また、連続分離のシミュレーションに基づき蛍光体の分離に適するマトリックスの設計を実施した。また連続分離用の装置を設計、試作した。

研究開発項目⑨-3「Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石の実用化に向けた技術開発」

- ・窒化鉄ナノ粒子の50%以上の単分散化を達成した。
- ・窒化鉄ナノ粒子を10g/バッチで合成することに成功した。
- ・窒化鉄ナノ粒子を用いてバルクに匹敵する試料サイズで成型体・焼結体の試作に成功した。
- ・酸化鉄ナノ粒子を用いて、体積充填率67vol%の成型体の試作に成功した。
- ・窒化鉄粒子表面は数ナノメートルの酸化層で覆われていることを明らかにした。

小項目「非平衡状態相の形成を利用したNd系磁石代替用永久磁石の研究開発」

- ・SmCo₅/α-Fe人工積層構造磁石は比較的高温で使用されるNd磁石を代替できる可能性が得られた。
- ・飽和磁化の高いFe-Ni磁石と保磁力の大きいSm-Fe系磁石はNd磁石に匹敵することが期待でき、MnBi系磁石は高温特性が優れているため高温用に限定すればNd磁石に匹敵することが期待できることがわかった。
- ・MnBi/α-Fe系複合磁石は、180℃においてNd磁石の保磁力を上回ることは確認できた。
- ・人工積層構造、急冷凝固合金の微細組織と磁気特性の関係を明らかにした。

(2) 助成事業

24年度は、事業終了後早期の実用化が期待される、「超硬工具のタングステン使用量を削減する代替サーメット材料の実用化」「耐摩耗工用具用新規開発サーメットの改良と実用化」の2件の事業を採択し、助成した。

《14》サステナブルハイパーコンポジット技術の開発 [平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトは、炭素繊維複合材料の易加工・高強度を実現するための基盤技術として短時間で成形可能な易加工性中間基材の開発を行う。さらにこの中間基材を用いた高速成形技術の開発、部材同士の接合部の強度を保持する接合技術の開発を行うとともに、リサイクル技術の開発を実施し、自動車等の更なる軽量化を可能とする。これにより、高度な省エネルギー社会を構築するとともに、日本製造業の国際競争力の更なる向上を図ることを目的に、国立大学法人 東京大学大学院工学系研究科 教授 影山 和郎をプロジェクトリーダーに指名し、平成20年度は、以下の内容を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「易加工性CFRTP中間基材の開発」

熱可塑性樹脂との接着性と繊維の分散性や含浸工程通過性を両立する炭素繊維の表面処理技術、炭素繊維への含浸性と物性を両立する熱可塑性樹脂及び生産性に優れ、部材への加工性に優れたCFRTP中間基材として以下の検討を行った。

(1) 等方性CFRTP中間基材

熱可塑性樹脂として新規ポリプロピレン系樹脂開発に着手するとともに、ポリプロピレン系樹脂との接着性の高い炭素繊維の表面処理技術、炭素繊維をランダムに分散させるための繊維分散技術を開発するための評価技術検討を実施した。

(2) 一方向性CFRTP中間基材

炭素繊維の表面処理効果(樹脂との接着性等)の定量的評価法を検討した。またプリプレグテープ(一方向連続繊維基材)にてテキスタイル化の予備検討に着手した。

研究開発項目②「易加工性CFRTPの成形技術の開発」

スタンピング成形を検討するにあたり、モデル基材を用いて加熱時の温度分布を評価するとともに単純な金型を用いた成形基礎検討に着手した。

研究開発項目③「易加工性CFRTPの接合技術の開発」

CFRTP部材に対して、各種接合技術の比較・評価検討に着手し、CFRTP材同士の溶着接合は、従来の熱可塑性樹脂接着剤を超える接合強度が得られ、十分な適用可能性を持つ接合技術であることが確認できた。

研究開発項目④「易加工性CFRTPのリサイクル技術の開発」

CFRTP部材に対し、推定されるリサイクル手法の調査とそれらの環境負荷を推定した。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目⑤「易加工性自動車一次構造材用閉断面構造部材の開発」

一方向性CFRTP中間基材を用いてのモデル部材試作を開始した。具体的には高Vfで炭素繊維束に熱可塑性樹脂が含浸したテープ状CFRTP中間基材作製の基本技術開発に着手した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は研究開発の状況変化に伴い、プロジェクト体制を変更するため、プロジェクトリーダーを国立大学法

人東京大学大学院工学系研究科教授 高橋 淳氏に交代し、以下の内容を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「易加工性CFRTP(炭素繊維強化熱可塑性樹脂)中間基材の開発」

熱可塑性樹脂と炭素繊維の接着性と含浸性の両立に関して改良を重ね、不連続繊維系、連続繊維系共に最適なポリプロピレン樹脂改質と炭素繊維表面処理の組み合わせの方向性を見出した。界面接着性評価手法としては、単繊維フラグメンテーション法を確立し、さらに顕微ラマン分光法によるinsitu界面評価法および3次元X線CT(コンピュータ断層撮影)装置による含浸性評価法の開発に着手した。また、等方性CFRTP中間基材に関しては、繊維ランダム分散技術の改良を行い、中間基材の曲げ強度および等方性について中間目標を達成した。さらに、不連続繊維強化コンポジットの強度及び耐衝撃性が予測可能なシミュレーション手法を確立した。

研究開発項目②「易加工性CFRTPの成形技術の開発」

等方性CFRTP中間基材に関しては、プリフォーム作成技術、スタンピング成形技術の検討を進め、単純形状にて、最終目標である型占有時間60秒での成形を実現し、さらに、繊維長が長い不連続繊維を高濃度で含む不連続繊維強化コンポジットの成形シミュレーションの開発に着手した。

一方向性CFRTP中間基材に関しては、ユニディレクショナル材、織物、ランダム材それぞれのプリフォーム作成技術の検討を進め、さらにそれらのハイブリッド化の開発に着手した。スタンピング成形の検討では基本形状金型を用いて高速化の方向性を明らかにし、内圧成形技術については中空のブレード(組紐)から閉断面構造部材を得る成形方法の基礎的検討を行った。

研究開発項目③「易加工性CFRTPの接合技術の開発」

各種溶着装置を導入し、CFRTPに最適な接合方法をスクリーニングした。特に、一方向性CFRTP中間基材については振動溶着法に注力して検討を行い、接合試験片のラップシエア試験、ハットチャンネル接合品の曲げ試験により接合特性を評価した。

研究開発項目④「易加工性CFRTPのリサイクル技術の開発」

国内外で進められているCFRTPリサイクル技術の調査を行い、自動車部材に要されるリサイクル性やその目標物性値を詳細に検討すると共に、系統的な評価試験を実施するための実証試験やその条件を検討し、不連続繊維用CFRTP予備成形機を選定した。また、リペア法に関しては先行的に予備的検討を行い、開発中のCFRTPがリペア後に性能を十分に回復することを確認した。

なお上記委託事業では、開発する部材の適用範囲拡大、実用化時期の早期化を目的に、補正事業として、実用性を見据えた材料試作、プロセス検討、材料特性評価解析を可能とする設備の導入を実施した。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目⑤「易加工性自動車用モジュール構造部材の開発」

等方性分散CF(炭素繊維)シートの製造に必要な「炭素繊維表面改質装置」や高速成形技術検討のための各種設備を導入した。また、試作検討を行い、等方性分散CFシートに熱可塑性樹脂を連続的に含浸する中間基材連続作製プロセスの目処を得た。さらに、この基材を用いて量産設備による成形技術の検討を進めた。

研究開発項目⑥「易加工性自動車一次構造材用閉断面構造部材の開発」

CFRTP中間基材で閉断面を成形後、振動溶着法により一体化することで閉断面部材が作成可能となり、リブを有する閉断面構造と閉断面構造の性能比較及び、他素材(CFRTS(炭素繊維強化熱硬化性樹脂)、GFRT(ガラス繊維強化熱硬化性樹脂)、GFRTS(ガラス繊維強化熱硬化性樹脂)、金属)との性能比較を開始した。また、テープ状中間基材の製造に最適な炭素繊維の表面改質、樹脂組成を明確化すると共に、委託事業での検討に必要な中間基材を十分に供給するための技術課題を抽出し、検討を継続している。

平成22年度においては、以下を実施した。

炭素繊維複合材料の易加工・高強度を実現するための基盤技術として、短時間で成形が可能な易加工性中間基材の開発し、それを用いた高速成形技術の開発、接合技術の開発及びリサイクル技術の開発により、自動車等の更なる軽量化を目指し、日本製造業の国際競争力の更なる向上を図ることを目的に、東京大学教授 高橋 淳氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「易加工性CFRTP中間基材の開発」

等方性CFRTP中間基材についてはポリプロピレンの改質樹脂とのアロイにより、基材用の樹脂特性を向上させた。同時に、炭素繊維との組み合わせの最適化、および中間基材への加工性向上を進め、等方性CFRTP中間基材の基本技術を確立する。また、等方性CFRTP中間基材の流動性や熱伝導率を解析し、金型形状および成形プロセスに適した基材特性を明らかにした。

一方向性CFRTP中間基材については開発される熱可塑性樹脂との接着性向上の主要因子を明らかにし、熱可塑性樹脂と高い親和性を持ち、かつ開織しやすい炭素繊維表面処理技術を確立した。樹脂改質を進め、界面接着性を有する熱可塑性樹脂を開発した。含浸状態が良好なCFRTPテープを作製し、中間目標を達成した。

研究開発項目②「易加工性CFRTPの成形技術の開発」

等方性易加工性CFRTP中間基材に関しては、複雑形状で機械的特性にも優れた部材を高速でスタンピング成形加工する技術を開発した。一方向性CFRTP中間基材については、中空断面構造体等を得るための閉断面構造体の高速成形法として、プリフォーム技術、プレヒート技術、成形パラメ

ータの影響解析等、各成形要素技術の組み合わせを総合的に検討し、高速スタンピング成形システムの基本技術を確立した。

また、中間基材であるブレード等の賦形性、成形評価の基本成形技術を確立し、さらに軸対称異形断面のブレード構成を検討した。

研究開発項目③「易加工性CFRTPの接合技術の開発」

CFRTP部材同士の接合に関しては、実際の部材を想定した複雑形状に成形した成型品を実際の製造プロセスを想定した条件で接合、強度評価を実施し、溶着法の基本技術を確立した。異材接合に関しては、CFRTP部材と異材との界面改質を含め種々の接合条件で異材と接合し、強度評価を行うことで、高い接合強度が得られる条件を明らかにした。その上で、具体的な自動車部品を定め、複雑な形状における接合構造の実現性、強度確保、コスト・生産性の観点から適用可能性を明らかにした。

研究開発項目④「易加工性CFRTPのリサイクル技術の開発」

研究開発項目①②で開発したCFRTP部材を用いて試験片を作製し、自動車用材料として必要とされる各種機械的特性とその発現メカニズムを明らかにする。3回リサイクル後において中間目標値の強度を保持するリサイクルプロセスに必要な要素技術を見極めた。軽微な損傷に対してのリペア技術を確立するとともに、ショップ内で実施可能なリペア工具および整備の調査を行った。

研究開発項目⑤「易加工性自動車用モジュール構造部材の開発」

等方性易加工性CFRTP中間基材の、製造条件を適正化して、量産検討を進める。具体的には炭素繊維から基材化までを含め、トータルな製造プロセスのスケールアップ・高速化を進める。また、実部材を想定した成形品の成形条件の適性化を行った。

研究開発項目⑥「易加工性自動車一次構造材用閉断面構造部材の開発」

目標の物性を得ることができる高界面接着性を持ち、かつ、繊維束が開織しやすい最適な炭素繊維表面処理技術を確立した。実用化検討の実施、生産要件を見極め、基本製造技術を開発した。また、委託事業で開発する共通基盤要素技術を用いることによって自動車構造部材が成形可能であることの実証するためのモデル部材の検討を開始し、自動車メーカーと意見交換を行いながら、最適な形状を選択し設計を進めた。また、実際の部材に適用した場合の主要物性と軽量化率を推定するためのFEM解析等を同時に進めると共に、実際の成形品の評価技術を検討した。

【中間評価結果】

中間評価では良好な評価結果が得られた。コスト目標、先行する海外のベンチマークに関することなどについては今後さらなる精査が必要であるとの指摘を受けた。

【中間評価への対応】

指摘のあったコスト目標、ベンチマークについては、プロジェクト内で検討し、今後の研究開発への反映をおこなった。また、成果、実用化にむけて、より実用化をにらんだ評価技術の推進、ユーザーとの連携強化、積極的なサンプル供試を実施することとした。

平成23年度においては、以下を実施した。

東京大学教授 高橋 淳氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】

研究開発項目①「易加工性CFRTP※中間基材の開発」

- ・等方性中間基材においては、樹脂・界面設計、F最適化、フィラー材添加等の処置により、曲げ強度、等方性変動係数ともに、最終目標達成の目処が立った。
- ・一方向性中間基材においては、PA系樹脂（高強度、高接着性の両立）改良とCF表面処理により、最終目標に向けて目処が立った。

研究開発項目②「易加工性CFRTPの成形技術の開発」

- ・等方性材料高速スタンピング成形技術に関しては、高速加熱技術、成形シミュレーション技術の開発により、目標を達成した。更に成形データベース等の周辺技術データの充実や流動解析等の技術向上も目指している。
- ・一方向性材料高速スタンピング成形技術に関しては、プリフォーム技術、プレヒート技術、金型内温度、圧力、金型変位の測定システムの開発等を実施したことで、目標を達成した。
- ・一方向性材料高速内圧成形技術に関しては、誘導加熱方式により、内圧成形用金型を急速に加熱冷却する基本技術検討により、目標値の金型占有時間7分を大きく上回る3分を達成する見込みである。

研究開発項目③「易加工性CFRTPの接合技術の開発」

- ・設計指針、実形状・部材に向けた溶着技術を検討した結果、CFRTP同士の接合に関しては、熱板（ホットプレス）接合や振動溶着、超音波溶着等で検証を進めてきて、それぞれ接合強度やその発現メカニズムを把握することができた。異材接合は機械的接合やインサートにより、目標達成の見込みである。

研究開発項目④「易加工性CFRTPのリサイクル技術の開発」

- ・成形品のプレートリサイクルについて、リサイクルプロセスが進むに従い残存繊維長の低下傾向にあるが、スタンピング成形で高圧力を材料に加えることで物性のバラツキが減少することが判明した。

【実用化技術】

研究開発項目⑤「易加工性自動車モジュール構造部材の開発」

助成事業として、中間基材の量産化を目指して活動した結果、中間基材の量産化に関しては幅50cm以上、長さ100mを達成している。モジュール部材に関しては試作金型を活用し、部材成形と評価を実施した。

研究開発項目⑥「易加工性自動車一次構造材用閉断面構造部材の開発」

助成事業として活動を実施している。一方向性中間基材の生産技術は含浸技術によりほぼ技術確立されつつある。モデル構造に関しては、適宜、設計・製作を進めており、併せて評価・解析を実施してきた。

平成24年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトは、自動車等の更なる軽量化を目指し、炭素繊維複合材料の易加工・高強度を実現するための基盤技術、それを用いた高速成形技術、リサイクル技術の開発を実施。国立大学法人東京大学教授 高橋 淳氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】

研究開発項目①易加工性CFRTP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) 中間基材の開発

- ・等方性中間基材においては、樹脂界面設計、F最適化、フィラー材添加処置により最終目標値を達成した。さらに、適用樹脂のバリエーション拡大により他の樹脂を用いた基材の作製にも成功した。
- ・一方向性中間基材においてはPA (polyamide) 系樹脂改良、炭素繊維表面改質により最終目標値を達成した。さらに、樹脂と繊維の接着メカニズムの解析技術の向上を図った。

研究開発項目②易加工性CFRTPの成形技術の開発

- ・等方性中間基材を用いた高速スタンピング成形技術に関しては既に目標を達成しており、さらに、高速加熱技術のデータベースの構築とリブ形状の繊維充填性を明確にした。
- ・一方向性中間基材を用いた高速スタンピング成形技術に関しては、既に目標を達成しており、さらに様々な部材・構造形状による性能比較の為に構造設計解析ツールを活用し、一般鋼材、ハイテン鋼材との強度比較を行った結果、軽量かつ剛性同等以上を達成した。
- ・一方向性中間基材を用いた高速内圧成形技術に関しては、急速誘導加熱方式の条件最適化により目標値の金型占有時間7分を大きく上回る4分間成形を達成した。

研究開発項目③易加工性CFRTPの接合技術の開発

- ・繊維と樹脂の界面におけるせん断強度と接合強度の関連性を明確にし、接合部の形状や寸法に対する継手強度を系統的に評価することで、融着接合構造の設計指針をまとめた。異材接合はボルト接合強度特性を明確にし、実用的な設計指針を得た。

研究開発項目④易加工性CFRTPのリサイクル技術の開発

- ・当該基材を用いて成形加工後の製品について、破碎粉碎成形を3回くり返しリサイクル後マトリックス樹脂の熱劣化が無いこと、通常の標準材と比較しても同等以上の力学特性が保持されていることを確認した。さらにプレートリサイクル技術の向上策としてフレッシュ材を用いたハイブリッドリサイクル手法を検討し、力学特性維持の比率を明確にした。

【応用技術】

研究開発項目⑤易加工性自動車モジュール構造部材の開発

- ・本事業は東レ(株)と(株)タカギセイコーが主体となり助成事業として活動した。等方性中間基材の量産化技術に関しては、幅500mm上、長さ100mをすでに達成しており、さらなる技術の向上として高生産性を実現可能にする手法を構築した。一方、モジュール部材成形加工に関しては実自動車部材について試作的に成形加工を行い、実用化の可能性を検証した。当該部材は従来品と比較して重量半減を達成した。

研究開発項目⑥易加工性自動車一次構造材用閉断面構造部材の開発

- ・本事業は三菱レイヨン(株)と東洋紡(株)が主体となり助成事業として活動し、一方向性中間基材の樹脂含浸のための量産技術を構築した。さらに、自動車一次構造部材への適用を目指して試作品を製作・検証した結果、高強度かつ重量半減という性能を発揮することに成功した。

《15》次世代高信頼性ガスセンサー技術開発 [平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

九州大学名誉教授 山添 昇氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明」

「次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明」については、実環境特性変動試験の手法を開発した。データ取得手段としてのセンサーユニットの設計・製作を行い、多種多様な実環境におけるセンサーの特性変化を調べるための仕組みとして、日本全国におけるセンサーユニットの設置先を選定し、400台のセンサーユニットの設置を行った。これにより、実環境特性変動試験を通じた特性変化要因抽出のための基盤技術を構築することが出来た。

研究開発項目②「次世代ガスセンサー開発のための加速評価基盤技術の確立」

「次世代ガスセンサー開発のための加速評価基盤技術の確立」においては、助成事業で製作された各種検知原理のセンサーモジュールの特性変化を計測するための計測システムを構築し、各センサーの特性測定を行った。これにより、経年変化特性の解析、劣化モード・劣化因子の特定等による加速評価の基盤技術を確立した。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目③「超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発」

「超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発」については、超低消費電力のガスセンサーモジュールを試作し、実環境特性変動試験に供し、特性変化要因の抽出を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

国立大学法人九州大学名誉教授 山添 昇氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【実用化技術】(助成事業)

研究開発項目①「超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発」

実環境特性変動試験の結果を基に超低消費電力のガスセンサー開発に着手した。超低消費電力のセンサーモジュールを試作し、実環境特性変動試験に投入し実環境特性変動試験の結果を基に、特性変化要因の抽出、センサー改良に着手した。また、実地試験として、現場設置試験先選定をおこない約600件設置し、実環境でのデータ収集を開始した。

平成22年度においては、以下を実施した。

都市ガス警報器の加速的な普及及びCO中毒事故の未然防止に資するため、メタン及びCOガスを確実に検出でき、超低消費電力でかつ長期間の信頼性が担保できる革新的高信頼性ガスセンサーの技術開発を目的として、九州大学名誉教授 山添 昇氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発項目を実施した。

研究開発項目③「超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発」

超低消費電力のガスセンサーモジュールを順次試作し、実環境特性変動試験に供した。また、実環境特性変動試験の結果を基に、特性変化要因を抽出し、改良施策を得、その結果を更に新規モジュールの設計にフィードバックした。

一方、実環境特性変動試験の精度を高めるため、既に全国各地に設置しているモジュール数を一割程度増加し、今後の更なるガスセンサーモジュールの性能向上に繋げていく。

平成23年度においては、以下を実施した。

都市ガス警報器の加速的な普及及びCO中毒事故の未然防止に資するため、メタン及びCOガスを確実に検出でき、超低消費電力でかつ長期間の信頼性が担保できる革新的高信頼性ガスセンサーの技術開発を目的として、九州大学名誉教授 山添 昇氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目③「超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発」

超低消費電力のガスセンサーモジュールを順次試作し、実環境特性変動試験に供した。また、実環境特性変動試験の結果を基に、特性変化要因を抽出し、改良施策を得、その結果を更に新規モジュールの設計にフィードバックした。

一方、実環境特性変動試験で得られたデータを元に、長期信頼性を保証するための劣化機構解析や理論構築を行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトは、超低消費電力でかつ長期間の信頼性が担保できる革新的高信頼性ガスセンサーの技術開発を目的とし、国立大学法人九州大学名誉教授 山添 昇氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

【実用化技術】

研究開発項目③「超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発」

センサーの長期信頼性を保証するための劣化機構解析し、劣化機構を明らかにした。その結果から、理論的にも5年程度の長期信頼性が得られることを確認した。

《16》半導体機能性材料の高度評価基盤開発 [平成21年度～平成23年度]

【中期目標期間実績】

平成21年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「接合素子を含む材料評価用配線TEGの開発」

種々の接合素子のパターン形状、寸法、構造などを調査して材料開発支援ツールとして材料評価用の回路パターン(TEG)マスクを設計し、そのマスクを用いて接合素子を試作した。試作TEGの形状や電気特性の測定を行って、接合素子の機能を検証し、その結果からマスクを改良してTEGを完成した。さらに配線工程を付加した場合に材料評価専用TEGとしての機能が発揮できるか検討した。

研究開発項目②「材料による金属汚染、応力影響の評価方法の開発」

製造工程に用いる半導体材料あるいは製造プロセスによる接合素子への影響(金属汚染、応力、電荷蓄積など)が把握できる電気特性の測定方法や解析方法の検討を開始した。具体的には、TEGを用いて、スラリーによる化学的機械的研磨(CMP)のダメージ、平坦性の評価を配線抵抗やリーク電流を解析することによって評価する方法を見出した。

研究開発項目③「半導体プロセス全体を考慮した材料評価基盤の開発」

基準プロセスによる熱、応力、水分などが接合素子や配線素子に及ぼす影響を調査した。基準プロセスとしてはCu/l o w - k配線を有するウェーハのパッケージ組立工程を想定した。接合素子を含むTEGウェーハの電気特性の評価の結果、これらの組立工程以降の材料特性と接合素子特性の関係の定量的評価に不都合が無い事がわかった。半導体トータルプロセスにおける材料評価基盤に対して、接合素子、配線素子、パッケージ組立てそれぞれの製造プロセスの工程仕様の策定を開始した。

平成22年度においては、以下を実施した。

「半導体集積回路のフロントエンドから配線工程、パッケージ組立工程までの一貫したプロセス検証を行うことによって信頼性のある統合部材を提供できる評価基盤を確立」について、民間企業等が実施する実用化開発を支援した。

研究開発項目①接合素子を含む材料評価用配線TEGの開発

H21年度に試作検討したTEGマスクより、材料とプロセス条件が接合素子の初期特性や信頼性に与える影響を、より高精度な定量的抽出ができるTEGマスクを設計した。そのマスクを用いることで接合素子を含むTEGウェーハの外注試作が可能となった。従来TEGと新規TEGの比較を行って接合素子の機能を検証し、さらに配線工程を付加した場合に材料評価専用TEGとしての機能が発揮できるか検討を実施した。

研究開発項目②材料による金属汚染、応力影響の評価方法の開発

300mmシリコンウェーハ上に接合素子・2層配線・バッファコート材料を用いた再配線構造形成し信頼性試験を行い接合素子の各種処理条件における特性及び、薄型チップをインターポーザーへ組立てた後に応力をかけた場合における特性を評価した。結果に基づき、製造工程に用いる半導体材料あるいは製造プロセスによる接合素子への影響（金属汚染、応力、電荷蓄積など）が把握できる電気特性の測定方法や解析方法の検討を行った。金属汚染に関連しては、新規に開発したCMP TEGによる腐食評価を実施した。

研究開発項目③半導体プロセス全体を考慮した材料評価基盤の開発

FEOLとBEOLを連続して試作できるTEG（FEOL/BEOL統合TEG）の開発、及びそれを用いたBEOLの材料評価技術の開発のための検討を実施した。対象とするパッケージをワイヤーボンド型とし、接合素子とCu/l o w - k配線を有するウェーハのパッケージ組立工程の基準プロセスを想定し、そのプロセスによる熱、応力、水分などが接合素子や配線素子に及ぼす影響を調査した。

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「接合素子を含む材料評価用配線TEGの開発」

種々の接合素子のパターン形状、寸法、構造などを変更して新規TEGマスクを設計し、そのマスクを用いて接合素子を含むTEGウェーハの外注試作を行った。新規TEGにおいては、評価結果からの見直しを一部行い、より高精度な評価ができるように修正版の外注試作・評価も行った。その新規TEGの形状観察や電気特性の測定を行って、接合素子の機能を検証し、さらに配線工程を付加した場合に材料評価専用TEGとしての機能が発揮できるか検討した。その結果、従来TEGマスクよりも材料とプロセス条件が接合素子の初期特性や信頼性に与える影響をより高精度な定量的抽出ができるようになり、最終目標を達成した。

研究開発項目②「材料による金属汚染、応力影響の評価方法の開発」

300mmシリコンウェーハ上に接合素子を作製し、2層配線形成及びバッファコート材料を用いて膜形成を行い、Cuなどの重金属汚染による接続素子の影響を評価した。また、配線腐食を高感度に測定できるように、P型基板とN型基板を用いた腐食評価用TEGによる腐食評価などを行った。それらの結果に基づいて、製造工程に用いる半導体材料あるいは製造プロセスによる接合素子への影響（金属汚染、応力、電荷蓄積など）が把握できる電気特性の測定方法や解析方法の開発を完成し、最終目標を達成した。

研究開発項目③「半導体プロセス全体を考慮した材料評価基盤の開発」

FEOLとBEOLを連続して試作できるTEG（FEOL/BEOL統合TEG）を開発し、そのTEGを用いてBEOLの材料評価技術を開発した。対象とするパッケージをワイヤーボンド型とし、QFP組立を実施、素子特性測定、解析を行い、接合素子とCu/l o w - k配線を有するウェーハのパッケージ組立工程の基準プロセスを想定し、そのプロセスによる熱、応力、水分などが接合素子や配線素子に及ぼす影響を調査した。これにより次世代半導体以降にも対応する機能性材料を一貫して評価できる評価基盤を確立し、最終目標を達成した。

《17》革新的省エネセラミックス製造技術開発 [平成21年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門高温部材化プロセス研究グループグループ長 北 英紀氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

開始となる本年度は、プロジェクトを効率的に進められる為のベース作りとして、まず詳細な年間実行計画の策定、調査、基本設計・検討、可能性を見るための基礎試験、及び特殊装置の設計とその導入を重点的に行なった。

【共通基盤技術】(委託事業)

研究開発項目①「ニアネット成形・接合技術の開発」

(1) 設計・造形基盤技術

<設計>

適用を想定している各種部材に関するニーズや要求仕様、並びに材料物性を収集し、それらを踏まえて断熱と軽量性を両立させる等の新規な構造に関する基本設計を実施した。また、プロジェクトを推進させる上で必要な設備の仕様並びに設計検討を進め、予定通り導入した。

<成形・焼成>

ユニットのニアネットシェイププロセスの検討を実施し、鋳込み成形により、一片が50mm以上の中空ユニットを作製し、焼結後において、組立て・一体化し、250mm程度のモデル部材に組上げ、加工レスでほぼ必要な精度が確保されていることを確認した。

(2) 接合技術

<設計・基礎検討>

現行検討されている成形法に適用できる仕様、並びに材料物性を収集し、それらを踏まえて構造に関する基本設計を実施した。

<省エネ型接合技術>

省エネ型接合技術として有望と考えられるアーク溶解によりSiとCを接合面で反応させSiC同士を接合する技術、Al-B-C系の固体反応を利用した接合で、中間目標の1.5倍に相当する300MPaの強度を得た。さらにSiCを接合する上で必要な安定界面を形成するためのプロセス条件を熱力学平衡計算により予測し、接合に用いる材質と接合条件の絞り込みを実施した。

<検査評価技術の開発>

大型複雑形状を有する接合部品の内部状態把握のため、非破壊計測装置のスペック、形状等について検討を開始した。

研究開発項目②「ユニットの高機能化技術」

<難濡れ、耐酸化耐食性向上>

ユニット候補材のSi基系セラミックス、及び充填候補材のホウ酸アルミニウムの腐食挙動を評価すると共に、熱力学平衡計算により、これら材料の腐食・濡れ機構を検討した。コーティング材とユニット基板間の密着性を向上させるために、セラミックスの予備酸化を実施し、酸化物結合層の形成挙動に及ぼす予備酸化時の炉内雰囲気中の酸素分圧の影響について評価した。

<高温熱反射>

熱反射候補材として導電性を有する複合酸化物等を供試し、Si基系セラミックスからなる中空ユニット内面に熱反射モデル材を付与し、ユニットの断熱性に及ぼす熱反射の効果を実験的に明らかにした。一方、鉄とセラミックスの反応性に関しては、 Si_3N_4 、 $SiAlON$ 、及びこれらの第二相成分と鉄鋼含有成分の相反応実験を実施し、いくつかの化合物は実質的に反応しない可能性を確認した。

【実用化技術】[助成事業(助成率: 1/2以内)]

研究開発項目③「革新的省エネセラミックスの部材化技術開発」

(1) 高耐性部材

鉄鋼メーカーへのヒアリングを行い、鋼板の熱処理用搬送ロールについて、市場ニーズ、要求仕様、使用条件等を調査し、セラミックスの高靱性化、非破壊での劣化検出に対する要望等、開発に有用な知見を得ることができた。一方、開発においては有限要素法を用いて、送ロールを想定した円筒状部材をモデル化し、各種窒化ケイ素材料を対象として、熱応力計算および形状設計を行った。

(2) 高温断熱部材

ベンチマーキングとして従来断熱槽の断熱材構成等を明らかにするため、相当部材の設計・試作並びに温度分布を把握した。机上評価装置の一部となる中空ユニットを試作し、評価に供し、基礎データを取得するとともに、前記基礎試験結果のパラメータ等を調整し、それをシミュレーション上で再現した。

(3) 高比剛性部材

SiCコンポジット材料へ B_4C 添加を検討した結果、比剛性137MPaを達成した。また、鋳込み成形用素地の開発として、スラリー調合組成の検討を行い、鋳込み成形が可能なスラリーが得られた。開発素材を用いた接合試験を行い、接合が可能であることを確認した。

平成22年度においては、以下を実施した。

従来ファインセラミックス材料では作製が困難であった複雑形状付与や大型化を容易にし、製造プラントの省エネ化と製品の品質向上に貢献し得る革新的省エネセラミックスの製造技術を開発することを目的として、独立行政法人産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 北 英紀氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発項目を実施した。なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなったため、平成23年度以降はNEDOでは実施しない。

研究開発項目①「ニアネット成形・接合技術の開発」

(1) 設計

表面積が最小となる球体構造において、立体幾何学に基づく分割方法の検討、ならびにその構成単位となるセラミックス中空ユニットの基本設計を実施した。

(2) 成形

ケイ素粉末スラリーを用いた鋳込み成形、および窒素雰囲気における反応焼結法により、五角中空ユニットを試作し、性能試験を実施した。従来品に比べ、40%以上の放熱量の低減と軽量化が可能であることを確認した。

(3) 焼成

強度を要求される部材のニアネット成形において、軽量化と断熱性の観点から反応焼結窒化珪素部材を選定し、ユニットの成形、焼結過程でのひずみや変形を小さくできる技術（ニアネットシェイプ）を確立した。

(4) 接合技術

炭化物系セラミックスの加工時に生じる微細クラック内への卑金属接合材の超浸透現象による接合界面での欠陥消失と前記卑金属とセラミックス母材との反応により、母材と同等の接合強度を達成することができた。

研究開発項目②「ユニットの高機能化技術の開発」

(1) 難濡れ、耐酸化耐食性向上

高温となった鋼板の成分が付着しにくい材料の検討を実施した。アルミ溶湯に対しては、難濡れ性に優れた素材を選定し、多層コーティング材をユニットに施すことで、特定の層の形成で耐食性が向上することが判明した。

(2) 高温熱反射

アルミ溶湯と難濡れ性を示しつつ屈折率差が大きく異なる物質を組合せることで、溶湯に対する難濡れ性と高い熱反射率が両立する材料の開発を実施した。

研究開発項目③「革新的省エネセラミックスの部材化技術開発」

(1) 高耐性部材の開発

窒化ケイ素同士の接合成分・条件に関する検討を実施し、その結果を踏まえ局所加熱接合によりΦ28mm、長さ3000mmの管状部材を試作することができた。

(2) 高温断熱部材の開発

酸化物系セラミックスで中空ユニットを用いたモデル部材を試作・評価を実施し、従来容器と比較して35%以上の軽量化と保温性の向上が達成できた。

(3) 高比剛性部材の開発

SiC系材料で複雑形状体のニアネット鋳込み成形技術の開発を実施し、さらにそれらの部材を接合して大型複雑形状のセラミック部材を試作した。

《18》新機能創出ガラスの加工技術開発プロジェクト [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

フェムト秒レーザーと空間光変調器による三次元加工システム技術の開発、並びにガラスインプリント法による光学ガラス上に微細周期構造を形成する技術の開発を行い、加工技術の有効性を実証することを目的に、研究開発項目①については、国立大学法人京都大学大学院工学研究科材料化学専攻教授 平尾 一之氏をプロジェクトリーダーとし、研究開発項目②については、北海道大学 電子科学研究所教授 西井 準治氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「三次元光デバイス高効率製造技術」

ホログラム設計においては異質相の更なる多層化や高集積化を実現する手法を検討した。これらを基に設計したホログラムを用いて、一辺が60μmの立方体のガラス内に100個の異質相を三次元に形成できるレーザー、一括加工を構築し、従来比100倍以上の高速加工を実証した。

「三次元光デバイス高効率製造技術」の有効性を実証する為、モアレ除去用の光学ローパスフィルタ（サイズ2.5mm角、フィルタ厚0.3mm）で一括描画にて光学ローパスフィルタを作製し、従来比240倍の高速加工を実証した。

研究開発項目②：「次世代光波制御材料・素子化技術」

共通基盤技術として、高い屈折率と広い透過波長域を有し、モールドによる成型が可能な新規ガラス材料・当該ガラスへの微細構造の形成に用いる耐熱モールド・微細構造等を活用した次世代光波制御素子の実現のための要素技術（特に素子の設計・評価技術、ナノ構造成型）を開発した。これら基礎技術を用いた実用化開発として、偏光分離素子、屈折・回折複合素子、無反射素子を開発した。

(1) 高屈折・低屈伏点ガラスの研究：

高屈折 ≥ 1.8 ・低屈伏点($\leq 450^\circ\text{C}$)で、可視域で透明で、光の波長よりも小さな微細構造をモールド法で成型できる新規ガラス材料を開発した。

(2) サブ波長微細構造成型技術：

高温域でのガラスの微細成形が可能な耐熱モールド材を開発し、このモールド材の表面に波長レベルの構造を形成し、光の波長以下の微細構造を平面や曲面状のガラス表面に成型する技術を開発した。

《19》次世代グリーン・イノベーション評価基盤技術開発 [平成22年度補正]

[平成22年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

次世代グリーン・イノベーションの実現に必要な有機エレクトロニクス材料に関する共通的な評価基盤技術を開発し、迅速に材料開発にフィードバックする体制を構築することにより我が国の化学産業の研究開発効率を向上・加速化させること、並びに評価技術の開発・共有化を通じて、産業競争力を強化するための我が国の化学材料技術のプラットフォームを構築することを目的として、基本計画に基づき、広く公募を行い、実施者の選定を行った。

有機EL素子の製品寿命及び性能保証を行うための標準素子及び評価手法の確立を皮切りに、開発する評価手法を有機エレクトロニクス全般へ応用するための課題を明確にすることを目標とした。

研究開発体制の構築にあたっては、技術研究組合を中核とし、大学の知見も活用しながら研究開発を進める体制とした。

平成23年度においては、以下を実施した。

次世代化学材料評価技術研究組合 理事 富安 寛氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「有機エレクトロニクス材料の評価基盤技術開発」

次世代グリーン・イノベーションの実現に必要な有機エレクトロニクス材料に関する共通的な評価基盤技術を開発するために、クリーンルームの整備並びに素子作製設備・評価設備の選定、発注、納入を行った。

また、共通的な評価基盤技術の開発に先立ち、共同実施先である九州大学、I S I T並びに山形大学において、標準素子を作成して特性確認を行い、標準素子进行設計する上での課題抽出を行った。

平成24年度においては、以下を実施した。次世代化学材料評価技術研究組合 理事 富安 寛氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「有機エレクトロニクス材料の評価基盤技術開発」

事業2年目にあたる平成24年度は、平成23年度に導入した素子作製設備及び評価設備を用いて本格的な研究を開始し、①ガラス基板白色基準素子の作製、②初期駆動性能評価手法の開発、③劣化部位特定手法の抽出と検証等を実施した。また、連続プロセス適合性を評価するための第2クリーンルーム整備と必要な設備類の導入を行い、評価を開始した。

《20》次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセ基盤技術開発 [平成22年度補正] [平成22年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

低コスト・大量生産・フレキシブル性を持った薄膜トランジスタの製造法を確立することで、印刷工程による新規デバイスの作製など、印刷エレクトロニクス関連産業の新規市場を創出することを目的として、基本計画に基づき、民間企業等に広く公募を行い、実施者の選定を行った。

研究開発の体制構築にあたっては、技術研究組合を中核に置いた実施体制とし、助成事業を併行して開発を進めることで、早期実用化を目指す体制とした。

平成23年度においては、以下を実施した。

省エネ・省資源・高生産性や軽量・フレキシブル性などの特徴を有する印刷エレクトロニクスを基盤技術として、フレキシブルな薄膜トランジスタ(TFT)の連続製造技術の確立とその実用化技術の開発を目的に、東京大学工学系研究科教授染谷隆夫氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」

印刷によるTFTアレイ製造において、各工程の装置導入を行った。さらに、導入した装置にて、材料とプロセス条件を選別し、連続製造可能な装置のプロセス設計指針を得た。また、作成したデバイスの評価方法の検討を行った。

研究開発項目②「高度TFTアレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」

研究開発項目①で導入した装置により、TFTアレイ製造に使用する各種候補材料やプロセス及び印刷の際の位置合わせ方法の初期検討を行った。また、材料の組成・プロセス検討及び各材料に要求されるスペックの洗い出しを行い低温化のための開発指針を得た。また、高速動作化を実現するために、各部位の形成材料に関してポテンシャルの高い構成材料の設計選択を行い、それぞれ候補材料の性能ならびに印刷適性のスクリーニングを行った。

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」

A4サイズのフィルム基板上に印刷法を用いて120ppi以上の解像度を持つTFTアレイを連

続的に生産するための課題およびその評価手法の課題を抽出した。また、対角3.5インチのアクティブ表示デバイスの作製と評価により、表示層構造を最適化するとともに製膜基本プロセスを確立した。特に浸透性絶縁層、電極層、電解層などのECD構成要素材料を開発した。また、表示層とTFT基板の貼り合せプロセスを開発した。バックプレーン(TFT基板)にはフォトリソグラフィ法で作製されたTFT(LTPS-TFT)を使用し、結果を印刷TFTの設計にフィードバックした。更に、対角10インチサイズ対応の製膜装置を導入し、プロセス開発を実施した。製膜装置としては、表示電極及び対極層形成用にスパッタ装置、EC層、浸透性絶縁層、白色層の形成用にコーターを導入し、条件設定を行った。TFT基板にはフォトリソグラフィ法で作製されたTFT(LTPS-TFT)を用いて開発を進めるとともに、印刷TFTの開発にも着手した。材料については、消色状態の着色低減、白色反射層の改良などにより反射率の向上を図った。また、クロミック反応を安定化させる対極層(逆反応層)材料を開発した。

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

フレキシブルセンサの仕様を決めるためのTFTアレイとの接合条件や駆動電圧などについて基礎データの収集を行い、メートルサイズ級の大面積圧力センサシートを印刷技術で形成するための課題抽出を行った。また、有機TFTアレイの電極間、層間短絡欠陥の修正技術による低減、レーザーリペア方式による短絡箇所の除去と、その際のフィルム基材、他の有機材料層へのダメージの回避を行った。感圧ゴムを有機TFTのドレイン電極に負荷抵抗として接続したタイプの圧力センサの試作、大型化への課題を抽出した。また、素子製造プロセスの開発として、デジタルフォトアシスト印刷にかかる設備導入・立上げを行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

本プロジェクトは、フレキシブルな薄膜トランジスタ(TFT)の連続製造技術の確立と実用化を目的とし、国立大学法人東京大学工学系研究科 教授 染谷 隆夫氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(委託事業)

研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」

本研究開発項目のうち、(1)標準製造ラインに係る技術開発については、フレキシブル基板上にA4サイズ以上のTFTシートを印刷形成するための小規模連続製造ラインを構築し、85ppiのTFTシートを試作した。また、(2)TFTに特有の特性評価に係る技術開発については、印刷パターンならびにそれに用いるインク材料、プロセス材料及び構成部材の物性標準評価方法を検討した。

研究開発項目②「高度TFTアレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」

印刷法で製造したTFT素子において、遮断周波数0.1MHzを示す高動作速度化構成部材のデバイスを開発した。A4サイズフィルム基板上に、印刷で形成するフレキシブルシートTFTアレイにおいて、位置合わせ精度 $\pm 10\mu\text{m}$ 、面内ばらつき $\pm 10\%$ 、 120°C 、10分の温度で焼成できるプロセスを開発した。

(助成事業)

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」

高反射型カラー電子ペーパーの開発については、対角3.5インチのアクティブ表示デバイスの作製と評価を進めてECD(Electrochromic Display)構成要素材料、製膜プロセスの改良および専用TFTの設計を行い、反射率50%以上、色数64以上、色再現性35%以上(対ジャパンカラー比)の表示デバイスを開発した。更に、対角10インチサイズ対応の製膜装置を導入し、サイズアッププロセスの開発を実施した。製膜条件はフィルム基板が採用できる条件として、上限温度 120°C で設定した。また、大面積軽量単色電子ペーパーの開発においては、対角11インチサイズのTFTアレイの製造プロセスで転写印刷法により $1\mu\text{m}$ ピッチの高解像パターンを実現し、全印刷プロセスによるフレキシブルTFTアレイの作製を実証した。更に、TFT素子の特性としてa-Si(amorphous silicon)と同等以上の特性を得た。

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

大面積圧力センサの開発については、有機TFTアレイの印刷製造装置を導入し、大面積化へ取り組んだ。圧力-抵抗特性の最適な感圧素材を検討し、 150mm 角圧力検出シートを試作して検出感度の評価を行った。

< 5 > エネルギー分野

- ① 燃料電池・水素エネルギー利用技術 [技術開発／実証] [後掲：新エネルギー・省エネルギー関連業務 < 1 > 燃料電池・水素エネルギー利用技術分野 ①技術開発／実証 参照]
- ② 新エネルギー技術 [技術開発／実証] [後掲：新エネルギー・省エネルギー関連業務 < 2 > 新エネルギー技術分野 ①技術開発／実証 参照]
- ③ 省エネルギー技術 [技術開発／実証] [後掲：新エネルギー・省エネルギー関連業務 < 3 > 省エネルギー技術分野 ①技術開発／実証 参照]
- ④ 環境調和型エネルギー技術 [技術開発／実証] [後掲：新エネルギー・省エネルギー関連業務 < 4 > 環境調和型エネルギー技術分野 ①技術開発／実証 参照]

< 6 > 新製造技術分野

[中期計画]

我が国産業の根幹を成す製造業の強みは、川上（素材、原材料）、川中（材料・部品・装置）、川下（最終製品）の分厚い産業集積にあり、それらの連携・融合を通じた擦り合わせ等の製造技術が国際優位性を維持・強化し、経済発展の源泉となっている。

しかし、近年我が国は、急速に少子化・高齢化が進み人口減少社会に突入している。また、中国、韓国等の技術力向上に伴うコスト競争、BRICs諸国の経済発展による資源の大量消費と環境問題等が生じている。このように、我が国を取り巻く情勢・環境は大きく転換してきている。

我が国の産業競争力を強化し、ものづくりナンバーワン国家を目指すためには、これまで以上に高付加価値製品・技術を創出し、省資源、省エネルギー、環境低負荷等を実現する効率的な製造プロセスを確立することが喫緊の課題となっている。

第2期中期目標期間においては、持続可能な成長維持と国際競争力の強化を実現し、ものづくりナンバーワン国家を目指す。このため、環境、省エネルギー等に配慮した分野横断的・共通基盤的な製造技術の整備・強化に向けてユーザーの指向に則した製造技術の高度化及び革新的な新技術の創出に取り組むこととし、以下のような研究開発を推進する。

①新製造技術

[中期計画]

我が国の製造業の強みは高性能電子部品・デバイスの小型化・省エネルギー化技術及び設計、擦り合わせ等の製造プロセスの効率化技術にあり、機構はこれら技術の高度化と新たな産業創成を行ってきた。

しかし、2007年問題を始めとした3つの制約（資源・環境・人口）を克服し、今後も激化する製造分野の国際競争を勝ち抜くためには、我が国の強みである「ものづくり」を更に強くし、持続可能な成長維持を実現させる技術戦略が不可欠である。

このため、第2期中期目標期間においては、マイクロナノ製造技術を用いて様々な機能・用途を持つ高付加価値MEMS（微小電気機械システム）の開発及び我が国のものづくり力を結集してMEMSを含む製造プロセスの更なる省エネルギー化及び環境低負荷化等を推進する。具体的には、第2期中期目標期間中に新しい機能を提供する世界初のMEMSデバイスを4種類以上開発し、製造プロセスの省エネルギー化及び環境低負荷化に貢献する。さらに、第2期中期目標期間中に、新製造分野における人材育成、設計・開発支援等を目的とした知識データベースを2種類以上（総登録データ数1,000件以上）開発するとともに、企業独自の技能・ノウハウを体系化し、後継者に伝授するシステム技術等の開発を行う。

[中期目標期間実績]

MEMSの集積・複合化（ナノ機能との融合、半導体との一体化、異なるMEMSの結合の計3分野）における実用化研究を実施し、計8種の複合デバイスを試作した。それにより、製造プロセスの省エネルギー化及び環境低負荷化に貢献した。高集積・複合MEMSに関する知見について、1557件のデータベース化を達成した。

また、MEMS技術と異分野（バイオ、有機材料、ナノテクノロジー等）との融合した製造プロセス技術の開発を実施し、異分野融合型次世代デバイス製造技術の知識データベースを整備することで、データを1562件蓄積し、企業独自の技能・ノウハウを体系化及び後継者に伝授するシステム技術等の開発を行った。

《1》高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクト [平成18年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

微小三次元化構造加工の高度化とナノ部材などの異種材料の活用による機能の集積化を図るための基盤製造技術を開発し、製造分野における産業競争力の強化に資することを目的に、東京大学大学院情報理工学系研究科教授 下山 勲氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

1) 助成事業

研究開発項目①「MEMS/ナノ機能の複合技術の開発」

カーボンナノチューブ（CNT）複合金メッキ膜を電極に用いることで、4.5W（測定限界）以上でも動作可能なMEMS-SWを実現した。

研究開発項目②「MEMS/半導体の一体形成技術の開発」

(1) MEMS-半導体プロセス統合モノリシック製造技術：180nm技術ノードCMOS・LSI材料プロセス互換の高いモノリシック集積プロセスを開発した。

(2) MEMS-半導体縦方向配線技術：MEMSセンサウエハとLSIウエハを含む3層のウエハに対し、穴径その他の目標仕様を満足する貫通孔配線を形成し、層間の導通をLSIの出力により確

認した。また、インターポーザル内部での三次元インターコネクション（クランク貫通配線：孔径 $60\mu\text{m}$ 、全長 1mm ($>500\mu\text{m}$ (目標値)) を作製し、目標とする導電率が得られることを確認した。また、三次元インターコネクションのバリエーションとして、Y字貫通配線の作製も可能になった。

- (3) MEMS-半導体横方向配線技術：封止後のMEMSデバイスを用いて擬似SOCプロセス (SOC: System-on-a-chip) を行う「擬似SOC前封止」と擬似SOCプロセス過程でMEMSを封止する「擬似SOC後封止」の試作評価を行った。いずれのMEMS封止方法においても、目標仕様を満たす微細配線を形成し、CMOS・LSIとMEMSが電氣的接続された擬似SOCを構成できた。

研究開発項目③「MEMS/MEMSの高集積結合技術の開発」

- (1) 異種材料多層MEMS集積化技術：機能性セラミック-ポリジメチルシロキサンシート-ガラス（高濃度不純物ドーパ）-シリコン-シリコン-シリコン-ガラスの7層接合（各直径 100mm 、加工済み基板）を実現し、電子部品（半田付け）、光学部品（接着）を目標とする位置精度で実装できた。
- (2) ビルドアップ型多層MEMS集積化技術：面方向：4-chip LEDパッケージ（4層構造）検証サンプル（チップサイズ： $3\text{mm}\times 3\text{mm}$ 、チップ厚： 0.7mm ）を試作し、性能評価を完了した。

2) 委託事業

研究開発項目①「MEMS/ナノ機能の複合技術の開発」

- (1) 選択的ナノ機械構造体形成技術：「表面のプラズモン共鳴を用いた高機能集積環境センサ」を実用化するための製造技術のうち、ナノ表面構造製造技術、曲面形成技術、スタンピング集積技術に関しては基本的な開発技術を確立した。
- (2) バイオ材料の選択的修飾技術：VEGF検出用分子認識素子については、フラットシリコンチップおよびナノピラー付のチップ上に、シランカップリング法を用いることによって分子認識素子の固定化を行うことに成功した。過酸化脂質検出用分子認識素子については、ガラス基板上に分子認識素子をスピニング法によって固定化し、サンプル溶液との反応をエバネッセント励起法による蛍光強度が時間の経過と共に直線的に増加することを確認した。また、蛍光強度と基板に固定化された分子認識素子濃度との間にも、直線関係が成立した。
- (3) ナノ材料の選択的形成技術：配向カーボンナノチューブ (CNT) 構造体の室温での作製技術を確立した。これにより、CNTを用いたMEMS構造体の作製が可能となった。

研究開発項目②「MEMS/半導体の一体形成技術の開発」

- (1) MEMS-半導体プロセス統合モノリシック製造技術：金属シリサイド (WSi) 薄膜の機械的性質（硬度、ヤング率、高サイクル疲労特性）の解明と、これらの応用に適した集積化MEMS機械量センサ（慣性センサ、圧力センサ等）の設計指針を確立した。また、試作を通してモノリシック集積化MEMSの実用化の見通しを立てた。
- (2) MEMS-半導体横方向配線技術：8インチウェハを用いて、チップ一括ピックアップ条件とチップ位置合わせ張り合わせ精度の評価を行い、貼り合わせ精度： $\pm 1\mu\text{m}$ を実現する見通しを得た。また、線幅 $10\mu\text{m}$ のCuの乗り越え配線と寸法 $5\mu\text{m}\times 5\mu\text{m}$ の配線接続用ビアを形成し、良好な電氣的特性を得ることができた。MEMSチップとLSIチップ、インダクタやコンデンサを形成したキャビティ付き受動素子チップをセルフアセンブリー技術を用いて一括実装するための一貫プロセスについて検討し、テストモジュールを試作して電氣的特性の評価を行った。マテリアル・ダイレクト・ライティング (MDW) 技術の開発では、描画線幅： $7\sim 10\mu\text{m}$ 、アスペクト比で1以上、体積抵抗率： $5\times 10^{-6}\Omega\cdot\text{cm}$ の微細配線を、シングルヘッドノズルで、約 $60\text{cm}/\text{min}$ の高速描画に成功し、目標値を上回る性能を達成した。

研究開発項目③「MEMS/MEMSの高集積結合技術の開発」

ガラス/Si多層構造体に適用可能な新たな低ストレスダイシング手法を確立し、3種類の多層構造体についてレーザダイシングによる試料の破損率1%以下を確認した。

研究開発項目④「高集積・複合MEMS知識データベースの整備」

1500件を越えるデータ登録を達成した。2009年5月より、データベースの一般公開を開始する。

研究開発項目⑤「高集積・複合MEMSシステム化設計プラットフォームの開発」

単体或いは複数のMEMSコンポーネントを接続したモデルや、3D-CADデータなどから等価回路モデルを生成し、MEMSの電氣的・機械的的特性解析結果を出力できるシミュレータを開発した。2009年6月より、Web上で公開を行う。

《2》中小企業基盤技術継承支援事業 [平成18年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

中小企業の優れたものづくりの技術、技能、ノウハウ等を形式知化・システム化し、中小企業の優れた技術・技能等を円滑に継承するための基盤整備に必要となる研究開発を行うことを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所デジタルものづくり研究センター長 松木 則夫氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」

対象とする加工技術として、鋳造、プレス加工、めっき、熱処理、切削及び鍛造に関する技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）のうち、平成18年度及び平成19年度に開発した試用版の改良を実施するとともに、それ以外の加工テンプレートの開発を実施し、各加工法毎に10種類の技能に対する加工テンプレートを開発した。さらに、開発した全ての加工テンプレートに対し、複数企業にて試用と評価を行い、結果を基に修正と有効性を検証した。

研究開発項目②「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」

平成19年度までに開発した工程・製造設計の効率化・省力化を実現する試用版ソフトウェアの仕様及び機能を拡張し、処理手順を階層的に表現可能なタスクフロー図とシステム分散化情報を示すタスク配置図およびそれらの間のデータ出力機能、認証、アクセス制御、整合性チェック機能等を付加した。また、工程管理システムおよび加工テンプレート構築用のフロー図を作成し、基本要素モジュールを整備した。

《3》異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト [平成21年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

技術研究組合BEANS研究所 所長 遊佐 厚氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発」

1) ナノ界面融合プロセス技術

脂質膜やハイドロゲルなどがデバイス内で長期間安定して機能し、生体計測を続けられる界面の形成プロセス技術を開発した。また4チャンネル同時に電気的に独立して計測できる脂質二重膜を形成する方法及び電子線照射法を開発した。微生物担体の微細構造化プロセスと、モデル微生物を用いた評価実験系を構築した。

2) バイオ・有機高次構造形成プロセス技術

一細胞レベルで制御された3次元ヘテロ組織の構築技術及び異種細胞間接合技術を開発した。また、肝細胞由来の細胞株の組立て技術を開発した。さらに、動物由来の初代肝細胞などを用いて比較となるべきCYP（シトクロム色素）とTP（チミジンホスホリラーゼ）活性のデータ、ナノ構造の高次構造解析方法及び熱・電子物性評価法を検討した。

研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」

1) 超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術

被エッチング面の粗さが原子層レベルの超低損傷シリコン3次元ナノ構造をエッチングにより形成し、側壁の傾斜角や等方性・異方性を制御できる条件を抽出した。また、有機半導体薄膜への中性粒子ビーム照射によるナノドット形成法を開発した。

2) 異種機能集積3次元ナノ構造形成技術

電気泳動によるナノチューブマニピュレーションの動作原理を構築するとともに、空間分解能5ミクロンで、直径100nm～5μmの粒子を配列する技術を開発した。また、超低損傷3次元構造上への感応素子を修飾可能な官能基を選択し、その修飾方法の条件と、サファイア基板上へのドット成長条件を抽出した。

3) 宇宙適用3次元ナノ構造形成技術

宇宙空間からのマルチバンド観測に必要なフィルタの最適構造を設計し、要素プロセス技術のプロセス条件を求めた。さらに3次元ナノ構造を形成したフィルタにより宇宙空間において両赤外帯域の波長の光が選択的に検出できることを検証した。

研究開発項目③「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」

1) 非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術

局所雰囲気制御下での非真空薄膜堆積プロセスにより、マイクロ・ナノ構造の高品位機能膜形成技術を開発した。また、開放型の大気圧プラズマ装置にて、機能膜形成を検証した。さらに、機能材料塗布としてミストジェット技術を検証した。

2) 繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術

機能性繊維状基材の高速連続製造プロセス、3次元ナノ構造高速連続加工プロセス、及び繊維状基材を製織によって大面積集積化するウィービングの各基本技術を開発した。

研究開発項目④「異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備」

データベース・システムの詳細設計を完了した。また、知識データベース・システムにおける知識データの入力及び表示方式、検索方法等に関わる機能について検討した。

研究開発項目⑤「高機能センサネットシステムと低環境負荷型プロセスの開発」

21年度補正予算により、高機能センサネットワークシステムと低環境負荷型プロセスの確立に向けた開発・実証研究を行うため追加公募を行い、委託先を決定した。

平成22年度においては、以下を実施した。

サイエンスとエンジニアリングを融合させ、将来の革新的次世代デバイスの創出に必要な新しいコンセプトに基づき、基盤のプロセス技術群の開発及びそのプラットフォームの確立を目的に、技術研究組合BEANS研究所 所長 遊佐厚氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また、外部評価者による中間評価を踏まえ想定デバイスを元に最終目標の見直しを行った。

研究開発項目①「バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発」

バイオ材料に関しては、24時間以上安定して機能する脂質二重膜の形成プロセスを開発した。また、膜タンパク質(VEGF受容体^{*1})を高純度に精製しVEGFとの結合を検出した。マウスの耳に蛍光ゲルファイバーを埋め込み、生体外からの検出、長期埋め込みなどについて評価した。また徐放能を有する3種類のゲルを生体に適応し、一定期間後の生体内での血流を比較した。さらに、肝細胞の空間的配置の制御により毛細胆管を誘導する手法を得た。

有機材料に関しては、最終目標に掲げた径50nm以下のナノピラー、ナノドットの形成技術を開発した。インプリント法を行い、最終目標に掲げた100nm以下のライン・アンド・スペース(L/S)構造実現と、その構造物への有機半導体材料の充填プロセスを開発した。さらに、L/Sが100nm以下の網目や直線構造などの有機材料のナノ構造を自己組織的に形成するプロセスを開発した。

研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」

中性粒子ビームの特性測定に基づいたプロセス最適化により、アスペクト比が30以上の超低損傷シリコンナノ構造を実現した。またフェムト秒レーザー改質により、100nmレベルの高アスペクト比トレンチを作製した。

3次元構造への機能性ナノ粒子配列において、無損傷3次元構造や単分散酸化物ナノ粒子の利用により粒子を配列した。加工シリコン基板上に横方向成長によりAlN^{*2}テンプレートを作製し、その上にAlInGaN^{*3}ナノドットを作製して深紫外発光を得た。酸化物製膜において、ナノサイズの開口でアスペクト比が80以上の微細溝や孔へSiO₂(二酸化ケイ素)を空隙なく埋め込むことに成功した。

研究開発項目③「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」

噴出し型大気圧プラズマ成膜装置にて700 Torrで成膜した。本方式によるSi膜の特性を評価し、電子移動度1cm²/V・sec以上を達成した。

繊維状基材に有機薄膜、電極薄膜、絶縁薄膜をそれぞれ10m/minにて連続形成した。製織用接点支持機能を有するガイド溝構造を繊維状基材上にインプリント形成する技術を開発したとともにリールツーリールインプリントシステム(複合機)を完成した。

研究開発項目④「異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備」

異分野融合型次世代デバイス製造技術の研究開発項目①～③にかかわる新たな知見を系統的に蓄積してデータベース化し、BEANS知識データとして511件登録した。

研究開発項目⑤「高機能センサネットワークシステムと低環境負荷型プロセスの開発」

大口径MEMS用クリーンルームにて、省資源、高効率生産に最も適した集積化センサチップ及びセンサネットワークシステムを検証し、省エネルギー、低炭素化などに関する効果を分析するための、センサネットワークシステムを試作した。またシリコン貫通深掘り加工において、環境負荷の小さい高効率なエッチングプロセスを開発した。

※1 VEGF受容体：受容体型チロシンキナーゼの一種であり、特定のタンパク質と特異的に結合する比較的低分子の化合物。

※2 AlN：アルミニウム・ナイトライド

※3 AlInGaN：アルミニウム・インジウム・ガリウム・ナイトライド

平成23年度においては、以下を実施した。

サイエンスとエンジニアリングを融合させ、将来の革新的次世代デバイスの創出に必要な新しいコンセプトに基づき、基盤のプロセス技術群の開発及びそのプラットフォームの確立を目的に、技術研究組合BEANS研究所所長 遊佐厚氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発」

バイオ材料に関して、超高感度1分子計測デバイスへの適用に向けて、評価用電極付きデバイスを作製し、蛍光イメージング評価等で導入できる条件を求めた。高次構造形成に関して、ラットにファイバゲルを埋め込み、2週間連続して機能可能なハイドロゲルの作製プロセスを確立した。細胞の立体構造形成に関しては、胆管代謝物の回収、定量に成功し、従来法に比べ大幅に高濃度の代謝物が得られることを確認した。

有機材料については、光電、熱電、センサ等の新規有機半導体デバイスの開発へ応用するためのデバイス作製プロセスの最適化により、光電変換効率6.8%を達成した。また、超低損傷エッチングにおいて、金属ナノ粒子シートをテンプレート化することにより、特性の低下を抑える目処を得た。有機材料の高次構造形成に関して、p型とn型半導体を一分子中にハイブリッド化した液晶性π共役分子の合成し、りん光発光OLEDの光取り出し効率40%(世界トップ)を達成した。また、ナノ構造テンプレートをを用いたポーラス熱電半導体材料を作製し、世界最高レベル熱電特性

を有する低分子有機熱電デバイスを試作した。

研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」

超低損傷形成技術に関しては、デバイス適用を第一に、アスペクト比の追求よりも、側壁のエッチング性能の向上を優先し、カンチレバーの側壁スキャロップ※1を減少させ、カンチレバーの振動特性が改善することを確認した。電極幅30nmのマルチタイプ耐摩耗プローブを作製し、摩擦力と摩耗の相関に与える影響を調べた。また3次元構造へのナノ粒子配列を用いたガスセンサについて、粒子種の検討および粒子の表面修飾などにより、平面上に形成したセンサに比べて感度5倍以上を実現した。

※1 スキャロップ 側壁に規則的に生じる窪みのこと

研究開発項目③「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」

Si微粒子表面の自然酸化膜と除去する表面処理を備えた雰囲気制御大気圧プラズマ設備の立上げを行い、基本性能、密閉型機と同等のSi膜特性、及び自然酸化膜付きSiウエハにて目標値(1nm/min)以上のエッチング速度を確認した。また、エレクトロスプレー等噴霧技術にて、シリコンなど無機半導体光電変換デバイスの赤外光吸収能力向上可能な酸化スズマイクロ構造を形成した。

複合型リールツールインプリントシステムにて、送り速度20m/minの熱インプリント実現のための新規荷重制御方法を考案した。また、大面積タッチセンサ以外のメートル級フレキシブル製織デバイスとして、LEDを5cmに1個実装したリボン型繊維状基材を織り込んだ1x1mの照明用布の試作を行った。

研究開発項目④「異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備」

知識データベースシステムへのノート更新通知機能と、ノート作成ランキング機能の実装を完了した。また、類似記事検索機能・表示機能の追加に伴う各機能を評価した。

平成24年度においては、以下を実施した。

サイエンスとエンジニアリングを融合させ、将来の革新的次世代デバイスの創出に必要な新しいコンセプトに基づき、基盤的プロセス技術群の開発及びそのプラットフォームの確立を目的に、技術研究組合BEANS研究所所長 遊佐 厚氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発」

バイオ材料に関しては、埋め込みデバイスや超高感度分子計測デバイス創出のために、機能性分子を脂質二重膜に導入したセンシングモジュールを試作し、24時間以上の生化学的な機能発現を蛍光計測、電流データにより実証した。また、血糖値観察が可能な埋め込み型デバイス試作と、生体内において4.5ヶ月の機能性を確認した。

有機材料に関しては、材料の最適化により、低分子材料を用いる有機太陽電池としては世界トップレベルの効率7%を実現した。さらに、構造の最適化により15%効率を向上させることに成功しており、これらの組み合わせで、効率8.0%達成を見込める。さらに有機ELにおいて、ナノ構造形成により光取り出し効率を20%向上した。

研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」

超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成及び異種機能集積3次元ナノ構造形成プロセス開発のために、超低損傷形成技術では300MHz帯および500kHz帯の高周波デバイスを試作し、動作を確認した。また、先端電極部を30nmまで微細化した耐摩耗構造プローブ※1をマルチ化する作製プロセスを構築し、描画に成功した。さらに、高アスペクト比トレンチへの配列やデバイス構造の改良により、ナノ粒子配列を用いたガスセンサの感度向上10倍を実現した。

※1 プローブ：測定素子のこと。

研究開発項目③「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」

将来のメートル級大面積・フレキシブルデバイスの実用化を高速、低コストで実現するために、非真空薄膜堆積プロセスにおいて、電源高周波化と安定放電対策により、膜厚均一性±10%以下、電子移動度 $1.3\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 、及び成膜速度 $118\text{nm}/\text{分}$ のシリコン成膜を実現した。

繊維状基材集積化プロセスでは、タッチセンサ、光電変換デバイス、LED、圧力検出デバイス、温度検出デバイスの5種類のデバイスを面積 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 以上に製織集積するプロセスを構築した。

研究開発項目④「異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備」

本研究開発事業の各研究成果や関連する国内外学会への参加により、知識データを1,560件登録した。

《4》高出力多波長複合レーザー加工基盤技術開発プロジェクト [平成22年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

プロジェクト立ち上げにあたり、広く公募を実施し、ユーザーニーズの高まっている「高出力・高品位」で「低コスト」

な半導体パルスファイバーレーザー発振技術及びそれを利用した加工技術の開発、並びに次世代製品に向けたレーザー加工の基盤技術を確立する研究開発体制を構築し、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所 研究総括理事 尾形 仁士氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「レーザー高出力化技術の開発」

半導体レーザー高出力化、高信頼化に向けX線回折装置、高精度干渉露光装置および、高精度マスク制御装置を導入し、大面積で均一な特性を有する素子形成プロセス工程を検討した。半導体レーザーのエミッタ構造の最適化検討を行った。半導体レーザーダイオードの発光パターンおよびレンズを最適設計した。

研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」

パルス動作光学特性評価装置構築を開始した。加工用レーザー実践型評価システムの設計を実施した。励起半導体レーザー特性評価設備の構築を開始するとともに半導体レーザー（LD：Laser Diode）で励起される中口径のLMAファイバー増幅器と大口径のPCF結晶ファイバー増幅器から構成されるファイバー主増幅器を構築した。新規コンポジットセラミック材料を使用した、小型の試作増幅器モジュールを試作し、増幅特性および熱特性のデータベース構築を開始した。KTP、LBO等の2倍高調波用の薄型非線形結晶を導入した波長変換装置を試作した。

研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」

- (1) 切断接合技術の開発：複合レーザー加工ヘッドの設計、做いセンサー評価システムの設計を行った。1kW級加工システム試験機を用いてCFRP切断実験をつくば拠点にて実施し、加工プロセスにおける制御因子の抽出を行った。AE（Acoustic Emission）評価分析システムを導入した。
- (2) 表面処理技術の開発：大型異形レンズ研磨装置開発およびホモジナイズされたワイドビームを形成するレンズデザインおよびシミュレーション設計を行った。
- (3) 粉末成形技術の開発：小型ブラットフォームの試作を実施した。真空中においても動作可能な粉末供給や積層動作に適合した部品選定と機械構造を検討した。

※1 LMA：Large Mode Areaの略

※2 KTP：非線形光学結晶（ KTiPO_4 ）のこと。

※3 LBO：非線形光学結晶（ LiB_3O_4 ）のこと

平成23年度においては、以下を実施した。

プロジェクト立ち上げにあたり、広く公募を実施し、ユーザーニーズの高まっている「高出力・高品位」で「低コスト」な半導体パルスファイバーレーザー発振技術及びそれを利用した加工技術の開発、並びに次世代製品に向けたレーザー加工の基盤技術を確立する研究開発体制を構築し、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所 研究総括理事 尾形 仁士氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「レーザー高出力化技術の開発」

中間目標を達成可能な結晶成長、素子形成および組立方法の確立を行い、設計どおりの結晶構造・素子構造が得られていることを分析・解析、評価した。高精度ファイバーモジュール自動調芯装置を導入し、調芯固定前の結合効率としてシングルエミッタで中間目標値である結合効率80%をクリアし、調芯技術を確立した。設計した高出力光の調芯固定に耐えうるコネクタを試作した。

研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」

パルス幅10ns、周波数1MHz、出力50W以上のファイバーレーザーを開発し、このレーザーを評価する加工用レーザー実践型評価システムを構築し、評価実験を行った。大電流高速変調が可能な励起半導体レーザーを連続駆動用ファイバーレーザーキャビティの励起に適用し、QCW（Quasi Continuous Wave；疑似連続駆動）動作するファイバーレーザーを試作した。コンポジットセラミック増幅器モジュールに関しては、現有の50W級種光源を用いて、集積化ブースター増幅器の動作特性を調べ、KW級集積化ブースター増幅器を設計した。3倍高調波用の波長変換装置の試験を開始した。波長変換装置の熱解析を実施し、ブースターのビーム品質の効果やレーザーの伝搬方向の温度分布の評価をし、結晶長と入射レーザー強度の最適化を図るとともに、波長変換特性に対する結晶の品質と無反射コートの影響を明らかにした。

研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」

(1) 切断接合技術の開発：高速高出力重畳型スキャナ装置を製作し、冷却構造、レンズ材料選定、色収差補正を最適化した高速做い技術を開発するための做いセンサー評価システムを設計製作し、最適做いシステムを構築した。時間分解型分析法を駆使した加工プロセスのその場観察法を確立した。パルス3 ω 光源システムを導入し、CFRP加工試験に着手した。

(2) 表面処理技術の開発：ホモジナイズ光学部位を中心としたワイドビーム光学系の実験的検討を実施し、ホモジナイズワイドビーム光学系を設計し、これを構成する大型レンズ一式の研磨・検査を行った。集中研で開発された発振器、高度ホモジナイズ光学系と、大型のワイドレンズ、ビームプロファイラーをシステム化する設計を行った。制御要素、ソフト開発、連動動作、安全対策、終夜運転監視体制なども考慮して、連続運転を行うシステムを設計した。

(3) 粉末成形技術の開発：小型ブラットフォームの装置評価と成形評価を実施した。小型ブラットフォームの真空中におけるチタン粉末の成形物を分析し、成形条件と成形物の組織、構造、密度、機械物性との関係を把握することで複合レーザー照射による粉末造形メカニズムの明確化と加工プロセスの最適化を実施した。さらに、成形の高精度化と高速化を実現するために実用サイズブラットフ

フォームの成形環境を真空にした設計を実施した。

なお、平成24年度以降は「次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト」に統合して実施した。

《5》グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクト [平成23年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

センサネットワークに使用されるセンサデバイスの共通的な課題である、無線通信機能、自立電源機能及び超低消費電力機能の搭載を実現する革新的センサの開発を行い、センサネットワークの導入による、環境計測やエネルギー消費量の把握（見える化）及びエネルギー消費量の制御（最適化）により、低炭素社会の実現に寄与することを目的に、技術研究組合 NMEMS 技術研究機構 グリーンセンサネットワーク研究所 所長 前田龍太郎をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「グリーンMEMSセンサの開発」

電流・磁界センサについては、目標であるpTオーダーまでの磁界検出感度を実現する材料・構造の絞りこみを行い、材料供給先の磁性材料特性から見積もったMR方式の出力信号レベルで、目標オーダーの磁界検出まで測定できる見込みが得られた。そして、その磁界検出を確認するTEG試作を実施した。また、目標である微小な磁界領域を評価する系について、仕様を決定し、評価準備をおこなった。塵埃量センサについては、トリガーセンサの基本構造について、センサの外形寸法及び各層の厚さをパラメータとし、幾つかの構造を想定して感度の大きな計算を行った結果、複数のセンサをつなぐことでFETのゲート電圧程度の電圧を得られる見通しがたつた。CO₂濃度センサについては、インピーダンス検出方式による原理確認の完了及びイオン液体の材料選定を行い、低消費電力・小型・長寿命なCO₂センサの実用化に向け、基本的な設計を完了した。VO₂濃度センサについては、数値計算によるポリマーベース振動式センサの性能指数の導出が完了し、性能指数の実験検証及び製造工程の確立を目的としたTEG試作を実施した。赤外線アレーセンサについては、センサ素子設計を完了し、センサチップの試作を実施した。真空封止技術について、プロセスフローの作成を完了し、デバックに着手した。また、高精度赤外線センサ評価系について、システムの仕様を決定し、作製を行った。

研究開発項目②「無線通信機能及び自立電源機能を搭載したグリーンセンサ端末の開発」

超小型高効率ナノファイバー構造光電・熱電変換自立電源の開発では、有機薄膜太陽電池の試作・評価を実施し、室内照明下、2cm×5cmサイズ換算で、平成23年度目標の25μW以上の出力を確認した。超小型高効率低照度環境用自立電源の開発では、屋内低照度環境発電デバイスであるDSCの高発電効率化に向けて、逆電流低減化に取組み、短絡電流密度を維持したまま、開放端電圧及び形状因子を増大させる事に成功した。また、自立電源のシミュレーションを実施し、想定する環境下で平均出力が150μWの自立電源が可能であることを見いだした。フレキシブルクラムセンサの開発では、磁性薄膜・コイル一体成形プロセスとして、フレキシブルポリイミド基板に磁性パーマロイ薄膜を積層するプロセスを完了した。グリーンセンサ端末機能集積化および低消費電力無線通信技術の開発では、ウェアレブルフレキシブル集積化技術の開発では、3mm角エリア配列ウェアレブル集積化に向けたチップtoウェアハ接続TEG試作・評価の仕様を決定した。端末システムの低消費電力化に向け、端末エネルギーマネジメント回路の方式検討及び低電力アナログフロントエンド回路の方式設計を完了し、機能検証用LSIの試作仕様を決定した。低リーク大容量キャパシタ作製に向けた取り組みとして、成膜技術に関しては、大口径対応型超臨界成膜装置の基本設計、装置製作を完了した。また、トレンチ形成技術に関しては、非サイクルエッチング法と目標とする一括エッチングでサイクルエッチング法を越える加工速度を得た。集積モジュール化技術では、TSVインターポーザ開発に必要な要素プロセス技術の立ち上げを完了した。受信機の開発では、プロトコルの開発に関して1000台以上の端末に対して電文のIDレス化を可能とする新たな手法を開発した。また、-130dBの受信感度を得るためのFFTの仕様を明らかにした。グリーンセンサコンセントレータの開発では、新センサの追加対応が機器交換なしで可能である専用の低電力小型コンセントレータのアプリケーション開発へ向けて、要件定義工程及び基本設計工程を完了した。

研究開発項目③「グリーンセンサネットワークシステムの構築と実証実験」

スマートコンビニのためのグリーンセンサネットワークシステムの開発では、電力モニタリングシステムのプロトタイプを試作し、約1000店の実店舗実装を完了した。スマートオフィスのためのグリーンセンサネットワークシステムの開発では、センサ端末、センサネットワークシステムについて、環境計測データの収集・分析、省エネ手法の選定、データベースの構築を行い、要求仕様（暫定）を整理した。スマートファクトリのためのグリーンセンサネットワークシステムの開発では、精密部品工場で必要とされるセンサなどについて、その仕様・機能の検討を行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

センサネットワークに使用されるセンサデバイスの共通的な課題である、無線通信機能、自立電源機能及び超低消費電

力機能の搭載を実現する革新的センサの開発を行い、センサネットワークの導入による、環境計測やエネルギー消費量等の把握（見える化）及びエネルギー消費量の制御（最適化）により、低炭素社会の実現に寄与することを目的に、技術研究組合 NMEMS 技術研究機構 グリーンセンサネットワーク研究所 所長 前田龍太郎をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「グリーンMEMSセンサの開発」

電流・磁界センサについては、磁界検出デバイスを試作し、評価を実施して、pT領域を検出できる素子を試作した。塵埃量センサについては、トリガーセンサを試作し、試作で得られた試料の断面観察や成分分析などを行い、設計通りの形状や組成が得られているか等の評価を行った。CO₂濃度センサについては、実現するセンサ実用信頼性評価モデルを完成させ、それをういて間欠動作を行ったときの過渡応答計測を行い、省電力など目標に関する特性評価を実施した。VOC濃度センサについては、実際のVOCガスのセンシングを想定した振動式センサの最終年度目標の外形寸法になるよう構造の最適化を図った。赤外線アレーセンサについては、小型な赤外線アレーセンサチップ試作し、光学素子の作製プロセスとウェハレベルでの真空封止接合プロセスの構築とセンサの動作原理確認を完了した。

研究開発項目②「無線通信機能及び自立電源機能を搭載したグリーンセンサ端末の開発」

超小型高効率ナノファイバー構造光電・熱電変換自立電源の開発では、2cm×5cm以下のサイズで100μW以上の電源モジュールを試作した。超小型高効率低照度環境用自立電源の開発では、高効率光発電モジュールを試作した。フレキシブルコイルセンサについては、センサ構造の決定を行い、センサの試作及び要素評価を行った。グリーンセンサ端末機能集積化および低消費電力無線通信技術の開発については、機能検証用LSIを用いたグリーンセンサ端末・システム超低消費電力化技術の開発を行った。受信機については、目標の受信感度を実現する時間・周波数変換アルゴリズムの開発とLSIの設計検討を行うとともに、1mの距離測定精度を実現できる見込みを得た。グリーンセンサコンセントレータの開発については、全体設計に従い、回路設計、機構設計を行った。

研究開発項目③「グリーンセンサネットワークシステムの構築と実証実験」

スマートコンビニのためのグリーンセンサネットワークシステムの開発では、省エネに資する環境情報（室内温度分布、冷蔵・冷凍ショーケースのドアの開閉、店員行動など）の抽出を行い、その情報を電力情報と合わせて取得できるセンサシステムの仕様を明らかにした。スマートオフィスのためのグリーンセンサネットワークシステムの開発では、選定した省エネ手法を実運用するのに適したグリーンセンサ端末及びグリーンセンサネットワークシステムの詳細仕様を抽出した。スマートファクトリのためのグリーンセンサネットワークシステムの開発では、省エネ効果を検証するプロトタイプグリーンセンサ端末の構成・仕様検討、既存センサ端末の調査を行った。

《6》次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト [平成22年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成24年度においては、以下を実施した。

ユーザーニーズの高まっている「高出力・高品位」で「低コスト」な半導体パルスファイバーレーザー発振技術及びそれを利用した加工技術の開発、並びに次世代製品に向けたレーザー加工の基盤技術を確立する研究開発体制を構築し、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所 研究総括理事 尾形 仁士氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「レーザー高出力化技術の開発」

端面発光LDについては、平成23年度に抽出した問題に関して、対策を施した第二次試作を行い、中間目標であるシングルエミッタ15W、アレイ200Wの出力を実現した。面発光型LDについては試作した面発光LDアレイの冷却温度分布を評価し、熱的特性を改善することにより、アレイ出力200W達成の見通しを得た。

研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」

ファイバーレーザーの高出力化技術の開発による加工用レーザーのビームを評価するとともに、中間目標の波長変換効率を達成するために必要なビーム特性を持ったファイバーレーザーモジュールを開発した。kW級集積化ブースター増幅器を製作し、ファイバーレーザーシステムとの結合を実現させ、中間目標（出力440W）を達成した。波長変換の高効率化技術を開発し、基本波と2倍高調波のビーム品質改善を行い、中間目標（2倍高調波変換効率>60%、3倍高調波変換効率>40%）を達成した。

研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」

- (1) 切断接合技術の開発：高出力型3倍高調波パルス光源を活用した熱損傷抑制型kW級レーザー重畳照射技術を確立するとともに、kW級レーザー高速掃引時の加工プロセス現象の精密解析を行い、レーザー照射時の反応層（熱損傷層）を低減する材料構造の最適化を実施し、中間目標を達成した。
また、加工機システムとして機能を統合させて、ユーザー企業に開放して素材メーカー、加工機メーカー、ユーザー等との垂直連携を図るため、基盤プラットフォームの環境整備を行った。

また、CFRP材料のレーザー加工に係わるLCA評価を実施し、環境負荷の少ない加工工程の設計および材料・製品開発の指針を得た。

- (2) 表面処理技術の開発：当初計画していた500mmを超え、700mm対応のワイドビームレンズを実現した。また、PJで開発した大出力レーザー光源と、ホモジナイズ光学系、大型ワイドレンズを配置して光学システムを構築し、その両者を統合した。
- (3) 粉末成形技術の開発：レーザーの重畳手法やパワー、材料の温度等のフィードバック機構を組み込んだ実用サイズプラットフォームを製作し、試作を実施。また、真空下におけるチタン粉末の成形品の評価技術を構築した。なお、ユーザー連携の可能性を探るため、小型プラットフォームを展示会等で紹介した。

②ロボット技術

[中期計画]

我が国のロボット技術は世界トップレベルにあるが、近年我が国において少子高齢化や女性の社会進出の進展に伴い、製造現場での労働者不足、高齢者増加に伴う福祉・介護サービスの拡充、家事等の代替を担うには至っていないのが現状である。

このため、第2期中期目標期間においては、製造現場や家庭環境等の様々な環境における課題を解決するロボット技術の基盤整備及び実用化推進を行う。具体的には、第2期中期目標期間中に、ロボット開発の効率化・低コスト化につながるロボットモジュールを12種類以上開発する。また、製造現場や家庭環境等での導入を目指した7種類以上の次世代ロボットのプロトタイプの開発等を行う。

[中期目標期間実績]

ロボット開発の効率化・低コスト化につながる移動、コミュニケーション、作業等に関する12種(*)の知能モジュール群を開発した。開発した知能モジュールは計362個であり、16種の実証用ロボットにて機能・性能を検証を行った。

*・・・作業知能モジュール群、作業計画知能モジュール群、作業遂行知能モジュール群、移動環境認識知能モジュール群、人環境安全移動知能モジュール群、高速移動知能モジュール群、操縦移動知能モジュール群、自律移動知能モジュール群、環境・状況・対象認識知能モジュール群、対話支援知能モジュール群、対話制御知能モジュール群、対話管理等知能モジュール群

市販されているロボット要素部品をOpenRTM仕様に基づく基盤通信モジュールへ組み込み、ロボットに実装可能なRT要素部品を開発した。それらを組み合わせ、RTシステムとして住宅環境での実証試験を行った。

将来的な市場ニーズや社会ニーズから必要と考えられるロボットの開発を行い、「製造分野」「サービス分野」「特殊環境分野」において計7種類の次世代ロボットのプロトタイプの開発及び実証試験を実施した。

《1》戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれる「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することにより達成することを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所知能システム研究部門長 平井 成興氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また、それぞれのミッションにおいて第3四半期にステータゲートによる絞り込みを実施し、18グループから「ステージII」(平成21～22年度)に進む6グループを選定した。研究開発項目②サービスロボット分野「高齢者対応コミュニケーションRTシステム」については再公募を行うこととした。

研究開発項目①「次世代産業用ロボット分野」

(1)「柔軟物も取扱える生産用ロボットシステム」

(ア)自動車生産ラインにおける柔軟物取り付け作業の自動化

マニピュレーション技術、教示システム、視覚システム技術、複眼能動視覚システムを開発し、インストゥルメントパネルハーネスの自動組み付けを行うプロトタイプロボットシステムを構築した。

(イ)簡易な教示が可能な高機能マニピュレーション技術の開発

現在人手で行っている工程(コネクタ付ケーブル組み付け、基板取り付け、ケース嵌めなど)を双腕型ロボットマニピュレータで自動化することを目標とし、レーザセンサによる柔軟ケーブルの位置・姿勢計測、コネクタ接続作業を行うプロトタイプロボットシステムを開発した。

(ウ)FA機器組立ロボットシステムの研究開発

プロトタイプロボットシステムを開発し、コネクタ挿入作業(単体)を0.7秒(人とほぼ同等)で実現し、自動復旧技術については、異常状態からの自動復旧を実現した。

(2)「人間・ロボット協調型セル生産組立システム」

(ア)先進工業国対応型セル生産組立システムの開発

プロトタイプロボットシステムを構築し、ケーブルハーネスの単品種生産についての実証試験を実施した。また、作業者とロボットが協働作業時の安全管理技術を開発した。

(イ) コンパクトハンドリングシステムを備えた安全な上体ヒューマノイド

実際の機械部品生産現場を模擬したセルラインに第2次プロトタイプロボットシステムを投入し、クロスローリングの組み立てを行い、生産性・信頼性に関する要求仕様の達成度を評価し、安全性について検証した。

研究開発項目②「サービスロボット分野」

(1)「片付け作業用マニピュレーションRTシステム」

(ア) 乱雑に積層された洗濯物ハンドリングシステムの研究開発

視覚認識技術と布の分離・辺把持ハンドを組み合わせて、プロトタイプロボットシステムを構築し、定型物ライン自動機への投入動作を実現した。

(イ) 食器洗浄・収納パートナロボットの研究開発

プロトタイプロボットシステムを構築し、机に置かれた食器をラックに挿入、ラックに挿入された食器の取り出し、かごへの挿入、ラックのハンドリング等の食器洗浄・収納に関する一連の動作を実現した。

(2)「高齢者対応コミュニケーションRTシステム」

(ア) 快適生活支援RTシステムの開発

プロトタイプロボットを開発し、高齢者の集団でのレクリエーションを想定し、言い換えなどの機能を実装し、状況に応じた話題の切り替えの実験等を実施した。

(イ) 自律機能と遠隔対話を融合した知的インタラクションに基づく対話ロボットの開発

プロトタイプロボットシステムを構築し「インターネットからニュース、天気予報などの情報を検索し、その内容を発話するとともに画面に表示」などの動作を実現した。

(ウ) 行動会話統合コミュニケーションの実現

プロトタイプロボットシステムを構築し、実運用に近い実証試験環境を構築し、実証試験を実施した。

(3)「ロボット搬送システム」

(ア) 環境情報の構造化を利用した搬送ロボットシステムの開発

プロトタイプロボットを開発し、オフィス環境における実証試験を実施し、ロボットが最大速度0.7m/sで移動し、目的地まで自律走行できることを確認した。

(イ) 全方向移動自律搬送ロボット開発

プロトタイプロボットシステムを構築し、ワゴン台車による牽引搬送、安全な障害物回避およびその他の安全技術の実現を目指し、各要素技術開発とその検証を行った。

(ウ) 店舗応用を目指したロボット搬送システムの研究開発

案内ロボットと搬送カート、環境データベース（ロボットサーバ）との間で、構造体を用いた通信の実装を行い、案内ロボットと搬送カートが連携し、買い物補助作業を行うプロトタイプシステムを構築した。

研究開発項目③「特殊環境用ロボット分野」

(1)「被災建造物内移動RTシステム」

(ア) マニピュレータを有する高機能クローラユニットの研究開発

遠隔操作ロボット（HELIOS-IX）の軽量化および、可搬性・操作性を向上させる改良を実施し、走行性能についても階段を安定して走破できることを確認した。

(イ) 半自律高機能移動ロボット群による被災建造物内の情報インフラ構築と情報収集システムの開発

可搬型無線中継ノードを運搬、配置するプロトタイプロボットシステムを構築し、動作検証を実施した。また、通信技術についてはマルチホップ無線ネットワーク技術によって、ロボット群の制御および情報収集を行うネットワークを構築する技術を開発した。

(ウ) 閉鎖空間内高速走行探査群ロボットの研究開発

有線・無線ハイブリッドアドホック通信をプロトタイプロボットシステムに実装し、実証実験を実施した。

(2)「建設系産業廃棄物処理RTシステム」

(ア) 次世代マニピュレータによる廃棄物分離・選別システムの開発

廃棄物判別用のプロトタイプシステムを構築し、画像処理による廃棄物一次判定システム、対象物センシングシステム、把持力調整機能、廃棄物質量測定装置、作業員識別システムを実装し、動作検証を実施した。

(イ) 廃材分別を考慮した環境対応型解体作業支援ロボットの研究開発

水圧マニピュレータおよび水圧マニピュレータ搭載可能な移動台車を開発し、解体作業実験でウォータージェットによる天井ボード解体作業後、軽量鉄骨上のネジはずし自律作業を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター 副所長 平井 成興氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また、外部有識者による中間評価結果を踏まえ、最終目標までの道程を明確化し、実用化を意識した実証試験の計画に反映した。さらに、新たに設置した推進委員会により、ロボットが提供するサービスの有効性や導入によるコ

スト削減効果の優位性等を証明する計画を策定した。

研究開発項目①「次世代産業用ロボット分野」

(1)「柔軟物も取扱える生産用ロボットシステム」

「FA機器組立ロボットシステムの研究開発」において、(a)ケーブルを特徴点の接続関係から識別する計測機能(b)センサユニット小型化(c)立ち上げ、調整時間設定時間を高速化(d)プログラミング・設定機能の対話的システム(e)把持ミス等からの自動復旧技術(f)低コストな力学センサのそれぞれについて開発を行った。また、中間評価の結果を踏まえ、サービスの有効性を確認するための実態調査を開始した。

(2)「人間・ロボット協調型セル生産組立システム」

「先進工業国対応型セル生産組立システムの開発」において、作業支援技術の性能改善・ユーザビリティ強化および協調作業シミュレータの開発を行った。安全管理技術について、第三者機関からの安全認証取得に向けて専門機関へのリスクアセスメント技術相談を実施した。また、中間評価の結果を踏まえ、事業化シナリオの策定のため、マーケティング調査を開始した。

研究開発項目②「サービスロボット分野」

(1)「片付け作業用マニピュレーションRTシステム」

「乱雑に積層された洗濯物ハンドリングシステムの研究開発」において、実用化のため、視覚センサの認識高速化対応、耐環境性・耐久性向上、および、シーツ、ピロー等の分類を行うシステムの開発を行った。

定型物分類投入システムは表裏反転・客先判別機構の開発および前年度までに開発したシステム搭載仕様をまとめたシステム搭載用たぐり機構を試作した。また、中間評価の結果を踏まえ、海外も含めたサービスの有効性の市場調査を開始した。

(2)「高齢者対応コミュニケーションRTシステム」

再公募を実施し、実施業者を決定した。

バイタルデータセンシング機器と音声コミュニケーションによる問診対話システムを統合した在宅健康管理システムを開発した。また、住宅において医療ネットワークサービスと連携し、高齢者に在宅のまま健康管理支援サービスを提供するシステムについて、一般高齢者によるモニター試験を開始した。また、推進委員会のアドバイスを踏まえ、より多くの実証用の評価データを得られるようにモニター試験の対象者を増やすこととした。

(3)「ロボット搬送システム」

「全方向移動自律搬送ロボット開発」において、エレベータと連動した建物内自律移動についての開発を行った。エレベータ連動に伴うリスクの洗い出しおよび安全対策を行い、実証試験を実施中である。また、中間評価の結果を踏まえ、実用化を意識した市場調査を開始した。

研究開発項目③「特殊環境用ロボット分野」

(1)「被災建造物内移動RTシステム」

「閉鎖空間内高速走行探査群ロボット」の開発において、閉鎖空間内での計測・測位技術と複数ロボットを効率的に遠隔・半自律で操縦するためのヒューマンインタフェースについて、防塵、防水、高耐久性を有し、高速移動が可能な情報収集用移動体の開発を行った。また、通信技術について、光ファイバ・アクセスポイントの敷設、設置のためのロボットを開発した。また、サービスの有効性を確認するため、被災地を模擬した試験施設において走破実証試験を実施した。

(2)「建設系産業廃棄物処理RTシステム」

「次世代マニピュレータによる廃棄物分離・選別システムの開発」において、5種類以上の実際の廃棄物材料を、画像による材質判定で選別可能な廃棄物選別機を一部開発した。また、次世代マニピュレータについては、サービスの有効性や導入によるコスト削減効果の優位性等を証明するため、20年度までに開発したプロトタイプ・ロボットシステムを実際の解体工事現場に持ち込み、実証試験を実施した。建設機器のディーゼル排出規制に対応するとともに多自由度、多腕マニピュレータ、多機能ハンドの仕様再検討と機能を改善した機器を試作した。

平成22年度においては、以下を実施した。

将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれる「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することにより達成することを目的に、千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター 副所長 平井 成興氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「次世代産業用ロボット分野」

(1)「柔軟物も取扱える生産用ロボットシステム」

「FA機器組立ロボットシステムの研究開発」において、柔軟物(コネクタ付ケーブル等)を筐体内に取り付ける一連の作業を実現するプロトタイプ・ロボットシステムの開発及び実証を終了し、最終目標を達成していることを確認した。実用化のため、実際の製造ラインで動作試験を実施する準備を行った。

(2)「人間・ロボット協調型セル生産組立システム」

「先進工業国対応型セル生産組立システムの開発」において、作業手順の改善、機種切り替え、生産量の変動に対する対応能力を有し、かつ、組立作業者をロボット技術が安全を確保しつつ物理的・情動的に支援するプロトタイプ・ロボットシステムの開発及び実証を終了し、作業効率が向上することを確認した。

研究開発項目②「サービスロボット分野」

(1)「片付け作業用マニピュレーションRTシステム」

「乱雑に積層された洗濯物ハンドリングシステムの研究開発」において、定型物ライン投入システムおよび洗濯投入分類システムの開発及び実証試験を実施した。最終目標として設定していた作業効率を達成した。

(2)「高齢者対応コミュニケーションRTシステム」

「コミュニケーションRTによる高齢者の在宅健康管理・支援システムの開発」において、在宅高齢者のバイタルデータ（生体情報）、及び問診対話に基づくコミュニケーションから行動履歴を取得し、これらのデータを自動で解析することで、健康維持のためのアドバイスを提供する在宅健康管理RTシステムの開発及び被験者による長期実証試験を実施した。その結果、目標としていた取得データの有効性や、継続性を実現した。

(3)「ロボット搬送システム」

「全方向移動自律搬送ロボット開発」において、建物内の指定場所に設置された搬送箱を、ロボットが建物内を自律走行しながら指定された搬送先へ搬送する作業を実現するプロトタイプ・ロボットシステムの開発及び長期実証試験を実施した。その結果、省力化に対し有効であることを確認した。

研究開発項目③「特殊環境用ロボット分野」

(1)「被災建造物内移動RTシステム」

「閉鎖空間内高速走行探査群ロボットの研究開発」において、複数の遠隔操縦型ロボットが階段やドアのある建物内で迅速に移動することを実現するプロトタイプ・ロボットシステムを開発し、瓦礫等での踏破性や、消防隊による操作性の確認など各所実証試験を実施した。その結果、開発したロボットシステムの有効性を確認した。

(2)「建設系産業廃棄物処理RTシステム」

「次世代マニピュレータによる廃棄物分離・選別システムの開発」において、建物の解体時に発生する廃棄物のうち異なる5種類以上の材質を選別判定でき、かつ、建物の解体時に発生する廃棄物を素材毎に分離できるプロトタイプ・ロボットシステムを開発し、実証試験を実施した。その結果、目標とする判定の成功率や処理時間を達成した。

《2》次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト [平成20年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

次世代ロボット開発の共通化・標準化の観点から、我が国に蓄積されたロボット用ソフトウェア技術を再活用可能な形でモジュール化開発を行い、開発したモジュールをロボットシステムに組み込むことにより有効性の検証を行うことを目的に、東京大学大学院情報理工学系研究科教授 佐藤 知正氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発」

RTコンポーネント(RTC)化された知能モジュール群を統合し、次世代知能ロボットシステムのシミュレーション・動作生成・シナリオ生成・システム設計を行うことのできるロボット知能ソフトウェアプラットフォームの研究開発を行った。プラットフォームの機能・性能を検証する知能モジュール群及びこれを搭載するリファレンスハードウェアの試作1号機を開発し模擬環境において実験と評価を行った。また、リファレンスハードウェア試作1号機及び構成するRTCの仕様を知能ロボット仕様記述方式で記述可能なこと、RTC開発ツールを用いてリファレンスハードウェアを構成するRTCの開発が行えることを検証した。

研究開発項目②「作業知能(生産分野)の開発」

生産分野において想定される複雑作業の実現、生産設備立上時間の短縮、人手を介さない長期にわたる作業動作の安定化を実現するため、汎用的な作業知能モジュールを開発し、検証ロボットの要求仕様・機能仕様をまとめ、検証タスクを実施する知能モジュールの構成を明確化した。

研究開発項目③「作業知能(社会・生活支援分野)の開発」

人間が日常生活において指示した作業を遂行する社会サービス産業分野及び生活支援分野で活躍が期待されるロボットに必要な作業知能モジュールを開発し、検証ロボットの要求仕様・機能仕様をまとめ、検証タスクを実施する知能モジュールの構成を明確化した。

研究開発項目④「移動知能(社会サービス産業分野)の開発」

人の往来や障害物が混在し複雑に変化する環境の中で、ロボット自身の位置を認識し、確実に目的地に到達するとともに、障害物や人に衝突することなく移動できる汎用的な移動知能モジュールを開発し、検証ロボットの要求仕様・機能仕様をまとめ、検証タスクを実施する知能モジュールの構成を明確化した。

研究開発項目⑤「高速移動知能(公共空間移動支援分野)の開発」

公共空間を高速で移動するロボットが周囲状況を瞬時に認識し、複数の移動ロボット間で情報を共有し、最適な判断・制御を可能とする汎用的かつロバストな高速移動知能モジュールを開発し、

検証ロボットの要求仕様・機能仕様をまとめ、検証タスクを実施する知能モジュールの構成を明確化した。

研究開発項目⑥「移動知能（生活支援分野）の開発」

個人の短距離移動に用いられる従モビリティ（マイクロモビリティ）を構成する姿勢、運動制御、衝突回避等の基本的な知能モジュールに加え、長距離の高速移動を担う主モビリティ（例えば自動車）との融合を可能とする相互通信知能モジュール、利用者の状況推定の知能モジュール等を開発し、検証ロボットの要求仕様・機能仕様をまとめ、検証タスクを実施する知能モジュールの構成を明確化した。

研究開発項目⑦「コミュニケーション知能（社会サービス産業分野及び生活支援分野）の開発」

社会サービス産業分野及び生活支援分野において活用されるロボットに、ロバスタなコミュニケーション能力を付与するために必要な汎用性を有する知能モジュールを開発し、検証ロボットの要求仕様・機能仕様をまとめ、検証タスクを実施する知能モジュールの構成を明確化した。

平成21年度においては、以下を実施した。

東京大学大学院情報理工学系研究科教授 佐藤 知正氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また、外部有識者による中間評価を実施し、再利用性の高いロボットの基盤技術の集積を目指し、テーマの絞込み、予算の集中を含めグループを再編し推進体制の強化を行った。

研究開発項目①-1「ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発」

専門的知識を有しないユーザーが、RTコンポーネントやRTシステムを効率よく開発・デバッグ（エラー修正）できる機能をRTコンポーネント開発支援機能として実現した。また、RTコンポーネント化された作業知能モジュール、移動知能モジュール、コミュニケーション知能モジュールを含む知能モジュール群について、知能ロボットシステムの運動学・動力学・視野画像のシミュレーション、動作生成、シナリオ生成を統合的に実施できる応用ソフトウェア開発支援機能を開発した。同様にロボットシステム設計支援機能を開発し、プラットフォーム検証用移動知能モジュール群OpenINVENTにおいて有効性を検証した。

研究開発項目①-2「ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発」

知能モジュール開発工程をライフサイクルとして定義し、研究開発項目②～⑦で開発された知能モジュールの第三者動作試験を行う体制を整備した。試験された知能モジュールを一括して蓄積するための再利用WEBを構築し、試行を開始した。また、中間評価の結果を踏まえ、知能モジュールの典型的応用例としてロボットのユースケースを規定し、知能モジュールを組み込んで機能・性能の検証を開始した。

研究開発項目②「作業知能（生産分野）の開発」

生産分野において想定される複雑作業の実現、生産設備立上時間の短縮、人手を介さない長期にわたる作業動作の安定化を実現するため、教示支援に関する知能モジュール群とチョコ停（一時的なトラブルによる停止）対応に関する知能モジュール群、認識に関する知能モジュール群の開発を行い、2種類の産業用ロボットを用いて機能・性能の有効性検証を行った。また、中間評価の結果を踏まえて、ロボットメーカー、ロボットユーザ、大学による垂直統合型の体制で研究開発及び実証試験を集中的に行うため、研究体制及び研究開発項目を2グループ（4機関）から1グループ（4機関）に再編した。

研究開発項目③「作業知能（社会・生活支援分野）の開発」

4つの知能モジュール群（作業計画に関する知能モジュール群、作業対象物追跡・位置管理に関する知能モジュール群、作業対象物認識に関する知能モジュール群、対人作業に関する知能モジュール群）の研究開発を実施し、各知能モジュールを双腕移動型ロボット（SmartPal V）に統合して有効性検証を行うことにより、中間目標を達成できることを確認した。また、中間評価の結果を踏まえて、ニーズの高い実証試験に注力するため、研究体制及び研究開発項目を2グループ（11機関）から1グループ（9機関）に再編した。

研究開発項目④「移動知能（社会サービス産業分野）の開発」

商業施設・交通施設・オフィス等、人間・障害物が混在し、かつ時間的・空間的に変動する環境において、安全かつ適切な速度で移動し、各種サービスを提供するロボットのための移動知能として、移動環境視覚認識、対人移動視覚認識、物体把持視覚認識に関わる基本モジュールをRTコンポーネントとして開発すると共に、移動・作業検証用統合システムの開発と有効性の検証を実施した。また、中間評価の結果を踏まえて、移動知能として再利用性の高い研究テーマに注力するため、研究開発テーマを5テーマから3テーマに絞込んだ。

研究開発項目⑤「高速移動知能（公共空間移動支援分野）の開発」

高速で移動するロボットのための交通状況認知に関する知能モジュール群及び知識共有に関する知能モジュール群、交通支援に関する知能モジュール群において、周辺環境が変化しても所期の仕事を行うことができるロバスタ性に優れ、かつ汎用性のあるモジュール型知能化技術を目指して開発を行った。また、路上に自動車を走らせ、開発した知能モジュールの有効性を検証する実験を行った。また、中間評価の結果を踏まえてテーマの絞込みを行った。

研究開発項目⑥「移動知能（生活支援分野）の開発」

人を乗せて、操縦者の指令にしたがって安全かつ自在に移動する機能を実現する汎用的な操縦移動知能モジュール群及び自律的な走行機能を実現する汎用的な自律移動知能モジュール群を開発し、

立ち乗り型移動ロボット及び電動車椅子で有効性の検証を行った。また、中間評価の結果を踏まえて、ニーズの高い実証試験に注力するため、研究体制及び研究開発項目を2グループ（9機関）から1グループ（9機関）に再編した。

研究開発項目⑦「コミュニケーション知能（社会サービス産業分野及び生活支援分野）の開発」

周囲環境が変化しても所期の仕事を確実に遂行するために必要なコミュニケーション知能モジュールとして環境・状況・対象認識知能モジュール群、対話支援知能モジュール群、対話制御知能モジュール群及び対話管理等知能モジュール群を開発した。また、開発した知能モジュールを用いて一人の客を対象とした商品説明のタスクを行うロボットシステムを構築し、動作確認を行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

次世代ロボット開発の共通化・標準化の観点から、我が国に蓄積されたロボット用ソフトウェア技術を再活用可能な形でモジュール化開発を行い、開発したモジュールをロボットシステムに組み込むことにより有効性の検証を行うことを目的に、東京大学大学院情報理工学系研究科教授 佐藤 知正氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①-1「ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発」

ロボット知能ソフトウェアプラットフォームとして、RTコンポーネントのデバッガやリポジトリ^{*1}を作成し、本プロジェクト参加者が利用し、効率的な開発を可能とした。成果については、研究開発項目①-2により公開を行う準備を行った。

研究開発項目①-2「ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発」

これまでに開発された知能モジュールを再利用しやすくするために、開発仕様等記述方式の統一化を実施し、知能モジュールの機能仕様書及び試験仕様書に基づいた品質試験により動作検証を実施した。具体的な確認のため、統合したモジュールによる総合動作試験を行い、再利用が可能であることの検証を実施した。また、一元的な蓄積・管理及び提供を行うための体制を整備し、オープンソースとして公開可能なRTコンポーネントを仕様書と共に一般向けに公開し、成果を自由に利用可能とした。

研究開発項目②「作業知能（生産分野）の開発」

知能モジュール群の統合により、メーカーの異なる作業ロボットで統合したモジュール群による統合検証を行い、同一のモジュールで動作可能であることを確認した。また、実生産ラインでの検証にも着手し、実機検証を開始しており、知能モジュールをロボットシステムに組み込み、他者が利用できる形で広範囲に提供するという最終目標を達成する見通しを得た。

研究開発項目③「作業知能（社会・生活支援分野）の開発」

周辺環境が変化しても仕事が可能なロバスト性^{*2}に優れ、かつ汎用性のあるモジュール型知能技術の開発を行い、有効性の検証を行った。また、開発したモジュールの提供準備を開始しており、知能モジュールをロボットシステムに組み込み、他者が利用できる形で広範囲に提供するという最終目標を達成する見通しを得た。

研究開発項目④「移動知能（社会サービス産業分野）の開発」

移動環境認識知能モジュール群及び人環境安全移動知能モジュール群を統合し、知能モジュールの高度化を図りつつ最終目標を達成するため有効性検証を実施した。移動知能モジュール群については、他の開発項目実施者へ提供し、接続性の検証を開始しており、知能モジュールをロボットシステムに組み込み、他者が利用できる形で広範囲に提供するという最終目標を達成する見通しを得た。

研究開発項目⑥「移動知能（生活支援分野）の開発」

人が搭乗した車椅子ロボットによる自律移動、障害物回避、移動中の搭乗者による操作の各項目について検証するため、これまでに開発した知能化移動モジュールを統合し、実機による走行検証を実施しており、知能モジュールをロボットシステムに組み込み、他者が利用できる形で広範囲に提供するという最終目標を達成する見通しを得た。

研究開発項目⑦「コミュニケーション知能（社会サービス産業分野及び生活支援分野）の開発」

巡回・見守り、商品説明、受付・情報提供の3つのタスク向けに開発した知能化モジュールを統合し、高機能案内タスクとして実機による検証を実施しており、知能モジュールをロボットシステムに組み込み、他者が利用できる形で広範囲に提供するという最終目標を達成する見通しを得た。

※1：リポジトリ データや情報、プログラムなどを体系的に保管するシステムまたはアプリケーション

※2：ロバスト性 外乱や設計誤差などの不確定な変動に対して、システム特性が現状を維持できること。

平成23年度においては、以下を実施した。

次世代ロボット開発の共通化・標準化の観点から、我が国に蓄積されたロボット用ソフトウェア技術を再活用可能な形でモジュール化開発を行い、開発したモジュールをロボットシステムに組み込むことにより有効性の検証を行うことを目的に、東京大学大学院情報理工学系研究科教授 佐藤 知正氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①

(1)「ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発」

ロボット知能ソフトウェアプラットフォームとして、RTコンポーネントのデバッガやリポジトリ^{*1}を作成し、知能化PJ参加者が利用し、効率的な開発を実施できる環境を構築した。成果については、研究開発項目①(2)により公開を行うとともに、「ROBOSSA」として公開を

行った。

(2)「ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発」

これまでに開発された知能モジュールを再利用しやすくするために、開発仕様等記述方式の統一化を実施し、知能モジュールの機能仕様書及び試験仕様書に基づいた品質試験により動作検証を実施した。具体的な確認のため、統合したモジュールによる総合動作試験を行い、再利用が可能であることの検証を実施した。また、一元的な蓄積・管理及び提供を行うための体制を整備し、オープンソースとして公開可能なR Tコンポーネントを仕様書と共に一般向けに公開し、成果を自由に利用可能とした。

研究開発項目②「作業知能（生産分野）の開発」

知能モジュール群の統合により、メーカーの異なる作業ロボットで統合したモジュール群による統合検証を行い、同一のモジュールで動作可能であることを確認した。また、実生産ラインでの検証にも着手し、基本計画の最終目標達成に向けた実機検証を実施した。

研究開発項目③「作業知能（社会・生活支援分野）の開発」

周辺環境が変化しても仕事が可能なロバスト性^{*2}に優れ、かつ汎用性のあるモジュール型知能技術の開発を行い、有効性の検証を行った。また、開発したモジュールを提供する準備を終えた。

※1：リポジトリ データや情報、プログラムなどを体系立てて保管するシステムまたはアプリケーション

※2：ロバスト性 外乱や設計誤差などの不確定な変動に対して、システム特性が現状を維持できること。

研究開発項目④「移動知能（社会サービス産業分野）の開発」

移動環境認識知能モジュール群及び人環境安全移動知能モジュール群を統合し、知能モジュールの高度化を図りつつ有効性検証を実施し、最終目標を達成した。移動知能モジュール群については、他の開発項目実施者へ提供し、接続性の検証を終了した。

研究開発項目⑥「移動知能（生活支援分野）の開発」

人が搭乗した車椅子ロボットによる自律移動、障害物回避、移動中の搭乗者による操作の各項目について検証するため、これまでに開発した知能化移動モジュールを統合し、実機による走行検証を実施した。

研究開発項目⑦「コミュニケーション知能（社会サービス産業分野及び生活支援分野）の開発」

巡回・見守り、商品説明、受付・情報提供の3つのタスク向けに開発した知能化モジュールを統合し、高機能案内タスクとして実機による検証を実施した。

《3》基盤ロボット技術活用型オープンイノベーション促進プロジェクト [平成20年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

R Tシステムで利用しやすい共通の基盤モジュールを開発し、ロボットのみならず生活環境等で使用される各種要素部品と構成してR T要素部品を開発すること並びにR T要素部品群にて構成されるR Tシステムの開発及びその有効性を実証試験により検証することを目的として、学校法人名城大学理工学部教授 大道 武生氏をプロジェクトリーダーとし、基本計画に基づき公募による民間企業等の実施者の選定を行い、次の研究開発を実施した。なお、既存のセンサ、モータなどの要素部品をネットワーク接続するための基盤モジュールの設計及び製作並びにR T要素部品の設計を行う事業者を追加公募で選定した。

①基盤通信モジュール及び開発ツールの開発

OMG-R T C仕様に準拠したR T C-L i t eフレームワークの仕様とその仕様を検証する為のプロトタイプを開発した。また、R T要素部品管理モジュール内で動作するR Tミドルウェアや基盤通信モジュールの通信仕様を基に、3種類の支援ツールの設計及びプロトタイプ開発を実施した。

②基盤通信モジュールを用いたR T要素部品の開発

パラメータエディタR T C及び窓サッシのインテリジェント化の基本設計を行った。また、基盤通信モジュール間の安定した機能制御の実現、さらには基盤通信モジュールで構成するネットワークレベルでの安定した通信制御技術の開発を実施した。

③R T要素部品群によるR Tシステムの開発・実証

分散型R T要素を利用した住宅用ホームオートメーションのビジネスモデルを検討すると共に、実証システムとして提示している「住宅用インテリジェント空調システム」「インテリジェント・ウィンドウ（窓）システム」に実装する機能の詳細設計を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

名城大学理工学部機械システム工学科教授 大道 武生氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。
研究開発項目①「基盤通信モジュール及び開発ツールの開発」

OMG (O b j e c t M a n a g e m e n t G r o u p ; ソフトウェアの標準策定活動を行

っている国際的な非営利のコンソーシアム)のRTC仕様に準拠し、RT要素部品管理モジュール、基盤通信モジュール、ZigBee(無線LANのひとつ)ステーション、ZigBeeセンサモジュールのイーサネットタイプのプロトタイプを開発した。また、これらに組み込むRTミドルウェアとして、通信プロトコルとしてCANを使用した「高速制御用RTC-Lite(miniRTCs)」、ZigBeeを使用した「低速制御用RTC-Lite(microRTCs)」の2タイプの開発及びRTシステムの構築をサポートするツールの仕様検討・設計を行い、上記ハードウェアのプロトタイプ版で動作することを検証した。

研究開発項目②「基盤通信モジュールを用いたRT要素部品の開発」

研究開発小項目①で開発した基盤通信モジュールと組み合わせるための小型ドライバモジュール(4種類)、小型リニアアクチュエータ(2種類)の開発を行い、正しく動作することを検証した。また、窓サッシのRT要素部品化を実現する「インテリジェント・ウィンドウ」(4セット)を作製し、検証用住宅設備に取付け、単体動作試験を行い、正しく動作することを検証した。さらに、環境情報計測用センサRT要素部品(温度、照度、電力計測用各1)を開発し、データベースに環境情報を収集可能なシステムを構築した。

研究開発項目③「RT要素部品群によるRTシステムの開発・実証」

住宅に設置される様々な設備機器を調査すると共に、21世紀の住宅が備えるべき基本的な機能を想定し、デモンストリオ(5ケース)をまとめ、これらに必要な対象機器を絞り込んだ(16種類)。さらに、可動部品の集中する開口部(窓や扉)を基軸に据えた設計仕様を策定し、既存建物への普及を考慮したカーテンボックス形態での設置手法(3種類)を具体的に提示した。さらに、本実証RTシステムに対する安全性の検討手順について、モデル記述にSysML(OMGにより公開されているシステム記述用語)を採用することを決定した。

平成22年度においては、以下を実施した。

生活環境やロボットで使用される各種要素部品を、RTシステムで利用しやすい共通の接続方式、制御方式のもとで利用可能な形で提供(RTコンポーネント化)するための基盤を開発した。またRTコンポーネント化された各種要素部品を用いることで既存の生活環境を簡単にRTシステム化し、さまざまな生活支援機能を提供することが可能であることを示した。本開発によってRTシステムの開発基盤を充実させることにより、製造分野をはじめとする一部の分野に限られているRT適応分野を拡大することを本プロジェクトの第一の目的とし、さらに、ロボット分野への中小・ベンチャーや異業種を含む多様な企業や研究機関等の新規参入を促進することにより、ロボット産業の裾野拡大を図ることを第二の目的とし、名城大学 理工学部機械システム工学科教授 大道 武生氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお研究開発項目①～③の成果発表として、計測制御自動学会/システムインテグレーション部門講演会SI2010(2010/12/23-25@東北大学)において、5件の発表を行った。

研究開発項目①「基盤通信モジュール及び開発ツールの開発」

OMG(Object Management Group;ソフトウェアの標準策定活動を行っている国際的な非営利のコンソーシアム)のRTC仕様に準拠し、RT要素部品管理モジュール、基盤通信モジュール、ZigBee(無線LANのひとつ)ステーション、ZigBeeセンサモジュールのPLC(Power Line Communication)タイプのプロトタイプを開発した。また、これらに組み込むRTミドルウェアとして、通信プロトコルとしてCAN(Controller Area Network)を使用した「高速制御用RTC-Lite(miniRTCs)」、ZigBeeを使用した「低速制御用RTC-Lite(microRTCs)」の2タイプ(21年度にベースを開発)の機能追加・改良を行い、上記ハードウェアで動作することを検証した。さらに、RTミドルウェアの改良に合わせ、RTシステムの構築をサポートするツールも機能追加・改良を行い、上記ハードウェアで動作することを検証した。

研究開発項目②「基盤通信モジュールを用いたRT要素部品の開発」

研究開発小項目①で開発した基盤通信モジュールと組み合わせるための小型ドライバモジュール最終仕様版(5種類)、小型通信PCモジュール(1種類)、リニアアクチュエータ(2種類6モデル)の改良・動作の検証を行い、正しく動作することを検証した。また、これらを用い、ブラインド、シャッター、窓、地窓、シーリングファン、トップライト等の住宅設備・機器をRTC化し、これらの設備・機器を検証用住宅設備に取付け、単体動作試験、複合動作試験を行い、RTシステムとして正しく動作することを検証した。

研究開発項目③「RT要素部品群によるRTシステムの開発・実証」

住宅に設置される様々な設備機器を調査すると共に、21世紀の住宅が備えるべき基本的な機能を想定し、デモンストリオ(9ケース)をまとめ、これらに必要な部品・機器を選定した(30種類)。これらのシナリオ中から、さらに5ケースを選定し、検証用住宅設備内で実証デモを行った。また、このうちの1ケース(省エネ空調システム)については、同等システムを住宅メーカーの一般顧客向けモデルハウスに設置し、動作検証・開発成果のPRを行った。

《4》生活支援ロボット実用化プロジェクト [平成21年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

プロジェクト立ち上げにあたり広く公募を実施し、生活支援ロボットの事業化を目指す民間企業と安全性検証手法の研究を行う公的機関が研究開発・実証試験を集中的に行い、対人安全性基準及び基準適合性評価手法を確立する研究開発体制を構築し、独立行政法人産業技術総合研究所 知能システム研究部門 研究部門長 比留川 博久氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発」

移動作業型、人間装着型、搭乗型ロボットのリスク要素抽出、リスク低減の手法抽出とその分類を行った。また、移動作業型、人間装着型、搭乗型ロボットの設計コンセプト検証の手法を検討した。

研究開発項目②「安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの開発」

移乗・移動支援ロボットシステムのリスクアセスメントを実施した。リスク低減に必要な安全技術を検討し、次期試験機の基本仕様に反映した。

研究開発項目③「安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発」

生活公共空間及びビルの移動作業型ロボットシステムと警備ロボットシステムのリスクアセスメントを実施した。リスク低減に必要な安全技術を検討し、搭載にむけた概念設計を実施した。

研究開発項目④「安全技術を導入した人間装着（密着）型生活支援ロボットの開発」

人間装着型生活支援ロボットスーツのリスクアセスメントを実施した。リスク低減に必要な安全技術を検討した。

研究開発項目⑤「安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発」

搭乗型ロボットのリスクアセスメントを実施した。リスク低減に必要な安全機構（ハードウェア、ソフトウェア）の基本設計を実施した。

平成22年度においては、以下を実施した。

生活支援ロボットとして産業化が期待されるロボットを対象に関係者が密接に連携しながら安全に係る試験を行い、安全性等のデータを取得・蓄積・分析し、具体的な安全性検証手法の研究開発を実施することを目的に、引き続き独立行政法人産業技術研究所 知能システム研究部門 研究部門長 比留川 博久氏をプロジェクトリーダーとし、次の研究開発を実施した。加えて、我が国の生活支援ロボットの安全性基準作りに対する国際的な理解の増進および国際標準化を推進することを目的として、上海万博にて国際的な情報発信を行った。また本プロジェクトの研究開発を加速するため、平成22年度補正予算を活用して、研究開発項目②から⑤の実施者の追加公募及び採択審査を行い、新規委託先5件を採択決定した。

研究開発項目①「生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発」

1) 生活支援ロボットの安全性検証方法の開発

リスクアセスメント手法の開発としては、4タイプのロボット毎にリスク見積りのための判断指標（各ファクタごとの判定基準）を示し、また、制限仕様や危険源抽出のためのリスク評価シミュレーションとして4タイプのロボットの検証用モデルを構築した。安全性試験評価方法の開発として、静的・動的・制御性能試験は試験装置を開発し、一部の試験においてはロボット実施者から提供されるロボットの試験データの取得・分析を行った。対人安全性能試験は衝突安全性検証用ダミー等を用いて試験データの取得・分析を行った。機能安全性能試験は対象ロボットの安全関連系を分析し、機能安全評価範囲の規定を行った。生活支援ロボットに特化した機能安全に基づくソフトウェア開発プロセスのガイドラインを策定した。

国際標準提案として、現在審議中であるISO13482（サービスロボットの安全要求事項）の国際会議に参加し、審議状況の把握を行った。

2) 安全性基準に関する適合性評価手法の研究開発

安全関連系の機能安全について、4タイプの生活支援ロボットにおけるドキュメントによる設計段階における規格適合評価方法について検討を行った。

3) 安全性に関する情報の蓄積・提供手法の研究開発

安全評価データシステムの構築、改良を行うためのアンケート調査等を実施した。生活支援ロボットの安全に関する法律、制度、安全技術の海外における現状調査を有識者で構成される調査研究委員会で調査、検討を行った。

研究開発項目②「安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの開発」

(A)「安全技術を導入した移乗・移動支援ロボットシステムの開発」

1) 安全技術の開発

平成21年度に策定した安全技術の開発仕様および実験結果に基づき、各安全技術の開発を進め、基本構成における各安全技術の有用性を検証した。

前記安全技術において、有用性が確認できたものについては移乗／移動支援（ベッド変形型）ロボット（安全評価機）の仕様に基づき搭載し、ロボットの安全機能を検証した。

2) 安全性検証

前記安全技術が搭載されたベッド変形型ロボットについて、研究開発項目①が策定中の安全性検証手法を用いて安全性試験を一部実施した。そして、安全試験結果に基づき改善課題を抽出し、ロボットの安全機能の改良を実施した。

研究開発項目③「安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発」

(A)「安全技術を導入した生活公共空間及びビルの移動作業型ロボットシステムの開発」

(B)「安全技術を導入した警備ロボットシステムの開発」

1) 安全技術の開発

平成21年度に策定した安全技術の開発仕様および実験結果に基づき、安全技術の開発を行い、基本構成における各種安全技術の有用性を検証した。

前記安全技術において、有用性が確認できたものについてはロボットに搭載し、模擬環境等で試験を行い、機能や安全性を検証した。

安全要素技術として、ヘッド分離型の安全測域センサは、平成21年度に策定した開発仕様に基づき、安全規格に準拠した開発を進め、基本構成による実験でその有用性を検証した。姿勢安定化技術は、走行面の凹凸や段差、加減速に適応できる機構について開発仕様に基づいて開発を進め、基本構成による実験でその有用性を検証した。

2) 安全性検証

前記安全技術が搭載された移動作業型ロボットについて、研究開発項目①が策定中の安全性検証手法を用いて安全性試験を一部実施した。そして、安全試験結果に基づき改善課題を抽出し、ロボットの安全機能の改良を実施した。

研究開発項目④「安全技術を導入した人間装着（密着）型生活支援ロボットの開発」

(A)「安全技術を導入した人間装着型生活支援ロボットスーツHALの開発」

1) 安全技術の開発

平成21年度に策定した基本安全技術（装着時機能安定技術、制御技術、安全管理技術、自己診断技術、安全要素技術）の基本仕様に基づき、各種の安全技術の開発を行い、基本構成による実験でその有用性を検証した。安全要素技術として、ロボットを構成する基盤部品（パワーユニット、バッテリー、電子系安全機能）について、開発仕様に基づいて開発を進め、基本構成による実験でその有用性を検証するとともに、安全試験項目を抽出した。

2) 安全性検証

前記安全技術が搭載されたロボットスーツHALについて、研究開発項目①が策定中の安全性検証手法を用いて安全性試験を一部実施した。そして、安全試験結果に基づき改善課題を抽出し、ロボットスーツHALの安全機能の改良を実施した。

研究開発項目⑤「安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発」

(A)「搭乗型生活支援ロボットにおけるリスクアセスメントと安全機構の開発」

1) 安全技術の開発

平成21年度に実施した設計に基づき安全機構（ハードウェア、ソフトウェア）の製作を行い、搭乗型ロボットにその安全機構を実装した。そして、模擬環境による実験で安全機構の有用性を検証した。

安全要素技術として人体データ取得法及びデータベース化の検討を行った。生活支援ロボットに特化した機能安全に基づくソフトウェア開発プロセスのガイドライン（設計開発フェーズ）を策定した。

2) 安全性検証

前記安全技術が搭載された搭乗型ロボットについて、研究開発項目①が策定中の安全性検証手法を用いて安全性試験を一部実施した。そして、安全試験結果に基づき改善課題を抽出し、搭乗型ロボット安全機能の改良を実施した。さらに、医療・介護スタッフを被験者とした模擬実証試験で評価を行い、高齢患者を想定したユースケースでの改善点の抽出を行った。

平成23年度においては、以下を実施した。

生活支援ロボットとして産業化が期待されるロボットを対象に関係者が密接に連携しながら安全に係る試験を行い、安全性等のデータを取得・蓄積・分析し、具体的な安全性検証手法の研究開発を実施することを目的に、引き続き独立行政法人産業技術研究所 知能システム研究部門 研究部門長 比留川 博久氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発」

ロボット毎にリスクの定量的な標準評価手法を示すとともにリスク低減手段を整理した。また環境モデルの構築とリスクアセスメントを終了し、必要な評価試験項目を選定し、安全性検証手法を策定した。認証モジュールの策定及び各ロボットの特性に適した適合性評価方法を策定した。また、安全評価データシステムの構築、改良を行った。

研究開発項目②「安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの開発」

研究開発項目③「安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発」

研究開発項目④「安全技術を導入した人間装着（密着）型生活支援ロボットの開発」

研究開発項目⑤「安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発」

(平成21年度からの委託先実施内容)

リスクアセスメント手法の確立にむけて抽出した必要技術を開発しこれを搭載したロボットを試作開発した。研究開発項目①で策定済みの安全性検証手法を用いて試験を実施しリスクアセスメント手法の開発にフィードバックした。

(平成23年度からの委託先実施内容)

研究開発項目①で策定したリスクアセスメントに基づいて、リスク低減に必要な安全技術の具体的な内容を検討し、一部の安全技術について設計・製作した。

平成24年度においては、以下を実施した。

生活支援ロボットとして産業化が期待されるロボットを対象に関係者が密接に連携しながら安全に係る試験を行い、安全性等のデータを取得・蓄積・分析し、具体的な安全性検証手法の研究開発を実施することを目的に、引き続き独立行政法人産業技術総合研究所 知能システム研究部門 研究部門長 比留川 博久氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発」

ロボット研究開発実施者から提供されるロボットの静的・動的・制御性能試験、対人安全性能試験を行いデータ取得・分析を行った。また、ソフトウェア機能安全確認方法、電氣的・物理的試験方法を開発した。4タイプの生活支援ロボットの安全性に関する認証モジュールの策定及び各ロボットの特性に適した適合性評価方法を策定した。さらに、策定した適合性評価方法をロボット開発実施者と連携して試行した。データマイニングシステムの改良を行うとともにリスクアセスメント要素データ（グループⅡ）の入力、各試験データ（グループⅡ）の整理・入力、安全関連データ入力等を行い、安全評価データシステムの構築、改良を行った。また、ISO標準化提案について具体的検討を行った。プロジェクトの成果を用い装着型ロボットを対象にISO/DIS13482に基づいた認証が実現した。

研究開発項目②「安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの開発」

安全性検証手法を用いて策定した改善仕様を基に安全技術を具体化し、安全性試験および実証試験のためのロボットを製作した。改善仕様を適用したロボットの再度のリスクアセスメントを行った。安全性基準適合性評価を研究開発項目①と連携して試行した。

研究開発項目③「安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発」

研究開発項目④「安全技術を導入した人間装着（密着）型生活支援ロボットの開発」

研究開発項目⑤「安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発」

安全性検証手法を用いて策定した改善仕様を基に安全技術を具体化し、安全性試験および実証試験のためのロボットを製作した。改善仕様を適用したロボットの再度のリスクアセスメントを行った。安全性基準適合性評価を研究開発項目①と連携して試行した。

《5》災害対応無人化システム研究開発プロジェクト [平成23年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成24年度においては、以下を実施した。

災害や重大事故等によって家屋、産業・公共施設等が被災し、作業員の立ち入りが困難となった状況において、速やかに状況把握、機材等の運搬、復旧活動を行うことを目的に、東京大学 教授 浅間一氏をプロジェクトリーダー、東京大学 教授 佐藤知正氏をサブプロジェクトリーダーとして以下の研究開発を実施した。

(1) 作業移動機構の開発

① 小型高踏破性遠隔移動装置の開発

作業員の立ち入りが困難な、狭隘で有害汚染物質環境下にある地上及び地下階の探索が可能な小型移動装置の開発を行った。

- ・小型高踏破性遠隔装置（Sakura）
幅70cm、傾斜45度、最大積載30kgでの走行性能を実現
- ・重量計測器搭載遠隔移動装置
幅90cm、傾斜40度、最大積載重量90kgでの走行性能を実現

② 通信技術の開発

作業員の立ち入りが困難な、狭隘で過酷な環境下にある設備内等においても作動可能な通信技術の開発を行った。

- ・汎用の周波数帯4.9GHzと5.2GHz帯で相互をバックアップする汎用性の高いシステムを実現
- ・無線通信中継局間のケーブル断線が生じた場合でも無線でバックアップする有線/無線ハイブリッド方式を採用
- ・断線時のバッテリーバックアップ機能により通信環境を維持
- ・遠隔操作機器等による運搬・設置・ケーブル接続が可能な基地局

③ 遠隔操作ヒューマンインタフェースの開発

汎用性の高いロボット要素共通技術としてヒューマンインタフェース（I/F）を開発した。

- ・汎用のPCとゲームコントローラを採用して各社共通のヒューマン・インタフェースを実現
- ・遠隔操作される装置用に全周囲俯瞰画像、動的ガイダンス、映像ノイズ除去の画像処理技術を実現

④ 狭隘部遠隔重量物荷揚/作業台車の開発

作業員の立ち入り困難な建屋内において、天井近くまで、調査用移動装置、ロボットアーム（遠隔移動装置に搭載し、配管溶接、ボルト回し等の補修・修繕作業等、高度な作業が可能なもの）を搭載、移送可能な遠隔操作荷揚/作業台車の開発を行った。

- ・4輪駆動4輪操舵方式によりその場旋回や真横への移動が可能
- ・50mm段差乗り越え、15度の傾斜走行が可能
- ・7関節、可搬質量20kgのロボットアームのエンドエフェクタ交換により多様な作業が可能

⑤ 重量物ハンドリング遠隔操作荷揚台車の開発

作業員の立ち入りが困難な、有害汚染物質環境下にある設備内外において、階段、エレベータ等の移動手段に代わ

って、各種ロボット、各種資材等の重量物を各階に移送可能な遠隔操作荷揚台車の開発を行った。

- ・遠隔操作により走行、超信地旋回、荷揚げを実現
- ・最大積載重量4 t、最大荷揚げ高さ30 mを実現

(2) 計測・作業要素技術の開発

大気中・水中モニタリング／ハンドリングデバイス等の開発・改良遠隔移動装置を用いた作業中に周辺環境の汚染状況等を計測、可視化、改善するための要素技術を開発した。

⑥ガンマカメラの開発

災害時に放射線環境下となった設備内等において、線源位置、放射線線量等の状況確認を可能とする移動台車へ搭載可能なガンマカメラの開発を行った。

- ・300mSv/hの高放射線環境での測定を実現
- ・ガンマカメラの撮影範囲の対象物との距離測定を行い、距離の影響を補正した線量率分布を算出可能
- ・光学カメラ画像に放射線分布情報を重ね合わせ表示し、放射線分布を可視化

⑦水陸両用移動装置の開発

作業員の立ち入りが困難な過酷環境下で漏水箇所把握のためのモニタリングデバイスと水陸両用移動装置の開発を行った。

- ・大気中から水中への連続移動と階段走行性能を実現
- ・水中性浮力化で水中遊泳も可能
- ・超音波カメラと水中カメラで当該部の形状確認が可能
- ・水中マイク、ドップラー流速計による水流調査が可能

⑧汚染状況マッピング技術

⑥のガンマカメラと①の遠隔移動装置等で計測された3次元測域センサのデータを合成して汚染状況をマップとして構築するシステムを開発した。

- ・レーザスキャナやセンサ（サーモグラフィやガンマカメラ）により収集したデータをオフラインで処理することにより、三次元形状や汚染状況を可視化することが可能
- ・三次元の汚染状況マップはPC画面上でインタラクティブに視点を変更しながら閲覧が可能

(3) 災害対策用作業アシストロボットの開発

⑨ 作業アシストロボットの開発

長時間作業員の立ち入りが困難な被災現場においても、作業員の安全・健康を最大限に確保しつつ有人作業が可能で、過酷な環境下での災害対応の省力化を可能とする作業アシストロボットの開発を行った。

- ・防護装備により作業員の被ばく線量を低減
- ・タイベック内へ冷気を直接送風することにより、高温・多湿環境下での作業員の体温上昇を抑えることが可能
- ・ロボット装着者の胸に取付けたセンサによりバイタル情報（心拍、体温、加速度）をモニタリング可能

プロジェクトの中間報告としてNEDO主催のJapan Robot Week 2012で報告を行い、終了直前にもNEDO主催の成果報告会を行い、いずれも実演を交えたデモも行った。

< 7 > 各分野の境界分野・融合分野及び知的基盤研究分野

[中期計画]

「第3期科学技術基本計画」においては、異分野間の知的な触発や融合を促す環境を整えることや、新興領域・融合領域へ機動的に対応しノベーショナルに適切につなげていくことの重要性が提唱されており、従来の技術区分にとらわれない更なる境界分野・融合分野における取組を進めることが必要である。

このため、第2期中期目標期間においては、急速な知識の蓄積や新知見の獲得によって、異分野技術の融合や新たな技術領域が現れることを踏まえ、従来の取組を更に強化し、生涯健康や安全・安心等を中心とした社会ニーズや社会的貢献の実現を視野に入れつつ、上記のライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料及びエネルギー等の境界分野及び分野を跨ぐ技術の融合領域における研究開発を推進する。

また、社会ニーズを把握・意識しつつ、安全・安心な社会構築に配慮した知的基盤整備のための研究開発を推進する。

[中期目標期間実績]

急速な知識の蓄積や新知見の獲得によって、異分野技術の融合や新たな技術領域が現れることを踏まえ、従来の取組を更に強化し、生涯健康や安全・安心等を中心とした社会ニーズや社会的貢献の実現を視野に入れつつ、上記のライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料及びエネルギー等の境界分野及び分野を跨ぐ技術の融合領域における研究開発を実施した。

また、社会ニーズを把握・意識しつつ、安全・安心な社会構築に配慮した知的基盤整備のための研究開発を実施した。

《1》安全・安心な社会構築に配慮した知的基盤整備事業

《1》- 1 知的基盤研究開発事業 [平成11年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

広範な分野での産業の活性化及び新規産業の創出に資するため、知的基盤として活用される技術及び機器等の開発並びにデータ等の整備及び利用技術開発を実施した。その実施に当たっては、本制度による研究成果が次の研究開発に活用されるよう重点的に整備すべき4つの技術課題を設定した上で、民間企業等から研究開発テーマを公募し、4テーマを選定して研究開発を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

広範な分野での産業の活性化及び新規産業の創出に資するため、知的基盤として活用される技術、機器等の開発並びにデータ等の整備及び利用技術開発を実施した。平成21年度終了の1テーマは、次世代ガラス材料用熱物性測定システムのモデル機を完成した。①DNAチップを用いた核酸測定のための認証標準物質の開発、②化学物質の分解生成物のデータベース、③脳内金属イオン測定方法の3テーマは、重点的に整備すべき技術課題であり、その進捗を評価して、平成22年度も実施することを決定した。

平成22年度においては、以下を実施した。

広範な分野での産業の活性化及び新規産業の創出に資するため、知的基盤として活用される技術、機器等の開発並びにデータ等の整備及び利用技術開発を実施した。平成22年度終了の3テーマにおいては、①DNAチップを用いた核酸測定のための認証標準物質の開発については、認証標準物質を開発し、頒布準備に着手した。また、②化学物質の分解生成物のデータベースについては、収集データを元にデータベースの公開を予定している。さらに、③脳内金属イオン測定方法については、金属検出タンパクの開発まで進捗した。これらの成果を踏まえて、事後評価を前倒しで実施し、知的基盤整備に向けた助言を得た。

《1》- 2 計量器校正情報システムの研究開発 [平成13年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

平成20年度は、計画に基づいて7分野8テーマの研究開発を実施した。

各テーマにおける具体的な実績は以下の通り。

時間標準：校正事業者用のデータ収集・処理等を行う統合的な遠隔校正サービシステムを開発した。これと利用者端末装置を組み合わせることで時間標準の遠隔校正システムを実現した。また、校正事業者への技術指導や展示会、セミナーなどを通じて普及活動を実施した。

長さ標準（波長）：分離型試作機の波面精度の光学系評価と、測定周波数の高周波化技術の開発を進めて、標準偏差0.3μmの位相分解能を実現した。また、光源・位相測定系の改良によって、目標の10mにおいて、2μmの距離分解能を達成した。

長さ標準（光ファイバ応用）：リングゲージやリニアスケールの遠隔校正技術を改良し、複数の民間企業等と共同研究を通じて技術移転し、実証試験を実施し、39mmの長さ測定において、40nmの再現性を達成した。また、成果普及セミナー、学会発表を通じて、光ファイ

バを利用した校正の普及活動を行った。

電気標準：LCRメータ遠隔校正の実証実験を、再委託先の2機関とNMIJとの間で実施し、これによってシステムの妥当性と、すべての被校正LCRについて、目標とする周波数範囲・標準不確かさ（1kHz～10kHzにおいて80ppm）での遠隔校正が実現できることを確認した。

放射能標準：校正事業者とユーザーの双方に必要なプロトコルを作成し、汚染検査装置や標準線源をICタグで識別する手法で遠隔校正試験を行い、再現性を含め、20%以内の不確かさで現場測定器が校正できることを実証した。また、熱中性子、及び速中性子について遠隔校正が行えることを確認し、実施体制を構築した。

三次元測定機標準：低熱膨張材料性ゲージを使用した検証実験を実施した。また、校正プロトコルと独自のソフトウェアを作成し、微細形状三次元測定機で直接校正する手法と画像測定機を用いて間接的に校正する手法とを整備し、測定長さ100mmに対して200～400nm程度の不確かさでゲージを校正する技術を開発した。

振動・加速度標準：リニアモータを用いた可搬型の加振装置と、圧電素子振動加速度センサ用チャージアンプの可搬型2次校正装置を開発し、その実証実験を国内及びタイで実施し、有効性を示した。

圧力標準：操作性や可搬性を向上させた普及型仲介標準器を開発し、気体と液体の2つの圧力範囲において、仲介器と校正手順の効果を確認し、依頼試験を立ち上げた。さらに、校正事業者から遠隔地のユーザーに対しても実証実験を成功させた。移送を含む繰り返し性は0.005%以下であり、目標不確かさを達成した。

《2》基盤技術研究促進事業 [平成13年度～]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

産業投資特別会計から出資を受けて飛躍的な技術的進歩の達成や新規市場の創造等をもたらす知的資産が形成されるような鈹工業基盤技術に関する試験研究テーマを公募・選定し、委託する基盤技術研究促進事業について、平成19年度中に終了した事業3件についての事後評価を実施するとともに、航空機分野を対象に公募を行い、将来の見通しを精査した上で1件を採択し、委託により事業を開始した。

平成21年度においては、以下を実施した。

財政投融资特別会計（投資勘定）から出資を受けて飛躍的な技術的進歩の達成や新規市場の創造等をもたらす知的資産が形成されるような鈹工業基盤技術に関する試験研究テーマを委託により行う基盤技術研究促進事業について、継続事業1件を実施した。具体的には先進操縦システム等研究開発において、昨年度の基本設計に引き続き、コックピット・システム技術の開発として、コックピット・レイアウトの策定、操縦装置、表示コンテンツの詳細設計を行った。また、軽量操縦システム技術の開発として、操縦システム・アーキテクチャ/機体内レイアウトの詳細設計を実施した。さらに、操縦システム制御則の開発として最適な操縦性を実現する制御則を構築した。

平成22年度においては、以下を実施した。

産業投資特別会計から出資を受けて飛躍的な技術的進歩の達成や新規市場の創造等をもたらす知的資産が形成されるような鈹工業基盤技術に関する試験研究テーマを委託により行う基盤技術研究促進事業について、継続事業1件を実施した。なお、継続事業に対して中間評価を実施した。具体的には先進操縦システム等研究開発において、昨年度の詳細設計に引き続き搭載装備品開発、地上統合試験主要部作成、艀装成立性確認、実際の操縦者によるレビュー等を実施した。これらの評価を踏まえて本案件に関して中間評価を実施し、総合評価「S」との評価を得た。

平成23年度においては、以下を実施した。

産業投資特別会計から出資を受けて飛躍的な技術的進歩の達成や新規市場の創造等をもたらす知的資産が形成されるような鈹工業基盤技術に関する試験研究テーマを委託により行う基盤技術研究促進事業について、継続事業1件を実施した。

平成24年度においては、以下を実施した。

産業投資特別会計から出資を受けて飛躍的な技術的進歩の達成や新規市場の創造等をもたらす知的資産が形成されるような鈹工業基盤技術に関する試験研究テーマを委託により行う基盤技術研究促進事業について、継続事業1件を実施した。

《3》戦略的国際標準化推進事業 [平成16年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

国際標準化に向けた研究開発等を実施し、我が国の研究開発成果の国際市場での普及を図り、国内産業の国際競争力を強化する。平成22年度においては、NEDOにおける研究開発事業終了後にその研究開発成果の普及のために実施する「標準化フォローアップ」を14テーマ、国内の標準化課題を解決するための課題設定型テーマ公募事業として「標準化研究開発」及び「標準化先導研究」を41テーマ、「グリーンイノベーション事業」関連等を6テーマ実施した。これらの取り組みにより、例えば「ナノ材料規の標準化」でISOに「Nanotechnologies - Nanoparticles in powder form - characteristics and measurements」の国際提案をする等、国際標準化に向けた一定の成果が得られ

た。

《4》イノベーション推進事業（次世代戦略技術実用化開発助成事業、ナノテク・先端部材実用化研究開発）[平成19年度～]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

平成20年度においては、20年度に研究を開始するテーマの採択を2回実施し、新規8件を採択するとともに、継続分13件の事業を着実に実施した。また、平成19年度採択者のうち延長申請者4件に対し延長評価を実施し3件を採択した。また、機構外部の専門家・有識者を活用し、終了事業者に対して、技術的成果、実用化見通し等を評価項目とした事後評価を実施した結果、74%が「順調」との評価を得た。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度においては、21年度に研究を開始するテーマの採択を2回実施し、新規58件を採択するとともに、継続分12件の事業を着実に実施した。また、平成20年度採択者のうち延長申請者2件に対し延長評価を実施し2件を採択した。また、機構外部の専門家・有識者を活用し、終了事業者に対して、技術的成果、実用化見通し等を評価項目とした事後評価を実施した結果、83.3%が「順調」との評価を得た。

平成22年度においては、以下を実施した。

平成22年度においては、21年度に研究を開始するテーマの採択を2回実施し、新規91件を採択するとともに、継続分60件の事業を着実に実施した。また、平成21年度採択者のうち延長申請者22件に対し延長評価を実施し4件を採択した。また、機構外部の専門家・有識者を活用し、終了事業者に対して、技術的成果、実用化見通し等を評価項目とした事後評価を実施した結果、100%が「順調」との評価を得た。

平成23年度においては、以下を実施した。

次世代戦略技術実用化開発助成事業については、平成23年度において、新規13件を採択するとともに、継続分38件の事業を着実に実施した。また、平成22年度採択者のうち延長申請者16件に対し延長評価を実施し3件を採択した。また、機構外部の専門家・有識者を活用し、終了事業者に対して、技術的成果、実用化見通し等を評価項目とした事後評価を実施した結果、91%が「順調」との評価を得た。

ナノテク・先端部材実用化研究開発については、継続分31テーマ（ステージⅠ23テーマ、ステージⅡ8テーマ）を着実に実施した。22年度末および23年度上期終了の計14テーマについては、外部有識者を登用した事後評価により、事業実施期間中の成果のほか今後の実用化・事業化に向けたアドバイスをを行った。また、平成22年度下期からの方針に従い、23年度においてもステージゲートは実施しないこととした。さらに、22年度に採択した6テーマについて、テーマの継続を審議する中間評価を実施した結果、全テーマに対して研究継続が承認された他、研究開発内容の選択と集中を行い、研究開発の効率化を促進した。

技術成果として、「スライドリング・マテリアルを用いた先端高分子部材の開発研究」では、低電圧駆動の誘電アクチュエーターを組み込んだ義手の開発に成功し、「革新的な高性能有機トランジスタを用いた薄型ディスプレイ用マトリックスの開発」では、世界最高の電子移動度を持つ有機半導体を用いて、印刷可能な有機トランジスタを開発し、日経新聞2011年度第2回技術トレンドで第1位を獲得するなど、結果も現れている。

さらに、技術成果を発表するイベントへ積極的に紹介し、実用化・事業化に向けてサポートを行った。

平成23年度事後評価対象テーマ「超高性能ポリマー・エレクトレットを用いた振動型発電システムの開発」では、ポリマー・エレクトレットという独自の材料を用いた静電誘導による振動発電デバイスの開発において当初目標の10倍の発電量を得るなど、実用化の見通しを立て、旭硝子とオムロンによる製品化研究へと引き継がれた。「金属ナノ粒子マイクロバンプのインクジェット形成と高輝度LEDの高放熱実装」では、インクジェットによるLED用給電及び放熱用の金属バンプ形成技術が確立され、従来の4倍の高輝度化の目処がたった。引き続き、関係企業により早期の商品化、市場獲得を目指した開発が進められている。

平成24年度においては、以下を実施した。

次世代戦略技術実用化開発助成事業については、民間企業独自の研究開発リソースが十分でない、よりリスクの高い中期の実用化開発を支援する。平成24年度においては、継続分16テーマを実施した。また、平成23年度採択のテーマについて延長評価を実施し、延長による開発成果の向上に著しい効果が見込まれる等必要なものについては、1年間の事業延長を認め、事業を実施する。前年度までに終了した35テーマについては、技術的成果、実用化見通し等を評価する事後評価を実施する。なお、事後評価の結果に関しては、第2期中期計画期間中を通して8割以上が「順調」との評価を得ることを目指す。

ナノテク・先端部材実用化研究開発については、継続分13テーマ（ステージⅠ11テーマ、ステージⅡ2テーマ）を実施した。

平成23年度末および24年度上期終了の計16テーマについては、外部有識者による事後評価委員会を開催し、事業実施期間中の成果及び今後の実用化・事業化計画に関しての評価を実施した。

事業継続中の6テーマについては、平成25年度に最終年度を迎えるため、テーマ終了後に円滑に実用化・事業化が進むよう、残り期間の実施内容の見直し等を行った。一部テーマについては成果を利用するユーザーを追加する等の体制変更を実施した。

《5》環境・医療分野の国際研究開発・実証プロジェクト

1) 省水型・環境調和型水循環プロジェクト（水資源管理技術研究開発）[平成23年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①水資源管理技術の国内外への展開に向けた実証研究

国内外で8件の実証研究を実施。水資源管理技術の取得及び省水型・省エネ型の水循環システムの構築を目的とした水循環システムの実証研究に関して、実施サイトの選定や関係機関との調整・協議、実施内容の検討、装置製作、試運転、運転管理等を実施した。

研究開発項目②水資源管理技術の国内外への展開に向けた調査検討

水資源管理技術を国内外に展開する際に必要となる、水事業の運営管理技術・国内外の水資源等の動向・事業展開戦略に関する調査、戦略的な成果普及活動に関する活動等を平成23年度の成果を踏まえて実施した。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①水資源管理技術の国内外への展開に向けた実証研究

国内（北九州市、周南市）においては、連続運転を実施し、省エネ効果等の成果を得た。

また、UAE、ベトナム（フエ市）、オマーン、豪州の関係機関との調整・協議、実施内容の検討、装置製作、連続運転等を実施した。

研究開発項目②水資源管理技術の国内外への展開に向けた調査検討

水資源管理技術を国内外に展開する際に必要となる、戦略的な成果普及活動等を国内外で実施した。

2) アジアにおける先進的資源循環システム [平成23年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「先進的自動車リサイクルシステム」

有価物回収・再利用、廃棄物の適正処理化を目指す高効率かつ経済的な自動車リサイクルシステムを確立するため、現地政府との協議を行い、公募により実施体制を決定し、実証研究を開始した。

研究開発項目②「高効率下水汚泥の減用化・再資源化」

①実証プラントの設備設計を行った。

②下水汚泥の実態把握を目的として、汚泥分析や現地ヒアリングを行った。

③汚泥乾燥機の立地場所を調査し、設備全体のレイアウトを検討した。

④熱回収プロセスの設備設計を行った。

⑤事業モデルに関連する制度的課題の抽出を目的として、現地調査とヒアリングを行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①-1 先進的自動車リサイクルシステム

NEDOと中国国家発展改革委員会との間でMOUを締結し、国家発展改革委員会から本事業推進にあたっての全面的な協力及び事業期間終了後の本事業の成果普及に対する協力が得られる事となった。また、我が国の先進的な自動車リサイクル技術に基づき、現地へ導入する実証用設備の構成機器について設計・製造を行った。

研究開発項目①-2 有用金属を含む廃棄物の高度リサイクル技術

新たに公募を行い、インドを実証サイトとして、委託先企業及び現地パートナー企業を含めた実施体制を構築した。現地における処理対象物の性状等のデータ収集を行い、現地実証設備の検討を行った。

3) 先進的医療機器システムの国際研究開発及び実証 [平成23年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

①海外諸国の実情に即した医療機器システムの国際研究開発及び実証ならびに②海外諸国に特有の疾病等に対応する医療機器システムの国際研究開発及び実証について、下記の研究開発を行った。

(1) 「革新的通信技術を用いた内視鏡診断支援システムの海外展開」

タイにおける医療ニーズ等の調査では、高機能内視鏡のカスタマイズ項目および仕様を確定した。現地の通信インフラ等の調査・検討では、現地環境に適した通信装置の仕様を検討し、アルゴリズム開発および装置本体の設計に着手した。また、現地実証に必要な薬事承認等の規制やニーズ等の情報収集を行うとともに、提携先研究機関と実証体制構築のための協議を行った。

(2) 「再生・細胞医療技術および製造インフラ最適化の研究開発」

タイにおける機械・電気・通信などの規制、電力・通信などの設置環境、医師や培養技術者の技術レベル等の運用環境などに関する調査を行い、R-CPXカスタマイズ化の仕様を検討した。会議システムについて各拠点間の通信及び医療現場で求められる通信の品質の検討を行うとともに、実証体制の構築に向け提携先研究機関と再生医療に関する技術指導・訓練を開始した。また、臨床試験に必要な倫理審査委員会等の申請に必要な情報を

収集した。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「再生・細胞医療技術および製造インフラ最適化の研究開発」

現地国（タイ）政府関係機関との間でMOUを締結し、骨髄液から軟骨再生する方法、および角膜再生技術に関する現地への技術移管に着手するとともに、日本国内においては、現地研究機関に設置する細胞自動培養装置の開発に着手した。また、タイ・日本の主要実施機関に遠隔診断・治療に適した国際通信インフラのための機器設置を進めた。

研究開発項目②「革新的通信技術を用いた内視鏡診断支援システムの海外展開」

高機能内視鏡のカスタマイズ（立体内視鏡・蛍光内視鏡・超音波画像統合機能・微細部位に適した画像処理）を実施するとともに、革新的通信技術による通信装置の開発を進め、診断等に十分な画質を維持したまま、元データ量の約1/5までリアルタイムに圧縮・復元するハードウェアを開発した。現地国（タイ）政府関係機関との間でMOUを締結し、現地実証実験を開始し、その効果を検証するとともに効果の定量的把握を行った。

研究開発項目③「人工透析管理システム構築に係る研究開発・実証」については、公募を行い、以下2件を採択し、MOU締結にむけたフィージビリティスタディを実施した。

(1) 中国における水浄化／セントラル透析システムの研究開発

(2) 現地国事情に適した高品位透析治療を達成する透析水浄化システムの研究開発・実証

4) フランスにおける国際共同研究開発・実証事業 [平成23年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成24年度においては、以下を実施した。

NEDOとフランスのOSEO（起業支援・イノベーション振興機構）との間で、環境分野及び産業技術分野において、日仏が協力して二国間の共同研究開発を支援する仕組みを整備。公募の結果、バイオテクノロジー・医療分野に係る研究開発テーマ3件を採択。

5) シンガポールにおける国際共同研究開発・実証事業 [平成24年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成24年度においては、以下を実施した。

日本のR&D部門を持つ企業とシンガポールの研究機関が連携し、新たな価値を生み出すイノベーションが促進されるよう、NEDOとNRF（シンガポール国立研究財団）との間で、環境分野及び産業技術分野において、日星が協力して二国間の共同研究開発を支援する仕組みを整備。公募の結果、バイオテクノロジー・医療分野に係るFSテーマ3件を採択。

6) 生活支援システムの国際研究開発・実証事業 [平成24年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成24年度においては、以下を実施した。

我が国企業が強みを有するロボット技術を中心とした生活支援システムの研究開発・実証を、海外の介護、医療その他生活支援の現場のニーズを反映しつつ主に相手国にて実施し、相手国から我が国技術の有効性等の理解を得ることにより、我が国の当該分野における技術水準の向上に加え、海外展開や市場化の促進等を図ることを目的に、平成24年度は以下の調査事業を実施した。

①「環境・医療分野の国際研究開発・実証プロジェクト／生活支援システムの国際研究開発・実証事業／ドイツ（フェーズ1）」

詳細な調査項目は以下の通り。

- 1) ドイツにおける医療機器の管理・監督行政、及び医療機器の認定登録、医療機器の試験と評価方法、ドイツのリハビリ分野の医療・介護制度、保険制度の調査
- 2) ロボットスーツHALの実証計画及び将来の普及シナリオの作成
- 3) リハビリ用装着型ロボット市場調査と事業発展の可能性を検討

②「環境・医療分野の国際研究開発・実証プロジェクト／生活支援システムの国際研究開発・実証事業／デンマークにおける生活支援ロボットを活用した介護サービス提供に係る検討」

詳細な調査項目は以下の通り。

- 1) デンマークにおける基礎情報調査
- 2) 地方政府の基礎情報調査
- 3) 生活支援ロボットに関する開発可能性の分析調査、検証
- 4) 共同プロジェクト具現化へ向けた実施計画（技開部）

《6》 IT融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト [平成24年度～平成28年度]

[中期目標期間実績]

平成24年度においては、以下を実施した。

新規に公募を実施し、都市交通分野で6件、ヘルスケア分野で6件、農商工連携分野で4件、データ処理基盤分野で2件のテーマを採択し、先導研究・調査等に着手した。

具体的には、都市交通分野では人の属性、場所、時間情報等に応じたコンテンツ等と融合する新しいパーソナルモビリティシェアリングシステムの開発等、ヘルスケア分野では・アルツハイマー病の超早期診断と正確な診断に基づく先制医療を、高度なIT技術により脳画像、臨床情報等により可能とする技術の開発等、農商工連携分野では土壌の状態、農産物品質等の継続的なモニタリングから得られる大規模データ等を利用して、市場競争力のある高品質農作物の生産・出荷を支援するサービスの開発等、データ処理基盤分野では高度なデータ解析機能を有するリアルタイム処理システム及び当該システムが必要とするデータの高速アクセスを可能とするデータストアの開発等を行った。

《7》NEDOプロジェクト特別強化プログラム [平成24年度]

[中期目標期間実績]

当初、本事業に係る委託先の公募を行う予定であったが、事業内容等を鑑み、公募を中止した。

9. 新エネルギー・省エネルギー関連業務等における技術分野ごとの事業 ＜1＞燃料電池・水素エネルギー利用技術分野

[中期計画]

燃料電池は、エネルギー効率がが高く、CO₂排出抑制に資するなど環境負荷が低いことに加え、エネルギーセキュリティの向上、産業競争力の強化や新規産業の創出等の観点からも重要な技術分野であり、その政策的位置付けはますます重要になっている。第3期科学技術基本計画における戦略重点科学技術の一つとして「先端燃料電池システムと安全な革新的水素貯蔵・輸送技術」が位置付けられ、新国家エネルギー戦略においては運輸エネルギー次世代化として燃料電池自動車に関する技術開発の推進が必要とされている。また、新経済成長戦略においては世界をリードする新産業群創出のための戦略分野の一つとして燃料電池が位置付けられ、さらに、経済成長戦略大綱において、新産業創出の分野として燃料電池及び次世代自動車向け電池が位置付けられるとともに、運輸エネルギーの次世代化のために燃料電池自動車を含む次世代クリーンエネルギー自動車の技術開発と普及促進の必要性が挙げられている。

第2期中期目標期間においては、燃料電池自動車、定置用燃料電池等の早期の実用化・普及に資するため、技術開発、安全・基準・標準化及び導入支援・実証研究等を一体的に推進する。具体的には、燃料電池自動車、定置用燃料電池等の早期の実用化・普及に向け、固体高分子形燃料電池及び固体酸化物形等の燃料電池の研究開発並びに燃料電池自動車、電気自動車、プラグインハイブリッド車等に資する蓄電池システム等関連技術の研究開発を実施し、効率向上、信頼性・耐久性向上及びコスト低減を図る。第2期中期目標期間中には定置用燃料電池で発電効率32%（HHV、高位発熱量）、耐久性4万時間、自動車用燃料電池で車輛効率50%（LHV、低位発熱量）、耐久性3,000時間の見通しを得られる技術基盤確立等を目標とする。

また、水素エネルギーの本格的利用に向け、水素の製造・輸送・貯蔵及び水素インフラストラクチャ等の研究開発を実施し、効率向上、信頼性・耐久性向上、小型化及びコスト低減等を図る。あわせて、技術開発課題の抽出、安全性・信頼性等の確認、基準・標準の制定・見直し及び社会的認知・受容の推進等のために必要な普及基盤整備及び実証研究・試験等を実施する。また、今後の導入普及状況を踏まえ、その時期に応じた適切な業務を国の方針を踏まえつつ実施する。

[中期目標期間実績]

定置用燃料電池と燃料電池自動車の早期実用化・普及を目指し、技術開発、安全・基準・標準化及び導入支援・実証研究等を一体的に推進し、下記の成果を達成した。

定置用燃料電池については、固体高分子形家庭用燃料電池において、発電効率36%（HHV）以上、耐久時間4万時間以上を達成し、固体酸化物形家庭用燃料電池においては、発電効率42%（HHV）以上、耐久時間4万時間以上を達成した。固体高分子形燃料電池を用いた家庭用燃料電池エネファームは2009年に実用化、固体酸化物形燃料電池についても2011年に実用化を達成した。

また、自動車用燃料電池については、触媒活性の向上に取り組み、白金コアシェル触媒等の開発を進め、市販触媒と比較して約5～6倍の質量活性が得られる触媒の開発手法を確立することで、燃料電池自動車の車輛効率向上の見通しを得られる技術基盤を確立した。また、耐久性向上に向けて、劣化機構解明、高耐久触媒の開発に取り組み、約3,000時間の耐久見通しを得られた。

さらに、燃料電池自動車、電気自動車、プラグインハイブリッド車等に資する蓄電池システム等関連技術の研究開発を実施し、エネルギー密度100Wh/kg、出力密度2000W/kg、寿命10年以上、コスト4万円/kWhの見通しを得た。

水素製造機器要素技術に関して、改質効率80%以上（水蒸気改質方式）、起動時間2時間を達成し、概念設計により設備サイズ・コストについても、10m³以下、30万円/Nm³・h以下達成の見通しを得た。また、材料の水素脆化等に係る基本原理の解明及び対策による安全性・信頼性等の確認を実施し、基準・標準の制定・見直しについては、使用可能鋼材拡充等の水素利用技術の確立に資するデータを取得し、規制見直しに関する一般則例基準案、各種技術基準案等を作成した。そして、16カ所の実証水素ステーションにて、実使用に近い状態での技術実証を実施し、ユーザ利便性、安全性・信頼性、FCV（Fuel Cell Vehicle）・水素インフラ事業成立性、社会受容性等について検証した。

《1》固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発 [平成17年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

固体高分子形燃料電池の高効率化・高信頼性化・低コスト化に向けて、固体高分子形燃料電池の初期導入段階のための実用化技術開発、本格的導入期のための要素技術開発から本格的普及期のための次世代技術開発までを一体的、総合的に推進し、基礎的・共通的研究、本格的実用化のための要素技術を確立することを目的として以下を実施した。

研究開発項目①「基礎的・共通的研究に関する技術開発」

「基礎的・共通的研究に関する技術開発」では、固体高分子形燃料電池の耐久性・経済性・性能の向上に資する基礎的・共通的研究の解決を図るため、コンソーシアム型テーマ4件をそれぞれ実施した。

(1) 水管理によるセル劣化対策の研究

氷点下環境に置かれた自動車用PEFCスタックのセル内部で発生する水の凍結挙動を高分子膜、

触媒層、その他要素別に解析した。また、セル内及びセル外の凍結・解凍試験とポスト解析を組み合わせることによって、凍結・解凍の繰り返しによって生じるセル部材の破壊やそれら界面の破壊のメカニズムを分析した。

(2) セル劣化要因の基礎研究とMEA耐久性の解析

ペルフルオロスルホン酸系イオノマーモデル分子の合成とMEA条件での劣化挙動解析、第一原理計算による劣化予測を用いて、カルボン酸や水素などの欠陥からの劣化機構、エーテル酸素を介する劣化挙動について明らかにした。また、劣化反応の反応生成種を時間分解ESR（電子スピン共鳴：Electron Spin Resonance）及び低温凍結ESRにより計測する手法を確立するとともに、炭素触媒担体の劣化が面欠陥から進行することを確認し、表面欠陥を種々の酸化物で保護することで酸化を抑制可能であることを示した。

(3) 固体高分子形燃料電池セルの劣化メカニズム解析と余寿命評価手法の開発

空気中の微量成分である窒素化合物や海塩粒子の電池性能劣化メカニズムを解析するとともに、硫黄化合物添加時に検出されたフッ化物イオンの生成要因について精査した。また、加圧条件における白金溶出及び析出メカニズムについて詳細に検討し、加圧による加速試験法の基礎を固めた。5,000時間程度の定常運転データを用いて性能表示式の係数の経時変化を解析し、係数への時間項の導入による寿命予測式実現の可能性を得た。

(4) 物質輸送現象可視化技術

中性子を利用した可視化技術開発に関しては、熱中性子ラジオグラフィ装置専用の燃料電池発電用ガス供給システムを整備するとともに、J-PARC（大強度陽子加速器施設）のパルス中性子を利用したイメージングシステムを開発した。また、中性子の散乱の影響を除去できるMCPコリメータの製作に成功し、高空間分解能での定量計測システムを構築したことに加え、2秒/CTの高速CT計測システムを開発し、3セルスタック内の水分分布を計測した。さらに、中性子小角散乱/中性子ラジオグラフィの同時計測システムにより、単セル内の電解質膜、電極、ガス拡散槽、セパレータ流路内の各水分分布を選択的にその場観察することに成功した。MRIに関しては、厚さ250 μ mのPEM単体において、膜厚方向の分解能5 μ mの計測に成功し、更なる薄いPEMにおける可視化に目途を立てた。

研究開発項目②「要素技術開発」

格段の経済性・耐久性・効率の向上を可能とする固体高分子形燃料電池における各要素技術の開発を行うため、コンソーシアム型テーマ7件、単独実施テーマ4件をそれぞれ実施した。

a. 電極

- ・「高濃度CO耐性アノード触媒」では、組成・構造の最適化、担体との相互作用の活用等による白金合金系触媒のCO耐性の向上に取り組み、性能を大幅に向上させる指針を得た。また、低過電圧でCOを酸化できるRh-ポルフィリン系触媒の開発を実施した。さらに、触媒開発に際しては、CO被毒による電圧低下メカニズムを多角的に解析し、特性向上の指針を明確にした。
- ・「カーボンアロイ触媒」では、オーダーメイドポリマの合成手法とその炭素化方法の確立を行い、得られた炭素化合物の酸素還元活性測定との比較より、高性能触媒の原料として有望なポリマ構造を見出した。また、高輝度放射光分析により解析し、活性に関わると考えられる有望な化学構造を特定することに成功した。さらに、特定した化学構造の裏付けとして第一原理量子力学計算を行い、このような化学構造の導入がフェルミ準位直下に状態を作り、これが活性に関わる可能性を示す結果を得た。
- ・「低白金化技術」では、コアシェル化技術および結晶面、粒子サイズ制御技術の開発を進め、質量活性の向上と高耐久性の両立について見通しを得た。また、白金触媒の劣化機構を考察しながら、触媒微粒子の安定化のための材料開発及び評価技術の開発を進めた。さらに、電極触媒内のイオン移動及びガス移動の抵抗、触媒層内の膜厚方向反応分布等の知見を得ながら、触媒層内の分極を低減する技術を検討した。
- ・「酸化物系非貴金属触媒」では、従来研究開発を行ってきたTa及びZr酸化物をベースとする触媒機能の向上を図るとともに、工業規模での生産の目途がついた。また、活性点に関する解析を進展させC及びNが触媒能と相関があることを示唆する結果を得た。Nb及びTiをベースとした化合物に関しては酸素還元開始電位が高い酸素還元触媒能を持つ可能性のあることが判った。さらに、開発中の触媒を用いたMEA作成、燃料電池スタック製造のための検討を進めた。

b. 電解質膜（膜・電極接合体を含む）

- ・「新規高温高耐久膜の研究開発」では、高温低加湿運転に適用可能で幅広い運転環境で高性能を示すフッ素系電解質膜を開発するため、1.5meq/g上のイオン交換容量を有する電解質（EW値66以下）を試作すると同時に、セル温度120 $^{\circ}$ C/20~40%RHで5,000時間以上（ON/OFF回数3万回）の耐久性を有する膜デザインを確立した。
- ・「高性能炭化水素系電解質膜の研究開発」では、将来的に低コスト・環境負荷低減が期待される炭化水素系電解質膜に対し、ポリマ高次構造制御コンセプトに基づく革新的なTSM膜を開発し、耐久性及び幅広い条件下での発電特性向上による高性能化を達成した。
- ・「高温熱利用型MEAの研究開発」では、カソード側イオノマーの保水性、ガス拡散層の排水性、セパレータの面内温度分布の改善に取り組み、1kW級スタック試験で初期性能0.72V、電圧低下率4mV/1,000hを達成した。また、高温での耐久性向上に向け、耐酸化性の強

い酸化スズ担体触媒を試作し、MEAに組み込んで性能評価を行うとともに、今後の課題を抽出した。

- ・「高出力高耐久炭化水素系MEA」では、高プロトン伝導性新規バインダを開発するとともに、電極構造の改良やセル抵抗低減を進め、発電電圧750mVかつ250mA/cm²、連続発電2,000時間、起動停止19,400回を達成した。

c. 周辺機器類

「家庭用燃料電池システムの周辺機器の技術開発」では、水処理装置、熱交換器、電力変換装置を新たな開発対象として、燃料電池システムメーカーと各対象機器のトップ技術を有する専門メーカー（再委託先）とが密接に連携した体制での技術開発に取り組んだ。まず、システムメーカーが協調して各対象機器に共通の開発目標（共通仕様）を設定し、各機器の専門メーカーに提示した。これを受けて、専門メーカーでは共通仕様達成のための要素技術の目処付けと一次試作機の開発を行った。さらに、システムメーカーによる一次試作機の評価を開始した。

d. 改質器

「定置用燃料電池改質系触媒の基盤要素技術開発」では、改質およびCO変成開発触媒について実用性向上及び量産化のための技術開発を実施した。改質触媒は、成型体化法を検討し、ほぼ目標強度の触媒成型体製造の目処を得た。CO変成触媒は、製造条件適正化を進め、3kg/バッチ規模までは目標仕様の触媒を得ることに成功した。また、コストダウンを目指し、新たなCO除去技術としてCO選択メタン化触媒開発に着手した。活性金属種をRuに固定し、開発を進めた結果、酸性質を有する担体を用いた場合に活性やCO選択性が向上することを明らかにした。

e. システム化技術開発

「定置用燃料電池システムの低コスト化・高性能化のための電池スタック主要部材に関する基盤技術開発」では、電解質膜・MEA材料の改良・評価を推進し、最終目標を達成できる見通しを得るとともに、実規模セルでの評価を通じ水分管理に係わる課題を明確化した。また、産学間連携の下、微量不純物・水分の挙動に関する研究、各種不純物影響度のデータベース化、高耐久カソード触媒の研究を進め、セル設計・運転条件の最適化、システムの低コスト化に貢献できる成果を蓄積した。

研究開発項目③「実用化技術開発」

定置用燃料電池の市場形成を確実にするため、セパレータ部材の生産技術等の実用化技術開発として、4テーマをそれぞれ実施した。中間評価結果を踏まえて、カーボン系セパレータ（2テーマ）及び金属系セパレータ（2テーマ）において、低コスト化の見通しを得るための基礎的生産技術等の実用化技術開発を実施した。なお、カーボン系セパレータについては、成形時間短縮等の基礎検討も実施した。

研究開発項目④「次世代技術開発」

固体高分子形燃料電池の本格普及期に必要と考えられる要素技術を支える革新的基礎・基盤技術の充実、高性能・低コストの次世代燃料電池のための新規材料の開発等の次世代技術開発テーマ43件をそれぞれ実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

本事業では、固体高分子形燃料電池の高効率化・高信頼性化・低コスト化に向けて、初期導入段階のための実用化技術開発、本格的導入期のための要素技術開発、基礎的・共通的課題の解決を図るための技術開発、革新的技術テーマに取り組む次世代技術開発を一体的、総合的に推進した。民間のみで取組み困難な課題について産業界のニーズや研究開発動向を適切に把握し、基盤技術課題等の研究開発を推進することにより、多くの技術的知見や計測技術を開発し、世界をリードする日本の燃料電池技術レベルの向上に貢献した。また、燃料電池自動車の実用化に向けた研究の進展や世界初の家庭用燃料電池『エネファーム』の商品化など実用化に向けた技術的進展に大いに貢献した。さらに、次世代技術開発などで多くの大学研究者を掘り起こして育成することにより、将来の日本の燃料電池分野の競争力強化に大いに貢献した。研究開発項目毎の成果は以下の通り。

研究開発項目①「基礎的・共通的課題に関する技術開発」

各テーマにおいて研究進捗会議（年4～6回程度）及び全体の運営会議（年1～2回）にて研究進捗状況を把握するとともに、①基礎的・共通的課題の4テーマにおけるそれぞれのPL（プロジェクトリーダー）、および本制度とは別プロジェクトである「劣化機構解析とナノテクノロジーを融合した高性能セルのための基礎的材料研究（H20-26）」、「燃料電池先端科学研究事業（H20-21）」のPLをメンバーとした「PL会議」を開催し、燃料電池の劣化メカニズムや評価技術等に係るプロジェクト間連携や情報共有を促進した。

また、NEDOシンポジウム「固体高分子形燃料電池の高性能化・高耐久化への展望と今後の技術開発の重点課題」を毎年度開催し、劣化メカニズム解明等の基礎的研究成果を産業界、学術界の研究者等に効果的に発信した。

各テーマの主な研究成果は下記の通り。

（1）水管理によるセル劣化対策の研究

セル構成の最適化による運転条件範囲の拡大の指針を示した。また、低温起動における凍結現象の影響を明らかにした。

（2）セル劣化要因の基礎研究とMEA耐久性の解析

三相界面における白金触媒およびフッ素系電解質の劣化主要因を明確化することにより高耐久性に向けた指針を示した。また、3次元TEM、NMR、ESR（OHラジカル検出）、マイクロ/ナノ

電極による解析、電極内局所電位計測、インピーダンス等の解析手法を進展させた。

(3) 固体高分子形燃料電池内セル劣化メカニズム解析と余寿命評価手法の開発

空気中の微量成分や運転圧力が発電特性に与える影響を明確化し、自動車用MEAの余寿命評価式を提案した。

(4) 物質輸送現象可視化技術開発

中性子ラジオグラフィ、中性子小角散乱および磁気共鳴法を利用したセル内水分分布の可視化手法を確立した。また、軟X線およびパルス中性子による可視化技術の有効性を示した。

研究開発項目②「要素技術開発」

各テーマにおいて研究進捗会議（年4～6回程度）及び全体の運営会議（年1～2回）にて研究進捗状況を把握すると共に、研究開発成果については、水素・燃料電池業界における世界最大の国際商談展示会であるFC-EXPOや新聞発表等の手段で一般に公開した。

各テーマの主な研究成果は下記の通り。

(1) 定置用燃料電池システムの低コスト化・高性能化のための電池スタック主要部材に関する基盤技術開発

高温低加湿条件の運転時にも、目標とした「セル電圧値」と「セル電圧低下率」を同時に達成できる見通しを得た。また、産官学が連携した「不純物影響度のデータベース化」や「カソード触媒の高温耐久化に向けた検討」の基礎研究が進展し、開発成果の一部は家庭用燃料電池『エネファーム』に採用された。

(2) 家庭用燃料電池システムの周辺機器の技術開発

周辺機器（ポンプ、ブロワー、弁等）95万円の内、41万円相当分を11万円までコストダウン可能とした。家庭用燃料電池『エネファーム』で対象機器の7割が開発成果を採用した。

(3) 定置用燃料電池改質系触媒の基盤要素技術開発

改質触媒、CO変成触媒に関して高活性、高耐久性の卑金属触媒を開発し、各触媒1万円/kWの低コスト化を実現した。CO選択メタン化触媒を検討し、システムの低価格化の可能性を見出した。

(4) 高濃度CO耐性アノード触媒

高濃度のCOを含んだ燃料ガスを用いても、性能低下の小さいアノード触媒について、4種類のアプローチを、メカニズム解明も含めて行い、開発指針を得た。

(5) 低白金化技術

白金使用量を飛躍的に低減可能な電極触媒の高活性化技術、高耐久化技術の検討を進め、それらの効果を確認し、指針を得た。

(6) 酸化物系非貴金属触媒

白金電極触媒の代替と成り得る新規触媒（酸化物系非貴金属触媒）について、数種の酸化物触媒のプロセスの改良等による高活性化および自動車運転条件を想定した耐久性検証を進め、実用化への可能性を示した。

(7) カーボンアロイ触媒

白金電極触媒の代替と成り得る新規触媒（カーボンアロイ触媒）の実験・理論両面からのメカニズム解明、材料・プロセスの改良による高活性化を進め、実用化への可能性を示した。

定置用燃料電池の市場形成を確実にするため、燃料電池セパレータの基礎的な部材生産技術等の実用化技術開発を実施した。研究開発成果については、水素・燃料電池業界における世界最大の国際商談展示会であるFC-EXPOや新聞発表等の手段で一般に公開した。

各テーマの主な研究成果は下記の通り。

(1) 長寿命・超軽量のセパレータの研究開発

チタン/アルミニウム/チタンクラッド材を適用した0.2mmまで薄肉化した実規模サイズの固体高分子形燃料電池用金属セパレータを開発し、5,000時間以上の連続発電を実証した。

(2) 固体高分子形燃料電池ステンレス箔セパレータ量産化技術開発

金属セパレータにおいて5,000時間以上の耐久性を有する軽量薄肉セパレータ（厚さ0.2mm以下）を開発すると共に、その量産化技術を確立した。

(3) 高強度な波板形状セパレータの研究開発

成形時間が15秒/枚以下であるハイサイクル成形材料の開発し、A4サイズ、最薄部0.2mmで断面が波板形状のセパレータ製造のための成形技術・設備の開発を行った。

(4) カーボン樹脂モールドセパレータの製造技術開発

シートプレス成形における寸法精度目標（目標 $< \pm 20 \mu\text{m}$ ）を大幅に超える圧力均一化手法を確立した。また、シートスタンプ成形における厚み精度の目標（ $< \pm 5\%$ 以内）を達成した。

研究開発項目④「次世代技術開発」

将来の燃料電池自動車の普及期における燃料電池の格段の高効率化・低コスト化・信頼性向上に資する新規電解質膜・白金代替触媒等の先導的・基礎的研究開発、従来の燃料電池の概念にとらわれない高性能燃料電池の研究開発及び燃料電池の研究開発に資する先進的な解析評価技術等基盤的研究等30テーマを実施した。主な研究成果は以下の通り。

(1) 触媒金属粒子を1nm以下の高分解能で3次元解析できる分析・画像取得技術を開発した。

(2) 触媒反応を素過程に分解し、活性発現機構（高性能化）、失活機構（長寿命化）等を解析するQuick-XAFS手法を開発した。

(3) グラフェン-金属、グラフェン-窒素の相互作用による電子状態シフトを実験的に証明し、白金代替触媒等の活性発現メカニズム解明に寄与した。

(4) 高CO耐性アノード触媒の基盤技術となる可能性のある新規分子篩カーボン担体を開発した。

なお、5年間で実施した98テーマのうち17テーマ(17%)が「白金代替触媒」や「物質輸送現象可視化」等のコンソ型プロジェクトへ移行した。

《2》 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発／劣化機構解析とナノテクノロジーを融合した高性能セルのための基礎的材料研究 [平成20年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

固体高分子形燃料電池の最も重要な要素である触媒、電解質膜及びMEA(膜・電極接合体)の材料研究を実施して高性能・高信頼性・低コストを同時に実現可能な高性能セルのための基礎的技術を確立し、固体高分子形燃料電池の本格普及に資することを目的に、国立大学法人山梨大学教授 渡辺 政廣氏をプロジェクトリーダーとし、公募により選定された実施者にて以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「劣化機構解析」

各種劣化モードにおける加速試験法を開発するとともに、劣化機構解析結果を新材料開発にフィードバックするために、電極触媒FCCJのプロトコルに従って電解液中で起動停止サイクルを繰り返し、活性面積、酸素還元活性、 H_2O_2 生成率の経時変化を明らかにした。炭化水素系電解質膜の劣化生成物分析に関する予備的検討を開始した。

研究開発項目②「高活性・高耐久性の触媒開発」

高活性電極触媒調製のためのナノカプセル法をさらに改良し、極めて簡便な方法で合金触媒の粒径を自在に制御出来るようになった。また、この合成方法をスケールアップして製造できるように検討を開始した。さらに、高耐久性の触媒担体を数種類合成できた。噴霧プラズマ法を用いて高いCO選択性を示す新規CO除去触媒の合成に成功し、現在、組成最適化を実施中である。また、ハードテンプレート法等による高表面積複合酸化物の調製法を開発し、CO除去触媒の性能向上への適用を検討した。

研究開発項目③「広温度範囲・低加湿対応の電解質膜開発」

高プロトン導電率・高形状安定性炭化水素膜の開発として、スルホン酸化ポリエーテル電解質膜における疎水性成分の効果を詳細に検討し、比較的少ない含水率で高いプロトン導電率を発現できる構造を明らかにした。また、ブロック化によるプロトン導電率の向上効果を確認した。一方、高温低加湿での特性改善を目的として、易動性水素(トリアゾール基など)を有するスルホン酸化ポリイミド電解質膜を合成し、その分子構造と各種物性の相関を検討した。電極用の新型電解質に関しては、分子設計を行い、合成と物性評価を実施した。

研究開発項目④「自動車用MEAの高性能・高信頼化研究」

既存膜系MEAでの限界把握として、MEAの各種構成材料、セル構成及び評価条件を選定し、初期特性評価を実施した。また、電極触媒の有効性を評価する新手法の開発に着手した。一方、高触媒利用率炭化水素系MEAの開発と評価のために、ポリイミド系炭化水素膜のスケールアップ生産、MEA化等を実施した。さらに、炭化水素系電解質の電極バインダーへの適用を目指し、電極塗工プロセスの構築を開始し、GDLについては高電流密度域でのセル性能及び耐フラディング特性への気孔率の影響を調査した。

平成21年度においては、以下を実施した。

国立大学法人山梨大学教授 渡辺 政廣氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また、平成21年度実施した中間評価では、研究開発範囲が広範囲すぎるという指摘を受けたため、平成22年度から開始する新規事業「固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発」に大括り化し、改質触媒等は別研究テーマで実施することとした。

研究開発項目①「劣化機構解析」

高耐久性担体に担持した触媒と市販の標準触媒において、電解液中での起動停止サイクルを模擬した燃料電池実用化推進協議会(Fuel Cell Commercialization Conference of Japan:FCCJ)のプロトコルによる評価で、活性面積、酸素還元活性、 H_2O_2 生成率の経時変化の定量的評価法を確立するとともに、市販Pt/GC(Ptを高分散したグラファイト化カーボン)の30倍以上もサイクル寿命が長いPt/GCをナノカプセル法によって合成できた。

研究開発項目②「高活性・高耐久性の触媒開発」

ナノカプセル法電極触媒合成時の金属塩/界面活性剤モル比を変えるのみで、触媒粒径を自在に制御することに初めて成功した。

研究開発項目③「広温度範囲・低加湿対応の電解質材料開発」

スルホン酸化ポリエーテル電解質膜で、低加湿条件で高いプロトン導電率を発現できる構造を提案し、顕著な性能向上効果を発見した。

研究開発項目④「自動車用MEAの高性能・高信頼化研究」

電極触媒の有効性を評価する新しい手法を開発した。この新評価法により作動条件での特性差を指標化できることが分かり、今後の白金等の貴金属触媒使用量低減の重要指針となることを明らかにした。現状実用条件での白金の利用率は約10%程度であり、大幅な改善の余地が残されていることを確認した。

なお、平成22年度以降は「固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発」に統合して実施した。

《3》燃料電池先端科学研究事業 [平成20年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

固体高分子形燃料電池の基幹技術である電極触媒、電解質材料、界面での物質移動に関して、革新的な計測評価技術及び解析技術等を開発して、材料、物質移動及び反応メカニズムを根本的に理解し、ひいては、固体高分子形燃料電池の基盤として、現状技術の限界把握と現状打破に向けての開発指針を提供することを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所 固体高分子形燃料電池先端基盤研究センター長 長谷川 弘氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①コストポテンシャル向上との両立を目指した電極触媒の革新的性能向上のための反応メカニズム解明
カソード白金表面での酸素の還元反応を律速している中間体を検出すべく、表面増強ラマン散乱(SERS)法による反応追跡を行った。SERS信号を増強するためのプラズモン構造を最適化することによって、金表面のフェオチノール単原子分子層の検出に成功した。また、構造を制御したメソポーラスカーボン内への白金担持とナフィオンの導入に成功し、反応メカニズム解明に必要なモデル触媒を開発した。

研究開発項目②コストポテンシャル向上との両立を目指した電解質材料の革新的性能向上のための物質移動・反応メカニズム解明

原子力顕微鏡(AFM)において、白金触媒を担持したプローブによって、電解質膜の相分離構造とプロトンパスの特定に成功した。フッ素系膜(Nafion)がHC系に比べ、低湿度でプロトン伝導度が高いのは、親水性、撥水性領域の明確な相分離構造が要因であることを明らかにした。また、電解質のガス透過は自由体積との相関が高いことを明らかにした。

研究開発項目③セル構成要素及び界面における物質移動速度向上のための物質移動メカニズム解明

GDLの三次元構造解析を進め、水銀圧法から求めたポア径分布から、MPL材を有するサンプルは0.1 μ mサイズの細孔を有することが特徴であることがわかった。また、60℃での水蒸気吸着実験とその解析から細孔中の水蒸気は液体水として吸着していることを明らかにした。さらに、セルと同状態とするため、面圧を掛けた状態でのGDL内の水移動(水蒸気、液水)の現象解析を開始し、MPL、面圧がGDL内の水移動特性に与える影響が大きいことを明らかにした。各種GDLで上記データ計測を行い、物性値データベースの構築を開始した。

平成21年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所固体高分子形燃料電池先端基盤研究センター長 長谷川 弘氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を行った。

研究開発項目①コストポテンシャル向上との両立を目指した電極触媒の革新的性能向上のための反応メカニズム解明

- ・分光法を用いた反応メカニズム解析に必須となる要素技術(反応生成物検出、反応トリガリング)を開発し、計測手法の開発に目途を立てた。
- ・計測に必要なモデル触媒/担体として、2.5-10nmの任意サイズの立方体型白金ナノ粒子およびメソポーラス担体等の合成に成功し、電気化学解析を可能とした。
- ・薄膜低白金モデル触媒を用いた解析により、表層白金よりも下地金基板の原子配列が触媒活性を律することを明確にした。

研究開発項目②コストポテンシャル向上との両立を目指した電解質材料の革新的性能向上のための物質移動・反応メカニズム解明

- ・分解能2nmを達成したe-AFM(電気化学原子力顕微鏡)とNMR(核磁気共鳴)解析により、電解質膜の水チャンネル構造とプロトン易動性の相関を明確にした。
- ・劣化の原因であるガス透過性のメカニズム解明を進めた結果、材料のモルフォロジー(マイクロ構造)と透過性因の関係を見出した。
- ・計測に必要なブロック系モデル電解質ポリマーの最適化を行い、相分離構造の配向制御技術を開発した。

研究開発項目③セル構成要素及び界面における物質移動速度向上のための物質移動メカニズム解明

- ・燃料電池の性能を左右するガス拡散層に関して、高温水蒸気および高温液体水の透過挙動計測技術および熱伝導特性・電気伝導特性の計測技術を開発した。
- ・上記手法を用いて、GDLの材料物性データベースを構築した。

また、新たに開発した上記計測手法を産業界に展開するため、公募を実施し、採択された6社に技術移管した。

《4》高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発 [平成18年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

LPガス燃料対応型の家庭用固体高分子形燃料電池の実用化、普及促進を目的に、LPガス特有の気化圧を活用したメンブレンリアクター型の高効率かつ小型化したLPガス改質装置について、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高耐久性水素分離膜（メンブレン）の開発」

平成19年度に得られた知見を基に、配管等から飛散する鉄による欠陥発生メカニズムを明らかにした。また、シール部のリーク対策を実施し、耐久性が飛躍的に向上した。当初の開発目標である水素分離膜の水素選択透過係数70 (H_2/N_2)及び耐久性(20,000時間以上)の目処を得た。

研究開発項目②「LPガス改質装置の開発」

開発したメンブレンを用いるLPガス改質装置に最適な改質触媒を開発するとともに、鉄の飛散対策と運転条件等の最適化を実施し、改質装置の耐久性向上を進め、最終年度として研究目標である改質効率(目標78%以上(LHV))を達成した。

《5》定置用燃料電池大規模実証研究事業 [平成17年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

我が国の定置用燃料電池初期市場創出段階における民間技術レベル及び問題点を把握し、今後の燃料電池技術開発の開発課題を抽出することを目的とし、平成19年度に引き続き、事業者への助成により1kW級の定置用燃料電池を1120台設置し、実環境条件下における実証データを収集した。定置用燃料電池の省エネルギー効果、CO₂削減効果を確認したとともに、従来からの課題であった信頼性については、参加各社の故障事例と対策の共有化等を活用して問題解決を図り、平成20年度には実用化レベルに近いところまで向上していることを確認した。

平成21年度においては、以下を実施した。

定置用燃料電池大規模実証研究事業は平成17年度から開始し、平成20年度までの4年間に累計で3,307台の家庭用燃料電池(PEFC)システムを全国各地の家庭に設置した。これらの燃料電池システムを実際の使用条件下で実証運転することにより実測データを取得するとともに、運転効率や性能等に係る運転データを評価分析することにより、商品化に必要な技術課題を抽出し市場導入の基盤形成を推進した。

平成21年度は、平成20年度までに設置した燃料電池システムの実測データの取得とデータ評価分析を実施した。平成20年度に設置した燃料電池システムの平均的な機器発電効率は31.5%であり、機器発電効率の低下もほとんどなく燃料電池システムの性能向上が確認された。また、CO₂削減率は28.9%、一次エネルギー削減率は17.1%であり、優れた省エネルギー性と環境安全性が確認され燃料電池導入効果を実証することができた。

大規模実証研究事業により累積発電時間2,531万時間という豊富な運転実績の蓄積と安全性の実証、また、開発課題の抽出とその改善効果によるシステム機器性能及び運転性能の向上、さらにシステム信頼性の向上とコストダウンが進展した結果、平成21年度には世界に先駆けて燃料電池システムの商品化に結び付けることができた。

《6》固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発 [平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

プロジェクトリーダーである独立行政法人産業技術総合研究所上席研究員 横川晴美氏のもと、下記研究開発項目を統括して推進する体制を整えた。

研究開発項目①「耐久性・信頼性向上のための基盤研究」

熱力学的解析、化学的解析、機械的解析を用いて、劣化因子を系統的に測定した上で、各因子が劣化に与える影響を定量的に評価するための手法をメーカー・研究機関に提案する検討に着手した。特に、性能に大きな影響を与える三相界面の微細構造の測定を開始し、さらにセルスタックレベルにおいて、耐久性評価手法としての劣化要因分析技術をメーカー・研究機関に提案した。また、コスト分析及びその候補材を用いて低コスト化金属材料の組成と表面処理の改良を進めるとともに、スタック材料としての適用性評価を実施し、単セル及びスタックレベルでの発電試験を開始した。

研究開発項目②「実用性向上のための技術開発」

固体酸化物形燃料電池の実用性向上のために、熱サイクルの影響を評価した上で、熱衝撃緩和構造及び制御シーケンスを検討し、その効果検証のための要素試験を開始した。また、マイクロガスタービンと組み合わせるための圧力範囲で、起動停止、緊急時の安全停止ができる技術を確認するための課題を抽出した。

平成21年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所エネルギー技術研究部門 横川 晴美氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究

開発を実施した。

研究開発項目①「基礎的・共通的課題のための研究開発」

(1) 熱力学的解析による劣化機構の解明、対策立案と効果検証、加速試験方法の確立

劣化挙動解析では、スタックメーカーと協力し、耐久試験を行った試料の不純物蓄積濃度、界面元素移動量などを測定し劣化との相関を明らかにした。また、これまで検出された不純物について、劣化機構の体系化（Cr被毒及びS被毒の例）を行う他、スタック劣化要因の解明と対策の提言を行った。加速劣化試験法については、電極性能の低下と不純物輸送量との関係を解明した。

(2) 化学的解析による劣化機構の解明、対策立案と効果検証、加速試験方法の確立

硫黄、塩素、リン、ホウ素、シロキサンについて、数十～3,000時間の長時間耐久試験を行い、不純物による化学的劣化（被毒）メカニズムの分析・解明を行った。また、長時間（10,000時間まで）試験後の企業実セルの電子顕微鏡観察（STEM）で、拡散種による化学劣化メカニズムを解明する他、スタックメーカー5社の実セルの被毒耐久性実試験を開始した。

(3) 機械的解析による劣化機構の解明、対策立案と効果検証、加速試験方法の確立

円形平板形セルの損傷発生時刻と位置の測定と筒状平板セルの界面剥離の検知条件を決定。また、界面強度評価法を提示し円筒形セルに適用する他、変形と対称性に着目して共通的課題を抽出した。

平板形模擬セルによる運転時応力測定装置（Ramam分光）の開発、筒状平板形模擬セルによる昇温時・還元時の形状変化の定量化、及び模擬損傷を導入した支持膜セルのアノード酸化状態及び局所応力の測定を実施した。

(4) 三相界面についての劣化現象と微細構造変化の相関付け

電気化学的な劣化挙動に関するデータ収集を実施した（水蒸気による劣化、炭素析出による劣化、LSM/YSZ界面観察）。低加速電圧FIB-SEM（FIB：集束イオンビーム）による微構造解析の検討を行い、三次元データ（2次元画像）を取得する手法を確立した。2次元SEM画像から燃料極の三次元再構築及び電極を特徴付ける各種データ（各相の体積率、三相界面長さなど）を抽出・定量化する手法に見通しを付け、得られた構造を用いて屈曲度ファクタ等のパラメータの算出を行った。微構造データを用いた電極平均化モデルの1次元解析、微構造を直接に用いた3次元LBM解析を行った。

(5) 耐久性評価手法の確立

高温円筒横縞形セルスタックでは、5,000時間の耐久性試験の結果、セルでの電圧低下主要因はカソード過電圧の増大であることが明らかになり、10,000時間の耐久性試験を開始した。

中温円形平板形セルを対象として性能表示式を新たに開発し、10,000時間程度の耐久性試験を開始した。中温筒状平板形セルスタックを対象に運転温度（800℃、750℃）をパラメータとし、8,000時間の耐久試験を実施し、1,000時間毎の性能評価により電圧低下主要因が内部抵抗のみであることを明らかにした。また、中温筒状横縞形セルの性能評価手法開発に着手した。

(6) 原料・部材の低コスト化及び低コストセルスタック・モジュールの技術開発

普及時のセルスタックコスト5万円/kW程度の見通しを得るために、金属材料や電解質材料の低減や品質変更を行った部材に関する基本性能の確認試験を行った。各セルスタックの電極材料では、また、2種の燃料極材料（Ni-YSZとNi-セリア系）の内、Ni-セリア系は初期性能が良好であることから、共通化の可能性が示唆された。

研究開発項目②「実用性向上のための技術開発」

(1) 運用性向上のための起動停止技術開発

SOFCSシステムの起動停止に適合する円筒縦縞型セルを用いたスタック構造を開発し、起動停止を模擬した熱サイクル試験によるスタック性能試験を実施した。また、SOFCCoジェネレーションシステムの起動停止性能に優れた円形平板型セルを用いた熱衝撃緩和セルスタック構造を開発し、起動停止試験により熱サイクルに対する性能評価を実施した。

(2) 超高効率運転のための高圧運転技術の開発

SOFCCとマイクロガスタービンとを組み合わせるための圧力範囲において、起動停止及び緊急時の安全停止を可能とする等のシステム高圧下での運転を実現するために、セルスタック、モジュール及び複合発電システムの開発を進めシステム技術の確立を図った。セルスタックは、インターコネクタ材への酸素侵入を抑制したセルスタック構造を開発した。

モジュールは、コンパクト化のためにセルスタックを従来の充填密度の約2倍とした密充填構造を開発した。複合発電システムについては、システム信頼性の向上のためにSOFCC保護動作機能を開発し制御システムとして実装した。

平成22年度においては、以下を実施した。

固体酸化物形燃料電池の信頼性・耐久性、運用性及び効率の向上とコスト競争力を実現するために必要な要素技術を確立することを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所 招聘研究員 横川 晴美氏 をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。主な実績は以下の通り。

研究開発項目①「基礎的・共通的課題のための研究開発」

(1) 耐久性・信頼性向上のための基礎研究

実セルスタックにおいて、電解質、燃料極での相変態現象を初めて観測するなど劣化要因に関する貴重なデータを取得した。また、長時間発電評価後の実セル試料を走査透過電子顕微鏡（STEM）にて観察を行い、セル構成成分の拡散や結晶構造の変化など劣化に関与する重要な現象を明らかにし

た。さらに、セル損傷のその場測定やラマン散乱分光装置を用いた運転時のセル変形応力状態の解析を行い、それらの結果を基にシミュレーションを実施し、セル損傷発生機構の解明に貢献した。

(2) 原料・部材の低コスト化及び低コストセルスタック・モジュールの技術開発

セルスタックを作製できる原料・部材の共通仕様を提案し、実際に製造、セル試作及び材料評価を実施することにより、目標のセルスタック5万円/kW以下が実現可能な電極材料の基本仕様が定まる等の成果を挙げた。本テーマは、これまでの成果を活用し各メーカーが自社内で製品化を行う開発段階に移行したため、平成22年度で終了とした。

研究開発項目②「実用性向上のための技術開発」

(1) 運用性向上のための起動停止技術開発

円筒縦縞形セルスタックでは、起動停止回数250回の見通しが得られたものの、長期運転に伴い発生するセル電解質粉末化の事象のため耐久性4万時間の見通しは得られなかった等の理由から、中間評価の結果を踏まえ、平成22年度で中止とした。

(2) 超高効率運転のための高圧運転技術の開発

SOF C-MGT (マイクロガスタービン) 複合発電システム実証機に採用する予定の改良仕様のセルスタック・モジュール試作を開始した。

平成23年度においては、以下を実施した。

固体酸化物形燃料電池の信頼性・耐久性、運用性及び効率の向上とコスト競争力を実現するために必要な要素技術を確立することを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所 横川 晴美氏をプロジェクトリーダーとし、研究開発を実施した。主な成果は以下の通りである。

研究開発項目①「基礎的・共通的課題のための研究開発」

耐久性・信頼性向上のための基礎研究では、長期耐久試験や実証研究に供された各企業のセルスタックについて、SIMS (二次イオン質量分析計) やラマン分光等を用いた分析を実施し、電極/電解質界面近傍での不純物濃度 (SやCr等) や物質移動過程、微構造変化と劣化との相関を解明した。また、集電金属等の一般不純物による被毒劣化挙動の分析を行い、劣化メカニズムを解明した。

研究開発項目②「実用性向上のための技術開発」

平成24年度から実証試験を開始する予定のSOF C-MGT (マイクロガスタービン) 複合発電システム実証機に搭載予定である改良型セルスタックのカートリッジ試験を実施し、発電特性、温度制御等の基本性能に問題がないことを確認し、実証試験機に関する全体配置等の基本計画やシステム設計を開始した。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①基礎的・共通的課題のための研究開発

「耐久性・信頼性向上のための基礎研究」では、耐久試験後のセルスタックの劣化部位を集学的に解析・解明することにより、製造手順と劣化部位との相関を明らかにするなど、セルスタックの改善指針を得ることができた。また、不純物による劣化の一般的モデルを構築して、加速試験のベースとなる知見を得ることができた。さらに、熱膨張や還元膨張を定量的解析可能な機械的信頼性評価技術の構築が進んだ。この結果、参加企業のセルスタックの耐久性は大幅に向上し、最終目標である「劣化率0.25%/1000時間、250回」の起動停止を見通すことができた。

研究開発項目②実用性向上のための技術開発

「原料・部材の低コスト及び低コストセルスタック・モジュールの開発」では、金属インターコネクタの耐久性を大幅に向上することができ、合金設計の方針を確立することができた。また、セルスタックの低コスト化を実現し得る材料の開発方針を決定することができた。

さらに、「運用性向上のための起動停止技術開発」では起動停止250回の耐久性達成の見通しが得られつつあり、「超高効率運転のための高圧運転技術」では起動停止や緊急時における安全停止動作を確認することができた。

《7》水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発 [平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

水素供給インフラ市場立上げに向け、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステムの実用化検証、要素技術開発、次世代技術開発並びにシナリオ策定等調査研究・フィージビリティスタディを行い、水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術を完成させることを目的に、以下の研究開発を開始した。

研究開発項目①「システム技術開発」

複数機器を連結した「水素供給システム」として、水素ステーション機器や車載等水素貯蔵/輸送容器の低コスト化・コンパクト化に繋がる開発・検証に着手した。水素ステーション機器システム技術においては、70MPa級水素ステーションシステム構築のための、主要な機器構成をリストアップし概念設計とPID (P i p i n g a n d I n s t r u m e n t a t i o n D i a g r a m) を完成した。また、システムの検証に先立ち、圧縮機等の単体予備試験を実施した。車載等水素貯蔵輸送容器システム技術においては、水素貯蔵合金を搭載したハイブリッドタンクの開発の中で、

熱交換器の性能向上や構造の自由度拡大、貯蔵合金カートリッジ挿入のための高圧タンクの広口化製造技術開発、内蔵する水素吸蔵合金の高容量化を進めた。水素貯蔵合金を搭載したハイブリッドタンクの開発では、熱交換器の性能向上や構造の自由度拡大、貯蔵合金カートリッジ挿入のための高圧タンクの広口化製造技術開発、内蔵する水素吸蔵合金の高容量化に向けた研究に着手した。また、カートリッジの構造材にはSUS316Lの肉薄な素材を適用し、軽量化・コスト低減の効果要因を得た。

研究開発項目②「要素技術開発」

水素製造機器要素技術においては、分離膜モジュールの耐久性評価（単体試験）により、開発目標の耐久性を達成できる見通しを得た。輸送容器要素技術においては、水素貯蔵材料の実用特性制御のための合金設計について検討し、データを蓄積した。水素ステーション機器要素技術においては、フィージビリティスタディを実施し、その結果を踏まえ、機器別のコスト低減策を検討した。

研究開発項目③「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」

光触媒、光電極、固体高分子形水電解による水素製造や水素液化磁気冷凍、パイプラインの信頼性評価技術及び新規水素吸蔵合金等、水素エネルギー導入・普及に対し、新規の概念に基づく革新的な技術開発を開始した。また、高圧水素、液体水素及び有機ハイドライドの水素キャリアに応じたエネルギー効率、輸送コストやコスト低減課題等につきフィージビリティスタディを実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「システム技術開発」

70MPa級水素ステーションシステムの建設工事を完了。70MPaFCVへの実充填とFCV用複合容器、鋼製複合容器等への充填により、1年間ノーメンテナンスのための耐久性評価・検証を開始した（平成22年度まで評価は継続）。

水素貯蔵合金を搭載したハイブリッドタンクの開発では、広口高圧タンク用アルミライナーの材質選定や製造工程開発を実施した。また、MHカートリッジの熱交換方式に関しては3次元計算モデルを用いて検討し、設計に反映した。また、新規水素貯蔵合金の創製を目指した研究においては、中間目標値を超える水素吸蔵量を有する合金を合成できた。

研究開発項目②「要素技術開発」

水素製造機器においては、高性能化・軽量化等効率向上を目標とする機器の基本設計を行った。その中で、模擬改質器試験とシミュレーション計算によって開発目標値である改質効率達成の見込みを得た。また、水素貯蔵材料の高性能化に向けた開発では、材料の複合化により水素放出温度を大幅に低下させることができた。70MPa級水素ステーション機器技術においては、水素用高圧バルブのシール材基礎評価を実施し、材質絞り込みや封止構造設計を完了した。水素用ディスペンサーについては流量計等要素部品開発を完了した。

研究開発項目③「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」

平成20年度に引き続き、水素エネルギー導入・普及に対し、光触媒、光電極、固体高分子型水電解による水素製造や水素液化磁気冷凍、パイプラインの信頼性評価技術及び新規水素吸蔵合金等の新規の概念に基づく革新的な技術の開発を継続した。磁気冷凍技術に関しては粒状磁性体と板状磁性体のハイブリッド構成により水素液化効率を向上できることがわかった。フィージビリティスタディに関しては、水素エネルギーシステムの社会便益性の検討を進め、さらに、IEA/HIA水素実施協定やIEA/AFCIA等に基づく国内外技術開発動向調査を実施した。

平成22年度においては、以下を実施した。

水素供給インフラ市場立ち上げ（2015年頃を想定）に向け、水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術を確認することを目的に、平成22年度から九州大学水素エネルギー国際研究センター客員教授 尾上 清明氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「システム技術開発」

水素ステーション用動的解析モデルの検証により充填時間短縮のための設計指針提示を可能とし、試験用の70MPa級水素ステーションシステムにおいて、5kg/3分間の高速充填、冷却水素温度約-30℃の充填能力を確認した。加えて普及期前の1年相当充填回数の耐久性試験を実施し、蓄圧器、圧縮機等主要設備の健全性が確認できた。また、車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術に関する研究開発については、中間評価の結果を踏まえ、平成22年度で終了とした。

研究開発項目②「要素技術開発」

水素製造機器要素技術に関しては、水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化に向け、膜モジュールの13000時間の耐久性を実証し、システムに関して4000時間を越える運転実績を上げ、3時間未満の起動も実証した。水素貯蔵材料・水素貯蔵/輸送容器要素技術に関しては、水素吸蔵性能向上につながる知見や材料技術の蓄積を進展させ、材料の性能も向上したものの、最終目標を達成する新規材料の開発の可能性見極めまでは至らず、中間評価の結果を踏まえ、平成22年度で終了とした。水素ステーション機器要素技術に関しては、低コストで容量200L、破壊圧力320MPa（4倍耐圧）以上を可能とする複合蓄圧器の試作に成功し、70MPa充填対応大型鋼製蓄圧器に使用可能な新規鋼種SA723も見出した。

研究開発項目③「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」

高効率水素液化磁気冷凍の研究開発では、試験装置を設計・作製・実証することで、水素液化サイクルの効率改善を確認した。また、可視光応答性半導体を用いた光触媒及び多孔質光電極による水分分解水素製造の研究開発において、光触媒-電解ハイブリッドシステムの小型実証試験を行い、太陽電

池と水電解を単に組み合わせたシステムより低コストで水素製造が可能である試算結果を得た。これら2件の開発については、計画通りの成果を達成したため、予定通り平成22年度で終了とした。

I E A / H I A 水素実施協定及び I E A / A F C I A 等に基づく国内外技術開発動向調査については公募を行い、事業を実施した。さらに、燃料電池自動車等に係る国際標準化、規制見直しに資する評価試験法の開発についても公募を開始した。燃料電池自動車の国際基準に関して、局所火災暴露試験用バーナの開発、及び局所火災暴露試験を行い、基準策定に寄与する等の成果を挙げた。

平成23年度においては、以下を実施した。

水素供給インフラ市場立ち上げ（2015年頃を想定）に向け、水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術を確立することを目的に、国立大学法人九州大学水素エネルギー国際研究センター教授 尾上清明氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「システム技術開発」

開発した水素ステーション用動的解析モデルにより、3バンク・2バンク差圧充填方式、及び2段直接充填方式の評価を行い、ステーションシステムの要求仕様を満足する機器仕様や最適なシステム構成を明確にした。また、これまでの開発技術の検証のため、試験用として設計・建設した70MPa級ステーションにおいて、実際に燃料電池自動車（FCV）に充填を行い、3分充填が設計通り可能であることを確認できた。加えて、開発した解析技術を活用して低コスト小型プレクール熱交換機的设计・製作を行い、試験ステーションに設置した。

研究開発項目②「要素技術開発」

1) 水素製造機器要素技術

水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発においては、13,000時間の耐久性を実証した膜モジュールの解体調査によりリーク発生原因を明らかにし、40Nm³/h級システムにおいては4,400時間を越える運転実績を上げた。また、月1回（≧12回/年）の起動停止耐久性を実証した。

2) 水素ステーション機器要素技術

70MPa級水素ステーション用ディスペンサー開発では、開発した大容量水素コリオリ流量計、簡素化した制御部、防爆ボックスと、他テーマで開発した新型流調弁、遮断弁を用い、ディスペンサー試作器を設計・製作した。

低コスト型70MPa級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発においては、開発完了した200L容器の実ステーション導入検証に向けた必要データの取得と、最終目標である300L大型容器を、これまでの内部加熱法開発やトウプリプレグ開発等の成果を活かして試作した。

研究開発項目③「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」

水素インフラ等に係る基準整備に関する研究開発では、70MPa級水素ステーションを構成する配管、バルブ等各部品に使用可能な金属材料の鋼種拡大のため、SUS316材等に関する材料評価試験（100MPa超）を実施した。

燃料電池自動車等に係る国際標準化および規制見直しのための研究開発では、水素貯蔵システムの安全性評価、燃料電池自動車等の安全性評価、水素充填インターフェースの安全性評価、及び関連する国際標準化に係る技術検討を進めた。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①システム技術開発

試験用70MPa級水素ステーションにおいて、開発した機器を用いステーションシステムを構築して、実運転を通して検証した。また、水素ステーションの建設コスト2億円以下（300Nm³/h規模の場合、土地取得価格を除く）、各機器メンテナンス回数1回以下/年に向けた更なるコスト低減、高耐久性の検討と規制合理化に関わる技術基準等の検討を行った。

研究開発項目②要素技術開発

水素製造機器要素技術では、引き続き、水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化の研究開発を行う。膜モジュールで8,000時間の耐久性を実証し、システムの運転継続で、8,000時間以上の耐久性を確認した。

水素ステーション機器要素技術では、70MPa級水素ステーション用ディスペンサー開発において、平成23年度に試作したディスペンサーについて、水素ガスでの実ガス充填性能評価を行うとともに、コスト評価等を行った。

研究開発項目③次世代技術開発・フィージビリティスタディ等

水素インフラに係る基準整備に関する研究開発、水素ステーションの設置・運用等に係る規制合理化のための研究開発、燃料電池自動車等に係る国際標準化及び規制見直しのための研究開発等を行った。

《8》水素社会構築共通基盤整備事業 [平成17年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

本事業は、燃料電池の大規模な導入・普及や技術レベルの進展に対応した既存規制の見直し等、国際標準の提案、製

品性能を単一の物差しで評価する試験・評価手法の確立の3つを燃料電池自動車、定置用燃料電池システム、水素供給インフラ等に共通する燃料電池実用化のためのソフトインフラとして位置付け、産業界との密接な連携の下で、グローバル・マーケットを視野に入れた先取の高度な技術基準、標準化案を国内及び国際標準に提案するためのデータ取得に必要な技術開発を実施することを目的として、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「燃料電池自動車に係る規制再点検及び標準化のための研究開発」

(1) 水素・燃料電池自動車の安全性評価

自動車用圧縮水素容器については、強度試験等を実施し、技術基準の合理化検討に資するデータを得た。車両に関しては、局所火炎暴露試験等の道路運送車両法の技術基準の合理化（容器などの保護）、自動車用圧縮水素容器の技術基準の合理化及びHF C V - g t r の策定に資するとともに、充填コネクター安全性評価も行い、70MP a 級充填コネクター構造の標準化の活動に資するデータを得た。また、消火試験などを行い、消火・救助活動に関する安全情報のデータを取得した。不純物や付臭剤の水素循環系での挙動、発電性能低下の加速条件などについて調査し、燃料品質規格の策定、水素の安全な取り扱いのためのデータを取得すると共に材料性能を評価するための膜触媒発電評価法、耐久性能を評価するための発電評価法の検討を行った。また、車両改造不要な燃費計測手法の高精度化に向けた検討を行った。

(2) 燃料電池性能評価法の標準化

燃料電池性能評価法の標準化については、不純物や付臭剤の水素循環系での挙動、発電性能低下の加速条件などについて調査し、燃料品質規格の策定、水素の安全な取り扱いのためのデータを取得すると共に材料性能を評価するための膜触媒発電評価法、耐久性能を評価するための発電評価法の検討を行った。さらに、車両改造不要な燃費計測手法の高精度化に向けた検討を行った。

(3) 基準・標準化活動

国内では、燃料電池自動車（FCV）基盤整備委員会で構成される解析・技術部門の安全WG、高圧容器技術WG、燃料性状WG、性能WGでの技術審議とともに、標準化部門の燃料電池自動車（FCV）特別分科会、用語標準化WG、安全標準化WG、燃料標準化WG、性能標準化WGにおいて各活動範囲毎に活動方針の審議、ドラフト作成及びコメント作成を行い、国内基準・標準作りへ反映させた。海外では、ISO/TC22/SC21（電気自動車）、ISO/TC197（水素技術）、SAE（米国自動車技術会）、FCTESQA、UN-ECE/WP29/AC3HF CV など関連する国際標準、国際基準策定活動に参画し本事業の成果を反映させた。

研究開発項目②「定置用燃料電池システムに係る規制再点検及び標準化のための研究開発」

(1) 定置用固体高分子形燃料電池システムの普及拡大に向けた検討

集合住宅への設置における安全要件及び設置基準に係るデータ収集と妥当性検証を実施した。

(2) 定置用燃料電池システムの系統連系時における課題抽出・検証評価

定置用燃料電池以外の分散電源における系統連系時の課題検討状況調査を完了した。また、既存電力供給設備との系統連系における省力化を目的に複数台連系時の単独運転検出機能が干渉しにくいと考えられる方式について、解析シミュレーション及び実験にて検証評価した。

(3) 国内外の標準化活動

国内標準と国際標準との比較精査を実施し、IEC/TC105へのJISの反映を推進すべく、国際標準へ提案すべき内容を抽出した。国内外の基準及び標準化に関する情報の収集及び国内外の標準化活動を推進した。小規模定置用燃料電池の性能試験法標準化に係るデータ収集を実施した。固体酸化物形燃料電池の国際標準化原案を作成した。

研究開発項目③「水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発」

(1) 水素スタンド等に係る基盤整備

「水素インフラに関する技術研究」においては、70MP a 級充填対応水素スタンドのリスク評価、同スタンドディスプレイの安全検証、同スタンド蓄圧器材料の安全性検証を継続して実施した。また、普及型のモデルスタンドについて、想定される事故を抽出したリスク評価をもとに安全検証課題として抽出されたリスクの実験検証と安全対策案の評価を進めた。

(2) 水素雰囲気下における材料の安全性検証

「水素用材料基礎物性の研究」においては、自動車工業会等関連業界からの要望に基づく候補材料拡大に関し、70MP a 級車載容器、高圧水素供給設備用配管、バルブ、継手用材料等の機械特性及び疲労特性データを継続取得し、有効性を評価した。また、非金属材料、液体水素用構造材料、極低温ガス環境下での材料の基礎物性を継続取得した。

「水素用アルミ材料の基礎研究」においては、高圧圧縮水素容器ライナーに使用される高強度材料や部品材料の候補拡大等を目的として、特に実用材である高強度6000系合金の疲労特性、疲労き裂進展特性、靱性評価、水素侵入量と水素脆化との相関等安全設計に資するデータを取得し、高強度6061材（6061HS）の有効性を確認した。また材料の効率的スクリーニング手段の確立と水素による材料劣化メカニズムの解明を目指し、高圧水素ガスの代替効果が期待できる水蒸気圧による材料劣化の検証及びにアルミ材料中の水素挙動の解析を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「燃料電池自動車に係る規制再点検及び標準化のための研究開発」

(1) 水素・燃料電池自動車の安全性評価

容器強度試験およびデータ解析等をさらに進め、70MP a 容器の基準案策定に貢献、また水素充

填コネクタ構造（日本案）の国際標準化に貢献した。

(2) 燃料電池性能評価法の標準化

各プロトコル案を検証し、評価法の協調・統一化のための基本案を作成した。

(3) 基準・標準化活動

(ア) 国内での基準・標準化活動

各WGにおいて活動方針の審議、ドラフト作成およびコメント作成を行い、国内基準・標準作りへ反映させた。

(イ) 海外での基準・標準化

上記国内活動結果を基にISO/TC22/SC21（電気自動車）、ISO/TC197（水素技術）、SAE（米国自動車技術会）など関連する国際標準、国際基準策定活動に参画し、本研究開発が貢献した国際規格はIS（国際標準）5件、TS（技術仕様書）2件、TR（技術報告書）1件であり、審議中が6件である。

研究開発項目②「定置用燃料電池システム等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発」

(1) 定置用固体高分子形燃料電池システムの普及拡大に向けた検討

定置用固体高分子形燃料電池システム5式を使用し、耐久性、設置環境（寒冷仕様）、電磁両立性（EMC）のうちエミッションに関してそれぞれ試験を実施しデータを収集することにより、システムとしての妥当性を検証した。

(2) 定置用燃料電池システムの系統連系時における課題抽出・検証評価

平成18年度に選定した「スリップモード周波数シフト方式」を計6社のPCS（Power On d I T i o n n i n g S y s t e m）に組み込んだ複数台連携によるシミュレーション解析とPCS実機による実証試験により、下記の結論を得た。

①主回路及び制御方式の異なるPCS単体での検出有効性に問題がないことを確認した。

②選定方式を有する18台を連系した実証試験により、18台までの連系で実運用上問題がないことを確認した。

③選択方式の仕様を明確にして規格化することが望ましい。

また、今後の実用化に向けての課題を抽出した。

(3) マイクロ燃料電池システム等の安全性・互換性・性能確認試験方法の開発・データ収集・評価

メタノール燃料電池発電システムにおける安全性評価試験法として、ローカルエフェクト（LE）の対象ガス成分であるギ酸の計測方法を検討し、米国公定法に採用されているインピーチャー吸収法により安定な計測が可能であることを確認した。また、前記手法による基盤データを取得した。

また、メタノール燃料電池発電システムの性能評価試験方法における燃料不純物特性に関する燃料評価試験方法を検討し、エタノール、アセトアルデヒド、酢酸等の低分子有機化合物に関する基盤データを取得・評価した。さらに、メタノール燃料マイクロ燃料電池システム等の国内外燃料品質基準、標準案策定に生かすための基盤データ整備を行った。

(4) 国内外の標準化活動

IEC/TC105（燃料電池技術）において、国内で開発された技術内容の国際標準化を推進した。なお、推進体制は標準化総合委員会とその下に国際標準化委員会および国内WGを設置した体制とした。

研究開発項目③「水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発」

(1) 水素スタンド等に係る基盤整備

70MPa級充電対応水素スタンドのリスク評価、同スタンドディスプレイの安全検証、同スタンド蓄圧器材料の安全性検証を継続して実施した。特に70MPa充電対応水素スタンドの規制見直しに向けて保安距離や隔離距離等を検討するため、水素を用いた実験及び数値シミュレーションにより、拡散濃度及び爆風圧、火炎長さ等のデータを取得し解析・評価を行った。これにより、高圧ガス保安法関連法規の例示基準案を作成し、所管官庁に提出した。

(2) 水素雰囲気下における材料の安全性検証

70MPa級車載容器ならびに高圧水素供給設備用配管、バルブ、継手用材料等の機械特性及び疲労特性データを継続取得・有効性を評価しSUS316L材の有効性並びに製造工程管理（偏析等）の重要性を確認した。また、非金属材料、液体水素用構造材料、極低温ガス環境下での材料の基礎物性を継続取得した。加えて君津水素ステーションにて長期間使用された液体水素関連機器の実材料の材料特性評価を実施し、長期使用材の劣化有無の把握および安全性の検証を行った。アルミ材料については、高強度6,000系合金の70MPa対応の例示基準材化を目指して材料作成・評価を行い、疲労特性、疲労き裂進展特性、靱性評価、水素侵入量と水素脆化との相関等のデータを取得した。特に6061HS材についてKHKから例示基準のパブリックコメント聴取まで至った。また水素用材料の高効率スクリーニング法として高圧水素ガスの代替効果が期待できる水蒸気圧による材料劣化の検証ならびにアルミ材料中の水素挙動の解析を継続実施した。

《9》新利用形態燃料電池標準化等技術開発 [平成18年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

早期の燃料電池市場の創生及び当該分野における国際競争力の強化を図ることを目的として、新規利用形態の拡大、使用環境の拡がり等を考慮した高出力特性等の性能特性向上によって必要となる燃料容器等の周辺機器を含めたシステムの安全・環境基準の設定・標準化、規制緩和に資する試験データの取得、試験方法の開発及びこれらの規格・標準化に準じた新利用形態用燃料電池技術を開発することを目的として、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「標準化研究開発」

メタノール燃料関連では、発電システムの性能試験方法における基盤データ（間欠発電特性、放置後発電特性、温度環境発電特性等）の取得、カートリッジ、燃料品質に起因する不純物の影響に関するデータの取得等を行い、平成19年度にIS（国際規格）が成立しなかったIEC/TC105マイクロ関連の2テーマについて、1テーマは日本人コンビナーを中心として作成したFDIS（最終国際規格案）が登録された。

研究開発項目②「性能特性向上研究開発」

平成19年度までの成果を基に、フィールドテストを含めた性能評価の実施や更なる性能向上、耐久性向上のための開発等を推進した。

・パーソナル機器のコードレス化を実現する燃料電池技術の開発

携帯燃料電池の実用化に向け、新スタック技術、燃料制限供給方式による燃料利用効率の向上、低コスト化、安全性向上に向けた要素技術を開発し、スタック小型化技術の実証として携帯端末用電源を試作した。

・小型移動体用高性能燃料電池システムの研究開発

平成22年度目標を達成した1kW級スタックを開発し、移動体特有の環境に耐えうる発電システムを開発した。この発電システムを搭載した二輪車を数台製作し、保安基準等の認証を得て、公道走行可能な状態（ナンバー取得）に仕上げた。

・純水素型燃料電池を搭載する移動式電源車及び小型・軽量水素供給システムの開発

部分負荷でのシステム効率を向上させた純水素型燃料電池システムを搭載する移動式電源車を製作した。また、関西国際空港の水素ステーションでの水素充填を実施した。

・FC構内運搬車及び水素供給システムの開発

制御系（電源制御、制御アルゴリズム等）の性能を大幅に向上した3.5MPaの水素カセット容器搭載の自立走行試験用の試作2号機を完成させた。

《10》水素先端科学基礎研究事業 [平成18年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

水素物性等に係る基礎的な研究を実施し、高度な科学的知見の集積を行い、水素社会到来に向けた基盤整備を行うことを目的に、液化・高圧化した状態における水素物性の解明や液化・高圧化による材料の水素脆化の基本原理の解明及び対策検討など、高度な科学的知見を要する根本的な現象解析を目的に、独立行政法人産業技術総合研究所水素材料先端科学研究センター センター長 村上 敬宜氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高圧水素物性の基礎研究」

高圧水素物性測定装置を用いて、100MPa、160℃までの水素のPVTデータの計測に成功した。粘性係数及び熱伝導率においても低圧において既存の文献値に近い値が得られ、測定法及び測定装置の妥当性が確認できた。水に対する水素の溶解度を質量分析装置により測定し、所定の目標範囲である29MPaまでのデータを取得した。既存の状態方程式や推算式による水素熱物性データベースのプロトタイプを開発した。

研究開発項目②「高圧/液化による金属材料等の水素脆化の基本原理の解明と材料強度特性に関する研究」

透過型電子顕微鏡TEMを用いて水素と転位の相互作用を映像化できる技術を開発するとともに、単結晶金属の疲労き裂先端をTEMで観察し、水素による疲労き裂進展加速がすべりの局在化で引き起こされることを原子レベルで明らかにした。100MPa疲労試験機を移管し、SM490Bでは0.1MPaと90MPa水素ガス中の疲労き裂進展加速はほぼ同じであることを明らかにした。また、平成21年度に向けて、120MPa疲労試験機2台の導入に着手した。

研究開発項目③「液化・高圧化状態における長期使用及び加工（成形・溶接・表面修飾）、温度などの影響による材料強度特性研究」

SUS316Lの疲労き裂進展は低荷重負荷速度で水素によって加速することを発見したことに続き、SUS316Lの製造時に侵入する数ppmの水素が疲労き裂進展を加速することを発見した。強度の異なる低合金鋼では、材料固有の応力拡大係数の限界値を境にして急激なき裂進展加速が生じることを発見した。2002年製造の霞ヶ関水素ステーションの蓄圧器と1975年製造の輸送用蓄圧器の健全性評価に関する報告書を公開した。また高圧水素ガスによるゴム材料のプリスタ現象について、ゴム試験片のサイズを検討した結果、現象を再現することが出来た。この結果に基づき、プリスタ現象をモデル化し、プリスタ発生条件を把握した。

研究開発項目④「高圧水素トライボロジーの研究」

軸受、バルブ、シール等摺動材料の低圧水素雰囲気中でのトライボロジーについて、水素の影響を明確に捉えるために水素ガス中の不純物の測定と制御を可能として、基礎データの蓄積を行うとともに、高圧（40 MPa）での摩擦試験へ向けて試験装置を導入し、雰囲気圧力5 MPaまでの摩擦試験を開始した。

研究開発項目⑤「材料等内の水素拡散、漏洩などの水素挙動シミュレーション研究」

これまでに構築したシミュレーションモデルを発展させ、有限要素法によるき裂先端応力場と水素拡散の連成現象に関する解析の高い数値安定性を確立した。また、分子動力学法をはじめとする原子シミュレーション技術を用いて、材料中の欠陥周辺に存在する水素の分布状況、水素と転位の干渉効果を明らかにした。

また、これらに加え、研究開発の成果をより実効的に普及・定着させるために、近い将来を担う産業界若手技術者等の人材育成活動を平成20年度から実施し、本技術分野における基礎・基盤技術の底上げを図った。

平成21年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所水素材料先端科学研究センター研究センター長 村上 敬宜氏をプロジェクトリーダーとし、世界最先端の高圧水素材料研究設備を本格的に稼働させ、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高圧水素物性の基礎研究」

圧縮機などの機器や水素ステーションなどの設備を設計する際に不可欠な水素熱物性データの体系的なデータベース構築を目指し、広範囲の水素物性データ測定系の開発、およびそれを用いたデータ取得を実施した。具体的には、NMR（核磁気共鳴装置）による高分子内の水素の溶解度の測定系の構築、100 MPa、500°Cの範囲の定容積式PVT（水素ガスの圧力-温度-体積の相互関係）測定装置設計、露点計測および音速測定装置の設計を完了した。また従来より温度、圧力範囲を拡大した密度、粘性係数の測定、パラ水素の熱伝導率の濃度依存性を確認した。加えて、水素熱物性データベースのプロトタイプによる公開セミナーを実施、データベースに対する産業界の意見聴取を実施した。

研究開発項目②「高圧/液化による金属材料等の水素脆化の基本原則の解明と材料強度特性に関する研究」

ナノ・メゾレベルにおける強度・変形過程の解明、高圧ガス水素下における疲労き裂発生と伝ば機構の解明に取り組んだ。具体的には、応力印可時のき裂先端の状態の直接観察を可能とするため、透過型電子顕微鏡（TEM）ホルダーを用いた超高圧TEMその場観察を実施し、き裂先端に形成される転位組織に及ぼす水素の影響を明らかにした。また、オーステナイト系ステンレス鋼、アルミニウム合金の90 MPa水素ガス中の引張特性、疲労き裂進展特性等を実施し、燃料電池自動車およびインフラの開発、基準策定のためのデータ提供を実施した。さらに、広範な条件における水素による材料劣化を評価するため120 MPa疲労試験機を開発、2台を完成させた。

研究開発項目③「液化・高圧化状態における長期使用及び加工（成形・溶接・表面修飾）、温度などの影響による材料強度特性研究（金属材料）」

水素機器への使用が検討されている各種組成、加工形態の金属材料の強度評価を実施した。また、実際に水素機器に使用された材料の健全性及び強度評価のための材料回収を実施した。具体的には、ステンレス鋼、低合金鋼、炭素鋼、アルミ合金並びに部品・部材について、長時間疲労特性に及ぼす水素の影響評価、高圧水素ガス中で材料内に侵入する水素の測定、水素の影響データ取得を実施した。その上で、これらのデータを基に水素強度データベース、侵入水素データベースのプロトタイプを作成した。また、「燃料電池システム等実証研究」で使用された有明ステーションの部品・部材を回収した。

研究開発項目④「液化・高圧化状態における長期使用及び加工（成形・溶接・表面修飾）、温度などの影響による材料強度特性研究（高分子材料）」

高圧水素ガス環境下のゴム材料のマクロなブリスタ破壊現象を目視観察できる系を構築した。また、NMR、IRを用いてゴム材料中の水素の定量、ゴム材料の組成や化学構造など、ゴム材料のミクロな構造や変化の測定を可能とした。これらの開発によりゴム材料のミクロな構造とマクロなブリスタ破壊現象との相関を得た。

研究開発項目⑤「高圧水素トライボロジーの研究」

軸受、バルブ、シール等摺動材料について、40 MPaまでの高圧水素中でのトライボロジー評価試験装置を本格稼働させ、これまでの低圧水素環境下に加え高圧水素環境下のデータ蓄積を進めた。また、トライボロジー支配的因子の抽出を試み、水素トライボロジー基礎特性のデータベース（トライボアトラス）を構築中。加えて、バルブシール摺動部材料について、産業界（バルブメカ）からの課題提供を受け、実材料の信頼性評価を開始した。

研究開発項目⑥「材料等内の水素拡散、漏洩などの水素挙動シミュレーション研究」

有限要素法によるき裂先端応力場と水素拡散の連成現象に関する解析精度向上と解析時間短縮が可能なソフトを開発した。また、原子シミュレーション技術を用いて、材料中の欠陥周辺に存在する水素の分布状況、転位の運動に及ぼす水素の影響を推算し、材料チームが提唱している金属材料の水素脆化メカニズム（き裂先端でのすべりの局在化が鋼材の水素脆化の本質であるとする）を支持する結果を得た。

また、これらに加え、研究開発の成果をより実効的に普及・定着させるために、平成20年度に引き続き、産業界等の若手技術者の人材育成活動を継続実施し、本技術分野における基礎・基盤技術の

底上げを図った。

平成22年度においては、以下を実施した。

水素社会到来に向け、水素物性や水素脆化の基本原理の解明、対策検討等、根本的な現象解析を目的に、独立行政法人産業技術総合研究所水素材料先端科学研究センター長 村上 敬宜氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また、中間評価の結果を受け、自動車業界及び水素インフラ業界と水素機器の材料に係る規制見直し・標準化の課題への対応について検討し、産業界における機器開発や規制見直し等へに貢献するための体制を強化した。

これらに加え、研究開発の成果をより実効的に普及・定着させるために、平成20年度から実施している、産業界等の若手技術者の人材育成活動を継続実施し、本技術分野における基礎・基盤技術の底上げを図った。

研究開発項目①「高圧水素物性の基礎研究」

平成21年度に導入した磁気式密度計により100MPa、250℃までの条件下のPVT（圧力・体積・温度）の測定を実施した。また、粘性係数、熱伝導率、水素溶解度、露点等の実測データを拡充し、圧縮機などの機器や水素ステーションなどの設備を設計する際に不可欠な水素熱物性データの体系的なデータベース化を進めた。

研究開発項目②「高圧／液化による金属材料等の水素脆化の基本原理の解明と材料強度特性に関する研究」

金属材料の水素脆化メカニズムの解明を目指し、提唱中の脆化機構を確認強化するため計測を継続し、水素が過飽和の状態では疲労亀裂進展特性が向上する等の水素脆化・材料強度特性に関する各種新しい知見を得た。

研究開発項目③「液化・高圧化状態における長期使用及び加工（成形・溶接・表面修飾）、温度などの影響による材料強度特性研究（金属材料）」

産業界からの要望に応じて、各種組成、加工形態の金属材料の強度評価を継続し、設計指針、使用基準策定に資するデータの提供を行った。また、水素機器に使用された材料の健全性及び強度評価を実施した。

研究開発項目④「液化・高圧化状態における長期使用及び加工（成形・溶接・表面修飾）、温度などの影響による材料強度特性研究（高分子材料）」

高圧水素に対する耐性に優れたゴム材料の設計指針策定を目指し、種々のゴム材料分析を進めた。その結果、高圧水素曝露によるゴム材料の不具合を明確にし、耐性に優れたゴム材料の特徴を明確にした。また、追加公募により、70MPa水素ステーション用ホースに応用可能な樹脂材料の強度特性評価を開始した。

研究開発項目⑤「高圧水素トライボロジーの研究」

軸受、バルブ、シール等摺動材料について、水素トライボロジー基礎特性のデータベースを構築する。

研究開発項目⑥「材料等内の水素拡散、漏洩などの水素挙動シミュレーション研究」

材料中の欠陥周辺に存在する水素の分布状況、転位の運動に及ぼす水素の影響のシミュレーションを実施する。

平成23年度においては、以下を実施した。

水素社会到来に向け、水素物性や水素脆化の基本原理の解明、対策検討等、根本的な現象解析を目的に、独立行政法人産業技術総合研究所水素材料先端科学研究センター長 村上 敬宜氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高圧水素物性の基礎研究」

条件を拡大した領域について水素ガスのPVT性質（99MPa、500℃まで）、粘性係数（99MPa、22～223℃）、熱伝導率（99MPa、500℃まで）、露点（水分20～60ppm、10MPaまで）のデータを実測した。状態方程式の高精度化及び水素漏洩シミュレーションのために水素中の音速（100kPa～1MPa、60～100℃）を球形共鳴器により測定した。また、「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発事業」との連携し、圧縮機などの機器設計や水素ステーション性能シミュレーションに資する水素物性データを、石油エネルギー技術センター（JPEC）等に提供した。

研究開発項目②「高圧化状態における金属材料等に係る水素脆化の基本原理解明及び長期使用、加工、温度などの影響による材料強度特性研究」

引張強度1000MPa以上の鉄鋼材料では、水素により助長された変形双晶で粒界き裂が形成され、疲労き裂進展速度が加速することを見出した。

「地域水素供給インフラ技術・社会実証」と連携し、水素ステーションの改造等において使用する低コスト構造材の安全性検証評価および有明水素ステーションにて実証試験が終了した高圧水素・液体水素関連機器の調査を実施した。

疲労き裂進展特性や破壊靱性に及ぼす水素の影響を調査するためのシミュレーション研究において、き裂からの水素侵入及び金属内部での水素拡散現象に対する境界条件を、従来の境界条件（内部水素）から流束指定境界条件（外部水素）に変更することにより、亀裂周りの水素濃度に関する計算値が従来に比べ実測値とより整合することが明らかになった。

研究開発項目③「高圧化状態における長期使用及び加工（成形・溶接・表面修飾）、温度などの影響による材料強度特性研究（高分子材料）」

モデル配合ゴム試験片により水素透過率、水素溶解量等や各種物理特性への水素影響について、ゴム材料配合設計に資するデータベース構築を推進した。

つぶし率、溝充填率を変数として破壊発生状況を評価し、水素用Oリング溝設計基準策定を推進。高圧水素中における使用時を想定し、上記変数の許容範囲をマップ化した。その結果、通常推奨範囲に比べて許容範囲が限定される傾向が見られた。

100サイクルの水素圧力加減圧評価結果の外挿によりシール材が5500回の耐久性を示す上限圧力を推定した。5500回レベルのOリング加減圧試験方法を確立した。

研究開発項目④「高圧水素トライボロジーの研究」

産業界と連携し、軸受、バルブ、動的シール、ピストンリング等の候補材料等に関する常圧中及び40MPaまでの高圧水素中における摩擦摩耗特性データを活用し、圧縮機およびバルブのしゅう動部品の開発に貢献した。

動的シール用樹脂材料の水素中における摩耗が相手面金属に依存し、金属表面上のフッ化金属形成量、水酸化物形成量が多いほど良好な転移膜が形成され摩耗が少ないことを明らかにした。

ガス中の水分と酸素の量をppbオーダーまで制御する技術をさらに発展させ、水素中の微量の水、酸素の挙動を検討した。

鋼の転がり疲れ寿命と水素侵入量、表面酸化膜形成状態の関係を見出した。トライボアトラス（データベース）の試作版についてユーザー利便性の改良を実施した。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①高圧水素物性の基礎研究

物性チームが測定した各種の物性値を23年度までのデータベースに反映させる作業を開始した。

水素利用機器の現状を想定したアプリケーション型の物性計算システムを拡充した。

研究開発項目②高圧化状態における金属材料等の水素脆化の基本原理解明、長期使用及び加工、温度などの影響による材料強度特性研究

水素インフラの規制見直し・使用鋼種拡大に資するデータ提供を継続的に実施し、水素構造材料の評価を行い、評価データ及び関連資料と一緒に水素インフラの規制見直しを検討する委員会等に提供した。

研究開発項目③高圧化状態における高分子材料等の長期使用及び加工（成形・溶接・表面修飾）、温度などの影響による材料強度特性研究（高分子材料）

高圧水素に対する耐性に優れたゴム材料の設計指針策定を目指し、ゴム材料について、き裂発生状況・水素曝露の影響・疲労進展特性等々を評価した。

研究開発項目④高圧水素トライボロジーの研究

超高圧水素中摩擦試験機において、試験ガスの不純物の計測を可能にするとともに、圧力40MPa、温度373Kのもとでの摩擦力測定技術を確立して、種々の材料の高圧水素中の摩擦摩耗特性を明らかにした。高圧水素中に曝露された鋼材表面の力学的特性、化学的特性、侵入水素量などの測定を行い、高圧水素曝露により表面酸化膜の減少、表面硬度の上昇、炭素の析出などが起こり、温度依存性があることを明らかにした。

《11》水素貯蔵材料先端基盤研究事業 [平成19年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

高性能かつ先端的水素貯蔵材料開発に必要な水素貯蔵に関する基本原理の解明及び材料の応用技術に必要な基盤研究を幅広い分野で横断的に行い、水素貯蔵材料の基本原理の解明、計算科学等材料研究への応用技術の基礎を確立することを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門副部門長 秋葉 悦男氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「金属系水素貯蔵材料の基礎研究」

金属系材料の評価手法として、*in situ* X線回折、陽電子消滅測定による構造評価を進展させ、TEM、NMRを用いた構造評価手法の構築も進展させた。また、ロスアラモス国立研との共同研究により、中性子散乱・PDF法を用いた構造解析を実施し、ナノ構造をもつ材料の解析手法の構築を進展させた。

研究開発項目②「非金属系水素貯蔵材料の基礎研究」

無機系ナノ複合水素貯蔵材料の合成技術・分析・評価手法およびTEM等を用いた*in situ* 観察・分析手法を高度化するとともに、同手法により反応機構解明に向けた測定・解析を進展させた。特に、無機系ナノ複合水素貯蔵材料や単結晶を調製し、種々の分析・評価手法及び*in situ* 観察・分析手法により反応メカニズム解明を進展させた。

研究開発項目③「水素と材料の相互作用の実験的解明」

(1) 高輝度放射光を用いた水素と材料の相互作用の実験的解明

水素と材料の相互作用を構造等の観点から高輝度放射光などを活用した計測に必要な装置等を導入・整備に目処をつけ、相互作用の機構の解明に向けた測定・解析を進展させた。特に、典型的な金属及び合金の水素化物について、主に高輝度放射光を用いた各種測定を行い、水素と材料との相互作用により出現する構造等の変化や水素との反応のダイナミクスの研究を進展させた。

(2) 中性子実験装置による水素貯蔵材料に関する共通基盤研究

材料中の最隣接原子間相関から数十ナノメートル程度までの幅広い距離相関を一挙にかつ短時間に測定可能な先端的デバイスとしての「水素貯蔵材料評価用中性子全散乱装置」の本体真空槽の建設を行うなど、設備導入に目処をつけ、次年度からの水素貯蔵材料の実測等の研究開発に向けた下地を構築した。また、水素雰囲気中での中性子散乱法によって得られる測定データの構造解析手法の構築を進展させた。

研究開発項目④「計算科学による水素貯蔵材料の基盤研究」

計算科学的手法を水素貯蔵材料へ応用するための適用研究を進展させた。特に水素貯蔵シミュレータの高性能化を図り、水素貯蔵に係わる種々のメカニズム解明に向けた研究アプローチの構築を進展させた。また、水素吸蔵位置と吸蔵量、拡散、格子欠陥との相互作用、構造安定性、ハイドレート形成条件など、水素吸蔵材料の特性を決定づける基礎的メカニズムの解析とそれらの視覚化を実現した。

平成21年度においては、以下を実施した。

独立行政法人産業技術総合研究所エネルギー技術研究部門主幹研究員 秋葉 悦男氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

平成21年度に受けた中間評価では、優良プロジェクトとの評価を得た。しかしながらいくつかの提言を受け、それに応えるために研究体制の再構築と22年度以降実施する新たな課題を設定して、それを実施する委託先の追加公募を実施することとした。外部有識者による推進助言委員会では、事業の推進や公募に関する課題設定について意見を受け、その結果を実施内容や公募要領に反映した。情報発信については、国内外の水素貯蔵材料の研究者による講演会の開催や、本事業と「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発事業」の間で連携している内容について成果報告会を開催をおこなった。なお、本事業は国際連携加速のため平成21年度補正予算を受けた。

研究開発項目①金属系水素貯蔵材料の基礎研究

21年度の計画内容を実施し、水素貯蔵合金の水素吸蔵・放出過程の結晶構造、バナジウム核NMRスペクトルからの層構造、体心正方構造水素化物中の水素の占有サイトに与えるMoの影響等を解析した。とくに陽電子消滅法を使用することによって、合金の耐久性と格子欠陥の可逆的な挙動に関連がある可能性を見いだした。ロスアラモス国立研究所へ再委託している項目に関しては、in-situ測定用に2種類の耐圧資料ホルダーを作製し、高圧(3~5MPa)での測定に成功した。

研究開発項目②非金属系水素貯蔵材料の基礎研究

21年度の計画内容を実施し、Mg系ナノ複合水素貯蔵材料のその場光学顕微鏡観察に成功した。また透過電子顕微鏡用の加圧型環境セルの開発を行い、それを使用した観察を実施した。また有機溶媒中での電解チャージ技術を構築し、この技術が安定な水素化物から不安定な水素化物を作製する有効な手段であることを見いだした。

研究開発項目③「水素と材料の相互作用の実験的解明」

放射光その場観察によりアルミニウムと水素の反応図を決定し、高温高圧下で合成されるアルミ水素化物の構造を決定した。昇温脱離システムの排気性能を向上させ水素貯蔵合金試料の表面から脱離する水素ガス等の様々なガスを検知し、昇温脱離ガス分析を行った。

研究開発項目④「計算科学による水素貯蔵材料の基盤研究」

21年度の計画内容を実施し、第一原理計算プログラムによる水素貯蔵能と水素吸着エネルギーを求めた。第一原理STM(Scanning Tunneling Microscope:走査型トンネル顕微鏡)像再現プログラムにより、グラフィット上の水素原子の像を再現し、実験的に見られる星状のSTM像の本来の水素サイトを決定した。

新規カーボン材料の水素貯蔵メカニズムの解析を行い、炭素面の構造により吸着エネルギーが変化することから、構造を制御することによって、カーボン材料の水素貯蔵能を向上させることができると予想した。

研究開発項目⑤「中性子実験装置による水素貯蔵材料に関する共通基盤研究」

中性子全散乱装置の調整を進め、5月28日に初めての回折実験に成功した。水素貯蔵放出装置に経時変化測定用回路を組み込み、経時変化測定を可能とした。TOチョッパーを作製し、高エネルギー中性子の除去を可能とした。フェルミチョッパーを作製することにより、水素のダイナミクス測定が可能となった。

また米国ロスアラモス研究所のThomas Proffen博士と中性子に特化したワークショップを開催し、解析精度向上のための研究協力について討議を行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

水素貯蔵材料の基本原理解明、計算科学等材料研究への応用技術の基礎を確立することを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所エネルギー技術研究部門 秋葉 悦男氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「金属系水素貯蔵材料の基礎研究」

金属系材料の構造評価手法の高度化を図り、水素吸蔵時の構造変化を捉えることに成功した。また、その場観察測定環境の改良を行い、試料の結晶構造・局所構造解析を実施した。なお、上記の構造解析手法を用いて、合成および性能評価された水素貯蔵材料の構造解析を細密化し、材料開発指針に繋がる知見を得た。

研究開発項目②「非金属系水素貯蔵材料の基礎研究」

ナノ複合水素貯蔵材料の合成に向け、水素化過程のその場観察技術等の更なる高度化を図り、水素放出過程においてNaHが安定相として析出することを見出した。

研究開発項目③「水素と材料の相互作用の実験的解明」

水素化・脱水素化反応過程のその場観察、反応に伴う表面・固体の構造等の水素化反応研究を重点課題として研究を遂行し、主に水素と金属との相互作用の解明に繋げた。また、これまでにない1水素化合物の形成も確認した。

研究開発項目④「計算科学による水素貯蔵材料の基盤研究」

計算科学的手法による水素貯蔵材料への適用研究成果を活用して、水素貯蔵材料中の水素原子・水素分子のより詳細な解析に基づき、水素貯蔵特性を向上させるための研究を行った。その結果、水素放出過程の動的シミュレーションに成功する等の成果を挙げた。また、新たな研究課題として、計算科学的手法によって予測される水素貯蔵材料の合成実証のための材料科学的研究を追加実施した。

研究開発項目⑤「中性子実験装置による水素貯蔵材料に関する共通基盤研究」

平成21年度までに開発した中性子全散乱装置を用いて、水素貯蔵材料の構造研究、特に金属系材料への水素貯蔵・放出過程のその場観測による水素の局所構造解析等を各グループとの連携を深めながら推進した。また、装置の性能検証を平行して行い、中性子全散乱装置としての性能は世界トップレベルであることを確認した。また、水素位置の精密補正ソフトウェアを開発し、水素貯蔵材料への計算機を用いた構造モデリングを進めた。さらに、共同実施先のロスアラモス研究所との研究により、解析ソフトウェア整備を開始した。

平成23年度においては、以下を実施した。

水素貯蔵材料の基本原理解明、計算科学等材料研究への応用技術の基礎を確立することを目的に、独立行政法人産業技術総合研究所エネルギー技術研究部門 秋葉 悦男氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「金属系水素貯蔵材料の基礎研究」

前年度までに得られた解析結果をもとに、主に結晶格子の膨張挙動、水素の占有分布、格子欠陥の種類密度などの重要な構造因子と水素吸蔵・放出特性との間の相関を詳細に検討することにより、高性能貯蔵材料の開発指針を作成した。ロスアラモス研究所とは、X線と中性子を相補的に活用した構造解析、乱れた構造のモデリングなどの手法を検討することにより、構造解析の高精度化を図った。九州大学では透過型電子顕微鏡を用いて微細構造や欠陥生成が水素貯蔵特性へ及ぼす効果を明らかにし、効果発現のメカニズムを解明した。

また、以上の検討事項から、当項目の最終目標である金属系水素貯蔵材料の開発指針を提示した。

研究開発項目②「非金属系水素貯蔵材料の基礎研究」

ナノ複合材料、単結晶、薄膜試料の解析結果を有機的に結合して反応機構解明を進め、反応速度と構造安定制御するための指針を得た。なお、放射光、中性子散乱を用いた解析では材料物性グループ、中性子グループと連携し、計算科学グループから第一原理計算による解析支援を受けた。以上の検討事項から、当項目の最終目標である非金属系水素貯蔵材料の開発指針を提示した。

研究開発項目③「水素と材料の相互作用の実験的解明」

水素と金属との相互作用によってもたらされる構造および物性変化を多角的に考察・検証するため、物質中の水素位置やその移動・変位によって変わる水素と材料の相互作用がもたらす構造、電子状態および磁気状態の変化など、物性基礎研究の立場から水素化合物特性に関わる知見を得て、高性能水素貯蔵材料開発に向けた指針を提案した。また放射光などを利用した水素化合物・水素貯蔵材料の研究・評価技術開発を推進し、今後の水素貯蔵材料開発での活用を提案した。

研究開発項目④「計算科学による水素貯蔵材料の基盤研究」

水素貯蔵特性向上のための条件や構造的特徴、貯蔵特性予測、新規貯蔵材料提案など、水素貯蔵材料開発における計算科学のおよび実験的立場からの材料指針を提示した。

研究開発項目⑤「中性子実験装置による水素貯蔵材料に関する共通基盤研究」

平成22年度までに開発した中性子全散乱装置について、水素位置の精密補正ソフトウェアの検証、構造モデリングの検証によって、水素貯蔵材料構造解析のための基盤技術としての中性子散乱法を確立した。

《12》固体酸化物形燃料電池実証研究 [平成19年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

固体酸化物形燃料電池(SOFC)の実用化の促進を図るために、SOFCシステムの実負荷環境下における実証データの収集及び評価分析を実施し、今後のSOFC技術開発の開発課題を抽出した。

平成19年度に引き続き、助成事業者が1kW級以上の定置用SOFCシステムを36台設置し、実環境条件下における実証データの収集を実施した。省エネルギー性、CO₂削減効果を確認し、耐久性、信頼性に関する技術課題を抽出した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度までの3年間に累計で132台のSOFCシステムを全国各地に設置した。これらの燃料電池システムを実際の使用条件下で実証運転することにより実測データを取得するとともに、運転効率や性能等に係る運転データを評価分析することにより、最新技術水準及び技術的問題点を把握し、今後の技術開発課題を抽出することにより実用化の促進を図った。

平成21年度は、平成20年度に引き続き1kW級の定置用SOFCシステムを67台設置し、SOFCシステムの

実測データの取得とデータ評価分析を実施した。平成20年度に設置した燃料電池システムの平均的な機器発電効率は、電力需要の少ない夜間を含む昼夜連続運転で35.2%であり、実使用条件下での運転に十分適用できるシステムの段階であると評価される。また、平成20年度設置のSOFCシステムは、平成19年度のシステムと比較して耐久性の改善が図られ、機器発電効率の低下を大幅に抑制することができた。さらに、CO₂削減率は34.3%、一次エネルギー削減率は16.2%であり、優れた省エネルギー性と環境安全性が確認され燃料電池導入効果を実証することができた。

平成22年度においては、以下を実施した。

固体酸化物形燃料電池（SOFC）の実用化の促進を図るために、SOFCシステムの実負荷環境下における実証データの着実な収集及び評価分析を実施することにより今後のSOFC技術開発の開発課題を抽出し、本事業の最終目標を達成した。

燃料種の異なる0.5～10kW規模の定置用SOFCシステムを、平成22年度には101台、平成22年度までの4年間累計では233台を全国各地に設置し、実証データ収集及び分析を実施した。その結果、25,000時間を超える安定運転を示したシステムもあり、商品としての耐久性を確保できる見通しが立った。また、平均的な機器発電効率は、電力需要の少ない夜間を含む昼夜連続運転で36.4%であり、実使用条件下での運転に十分適用できるシステムの段階であると評価された。さらに、CO₂削減率は34.1%、一次エネルギー削減率は16.4%であり、優れた省エネルギー性と環境安全性が確認され燃料電池導入効果を実証することができた。

なお、平成21年度から事業スキームを一部見直したことで、システム設置を円滑に進め、また得られた技術課題の抽出等の知見を他のSOFC技術開発事業等に直接反映させることにつながった。

《13》次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発 [平成19年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

多様なエネルギーでかつ低環境負荷で走行することができる燃料電池自動車、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車等の早期実用化に資するために、高性能かつ低コストな二次電池及びその周辺機器の開発を行うことを目的に、以下の研究開発を実施した。なお、平成20年度からは、省・脱レアアースを実現する車両駆動用モータ技術の開発にも取り組んだ。

研究開発項目①「要素技術開発」

平成20年度は追加公募を行い、電池材料分野で1件、周辺機器としての脱レアアースモーターシステム分野で5件採択した。

電池開発においては、ポリアニオン系等正極材料の開発と黒鉛系負極材料の改良を行うとともに、10Ah級単電池を試作・評価し、性能目標を達成した。さらに、劣化解析による要因の明確化と開発の方向性の検証を行い、入出力特性の改良など温度特性や安全性を含めた評価解析を実施した。

電池構成材料の開発においては、正極活物質については、酸化物系、固溶体系材料などの開発、およびカーボンナノ構造等の開発を実施した。また、電池反応制御技術開発においては、正極材料内でのリチウムイオンの出入りの様子をナノスケールで可視化する電子顕微鏡観察技術等を開発した。

電池充放電技術開発においては、低損失インダクタの開発等を実施するとともに、高効率を実現するための高周波化に取り組んだ。また、モーターの技術開発においては、ネオジウム、ディスプロシウム等のレアアースを用いない脱レアアース、レアアースの使用量を半減する省レアアースのモーターシステムの開発を開始し、磁場解析等による磁性材料、誘導コイルなどの形状及び構造の最適化と新規同期モーター等の設計により、軽量化と高性能化等の開発を実施した。

研究開発項目②「次世代技術開発」

革新的な二次電池の構成とそのため材料開発及び電池反応技術のシーズを幅広く掘り起こすため、追加公募を行い、新たに11件採択した。高容量活物質の電極構成を設計し、エネルギー容量を検証するとともに、ホウ素化合物による高電位に耐えるリチウム塩電解質の開発等を実施した。

研究開発項目③「基盤技術開発」

リチウムイオン電池の加速寿命試験方法に資する運転パターンの検討、電池開発を行っている委託先から提供を受けた最新電池の劣化要因の解明と抑制方法の検討、電池評価試験方法、電池安全性試験方法の開発、車載用リチウムイオン電池の国際標準化のためのIECへの提案、リチウムイオン電池の輸送に関する国際規制の緩和等の検討を実施した。さらに、電池充電標準化に関する検討をした。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度に実施した中間評価では、この分野での国際的な競争力を確保するために本プロジェクトは非常に重要であり、多くの成果が中間目標をクリアしているとの評価を受けた。しかし、コスト低減や安全性の検討はまだ不十分であり産業として十分成立できるよう我が国独自の技術として早急に確立するよう意見を受けた。それらの内容は22年度以降の実施計画等に反映させた。

研究開発項目①「要素技術開発」

1) 電池開発

Ni、Mn、Co、ポリアニオンなどの混合電極材料の最適化を図ることで、セル性能向上化開発を行い、115～141Wh/kgのエネルギー密度を有する単電池を開発するとともに、モジュール化開発のためのセル構成、熱設計等を行った。

2) 電池構成材料開発および電池反応技術の開発

正極材料については、フッ化鉄ペロブスカイト系など、 $250\text{Ah}/\text{kg}$ 以上の容量を示す有望な材料を見いだした。負極材料については、Si系やマクロ多孔グラファイト材料等について研究が進められており、 $600\text{Ah}/\text{kg}$ 程度の容量を示す有望な材料も見いだされた。電解質については、 5V 級の電位窓が期待できる機能性イオン液体や長期サイクルが可能なFTAAニオンを用いたイオン液体等を見いだした。

3) 周辺機器開発

レアアースレスのモータ開発では、瞬時の最大トルク値において産業用PMモータ相当の出力密度が得られる見通しが得られた。

研究開発項目②「次世代技術開発」

平成20年度に引き続き追加公募を行い、正極材料を中心に新たに研究開発テーマ10件を採択した。

リチウム負極の劣化抑制技術の確立、耐電圧 5V 級の新規有機電解液、マグネシウム蓄電池用新規正極材料の開発など世界トップレベルの成果が得られており、 $500\text{Wh}/\text{kg}$ 以上のエネルギー密度の実現に向けて着実に進展した。

研究開発項目③「基盤技術開発」

要素技術開発委託先から提供される試作電池を用いたリチウムイオン電池の加速寿命試験法の開発、劣化要因の解明、リチウムイオン電池の性能向上要因の抽出並びに電池性能評価標準試験法、安全性評価標準試験法の検討及び策定等を行った。

また、国際標準化の活動、国際規制等の検討と適正化に関する活動を引き続き行った結果、ISOにドイツから提出された電池パック/システム試験案に日本の意向が反映され、また輸送規制に関する自動車用リチウムイオン電池に対する試験内容の適正化が承認されるなど、我が国の意向が随所で認められた。

平成22年度においては、以下を実施した。

ハイブリッド車、電気自動車、燃料電池自動車等の早期実用化に資するため、高性能かつ低コストな蓄電池及びその周辺機器の実現を目指し、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「要素技術開発」

(1) 電池開発

単電池については、電極活物質における材料粉体物性、化学量論組成の最適化による性能向上により $120\text{Wh}/\text{kg}$ 等を達成するとともに、電池設計見直しにより容量密度、出力密度を調整することで、信頼性・安全性の向上等を実現した。 0.3kWh 級モジュールについては、軽量化、振動試験による強度検証、生産性・安全性向上のためのセル間接続等の設計改良などを実施した。また、最終目標達成に向けて 0.3kWh 級モジュール電池の試作及び評価を開始した。

(2) 電池構成材料開発および電池反応技術の開発

正極材料については、層状 Li_2MnO_3 - LiMeO_2 系(Mnの置換系)にて初期容量 $300\text{Ah}/\text{kg}$ 、ニッケル及び鉄含有 Li_2MO_3 で初期放電エネルギー密度 $757\text{Wh}/\text{kg}$ を達成した。負極材料については、粒子系電極にて、初期容量 $800\text{Ah}/\text{kg}$ を達成した。電解質については、FSIANiオンによるイオン液体を用いたセルを作成し、 $2,680\text{Wh}/\text{kg}$ を達成した。

(3) 周辺機器開発

レアアースレスのモータ開発では、フェライト磁石のみからなる新構造のロータセグメント形アキシヤルギャップモータについて、従来のレアアースを用いるHEV用希土類磁石モータと同等の 51.5kW を達成した。

研究開発項目②「次世代技術開発」

Li-空気電池においてはPdによる空気極触媒の性能向上、リチウム複合負極の安定化、Zn-空気電池においては界面活性剤、多孔性材料によるデンドライト析出抑制等、将来的な $500\text{Wh}/\text{kg}$ 以上のエネルギー密度実現に向けた研究を実施した。

研究開発項目③「基盤技術開発」

リチウムイオン電池の基本性能評価試験方法の選定、寿命評価方法の開発、劣化要因の解明、安全性評価試験方法の検討を行った。具体的には、初期性能、寿命、安全性等の基本性能評価試験方法を6月に公開、9月に一部を追加修正した。また、電池寿命の定義付けや、安全性評価のための試験方法の検討を開始した。電池モジュール性能評価試験装置の仕様を検討してこれを導入するとともに、実規模セルの加速劣化試験として、保存試験・連続充放電試験を継続実施してデータを蓄積した。

また、国際標準化の活動、国際規制等の検討と適正化に関する活動を引き続き行った結果、セル性能/安全性試験方法について、2010年12月にIECへ日本提案の国際規格(IEC62660-1、IEC62660-2)として発行に至った。

平成23年度においては、以下を実施した。

平成23年度は開発の最終年度として、全体で計5回の技術委員会を実施し、専門家による助言、指導を基に確実な成果出しを図った。また、要素技術開発と基盤技術開発との間の情報交換会を新規に設け一層の情報共有による開発促進を進めた。その結果、以下のとおり各開発項目において初期の目標を達成する事が出来た。なお、5カ年の開発期間における特許出願総数304件、電池・充電関連の国際標準化活動として新規規格提案7件、内3件は発行済み、残る4件も次年度に発行見込みという成果を得た。

研究開発項目①「要素技術開発」

モジュール電池開発では、高耐久で高出力が可能な正極材料を採用し0.3kWh級電池モジュールを開発した。電池性能として、エネルギー密度100Wh/kg、重量出力密度2000W/kg、10年以上の寿命といった各目標値を達成した。また、電池材料開発では、開発材料で小型単電池を作製し、重量エネルギー密度200Wh/kg以上、重量出力密度2500W/kg以上の少なくともどちらか一方を満足し、他方については見通しを示した。

研究開発項目②「次世代技術開発」

電池の大幅な高容量化を可能にする電池構成材料として、シリコン系やリチウム金属系の負極材料、空気系や硫黄系の正極材料、高電圧動作に耐える電解質等を開発し、目標である重量エネルギー密度500Wh/kgの見通しを得た。

研究開発項目③「基盤技術開発」

リチウムイオン電池の性能評価方法、寿命評価方法、安全性評価方法を共通基盤技術として開発し、要素技術開発における開発電池の達成度評価に適用し有効性を確認した。また並行して、開発した評価方法、安全性試験方法等をIEC（国際電気標準会議）等の電池性能試験方法等の規格に新規提案し、規格として発行した（例えばIEC62660-1, 2等）。また、加速寿命診断法、劣化要因の解明/抑制手法を開発し提案した。

《14》燃料電池システム等実証研究〔平成21年度～平成22年度〕

〔中期目標期間実績〕

平成21年度においては、以下を実施した。

(1) 水素インフラ等実証研究

首都圏をはじめ中部地区、関西地区の水素ステーション12箇所（協賛ステーション1箇所を含む）を運用すると共に、日光、北九州、九州大学の3箇所の水素ステーションを協賛ステーションとして加え、燃料電池自動車等に水素を供給した。

水素ステーションの実測データの取得については、

- ・燃料電池自動車等への水素充填実績を着実に積み上げ、ステーション別、70MPa充填の実績を評価するとともに、充填プロトコル試験を実施し、その妥当性を確認した。
- ・不具合データを取得し、その原因を調査して対策を講じるとともに、不具合事例解析を実施した。
- ・協賛ステーションを除く11箇所の水素ステーションのエネルギー効率を測定し、定格/部分負荷、35MPa/70MPa充填の効率比較を実施した。

また、水素インフラ等の実用化に向けた評価分析及び課題については、

- ・普及初期の水素ステーションを選定し、その標準仕様を検討、提示した。
- ・現状/将来の水素ステーションコスト及び水素コストを分析した。
- ・水素インフラに関する規制見直しの重点項目を検討、提示した。
- ・70MPaフル充填圧力（87.5MPa）に対する課題、ステーション仕様を検討した。
- ・充填技術の主要課題（充填時間短縮、通信充填、プレクール性能、誤発進防止対策）を検討した。
- ・燃料電池自動車・水素インフラ普及開始に向けて技術実証すべき課題を分類し、それぞれの主要技術課題を整理した。

(2) 燃料電池自動車等実証研究

燃料電池自動車等の実測データの取得については、

- ・台上燃費測定において、燃料電池自動車の最新登録車両が、初期登録車両に比べ、燃費、車両効率が大幅に向上していることを確認した。
- ・公道走行燃費測定においても、最新登録車両が、一般道路、高速道路ともに燃費が着実に向上していることを実証した。
- ・第三者フリート試験において、着実に乗用車、バスのフリート走行、水素充填実績を積み上げるとともに、ドライバーとバス乗客のアンケートを実施し、その結果を分析した。

また、燃料電池自動車等の実用化に向けた評価分析及び課題については、

- ・燃料電池自動車の技術課題（航続距離、車両効率、低温始動性、水素充填時間、耐久性、車両価格）解決の進捗状況をまとめた。
- ・燃料電池自動車の位置付け（特性、棲み分け）を他の車種との比較においてまとめた。

(3) 広報・調査

実証研究の成果、燃料電池自動車・水素インフラ等の普及促進のための広報・教育活動及び燃料電池自動車、水素供給インフラ等に関わる国内外の政策・技術・実証試験動向調査を実施した。広報活動は、その目的を理解促進（燃料電池自動車、水素インフラの普及が次世代型のエネルギー利用社会の構築に必要なこと及びそのためのステップとして本実証研究が必要なこと等）に置き、影響力のあるステークホルダー等を広報対象として重視する活動計画を立案し、説明用コンテンツを作成した。また、教育活動として、水素ステーション・JHFCパークの見学会、移動式水素ステーションを用いた地方自治体との連携による出張教室等を開催した。さらに、東京から九州間の長距離走行実証等のイベントを実施するとともに、今後の効果的なイベント開催につなげるためにイベント実績を評価・分析した。調査活動は、燃料電池自動車、水素インフラ等に関わる国内外の政策・技術・実証試験動向調査を行うとともに、海外の実証試験及

び関連する国際機関との情報交換に努め、国際協力・連携の働き掛けを行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

水素インフラ、燃料電池自動車等の実際の使用状態における実測データを取得し、水素インフラ、燃料電池自動車等の有用性を検証するとともに、実用化のための課題抽出、さらには燃料電池自動車等の社会受容性向上を図ることを目的に、以下の研究を実施し、本事業の最終目標を達成した。

研究開発項目①「水素インフラ等実証研究」

首都圏をはじめ中部地区、関西地区、九州地区に15基の水素ステーション（協賛ステーション含む）を整備し、プロジェクト参加車両に水素を供給する活動を通じて、水素ステーションをより実用に近い条件下で評価した。その中で、千住ステーションの改造を行い、FCVへの3分充填（水素5kg）を実証した。また、当事業内に設置した「安全性・規制見直し検討会」において、規制見直し重点17項目をとりまとめた。この成果が活用され、内閣府グリーンイノベーションWGにて規制見直しに向けた議論が開始された。

研究開発項目②「燃料電池自動車等実証研究」

最新の燃料電池自動車3台を用い、東京から北九州間の1100kmを2回の充填で走行する長距離走行実証を成功させた。また、台上燃費測定において、燃料電池自動車の最新登録車両が、初期登録車両に比べ、燃費、車両効率が大幅に向上していることを確認した。さらに、公道走行燃費測定においても、最新登録車両が、一般道路、高速道路ともに燃費が着実に向上していることを実証した。他、エアコン負荷等による燃費低下が大きいことも確認した。

研究開発項目③「広報・調査」

実証研究の成果、燃料電池自動車・水素インフラ等の普及促進のための広報・教育活動及び燃料電池自動車、水素供給インフラ等に関わる国内外の政策・技術・実証試験動向調査を実施した。広報活動は、その目的を理解促進に置き、影響力のあるステークホルダー等を広報対象に活動した。その一環として、水素ステーション・JHFCパークの見学会を開催する等を行った。また、海外との情報交換、国際協力、基準・標準化における提案等に向け、海外調査によりFCV・水素インフラの海外政策・技術動向を把握するとともに、国際連携の一環としてNEDOとドイツ水素・燃料電池機構（NOW）との間で燃料電池・水素分野における情報交換協定を締結した。

《15》革新型蓄電池先端科学基礎研究事業 [平成21年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

基本計画に基づいて公募を行い、1件を採択した。京都大学特任教授の小久見善八をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高度解析技術開発」

1) その場測定法の開発

高輝度X線等の量子ビーム技術や核スピン等をプローブに用いた高分解能測定手法や解析技術の開発に向けて、本プロジェクトで測定対象とする蓄電池及び材料の計測・解析を可能とする機器の設計・製作・導入・立ち上げを行った。

2) 高度分析手法の開発

既存の装置・ビームライン等を用いた測定手法等の検討、測定用の機器の基本設計等を行った。一例としてXAFS測定手法の適用により、PLD法を用いて作成したモデル薄膜電極に対して10nm以下の深さ分解能を達成した。

3) 計算科学等による測定データ解析手法の開発

種々の高度解析技術の結果と、得られた測定結果の物理的な意味を定量的に解釈するため、第一原理計算に基づいた理論解析結果と実験結果を合わせて考察を試みたところ電子分光結果の定量的な議論が可能となった。

研究開発項目②「電池反応メカニズムの解明」

リチウムイオン電池の反応について、反応過程とその速度論的把握のための解析技術の開発に向けて、本プロジェクトで測定対象とする電極材料の計測・解析を可能とする機器の設計・製作・導入・立ち上げを行うとともに、モデル電極の作製法の検討、その電極特性を調べるための電気化学測定系等の構築を行った。一例として、電極反応測定用試料としてのMn系酸化物薄膜の薄膜作製法を確立した。また、FT-IR分光分析装置やSPM装置を立ち上げ、測定系を設計した。

研究開発項目③「革新型電池の基礎研究」

蓄電池及び材料の合成や計測・解析を可能とする機器の設計・製作・導入・立ち上げを行うとともに、実験系の確立と反応メカニズム等の解析手法の開発を行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

電池の基礎的な反応メカニズムを解明することにより、本格的電気自動車用の蓄電池（革新型蓄電池）の実現等に向けた基礎技術を確立することを目的に、京都大学特任教授 小久見 善八 氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。京都大学に設けた研究開発拠点には、NEDOのマネジメントグループが常駐し、推進会議、幹事会、グループリーダー会議等、階層毎の会議を開催するなど、研究の方向性と進捗を管理した。

研究開発項目①「高度解析技術開発」

高輝度X線・中性子線による量子ビーム及び核スピン等をプローブに用いた高分解能測定・解析技術を確認するとともに、既存の装置、ビームライン等を用いて反応解析のための測定手法等の検討を進めた。充放電中の測定を可能とするため測定系の構築と実験ハッチの導入を行った。活物質／電極界面解析にXAFS測定を適用し、材料表面やバルクの構造について1 μ mの空間分解能を得た。さらにハイレート時の充放電において活物質表面の局所構造が変化していることを明らかにした。また、核スピン装置による測定からリチウムの局所構造を解析し、マイクロ・ナノ構造解析に有効な知見が得られた。

研究開発項目②「電池反応解析」

実セルを再現しつつ、実験における測定に適した形態のCo系及びMn系電極を作成し、FTIR（フーリエ変換型赤外分光）やラマン分光解析等による正極界面の「その場観察」から劣化機構の解明を進めた。また、AFM（原子間力顕微鏡）やFTIRにより負極界面の劣化機構の解析を進め、Mn系酸化物正極や黒鉛負極の劣化・電解質還元分解挙動について、正極からの金属種溶出が電気化学的のどのような影響を与えるか考察した。さらに、電極界面の電気化学インピーダンス評価手法を確認するとともに劣化因子を抽出した。電子線解析からは、モデルセルの電極界面におけるリチウムイオンの分布を測定した。

研究開発項目③「材料革新」

正極の表面被覆について、湿式法及び乾式法により金属酸化物で表面を被覆する方法を確認し、局所的な組成や構造の変化していることを確かめた。さらに、この劣化抑制効果のキャラクタリゼーションを進めて今後のガイドラインを得るため、研究開発項目①と連携して解析に着手した。

研究開発項目④「革新電池」

現行技術水準を超えるポストリチウムイオン電池の基礎技術確立のため、本事業で検討対象とする蓄電池及び材料等を検討し、研究開発項目①及び②の解析技術を応用しながら、実験系の確立と反応メカニズム等の解析の研究開発を行った。亜鉛-空気電池については、デンドライト抑制のための新概念の妥当性を確認した。一方、多電子移動ナノ界面電池では、これまでにない概念に基づき、反応しないとされていた化合物が多電子酸化還元をすることを確認した。

平成23年度においては、以下を実施した。

京都大学特任教授 小久見 善八氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高度解析技術開発」

量子ビーム技術などを用いて、高い空間分解能と時間分解能、元素識別性を備えた世界最先端の蓄電池反応解析技術の研究開発を行った。これにより、蓄電池の作動下の反応は、従来の静的な概念では説明出来ないダイナミックなものであることを明らかにした。

研究開発項目②「電池反応解析」

正極の反応と劣化機構解明において、in situ SPM、ラマン、単粒子等様々な測定技術を構築した。また、正極活物質の劣化抑制に対する設計指針を得た。今年度は主に黒鉛負極を用いて測定技術を開発するとともに、被膜の生成過程や電解液中の添加剤が被膜生成に与える影響を解析した。

研究開発項目③「材料革新」

リチウムイオン電池のエネルギー密度向上を目的とし、高電位正極及び高容量負極の材料革新に資する指針の提案に向けて取り組んだ。

高電位正極については、特性最大となる組成・合成法を見出すと共に、解明された材料劣化機構から組成・合成法に関する指針を提出した。高容量負極については可逆容量とサイクル容量保持率が飛躍的に向上する組成・電極形成手法を見出すと共に組成・電極形成手法に関する指針を提示した。また、電極特性に対する被覆効果を検証し、被覆法に関する指針も提案した。

研究開発項目④「革新電池」

亜鉛-空気電池とナノ界面制御電池に重点をおいて研究開発を進めた。亜鉛-空気電池では、劣化の要因の追求と解決策の構築に重点をおいて検討した。界面構造制御については、デンドライト生成や水素発生抑制との相関を検討するとともに、電極表面を被覆することにより、酸化還元反応効率を向上させることがわかった。

開発成果を前倒しするために研究開発項目「高度解析技術開発」、「電池反応解析」、「革新電池」において研究の加速を実施した。また、平成23年度はプロジェクトの中間評価を行い、先端の解析ツールを活用した研究手法が高く評価された一方、新材料の探索・研究を目的とした増強が必要であるとの評価を受けた。評価をふまえ、平成24年度に追加公募を行う予定。

平成24年度においては、以下を実施した。

京都大学特任教授 小久見 善八氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。特に、平成23年度に実施した中間評価の指摘事項を受け、研究開発項目④「革新型蓄電池」に関する追加公募を行い、研究体制を強化した。

研究開発項目①「高度解析技術開発」

放射光、中性子等の量子ビーム技術などを用い、活物質と電解質界面での被膜形成とその成長挙動、活物質の構造変化及び合剤内電極の挙動などの解析を進め、耐久性向上、不安全性抑止及び高出力化の方向性を示した。

研究開発項目②「電池反応解析」

高電位で充放電反応が可能な正極薄膜を作製し、電気化学特性の評価を進めた。また、分子構造の情報を得る特殊な分光計測手法を開発し、黒鉛負極の性能劣化に及ぼす様々な影響を明らかにした。交流インピーダンス測定により、LIBの充放電サイクル劣化によって、正極被膜に由来する抵抗、電荷移動抵抗、電極活物質層内のイオン移動に由来する抵抗が増加することを明らかにした。走査型電子顕微鏡等を用いた解析により、固体電池全体の動的な電位分布や正極粒子の表面修飾物質の付着状態を明らかにした。

研究開発項目③「材料革新」

高電位正極については、サイクル劣化機構を解明し、特性が最大となる組成と合成法を見出した。また、硫黄系正極の結晶性を制御し、導電性の向上を図ると共に、反応性と効率低下の要因を明らかにした。高容量負極については、可逆容量とサイクル容量保持率が飛躍的に向上する組成及び電極形成手法を見出すと共に、組成・電極形成手法に関する指針を提示した。また、正極／電解質界面での劣化を抑制する被覆法を開発すると共に、劣化との相関性を示す被覆パラメータや電解質との組合せなどに関する指針を提示した。

研究開発項目④「革新型蓄電池」

金属空気電池では、負極／電解液界面構造制御と電解液設計の2つの観点から劣化の抑制を検討した。また、追加公募によって開発体制を強化し、空気極の開発を進め、アルカリ電解液中での酸素還元・酸素発生の両反応に対して高活性な触媒の検討を行った。ナノ界面制御電池についても同様に、追加公募によって研究体制を強化し、正極、負極、電解液組成の適合性検討、電池構成の絞り込みなどを行った。

《16》 固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発 [平成22年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

PEFCの本格商用化に要求される低コスト化・信頼性向上等に資する基盤技術開発、市場拡大・普及促進等に資する実用化技術開発、革新的な低コスト化・信頼性向上等に資する次世代技術開発、国際標準化の支援等を総合的に推進し、PEFCの普及に必要な要素技術を確立すること等を目的に、基本計画に基づき新規研究開発テーマの公募を行い、研究開発を開始した。

研究開発項目①「基盤技術開発」

山梨大学 教授 渡辺 政廣氏 (テーマa)、パナソニック (株) 暮らし環境開発センター長 小原 英夫氏 (テーマb)、同志社大学 教授 稲葉 稔氏 (テーマc)、東京工業大学 特任教授 宮田 清蔵氏 (テーマd)、横浜国立大学 教授 太田 健一郎氏 (テーマe)、技術研究組合 FC-Cubic 専務理事 長谷川 弘氏 (テーマf) をプロジェクトリーダーとして研究開発を実施した。各テーマの主な成果は以下の通り。

(テーマa) 劣化機構解析とナノテクノロジーを融合した高性能セルのための基礎的材料研究
実製造プロセスに適するスケールアップを考慮した電解質の製造条件を確立した。

(テーマb) 定置用燃料電池システムの低コスト化のためのMEA高性能化

CO変成触媒の開発と耐久性評価を進め、製造コストの検討を行い、1万円/kWの可能性を確認した。また、CO濃度を500ppm以下、メタン生成濃度を1%以下に抑制し得るCO選択メタン化触媒の候補を選定した。

(テーマc) 低白金化技術

白金使用量を1/10以下にするための白金コアシェル触媒の開発を進め、市販触媒と比較して6倍以上の質量活性を得た。

(テーマd) カーボンアロイ触媒

白金触媒の代替を目指したカーボンアロイ触媒の開発を目的に、高出力化及び高耐久化を進めると共に、触媒量を確保する製造方法の検討を進めた。

(テーマe) 酸化物系非貴金属触媒

酸化物系触媒の開発を目指し、放射光を用いた活性点構造解析により、触媒合成条件の最適化を図った。また、触媒単体の性能・耐久性評価方法に関する検討を進め、酸化物系触媒への適用可能性のある電気化学的手法を選定した。

(テーマf) MEA材料の構造・反応・物質移動解析

電解質材料 (電解質膜、アイオノマー) の設計指針を提示するため、主として高温低加湿条下での、電解質材料の分子構造、高次構造等の解明を進め、高温 (90℃) での電解質膜の解析手法を確立し、この解析手法及びこれから得られた技術情報を産業界に展開した。

(テーマg) セル評価解析の共通技術

新規材料のMEA作製及び性能・耐久性等に係る技術課題を明らかにするための系統的なMEA評価手法の構築を進め、詳細の試験手順を決定した。また、燃料電池自動車用水素品質規格の国際標準化対応のため、水素不純物の影響についてのデータベース構築を進める中、常温～60℃の条件で、白金担持量を低減したMEAは一酸化炭素被毒の影響が大きくなることを確認した。

研究開発項目②「実用化技術開発」

- (1) 天然ガス燃料組成変動による燃料電池システムへの影響評価及び耐性向上に係る研究開発
低濃度窒素あるいは高濃度窒素を含む地産天然ガスに対応したシステムの設計・製作を行い、フィールドテスト、模擬ガス試験を開始し、実用化課題の抽出を進めた。また、欧州のガス組成等に関する調査を行い、海外で供給されている地産天然ガス中の高濃度の窒素を含む不純物の把握と対応策を検討した。
- (2) 自立型燃料電池システムに関する研究開発
停電対応時に系統電力から自立した運転を可能とする家庭用PEFCシステムに搭載するパワーコンディショナーの設計・製作を行い、単体試験を実施し、課題を抽出した。また、自立型の家庭用PEFCシステム試作機の設計を進めた。

研究開発項目③「次世代技術開発」

代表的事例は以下の通り。

- (1) 広い温度範囲で無加湿運転が可能な固体高分子形燃料電池の電解質及び電極設計
イオン液体を開発し、それにより開発した電解質膜について、120℃で電流密度380mA/cm²、0℃で180mA/cm²を得た。また、疎水性のイオン液体を開発し、セルからイオン液体が溶出することを抑制できる可能性を確認した。
- (2) 自動車用高温対応新規炭化水素系電解質膜の研究開発
高温低加湿運転への対応や耐久性向上に向け検討を行った。その結果、93℃、加湿度30%RH以下の条件のMEA試験において、電流密度1A/cm²（電圧0.4V）を得た。

平成23年度においては、以下を実施した。

固体高分子形燃料電池（以下、PEFC）の本格商用化に要求される低コスト化・信頼性向上等に資する基盤技術開発、市場拡大・普及促進等に資する実用化技術開発、革新的な低コスト化・信頼性向上等に資する次世代技術開発、国際標準化の支援等を総合的に推進し、PEFCの普及に必要な要素技術を確立すること等を目的に、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「基盤技術開発」

(テーマa) 劣化機構解析とナノテクノロジーを融合した高性能セルのための基礎的材料研究

劣化機構解析では、セルの可視化技術の開発を進め、セル内の酸素分圧と電流密度分布を同時に可視化ができる技術を開発した。高活性・高耐久性の触媒開発では、粒径が約2nmの白金コバルト合金に、安定な白金スキン層を均一に被覆する合成技術を開発した。

(テーマb) 定置用燃料電池システムの低コスト化のためのMEA高性能化

高性能電解質膜の開発では、昨年度検討した性能評価法を適用して開発膜の評価を行い、評価結果に基づいたポリマー構造の改良を行った。その結果、約30%の膜抵抗の低減に成功した。

高濃度CO耐性アノード触媒開発では、開発触媒の量産化を検討し、一部の触媒について少量作製の場合と同等の性能を示すことを確認した。

(テーマc) 低白金化技術

高活性触媒の開発では、粒径3nm未満のAuコアの合成技術を開発し、このAuコアを用いたコアシェル触媒で市販のPt触媒に比べて約5倍高い質量活性を得た。

(テーマd) カーボンアロイ触媒

カーボンアロイ触媒の開発では、新たに4級窒素を多く含む新規前駆体を用いた触媒の検討を開始し、触媒単体での活性としては過去最高の性能の触媒が得られ、合成方法の最適化に着手した。

(テーマe) 酸化物系非貴金属触媒

高活性化触媒の開発では、触媒の表面積増加のため、含窒素有機物を用いた新規合成法や酸素分圧、温度等の焼成条件変更を行い、昨年比1/10サイズの微粒子触媒の作製に成功した。

(テーマf) MEA材料の構造・反応・物質移動解析

電解質材料研究では、高温条件下の電解質材料中の物質移動計測技術として、原子間力顕微鏡を用いて90℃までのプロトン伝導性を計測可能とする技術、赤外線吸収スペクトルを用いて120℃までの水分量を計測可能とする技術を開発した。

(テーマg) セル評価解析の共通基盤技術

新規材料に対応したMEA作製仕様の改良では、昨年度に策定した少量サンプルに対応可能な1cm角MEA作製手法を用い、本事業の次世代技術開発で開発された材料（炭化水素系電解質膜等、6種類）や、産業界等で開発された材料（コアシェル触媒、カーボンアロイ触媒等、9種類）等の新規材料について、MEA作製とその性能評価を実施し、の課題を明確にした上で、作製仕様の改良を行った。

水素不純物の影響評価では、MEAの一酸化炭素による被毒回復の効果を確認し、定電流で運転したときに比べて、負荷変動させた方が被毒による電圧低下が1/2に低減されることを明らかにした。

研究開発項目②「実用化技術開発」

天然ガス燃料組成変動による燃料電池システムへの影響評価及び耐性向上に係る研究開発では、窒素を含む国内都市ガスに対応可能な家庭用システムを設計・製作し、実ガスによる性能検証試験を進め、窒素に起因する性能低下が無いことを確認した。

自立型燃料電池システムに関する研究開発では、新規開発したパワーコンディショナーを搭載した家庭用システムを設計・製作し、実際の家庭用電化製品を用いた検証試験を行って、停電後1時間以

内の自立起動、自立運転時の負荷追従性等を確認した。(本開発は、当初の計画通り、平成23年度で終了。)

研究開発項目③「次世代技術開発」

シリカでの被覆を応用したPEFC用新規非Pt系カソード触媒の開発、アニオン伝導無機層状酸化化物型燃料電池の開発極限構造化した炭化水素系高分子電解質の包括的研究開発、微細孔内精密マイクロ構造制御と界面高速プロトン伝導現象を用いた広温度・無加湿型PEFCの開発、広い温度範囲で無加湿運転が可能な固体高分子形燃料電池の電解質及び電極設計、自動車用高温対応新規炭化水素系電解質膜の研究開発、次世代電解質膜の劣化特性評価シミュレータの開発、固体高分子電解質膜の高感度劣化評価システムの研究開発を実施した。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①基盤技術開発

山梨大学 教授 渡辺 政廣氏、パナソニック(株) エナジー変換システムセンター所長 小原 英夫氏、同志社大学 教授 稲葉 稔氏、横浜国立大学 特任教授 太田 健一郎氏)、技術研究組合FC-Cubic 専務理事 長谷川 弘氏、大同大学 客員教授 大丸 明正氏をプロジェクトリーダー(PL)として各テーマについて実施し、「劣化機構解析とナノテクノロジーを融合した高性能セルのための基礎的材料研究」では、電解質膜に関しては、スルホン酸化ポリイミドSPI-8(80)膜、スルホン酸化ポリエーテルブロック共重合SPE-b1-1膜の劣化機構を明らかにし、化学安定性の低い部位を特定した。炭化水素系電解質膜の劣化生成物である硫酸の濃度増加とともに、白金触媒の酸素還元速度が低下することが分かった。

研究開発項目②実用化技術開発

平成23年度に開発したシステムについて、窒素を含む国内の都市ガスを用いた実ガス試験を継続し、耐久性の改善方式の有効性を検証した。酸素を含む実ガス試験もを行い、性能への影響を調査した。また、高濃度窒素を含む海外都市ガスに対応するシステムについては模擬ガスによる耐久試験を継続し、システム主要部位の性能変化を調査した。国内外の都市ガスにおける不純物の調査も継続実施し、システムの性能劣化対策を検討、検証した。

《17》蓄電複合システム化技術開発 [平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

需要側での分散電源の大量導入に対する電力安定化対策に資するエネルギーマネジメントシステムに関わる蓄電池技術開発及び実証を行う事を目的として、基本計画に基づき、公募により委託先を選定した。実施体制の構築に当たっては、効率的な研究開発を推し進めるべく、申請提案を統合の上、17のテーマにまとめた。また、経済産業省の「次世代エネルギー・社会システム実証」と合わせ、4つの地域毎に幹事会社を選定し、体制の一体化を図った。この体制のもと、以下の研究開発項目の研究に着手した。なお本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなった。

研究開発項目①「要素技術開発」

需要側に設置する定置用蓄電池及びその利用技術に関する技術開発を進めた。さらに、この蓄電池技術を用いた各種エネルギーマネジメントのシステム化を「次世代エネルギー・社会システム実証」において進めるべく、その仕様検討を行った。

研究開発項目②「共通基盤技術開発」

今後、普及が予想される定置用蓄電池の性能評価に関する基礎的な検討を中心に開始した。また、蓄電池インターフェース標準化の検討も開始し、スマートコミュニティ・アライアンス国際標準化ワーキング蓄電池サブワーキングに設置した「蓄電池システムインターフェース作業チーム」と連携した国際標準化提案活動も開始した。

《18》次世代蓄電池材料評価技術開発 [平成22年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

高性能蓄電池材料評価に関する課題とそのアプローチ手法を明確化することにより、的確かつ迅速に評価可能な新材料評価手法を確立するため、基本計画に基づき、公募により実施者を選定し、以下の研究開発を実施した。

リチウムイオン電池の1種類の標準構成モデルを策定するとともに、コイン型セルの電極及び電池製造方法を策定した。また蓄電池材料と製造法と電池特性の相関を明らかにするため、各種観察装置による電極成分の分布状態確認及び空隙率評価法の検討を開始し、電極作製プロセスとの相関を調べ、評価手法としての妥当性検証を開始した。

平成23年度においては、以下を実施した。

新材料の構成間の適合性及び材料-製造工程間の相互影響の解析を踏まえた共通的な性能特性評価方法を確立した。具体的には、標準構成モデル4種の策定、ラミネート型セルの標準電極製造方法と電池製造方法を策定し、基本性能(電池容量、寿命)の共通評価ができる状況を設定した。また、電極構造の数値化に取り組み、電極構造と電気化学特

性の関係の定量化に向けた検討を始めた。

平成24年度においては、以下を実施した。

新規蓄電池材料の特性を的確かつ迅速に評価する手法を確立するため、以下の研究開発を行った。

新材料の構成間の適合性及び材料―製造工程間の相互影響の解析を踏まえた共通的な性能評価方法の確立に関しては、ラミネート型電池の標準構成電池モデル5タイプについて、電極内の空隙構造、導電材のネットワーク構造、バインダ分布、電極構造・性能に関するデータの取得を行い、電池特性との相関解析を実施した。これら解析結果に基づいて、標準的な材料評価に適合する電極構造とその製造条件を選定し、製造仕様書と性能評価手順書で構成される評価基準書を策定した。

また、評価シミュレーション技術開発については、新材料を実際に電池に組み込むことなしに電池特性が推定できるシミュレーションプログラムの基本仕様案を策定し、プログラム開発におけるモデル作成やシミュレーション結果の妥当性検証に必要な基礎データを、標準構成電池モデルを対象に取得した。

加えて、次世代蓄電池用の部材提案と実用化研究について、リチウムイオン電池材料評価研究センターの組合員企業14社から提供された新規材料について、本事業で策定した評価基準書を適用して79の電池試作と評価を行った。

《19》地域水素供給インフラ技術・社会実証 [平成23年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「技術・社会実証研究」

12箇所の水素ステーションと約50台のFCVを用いて、FCV・水素供給インフラの耐久性、利便性、実用性等に関する実証データを取得した。また、次年度以降に予定している水素ステーションの新設・改造に関し、要求仕様の明確化、設備構成の検討、構成機器の設計、据付工事を含めた日程計画、必要とされる許認可に係る申請等を行った。

(1) 70MPa水素充填技術の実証

次年度に実施する通信充填による高精度充填の実証に用いる赤外線式通信設備（発信器、受信器）について防爆検定取得のための申請を行った。また、次年度導入の-40℃プレクーラー熱交換器について、水素充填中のFCV水素タンクの内部温度を計算可能なシミュレータを用いて設計検討を行い、熱流束、伝熱面積、肉厚等の仕様を定めた。

(2) 低コスト化ステーション技術の実証

差圧充填方式の水素ステーションにおいて、例えば2台のディスペンサーを用いて4台のFCVに同時・連続充填する場合等、高負荷時の水素充填に必要とされる蓄圧器の容量等を試算し、次年度、旭ステーションに導入する蓄圧器の仕様に反映した。また、次年度に千住ステーションに導入する直接充填方式圧縮機の仕様検討を行った（「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」との事業間連携）。さらに、有明ステーションにおいて液体水素の圧縮機直接充填方式を採用する場合の技術課題を抽出した。

(3) 高頻度運転、高稼働運転

シャトルバス、ハイヤー事業者等、第三者による高稼働フリート運転実証を進め、各水素ステーション設備・機器の耐久性に関する実証データを蓄積した。また、フリート運転実証で運転したFCVの燃料電池スタックの耐久性に関する実証データを蓄積した。

(4) トータルシステム技術

次年度開始の水素製造プラントからオフサイトステーションへの大規模水素出荷に係る技術実証について実証項目、目標値、実証内容等の計画を策定した。また、FCV受入台数100台/日規模の商用ステーションの建設・運用に係る課題抽出を行い、実証計画の骨子を作成した。

(5) その他

都内ステーションと山梨ステーション、日光ステーション間の広域実証走行を行い、FCVの走行可能範囲拡大に伴う実用性、利便性向上に関するデータ取得を実施した（「研究開発項目②地域実証研究」との連携）。また、各ステーションにおいて水素をサンプリングし、ガス性状分析および含有微粒子分析等を行い、水素燃料仕様の国際標準化に資するデータとしてISO/TC197/WG12の国内委員会等へ提供した（「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」との連携）。

研究開発項目②「地域実証研究」

(1) 福岡県・佐賀県における実証研究

福岡県・佐賀県のFCV公用車が北九州・九州大学・鳥栖の3ステーションを相互に利用する実証を進めた。また、FCバス、FC二輪車、FCフォークリフトなど多様なタイプの車両に関する水素充填データを蓄積した。

(2) 山梨県における実証研究

移動式水素ステーションを甲府市内に設置し、山梨県のFCV公用車を運用した実証を進めた。

研究開発項目③「地域導入可能性調査」

(1) 茨城県における導入可能性調査

既存のコンビナート等の水素供給能力や水素関係の研究施設等を活用し、また観光産業を活性化する視点から水素供給インフラの整備について検討した。県内の水素製造規模、水素供給インフラの設

置地点の候補を明確化し、水素ステーションの経済性を評価した。

(2) 山口県における導入可能性調査

F C Vの普及台数の試算、公共交通機関へのF Cバスの採用等を検討し、水素需要を想定した。また、水素ステーションの設置候補箇所を優先順位をつけて選定し、水素の供給・輸送を含めた水素ステーションの経済性を評価した。加えて、地方都市での水素ステーションの稼働率向上のために、水素ステーションが地域に熱・電気を供給するモデルを作成し、経済性を評価した。

研究開発項目④「国際連携調査等」

ドイツ及びフランスの低コスト水素ステーションに関する調査を実施し、当該技術を日本に導入した場合の効果・課題の検討を行った。その結果、欧州における水素ステーションは急速充填をはじめとする実用性・利便性の高い水素ステーション技術が既の実証段階にあり、性能及び低コスト化の点で国内への導入を検討する意義が大きいことが明らかになった。ただし、現時点では、構成材料の認証や防爆認証等の法規適合における課題があり、許認可取得のためには安全性を検証するための材料データ、評価データ等を取得する必要があることも明らかになり、課題解決に向けた技術検討及び法規適合計画を策定した。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「技術・社会実証研究」

(1) 70MPa水素充填技術の実証

SAE J2600に適合する赤外線式通信設備（発信器、受信器）を千住ステーション、旭ステーション等の70MPa水素ステーションに導入し、F C Vから発信された水素充填中の各種情報がエラー無く受信でき、充填率が計算できることを実証により確認した。プレクーラーの熱交換器および冷凍機が3分間急速充填を含む要求性能を満足した上で、充填中の圧力変化、温度変化の過程においても十分な信頼性を有することを実証により確認した。充填ノズル等の付属機器類に関し、3分間急速充填を含む要求性能を満足した上で、充填中の圧力変化、温度変化の過程においても十分な信頼性を有することを実証により確認した。千住ステーションにおいて、通信充填による35MPaフル充填試験を実施し、70MPaフル充填技術の規制適正化に資する基礎データの取得を行った。

(2) 低コスト化ステーション技術の実証

千住ステーションに直接充填圧縮機及び30～40MPaの蓄圧器を導入するとともに、旭ステーションに蓄圧器の増強を行い、圧縮機直接充填と差圧充填併用方式とし、これらの技術実証を進めた。

(3) 高頻度運転、高稼働運転

空港シャトルバス、ハイヤー事業者等、第三者による高稼働フリート運転実証を進め、各水素ステーション設備・機器の耐久性に関する実証データを蓄積するとともに、フリート運転実証で運行したF C Vの燃料電池スタックの耐久性に関する実証データを蓄積した。

(4) トータルシステム技術

1500Nm³/h規模の出荷設備を導入し、水素製造プラントからオフサイトステーションへの大規模水素出荷・輸送に係る技術実証を進めた。また、商用規模ステーションを神の倉、海老名、豊田市の3カ所に建設し、運用を開始した。さらに、各ステーションにおいて長期間使用した蓄圧器・弁類等を回収し、劣化等に関する材料分析を進めた。

(5) その他

都内ステーションと山梨ステーション、日光ステーション間の広域実証走行を実施した。また、各ステーションにおける水素の性状分析および含有微粒子分析等を継続して行い、水素燃料仕様の国際標準化に資するデータとしてISO/TC197/WG12の国内委員会等への提供を行った。

研究開発項目②地域実証研究

(1) 福岡県・佐賀県における実証研究

前年度に引き続き、北九州・九州大学・鳥栖の3ステーションを利用する実証を進めた。

(2) 山梨県における実証研究

前年度に引き続き、移動式水素ステーションを使用して実証と山梨県内での水素ステーション整備に関する検討を進めた。また、高速道路サービスエリアでの水素充填の実証について、許認可に係る検討を行った。

研究開発項目④国際連携調査等

海外の低コスト・高性能水素ステーション技術について、必要な法規等への適合及びそれに伴う設計変更、技術課題に関する検討を行った。日本への導入に係る検討を行い、導入判断のための情報蓄積を行った。

《20》安全・低コスト大規模蓄電システム技術開発 [平成23年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

市場規模のポテンシャルの大きい系統安定化用蓄電池向けに低コスト及び究極の安全性を備えた蓄電池を開発すると

共に、系統安定化用地球伝システムが将来円滑に普及するための取り組みを実施するため、以下の研究開発項目について公募を行い6テーマを採択し、研究開発に着手した。

研究開発項目①「系統安定化用蓄電システムの開発」

鉛蓄電池とキャパシタのハイブリッドシステムの開発において、蓄電システムの検討では、システム構成を最適化するアルゴリズムの策定及び基本仕様を決定した。また、鉛蓄電池の検討については、高入出力化・高容量化のための開発内容や評価方法を明確にした。また、大規模蓄電システムを想定したマンガン系リチウムイオン電池の安全・長寿化については、現状のセルと同等性能を維持する仕様及び作製プロセス技術を確立した。また、定置型電池としての寿命予測を行うための試験法の検討を開始した。

短周期周波数変動補償のためのネットワーク型フライホイール蓄電システムの開発については、フライホイールの低損失・高効率化等の課題抽出と対策案を洗い出し、シミュレーション等によりその効果を検証した。

研究開発項目②「共通基盤研究」

系統安定化用蓄電システムの劣化診断基盤技術の開発については、市販のリチウムイオン電池セルを用いて、各種解析が可能な条件を決定した他、モジュールを評価できる実験仕様を決定・導入し測定環境を整備した。また、稼働時の電圧電流過渡現象の測定から内部インピーダンスモデルを作成した。加えて、代表的な正極材料・負極材料でセルを作製し材料固有のインピーダンス応答についてのデータベース化を開始した。

平成24年度においては、以下を実施した。

市場規模のポテンシャルの大きい系統安定化用蓄電池向けに低コスト及び究極の安全性を備えた蓄電池を開発すると共に、系統安定化用蓄電システムが将来円滑に普及するための取り組みを実施するため、平成23年度に採択した6者に加えて平成24年度に公募で3者を採択し、以下の開発を実施した。

研究開発項目①「系統安定化蓄電システムの開発」

蓄電池については、安全、長寿命、低コスト、大容量な電池セルの仕様を検討・決定する共に、システムの設計検討や制御アルゴリズムの開発を実施した。加えて、一部の実施者において、実証試験場所にMW級蓄電システムを構築した。

フライホイールについては、風損、軸受け損を最小化する設計を行い、一次試作で性能検証を行ったほか、超電導磁気軸受けを用いたフライホイール蓄電システムの仕様検討を行った。

研究開発項目②「共通基盤研究」

リチウムイオン電池の周波数応答解析及び過渡応答解析により、反応素過程の分離及び劣化部の推定が可能であることを明らかにしたほか、電池の内部インピーダンスモデルの内、劣化に関連するパラメータを抽出し、劣化診断アルゴリズムのプロトタイプを構築した。加えて、太陽光発電と住宅負荷の実測データから得られる蓄電池の充放電の連続データ群を使用し、劣化診断技術への適用性を検討した。

《21》固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システム要素技術開発 [平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①SOFCセルスタックの開発

セルスタック及びカートリッジの発電試験用装置の製作を行い、試験装置の試運転を行った。

研究開発項目②SOFC-ガスタービン連携技術の開発

SOFCとガスタービンとの連携模擬発電試験の設計・製作を行った。

研究開発項目③導入可能性の調査

数十MW以上（百MW未満）のトリプルコンバインドシステムの最適仕様、経済性、環境性等について検討し、国内外での導入可能性（市場性）の把握とともに、実用化・事業化の道筋を整理した。

《22》燃料電池自動車用水素貯蔵材料に関する調査研究 [平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成24年度においては、以下を実施した。

(1) 現状性能等の調査

各種特性評価試験を行い、水素貯蔵密度、水素吸蔵・放出の温度、速度、耐久性等に関するデータを取得し、現状の性能レベルを把握した。また、量産を想定した場合の生産プロセスの検討、生産コストの試算等を行った。

(2) 性能向上可能性の調査

高強度X線回折を用いた結晶構造、局所構造、電子物性の解析、水素吸蔵・放出時における構造変化の解析、中性

子全散乱装置を用いた材料中の水素量、水素位置や周辺環境の解析等を行い、水素貯蔵の原理・機構を明らかにし、今後における性能向上の可能性を把握した。

(3) 開発課題の抽出と開発の方向性の明確化

上記(1)及び(2)の調査結果に基づき、候補材料及びそれを適用する水素貯蔵材料容器システムの実用化に向けた技術開発課題を抽出するとともに、課題解決に向けた研究開発のアプローチを明確にした上で、開発ロードマップを策定した。

《23》リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業 [平成24年度～平成28年度]

[中期目標期間実績]

平成24年度においては、以下を実施した。

2020年又はそれ以降でリチウムイオン電池の用途の主力と目される電気自動車(EV)、プラグインハイブリッド自動車(PHEV)の市場における日本の優位性を確保すると共に、多用途展開による新規市場を創出及びコスト低減による蓄電分野の競争力を強化することを目的として、平成24年度に実施した公募により7者を採択し、以下の研究開発に着手した。

研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」

EV・PHEV用途において特に要求の高いエネルギー密度を向上させ、かつ電池として適切なバランスを持った電池の実現のため、正極、負極、電解液、セパレータ等の各種材料の組成、合成条件の検討を行うと共に、一部材料において小型セルを試作し、性能評価、信頼性評価を実施した。また、高い安全性を実現する全固体リチウムイオン電池について、イオン伝導パスを確保したコンポジット電極における正極活物質と固体電解質の最適な混合比率を把握した他、固体電解質層の薄層化技術を開発した。

研究開発項目②リチウムイオン電池応用技術開発

リチウムイオン電池の用途拡大のため、港湾設備を中心とした産業用機械のEV/HEVを実現する大型蓄電池について、実機負荷から電池仕様の適性を見極めるためのシミュレーションモデルを構築した。加えて、ハイレート大型セルの構成を決定し、5Ah級セルの作製準備を完了するとともに、ハイレートモジュールの基本作製仕様を確定した。

< 2 > 新エネルギー技術分野

[中期計画]

新エネルギーは、これまで主として経済性の面での制約があることから普及が難しいとされてきたが、近年、技術革新や導入支援策等により、経済性の制約は大幅に緩和されており、太陽光発電に代表されるように世界的に見てもその導入が飛躍的に増大しているところである。また、世界全体で環境・エネルギー問題への関心が高まる中、新エネルギー等の導入拡大、エネルギー効率の飛躍的向上及びエネルギー源の多様化に資する新エネルギー技術の重要性は、これまで以上に高まっている。このため、短期及び中長期の対策を視野に入れ、アイデア発掘を含めた新エネルギー技術開発・実証及び導入普及業務等を推進する。

①技術開発／実証

[中期計画]

技術開発／実証については、以下の分野を中心として実施する。

・太陽光

技術開発に関し、ヨーロッパ、特にドイツにおける太陽光発電産業の急速な伸びがあり、累積導入量ではドイツが日本を抜いて1位となった。また、半導体産業の成長に加え、太陽電池需要の大幅な伸びにより、世界的なシリコン材料不足が顕在化した。

第2期中期目標期間においては、シリコン需給がますます不透明な状況となるものと予想されるため、太陽光発電の継続的な普及拡大のためには、非シリコン、省シリコン型の太陽電池の重要性は更に高まるものと考えられる。これを踏まえ、非シリコン、省シリコン型の太陽電池で6～16%のモジュール変換効率等を目指し、これら太陽電池の低コスト化・高効率化等の太陽光発電システムに係る研究開発を推進し、将来、太陽光発電が我が国のエネルギー源の一翼を担うよう、その普及拡大を図る。

実証に関し、2010年度における導入目標達成に資するため、太陽光、太陽熱の利用設備について、更なる普及に向けた機器の性能向上・コスト低減がいよいよ求められてくる。

第2期中期目標期間においては、更なる普及の推進対策として、太陽光及太陽熱フィールドテスト事業について、コスト低減を促す仕組みを設け、今後の利用の着実な普及を目指す。また、得られた成果や知見が効果的に広く国民に情報提供できるよう、普及啓発活動を推進する。

・風力発電

2010年度における導入目標達成に向け、風力発電技術や系統連系技術が重要となっている。

第2期中期目標期間においても、風力発電導入に係る技術開発等を実施するとともに、新たに風力発電に対する我が国特有の課題克服や洋上風力発電導入に向けた技術開発等に着手する。

・バイオマス

技術開発に関し、平成19年1月の米国ブッシュ大統領の年頭演説における今後10年でガソリン消費量を20%削減するとの発表により、バイオエタノールを積極的に導入する方針を明確にしたことを受け、それらの燃料開発や資源確保の動きが世界的に加速されるといった大きな変化があった。かねてより、機構において実施してきた液体燃料化技術では、機構の研究開発成果により廃木材からの商用エタノール製造プラント（米国、3万kl/年）が世界に先駆けて実用化される見込みであるが、こうした環境変化を踏まえ、食料事情と競合せず国内賦存量の豊富な木質等のセルロース系バイオマス（農業残さ含む）由来の液体燃料製造技術について、更なる低コスト化を実現する研究開発に重点化する方針を機構として明確にしたところである。

第2期中期目標期間においては、2010年以降に普及が期待される革新的な技術の実用化ニーズの高まりが見込まれる。そこで、機構の重点化の方針に基づき、セルロース系バイオマス（農業残さを含む）由来の液体燃料製造技術の2015年～2030年での導入拡大に向け、第2期中期目標期間中に35%のエネルギー回収率を目指す研究開発等を実施する。

実証に関し、京都議定書目標達成計画においてバイオマスの熱利用を中心とした挑戦的な導入目標が設定されたことを踏まえ、多種多様なバイオマスからのガス化、発酵、直接燃焼等に係る技術実証、運用研究等を経て、食品工場や製材所等での地産地消型モデルを中心としたバイオマスの導入を促進し、2010年の導入目標の達成を確実にすることが必要である。

第2期中期目標期間においては、2010年の導入目標の達成に向け、上記の運用研究事業等に取り組む。さらに、2010年以降、2015年～2030年における導入拡大に向け、国内賦存量の豊富な木質等のセルロース系バイオマス（農業残さ含む）からの液体燃料製造技術に係る研究開発成果の技術実証、運用研究等に着手する。

・系統連系技術

風力発電や太陽光発電等の再生可能エネルギーは、地球温暖化防止に資する貴重なエネルギー源であるが、自然の影響を受けやすく出力が不安定な電源である。

このため、第2期中期目標期間においては、このような不安定な電源の導入に不可欠な系統連系技術の実証研究等を実施する。また、系統連系円滑化のための蓄電システム技術開発について、2010年でコスト4万円/kWh、寿命10年の蓄電システムの実現等を目指すとともに、これまでの実証研究等の成果を受けて、今後の導入普及やコスト低減に資する技術開発など系統連系技術の普及導入に資する実践的な研究開発段階に移行する。

・超電導技術

イットリウム系高温超電導線材については、高性能線材、低コスト線材ともに臨界電流値300A、線材長500m

を達成するなど実用化レベルに達するとともに、将来の超電導機器開発に向けた線材としての課題である超電導特有の交流損失低減の目処も得られている。

第2期中期目標期間においては、実用レベルに達したイットリウム系線材の更なる性能向上を図り、同時に、同線材を使用した次世代の高機能電力機器（275kV・3kAケーブル及び66kV・5kAケーブル、66kV/6kV 2MVA級変圧器、2MJ級SME S要素コイル及び2MVA/1MJ級SME S等）の実用化を見通した重要な技術等を開発し、その効果を信頼性等を含めて確認する。

[中期目標期間実績]

技術開発/実証については、以下の分野を中心として実施した。

・太陽光

太陽光発電の継続的な普及拡大のため、省シリコン・非シリコン型太陽電池の実用化を図るべく、高効率化・高耐久化・低コスト化に資する研究開発を行い、以下の通り成果を得た。

省シリコン型の太陽電池について、結晶シリコン太陽電池ではシリコン使用量低減のため、薄膜スライス技術を開発し、基板厚さ・カーフロス共に100 μ mを達成した。また、バックコンタクトセルおよびヘテロ接合技術を開発し、17mm角セルで変換効率22.3%を達成した。薄膜シリコン太陽電池では、シリコン使用量の少ない薄膜シリコン太陽電池の高効率化・低コスト化のため、多接合技術と高生産性大面積製膜技術を開発し、小面積多接合セルで安定化効率11.7%を達成した。

非シリコン型の太陽電池について、CIS等化合物太陽電池では、シリコンを使用しない化合物太陽電池の高効率化・低コスト化のため、高品質光吸収層と高効率新規バッファ層を開発し、小面積セルで変換効率19.7%を達成した。また、大面積成膜技術を開発し、30cm角サブモジュールで変換効率17.8%を達成した。色素増感太陽電池では、シリコンを使用しない色素増感太陽電池の高効率化・低コスト化のため、逆電子移動をブロックする新色素や、劣化の少ない電解質を開発し、小面積セルで変換効率11.9%を達成した。また、効率低下の少ない集積構造を設計し、20cm角サブモジュールで変換効率9.1%を達成した。有機薄膜太陽電池では、シリコンを使用しない有機薄膜太陽電池の高効率化・低コスト化のため、吸収端を長波長化したp型有機半導体と開放電圧を高めたn型有機半導体を組み合わせ、小面積セルで変換効率10.0%を達成した。また、高精度塗布技術・パターニング技術を開発し、20cm角サブモジュールで変換効率6.8%を達成した。また、将来、大幅な高効率化・低コスト化が狙える次世代型太陽電池として、III-V族系3接合太陽電池の開発を実施し、トンネル接合抵抗の低減や受光面の電極間隔の最適化により、4mm角セルで集光時変換効率44.2%を、1cm角セルで非集光時37.9%を達成した。

実証に関し、太陽光及び太陽熱フィールドテスト事業において、データ収集・分析・評価を実施し、今後の太陽光及び太陽熱利用の着実な普及を推進した。特に公共産業用太陽光発電システムや業務用の太陽熱利用システムの大幅な普及に貢献した。

また、太陽光発電システムの設計・施工に係るコスト低減策を冊子に取り纏め、関係各所に配布を行い導入普及に務めた。太陽熱においては改善が必要な熱量計測システムについて現地調査を行い、ガイドラインや情報発信手法等を取り纏め導入普及に努めた。

・風力発電

風力発電の導入に向け、我が国特有の課題である落雷保護の対策技術や複雑地形における風特性モデル等の開発を行った。また、洋上風力発電の技術開発に着手し、銚子沖及び北九州沖において我が国初の沖合における着床式洋上風車を設置し、銚子沖については2012年度に発電実証を開始した。また、洋上向け超大型風車（7MW）の開発を推進した。

・バイオマス

セルロース系バイオマス（農業残さを含む）由来の液体燃料製造技術については、ネピアグラス、ユーカリ等のセルロース系バイオマスを用いて、糖化能力を有する微生物（酵母、細菌）等で同時糖化並行発酵によるエタノール生産を行う総合的プロセス開発の実施により、エネルギー回収率35%以上を達成した。

実証については、2010年の導入目標の達成に向けて、食品工場や製材所等で多種多様なバイオマスからのガス化、発酵、直接燃焼等に係る技術実証、運用研究等に取り組み、バイオマス熱利用の大幅な導入に貢献すると同時に、燃焼制御や前処理としての乾燥方法等のバイオマス特有の重要な知見を得られた。また、地産地消型モデルの構築案件等、今後の普及に資する技術開発を検証した。

2015年～2030年における導入拡大に向けては、バイオマスのガス化及びメタン発酵に係る研究開発成果の技術実証、運用研究を実施した。また、国内賦存量の豊富な木質等のセルロース系バイオマス（農業残さ含む）からの液体燃料製造技術（BTL）や従来の油糧作物よりも高収量が期待される微細藻類に係る技術実証、運用研究等に着手した。

・系統連系技術

将来的に大規模太陽光発電システムが系統に大量導入された際の出力不安定性を解消することを目的に、山梨県北杜市と北海道稚内市において、系統用蓄電池や大容量インバーターを用いた系統安定化技術の実証を行った。

また、系統連系円滑化のための蓄電システム技術開発については、2010年でコスト4万円/kWh、寿命10年の蓄電システムの実現に目処をつけるとともに、実際に系統に100kW級システムを連系して風力発電や太陽光発電の変動補償の効果の検証を行った。そして、蓄電システムのさらなる性能向上を目指し、低コスト・長寿命でより安全性の高い蓄電システム及びその要素技術の開発に着手した。

さらに、再生可能エネルギーの大量導入によって系統に多大な不安定性が生じるようになり、従来までのように電力供給サイドだけが電力需給バランスの調整を行うのではなく、需要家側までも取り込んでICTを活用した地域単位でのエネルギー最適制御を構築することの必要性を見越し、スマートグリッド/スマートコミュニティの海外実証を展開した。具体的には、米国ニューメキシコ州においては実証事業の運転を開始するに至り、米国ハワイ、フランス、スベ

インにおいては実証フェーズへと移行し、今後の本格的な運転開始に向けた準備をする段階となった。また、中国、インドネシアにおいては事業実現可能性調査を実施した。

・超電導技術

イットリウム系線材の更なる性能向上を実現し、同線材を使用した次世代の高温超電導電力機器である275kV・3kAケーブル及び66kV・5kAケーブル、66kV/6kV 2MVA級変圧器について、モデル機器の検証を行い、機器の成立性を確認した。特に275kVケーブルでは世界最高電圧のケーブル課通電試験に初めて成功し、国際的にも高い評価を得る等の成果をあげた。また、SME Sについてはコイルの要素開発に特化した研究を実施し高強度コイル構造の開発に成功し、2MJ級SME S要素コイルの実現に向けた重要な技術を開発した。

《1》新エネルギー技術研究開発【委託・課題助成】[平成19年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

①新エネルギーベンチャー技術革新事業

本事業は、再生可能エネルギー関連技術について、技術課題設定型によるテーマ公募型事業として実施した。具体的には、平成19年度内にフェーズ1（FS/調査）として採択しステージゲート評価によりフェーズ2（研究開発）として実施することを認められた6テーマについて本格研究に着手し、年度末にはステージゲート評価により継続するテーマを3件に絞り込むとともに、19年度からの継続分である研究開発テーマ2件についても着実に実施した。また、（1）太陽光発電、（2）バイオマス、（3）燃料電池・蓄電池、（4）風力発電・その他の未利用エネルギーの4つの技術分野において、最新の技術開発動向等を踏まえ、技術課題を設定した上でフェーズ1の公募を実施し、申請のあった79件について、厳正に審査して14件を採択し、事業を実施した。

さらに、継続及び新規テーマについて、段階的競争選抜により21年度以降フェーズ1からフェーズ2に移行する案件を14件から4件に絞り込みを行うとともに、技術開発の成果を事業化に結びつけるために必要な個別事業者に対して、技術開発マネジメント、知的財産等に関するハンズオン支援を実施した。

②バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発

（1）バイオマスエネルギー先導技術研究開発

本研究開発では、2015～2030年実用化目標の「中長期的先導技術開発」と、セルロース系バイオ燃料に特化し、2015年～2020年実用化を目標に集中的に研究を行う「加速的先導技術開発」の枠を設けている。中長期的先導技術開発においては、平成20年度に新たに6件採択し、合計18件の研究開発を実施した。加速的先導技術開発においては、平成19年度末に選抜した研究テーマをエンジニアリング面等で補強する新規メンバー及び新たな研究分野であるバイオリファイナリーや酵素糖化・発酵の共通基盤研究の新規テーマを公募し、4件を採択、計8件の研究開発を実施した。

この中では、以下のような研究で著しい成果が得られた。

i) ワンバッチ式バイオエタノール製造技術の研究開発

ナノ空間形成法による木質成分の活性化、自立型並行複発酵微生物の研究開発によって、省エネルギー型の湿式粉碎技術、並行複発酵微生物の開発に目途を付けることができた。

ii) 膜分離プロセス促進型アルコール生産技術の研究開発

ブタノール生産について、遺伝子制御によるブタノール生産の制御可能性を確認すると共に、シリコンゴムコーティングした管状シリカライト膜を用いた浸透気化分離法によるブタノール濃縮を行い、30℃、500rpm条件下にて、ブタノール濃度1%（w/w）の供給液を38%（w/w）で回収できた。また、回収液は二層に分離しており、上層には83%（w/w）のブタノール濃度で回収された。

iii) バイオマスガス化触媒液化による輸送用燃料製造技術の研究開発

Ru-Mn系の開発触媒により、転化率96%及びC5以上成分の選択率90%以上を達成し、プロセス設計段階に至るに値する基礎データ取得に成功した。

iv) 未利用木質バイオマス（樹皮）の高効率糖化先導技術の開発

現時点では杉樹皮ではまだ難しいものの、ユーカリ樹皮では収率面で著しい効果が得られるなど、従来難しいとされていた樹皮のエタノール原料としての可能性を見つけ出した。

（2）バイオマスエネルギー転換要素技術開発

平成18年度に採択した5件の研究開発及び平成20年度に新たに採択した3件の研究開発を実施した。

平成18年度採択のテーマの中で著しい成果が得られた例を以下に示す。

i) 「植物性油脂の精製に用いた廃白土に残留する植物油からのバイオディーゼル燃料製造技術の開発」

食用油脂の精製工程から排出される廃白土に含まれる植物性油脂からLipaseを用いてBDFを低コストに製造するべく、ラボスケール実験においてBDF生成後スラリーを濾過し、廃白土ケーキをヘキサンによって洗浄・抽出することによりBDFを90%以上回収できることを確認すると共に、実証試験に向けた基礎データを取得した。

ii) 「水熱分解法と酵素分解法を組合せた農業残渣などのセルロース系バイオマスの低コスト糖化技術の開発」

水熱分解法と酵素分解法を組み合わせた糖化技術の確立を図るべく、温度160～280℃、圧力15～25MPa、処理時間0.5～2分の水熱条件下での糖類（原料濃度1.5～10wt%）及びリグニンモデル化合物の分解安定性の調査を行い、低濃度域（～3wt%）においては高温ほど糖回収には好適であり、加水分解が糖過分解よりも顕著に進行することが分かった。得られたデータを元に、糖化メカニズム機構の推定も実施した。更に、新設したパイロットプラントにより、C5糖、C6糖それぞれの糖化実験データを取得し、将来の実証試験に必要な試験を完

了した。

平成20年度は、バイオマスエネルギーとして実用化するためにボトルネックとなっている技術として以下の3テーマを採択した。

iii) 「エネルギー用森林木質バイオマス搬出のための高速連続圧縮機構の研究開発」

木質系バイオマスの圧縮基礎試験及び圧縮機構のモデル検討を開始した。

iv) 「自己熱再生方式による革新的バイオマス乾燥技術の研究開発」

乾燥プロセスの概念設計や試験用気固接触反応器の設計・製作を開始した。

v) 「木質系バイオマスの破碎・粉碎・前処理技術の研究開発」

高速衝撃式、高速剪断式、低速剪断式の3つの破碎機方式の比較試験を開始した。

③太陽光発電システム未来技術研究開発

豊田工業大学 大学院工学研究科教授 山口 真史氏をプロジェクトリーダーとし、その下で各研究開発の効率化を図りながら、以下の研究開発を実施した。

平成20年度は、平成18年度採択した37件のうち平成20年1月実施した中間テーマ評価による実施体制の見直しによって、19件について継続し、さらに平成19年度採択の2件を加えた21件の研究開発を実施した。平成19年度に追加公募によって採択した2件については、平成21年1月に中間テーマ評価を行って継続又は中止の判断を行い、平成21年度以降の研究体制を見直した。また、太陽電池の種類ごとに研究分科会を設け、プロジェクトリーダー及び実施者間での情報交換等により進捗状況の把握、研究方針のチェックと指導を行った。研究開発ごとの主たる実施内容を以下に示す。

(1) CIS系薄膜太陽電池

CIS系薄膜太陽電池の高効率化技術及び軽量基板上への太陽電池の形成技術の開発を目的として2件のテーマについて継続して研究開発を行った。この中で、「CIGS太陽電池の高性能化技術の研究開発」において、光吸収層の電気伝導性制御により開放電圧の向上を図り、10cm角のCIGSモジュールで変換効率15.9%を達成するとともに、フレキシブル太陽電池では新開発のアルカリ添加技術により小面積のセラミック基板上で17.7%、ポリイミド基板上で世界最高効率となる14.7%をそれぞれ実現した。

(2) 薄膜シリコン太陽電池

薄膜シリコン太陽電池について、生産性向上技術又は高効率化技術の開発を目的として2件のテーマについて継続して研究開発を行った。「高電圧型高効率薄膜シリコン太陽電池の研究開発」においては、ガラス基板へのテクスチャ構造形成技術の開発を行い、新規光閉じ込め効果によるセルの感度向上(電流アップ)を確認した。また「高電流型高効率薄膜シリコン太陽電池の研究開発」においては、製膜条件の最適化と膜質調整による変換効率の改善、微結晶SiGe層や透明電極の膜質向上による赤外透過率改善などに関する開発を行い、最終目標達成の目処が立った。

(3) 色素増感太陽電池

色素増感太陽電池の高効率化技術、耐久性向上技術、モジュール化技術の開発を目的として5件のテーマについて継続して研究開発を行った。この中で、「高効率・集積型色素増感太陽電池モジュールの研究開発」において、電子移動素過程の解析、色素吸着状態の解析を実施し、変換効率11.5%(5mm角)を達成するとともに5cm角集積型モジュールにおいても効率8.2%を達成した。

(4) 次世代超薄型シリコン太陽電池

次世代超薄型シリコン太陽電池の高効率化技術及び関連プロセス技術の開発を目的として4件のテーマについて継続して研究開発を行った。平成20年度は、高効率化技術開発の最終年度であり、最終目標の厚み100 μ m、15cm角の多結晶シリコン太陽電池において、変換効率18%をほぼ達成することができた。

(5) 有機薄膜太陽電池

有機薄膜太陽電池の高効率化技術及び耐久性向上技術の開発を目的として2件のテーマについて継続して研究開発を行った。この中では、「タンデム型高効率・高耐久性有機薄膜太陽電池の研究開発」において、新規ポリマー材料の開発により多層輸送層による高分子系6mm²セルで変換効率5.16%が得られた。

(6) 次世代技術の探索

太陽光発電システムの大幅な低コスト化・高性能化・長寿命化が実現可能と考えられる次世代技術の探索を目的として6件のテーマについて継続して研究開発を行った。この中で、「スクリーン印刷/焼結法を用いた非真空CIS太陽電池の製造技術開発」においてCIS膜組成の改善に取り組み、焼結プロセスを工夫して2 μ m程度の平均結晶粒径を得ることができるようになった。

④太陽光発電システム共通基盤技術研究開発

今後の太陽光発電システムの円滑かつ健全な導入拡大に資することを目的に、プロジェクトリーダーを国立大学法人東京工業大学 統合研究院 ソリューション研究機構 特任教授 黒川 浩助氏とし、研究開発を推進した。研究開発ごとの実施内容を以下に示す。

(1) 新型太陽電池評価技術の開発

効率的な開発が出来るよう2テーマに集約して研究開発を実施した。

「太陽電池評価技術の研究開発」では、平成19年度に基本設計と性能評価を行った性能評価装置を用いて研究を実施し、多接合、化合物半導体、超高効率結晶Si等、各種新型太陽電池セルに特有の温度特性・照度特性等を反映した屋内性能評価技術を開発した。

「発電量評価技術の研究開発」では、平成19年度に開発した発電量定格の評価技術を、太陽電池モジュールの複合体であるアレイに適用し、検証した。

(2) PV環境技術の開発

「太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」においては、平成19年度に確立したLCA手法

を進展させて、廃棄・リサイクルを考慮したPV用のLCAツール開発を行った。

(3) 太陽光発電技術開発動向等の調査

標準化調査研究事業「太陽電池モジュール・アレイ及び太陽光発電システム・周辺機器の標準化に関する調査研究」においては、

JIS素案5件（以下参照）

- 1) パワーコンディショナ単独運転防止試験方法
- 2) 太陽光発電システムの電磁両立性
- 3) モジュール・アレイの安全適格性確認試験法
- 4) モジュール・アレイの安全適格性確認設計法
- 5) 太陽光発電システムの用語

を提案した。

「包括的太陽電池評価技術に関する標準化」においては、JIS素案6件（以下参照）

- 1) 基準太陽光の分光放射照度による太陽電池の測定原則
- 2) 二次基準CIS系太陽電池セル
- 3) CIS系太陽電池測定用ソーラシミュレータ
- 4) CIS系太陽電池セル・モジュール出力測定方法
- 5) CIS系太陽電池分光感度特性測定方法
- 6) CIS系太陽電池の出力電圧・出力電流の温度係数測定方法

IEC改正1件（以下参照）

- 1) 太陽電池モジュールの安全性適合認定—第1部：構造に対する要求事項
- を提案した。

IEA-PVPS（国際エネルギー機関 太陽光発電システム研究協力実施協定）においては、各タスク毎（以下参照）に専門家会議に参加し、成果創出に向け日本の責務の実行及び参加国との情報交換を行った。また、ワークショップ等を開催し、太陽光発電の普及に向けた国際貢献に寄与した。

- タスク1 太陽光発電システムに関する情報交換と普及
タスク8 大規模太陽光発電に関する可能性調査研究
タスク9 開発途上国のための太陽光発電サービス
タスク10 都市規模での系統連系PVの応用
タスク11 太陽光発電ハイブリッド・ミニグリッド

「太陽光発電技術開発動向等の調査」においては、世界の最新の太陽光発電研究開発及び技術開発・実証の取り組みについて、動向を調査した。平成20年5月のIEEE PVSC-33（サンディエゴ）、9月のEUPVSEC-23（バレンシア）の2つの国際会議より、優れていると考えられる研究開発について、i) 新コンセプト、ii) 結晶シリコン（原料を含む）、iii) 薄膜シリコン、iv) 化合物薄膜、v) 集光・宇宙用、vi) コンポーネント、vii) 地上用太陽光発電システム、に分けて概要をまとめた。

⑦革新的太陽光発電技術研究開発（革新型太陽電池国際研究拠点整備事業）

東京大学及び産業技術総合研究所を研究拠点とし、34機関において研究開発を開始した。研究開発項目は、「ポストシリコン超高効率太陽電池の研究開発」、「高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発」、「低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発」の3項目である。

(1) ポストシリコン超高効率太陽電池の研究開発

東京大学を中心として研究開発を進めた。

エピタキシャル成長技術においては、InGaP/GaAs/InGaAsで構成される逆エピ3接合構造セルの成長技術開発を行った。組成勾配バッファ層の成長条件の最適化を行ない、格子不整合系InGaAs単一セルでの高効率化と、さらに逆エピ3接合構造の高効率化研究を進めた。

また、単層の太陽電池で理論効率60%といわれている、量子ドット超格子型太陽電池などの新概念、新技術の太陽電池の創出を目指した研究開発を実施した。その中で、量子ドット超格子型セル技術においては、歪み補償成長法による量子ドット超格子型太陽電池の作製技術の開発を進めた。

さらに、国際シンポジウムを開催し、マックス・プランク基礎研究所などの海外研究機関からの招聘研究員と国内研究者との情報交換を実施した。

(2) 高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発

産業技術総合研究所を中心として研究開発を進めた。

新概念新材料の開発として、強相関材料においては、様々な強相関酸化物とn型半導体の整流性接合を作製し、強相関酸化物の電子状態と太陽電池材料としての光電子物性の相関を解析した。同様に、高度光利用技術の開発として、高度光閉じ込め技術の開発においては、計算機を使って解析を進め、各パラメータと光学挙動の相関を把握し、設計指針を得た。

また、ヘルムホルツ・ベルリン研究所などの海外研究機関との研究協力も開始した。

(3) 低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発

東京工業大学を中心として研究開発を進めた。

集光型Si薄膜太陽電池の最適設計と試作、フルスペクトル太陽電池のデバイス構成・要素セルの理論設計、オプティカルカップリングの検討や新材料の検討として、カルコバイライト系のナローギャップ材料、ワイドギャップ材料、ワイド/ナローギャップ材料などの開発に着手し、新概念としての表面プラズモン、グラフェン透明導電膜やナノドット量子効果を有する薄膜の導入検討を開始した。

また、ペンシルバニア州立大学などの海外研究機関との研究協力も開始した。

⑧単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究

公募により1件の採択を決定するとともに、財団法人電気安全環境研究所 研究部 調査役 大坂 進氏をプロジェクトリーダーとし、研究開発を推進した。研究開発項目ごとの実施内容を以下に示す。

(1) 複数台連系を対象とした単独運転検出装置の試験方法研究のための設備の構築

財団法人電力中央研究所赤城試験センター(前橋市)内に、「集中連系型太陽光発電システム実証研究」(平成14年度～平成19年度)において使用した「模擬配電系統設備」を利活用して試験方法研究のための試験設備を構築し、試験目的に応じた各試験回路やデータ取得及び分析方法の最適化を行った。

「模擬配電系統設備」では系統側を模擬する電源容量が不足することから「新電力ネットワークシステム実証研究」(平成15年度～平成19年度)において、東北福祉大学(仙台市)で使用した「BTB電源」を赤城試験センターに移設することにより、30台規模の太陽光発電システム用パワーコンディショナ(PCS)を用いた系統連系運転を可能とするシステムを構築した。

(2) 複数台連系を対象とした単独運転検出装置の認証に資する試験方法の開発

i) 複数台連系時の単独運転検出機能試験方法の確立

単独運転検出機能試験方法を構成する試験条件、測定方法、判定基準等の詳細を検討するために、上記(1)で構築した設備を使用した実験の諸条件を検討するとともに、実験の実施等により得られたデータの分析等を行った。この結果を踏まえて、必要試験台数、必要試験回数、能動信号の相互干渉についての評価方法及び試験回路等の検討事項を盛り込んだ単独運転検出機能試験方法(案)を策定した。

ii) 複数台連系時の不要動作試験方法の確立

不要動作試験方法を構成する試験条件、測定方法、判定基準等の詳細を検討するために、ネットワーク管理者から電力系統の電圧や周波数の変化等について聞き取り等を行い、要求事項の洗い出しを実施した。また、供試体PCSの不要動作に関する性能確認試験及びPCSメーカーへの聞き取り等を行い、供試体PCSの単独運転検出及び不要動作に関する基本的な性能を把握した。以上の結果を踏まえて、周波数低下や瞬時電圧低下に関する検討事項を盛り込んだ不要動作試験方法(案)を策定した。

(3) 有識者、電力系統管理者などによる試験方法について審議

有識者、一般電気事業者関係及びPCSメーカー等を中心として、「太陽光発電システムの複数台連系試験技術研究委員会」、「複数台連系時単独運転検出装置の非干渉・高速化等機能試験課題対応分科会」及び「太陽光発電普及拡大への系統運用課題対応分科会」を設置した。また、これらの委員会、分科会において、試験方法確立に向けた実施事項について整理するとともに、実験・分析データ、電圧・周波数に関する調査結果及びPCSの限界性能等についての審議を行った。

⑨洋上風力発電技術研究開発

公募により、応募のあった9件の提案のうち6件の採択を決定した。平成20年度はフィージビリティ・スタディ(FS)として、海域調査(気象・海象、海底地形・海底土質及び生態系の調査)及び全体設計(電力事前協議、発電設備構成、設備運搬・施工、環境影響評価、運転保守、実証研究の概算事業費及び実証研究における検証可能内容(設備利用率の見込みを含む)等)等を詳細に検討した上で、洋上風力発電実証研究に係る実施計画書案を作成)を行い実証研究の実現可能性を評価した。

⑩次世代風力発電技術研究開発(基礎・応用技術研究開発)

公募により、応募のあった2件の提案のうち、1件の採択を決定した。独立行政法人産業技術総合研究所の小垣哲也氏をプロジェクトリーダーに委嘱し、研究開発を推進した。平成20年度の研究開発内容は以下のとおり。

(1) 複雑地形における風特性の精査

2基の風況観測塔を複雑地形に設置し観測を開始した。また、観測塔にIECにおいて標準風速計として認定されている風向風速計システム(カップ・ベーン式)を設置し、風速・乱流強度等の鉛直方向分布を計測し、複雑地形における厳しい風特性を詳細に調査・解析した。さらに、急速な風向・風速変動を伴うガスト現象を捉えるため、時間分解能に優れた風向風速計システム(超音波式)も併設した。

(2) 複雑地形CFDシミュレーション及び風洞実験技術の高度化

単純化した複雑地形と上記(1)において実際に風計測を実施する実地形の風洞模型及び風洞実験後流モデルロータを設計・製作した。

(3) 複雑地形風特性モデルの開発・検証

これまでのガイドライン策定事業やフィールドテスト事業等で取得した風データ及び知見を最大限有効活用し、現状のIEC標準では十分反映されていない日本の厳しい風特性・気象条件の特性を明らかにした。

(4) リモートセンシング技術の精度・信頼性調査

リモートセンシング技術の現状とこれからの課題について調査を行った。

(5) IEA Wind実施協定への参画・成果発信・国内とりまとめ

日本電機工業会を事務局とし、大学、研究機関、風力発電産業界の専門家が参集するIEA風力国内委員会を設置し、IEA Wind実施協定への参画を開始した。

⑪太陽光発電システム実用化促進技術開発

平成20年度に採択した4テーマについて新規に研究開発を開始した。各助成テーマの平成20年度の開発内容は以下のとおり。

「薄膜シリコンフィルム基板太陽電池の開発」においては、フィルム基板への微結晶シリコン膜の高速製膜技術開発及び大面積フィルム上への製膜装置の製作を行った。

「マルチワイヤーソー方式による超薄型ウェハー製造技術の産業技術開発」においては、面積15cm角相当の素材

を板厚約100 μ m、切代約150 μ mで切断し得るスライス技術を開発し、歩留まり80%以上を達成した。

「薄膜型太陽電池の大面积・安定製膜技術の検証による生産性向上」においては、チャンパー長尺化によるプラズマCVD装置の低コスト化技術及び4m²基板における大面积高速・低損失製膜技術を開発した。

「CIS系薄膜太陽電池の高効率化のためのプロセス最適化技術開発」においては、CIS系薄膜太陽電池に係るセレン化法の高度化と高効率化のためのプロセス最適化として、大面积化要素技術の全てを含んだ30cm×30cmサイズ基板上に作製した集積構造CIS系薄膜太陽電池サブモジュールで変換効率16%以上を達成した。

平成21年度においては、以下を実施した。

①新エネルギーベンチャー技術革新事業

本事業は、再生可能エネルギー関連技術について、技術課題設定型によるテーマ公募型事業として実施した。具体的には、平成20年度内にフェーズ1（FS／調査研究）として採択しステージゲート評価によりフェーズ2（研究開発）として実施することを認められた4テーマについて本格研究に着手し、年度末にはステージゲート評価により継続するテーマを3件に絞り込むとともに、21年度フェーズ2（研究開発）継続分テーマ3件についても着実に実施した。また、(1)太陽光発電、(2)バイオマス、(3)燃料電池・蓄電池、(4)風力発電その他未利用エネルギーの4つの技術分野において、最新の技術開発動向等を踏まえ、技術課題を設定した上でフェーズ1の公募を実施し、申請のあった115件について、厳正に審査して19件を採択し、事業を実施した。

さらに、技術開発の成果を事業化に結びつけるために必要な個別事業者に対して、技術開発マネジメント、知的財産等に関するハンズオン支援を実施した。

なお、平成22年度以降は「新エネルギーベンチャー技術革新事業」に分割して実施した。

②バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発

(1) バイオマスエネルギー等先導技術研究開発

平成18年度採択テーマ及び平成19年度採択テーマのうち継続を決定したテーマ、平成20年度採択テーマ、加速的先導技術として実施することとしたテーマについて研究開発を行った。

代表事例として、加速的先導技術開発である「セルロースエタノール高効率製造のための環境調和型プロセス開発」では、水熱処理を行ったソフトセルロースに対して麹菌由来の高効率酵素で部分糖化を行い、オリゴ糖分解酵素を表層に提示したアーミング酵母によりエタノール発酵を行う新規なプロセスを構築する技術を開発した。特に21年度には、前処理条件の最適化、アーミング酵母を用いた併行複発酵による酵素剤の低減、エタノール回収工程での省エネ効果、システムフローを作成した上でのエネルギーバランスの評価といった成果が得られた。

中長期的先導技術開発である「セルロース系バイオマスの膜利用糖化プロセスに関する研究開発」では、有機膜をプロセス各所で使用することにより、酵素回収にて酵素コストの低減可能な連続糖化リアクターや糖化液の濃縮と発酵阻害物質の除去を同時に行う濃縮・精製プロセスの研究開発を行った。特に21年度には、連続糖化リアクターの開発において、実際にバイオマスを用いた際に問題となる固形分残渣の分離と糖化酵素の吸着損失に着目して基本仕様を見直すことで実用的なリアクター基本設計を完了した。

糖化液の濃縮・精製プロセスの開発では、有機膜の利用により発酵阻害物質の除去が可能であることを見出し、実際のバイオマスを原料に用いて発酵効率をを向上させる基本技術を確認した。

平成20年度採択テーマについては、平成21年度末に開催した技術委員会において、研究開発の加速・継続等を判断し、3件の継続を決定した。

また、2015～2030年頃の実用化を目指した中長期的先導技術について公募を行い、従来の幅広いエネルギー転換・利用技術6件に加えて、バイオ燃料製造に寄与する遺伝子組み換え技術を含むエネルギー植物の品種改良技術9件を採択し、実用化を目指した技術開発を開始した。

また21年度より「一貫プロセス開発」「基盤研究」「利用技術開発」「規格」「総合評価」の5テーマ9チームによる連携促進を図るべく、各テーマ代表研究者による定期的なBio Fuel Challenge委員会を設置しワークショップを開催した。

(2) バイオマスエネルギー等転換要素技術開発

平成20年度に採択したテーマについて引き続き研究開発を実施した。

代表的なテーマとして、「エネルギー用森林木質バイオマス搬出のための高速連続圧縮機構の研究開発」では、林地残材の効率的かつ低コストな搬出によるバイオマス原料費の低減を図り、林地残材の圧縮形成装置の開発を行った。特に21年度には小型モデルを使用した駆動実験を行い、数値モデルから求めたパラメータの検証を行った。これらの結果を基に圧縮形成装置の設計を行い、実寸大の試作機を完成させた。

また、「自己熱再生方式による革新的バイオマス乾燥技術の研究開発」では、バイオマス原料の乾燥エネルギー低減によるシステム全体のエネルギー回収率向上を図り、従来回収不可能だった蒸発水分からの潜熱回収を可能とする画期的な乾燥システムの開発を行った。特に21年度には、試験プラントを用い、プロセス構築と実プラント設計データを取得した。また、バイオマス種別毎の乾燥条件を確認した。

なお、20年度に採択したテーマ3件について事業の進捗を鑑み、1件については22年度まで延長することとした。

さらに、2015年頃の実用化を目指すセルロース系原料からのエタノール製造時に重要な要素技術に関して公募を行い、4件を採択し技術開発を開始した。

なお、平成22年度以降は「バイオマスエネルギー技術研究開発」に統合して実施した。

③太陽光発電システム未来技術研究開発

豊田工業大学 大学院工学研究科教授 山口 真史氏をプロジェクトリーダーとし、中間テーマ評価（平成19、20年度に実施）により見直した19件について研究開発を継続実施した。また、太陽電池の種類ごとに進捗報告会を設け、プロジェクトリーダー及び実施者間での情報交換等により進捗状況の把握、研究方針のチェックと指導を行

った。本プロジェクトは本年が最終年度であるため、12月に前倒し事後評価を実施し、低コスト化に係る技術課題等についてロードマップ（PV2030+）に基づきコスト目標を設定して事業を推進すること等を後継プロジェクトへ反映することとした。研究開発ごとの主たる実施内容を以下に示す。

（1）CIS系薄膜太陽電池

CIS系薄膜太陽電池の高効率化技術及び軽量基板上への太陽電池の形成技術の開発を目的として2件のテーマについて継続して研究開発を行った。この中で、「CIGS太陽電池の高性能化技術の研究開発」において、高効率化では、各プロセス最適化、透明導電膜の性能向上により10cm角サブモジュールで16.8%（世界最高値）を達成。また軽量基板ではNa導入法を開発、他の技術と併用し、10cm角サブモジュールで15.2%（世界最高値）を達成した。

（2）薄膜シリコン太陽電池

薄膜シリコン太陽電池の生産性向上技術又は高効率化技術の開発を目的として、2件のテーマについて継続して研究開発を行った。「高電圧型高効率薄膜シリコン太陽電池の研究開発」においては、超屈折率中間層によりトップ層の感度を中間層無しで29%、従来中間層で21%、ミドル層感度を13%、ボトム層感度を27%それぞれ向上させ、短絡電流を10%、開放電圧を11.6%向上させた。また「高電流型高効率薄膜シリコン太陽電池の研究開発」においては、トップセルの安定化効率10%達成の目処を付け、ミドルセルの開放電圧で目標の560mVを達成した。三接合太陽電池の変換効率11.6%を実証し、13%達成までの技術的な目処を付けた。

（3）色素増感太陽電池

色素増感太陽電池の高効率化技術、耐久性向上技術、モジュール化技術の開発を目的として5件のテーマについて継続して研究開発を行った。この中で、「高効率・集積型色素増感太陽電池モジュールの研究開発」において、新しいパッシベーション技術を確立し、セル変換効率11.5%（5mm角）を達成。「高耐久性色素増感太陽電池モジュールの研究開発」において、サブモジュール（20cm角）で効率8.1%を達成した。

（4）次世代超薄型シリコン太陽電池

次世代超薄型シリコン太陽電池の高効率化技術及び関連プロセス技術の開発を目的として4件のテーマについて継続して研究開発を行った。平成21年度は、高効率化技術開発の最終年度であり、最終目標の厚み100μm、15cm角の多結晶シリコン太陽電池において、変換効率18%を達成した。

（5）有機薄膜太陽電池

有機薄膜太陽電池の高効率化技術及び耐久性向上技術の開発を目的として2件のテーマについて継続して研究開発を行った。この中では、「タンデム型高効率・高耐久性有機薄膜太陽電池の研究開発」において、新規ポリマー材料の開発により高分子系タンデムセル（7mm²）で変換効率6.23%が得られた。

（6）次世代技術の探索

太陽光発電システムの大幅な低コスト化・高性能化・長寿命化が実現可能と考えられる次世代技術の探索を目的として5件のテーマについて継続して研究開発を行った。この中で、「省資源・低環境負荷型太陽光発電システムの研究開発」では、薄膜Siへサブミクロン粒子からなるフォトリソグラフィ構造を作成するプロセスを開発したほか、CIGS太陽電池では、Mo使用量を従来の1/2以下かつIn使用量を従来の1/3以下で変換効率15%を達成した。

④太陽光発電システム共通基盤技術研究開発

国立大学法人東京工業大学 統合研究院 ソリューション研究機構 特任教授 黒川 浩助氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を推進した。また、本プロジェクトは本年が最終年度であるため、12月に前倒し事後評価を実施し、信頼性評価技術として過去のフィールドデータ等を用いた寿命データ解析、太陽光発電システムの屋外曝露試験データの取得・分析評価による劣化要因抽出等を行うこと等を後継プロジェクトへ反映することとした。

（1）新型太陽電池評価技術の開発

効率的な開発が出来るよう2テーマに集約して研究開発を実施した。

「太陽電池評価技術の研究開発」では、平成20年度に基本設計と性能評価を行った性能評価装置を用いて研究を実施し、多接合、化合物半導体、超高効率結晶Si等、各種新型太陽電池セルに特有の温度特性・照度特性等を反映した屋内性能評価技術を開発した。また、ソーラシミュレータ法での一次基準セルモジュール評価方法を開発し、第三者認証された。さらに複合加速試験の加速係数を算出した。

「発電量評価技術の研究開発」では、平成20年度に開発した発電量定格の評価技術を、太陽電池モジュールの複合体であるアレイに適用し、ラウンドロビンにて検証した。また、日射量の分光感度特性を4地点で収集した。

（2）太陽光発電技術開発動向等の調査

標準化調査研究事業「太陽電池モジュール・アレイ及び太陽光発電システム・周辺機器の標準化に関する調査研究」においては、以下のJIS素案5件を作成、提出した。

- 1) パワーコンディショナ単独運転防止試験方法。
- 2) 太陽光発電システムの電磁両立性
- 3) モジュール・アレイの安全適格性確認試験法
- 4) モジュール・アレイの安全適格性確認設計法
- 5) 太陽光発電システムの用語

また、JIS素案3件（「太陽電池アレイ出力のオンサイト測定方法改正」、「現地試験指針」、「モジュール互換性」）及びIEC改正案2件（「太陽光発電システムの電磁両立性」、「モジュール・アレイの互換性標準」）の検討を進めた。

「包括的太陽電池評価技術に関する標準化」においては、JIS及びIECに関して以下の提案等を行った。

1) 新型太陽電池評価方法の標準化

IEC60904（地上設置の薄膜太陽電池（PV）モジュール—設計適格性確認及び形式認証のための要求事

項)にあわせたJIS改訂案全10件中、3件をJISに改訂した。

2) 長期信頼性の評価技術標準化

IEC61730に関する提案を行った。

IECへはIEC61853(PVモジュールの性能テストとエネルギー評価)を提出した。審議推進を図りPART-1がCDVになった。

IEA-PVPS(国際エネルギー機関 太陽光発電システム研究協力実施協定)においては、各タスク毎(以下参照)に専門家会議に参加し、成果創出に向け日本の責務の実行及び参加国との情報交換を行った。また、ワークショップ等を開催し、太陽光発電の普及に向けた国際貢献に寄与した。

タスク1 太陽光発電システムに関する情報交換と普及

タスク8 大規模太陽光発電に関する可能性調査研究

タスク9 開発途上国のための太陽光発電サービス

タスク10 都市規模での系統連系PVの応用

タスク11 太陽光発電ハイブリッド・ミニグリッド

またタスク12(PVの健康・安全・環境)への参加を開始した。

「太陽光発電技術開発動向等の調査」においては、世界の最新の太陽光発電研究開発及び技術開発・実証の取り組みについて、動向を調査した。平成21年5月のIEEEPVSC-34)、9月のEUPVSEC-24、11月PVSECの3つの国際会議より、優れていると考えられる研究開発について、i) 新コンセプト、ii) 結晶シリコン(原料を含む)、iii) 薄膜シリコン、iv) 化合物薄膜、v) 集光・宇宙用、vi) コンポーネント、vii) 地上用太陽光発電システム、に分けて概要をまとめた。また、欧米だけでなくアジアなどの新興国の技術動向を調査分析した。

⑦革新的太陽光発電技術研究開発(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)

平成20年度に採択した、3グループ(34機関)の実施体制にて引き続き研究開発を実施した。各グループの主たる研究開発の概要は以下のとおり。

(1) ポストシリコン超高効率太陽電池の研究開発

国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 情報デバイス分野教授 中野 義昭氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

平成21年度は、「エピタキシャル成長技術」においては、平成20年度に引き続き、逆エピ3接合構造の最適化の検討を行い、開放電圧 V_{oc} 向上による変換効率向上を図り、非集光時変換効率で35.8%を確認した。また1000倍集光に必要な $15A/cm^2$ を上回る $56A/cm^2$ のトンネルピーク電流密度と $4m\Omega \cdot cm^2$ の低抵抗を実現して、集光時変換効率42.1%(230sun)を確認した。

「量子ドット超格子型セル技術」においては、平成20年度に引き続き、量子ドット超格子成長条件の最適化を進め、平成21年度は膜厚20nmのGaAs歪み補償中間層を用い、50層までの多重積層InAs量子ドットを導入した太陽電池の作製技術を開発した。10層積層時の量子ドット太陽電池の変換効率16.1%を確認した。また、50層積層量子ドット太陽電池の短絡電流密度として $26.4mA/cm^2$ を確認した。

(2) 高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発

独立行政法人産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター センター長 近藤 道雄氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

平成21年度は、化合物系4接合太陽電池のトップ層の開発として、「酸化物ワイドギャップ」においては光吸収層用ワイドバンドギャップ高品質酸化物材料の要素技術の開発を進めた。そのために、銅酸化物のバンドギャップならびに光吸収係数などの光学的性質と製膜条件との相関を解析し、銅酸化物の高品質化に電気化学的ヘテロエピタキシャル成長が有効であることが明らかとなった。同様に、高度光利用技術の開発として「高度光閉じ込め技術」においてはプラズモン効果を利用した透明導電膜の開発を進め、表面プラズモン構造を導電層に導入することにより、波長800nmにおいて約20%の光感度向上が確認され、AM1.5太陽光下では、約9%の光電流増大が達成された。

また、平成21年度は、国際シンポジウムを開催し、ヘルムホルツ・ベルリン研究所などの海外研究機関からの招聘研究員と国内研究者情報交流を実施した。

(3) 低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発

国立大学法人東京工業大学 大学院理工学研究科 電子物理工学専攻 教授 小長井 誠氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

平成21年度は、シリコン系2接合セルの集光特性解析と最適化、フルスペクトル太陽電池のデバイス構成・要素セル理論設計の継続、オプティカルカップリング構造形成技術の開発を行い、従来と比較して5%透過率が高く高いホール移動度を有する透明導電膜を作製する事に成功した。新材料として、カルコパイライト系のナローギャップ材料、ワイドギャップ材料、ワイド/ナローギャップ材料などの開発を継続して行った。カルコパイライト系新規ワイドギャップ材料にて、変換効率8.5%、 J_{sc} は $21.7mA/cm^2$ という高い値が得られた。さらに金属ナノ粒子薄膜をコーティングした太陽電池の試作やグラフェン透明導電膜の製膜法調査・検討を行い、化学的剥離によって世界最大サイズのグラフェンシート(200 μm)の作製に成功した。

(4) 革新的太陽電池評価技術の研究開発

H21年度補正予算事業として実施した。H21年度は、公募採択、事業の実施体制を整備した。また、集光型太陽電池を屋外に日米双方に設置することとし設置場所を決定した。

なお、平成22年度以降は「太陽エネルギー技術研究開発」に統合して実施した。

⑧単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究

(1) 複数台連系を対象とした単独運転検出装置の試験方法研究のための試験設備の構築

平成20年度までに構築した試験設備について、複数台連系時の単独運転検出機能試験、不要動作試験等、試験目的に応じた実験回路やデータ分析方法の最適化を行った。

(2) 複数台連系を対象とした単独運転検出装置の認証に資する試験方法の開発

(ア) 複数台連系時の単独運転検出機能試験方法の確立

単独運転防止に関する試験条件・評価方法等の検討を行い、実験の実施等により得られたデータの分析結果から、PCS接続台数を10台、試験回数を15回、及びPCSの合計出力4kWに対し回生負荷を1台の割合で接続する試験方法を考案し、「単独運転検出装置の複数台連系時試験方法（単独運転防止）」を作成した。

(イ) 複数台連系時の不要動作試験方法の確立

「太陽光発電普及拡大への系統運用課題対応分科会」にて系統電圧・周波数に関する系統擾乱のエミッションレベル・PCSイミュニティーレベルの現状調査結果及びPCSの開発限界性能等の検討や審議を実施し、FRT (fault ride through) 要件を「周波数変化耐量」及び「瞬時電圧低下耐量」の2要件に決定した。その2要件について、それぞれの試験方法を考案し、「単独運転検出装置の複数台連系時試験方法（FRT試験）」を作成した。

(3) 有識者、電力系統管理者などによる試験方法についての審議

「太陽光発電システムの複数台連系試験技術研究委員会」を3回、「複数台連系時単独運転検出装置の非干渉・高速化等機能試験課題対応分科会」を6回、「太陽光発電普及拡大への系統運用課題対応分科会」を5回開催して、上記(1)及び(2)で開発・検討された試験設備や試験方法について、その妥当性及び開発結果を審議し、最終的に開発した試験方法について合意を得た。

⑨洋上風力発電等技術研究開発

基本計画に基づき委託先の公募を行い、3件の洋上風況観測システム実証研究の委託先を採択した。その後、国立大学法人東京大学大学院 工学研究科 教授 石原孟氏をプロジェクトリーダーとし、その下で連携を取りつつ、以下の研究開発を実施した。

平成21年度は選定した実証研究海域2カ所において、事前調査及び詳細な海域調査を行い、風況観測装置の仕様及び概略設計を行った。

また海洋エネルギーに係る調査研究については、基本計画に基づき委託先の公募を行い、5件の海洋エネルギー先端研究の委託先を採択し、我が国の海域特性を踏まえた海洋エネルギー利用に係わる調査研究を実施した。

なお、平成22年度以降は「風力等自然エネルギー技術研究開発」に統合して実施した。

⑩次世代風力発電技術研究開発

(1) 基礎・応用技術研究開発

(ア) 複雑地形における風特性の精査

実際の複雑地形風計測地点として、平成20年度末、鹿児島県いちき串木野の複雑地形サイトを選定し、約60mの計測マスト2本を設置した。平成21年度は、これらの計測マストにIEC61400-1 (Ed. 1)において規定されている信頼性の高いキャリブレーション手法で校正されたカップ式風速計を加え、高精度かつ信頼性の高い計測手法で計測を行い、複雑地形における厳しい風特性を詳細に調査・解析を実施した。

(イ) 複雑地形CFDシミュレーション及び風洞実験技術の高度化

実際の複雑地形風計測地点の10mメッシュ標高データに基づく複雑地形流れのシミュレーションを実施した。また、同じ地形データを用いた風洞実験モデルを製作し、制御された条件での乱流境界層を流入させた風洞実験も併せて実施した。

(ウ) 複雑地形風特性モデルの開発・検証

NEDOの風力FTデータ及び日本型風力発電ガイドラインデータを詳細に解析し、日本の代表的な風力発電候補地域の厳しい乱流強度特性を明らかにした。この厳しい乱流特性を反映するため、2段階の修正レベルを想定した複雑地形風特性モデルの素案を開発した。また、風車後流モデルの検証のため、風洞実験を実施し、流入風の乱流強度が大きくなるに従い、風車後流と後流外との混合が促進され、短い下流方向距離で風速が回復し、また乱流強度分布の均一化が進むことを確認した。

(エ) リモートセンシング技術の精度・信頼性調査

平成22年度実施予定の実計測を前倒して実施し、予備的計測として高知県大月町のサイトを選定し、SODAR (Sonic Detection And Ranging: 音波を用いて上空の風速を観測するリモートセンシング装置)の信頼性評価のため、SODARとカップ式風速計との風速差を解析した。その結果、複雑地形上を流れる気流の歪みによる誤差の影響が、風速差の主要な要因である可能性が高いことがわかった。

(オ) IEA Wind実施協定への参画・成果発信

IEA風力国内委員会を設置し、研究開発の国内取りまとめ体制と国際発信の体制を整備した。特に、複雑地形風特性モデル開発、リモートセンシング技術の調査・検討、IEA Windの各種Taskミーティングの途中経過を報告した。

(2) 自然環境対応技術等

(ア) 落雷保護対策

i) 全国規模での落雷電流計測、落雷様相観測

・落雷電流計測地点(11ヶ所)、落雷様相観測地点(9ヶ所)に計測装置・観測装置を設置し、雷データを収集・整理するとともに、引き続き平成20年度に設置した落雷電流計測装置(14ヶ所)、落雷様相観測装置(3ヶ所)からのデータを収集・整理した。なお、落雷電流計測地点及び落雷様相観測地点については、平成22年度設置予定の各々6ヶ所を前倒して計測装置・観測装置を設置した。

・得られた落雷電流計測データと標定データとの相関の検討を行った。

ii) 落雷被害詳細調査

- ・平成20年度で実施したアンケート調査（対象262サイト、回答101サイト）の情報を整理するとともに、引き続き平成21年度もアンケート調査及び必要に応じて現地ヒアリング調査（現地被害状況調査を含む）を行った。
- ・アンケート調査（対象265サイト、回答133サイト）及び現地ヒアリング調査（のべ13サイト）で得られた情報の収集・整理を行った。
- ・海外の風車メーカー、事業者、研究機関等に対し、風車の落雷被害についての現地ヒアリング調査を実施し、日本国内における被害実態との比較整理を行った。調査対象は、国際規格IEC/TR61400-24（風車の雷保護）や、その他の文献に記載されている風車の落雷被害のデータや落雷の発生頻度、落雷性状を勘案して欧米を中心に選定した。

iii) 落雷保護対策の検討

- ・平成20年度に引き続き、既存の落雷保護対策の情報収集及び整理・検討を行った。

iv) 全体取りまとめ

- ・平成20年度に引き続き、「落雷保護対策検討委員会」の運営を行い、実施内容・調査結果等に関する審議を受け、方向性を検討した。

(イ) 故障・事故対策調査

基本計画に基づき、公募により委託先を決定した。

- i) 調査の方向付けや故障事故情報に関する審議を行うため、「風力発電故障・事故対策調査委員会」を設置し、運営を行った。
- ii) 故障・事故データの収集分析、データベースの作成、故障・事故対策事例集の作成、技術開発課題等の抽出を行った。なお、データベースについては、限定した一部事業者に対し公開し、運用を開始した。

(ウ) 風車音低減対策

平成21年補正予算事業として、公募により委託先を決定した。

- i) 外部有識者からなる「風車音低減対策検討委員会」を設置し、運営を行った。
- ii) 文献調査やメーカー等関係者からのヒアリングを行うとともに、風車から発生する騒音レベルや周波数測定の実測を実施した。

なお、平成22年度以降は「風力等自然エネルギー技術研究開発」に統合して実施した。

⑩太陽光発電システム実用化促進技術開発

平成20年に採択した4件について研究開発を継続実施した。半期ごとに進捗報告会を設け、プロジェクト推進部と実施者との間での情報交換等により進捗状況の把握と指導を行った。本プロジェクトは本年が最終年度となり、書面による事後評価を実施した。研究開発テーマごとの主たる実施内容を以下に示す。

「薄膜シリコンフィルム基板太陽電池の開発」においては、フィルム基板上への微結晶シリコン膜の製膜速度2.7nm/sで効率分布8.8%、0.9m幅領域で膜厚分布9.9%を得て、いずれも目標を達成した。

「マルチワイヤーソー方式による超薄型ウェーハ製造技術の産業技術開発」においては、面積15cm角相当の素材をダイヤモンドワイヤー方式で切断し、ウェーハ板厚約97μm、カーブロス約120μmを得て目標を達成したものの、歩留りは82~88%（目標90%以上）で目標未達であった。

「薄膜型太陽電池の大面积・安定製膜技術の検証による生産性向上」においては、回路シミュレーションによる位相変調法制御で反射電力を抑制する技術を確立し、設計・製作した大面积要素試験装置にて反射電力5%以下を確認した。また微結晶シリコン膜の製膜速度2.6nm/sで膜厚分布14.5%を得て目標を達成した。

「CIS系薄膜太陽電池の高効率化のためのプロセス最適化技術開発」においては、大面积化要素技術の全てを含んだ30cm×30cmサイズ基板サブモジュールで変換効率16.03%を得て目標を達成した。

《2》バイオマス等未活用エネルギー実証試験事業 [平成14年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

平成15年度採択の3件（雪氷）、平成16年度採択の9件、平成17年度採択の10件、合計22件を継続事業として実証試験を実施し、運転データ、運用データ、経済性データ等を収集し、解析・評価を実施した。平成21年2月の成果報告会では平成15年度採択事業（平成19年度終了）の12事業について口頭発表やポスター等で成果の公表を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成16年度採択の3件（雪氷）、平成17年度採択（最終採択年度）の10件、合計13件の実証試験を実施し、運転データ、運用データ、経済性データ等を収集し、解析・評価を実施した。

平成20年度及び平成21年度上期までに終了した9事業について、普及促進に資する成果の情報開示として成果報告書をHPに掲載した。併せて平成22年2月に開催した成果報告会では、口頭発表やポスター等で事業内容の広報と実際の運用結果に関する情報交換を行った。成果報告会は実証系2事業（バイオマス等未活用エネルギー実証試験事業、地域バイオマス熱利用フィールドテスト）の合同開催で、発表者を除く一般参加者は300名であった。

《3》バイオマスエネルギー地域システム化実験事業 [平成17年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

平成19年度に実施した中間評価結果を踏まえ、引き続き各システムの課題に係わる対応を図りながら、トータルシステム全体の評価を実施し、バイオマスの地産地消・地域循環型社会の実現に資するための検討を進めた。個別テーマごとの事業成果の概要は以下のとおりである。

①山口県全域を対象とした「総合的複合型森林バイオマスエネルギー地産地消社会システムの構築」実証・試験事業
森林バイオマス専用収集運搬機械を活用した間伐材・林地残材の搬出とデータ集積を行うことにより収集運搬コストの検討を進め、ペレット系、混焼系（補助機械経費除く）の収集運搬コストが年度目標値を上回る見込みを得た。

②草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業

収集運搬作業を採草と運搬の2班体制の導入による作業効率化により人件費、燃料費、メンテナンス費の削減検討を進めるとともに、ガス化システムにおいては、最大180kWの発電と400～450kWの熱供給が可能であることを確認した。

③「ウェルネスタウン最上」木質バイオマスエネルギー地域冷暖房システム実験事業

ウェルネスタウン全体の給湯と最上病院、健康センター、老人保健施設等の施設の暖房と冷房を賄う木質ボイラシステムの確立を図りつつ、GISを利用した収穫量の推定把握とコストシミュレーションや森林施業計画のプランの作成を行った。

④高知県仁淀川流域エネルギー自給システムの構築

大規模林産（架線集材）システムによる高効率な収集方法の確立を図ることにより、目標コスト以下で収集可能であることを確認した。またガス化発電においても、バイオマス専焼による150kW発電を達成した。

⑤食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム実験事業

食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム設備の雑菌対策などを行い、エタノール収量・収率の向上、品質の確保・安定化を図ることができた。また回収油を含むエネルギー転換効率は約38%と想定され、効率の良いシステムの見通しが立った。

⑥先進型高効率乾式メタン発酵システム実験事業

バーコードシステム運用や市民説明会などによりごみ質の改善（発酵不適物混入率2%以下）や収集量の確保対策を図り、メタン発酵の計画負荷を確保するとともに、原料1tあたり平均240Nm³程度のバイオガス発生量を維持できる見通しが立った。

⑦真庭市木質バイオマス活用地域エネルギー循環システム化実験事業

中小規模製材工場が集中した地域における樹皮・ペレット・チップの集配送システムの検討を進めるとともに、原料集積基地の有効活用によるバイオマス量の安定確保・供給体制の強化を図った。また事業所用蒸気ボイラ及び製材所用蒸気ボイラによる実用運転を実施し、効率80%以上を達成した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成20年度に引き続き7件の個別テーマについて、各システムの課題に係わる対応を図り、収集・運搬からエネルギー変換、エネルギー利用に至るまでのシステム上の物流データ、経済的データを整理し、フォーラムの開催を通じて各事業者間のデータ共有化、討論を行うことにより、定着化、普及への課題を検討した。意見交換、報告会などの情報発信としてのフォーラムを4回実施した。特に、7月には一般聴講者への公開のもと、有識者によるパネルディスカッションを実施し、地産地消・地域循環型社会の実現へ向けた討論、検討を行った。

個別テーマごとの事業成果の概要は以下のとおりである。

①山口県全域を対象とした「総合的複合型森林バイオマスエネルギー地産地消社会システムの構築」実証・試験事業
森林バイオマス専用収集運搬機械を活用した間伐材・林地残材の搬出とデータ集積を行うことにより収集運搬コストを明らかにし、収集運搬コストが年度目標値を上回る見込みを得た。その他システムにおいても経済性の評価を行った。

②草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業

収集運搬、ガス化システム、エネルギー利用設備のコストを明らかにし、経済性の評価を行った。

③「ウェルネスタウン最上」木質バイオマスエネルギー地域冷暖房システム実験事業

GISを利用した森林資源の収穫から、木質ボイラシステム、熱利用設備までのコスト把握を行い、事業定着後の経済性シミュレーションを行った。

④高知県仁淀川流域エネルギー自給システムの構築

全システムのコスト分析を行い、特に、収集システムについては、経済的に成り立つことを確認した。チップ化設備の改善により、コスト削減の可能性を得た。

⑤食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム実験事業

継続的に収集運搬システム、エタノール製造プラントのコストデータを把握するとともに、実用化モデルの試算を実施した。

⑥先進型高効率乾式メタン発酵システム実験事業

収集～ガス化発電までのコストデータを継続的に収集するとともに、原料の分析を行い、実用化プラントのコストシミュレーションを実施した。

⑦真庭市木質バイオマス活用地域エネルギー循環システム実験事業

システム全体のコスト分析を行うとともに、集積基地を利用することにより、物流の効率化、コストダウンを実施した。

これら7地域の各地域条件に応じた上流から下流までの地産地消・地域循環型エネルギー利用システムにおける技術データ及び経済データの蓄積、分析を行ったことにより、今後の他地域への普及を先導する先行事例となるシステムを構築することができた。

《4》 E3地域流通スタンダードモデル創成事業 [平成19年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

E3製造設備の設置、サービスステーションのE3対応への改造を実施し、実証運転を開始した。以下の①～③の実証研究について、設備面、運用面に関する実証データの取得・分析を行った。

①E3製造に関する実証研究

E3製造設備の設置を完了した。また、製造設備の運転による運転性能及び安全性能の確認を行うとともに、ガソリン、エタノール、E3の成分分析による品質安定性の確認を行った。

②E3輸送に関する実証研究

E3輸送過程における水分濃度の変化について確認を行った。

③サービスステーションにおける実証研究

サービスステーション設備をE3対応へ改造し、E3供給を開始した。また、4箇所の給油所についてE3在庫の水分濃度の移行等についての確認を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は、平成20年度に引き続いて実証運転を継続し、種々の実証データの取得・分析を行った。また、21年度末に中間評価を行い、概ね順調との評価を得た。

研究開発項目①「E3製造に関する実証研究」では、E3製造設備の、運転性能、安全性能、品質安定性に関する実証データの取得・分析を行った。その結果、製造されるE3の品質は安定しており製造設備性能に問題のないことが確認された。また、製造設備の運用面においても特に問題のないことが確認された。

研究開発項目②「E3輸送に関する実証研究」では、E3輸送時の品質安定性（水分混入リスク評価等）に関する実証データの取得・分析を行った。その結果、輸送時の品質は安定しており、水分混入リスクは低く問題のないことが確認された。

研究開発項目③「サービスステーションにおける実証研究」では、サービスステーションにおけるE3の品質安定性（水分混入リスク評価等）、E3供給及び品質管理に関する実証データの取得・分析を行った。その結果、サービスステーションにおけるE3の品質は安定しており、品質管理面において問題のないことが確認された。また、サービスステーションの運用面においても特に問題のないことが確認された。

研究開発項目④「社会システムモデルの検討」では、研究開発項目①～③の実証データを元に、本モデルの地産地消・地域循環型のE3製造、輸送、供給における経済性の評価検討を開始した。また、E3普及のためのハンドブックの基本構成を確定した。なお、ハンドブックについてはE10に係る内容も盛り込むことを考慮して作成は来年度に実施することとした。

なお、平成22年度以降は「バイオマスエネルギー技術研究開発」に統合して実施した。

《5》 新エネルギー技術フィールドテスト事業 [平成19年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

①太陽光発電新技術等フィールドテスト事業

2度の公募により合計643件の提案があり、そのうち180件（9,192.5kW）を採択した。平成20年度中に159件（7,821kW）を設置するとともに、平成19年までの設置システムについて設置事例集の作成、成果報告会の開催により太陽光発電の導入拡大を図った。さらに、平成16～19年度設置（1,704件）のシステムの運転データを収集・解析し、そのコスト分析データを公表した。平成20年度設置分より、インターネット経由での計測データ収集を開始するため、サーバの設置等の準備を行った。

②太陽熱高度利用システムフィールドテスト事業

平成20年度は3月19日から5月8日まで公募を実施し、22件の提案があり、単年度及び複数年度設置計画の15件（2,099m²）を採択し、年度内に13件（1,614m²）設置し、実証運転を開始した。なお、平成19年度の複数年度設置4件（551m²）も平成20年度内に設置完了し実証を開始した。平成18年度に設置した19件に関して、得られた運転データの分析、整理を行い太陽熱利用の導入拡大を図った。

③風力発電フィールドテスト事業（高所風況精査）

平成19年度に設置した14件（36地点）の観測データを収集・解析した（平成21年5月よりNEDOホームページ上で公開）。また、平成20年度は4月18日から5月30日まで公募を実施し、17件（52地点）の応募があり、11件（28地点）を採択し、高所での風況調査を共同研究で実施した。

④地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業

平成19年度までに契約した23件の実証運転試験を行った。実証運転を通して原料供給装置や前処理方法などの課題を明かとし、エネルギー需要に応じた安定運転が可能となるようにシステムに改善を加えた。また、木質原料の原料

組成（含水率など）の変化や、そのエネルギー効率に及ぼす影響など、バイオマス熱利用システムを導入する事業者へ有用となる参考データを積み上げることができた。さらに平成20年度は新たに公募を行い、4件の新たな共同研究契約を開始し、実証試験装置の設置工事を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

(1) 太陽光発電新技術等フィールドテスト事業

平成21年度は平成20年度既契約分について設置を行い、また平成20年度以前に設置した1,707件（確定値）の実証運転データを収集するとともに、太陽光発電設備システムを導入する事業者へ有用となる資料及び情報を提供するために、フィールドテストで取得したデータの集約、分析及び評価を実施した。

(2) 太陽熱高度利用システムフィールドテスト事業

平成21年度は平成20年度既契約分について設置を行い、また平成20年度以前に設置した63件（確定値）の実証運転データ等を収集するとともに、太陽熱利用システムを導入する事業者への有用となる資料及び情報を提供するために、共同研究先又は研究助成先から得られたデータの集約、分析・評価を実施した。

(3) 風力発電フィールドテスト事業（高所風況精査）

平成20年度事業が終了し、10件（26地点）の観測データを収集・解析した。

(4) 地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業

平成20年度までに契約した10件の実証運転試験を行った（採択11事業のうち1件については契約後に辞退）。実証運転を通して原料供給装置や前処理方法などの課題を明かとし、エネルギー需要に応じた安定運転が可能となるようにシステムに改善を加えた。また、木質原料の原料組成（含水率など）の変化や、そのエネルギー効率に及ぼす影響など、バイオマス熱利用システムを導入する事業者へ有用となる参考データを積み上げることができた。

平成22年度においては、以下を実施した。

本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなった。

(1) 太陽光発電新技術等フィールドテスト事業

平成22年度は平成20年度以前に設置した太陽光発電設備システムの実証運転データを収集し、太陽光発電設備システムを導入する事業者へ有用となる資料及び情報を提供するために、フィールドテストで取得したデータの集約、分析及び評価、その情報の効果的な情報発信手法の調査、検討を実施した。

(2) 太陽熱高度利用システムフィールドテスト事業

平成20年度以前に設置した63件の実証運転データ等を収集するとともに、太陽熱利用システムを導入する事業者への有用となる資料及び情報を提供するために、共同研究先又は研究助成先から得られた運転データ等の統計的な分析評価、その情報の効果的な情報発信手法の調査、検討を実施した。

(3) 地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業

平成22年度までに契約した5件の実証運転試験を行った。また、得られた実証実験データにより、幅広いバイオマス資源のエネルギー利用方法の検証を実施した。

《6》 太陽光発電システム等高度化系統連系安定化技術国際共同実証開発事業

[後掲：<5>国際関連分野 《1》参照]

《7》 太陽光発電システム等国際共同実証開発事業

[後掲：<5>国際関連分野 《2》参照]

《8》 高温超電導ケーブル実証プロジェクト [平成19年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

①高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究

- ・高温超電導ケーブルの重要要素技術の検証では、30m級ケーブルを製造し、導体・シールドの臨界電流特性が6000A以上、交流損失は1W/m/相@2kA以下、2.4m曲げ試験において損傷がないことを確認し、所定の性能を有していることを検証した。
- ・短絡電流通過後の発熱状況を模擬し、短絡事故が起こった場合の電気絶縁特性への影響を調査し、10kA-2secの短絡電流通過後において、対地40kV（相間69kV相当）の課電が可能であることを実証した。
- ・中間接続部、終端接続部については、2kA連続通電、1μΩ以下の接続抵抗、2ton以上の引張特性を有することを検証した。
- ・終端接続部については、0.5MPa以上の耐圧特性、10⁻³Torr以上の真空特性を有することを確認するとともに、侵入熱の測定を行い設計通りであることを確認した。
- ・検証用ケーブルでは、φ150mm管路への布設施工、実証ケーブル場所を想定した接続部の組立て検証を行い、線路建設の手順、組立の容易性、安全性等の評価・確認を行った。

- ・トータルシステム等の開発においては、実証用ケーブルの運転・監視システム、保護・遮断システムの基本構成の検討を行った。また30m検証用ケーブルの試験項目について検討し、その評価方法について確定した。
- ・送電システム運転技術に関しては、実証試験場所での高温超電導ケーブルシステムの系統側への影響やインピーダンスの影響について調査を行い、保護システムが適正に動作すれば実系統に影響ないと結論を得た。今後、短絡電流通過後の回復時間と系統運転への影響の検討を行う。
- ・高温超電導ケーブルシステムを運用するために制御すべきパラメータとして、温度、圧力、流量があるが、その制御方法について詳細検討を行い、制御指針を策定した。
- ・故障時の警報動作条件及び警報動作時の対応方針については、個別のケースについて故障モードの検討を行い、その要因と対策について整理した。
- ・実系統における総合的な信頼性の検証においては、実系統への接続前の確認試験として項目を整理し、30mケーブル検証試験に反映させた。

②超電導ケーブルの適用技術標準化の研究

高温超電導ケーブルの標準化研究においては、IEC TC90/TC20が進める超電導ケーブルの標準化作業に協力し、CIGREの超電導ケーブル標準化検討WG（仮称）設立を検討するタスクフォースにデータ等提供した。

平成21年度においては、以下を実施した。

プロジェクトリーダーを東京電力株式会社技術開発研究所長 原 築志氏に交代し、以下の研究開発を実施した。なお、プロジェクト中間評価を行い、全般的に計画・達成状況において良い評価を得た。特にこれまで我が国の高温超伝導ケーブル開発プロジェクトでは開発されたことのない中間接続部の開発を行っている点は高く評価された。

(1) 高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究

(ア) 高温超電導ケーブルの重要要素技術の検証

- 1) $\phi 150$ mm管路に適用可能な、三心一括型高温超電導ケーブルを開発した。また、短尺（2m）ケーブルにて、交流損失0.8W/m/相@2kAを達成した。
- 2) 短尺ケーブルにて、31.5kA2秒の短絡電流でもケーブルにダメージがないことを確認した。
- 3) 中間接続部の導体接続モデルを作成し、抵抗が $1\mu\Omega$ /相以下であることを確認した。

なお、30mケーブルと端末、ジョイント、冷却システムとを組み合わせ、検証試験を実施し、ケーブルシステムとしての所定の性能を確認した。

(イ) トータルシステム等の開発

- ・現地実証システムを実系統に接続する際に必要な遮断器等を選定し、構築するための要領を作成した。
- ・運転監視するための要領をまとめた。
- ・実証用ケーブルに必要な冷却システムの構成について検討し、冷凍機6台、ポンプ2台からなるシステムを設計した。

(ウ) 送電システム運転技術の開発

- ・高温超電導ケーブルの運転技術が、既存送電システムの運転技術と整合するか、平常時と異常時に分けて、それぞれの課題を整理した。
- ・平常時の運転について、超電導ケーブルを冷却する液体窒素の運転範囲について検討した。温度65～77K、圧力0.2～0.5MPa、流量40L/minで運転することとした。
- ・温度、圧力については、運転に関する課題を抽出し、それを解決する手法を検討した。
- ・温度制御については、ON/OFF運転を基本とし、基本動作の確認を30mケーブル用冷却システムにて行い、運転データを収集した。
- ・圧力制御については、自然加圧、ヒータ加圧、ガス加圧を検討し、ヒータ加圧については、30mケーブル用冷却システムにて検証し、基本動作の確認を行うことができた。
- ・異常時については、異常が起こる故障モードについて整理し、それぞれの故障が起こった場合の影響についてまとめ、課題を抽出した。

(エ) 実系統における総合的な信頼性の実証

- ・実系統連系試験のための基本計画を立案し、現地レイアウト、工事スケジュール等を作成した。
- ・実証ケーブルに使用する線材約110kmの製造を行った。

また、平成21年度補正予算により以下を実施した。

- ・実系統連系試験を行う東京電力株式会社旭変電所内での必要建屋について設計した。
- ・実証用冷却システムに必要な、冷凍機、ポンプ、リザーバタンクなどの製造を行った。

(2) 超電導ケーブルの適用技術標準化の研究

- ・実証用ケーブルの適用する法・制度について確認した。法的には電気事業法に従うとし、技術的に高圧ガス保安法にも準拠させる。
 - ・超電導ケーブル試験法に関する国際標準化を目指し、関係する機関（日本IEC TC20/TC90のアドホック委員会、日本CIGRE B1）と協議した。CIGRE B1のWGに参加することを決めた。WGへ提案するために、30mケーブル試験項目、内容についてとりまとめた。
- なお、平成22年度以降は「超電導技術研究開発」に統合して実施した。

《9》 イットリウム系超電導電力機器技術開発 [平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

公募により1件を採択するとともに、PL及びサブPL4名を委嘱し、以下の研究開発を実施した。

①SME Sの研究開発

大電流量・高磁界コンパクトコイルを目指したイットリウム系集合導体の機械特性及び交流損失を評価し、定格2kA級コイルの集合導体構造を決定した。偏流に対応できるトロイド型コイル構造の評価を開始した。電気絶縁2kVを上回るコイル構造において、長距離冷却の損失を最小化する冷却システムの基本設計を実施した。SME S対応線材の安定製造技術開発においては、長尺平滑基板作製の見通しを立て、PLD法によるピン導入プロセスの高速化、15m/hで30A/cm幅@3T相当のI_cを得た。MOD法でもナノ粒子ピン導入方法の開発に成功し、Y-Gd混晶系において35A/cm@3T(760A/cm幅@自己磁場)の特性を得た。

②電力ケーブルの研究開発

大電流・低交流損失ケーブル化技術の開発においては、単心3kA級導体の試作・評価を行った。高電圧絶縁・低誘電損失ケーブル化技術開発においては、絶縁材料の主たる候補の基礎特性把握を行い、終端接続部の試作・評価を行った。線材安定製造技術開発においては、大電流ケーブル用クラッド基板-PLD線材及び高電圧ケーブル用IBAD-MOD線材を製造した。また、経時経年変化対応技術開発として保存環境及び製作・運転環境の調査による把握を行うとともに基礎試験を開始し、低損失線材を目指してMOD法による塗布法を改善した。

③電力用変圧器の研究開発

変圧器巻線技術開発用のモデルコイルを製作し、過電流通電試験を実施した(曲げ歪によるI_c変化を把握した)。また、交流損失低減のための構造を検討開始した。冷却システム技術開発においては、小型膨張タービンのインペラー形状変更および評価、小型ターボ式圧縮機のシミュレーションによる小型化・効率化の検討を開始した。限流機能付加技術開発においては、4巻線構造の限流機能モデルの巻線を行った。線材安定製造技術開発においては、2MVA級変圧器モデル機用線材を提供し、レーザースクライビング溝加工による30m長3分割の見通しを得た。また、PLD法において長手方向の特性変動偏差10%以内を実現した。

④超電導電力機器の適用技術標準化

超電導線関連技術標準化の研究は、線材側および機器側からの特性項目を対比し、補充すべき試験項目を調査・抽出し、過去の規格素案を国際規格化の観点から見直して、平成20年版規格素案を作成した。これをIEC/TC90国際会議において提案し、アドホックグループ設置に対する基本合意を得た。超電導電力ケーブル関連技術標準化の研究は、技術動向および過去の規格素案、関連国際規格等を調査し、平成20年版規格素案を作成した。これもIEC/TC90国際会議で提案し、CIGREと連携して実施する基本合意を得た。超電導電力機器関連技術標準化の研究は、SME S及び超電導変圧器に関して、技術側面に環境側面、安全側面及び規格目次を加えて、調査を開始した。限流器についても技術動向及び標準化ニーズを調査開始した。

平成21年度においては、以下を実施した。

(1) SME Sの開発研究

- ・小口径コイルによる600MPa級フープ応力試験、イットリウム系集合導体による定格2kA級実規模コイルでの基礎検証試験を開始した。
- ・電気絶縁2kV以上、冷却能力3W/m²の伝導冷却性能の検討、コイル・冷凍機間の熱交換損失を最小化する冷却システムの基本設計を実施した。
- ・2GJ級SME Sコイル基本システムの最適化、クエンチ保護システムの検討を開始した。
- ・磁場中特性向上技術開発において、超電導膜の厚膜化により55m長線材でI_c=26A/cm幅(77K, 3T)を達成した。(I_c:臨界電流)
- ・極低コスト化のための高速製造技術開発を実施した(厚膜高速化を図りI_c=435A/cm幅(77K, 0T)を有する50m長線材を15m/hで作製)。

(2) 電力ケーブルの開発研究

- ・大電流・低交流損失ケーブルの交流損失低減化技術(0.7W/m-相@3kA)、モデル導体の曲げ特性評価、5kA級電流リード試作・評価を行った。
- ・高電圧絶縁・低誘電損失ケーブルの電気絶縁材料を選定し、ケーブル絶縁設計、終端接続部設計・試作、交流損失低減化技術(0.3W/m@3kA)の開発を行った。
- ・MOD法線材の均一化技術開発(塗布プロセスでの幅方向膜厚分布発生機構の解明と改善方法考案)およびスリッター法による切断技術の開発を行った。(MOD法:有機酸塩原料を溶媒に溶解し、塗布焼成することで成膜する手法)
- ・極低コスト化のための高速製造技術開発を実施した(PLD法長80m線材において30m/hで325A/cm幅を実現)。(PLD法:ターゲットにレーザーを照射して膜を形成する手法)

(3) 電力用変圧器の開発研究

- ・低損失巻線モデルの検討、多層転位モデル、短絡電流モデルの設計・試作を行った。
- ・改良した小型膨張タービンの性能試験、小型ターボ式圧縮機の構造解析、熱交換器形状の小型化・効率化検討、冷却システムの設計検討を行った。
- ・4巻線構造限流機能モデルの試作及び過大電流に対する限流性能特性試験、及び同試験結果に基づく数100kVA限流機能付加変圧器の設計検討を行った。
- ・PLD及びMOD線材における特性均一化の技術開発、スクライビング加工技術の長尺化を行った。
- ・極低コスト化のための高速製造技術開発を実施した(線材の高速製造が可能となる中間層の見通しを確認)。

(4) 超電導電力機器の適用技術標準化の研究

- ・超電導線関連技術標準化の平成21年度版規格素案作成、国際合意の醸成を行った。
 - ・超電導電力ケーブル関連技術標準化の平成21年度版規格素案作成、国際合意の醸成を行った。
 - ・超電導機器別調査を実施した（技術動向調査、標準化ニーズ調査、環境側面・安全側面調査）。
- なお、平成22年度以降は「超電導技術研究開発」に統合して実施した。

《10》大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究〔平成18年度～平成22年度〕

〔中期目標期間実績〕

平成20年度においては、以下を実施した。

①稚内サイトにおける大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究

平成20年度分として、新たにPVシステム2,000kW（累計4,000kW）、NAS電池1,000kW（累計1,500kW）の設備構築を行った。

各種PVモジュールの特性については、パフォーマンスレシオ・分光スペクトルなどにより出力特性・経年変化の比較を行い、稚内サイトにおける結晶系の優位性、外気温に応じた特性などの結果が得られた。また、前方アレイの発電量への影響評価を行い、施設位置による最適傾斜角の検討を行った。

系統安定化対策技術については、各種制御手法を複合的に組み合わせたシミュレーションを実施し有効性の比較検討を行った。また、NAS電池の残存容量に着目し経済性も考慮した最適運転手法の検討を行った。更に、日射量予測システムについては、気象庁数値予想モデルをベースにして行った予測結果の検証を行い発生する誤差について分析を行った。

高調波抑制対策技術の開発については、PVシステムの構築に合わせて高調波の計測を行っているが、PVシステムから障害と成り得る高調波が発生しておらず、現時点での対策は不要であることを確認した。

②北杜サイトにおける大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究

先進的な24種類のPVモジュールと2種類の追尾システムを採用した約600kWのPVシステムを運用し、評価用データを収集した。

系統安定化技術について、開発した電圧変動抑制技術、瞬低対策技術、高調波抑制技術を具備した大容量PCSの詳細設計及び製造を実施するとともに、工場試験により各機能の正常動作を確認した。

PV特性比較について、基本的なシステム評価を実施した結果、各種システムの発電特性、利得損失要因、傾斜角度依存性、日陰の影響、追尾効果及び環境貢献度の違い等を確認した。

約1,200kWのシステム増設について、平成19年度までに構築した大規模PVシステムの実績をもとに、経済性・効率性等を考慮し、PVの選定及びシステム設計を実施し、システムの構築を開始した。

なお、シミュレーション手法の開発について、大規模PVの設計支援機能、系統安定化対策技術の設計支援機能、経済性、事業性、環境性評価支援機能を対象項目とし、稚内サイトと北杜サイトの実証研究実施者間で連携をとり、簡易なシミュレーションモデル、シミュレーションフロー等を考案・整理するとともに、基本仕様を検討した。また、大規模PVシステム導入時の指針となる手引書の作成についても、稚内サイトと北杜サイトの実証研究実施者間で連携をとり、担当する項目の分担及び細分化を行い、手引き書作成作業に着手した。

平成21年度においては、以下を実施した。

北海道電力株式会社総合研究所太陽光発電プロジェクト推進室長 齋藤 裕氏をプロジェクトリーダーとし（前PLは定年退職のため交代）、株式会社NTTファシリティーズエネルギー事業本部技術部担当部長 田中 良氏をサブプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

（1）稚内サイトにおける大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究

前年度に引き続き約4,000kWのPVシステムを運用し、評価用データを収集するとともに、新たにPVシステム1,020kW（累計5,020kW）の設備構築を行った。今年度構築した固定・可動架台には、過年度の実績等を考慮して年間発電量増加および鋼材の減少を考慮した設計を実施した。また、新規開発したPCS1,000kWは、経済性・効率面から当初想定レベルの効果を確認した。

各種PVモジュールの特性評価で、発電特性・経済性・環境面の項目で評価を行い、稚内に於いては結晶系が優位である等の評価が得られた。

また、平成20年度までに構築した大規模PVシステムから、下記の結果を得ることができた。

出力平準化（制御）技術の開発については、日射量予測（日予測）精度の向上を図ると共に日射量予測に付帯情報（信頼度予測）を付加することにより、発電計画の精度向上に寄与することを確認した。更に、計画運転変更時に活用する時間予測のデータについても精度の向上を図った。

系統安定化対策技術において、実機を用いた検討では蓄電池必要容量をパラメーター分析し、制御手法別に必要容量（kW, kWh）を算出した。また、シミュレーションによる検討では、周波数調整制御を考慮した運転手法の検討を行った。

（2）北杜サイトにおける大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究

前年度に引き続き600kWのPVシステムを運用し、評価用データを収集するとともに、1,240kWのシステム増設を実施し、計画通り総容量1,840kWのPVシステムの構築を完了した。また、大規模PVシステムとしては国内初となる66kVの特別高圧系統への連系変更を実施し、本格運用を開始した。

系統安定化技術について、開発した電圧変動抑制技術、瞬低対策技術、高調波抑制技術を具備した大容量PCSの運

用を開始するとともに、実運用上での基本動作を確認した。

PV特性比較について、各種システム・モジュールの発電特性、利得損失要因、照度特性、及び環境貢献度の違い等を確認した。また、更なるPVモジュールの評価とPVシステムの故障検出手法の検討を行うため、3種類の先進的PVモジュールを含む合計40kWのシステム増設を実施し、特性評価・システム評価を開始した。

なお、平成22年度以降は「スマートコミュニティ推進事業」に統合して実施した。

《11》風力発電電力系統安定化等技術開発 [平成15年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

苫前ウインビラ発電所に導入した蓄電（レドックスフロー電池）・制御システム（出力6MW）の実証試験時の充放電特性等を分析するとともに、各ユニットの解体調査を実施し、実証研究期間の運転による耐久性、信頼性、運用性等への影響の分析・評価を行った。その結果、レドックスフロー電池の耐性が十分であり風力発電出力平滑化用途として適することが確認できた。また、負荷平準化用途と比較して、電池寿命が延びることを確認できた。これらの結果により、平成19年度まで実施した「蓄電システムによる出力変動抑制」の成果内容の充実が図られたとともに、新たな蓄電システムの技術開発等に資するものとなった。

①不規則かつ多数回の充放電サイクルがセルスタック性能に及ぼす影響を評価（隔膜、電極、エンドプレート等の初期特性との比較）するとともに、バンク数制御運転等の運用条件の違いによるセルスタック性能に及ぼす影響の違いを比較分析した。その結果、負荷平準化用途と比較して異常な劣化は認められず、レドックスフロー電池は風力発電出力平滑化用途として十分な耐性があることを確認できた。また、運用条件により負荷平準化用途と比較し、イオン交換膜部材の寿命については長くなる結果が得られた。

②電解液の充放電時の副反応等による成分組成、価数の経年的な変化を分析し、充放電運転履歴の影響を評価した。その結果、経年的変化は認められず、10年から20年程度の使用に十分耐える可能性があることが確認できた。

③ポンプの起動停止が多い運用下のタンクや配管等の部材の機械的強度を分析し、配管配置に関する評価を行った。また、充放電サイクル、ヒートサイクル回数が多い運用による析出物や異物付着等の確認を行うとともに温度履歴、運転履歴による違いを評価した。その結果、顕著な経年劣化は認められなかった。

④インバータの機器性能（効率）の経年低下等について、実証試験期間中の運転データを解析して評価した。結果、変換効率の経年的変化は認められず、健全であることが確認できた。

《12》風力発電系統連系対策助成事業 [平成19年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

公募により、応募のあった3件のうち3件を採択し、蓄電池設備（19,000kW）の実設計画を実施した。また、竣工した蓄電池併設風力発電所からの出力データ等を取得し、分析・検討を開始した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は、平成20年度に完成した1件（平成19年度採択案件：出力一定制御方式・34,000kW（NAS電池））のデータ収集を行い、解析を開始した。平成21年度に完成した1件（平成20年度採択案件：出力変動緩和制御方式・4,500kW（鉛電池））については、データ取得を開始した。平成20年度から事業を継続している2件（出力変動緩和制御方式：10,000kW（NAS電池）・4,500kW（鉛電池））については、計画通り着実に事業が進捗した。

また、平成21年度に1件の事業者を採択し、12,000kWのNAS電池出力一定制御方式の助成事業を新たに開始した。

なお、平成22年度以降は「スマートコミュニティ推進事業」に統合して実施した。

《13》系統連系円滑化蓄電システム技術開発 [平成18年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

風力・太陽光発電等新エネルギー発電設備に設置可能な低コストで長寿命な蓄電システムを開発することを目的に以下の研究開発を実施した。また、平成20年度に実施した中間評価については、適切な体制のもと、着実に成果があがっていると評価され、今後もプロジェクトを概ね現行どおり実施した。

①実用化技術開発

システムコスト低減に効果がある誤差率10%以下の高精度な蓄電状態検出技術、モジュールの直並列技術及び保守管理技術を確立し、100kW級蓄電システムを風力サイトに設置して運用上の技術課題を抽出した。また、出力安定化制御技術の成果として、瞬時電圧低下等の系統故障時、安定化装置が一斉に脱落しても系統安定化に影響を与えないような機能を付加した制御技術を開発した。

②要素技術開発

低コストな材料・構造・製造方法の開発、最適充放電制御技術の開発、各種安全性について、モジュールの基本構成となるセルベースでの確認を実施した。ニッケル水素電池では新電極の採用等により、コストを約20%低減し、かつ、サイクル寿命が約2倍に向上した。リチウムイオン電池では、構成材料の適正化によりエネルギー密度が約25%向上した。

③次世代技術開発

正極に関しては、新規低コスト正極材料の複雑な結晶構造の解読に成功するとともに、充放電機構を解析しサイクル劣化につながる原因反応との相関を明らかにした。負極については、炭素微小球体の大粒径化によりクーロン効率93%（従来70%程度）を達成した。また、電解質については低温領域における高分子固体電解質のイオン伝導性を大幅に向上させた。

④共通基盤研究

開発品のコスト・寿命・性能・安全性を評価するため、セルレベルでの評価方法を決定した。コスト評価については、蓄電システムの導入量を推定しコスト算出方法の案を策定した。また安全性については、ハザード分析を用いて安全性に関する評価項目を選定した。さらに、性能については、既存の規格基準を整理し、定置用に必要となる各種性能評価項目を選定した。加速劣化試験については、加速劣化試験パターンを作成し、開発した寿命推定手法に基づいて開発品に対する試験データの取得を開始した。

平成21年度においては、以下を実施した。

国立大学法人京都大学大学院工学研究科教授 小久見 善八氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 実用化技術開発

太陽光発電用のリチウム二次電池について、太陽光発電データを収集し系統連系円滑化を行うためのデータ解析を行った。この解析結果を用いて、メガソーラに設置することを想定した系統連系円滑化蓄電システムの仕様を検討した。また風力発電用のリチウム二次電池については、100kWh蓄電システムの設計製作を開始し、実証試験での試験内容や遠隔監視方法を検討した。一方、量産化技術に関して、セル製造プロセスコストの低減のために、負極の水系塗工（極板製造）を実生産に適用した。さらに新型ニッケル水素電池については、電極、セル、モジュールの組み立て技術の効率化、自動化を検討し、製造システムへ適用した。

(2) 要素技術開発

リチウム二次電池の電池長寿命化、コストダウン化、安全化の各技術を開発し、新材料、新構成部材によるセルを実用レベルで製作して、実証試験用セルの仕様を確定した。さらにこのセルを用いてリチウム二次電池モジュールを製作し、性能評価した。また電気二重層キャパシタに関しては、新型キャパシタを開発して、キャパシタ・二次電池による組電池を用いた3kWhの蓄電システムを試作した。また新型ニッケル水素電池に関しては、要素技術を改良したセルを開発し、これを使用した実用機モジュールを製作した。

(3) 次世代技術開発

全固体高分子型のリチウムイオン電池、高電位負極、正極用磷酸マンガンリチウム球状ナノ構造体粒子、低障壁イオン伝導固体高分子電解質、高イオン伝導ネットワークチャンネル電解質、炭素微小球体負極、XIIII、XIV族元素による安定化高容量正極に関して、2030年時点での目標であるシステムコスト1.5万円/kWh、寿命20年の実現を目指した研究開発を実施し、目標を見通せる結果を得た。なお本研究開発項目は、平成21年度をもって計画通り終了した。

(4) 共通基盤研究

コスト評価については、国内外の政策、技術開発動向を調査し、蓄電システムの導入量を推計して、コスト評価手法を改良した。また、安全性評価については、安全性評価試験設備について調査し、その実現可能性や設定すべき詳細条件について検討した。また、寿命評価手法については、加速劣化で取得した試験データ等に基づき評価手法を改良した。また、性能評価については、新エネルギーのデータ収集・分析を進めつつ、詳細試験パターンの原案を作成した。これらにより4つの評価項目について、モジュール・システムレベルの評価手法の案を完成した。

平成22年度においては、以下を実施した。

風力発電や太陽光発電等の新エネルギーの出力変動を極小化するため、低コストで長寿命、且つ安全・高性能なMW級の蓄電システムの実用化を目的に、神奈川大学 客員教授 佐藤 祐一氏をプロジェクトリーダーとして以下の研究開発を実施し、本事業の目標を達成した。

(1) 実用化技術開発

風力発電用のニッケル水素電池システムについては100kWh、太陽光発電用のリチウムイオン蓄電システムについては120kWh、風力発電用のリチウムイオン蓄電システムについては100kWhの容量を持つ蓄電システムを構築し、最終目標である1MW出力規模の蓄電システム構築に必要な技術を確認した。また、これらを実際の大型太陽光発電、風力発電に接続してその機能を確認すると共に、出力安定化及び円滑化の効果、有効性を検証し、実際のデータに基づき電池制御、管理技術の改良を行った。その結果、最終目標である安全性の確保及び10年間の寿命を見通すことができた。

(2) 要素技術開発

電力貯蔵用アドバンスドリチウムイオン電池に関しては、新規モジュールを開発、評価し、出力30kW、125kWh/m²の結果を得て、目標を達成した。系統連系円滑化蓄電システムについては、電池制御システムのハード、ソフトウェアを新規に開発した。電気二重層キャパシタに関しては、これを用いたキャパシタ/二次電池ハイブリッドシステムの評価を行い、二次電池の寿命を2倍にする可能性があることを確認した。ニッケル水素電池に関しては新規の水素吸蔵合金負極と、新規製造方法による正極を開発し、寿命10年の見通しを得た。さらに、リチウムイオン電池活

物質の製造方法について、ガス燃焼熱風加熱熱分解法の手法により、従来の固相法に比べて18%コストを低減させることが可能となった。

(3) 共通基盤研究

将来の蓄電池需要予測データ、素材メーカーのヒアリングによる原材料価格データ等を用いたコスト評価手法、電池の各種試験データ、太陽光発電、風力発電の実データを利用した寿命評価手法等の各種評価手法を完成し、評価手法書としてまとめた。これにより、これまで妥当な評価手法が確立されていなかった定置用電池の評価が可能となり、本事業の開発品を評価することが可能となった。

《14》セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業 [平成21年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

公募により委託先を決定し、以下の研究開発を実施した。

(1) バイオエタノール一貫生産システムに関する研究開発

平成21年度は、公募により2テーマを採択し、研究開発を実施した。

a) 早生樹からのメカノケミカルパルピング前処理によるエタノール一貫生産システムの開発

パルプ材用樹種を中心に生長量、糖化性等について調査を行い、エタノール生産適性早生樹を選定し、育苗及び国内試験圃場（一部海外も含む）の地拵を実施すると共に、植栽方法の検討、収穫技術の調査も行った。また、エタノール製造プロセスについて、パイロットプラントの基本設計を行った。

b) セルロース系目的生産バイオマスの栽培から低環境負荷前処理技術に基づくエタノール製造プロセスまでの低コスト一貫生産システムの開発

多収量草本系植物を中心に年間を通じて原料バイオマスを供給可能とする周年供給システムについて、気候帯毎に植物種の選定を行い、国内試験圃場（一部海外も含む）における植付け及び収穫試験を実施し、栽培・収穫に係る原単位データの取得を行った。また、エタノール製造プロセスについて、ラボ試験によりプロセス設計に必要なデータを取得し、パイロットプラントの基本設計を行った。

(2) バイオ燃料の持続可能性に関する研究

平成21年度は、公募により委託先を決定し、現在及びこの数年の間に、日本国内において導入可能な各種輸送用液体バイオ燃料の温室効果ガス削減効果を定量的に評価するために、生産地、原料の生産、原料の貯蔵・輸送、バイオ燃料の製造方法、バイオ燃料の輸送・貯蔵を個別に定量的に評価し、日本において当該バイオ燃料を利用した際の温室効果ガス排出量（標準的定量値）を算出した。なお、この数値は経済産業省の「バイオ燃料導入に係る持続可能性基準等に関する検討会」報告書において報告された。

なお、平成22年度以降は「バイオマスエネルギー技術研究開発」に統合して実施した。

《15》太陽エネルギー技術研究開発 [平成20年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「革新的太陽光発電技術研究開発（革新型太陽電池国際研究拠点整備事業）」（平成20年度～平成25年度）

本事業ではプロジェクトリーダーを設置せず、各グループにグループリーダーを設置することで、研究を効率的に推進した。さらに中間評価を踏まえた研究開発内容等の絞り込み等によって、平成23年度以降の実施体制等の見直しを実施した。なお、(4) 革新的太陽電池評価技術の研究開発については、平成21年度に公募を実施し1機関を採択して研究開発を実施し、平成22年度で終了した。研究開発ごとの主たる実施内容は以下の通り。

(1) ポストシリコン超高効率太陽電池の研究開発

国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 情報デバイス分野教授 中野 義昭氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

- ・ InGaAsN単接合太陽電池を試作した。また集光型多接合太陽電池で42.1%の変換効率を達成した。なお、非集光時効率においても、35.8%を達成した。
- ・ 量子ドット超格子型セル技術では、中間層厚10nm以下の薄膜化による量子ドット超格子材料において、光吸収の増大を実証した。なお、量子ドットのセル効率は16%を達成した。

(2) 高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発

独立行政法人産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター センター長 近藤 道雄氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

- ・ 透明導電層による接合技術の開発を進め、バンドギャップの異なる2種のセルを機械的に接合することを確認し、さらには多接合セルによる電圧向上を確認した。

- ・ナノシリコン／ナノカーボンを用いた新概念太陽電池の開発に向け、カーボンナノチューブを用いた太陽電池の原理検証を進め、太陽電池特性を得ることを確認した。

(3) 低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発

国立大学法人東京工業大学 大学院理工学研究科 電子物理工学専攻 教授 小長井 誠氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

- ・ナノドット禁制帯幅制御において、世界最高の開放電圧 518 mV を達成した。
- ・シリコン系薄膜集光型セル、及びカルコパイライト系集光型セルの開発を行い、カルコパイライト系集光型セルについては、7倍集光により、変換効率 20.3% を達成した。
- ・シリコン系と化合物系太陽電池からなる新規多接合薄膜太陽電池を提案し、数値計算により 3% の変換効率向上を確認し、世界で初めて微結晶シリコンセルと CIS セルの直列タンデム構造の作製に成功した。
- ・第四回革新的太陽光発電国際シンポジウムを開催した。

(4) 革新的太陽電池評価技術の研究開発

独立行政法人産業技術総合研究所太陽光発電研究センター 評価チーム長 菱川 善博氏を研究開発推進者として、米国国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) 等と共同して以下の研究開発を実施した。

(ア) 集光型多接合太陽電池評価技術

集光型多接合太陽電池について、屋内における高精度評価技術を開発すると共に、日本は岡山県に、米国はコロラド州に屋外集光型太陽電池を設置し、屋内外性能測定との比較検証を実施した。

(イ) 薄膜多接合太陽電池評価技術

従来開発した単接合及び従来型 2 接合太陽電池の評価技術をベースに評価装置を導入し、革新的材料及び構造を持つ薄膜多接合太陽電池の評価技術の開発を実施した。

(5) 日・EU エネルギー技術協力 太陽光分野

平成 23 年度より「高効率集光型太陽電池セル、モジュール及びシステムの開発 (日 EU 共同開発)」について研究開発を実施するために、平成 22 年度に公募を実施した。

研究開発項目②「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」(平成 22 年度～平成 26 年度)

基本計画に基づき新規研究開発テーマの公募を行い、研究開発を開始した。

豊田工業大学大学院理工学研究科教授 山口 真史氏 (研究開発 (イ)～(ホ) 及び (へ) の④) 及び東京工業大学総合研究院特任教授 黒川 浩助氏 (研究開発 (へ) の①②③及び⑤) をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 結晶シリコン太陽電池

結晶シリコン太陽電池の高効率化技術及び低コスト化に資する技術の開発を目的として 2 件のテーマを新規採択し、研究開発を開始した。反射防止膜装置、電極印刷装置等を導入し太陽電池試作ラインの整備を開始し、また、原料シリコン分析用装置を導入するとともに、国内外のシリカ鉱山から分析用サンプルの入手を開始した。

(2) 薄膜シリコン太陽電池

薄膜シリコン太陽電池の高効率化と低コスト化を目的として、3 件のテーマを新規採択し研究開発を開始した。例えば、高安定化薄膜シリコン太陽電池の評価を実施し、また大面積製膜法開発装置を導入した。また、フィルム基板上に形成した微結晶シリコン太陽電池の特性改善を進め、製膜速度 2 nm/s において変換効率 9.5% を得た。

(3) CIS・化合物系太陽電池

CIS 系薄膜太陽電池の高効率化、製造プロセスの開発及び集光型太陽電池の低コスト化の開発を目的として公募により 7 件のテーマを新規採択し、研究開発を開始した。この中で、製膜時の不純物を制御することにより変換効率 16.8% (30 cm サブモジュール) を達成した。また集光の原理確認試験を実施、合わせてフィールド試験の準備を開始した。

(4) 色素増感太陽電池

色素増感太陽電池の高効率化技術及びモジュール化技術・耐久性向上技術の開発を目的として 1 2 件のテーマを新規採択し、研究開発を開始した。この中で、50 cm 角のモジュールの試作・検討を開始した。

(5) 有機薄膜太陽電池

有機薄膜太陽電池の高効率化技術及び耐久性向上技術の開発を目的として 6 件のテーマを新規採択し、研究開発を開始し、変換効率 9.4% の有機薄膜太陽電池を試作した。

(6) 共通基盤技術

以下の①～⑤のテーマについて研究開発を実施した。

① 発電量評価技術等の開発

太陽電池性能評価・校正技術及び発電量推定と予測技術を開発し、IEC TC 82 において、「IEC 61853-1」という発電量の規格を最終案である FDIS まで進展させた。

② 信頼性及び寿命評価技術の開発

モジュール・機器耐久性評価技術として新たな信頼性試験方法の開発に着手した。また次世代太陽光発電システムに向けた基盤技術開発戦略調査研究を目的として調査委員会を設置した。

③ リサイクル・リユース技術の開発

リユースモジュール健全性試験技術の研究開発等に着手した。

④「共通材料・部材・機器及びシステム関連技術開発」

超ハイガスバリア太陽電池部材の開発、ロールツーロールプロセスを可能とする封止材一体型保護シートの材料の開発、太陽光発電システムの据付簡便化に資するプラスチックフレーム成型法の開発に着手した。

⑤標準化支援事業及びIEA国際協力事業等

太陽電池モジュール・アレイ及び太陽光発電システム・周辺機器の標準化支援事業として、JIS 4件、IEC 8件を制定した。また、包括的太陽電池評価技術に関する標準化支援事業にてJIS 3件を制定した。また、IEA-PVPS（国際エネルギー機関 太陽光発電システム研究協力実施協定）においては、新たに太陽光発電の普及に向けた課題として、タスク13（PVシステムの性能と長期信頼性）とタスク14（電力系統におけるPV普及）の活動を立ち上げた。

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「革新的太陽光発電技術研究開発（革新型太陽電池国際研究拠点整備事業）」（平成20年度～平成25年度）

平成20年度に採択した、3グループの実施体制にて引き続き研究開発を継続。各グループの主たる研究開発の概要は以下のとおり。

(1) ポストシリコン超高効率太陽電池の研究開発

国立大学法人東京大学先端科学技術研究センター 所長 中野 義昭氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

MOVPE装置によりGe基板上に格子整合GaInNAs薄膜を成長させる条件を確立した。また、逆積み3接合セルの開発で、直列抵抗の低減を行う事により、非集光下で世界最高レベルの36.9%の変換効率を達成した。

量子ドット超格子セル開発では、GaInNAs層に形成するInAs量子ドットの密度を増大させた多重積層セルの開発に着手した。また、中間バンドと伝導帯間の光学遷移を室温化で観測する事に成功した。

(2) 高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発

独立行政法人産業技術総合研究所太陽光発電工学研究センター センター長 近藤 道雄氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

「メカニカルスタック技術」においては透明導電層による接合技術の開発を進めた。そのために透明導電接着フィルムの要素技術の開発を進め、そのフィルムによりバンドギャップの異なる2種のセルを機械的に接合することを確認し、1cm角では、十分な貼り合わせ接合特性を得た。同様に、「ナノシリコン/ナノカーボンを用いた新概念太陽電池」においてはプラズマ照射法により単層カーボンナノチューブ(SWNT)へのドーピング量を制御することで、pn接合を内蔵した1本のSWNTによる太陽電池の作製に成功し、さらにSWNTの赤外光吸収効率に対応して、変換効率が上昇することを明らかにした。

(3) 低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発

国立大学法人東京工業大学大学院理工学研究科電子物理学専攻 教授 小長井 誠氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

「薄膜フルスペクトル太陽電池—光吸収層」としては、トップセル用InGaN系薄膜でN欠損の削減と感度の改善により $E_g = 2.0 \text{ eV}$ で変換効率1.1%を達成した。また、ボトムセル用CuIn(Se, Te)2系材料を用いて、ボーイング効果により $E_g = 0.85 \text{ eV}$ までナロー化出来た。「薄膜フルスペクトル太陽電池—周辺技術」としては、フルスペクトルTCOの開発において、グラフェンシート2層で導電率 $20,000 \text{ S/cm}$ を達成。また、界面接合の開発では、サブセル界面抵抗を $220 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$ まで減少した。

(4) 革新的太陽電池評価技術の研究開発

平成22年度で終了。

(5) 高効率集光型太陽電池セル、モジュール及びシステムの開発（日EU共同開発）

豊田工業大学大学院工学研究科 特任担当教授 山口 真史氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

III-V系材料における局所的な歪による転位、欠陥生成を評価解析し、欠陥密度低減に着手した。また、ヘテロエピタキシャル成長技術の新規提案と評価解析を行った。更に、高品質III-V系オン・シリコンの為の新規バッファ層構造も検討した。

標準測定技術確立の為に、屋外集光を用いたセル特性評価やサイズ最適化等の実施を通じ、集光型太陽電池セルの課題抽出と標準測定技術確立に適した構成を検討した。また、集光型太陽電池セル単体の高照度光源による屋内評価及び集光型ミニモジュールの高平行度連続光ソーラーシミュレータによる屋内評価について、FHG-ISE等とのラウンドロビン比較測定を実施した。

研究開発項目②「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」（平成22年度～平成26年度）

低炭素社会の実現のため我が国政府が打ち出した太陽光発電の導入規模を2020年に現状の20倍(28GW)、2030年に40倍(53GW)にするとの目標達成に資する技術開発を行う。豊田工業大学大学院工学研究科教授 山口 真史氏及び、東京工業大学統合研究院特任教授 黒川 浩助氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 結晶シリコン太陽電池

「極限シリコン結晶太陽電池の研究開発（産業開発プラットフォームの構築（太陽電池試作ライン）」においては、100 μ m厚基板による太陽電池の試作を目指し、洗浄工程、リン拡散プロセスの薄型化への対応、及び印刷工程等の見直しを行った。「極限シリコン結晶太陽電池の研究開発（太陽電池向け100 μ mウェーハの高効率加工技術の構築）」では、細線ワイヤーによる切断条件を改良し、ウェーハ厚さ、カーブロスとの24年度中間目標の120 μ mに対して、それぞれ130 μ m、115 μ mを達成した。「太陽電池用シリコンの革新的プロセス研究開発（高純度原料の開発）」では、シリカの洗浄に遠心分離機を適用することで、洗浄コストの50%削減の目途を得た。

(2) 薄膜シリコン太陽電池

「次世代多接合薄膜シリコン太陽電池の産学官協力体制による研究開発」では、大面積製膜装置（G8.5装置）のプラズマ源（2種類）の設計を行い、予備試験装置を作製、プラズマ放電を確認した。「高度構造制御薄膜シリコン太陽電池の研究開発」では、新規低空間指向性光閉じ込め構造の最適化を進めると共に、ナノインプリント装置を導入し大面積化と量産化の検討を開始した。「薄膜シリコンフィルム太陽電池の高速製膜技術の研究開発」では、フィルム基板上に形成した微結晶シリコン太陽電池の特性改善を進め、製膜速度2.2nm/sにおいて変換効率9.5%を得た。また3接合セルで変換効率11.7%を得た。

(3) CIS等化合物系太陽電池

「CIS系薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発」においては、セレン化/硫化法における製膜均一性の向上、新規バッファ層の開発により、変換効率17.8%（30cmサブモジュール）となり、中間目標値を達成した。「フレキシブルCIGS太陽電池モジュール高効率化研究」においては、30cm角のフレキシブルCIGS太陽電池モジュールで変換効率16%（中間目標値）を達成するため、小面積セルで要素技術を検討した。幅30cmのロールツーロール製膜装置（スパッタ装置及び蒸着装置）を組み上げた。また「反射式集光型太陽光発電システムの研究開発」ではフィールド試験を実施し集光時のサブモジュール変換効率約30%を達成した。

(4) 色素増感太陽電池

「高効率・高耐久性色素増感太陽電池モジュールの研究開発（色素増感太陽電池モジュール化技術と高耐久性化研究開発）」において、50cm角のモジュールの試作・検討を行い、1/4サイズに相当する30cm角ユニットにおいて変換効率7.2%となり、中間目標を達成した。「三層協調界面構築による高効率・低コスト・量産型色素増感太陽電池の研究開発（高効率・高耐久性モジュールに関する研究開発）」においては、10cm角のモノリシック型サブモジュールにおいて、集積型モジュールでは世界最高となる変換効率8.9%を達成した。

(5) 有機薄膜太陽電池

「有機薄膜太陽電池モジュール創製に関する研究開発（新構造モジュールの研究開発）」においては、高精度塗布・パターニング技術により、20cm角のサブモジュールにおいて、中間目標（6%）に迫る変換効率5.1%を達成した。「有機薄膜太陽電池モジュール創製に関する研究開発（高分子系有機薄膜太陽電池モジュールの研究開発）」においては、材料の最適化により1cm角セルにおいて、変換効率8.6%を達成した。

(6) 共通基盤技術

イ. 発電量評価技術等の開発

「発電量評価技術等の研究開発」を行い、太陽電池性能評価・校正技術及び発電量推定と予測技術を開発し、これらの開発技術のうちIEC TC82において、「IEC61853-1」という発電量の規格をIEC規格にした。また、北杜や稚内サイトでの実証データを取得した。また日米で集光型システムの性能比較を行った。

ロ. 信頼性及び寿命評価技術の開発

平成23年7月に発足した信頼性に関する国際フォーラムに積極的に参加し、信頼性及び寿命評価技術の開発で取得したデータを活用した。

ハ. リサイクル・リユース技術の開発

「広域対象のPVシステム汎用リサイクル処理手法に関する研究開発」において、研究開発施設の整備を完了した。また、リサイクルの体制整備が進んでいる欧州の調査を行い社会実証提案の参考とした。

ニ. 共通材料・部材・機器及びシステム関連技術開発

超ハイガスバリア太陽電池部材の開発ではCIGSモジュールに使用できる10⁻⁴（g/m²/d）のバリア性を達成した。また、ロールツーロールプロセスを可能とする封止材一体型保護シート材料の開発では薄膜シリコン用シートを開発しユーザ評価を行った。さらに、太陽光発電システムの据付簡便化に関する研究開発として、ユーザ開拓に着手した。

ホ. 標準化支援事業及びIEA国際協力事業等

標準化支援事業においては、太陽電池モジュール・アレイ及び太陽光発電システム・周辺機器の標準化支援を行い、JIS7件、IEC6件を制定した。「太陽光発電技術開発動向等の調査」を実施し、海外における最先端の太陽光発電技術研究開発及びシステム技術開発動向調査、海外諸国の研究開発プログラムに関する動向調査、技術開発動向の比較・分析及び内外の市場動向調査を行い、NEDO太陽光発電システム普及委員会等への資料に活用した。特に、今年度はドイツ、中国の政府機関、

研究機関、メーカーを訪問し現場での情報収集を行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①革新的太陽光発電技術研究開発（革新型太陽電池国際研究拠点整備事業）（平成20年度～平成26年度）

基本計画に基づき、平成23年度から引き続き、(1)～(3)及び(5)については4グループにて研究開発を実施し、さらに中間評価を実施し研究開発内容等の絞り込み等によって、平成25年度以降の実施体制等の見直しを実施した。なお、(4)については、平成22年度で研究開発を終了した。

本委託事業ではプロジェクトリーダーを設置せず、各グループにグループリーダーを設置することで、研究を効率的に推進した。グループ毎の主たる実施内容及び進捗状況は以下のとおり。

(1) ポストシリコン超高効率太陽電池の研究開発

国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター所長 中野 義昭氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

平成24年度は、Ⅲ-V族系半導体材料を用いた3接合セルのトンネル接合抵抗の低減や受光面の電極間隔の最適化等を行い、集光下で世界最高レベルの変換効率43.5%を達成した。また、非集光下では世界最高となる変換効率37.5%を達成した。

量子ドット超格子セル開発においては、最適なバンド構造の検討を進め、集光下で変換効率20.3%を達成した。

(2) 高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発

独立行政法人産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター センター長 近藤 道雄氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

平成24年度は、メカニカルスタック技術の開発においては、高圧ガス加圧法を用いたプレス技術による貼合せ接合技術で4インチGe及びGaAs基板の貼合せに成功した。さらに、(GaInP/GaAs)2接合太陽電池とInGaAsP太陽電池を接合した太陽電池で変換効率21.85%を達成した。同様に、ナノシリコン/ナノカーボンを用いた新概念太陽電池においては、熱拡散法により合成したカリウム内包半導体CNT太陽電池を作製し、1,550nmで変換効率3.8%、1,650nmで変換効率11.4%を達成した。

(3) 低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発

国立大学法人東京工業大学 大学院理工学研究科電子物理工学専攻 教授 小長井 誠氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

平成24年度は、光吸収層の開発としては、トップセル用InGaN系薄膜で $E_g = 2.36\text{ eV}$ の太陽電池を作製し、開放電圧0.58Vを達成した。また、ボトムセル用CuIn(Se, Te)2系材料では、変換効率3.5%を達成した。さらに、波長スプリッティング型の薄膜フルスペクトル太陽電池を作製し、世界最高の変換効率21.8%を達成した。周辺技術の開発としては、フルスペクトルTCO(Transparent Conductive Oxide)の開発において、グラフェンシートの転写技術を開発し、5mm角で完璧な転写を実現した。また、界面接合の開発では、サブセル界面接合抵抗を $80\text{ m}\Omega\text{ cm}^2$ まで減少した。

(5) 高効率集光型太陽電池セル、モジュール及びシステムの開発（日EU共同開発）

豊田工業大学 大学院工学研究科 特任教授 山口 真史氏をグループリーダーとして以下の研究開発を実施した。

平成24年度は、Ⅲ-V系オン・シリコンのその場X線逆格子マッピングを実施し、透過型電子顕微鏡観察と合わせて、欠陥解析を行った。また、Ⅲ-V-N系材料におけるN-H欠陥構造や電荷状態に関する知見を偏光・時間分解FTIR測定により得た。更に、高品質Ⅲ-V系オン・シリコンの為の新規バッファ層として、Sb系バッファ層を検討し、積層欠陥密度が大幅に低減できることを確認した。

研究開発項目②太陽光発電システム次世代高性能技術の開発（平成22年度～平成26年度）

基本計画に基づき、平成22年度から引き続いて、豊田工業大学大学院工学研究科 教授 山口真史氏（研究開発(1)～(5)及び(6)のニ）及び東京工業大学ソリューション研究機構 特任教授 黒川 浩助氏（研究開発(6)のイ、ロ、ハ及びホ）をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 結晶シリコン太陽電池

平成24年度は、結晶シリコン太陽電池の高効率化技術及び低コスト化に資する技術の開発を目的として研究開発を行った。

「極限シリコン結晶太陽電池の研究開発」では、シリコン原料評価において系統的な分析を行い原料鉱石から中間原料四塩化シリコンに混入する不純物の挙動を明らかにした。低コスト単結晶の研究開発では、開発した高効率単結晶育成炉の温度分布解析・不純物除去解析・転位除去解析シミュレータを用いて、500mm角の結晶中の炭素濃度を $8 \times 10^{-16} / \text{cm}^3$ まで軽減し、ライフタイム $200\text{ }\mu\text{sec}$ を達成した。「シリコン基板薄型スライス技術の開発」では、基板厚さ、カーフロス共に $120\text{ }\mu\text{m}$ 、歩留まり95%以上を達成した。バックコンタクトセル及びヘテロ接合技術の開発では、セル変換効率22.1%（90mm角）を達成した。

(2) 薄膜シリコン太陽電池

平成24年度は、薄膜シリコン太陽電池の高効率化と低コスト化を目的として、多接合モジュール要素技術開発と大面積化高生産性製膜技術開発を行った。また、大面積製膜装置（G8.5装置）用プラズマ源（2種類）の予備試験装置の放電試験を行い、共振アレイ方式を選定した。また多接合セルで安定化変換効率11.6%を得た（中間目標13%）。

(3) CIS等化合物系太陽電池

光吸収層の高品質化及び高効率化に資する新規バッファ層の開発を行った。また30cm角のフレキシブルCIGS太陽電池の試作に着手した。「CIS系薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発」においては、小面積セルにおいて19.7%を達成した（小面積セルの中間目標22%）。ロール・トゥ・ロール装置にて幅30cmのフレキシブルCIGS光吸収層の製膜条件の検討を開始した。

(4) 色素増感太陽電池

色素増感太陽電池の高効率化技術及びモジュール化技術・耐久性向上技術を開発した。逆電子移動をブロックする新色素を開発し、小面積セルで変換効率11.9%（認証値）を得た。また、20cm角サブモジュールで変換効率9.1%を得た。また、50cm角の高電流型モジュールを設計・試作し、変換効率6.7%を得た。

(5) 有機薄膜太陽電池

平成24年度は、有機薄膜太陽電池の高効率化技術及び耐久性向上技術を開発した。吸収端を長波長したp型有機半導体と起電力を高めたn型有機半導体を組み合わせ、小面積セルで変換効率10.0%を得た。また、昨年度開発した高精度塗布・パターンニング技術をさらに改良し、20cm角モジュールで6.7%（認証値）を得た。

(6) 共通基盤技術

太陽電池性能評価・校正技術及び発電量推定と予測技術を開発した。また、予測技術では、予測モデルのプロトタイプを試作し、予測誤差を評価した。モジュール・機器耐久性評価技術、システム点検技術の研究開発を実施した。リユースモジュール健全性試験技術の研究開発を実施し、リユースモジュールが具備すべき基本的な要求である絶縁性能に関するデータを収集した。低コスト汎用リサイクル処理の共通処理部のプロトタイプを試作、性能評価を行い、基本技術の開発見通しを得た。さらに、リサイクル処理に必要な社会システムの調査、LCA調査を実施した。太陽電池モジュール・アレイ及び太陽光発電システム・周辺機器の標準化支援を行った。

研究開発項目③有機系太陽電池実用化先導技術開発（平成24年度～平成26年度）

有機系太陽電池を使用した太陽光発電システムを実証・評価するためのシステムの設計や開発を行った。産業資材や可搬型発電システムといった用途での実証を目指し、メンテナンスが容易なプラスチック基板型色素増感太陽電池を使用したシステム設計を行い、必要な太陽電池セルの試作、蓄電・電圧変換システムの開発を行った。また、電子広告板、壁面発電パネルといった用途での実証を目指し、ガラス基板型色素増感太陽電池を試作し、ランタンについては実証試験を開始すると共に、壁面設置パネル、電子広告、カーポート、窓設置パネルの仕様設計を行った。そして、これまでの太陽電池の適用が困難であった用途（内装、外壁、自動車、ドーム膜構造）での実証を目指し、プラスチック基板型有機薄膜太陽電池のロール・トゥ・ロールモジュール連続生産技術の開発と、設置システムの電気系統の設計を行った。

《16》風力等自然エネルギー技術研究開発 [平成20年度～平成28年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「次世代風力発電技術研究開発」（平成20年度～平成24年度）

(1) 基礎・応用技術研究開発

独立行政法人産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門ターボマシングループ 研究員 小垣哲也氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(ア) 複雑地形における風特性の精査

実際の複雑地形（2地点）における風計測を実施した。また、風計測マストの拡張及び風速計の増設を行い、複雑地形において取得する風データの信頼性向上を図った。これによって、国際的にも計測事例の少ない、複雑地形での乱流・ガスト特性の鉛直方向分布等の貴重なデータを取得した。

(イ) 複雑地形CFDシミュレーション及び風洞実験技術の高度化

風力発電サイトの風特性解析に特化したシミュレーション手法、及びデータ解析手法の高度化を図った。また、複雑地形における風洞実験及びCFDシミュレーションを実施し、実際の複雑地形（鹿児島県いちき串木野市）において計測した乱流・ガストといった風特性と比較・検証した。その結果、流入乱流量を変化させることで観測地点における乱流強度の再現性が向上することを確認した。

(ウ) 複雑地形風特性モデルの開発・検証

NEDOの風力FTデータ及び日本型風力発電ガイドラインデータの詳細解析を実施した。

(エ) 複雑地形・台風要因極値風特性モデルの開発・検証

平成21年度までに実施したNEDO FT/GLデータの解析に加え、風向別の地形複雑度指数と乱流強度を算出し両者の関係性を評価した。また、厳しい風特性モデルが実際の風車設計に与える

影響を、空力荷重解析により評価した。これにより複雑地形風特性モデル（NTMなど）素案の評価とIEC国際標準提案に向けた裏付け結果の拡充を図った。

(オ) リモートセンシング技術の精度・信頼性調査

風速のリモートセンシング技術の精度・信頼性の評価のため、LIDAR（レーザー画像検出と測距）及びSODAR（音波レーダー）を実際の複雑地形に設置し、別途設置されている従来の風速計測手法（風計測マスト+カップ式風速計）と同時計測を実施した。また、CFDシミュレーション技術を援用し、複雑地形におけるリモートセンシング技術の誤差要因を解明した。

(カ) リモートセンシング技術の応用研究

主として文献調査により、リモートセンシング技術を用いた風力発電の年間発電量評価手法に関する最新技術動向を調査し、課題を抽出した。

(キ) IEA Wind実施協定への参画・成果発信

平成21年度に引き続き、次世代風力発電基礎応用技術研究開発・IEA風力国内委員会を設置し、IEA Wind実施協定の参画を支援した。また、IEA Wind実施協定の各種タスクに参加し、風力発電の最新技術に関する国際共同活動に参画するとともに、本事業における成果を国際発信した。

(ク) 小形風車ラベリング実証試験

IEA等で検討が進められている小形風車ラベリング制度を参考に、日本版の小形風車ラベリング制度の構築を技術面から後押しするために、本年度は試験方法の実証のFS、海外調査および有識者による検討委員会を行った。

(2) 自然環境対応技術等

(ア) 落雷保護対策

i) 全国規模での落雷電流計測、落雷様相観測

・25ヶ所の計測地点（うち12ヶ所で様相観測も同時実施）での結果から、計測値等の特性を整理した。2年間の累計データから、日本の雷性状は国際規格と明確に差異があることが示された。また、被害の有無と電荷量の大きさ、被害の発生頻度と相関の可能性が示唆された。

ii) 落雷被害詳細調査

・平成21年度に引き続き、落雷特性・落雷保護対策と被害実態との相互の関係を把握することを目的として、風力発電事業者等を対象としたアンケート調査を実施した。回答のあったものから順次整理を行い、落雷被害状況の整理を開始して、被害の程度や地域分布、被害率の算定などを行った。また、事業者等からの落雷被害情報を踏まえ、現地ヒアリング調査を実施した。

iii) 落雷保護対策の検討

・計測・観測、アンケートなど、これまでの検討結果を整理し、部位別の被害状況の把握、現在の保護対策の状況把握、部位別の保護対策の分析を実施した。

iv) 全体取りまとめ

・事業を進めるにあたって、風力発電及び雷に関する知見を有する外部有識者で構成される委員会「落雷保護対策検討委員会」を設置し、実施内容・調査結果等に関して審議・検討を実施した。

(イ) 故障・事故対策調査

i) 調査の方向付けや故障事故情報に関する審議を行うため、「風力発電故障・事故対策調査委員会」を設置し、運営を行った。

ii) 故障・事故データの収集分析、データベースの作成、故障・事故対策事例集の作成、技術開発課題等の抽出を行った。

(ウ) 風車音低減対策

i) 風車音の現状把握

・風車音計測のための風防（防風スクリーン）の整備と風車音（低周波音含む）を長期間にわたって自動測定・記録する「風車音監視システム」の開発を行い、実際の計測に活用して新たな計測手法を確立した。

・複数機種の風車を対象としてナセル・タワーにおける振動・固体伝搬音計測、音源探査等を実施し、得られたデータから風車音の発生メカニズム（ナセル放射音、タワー固体音、空力音等）とそれぞれの周波数特性について検討し、風車音低減対策の基礎資料とした。

・風車音の伝搬特性に関する計測を行い、地形、風速等による減衰特性等を明らかにした。

ii) 風車音低減対策の検討と検証実験

風車音の機械音と空力音に係る低減対策について検討し、風車音の計測結果も踏まえた風車音低減対策を選定して、以下に示す検証を行い実際の低減効果を確認した。

・空力音の低減対策として、ブレード（翼）の種々の形状を試作して風洞実験により性能を比較し、風車音低減に効果的な形状を選定した。さらに、選定された新型ブレードを実機に装着し、風車音を計測することにより風車音低減効果を明らかにした。

・機械音の低減対策として、冷却ファンの排気ダクト開口部の改良による風車音低減効果について検証実験を行い、ナセル最後尾を模した試験体を製作する等、適切な排気ダクト形状を選定した。

研究開発項目②「洋上風力発電等技術研究開発」（平成20年度～平成25年度）

我が国の海象・気象条件に適した、洋上風況観測システム、洋上風力発電システム及び環境影響評価の手法等の技術を確認することを目的に、国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 教授 石

原孟氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

- i) 洋上風力発電実証研究フィージビリティ・スタディ (F S) 調査・評価
本実施項目については平成20年度で終了した。
- ii) 洋上風況観測システム実証研究
 - 1) 洋上風況観測システム技術の確立
- イ) 洋上風況観測システムの策定
銚子沖グループでは、洋上風況観測システムの策定に向けた風況観測詳細計画の立案、ドップラーライダーの性能評価、海象データの回収及び整理を実施した。また風況観測システムの詳細設計を実施し、風況観測タワー、タワー基礎等の製造を開始した。北九州市沖グループでは、海域調査、詳細設計及び統合解析モデルの開発を行った。
- ロ) 気象・海象 (海上風、波浪/潮流) 特性の把握・検証
風況シミュレーションを用いて常時風及び極値風の検証を行った他、波浪シミュレーションを用いて常時波及び極値波の検証を実施した。
- ハ) 環境影響調査
周辺環境の現況と、洋上観測タワーを設置することによる影響を把握するため、生態系 (底生生物、海鳥、海産哺乳類、漁業生物) 等について調査を実施した。
- 2) 環境影響評価手法の確立等
平成21年度に引き続き国内外の環境影響評価手法の情報を収集・整理し、これらの情報を元に環境影響評価手法の検討を行った。また、洋上風力発電等技術研究開発委員会を開催し、洋上風況観測システム実証研究 (洋上風況観測システム技術の確立、環境影響評価手法の確立等) 及び洋上風力発電システム実証研究の実施内容等に関して審議・検討を実施した。
- iii) 海洋エネルギー先導研究
海洋エネルギーに関する調査研究では、我が国の海域特性を踏まえた海洋エネルギー利用に係わる研究開発を実施し、5件の先導的な海洋エネルギーに関する基礎的な特性把握、発電効率の向上を達成し、実用化開発に向けての見通しを得た。また、海洋エネルギーのポテンシャルについて調査を実施し、国内における海洋エネルギーの賦存量、エネルギー密度マップ、導入可能量等を整理した。

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「次世代風力発電技術研究開発」(平成20年度～平成24年度)

独立行政法人産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門ターボマシングループ 研究員 小垣哲也氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

- (1) 基礎・応用技術研究開発
- ア) 複雑地形における風特性の精査
実際の複雑地形 (いちき串木野, 大月) における風計測を実施したことにより、国際的にも計測事例の少ない複雑地形における乱流・ガスト特性の鉛直方向分布等の長期データを取得した。
- イ) 複雑地形・台風要因極値風特性モデルの開発・検証
NEDO FT/GLデータの解析において課題とされた風速の鉛直方向外挿及びトレンド除去の影響を評価した。更に、複雑地形・台風要因極値風特性モデルが実際の風車設計に与える影響について空力荷重解析を詳細に評価し、昨年度の終局荷重に加え、疲労荷重への影響を評価することによって、本事業で開発した同風特性モデル (NTM、 V_{ref}/V_{ave} の比など) の必要性を明らかにした。また、複雑地形及び台風襲来地域に適した同風特性モデルをIEC国際規格として正式に提案した。
- ウ) リモートセンシング技術の精度・信頼性調査
実際の複雑地形においてリモートセンシング技術によるLIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) 計測、SODAR (Sonic Detection And Ranging) 計測及び現行の風計測 (風計測マスト+カップ式風速計、風計測マストは平成22年度末に80mに拡張) の長期計測データより、複雑地形におけるリモートセンシング技術の誤差特性を明らかにした。
- エ) リモートセンシング技術の応用研究
大月ウィンドファームにおけるLIDAR計測値とマストに設置したカップ風速計データの詳細解析により、LIDARとカップ風速計を併用した年間発電量評価手法を開発した。これにより、複雑地形において年間発電量を低コストで精度及び信頼性の高い評価ができる可能性を示した。
- オ) IEA Wind実施協定への参画・成果発信
次世代風力発電基礎応用技術研究開発・IEA風力国内委員会を設置し、IEA Wind実施協定の参画を支援した。また、IEA Wind実施協定の各種タスクに参画し、風力発電の最新技術に関する国際共同活動に貢献するとともに、本事業における成果を国際発信し、国際的な風力研究開発活動における日本のプレゼンスを向上させた。
- カ) 小形風車の性能・信頼性・安全性等の技術的評価確立
各種の小形風車試験手法、小形風力発電システムの安全性・信頼性を確保するための設計要件、関連法規との技術的整合性、設置技術等に関する調査と検討を行うことにより、小形風車の技術評価及び試験基準を開発した。
- キ) 数値シミュレーション技術を用いた風車性能評価技術等の国際標準化に係る研究開発

IEC/TC88（風力タービン）における風車の出力性能計測方法について、我が国が主体的に提案をしている数値シミュレーションモデルによる風車流入風速推定方法（NSC）の標準化に資するための実証データを取得する。平成23年度は、CFDシミュレーション及び屋外計測評価に必要な風洞試験を実施した。また高精度CFDシミュレーションのための粗度モデルを開発し、風洞試験データと比較検討した。

(2) 自然環境対応技術等

ア) 落雷保護対策

①全国規模での落雷電流計測、落雷様相観測

25ヶ所の計測地点（うち12ヶ所で様相観測も同時実施）において観測を継続して、落雷特性を整理した。4年間に取得した計測データより、落雷の約10%がIEC保護レベルIの300Cを超え、日本の雷性状は国際規格と明確に差異があることが立証された。落雷様相観測より、多くの雷がブレード先端部に着雷していることを確認し、保護すべき部位を明確にした。また、各落雷パラメータ特性より、被害の有無、電荷量の大きさ、被害の発生頻度には相関があることが確認された。

②落雷被害詳細調査

落雷特性・落雷保護対策と被害実態との相互関係を把握するため、風力発電事業者等を対象としたアンケート調査を実施した。その結果、被害分布は冬季雷頻発地域と関連していることが示された。落雷保護対策と被害実態の関係については、対策別に被害率を算定し、有効な対策を抽出した。また、事業者等より落雷被害情報を踏まえた現地ヒアリング調査を実施し、ブレード保護対策として先端金属チップ構造が有効であるデータが示された。

③実機規模・実雷による落雷保護対策の検証

落雷被害詳細調査結果より得られた知見に基づきブレード保護対策を実証するため、試験場所の選定、保護対策手法の選定、及び試験手順を整理し、実際の風車を用いた実機規模・実雷試験を行った。23年度は落雷パラメータと損傷に関するデータを収集する。保護対策を施したブレードは、10回以上被雷後もブレードに損傷が無く、落雷保護対策が有効であることを確認した。

④全体取りまとめ

計測・観測、アンケートなどの検討結果を整理し、部位別の被害状況、現在の保護対策状況、部位別の保護対策等の分析に基づいた、落雷リスクマップの作成手法を決定した。

(イ) 故障・事故対策調査

本調査については、事業としては行わず、NEDO職員が電力会社へヒアリングを行い、風車の故障や事故の発生状況についての調査を実施した。

(ウ) 風車音予測手法の開発

①風車音源モデルの開発

時刻歴での変動を考慮した風車音源の特性を把握し、音源モデルの設計及び実装を図るため、単機の風車に対するモデル実証を行い、マイクロフォンアレイの設計のための基礎計測を実施した。

②ウィンドファーム合成音モデルの開発

ウィンドファーム合成音モデルの基となるインターフェースを設計した。ベンチマークとなる既存の音伝搬モデル（単純減衰モデル）を評価し、地形効果を含めた音伝搬モデルをウィンドファーム合成音モデルに実装した。

③フィールド試験

フィールド試験の計測準備及び単機を対象とした予備試験を行った。

研究開発項目②「洋上風力発電等技術研究開発」（平成20年度～平成25年度）

我が国特有の海上風特性や気象・海象条件を把握して、これらの自然条件に適合した風況観測手法や洋上風力発電システムの設計指針、風力発電機等の技術開発、施工方法及び環境影響評価手法の確立を目的に、国立大学法人東京大学大学院工学研究科教授 石原 孟氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(2) 洋上風況観測システム実証研究

i) 洋上風況観測システム技術の確立

①洋上風況観測システムの策定

銚子沖グループでは、観測タワーの工場製作とブロック組立、観測タワー基礎の製作を実施した。北九州市沖グループでは、統合解析システムの検証および風況観測システムの詳細設計を実施し、観測タワー、観測タワー基礎の製造を実施した。

②気象・海象（海上風、波浪や潮流）特性の把握・検証

銚子沖グループでは、風況観測機器取付けブームの確認試験、平成21年度に設置した海象観測機器からのデータ回収・整理、気象シミュレーションによる通年風況・極値風速の予測精度の検証、波浪シミュレーションの検証を行った。北九州市沖グループでは、常時風、局地風の推定を実施し、洋上風況シミュレーションの高度化を実施した。そして、気象シミュレーションにより気象観測機器の取付けに関する評価を実施した。

③環境影響調査

一般鳥類調査（5～1月）、渡り鳥調査（9～10月）、海産哺乳類調査（5～8月）をそれぞれ実施した。

ii) 環境影響評価手法の検討

国内外の環境影響評価手法の情報収集及び整理を行い、これらの情報をもとに環境影響評価手法の取りまとめを実施した。この内容について、外部有識者による委員会を運営し、知見収集し、環境影響調査の追加項目等の洗い出しを行った。

(4) 浮体式洋上風力発電に係る基礎調査

当初予定では、「浮体式洋上風力発電実証研究フィージビリティ・スタディ (F S) 調査・評価」を行う予定であったが、F Sの実施の是非について検討することが必要となったため、本調査を実施した。

現在検討されている様々な浮体式洋上風力発電について、体系的に整理し、それらの特徴や技術的な課題等を基礎調査として取りまとめた。

(5) 洋上ウィンドファーム・フィージビリティスタディ (F S)

全国4カ所の洋上ウィンドファーム有望海域に関する気象・海象調査を実施し、事業計画を策定した。これに基づき洋上ウィンドファームにおける事業費の算定、事業性の評価を実施し、併せて課題の整理を行い、実現可能性を取りまとめた。

(6) 洋上風力発電システム実証研究

i) 国内の洋上環境に適した洋上風力発電システムの策定

洋上風車部品の製作・組立・工場試験、風車基礎接合部の構造設計手法の開発・検証、風車基礎の製作、クレーン船の大型艀装、海底ケーブル敷設工事の施工性の検討を実施した。

ii) 洋上風力発電システムの保守管理技術の開発

風車のコンディショニングモニタリングを実施するための計測項目の策定と概略設計を行った。

iii) 環境影響調査

事前調査として、水質、底質、底生生物、海産哺乳類 (以上11、2月)、漁業生物 (10、2月)、海草・藻類 (2月)、鳥類 (船舶トランゼクト及びレーダー、10、2月)、の調査及び景観モニタージュ作成を実施した。また、これまでの調査結果をもとに、環境影響評価方法書及び同評価書を取りまとめ、地元での縦覧に供した。

(7) 超大型風力発電システム技術研究開発

革新的なドライブトレインであるデジタル制御油圧ドライブシステム (試験用2、4MW) の設計、油圧ドライブシステムの風車への適用性を確認するための実験装置の設計、7MWの油圧ドライブトレインの基本設計、翼型 (モールドマスタープラグ=翼木型・雄型) の設計および発注を実施した。また、160m超級の翼の詳細設計を開始した。

研究開発項目③「風力発電系統連系対策助成事業」(平成19年度～平成23年度)

本研究開発項目については、土地の使用の問題や、NAS電池の事故により、事業が停止し、最終的に「事業の縮小」ということで、事業は終了した。

研究開発項目④「海洋エネルギー技術研究開発」(平成23年度～平成27年度)

(1) 海洋エネルギー発電システム実証研究

i) フィージビリティスタディ

実証候補地の選定調査、電力事業者による連系可能な発電機容量調査を実施した。

ii) 発電システム実証研究

発電システムの基本設計を実施した。

(2) 次世代海洋エネルギー発電技術研究開発

i) 次世代海洋エネルギー発電技術研究開発

発電システムのコンセプトの検討、シミュレーション技術の開発、実海域の自然条件等の調査、係留や発電システムの概念設計、国内外調査、事業性評価の検討等を実施した。

ii) 海洋エネルギー発電技術共通基盤研究

海洋エネルギーに関する費用対効果について、国内外の政策や市場動向等の情報収集を基に分析した。また、海洋エネルギー発電システムの発電コスト、発電効率や発電特性の性能・信頼性を評価する手法について、中間とりまとめを行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「次世代風力発電技術研究開発」(平成20年度～平成24年度)

(1) 基礎・応用技術研究開発

ア) 複雑地形における風特性の精査

実際の複雑地形 (いちき串木野, 大月) における信頼性の高い風計測を継続し、複雑地形・台風要因極値風特性モデルの技術的妥当性を裏付けるため必要とされる統計的に信頼性の高い風データ (特に台風襲来時の極値風特性) を取得した。

イ) 複雑地形・台風要因極値風特性モデルの開発・検証

本事業で取得した実際の複雑地形における風データの詳細解析により、複雑地形・台風要因極値風モデルの再評価・検証を実施した。複雑地形、台風襲来地域へも風力発電を可能とする技術として、同風特性モデルが、低コストでかつ設計面で風車の安全性・信頼性を確保したものであることを示すため、新たにガスト特性モデルの開発・評価及び複雑地形における乱流スペクトル特性の解析・評価を実施し、IEC国際規格へ提案を行った。

ウ) リモートセンシング技術の応用研究

L I D A R (L i g h t D e t e c t i o n A n d R a n g i n g) を活用した年間発電量

評価手法を大月ウィンドファームにおける計測により評価・検証することによって、国際的にも更なる展開が予測される複雑地形においても精度及び信頼性の高い低コストな年間発電量評価手法を開発した。

エ) I E A W i n d 実施協定への参画・成果発信

I E A W i n d 実施協定の各種タスクに参加し、風力発電の最新技術に関する国際共同研究開発活動に参画するとともに、本事業における成果の国際発信を行った。また、次世代風力発電基礎応用技術研究開発・I E A 風力国内委員会を運営し、これらの活動を支援し、更に、本事業の研究開発成果である複雑地形におけるリモートセンシング計測技術及び小形風車技術（建物屋上設置小形風車、垂直軸型小形風車の設計要件・試験手法）等について、各種タスク活動の場で成果発信をした。

オ) 小形風車の性能・信頼性・安全性等の技術的評価確立

現状の基準では未確立な建物屋上・複雑地形に設置される風車、及び垂直軸型風車の設計要件と技術評価手法を検討するための風洞実験、CFD (C o m p u t a t i o n a l F l u i d D y n a m i c s) シミュレーション及びフィールド試験を実施し、各種基礎データを取得するとともに、設計要件、各種技術評価手法を開発した。また、平成23年度に続き、小形風車本体の試験技術をベースとした各種試験（耐久性試験、性能試験、騒音試験、荷重計測等）を継続し、得られたデータを基に、小形風車の技術評価と試験基準をさらに向上させた。

カ) 数値シミュレーション技術を用いた風車性能評価技術等の国際標準化に係る研究開発

平成23年度に引き続き、数値シミュレーションモデルによる風車流入風速推定方法（N S C）」素案作成のために、シミュレーションを実施し、評価分析法確立のためシミュレーションデータおよび屋外データを分析した。これまで20%ものばらつきがあった平均風速予測を本技術手法によって数%程度まで下げることができた。また、国内外標準化に向けた活動として、J I S 素案文書を完成させ、I E C 国際標準提案を進めた。

(2) 自然環境対応技術等

ア) 落雷保護対策

①全国規模での落雷電流計測、落雷様相観測

平成23年度に引き続き、全国25ヶ所の計測地点（うち12ヶ所で様相観測も同時実施）における現地観測を継続した。さらに、保護対策の確立には落雷パラメータ・着雷様相・被害・対策の関係を把握することが重要になっており、既に落雷計測装置設置済みの25ヶ所の地点で、落雷計測の継続とともに、落雷痕を確認して着雷様相を把握した。

②落雷被害詳細調査

事業者を対象としたアンケート調査を昨年度より継続した。さらに、ブレード以外の電気設備の対策方針を確立するため、該当部位別に被害状況を整理し、類似被害事例が多いケースを中心に現地ヒアリングによる原因調査を行い、有用な対策を整理した。

③実機規模・実雷による落雷保護対策の検証

平成23年度に引き続き、実機規模・実雷による試験を継続した。落雷データに加えて、現地調査、ヒアリング調査を実施し、現地観測結果および損傷様相結果から、ブレード保護対策の有効性の検証と実用化に向けた落雷保護対策技術を開発した。

④全体とりまとめ

これまでの検討結果に基づいて、標定データと実測データ、被害状況の解析を行い、それぞれの相関関係等を明らかにした上で風力発電設備の雷保護対策レベル判断に有用な高精度落雷リスクマップを作成した。

イ) 風車音予測手法の開発

①風車音源モデルの開発

ウィンドファームでの実機の風車音計測から風車音源モデルの実証を行った。23年度に設計、製造、予備計測したマイクロフォンアレイを使用し、音の発生位置、周波数、音圧レベルを計測し、運転状態に則した風車音源モデルを開発した。

②ウィンドファーム合成音モデルの開発

ウィンドファームで複数個所を同時計測した結果を基にウィンドファーム合成音モデル（減衰、反射、風の影響を付加したモデル）を開発した。風況や地形による影響を考慮し、個々の風車からの風車音の合成音をシミュレーションし、フィールド試験データと比較しその評価を行った。

③フィールド試験

事業者の協力を得てウィンドファーム内で、風車音源モデル化用に風車から発生する音特性計測、マイクロフォンアレイによる計測を音の伝搬がわかるように同時計測を実施した。

研究開発項目②洋上風力発電等技術研究開発（平成20年度～平成27年度）

国立大学法人東京大学大学院 工学研究科 教授 石原孟氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(2) 洋上風況観測システム実証研究

洋上風況観測システムの製作を完了し、実海域に設置した。また、生態系への影響を評価するためのモニタリングも実施して、洋上環境影響評価手法を検討した。観測タワーの工場製作とブロック組立、基礎の運搬据付、観測タワーの据付を実施しその後、試運転を行い、風況観測を開始した。洋上風況観測システム実証研究及び洋上風力発電システム実証研究において地元関係機関（自治体や漁協

関係者等)との協議に基づき実施している環境調査項目や取得データを踏まえると共に、我が国の気象・海象条件や社会条件を考慮したケーススタディを実施するなどして、環境影響評価手法や課題を整理した。

(4) 洋上ウィンドファーム・フィージビリティスタディ (FS)

本実施項目は、平成23年度で終了。

(5) 洋上風力発電システム実証研究

洋上風力発電システムの製作を完了し、実海域に設置した。また、洋上風況観測システム実証研究と協調しながら、生態系への影響を評価するためのモニタリングも実施して、洋上環境影響評価を取りまとめた。洋上風力発電システムの基礎の運搬据付、風車の据付を実施し、試運転を行い、発電を開始した。メンテナンス高度化装置、運転制御装置及び運転監視装置による検証を開始した。平成23年に作成した詳細計画に基づき、設置前調査及び供用中調査を実施した。

(6) 超大型風力発電システム技術研究開発

油圧ドライブトレイン(試験用2.4MW)の工場内での調整試験を実施し、その後調整試験を完了させた油圧ドライブトレインを実機風車(2.4MW)に搭載し、適用性について確認した。7MWの油圧ドライブトレインの詳細設計と材料・部品を手配した。160m超級の翼型(モールド=雌型)の手配と試験用翼の製作を開始した。

研究開発項目④「海洋エネルギー技術研究開発」

(1) 海洋エネルギー発電システム実証研究

ア) フィージビリティスタディ

実証候補地の詳細調査、現地工事計画の作成、水槽試験や発電システムの基本設計等の結果を踏まえ、性能や信頼性の妥当性評価、コスト試算による事業性評価を実施した。

(2) 次世代海洋エネルギー発電技術研究開発

シミュレーション技術の開発、実海域の自然条件等の調査、国内外調査、事業性の評価手法の検討を継続した。また、係留や発電システムの概念設計を継続し、小型装置による陸上試験や水槽試験などを実施し、要素技術のコスト試算や事業性評価を実施した。

《17》バイオマスエネルギー技術研究開発 [平成16年度～平成28年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発」(平成16年度～平成24年度)

(1) バイオマスエネルギー先導技術研究開発

2015～2030年頃の実用化を目標としたバイオマスエネルギーの転換・総合利用に関する先導的な技術開発である「中長期的先導技術開発」において22件、2015～2020年頃の実用化が期待されるセルロース系バイオ燃料において製造コスト40円/L及びエネルギー回収率0.35等を実現するための研究開発である「加速的先導技術開発」において8件の研究開発を実施し、以下のような成果を得た。

なお、平成21年度採択テーマ及び加速的先導技術開発のテーマについては、平成22年度末に開催するステージゲート審査委員会において、研究開発の加速・継続等を判断し、8件中7件の継続を決定した。

①セルロースエタノール高効率製造のための環境調和型統合プロセス開発

水熱処理を行ったソフトセルロースに対して高効率の酵素で部分的に糖化を行う等のエタノール発酵を行う新規なプロセスを構築する技術を開発し、その結果、稲わらの水熱処理物からの高収率のエタノール生産に成功した。

②疎水性イオン液体や耐塩性酵素を用いたセルロース系バイオマスの前処理・糖化技術に関する研究開発

イオン液体を共存させたままでセルロース糖化を可能とするため、セルロース糖化力のある耐塩性酵素の開発を検討し、加圧熱水法よりも低エネルギーが想定される基本プロセスフローを構築した。

③糖化酵素を高度に蓄積するバイオ燃料用草本植物の開発

小胞体に糖化酵素を高度に蓄積するバイオ燃料用草本植物の開発に向け、ハイスループットな酵素活性測定系と酵素蓄積量定量法を確立した。

(2) バイオマスエネルギー転換要素技術開発

2015年頃の実用化を目指すセルロース系原料からのエタノール製造時に重要な要素技術に関する5件の研究開発を実施し、以下のような研究で著しい成果が得られた。

①草本系バイオマスの運搬と在庫及びエネルギー転換時の前処理工程を改善する可搬式ペレット化技術の開発

ストロー状で嵩高い草本系バイオマスについて、輸送コストの削減及びバイオ燃料製造工場の在庫スペースの低減、さらにバイオ燃料変換時における破砕、乾燥工程の簡略化を目的に、収穫現場で実施可能な草本系バイオマスのペレット化技術の開発を実施した。その結果、透湿防水シートによる稲わらの圃場現地での乾燥システム及び稲わらを磨砕しながら直接ペレット化する技術を開発し、可搬

式ペレット化設備による現地ペレット化システムを確立した。

②遠隔林分の木質バイオマス収穫機械の研究開発

地形急峻な我が国森林において、路網から遠隔にある森林からでも低コストで安定的に木質バイオマスの収集を可能とする高性能架線集材装置（新世代タワーヤード）の要素技術開発を実施した。今年度は集材作業の効率化、荷掛手の負荷軽減を図る新規な機械装置を完成させ、また木質バイオマス量の機械による直接把握に向けた情報システムを確立した。

③自己熱再生方式による革新的バイオマス乾燥技術の研究開発

乾燥により蒸発した高温の水蒸気から顕熱と潜熱の両方を回収し、消費エネルギーを大幅に低減可能とするバイオマス乾燥プロセスを検証した。その結果、補機動力や熱損失を加味しても、自己熱再生プロセスにより乾燥に必要な全エネルギーを有効に回収し、従来法の1/2未満の消費エネルギーを達成できることを見出した。

④高分子膜モジュールを用いたセルロース系バイオエタノール濃縮・膜脱水システムの研究開発

低コストの高分子膜モジュールを用いて蒸留塔と膜法を組合せた省エネ型濃縮・脱水システムの研究開発を行い、所要エネルギーが目標値をほぼ達成できる濃縮・脱水システムをシミュレーション上で確認した。また、加熱温度が高く処理時間が長いほど、膜汚染を引き起す可能性があることが示唆された。

研究開発項目②「E3地域流通スタンダードモデル創成事業」（平成19年度～平成22年度）

平成21年度に引き続いて実証運転を継続し、種々の実証データの取得・分析を行った。なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなった。

(1)「E3・E10製造に関する実証研究」では、3ヶ所のE10専用給油設備を整備し、製造、貯蔵、輸送、供給までの一連の品質管理体制を含めた運用に向けた実証データ取得・検証を開始した。

(2)「E3・E10輸送に関する実証研究」では、E3輸送時の品質安定性（水分混入リスク評価等）に関する実証データの取得・分析を行った。その結果、輸送時の品質は安定しており水分混入リスクは低く、問題ないことを確認した。

(3)「サービスステーションにおける実証研究」では、E3の品質安定性（水分混入リスク評価等）、E3供給及び品質管理に関する実証データの取得・分析を行い、品質確保法に基づく標準揮発油の基準（JIS規格相当）に適合していることを確認した。

(4)「社会システムモデルの検討」では、(1)～(3)の実証データを元に、本モデルの地産地消・地域循環型のE3製造、輸送、供給における経済性の評価を検討し、継続的に実施しても特段の問題がないことを確認した。また、E3・E10普及のためのハンドブックにおいては記載内容、目次構成の検討を行った。

研究開発項目③「セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業」（平成21年度～平成25年度）

(1)「バイオエタノール一貫生産システムに関する研究開発」

a) 早生樹からのメカノケミカルパルピング前処理によるエタノール一貫生産システムの開発

生長量等調査の結果から選定したエタノール生産適性早生樹について、植栽方法（植栽密度、伐採時期、萌芽更新等）の検討を行うため、国内（一部海外も含む）での圃場試験を実施すると共に、伐採現場等の調査から得られた基礎データを基に伐採・輸送コストも考慮したうえで収穫・運搬に関する施業工程の最適化を行った。また、エタノール製造プロセスについて、熱収支や物質収支の検討した上で、パイロットプラントのプロセス設計及び詳細設計を完了し、建設に着手した。

b) セルロース系目的生産バイオマスの栽培から低環境負荷前処理技術に基づくエタノール製造プロセスまでの低コスト一貫生産システムの開発

多収量草本系植物による原料周年供給システムについて、気候帯毎に国内（一部海外も含む）での圃場試験を実施し、対象植物の絞り込みを行うと共に、それらを最適に組合せた栽培モデルの立案と栽培コスト試算を行った。また、エタノール製造プロセスについて、ラボ試験によりプロセス設計に必要なデータを取得し、パイロットプラントのプロセス設計及び詳細設計を完了し、建設に着手した。

(2)「バイオ燃料の持続可能性に関する研究」

中期及び長期に、日本国内において導入が想定される各種輸送用液体バイオ燃料の温室効果ガス削減効果を定量的に評価するために、セルロース系エタノール等について生産地、原料の生産、原料の貯蔵・輸送、バイオ燃料の製造方法、バイオ燃料の輸送・貯蔵といった個別プロセス毎に温室効果ガスの排出量を定量的に評価し、当該バイオ燃料を利用した際の温室効果ガス排出量（標準的定量値）を算出した。更には算出した標準的定量値を技術水準（準商用段階、実証段階、研究段階等）毎に整理した。

研究開発項目④「戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業」（平成22年度～平成28年度）

(1)「次世代技術開発」

公募により以下の8テーマを採択し、研究開発を実施した。主たる実施内容は以下の通り。

①軽油代替燃料としてのBTL製造技術開発

小型で低圧で作動し、かつプロセス全体のエネルギー効率が高く、低コストな反応装置の開発において、新規試験装置を製作し、運転試験を開始した。

②遺伝子改良型海産珪藻による有用バイオ燃料生産 技術開発

海産珪藻を研究開発対象とし、液体燃料として有用な炭化水素を高度に生産する能力を備えた形質

転換海産微細藻類株の創生を目指した遺伝子導入法の検討を行った。また、バイオ燃料生産性の向上を目的として、バイオリアクタ運転条件の基礎検討を行った。

(2)「実用化技術開発」

事業期間終了後5年以内に実用化が可能なバイオマス利用技術について、公募により4テーマを採択し、低コスト化、コンパクト化、効率化に寄与する研究開発を実施した。事例は以下の通り。

①高窒素含有廃棄物に対応した無加水循環型メタン発酵システムを目指した脱アンモニアシステムの実用化研究

高窒素含有廃棄物を原料としたメタン発酵の低エネルギー化を図ったアンモニア除去システムの開発や消化液の低コスト化を図る技術開発において、スプレー塔、アンモニア放散塔を製作し、試験運転を開始した。

②乾式メタン発酵技術における主要機器の低コスト化並びに効率的なバイオガス精製技術及びガス利用システムの実用化に関する研究開発

従来より高いメタン回収率が期待できるガス分離膜によるガス精製技術の開発において、ガス精製の小型試験装置を製作、試験運転を開始した。

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発」(平成16年度～平成24年度)

(1) バイオマスエネルギー先導技術研究開発

本研究開発は、2015～2030年頃の実用化を目標としたバイオマスエネルギーの転換・総合利用に関する先導的な技術開発である「中長期的先導技術開発」、及び2015～2020年頃の実用化が期待されるセルロース系バイオ燃料において製造コスト40円/L及びエネルギー回収率0.35等を実現するための研究開発である「加速的先導技術開発」の2つの枠を設けている。

中長期的先導技術開発においては、11件の研究開発を実施した。

加速的先導技術開発においては、7件について研究開発を実施した。

この中では、以下のような研究で著しい成果が得られた。

①セルロースエタノール高効率製造のための環境調和型統合プロセス開発

独自に開発したリグノセルロース分解酵素を細胞表層に発現したスーパー酵母技術を核としたセルロースエタノール製造プロセス開発において、スーパー酵母に適した圧搾/蒸煮によるバイオマス前処理技術を確立し、トータルプロセスの確立に大きく前進した。

②酵素糖化・効率的発酵に資する基盤研究

セルロース系バイオマスからエタノールを製造する際にボトルネックとなっている糖化酵素のコスト低減(使用量削減、高効率生産を含む)と糖化液の効率的発酵の実現に向けた発酵基盤技術に関する研究開発を実施した。その結果、セルラーゼ及びヘミセルラーゼ活性において欧米製の最新市販酵素を凌駕する能力を有する新規酵素を開発した。

③総合調査研究

加速的先導技術開発に関わる総合調査研究として、加速的先導技術開発の各プロセス研究開発のプロセス構築支援及びプロセスの客観評価を実施するとともに、これらの開発プロセスの事業化検討を支援するための事業モデル検討を実施し、これらを事業化検討手法として公開した。

④細菌のリグニン分解酵素遺伝子による植物細胞壁改変技術の開発

植物系バイオマスの生化学的エネルギー転換を容易にするために、植物の細胞壁に蓄積するリグニンの含有量や化学構造を変化させて分解性を向上させる研究開発を実施した。その結果、バクテリア由来のリグニン分解酵素を発現する組換え樹木の作出に成功し、これらの栽培検証を実施している。

(2) バイオマスエネルギー転換要素技術開発

本研究開発では、2015年頃の実用化を目指すセルロース系原料からのエタノール製造時に重要な要素技術に関する研究開発を行うものであり、3件の研究開発を実施した。

この中では、以下のような研究で著しい成果が得られた。

①草本系バイオマスの運搬と在庫及びエネルギー転換時の前処理工程を改善する可搬式ペレット化技術の開発

平成22年度までに確立した稲わらの高効率乾燥システム及びペレット化技術の効率を改善するとともに、稲わら以外の草本系バイオマスへの適用を確立した。

②遠隔林分の木質バイオマス収穫機械の研究開発

路網から遠隔にある森林からでも低コストで安定的に木質バイオマスの収集を可能とする高性能架線集材装置(新世代タワーヤーダ)の要素技術開発を実施した。今年度は高性能架線集材装置の改良を実施するとともに、山林における実地試験によるデータ蓄積を実施した。

③高分子膜モジュールを用いたセルロース系バイオエタノール濃縮・膜脱水システムの研究開発

高分子膜法を用いたバイオエタノールの濃縮・脱水システムの開発において分離膜モジュールの透過膜の選定およびスペーサーの構造の最適化を実施し、モジュールの性能向上の目処をつけた。

研究開発項目②「セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業」(平成21年度～平成25年度 中間評価:平成23年度)

食料と競合しない草本系又は木質系バイオマス原料からのバイオエタノール生産について、大規模安定供給が可能な植物栽培からエタノール製造プロセスまでの一貫生産システムを開発し、更には我が国におけるバイオ燃料の持続可能な導入のあり方についても検討することを目的として、以下の研

究開発を実施した。

(1) 「バイオエタノール一貫生産システムに関する研究開発」

(ア) 早生樹からのメカノケミカルパルピング前処理によるエタノール一貫生産システムの開発

樹種試験植栽地の生長量調査を継続して行った。樹種試験の結果と酵素糖化難易性などのデータからエタノール生産に最適な樹種の絞り込みを行い、植栽密度、必要植栽面積及びコストの算出を行った。また、エタノール製造プロセスについて熱収支や物質収支の検討した上でパイロットプラントを建設した。さらに、植樹試験から得られたサンプルをパイロットプラントに使用することで一貫生産システムによるデータ収集を開始した。

(イ) セルロース系目的生産バイオマスの栽培から低環境負荷前処理技術に基づくエタノール製造プロセスまでの低コスト一貫生産システムの開発

多収量草本系植物による原料周年供給システムについて、対象を温帯地域に集約した上で圃場試験を実施し大規模栽培における課題等を検討した。また、エタノール製造プロセスについて、ラボ試験によりプロセス設計に必要なデータを取得し、ベンチプラントを建設した。

(2) バイオ燃料の持続可能性に関する研究

本研究は、国内外の動向を踏まえた結果、G B E P等バイオ燃料の環境性や社会的課題の評価技術等を検討している機関等から特段評価手法などの変更が報告されなかったため、本年度は、実施する必要なしと判断したため、実績は無し。

研究開発項目③ 「戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業」(平成22年度～平成28年度)

本プロジェクトは、2030年頃の実用化を目標とするB T L (B i o m a s s t o L i q u i d)、微細藻類等の次世代技術開発と、2015年以降のバイオマス利用の早期拡大に向け、メタン発酵、ガス化技術等のコンパクト化、建設、ランニングコストの削減を目的に、以下の研究開発を実施した。

(1) 「次世代技術開発」

2030年頃の本格的増産が見込まれ、バイオ燃料の普及を促進する波及効果の大きい次世代バイオ燃料製造技術を対象として、公募により7テーマを採択し、研究開発を実施した。

① 高効率クリーンガス化と低温・低圧F T合成によるB T Lトータルシステムの研究開発

低温・低圧F T合成による低コスト化するトータルシステムの研究開発を行った。

② セルロース含有バイオマスの革新的直接液化技術の開発

木質バイオマスと廃プラスチックの共液化による直接液化の開発を行った。

③ 高温燃料ガス中における超燃焼を用いたB T Lプロセス用ガス改質装置の研究開発

触媒を用いることなく水蒸気などにより化学反応場を適切に操作してガス化プロセスの最適化を検討した。

④ 油分生産性の優れた微細藻類の育種・改良技術の研究開発

シュードコリスチスの遺伝子組換え技術による油脂生産性が高い株の創生を試みた。

⑤ 炭化水素系オイル産生微細藻類からの“D r o p - i n f u e l”製造技術に関する研究開発

既存石油精製装置並びに物流システムを改造することなく適用可能な“D r o p - i n F u e l”化技術の確立を図った。

⑥ 急速接触熱分解による新たなバイオ燃料製造技術の研究開発

急速熱分解法で得られる分解油の低発熱・高粘度・低p Hとなる性状や分解油の改質コストが高いという課題両方を解決するバイオ燃料製造技術の確立を図った。

⑦ 先進的トレファクション技術による高密度・高炭化率固形燃料の研究開発

既存の溶解炉での石炭コークス代替の上限40%程度を実用化時には70%代替とする、先進的トレファクション(予備炭化)技術による高密度・高炭化率固形燃料の製造を実現する開発を行った。

(2) 「実用化技術開発」

事業期間終了後5年以内に実用化が可能なバイオマス利用技術について、公募により4テーマを採択し、低コスト化、コンパクト化、効率化に寄与する研究開発を実施した。

① 石炭火力微粉炭ボイラーに混焼可能な新規バイオマス固形燃料の開発

トレファクション(予備炭化)技術による新規バイオマス固形燃料の研究開発を行った。

② 馬鈴薯澱粉製造時に発生する廃水・廃棄物をモデル原料とする水熱可溶化技術を組み合わせたコンパクトメタン発酵システムの研究開発

馬鈴薯澱粉製造時に発生する廃水・廃棄物をモデル原料とする水熱可溶化技術を組み合わせたコンパクトメタン発酵システムの研究開発を行った。

③ 生ごみや紙ごみ等の都市域廃棄物による地域エネルギー転換システム実用化の研究開発

生ごみや紙ごみ等による都市域の建物・街区にオンサイトで適用できる小型ユニット装置の開発を行った。

④ 地域共同有機マス(コ・フェルメンテーション)を用いたエネルギー最適回収方法及びエネルギー最適利用方法の確立

グリセリン混合のメタン発酵技術の開発および生物脱硫システムの開発を行った。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目① バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発(平成16年度～平成24年度)

(1) バイオマスエネルギー先導技術研究開発

「バイオマスエネルギー先導技術研究開発」として、2015～2030年頃の実用化を目標としたバイオマスエネルギーの転換・综合利用に関する先導的な技術開発である「中長期的先導技術開発」、2015～2020年頃の実用化が期待されるセルロース系バイオ燃料において製造コスト40円/L及びエネルギー回収率0.35等を実現するための研究開発である「加速的先導技術開発」を実施した。「木質バイオマスからの高効率バイオエタノール生産システムの研究開発」及び「セルロース系バイオマスエタノールからプロピレンを製造するプロセス開発」においては、マイクロ波ソルボリシスによる木材前処理法と我が国独自の新規発酵細菌（ザイモバクター等）を組み合わせたバイオエタノール生産システムにおいて、ベンチプラントを建設して運転を行い、実用化に向けたスケールアップのためのデータを取得し、技術確立の目処をつけた。

セルロース系バイオマスからエタノールを製造する際にボトルネックとなっている糖化酵素と効率的発酵の実現に向けた発酵基盤技術に関する研究開発を行い、セルラーゼ及びヘミセルラーゼ活性において欧米製の最新市販酵素を凌駕する能力を有し、更に性能を向上した新規酵素を開発した。中長期的先導技術開発及び加速的先導技術開発において15テーマの研究開発を行った。

(2) バイオマスエネルギー転換要素技術開発

草本系バイオマスの運搬と在庫及びエネルギー転換時の前処理工程を改善する可搬式ペレット化技術の開発において、稲藁の長期保管・乾燥試験を実施し、保管・ペレット化で十分な効果があることを検証した。

イ) 「バイオエタノール一貫生産システムに関する研究開発」

a) 早生樹からのメカノケミカルバルピング前処理によるエタノール一貫生産システムの開発

樹種試験植栽地の生長量調査を継続して行った。事業植林の調査データと実際の生長量調査結果を基にバイオマスの生産コストの精度向上を行った。また、2015年までの実用化に向けて酵素コストの見通しを明らかにするために、試験プラントを用いて酵素のコストを削減を検討した。さらに、植樹試験から得られたサンプルを試験プラントに使用することで一貫生産システムによるデータ収集を継続して実施した。

b) セルロース系目的生産バイオマスの栽培から低環境負荷前処理技術に基づくエタノール製造プロセスまでの低コスト一貫生産システムの開発

多収量草本系植物による原料周年供給システムについて、対象を温帯地域に集約して大規模圃場試験を実施し生産コストの試算を行った。また、スケールアップを前提とした最適化検討のために試験プラントによる運転試験を実施し、スケールアップに必要な課題の抽出を行うとともに、圃場試験から得られたサンプルを用いて熱収支や物質収支等のデータ収集を行った。

ロ) 「バイオエタノール燃料の持続可能性に関する検討」

平成21年度～22年度「セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業／バイオ燃料の持続可能性に関する研究」にて評価したバイオ燃料の製造におけるライフサイクルGHG（greenhouse gas 温室効果ガス）排出量に関し、先進バイオ燃料製造技術に係る技術動向を踏まえ、最新動向を反映し、評価対象、各種係数の見直しを実施した。また、食料競合、生物多様性等の持続可能性基準に関する評価手法について検討を行った。

研究開発項目③戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業（平成22年度～平成28年度）

(1) 「次世代技術開発」

2030年頃の本格的増産が見込まれ、バイオ燃料の普及を促進する波及効果の大きい次世代バイオ燃料製造技術について、以下の研究開発を実施した。

(ア) 軽油・ジェット燃料代替燃料技術開発

脂質産生株を様々な条件で培養し、脂質産生能力との評価系構築に向けた検討を行い、屋外培養に適した微生物選別のために遺伝子組換えによるポテンシャル向上や生物学的封じ込め技術を検討した。

(イ) その他の燃料で画期的な技術開発

バイオマスと補助燃料（石炭）との混焼ガス化を特徴とするバイオ燃料製造に資するBTLトータルシステムの研究開発を行った。

(2) 「実用化技術開発」

事業期間終了後5年以内に実用化が可能なバイオマス利用技術について、公募によりテーマを採択し、低コスト化、コンパクト化、効率化に寄与する研究開発を実施した。

(ア) バイオマスのガス化、メタン発酵技術の低コスト化、コンパクト化、効率化に寄与する研究開発

馬鈴薯澱粉製造時に発生する廃水・廃棄物をバイオマス原料とし、浸漬膜分離システム、多段膜分離システム、水熱可溶性システム、コンパクトメタン発酵システムを現地設置し試験を開始した。

(イ) 既存のエネルギーインフラとの複合利用に関する研究開発

ペーパーラッジ炭化用キルン（700～800℃）について、木質バイオマスを比較的低温で炭化（300℃）ができるよう設備改造を行い、搬送と集塵設備の改造及び燃焼バーナの調整により連続してトレフアクション燃料を製造し、実機石炭ボイラで石炭代替20%が可能であることが分かった。

(ウ) その他のバイオマス燃料（気体、液体及び固体燃料）製造技術の低コスト化に寄与する研究開発

生ごみや紙ごみ等による都市域の建物・街区にオンサイトで適用できる小型ユニット装置の開発を行い、生ごみがガス化原料として利用可能であることを検証した。

《18》超電導技術研究開発 [平成19年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」

東京電力株式会社フェロー 原 築志氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究

(イ) トータルシステム等の開発

ケーブル内液体窒素の運転・監視項目を整理し、軽故障、重故障の管理項目を取り決めた。これらをもとに実証試験用の運転・監視システムの構築を行った。ケーブルシステムの建設手順書を作成した。また、冷凍機3台、ポンプ2台での冷却システム検証試験を行った。その他、冷凍機のON/OFF運転の動作確認による温度制御試験を行い実証運転へ反映させるデータを得た。故障を想定した冷凍機・ポンプの予備機への自動切り替えを確認、現地模擬スペースで故障機器取り外しが可能であることを検証した。また、超電導ケーブルの実用化時を想定した冷却システムへの要求事項をまとめ冷却システムの高性能化を実現するための課題を整理した。

(ロ) 送電システムの運転技術の開発

30mケーブル検証試験結果、冷却システム検証試験の結果を踏まえ、実証ケーブルの保守・冷却システムのメンテナンスの計画をまとめた。各異常時に対応したマニュアルの作成を行った。

(ハ) 実系統における総合的な信頼性の研究

実証場所では所定の工事を完了した。超電導ケーブルの部材作成及び付帯機器製造を行った。超電導ケーブルの出荷試験を行い所定性能を得た。ケーブル布設の手順の確認を行った。

(2) 超電導ケーブルの適用技術標準化の研究

CIGREにおける超電導ケーブル試験法WGでの議論に必要なデータや試験方法をまとめWGで報告した。損失低減のための線材特性およびケーブルサイズを見直したシミュレーションを実施し指針を得た。

研究開発項目②「イットリウム系超電導電力機器技術開発」

国際超電導産業技術開発センター超電導工学研究所長 塩原融氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、中間評価結果をふまえて、基本計画を変更し「超電導電力機器用線材の研究開発」を研究項目として独立させた。また、変圧器のモデル試作・検証のためにあらたに実施先を公募し、追加した。SME Sは要素技術開発に縮小した。

(1) SME Sの開発研究

- ・高強度コイルの開発を実施し、外形250mmのコイルを用いた試験により、独立変形で約740MPa、一体変形で約850MPaのフープ応力耐性を実証した。外形650mm級のコイルを試作した。
- ・模擬発熱体を用いた試験で21W/m²のコイル伝導冷却を可能とするシステム構成を設計した。高伝熱コイル構造の開発を実施し、13kV以上の耐電圧性能を有することを確認した。
- ・中間層・超電導層等の作製方法・構造等が異なる線材のSME Sコイルを試作・評価した。
- ・磁場中高Ic線材開発では50m長線材でPLD法において33A/cm幅@77K、3Tを、MOD法において445A/cm幅@65K、0.02Tを実現した。MOCVD法において磁場中での特性向上を図った。
- ・高強度線材開発では、ほぼ1GPaの引張強度を有する50m長-300A/cm幅の線材を実現した。さらに、高工業的臨界電流密度(Je)線材開発では、薄肉化金属基板上的超電導層の高Ic化技術開発により、50m長の線材でJe30kA/cm²以上@77K(自己磁場)を実現した。

(2) 電力ケーブルの開発研究

- ・大電流・低交流損失ケーブル化技術の開発では、2W/m-相の交流損失を達成した。三心ケーブルの設計を実施した。
- ・高電圧絶縁・低誘電損失ケーブル化技術の開発では、中間接続部、終端接続部を試作・評価した。
- ・線材特性把握しケーブル耐久試験適正条件を決定した。
- ・低交流損失線材開発ではPLD法及びMOD法で2mm幅-50m線材で300A/cm幅以上@77K(自己磁場)を実現した。5mm幅-5分割の50m線材がスクライビング分割処理なし線材に比べて、交流損失1/5となることを実証した。

(3) 電力用変圧器の開発研究

- ・多層転位モデル、短絡電流モデルの検証を実施した。
- ・冷却システムでは膨張タービン・圧縮機の改良とともに小型化に向けた熱交換器の試験を行い設計検討した。
- ・数百kVA級限流機能付加変圧器を試作した。
- ・2MV A級超電導モデルを設計検討した。
- ・低交流損失線材作製技術開発では、スクライビング加工技術の長尺化を図ることにより、交流損

失1/5となることを実証した。

- ・低コスト・歩留り向上技術開発では、高Ic化技術と高速化技術により3円/Am以下の線材作製条件を50m長以上の線材で実証した。
 - ・66kV/2MVA級超電導変圧器モデル機の製作主体となる実施先を公募した。
- (4) 超電導電力機器の適用技術標準化の研究
- ・超電導線関連の平成22年度版規格素案を作成した。IEC/TC90シヤトル国際会議においてアドホックグループ3の活動報告を実施した。
 - ・超電導線材を適用した超電導電力ケーブル関連の平成22年度版規格素案を作成した。CIGRE/WGの活動に試験方法項目等技術情報を供した。
 - ・SMEs、超電導変圧器等機器別仕様調査結果をまとめ、平成22年版規格骨子案を作成した。

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目ごとにプロジェクトリーダーを置き、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」

東京電力株式会社フェロー 原 築志氏をプロジェクトリーダーとし以下の研究開発を実施した。

(1)「高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究」

実証場所への超電導ケーブルの布設、ジョイント・端末建設および冷却システムのフルシステム検証試験を実施したが、3月11日に発生した東日本大震災の影響により遅延した。ケーブルも合わせたシステムの運転検証、竣工試験、監視システム確認試験および系統接続しての実証試験は、変電設備の工事が出来ず平成24年度へ繰り延べた。超電導ケーブル向けの冷却システムとして、冷却能力5kW級、COP=0.1の高性能冷却システムの開発を目指し、ターボ圧縮機、膨張機的设计・製作・単体性能試験および冷却システム全体の設計を行った。

(2)「超電導ケーブルの適用技術標準化の研究」

国際標準化について、CIGRE B1の超電導ケーブルの試験法に関するWGにおいて議論するために必要な本プロジェクトのデータや試験方法について報告した。

研究開発項目②「リトリウム系超電導電力機器技術開発」

国際超電導産業技術開発センター超電導工学研究所長 塩原 融氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 超電導電力貯蔵システム(SMES)の研究開発

線材もしくはコイル構造に起因した通電性能劣化に影響する要因の検証を実施し、コイル設計手法を確立した。クエンチ時等のコイル相互間の影響について検証試験を開始した。実運転を模擬した試験システムにより評価を行い、限界性能を把握するための試験計画の検討を開始した。

(2) 超電導電力ケーブルの研究開発

66kV超電導ケーブルシステム中間接続部の課電および機械特性を評価した。また交流損失低減に向けたケーブル構造を検討、設計し、交流損失低減(0.8W/m相5kA)を確認した。高電圧絶縁・低誘電損失ケーブルで30m-275kV高電圧のケーブルを作製、中間/終端接続部を検討、設計し、システム検証を実施した。低損失ケーブル構造の設計に基づく短尺ケーブルの作製・評価および短絡電流の通電による影響を検証した。

(3) 超電導変圧器の研究開発

低損失化巻線モデルによる交流損失低減を検証し、2kA通電可能な巻線モデルを設計した。400kVA級変圧器の限流機能検証、2MVA級変圧器の巻線開始、小型・高効率冷却システム試作、大型保冷容器製作検討、線材安定製造技術開発を実施した。

(4) 超電導電力機器用線材の技術開発

厚膜化及び人工ピン止め材料としてBaHfO₃を導入し、高臨界電流(Ic)線材を開発した。切断加工の精密化により分割線材の特性を向上させた。高Ic化技術を適用し、薄肉高強度基板を用いた1GPa線材を高特性化した。2円/Am以下を達成する線材作製条件を得た。50m線材の磁場中特性の向上については、震災影響により翌年度に繰り延べた。

(5) 超電導電力機器の適用技術標準化

超電導線材及びケーブル試験方法調査および平成23年度版規格素案を作成した。IEC/TC90及びTC20と連携し、CIGRE/WGの活動に関連情報を提供した。超電導機器仕様および試験方法の平成23年度版規格骨子案を作成した。超電導電力システムの安全性に関わる基準の調査結果をもとに議論し、冷却システムの安全運用の方向性を得た。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目ごとにプロジェクトリーダーを置き、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」

東京電力株式会社フェロー 原 築志氏(平成24年6月28日より公益財団法人東電記念財団常務理事)をプロジェクトリーダーとし以下の研究開発を実施した。

(1)「高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究」

平成23年度に開発した冷却システム大容量・高性能化のためのブレイトン冷凍機のターボ圧縮機、膨張機等とコールドボックス、水冷システムを組み合わせ、冷凍機システムの開発及び性能検証試験を実施し、目標である冷凍能力5kW、COP=0.1を達成する見通しを得た。

また、超電導ケーブルシステムの運転マニュアルについて、冷却手順、運転方法、制御方法に関する

る手法の妥当性を確認した。そのうえで、冷却システム等も合わせた超電導ケーブルシステムの系統接続前の検証試験を実施し、臨界電流値、直流課電特性、熱損失特性等が所定の性能を満たすことを確認した。特に、冷却システムについては、最適な制御方法の決定とその応答性、また事前検証とおり冷凍機のメンテナンス法に問題のないことを確認した。

これらの成果を踏まえて、平成24年10月に我が国で初めて実系統に接続し、実証試験を開始した。なお、初期の適用候補先である大電流ケーブルを想定した22kV/12kA級のケーブル、端末の概念設計を基にケーブルコアの通電試験、端末ブッシング等の要素技術開発も実施した。

(2)「超電導ケーブルの適用技術標準化の研究」

CIGRE B1^{*1}における超電導ケーブル試験法に関するWGでの議論に必要な本プロジェクトの出荷試験データ、現地での検証試験方法と結果について情報を提供した。新潟大学との共同研究では最終目標である侵入熱1W/m/相@3kAを達成できるケーブル構造を設計し、サイズ等を決定した。また、超電導ケーブルの初期適用候補である水力発電所引出線に必要な大電流化、端末のコンパクト化などの課題を抽出した。

※1 CIGRE B1は、国際大電力システム会議(CIGRE)に設置されている16研究委員会のうち、絶縁ケーブルを対象とする研究委員会。

研究開発項目②「イットリウム系超電導電力機器技術開発」

公益財団法人国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所長 塩原 融氏をプロジェクトリーダーとして以下の研究開発を実施した。なお、本研究開発項目については最終目標を達成し、24年度をもって終了する。

(1)「超電導電力貯蔵システム(SMES)の研究開発」

2GJ級高磁界・コンパクトコイルの構成技術開発では、従来の電圧検出に替えて電流によるクエンチ検出技術を確認した。また2万回繰返し充放電試験と同等レベルの信頼性・耐久性を持つコイル要素技術開発のためのコイル化技術を確認した。

(2)「超電導電力ケーブルの研究開発」

大電流・低交流損失ケーブル化技術の開発では、2mm幅線材のみを使用した更なる低交流損失のケーブル構造設計を確認した。また、高特性線材を用いて66kV単相モデルケーブルを作成し、より交流損失が少ないケーブルの検証試験を実施した。さらに66kV/三心一括/5kA、15m長のケーブルシステムが試験計画書の性能を満たすことを検証した。高電圧絶縁・低誘電損失ケーブル化技術の開発では、更なる低損失ケーブルのための絶縁材料評価を実施し、低誘電損失ケーブルの設計を確認した。さらに275kV/単心/3kA、30m長の超電導電力ケーブルシステムが試験計画書の性能を満たすことを検証した。

(3)「超電導変圧器の研究開発」

超電導変圧器巻線技術開発では、鉄心付大電流巻線モデルの試作、試験、評価を実施し、所定の性能を満足することを確認した。冷却システム技術開発では、2MVA級変圧器モデルと組み合わせた総合冷却試験を実施し、所定の効率で運転できることを検証した。また変圧器組立を行い、変圧器巻線性能試験を実施し、所定の性能を発揮することを検証した。さらに変圧器システムを構成して性能試験、評価を実施し、所定の変換効率、変圧機能を発揮することを検証した。これらの成果に基づき20MVA級変圧器を設計した。

(4)「超電導電力機器用線材の技術開発」

線材特性の把握では線材の超電導層の剥がれ等の各種機器に応じた耐性検討を行い、その防止策の開発を行った。磁場中高Ic線材作製技術開発では、厚膜化及び人工ピン止め点導入技術開発を実施し、磁場中Ic特性向上と長尺化を達成した。低損失線材作製技術開発では、2~4mm幅線材での特性向上と5mm幅線材10分割での特性低下を抑制して交流損失を低減するとともに長尺化を達成した。高強度・高Je線材作製技術開発では、1GPaの引張強度を有する線材の高特性化とともに、更なる高一工業的臨界電流密度化と長尺化を達成した。低コスト・歩留向上技術開発では、更なる高Ic化技術と高速化製造技術により1.6円/Amを達成した。

(5)「超電導電力機器の適用技術標準化」

超電導線関連技術標準化では、イットリウム系を含む超電導線並びにその試験方法について技術調査を行うとともに、規格素案を作成した。また、イットリウム系超電導線材の短尺臨界電流測定方法に関するラウンドロビンテスト(RRT)を実施した。IEC^{*1}/TC90^{*2}と連携し、超電導線試験方法に関連したWGに技術情報を提供した。超電導電力ケーブル関連技術の標準化では、イットリウム系を含む超電導線を適用した超電導電力ケーブル並びにその試験方法に関する規格素案を作成した。IEC/TC90、IEC/TC20及びCIGREと連携することによりIEC/TC20^{*3}、IEC/TC90を中心としてジョイントタスクフォース(JTF)が設置された。その他超電導電力機器関連技術の標準化等では、イットリウム系を含む超電導線等を適用した超電導変圧器、SMES等の機器仕様並びにこれらの試験方法の標準化素案を作成した。IEC/TC90西安会議を経てIEC/TC90とCIGRE D1との間の国際合意醸成を行った。

超電導電力ケーブルおよび限流器技術について「高温超電導電力機器の適用拡大と標準化に資するケーススタディ」調査を実施し、それぞれ詳細な技術及びコスト評価を実施し報告書を作成した。

※1 IEC:国際電気標準会議。

※2 TC90:超電導分野の技術委員会

《19》スマートコミュニティ推進事業 [平成18年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」(平成18年度～平成22年度)

北海道電力株式会社総合研究所太陽光発電プロジェクト推進室長 斎藤 裕氏をプロジェクトリーダーとし、また、株式会社NTTファシリティーズエネルギー事業本部技術部担当部長 田中 良氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また、本実証研究のまとめとして、稚内・北杜両サイトで得られた知見をもとに、大規模太陽光システムの設計に関し、設置面積、日射量などを考慮し、各種太陽電池の発電量、環境貢献度等の算出が可能なシミュレーション手法を確立した。また、大規模太陽光システム導入の企画から運用までの一連の手順に関するポイントを集約した「大規模太陽光発電システム導入の手引書」を作成した。

(1) 稚内サイトにおける大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究

5,020kWの大規模PVシステム及び1,500kWの電力貯蔵装置(NAS電池)を運用して、モジュール毎の特性比較や設備構築時の経済性比較、積雪影響評価等を実施した。また、系統安定化対策技術については、NAS電池を用いた出力変動技術の開発を行い、有効な制御手法を確立した。

大規模PVシステムの数時間オーダーでの計画運転について、日射量予測精度の向上や、NAS電池の活用等により、年間の80%程度において計画どおり実施できた。

(2) 北杜サイトにおける大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究

先進的PVモジュールで構成される大規模PVシステムにおいては、1,840kWの太陽光システムおよび400kWの大容量パワーコンディショナ(PCS)を特別高圧系統(66kV)へ連系して運用し、太陽電池種別毎の発電性能・劣化回復性能等の比較評価を実施した。また、大容量PCSについて、系統安定化技術である電圧変動抑制技術、瞬低対策技術及び高調波抑制技術などの効果や妥当性を実系統において確認した。

各種太陽電池モジュールおよび太陽光システムの実運用データをもとに、運用時における損失要因について定量的に評価することが可能なシミュレーション技術を開発した。環境性に関しては、設置架台について、設置時の投入エネルギーや二酸化炭素排出量の低減が可能な杭基礎を採用した構築方法等を開発した。また、システム設置前後における生態系や水質等に与える影響を調査し、植物減少による生態系の変化が確認された。

研究開発項目②「風力発電系統連系対策助成事業」(平成19年度～平成23年度)

風力発電導入拡大のために、風力発電事業者による蓄電池等電力貯蔵設備の設置を支援し、大容量の蓄電池等電力貯蔵設備の技術開発に資する情報の収集を実施した。実施事業は以下の通り。

- ・遊佐風力発電事業
- ・胎内風力発電所蓄電池併設事業
- ・吹越台地風力発電所蓄電池併設事業

なお、平成23年度以降は「風力等自然エネルギー技術研究開発」に統合して実施した。

《20》新エネルギーベンチャー技術革新事業 [平成19年度～]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

新・国家エネルギー戦略(平成18年5月)における新エネルギーイノベーション計画「新エネルギー・ベンチャービジネスに対する支援の拡大」や総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会中間報告書(平成18年5月)における「ベンチャー企業による多様な技術革新の活性化」に基づき、ベンチャー企業等が保有している潜在的技術シーズを活用することで、継続的な新エネルギー導入普及のための新たな技術オプションの発掘・顕在化を実現し、次世代の社会を支える産業群を創出するため、再生可能エネルギー及びその関連技術に関する技術課題を提示し、それらの解決策となる技術について、多段階選抜方式による研究開発を委託及び助成により実施した。

平成22年度は、採択したフェーズ1(FS/調査研究:委託)の19テーマのうち、ステージゲート評価により継続が認められた8テーマについてフェーズ2(研究開発:委託)に着手した。また、平成21年度にフェーズ2(研究開発:委託)1年目として実施している4テーマのうち、ステージゲート評価により継続が認められた3テーマについて研究を継続した。

平成21年度に制度変更を行った基本計画に基づき、フェーズA(フィージビリティ・スタディ:委託)、フェーズB(基盤研究:委託)及びフェーズC(実用化研究開発:2/3助成)について公募を実施し、申請のあった123件について厳正に審査して23件を採択するとともに、ハンズオン支援を実施した。また、平成23年度新規採択に係る公募は、年度内に公募予告を実施したが、東北地方太平洋沖地震の影響により公募開始は次年度となった。

平成23年度においては、以下を実施した。

新・国家エネルギー戦略（平成18年5月）における新エネルギーイノベーション計画「新エネルギー・ベンチャービジネスに対する支援の拡大」や総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会中間報告書（平成18年5月）における「ベンチャー企業による多様な技術革新の活性化」に基づき、ベンチャー企業等が保有している潜在的技術シーズを活用することで、継続的な新エネルギー導入普及のための新たな技術オプションの発掘・顕在化を実現し、次世代の社会を支える産業群を創出するため、再生可能エネルギー及びその関連技術に関する技術課題を提示し、それらの解決策となる技術について、多段階選抜方式による研究開発を委託及び助成により実施した。

平成23年度は、平成22年度に採択したフェーズA（フィージビリティ・スタディ：委託）の15テーマのうち、ステージゲート評価により継続が認められた9テーマについてフェーズB（基盤研究：委託）に着手した。また、平成22年度にフェーズII（技術開発：委託）1年目として実施している8テーマのうち、ステージゲート評価により継続が認められた4テーマについて研究を継続した。

新規に研究を開始するテーマの採択においては、申請のあった107件について厳正に審査し、21件（うちフェーズA7件、フェーズB9件、フェーズC5件）について研究を実施した。また、ハンズオン支援については、18回実施した。

平成24年度新規採択に係る公募については、3月23日に公募を開始した。

平成24年度においては、以下を実施した。

新・国家エネルギー戦略（平成18年5月）における新エネルギーイノベーション計画「新エネルギー・ベンチャービジネスに対する支援の拡大」や総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会中間報告書（平成18年5月）における「ベンチャー企業による多様な技術革新の活性化」に基づき、ベンチャー企業等が保有している潜在的技術シーズを活用することで、継続的な新エネルギー導入普及のための新たな技術オプションの発掘・顕在化を実現し、次世代の社会を支える産業群を創出するため、再生可能エネルギー及びその関連技術に関する技術課題を提示し、それらの解決策となる技術について、多段階選抜方式による研究開発を委託及び助成により実施した。

平成24年度は、平成23年度に採択したフェーズA（フィージビリティ・スタディ：委託）として実施している7テーマのうち、ステージゲート評価により継続が認められた4テーマについてフェーズB（基盤研究：委託）に着手した。また、平成23年度にフェーズB（基盤研究：委託）として採択された9テーマのうち、ステージゲート評価により継続が認められた5テーマについてフェーズC（実用化研究開発：助成）に着手した。

新規に研究を開始するテーマの選択においては、申請のあった102件について厳正に審査し、35件（うちフェーズA16件、フェーズB11件、フェーズC8件）について研究を実施した。また、ハンズオン支援については、9回実施した。

平成24年度に実施したフェーズA16件及びフェーズB15件のうち、27件を対象にステージゲート評価を行い、12テーマ（うちフェーズB8件、フェーズC4件）の選考を行った。

《21》再生可能エネルギー熱利用計測技術実証事業 [平成23年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

平成23年度は、公募により共同研究者を選定し、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①太陽熱利用計測技術

太陽熱利用設備（太陽熱とボイラー等を併用して給湯や空調などを行う設備）を59件（住宅向け給湯システム47件、業務用冷暖房システム2件、空気集熱式システム10件）設置し、積算熱量計による基準の計測システムと機器内部センサー等による簡易計測システム及び推定に必要な外気温等の計測システムを構築し、データ取得を開始した。

研究開発項目②地中熱利用計測技術

地中熱利用設備（地中熱をヒートポンプ等を用いて空調・給湯等に利用する設備）を11件（管内計測9件、管外計測2件）設置し、一次側（地中より熱を取り出す採熱側）及び二次側（居住空間等で消費される使用熱側）に積算熱量計等の基準の計測システムと、簡易流量センサー等による簡易計測システム及び推定に必要な地中温度等の計測システムを構築し、データ取得を開始した。

研究開発項目③雪氷熱利用計測技術

雪氷熱利用設備（雪や氷を利用して一定の空間を冷却する設備）を1件設置し、基準となる風量や温湿度計測による計測システムと、簡易計測の風量や温湿度計測による簡易計測システム簡易計測システム推定に必要な外気温や日射量等の計測システムを構築し、データ取得を開始した。

平成24年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①太陽熱利用計測技術

平成23年度に引き続き熱量計等の計測器を組み込んだ太陽熱利用設備（太陽熱とボイラー等を併用して給湯や空調などを行う設備）の設置を行い、データを引き続き取得する。また、取得したデータを元に、熱量を推定する手法も検討し、解析に導入するパラメータについて検証を行った。

研究開発項目②地中熱利用計測技術

平成23年度に設置した熱量計等の計測器を組み込んだ地中熱利用設備で、地中温度等のデータを引き続き取得した。また地中熱利用設備の地中より取り出した熱量と、居住空間等で消費される熱量の関係を検証し、実証システムの特性を把握した。実証システムの特性を元に、熱量を推定する手法の検証も行った。

研究開発項目③雪氷熱利用計測技術

基準計測および簡易計測の熱量を比較・検討し、雪氷熱利用設備での除湿熱量が、使用冷熱の一部を占め、誤差の要因となることを確認した。また、取得した外気温、室温、地温を元に、外皮負荷より熱量を推定する手法の検証を行った。

②導入普及業務

[中期計画]

第2期中期目標期間においては、地球温暖化対策の追加・強化が図られる見通しであることを踏まえ、以下に留意しつつ実施する。

- ・経済原則上、導入コストの低い案件群から導入がなされていくものであることを認識しつつ、全体として我が国のエネルギー需給構造の高度化が達成されるような案件選定・採択を行う。
- ・国民全体への啓発活動の重要性や公的部門における取組の重要性にも配慮し、地方自治体やNPO等の非営利団体が実施する新エネルギー等関連設備の導入普及、普及啓発活動、ビジョン策定活動、技術指導活動への支援を行う。
- ・新エネルギー等の加速的な導入促進のため、先進的な新エネルギー等導入事業を行う者に対し支援を行い、事業者レベルでの新エネルギー等の導入拡大を促す。
- ・新エネルギー等の普及に伴い生じる課題を抽出し、有識者、事業者、地方公共団体等の関係者と協力しつつ、課題を解決するための事業環境整備を行う。
- ・新エネルギーの導入に係る債務保証業務については、制度の安定運用を図りつつ、新エネルギーの導入目標達成に向けて適切な実施に努めるとともに、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の融資業務等の見直し（平成18年12月18日）」を踏まえ、当該制度の在り方及び機構で業務を実施する必要性について、第2期中期目標期間終了時に改めて検討し、結論を得る。

[中期目標期間実績]

地球温暖化対策の追加・強化が図られる見通しであることを踏まえ、以下の通り実施した。

- ・導入コストの低い案件群から導入がなされていくものであることを認識しつつ、全体として我が国のエネルギー需給構造の高度化が達成されるような案件選定・採択を行った。
- ・地方公共団体等が行う新エネルギー及び省エネルギーに係るビジョン策定等に必要の調査事業に対し支援を行なうとともに、非営利団体等が行う新エネルギー・省エネルギーに係る普及啓発イベントの開催、展示会への出展等の普及啓発事業に対しても、その事業費の一部を補助し草の根レベルでの支援を実施した。
- ・民間事業者の新エネルギー等の導入促進に向けては、バイオマス発電、バイオマス熱利用、バイオマス燃料製造、地熱発電、水力発電の導入事業に対してその事業費の一部を補助し、事業者レベルでの新エネルギー等設備の導入に対する支援を行なった。
- ・地方公共団体等が地域で進める新エネルギー・省エネルギー導入普及計画を作成する際の指針となるビジョン策定に向けた調査や具体的な導入普及計画に基づく事業化に向けた調査等の支援を行なうとともに、関係者と協力しつつ、ビジョン策定委員会に参画(オブザーバー)、実施計画書に沿った事業の推進のための助言、課題・問題点对応にあたり類似の対処事例の紹介等、策定事業の円滑な推進のサポートを行ない、新エネルギー導入・省エネルギー促進のための事業環境整備に貢献した。
- ・新エネルギー債務保証業務については、平成22年度中に新規引受を停止しており、債務保証中案件については、代位弁済の発生可能性を低減させるべく債務保証先を適正に管理し、求償権となったものについては、回収の最大化を実現させるべく必要な措置を講じた。

《1》地域新エネルギー等導入促進事業 [平成10年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

地方公共団体や非営利民間団体等が行う新エネルギー等設備導入事業214件（普及啓発事業も併せて実施）に対してその事業費の一部を補助し、地域における地方公共団体や非営利民間団体等の積極的な取組に対する支援を行った。

主なエネルギーの内訳は、以下のとおり。

太陽光発電：127件（13, 480kW）、風力発電：4件（26, 690kW）、太陽熱利用：18件（2, 444㎡）、バイオマス熱利用：13件（4, 643kW）、水力発電：24件（3, 209kW）、天然ガスコージェネレーション：14件（4, 600kW）

《2》地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業 [平成10年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

地方公共団体等が行う新エネルギー及び省エネルギーに係るビジョン策定等に必要調査事業102件に対してその事業費の一部を補助し、地方公共団体等が行う新エネルギー・省エネルギーの計画策定等に対する支援を行った。

新エネルギー：75件（内訳：地域エネルギービジョン策定調査38件、重点テーマに係る詳細ビジョン策定調査29件、事業化フィージビリティスタディ調査8件）

省エネルギー：21件（内訳：地域エネルギービジョン策定調査14件、重点テーマに係る詳細ビジョン策定調査5件、事業化フィージビリティスタディ調査2件）

新エネルギー・省エネルギー一体型：6件（内訳：地域エネルギービジョン策定調査5件、重点テーマに係る詳細ビジョン策定調査1件）

平成21年度においては、以下を実施した。

地方公共団体等が行う新エネルギー及び省エネルギーに係るビジョン策定等に必要調査事業129件に対してその事業費の一部を補助し、地方公共団体等が行う新エネルギー・省エネルギーの計画策定等に対する支援を行った。

新エネルギー：93件（内訳：地域エネルギービジョン策定調査41件、重点テーマに係る詳細ビジョン策定調査40件、事業化フィージビリティスタディ調査12件）

省エネルギー：27件（内訳：地域エネルギービジョン策定調査14件、重点テーマに係る詳細ビジョン策定調査10件、事業化フィージビリティスタディ調査3件）

新エネルギー・省エネルギー一体型：9件（内訳：地域エネルギービジョン策定調査7件、重点テーマに係る詳細ビジョン策定調査1件、事業化フィージビリティスタディ調査1件）

平成22年度においては、以下を実施した。

地方公共団体等が行う新エネルギー及び省エネルギーに係るビジョンの策定事業及びフィージビリティスタディ調査事業99件に対してその事業費の一部を補助し、地方公共団体等が行う新エネルギー・省エネルギーの計画策定等に対する支援を行った。

新エネルギー：71件（地域エネルギービジョン策定調査21件、重点テーマに係る詳細ビジョン策定調査29件、事業化フィージビリティスタディ21件）

省エネルギー：18件（地域エネルギービジョン策定調査7件、重点テーマに係る詳細ビジョン策定調査10件、事業化フィージビリティスタディ1件）

新エネルギー・省エネルギー一体型：10件（地域エネルギービジョン策定調査1件、重点テーマに係る詳細ビジョン策定調査6件、事業化フィージビリティスタディ3件）

《3》新エネルギー等非営利活動促進事業 [平成15年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

非営利民間団体等が行う新エネルギー及び省エネルギーに係るセミナーや講演会、普及啓発イベントの開催、展示会への出展等の普及啓発事業19件に対してその事業費の一部を補助し、草の根レベルでの新エネルギー等の普及啓発活動に対する支援を行った。（新エネルギー等：14件、省エネルギー：5件）

平成21年度においては、以下を実施した。

非営利民間団体等が行う新エネルギー及び省エネルギーに係るセミナーや講演会、普及啓発イベントの開催、展示会への出展等の普及啓発事業27件に対してその事業費の一部を補助し、草の根レベルでの新エネルギー等の普及啓発活動に対する支援を行った。（新エネルギー：15件、省エネルギー：7件、新エネルギー・省エネルギー一体型：5件）

平成22年度においては、以下を実施した。

非営利民間団体等が行う新エネルギー等及び省エネルギーに係るセミナーや講演会、普及啓発イベントの開催、展示会への出展等の普及啓発事業28件に対してその事業費の一部を補助し、草の根レベルでの新エネルギー等の普及啓発活動に対する支援を行った。（新エネルギー：10件、省エネルギー：6件、新エネルギー・省エネルギー一体型：12件）

《4》省エネルギー・新エネルギー対策導入促進事業（新エネルギー対策導入指導事業）

[平成16年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

全国にて71回のセミナー・シンポジウムの開催や専門家派遣を行うとともに、新エネルギー等に関するパンフレット、導入ガイドブック等を作成し、セミナー・シンポジウム等で配布することにより、新エネルギー等に係る情報提供や普及啓発を行った。また、全国から優れた新エネルギーの取り組みを公募し、「新エネ100選」の選定を進めた。

平成21年度においては、以下を実施した。

「新エネ百選」に選定された地域に対する支援セミナーを含め全国で84回のセミナー・シンポジウムの開催や専門

家派遣を行うとともに、「新エネ百選」選定事業集、「新エネ百選」個別事例紹介リーフレット、新エネルギーマップ2009等を作成し、セミナー・シンポジウム等での配布やホームページへの掲載を行うなど、新エネルギー等に係る情報提供や普及啓発を行った。

《5》新エネルギー等事業者支援対策事業 [平成19年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

民間事業者におけるバイオマス発電、バイオマス熱利用、バイオマス燃料製造、水力発電の導入事業36件に対してその事業費の一部を補助し、事業者レベルでの新エネルギー等設備の導入に対する支援を行った。

エネルギーの内訳は以下のとおり。

バイオマス発電：5件（121,900kW）、バイオマス熱利用：12件（熱利用分490,79GJ/h、発電分175kW）、バイオマス燃料製造：8件（メタン発酵3件、BDF5件）、水力発電：11件（3,761kW）

《6》新エネルギー利用等債務保証制度 [平成9年度～]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

申請のあった4事業について審査継続中。今後、平成20年度に設立した外部有識者による委員会に諮る予定。また、保証中案件1件について繰り上げ償還により保証が終了した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度においては、新規債務保証案件の採択はなかった。

一方、既債務保証案件のうち2件については、保証先事業者の経営状況悪化等による債務不履行により、貸出先金融機関に対して保証債務の履行を行った。今後、本求償債権の回収に関して求償先事業者と協議を行っていく。

平成22年度においては、以下を実施した。

本新エネルギー債務保証業務については、平成22年4月19日経済産業省公表「経済産業省所管独立行政法人の改革について」において、新規引受を停止し、既存の保証契約で必要な額が確定した後に、不要額を国庫返納する旨が明記されたことを受け、平成22年度より新規引受を停止。債務保証中案件については、代位弁済の発生可能性を低減させるべく債務保証先を適正に管理し、発生した求償権については、回収の最大化を実現させるべく必要な措置を講じている。

平成23年度においては、以下を実施した。

本新エネルギー債務保証業務については、平成22年4月19日経済産業省公表「経済産業省所管独立行政法人の改革について」において、新規引受を停止し、既存の保証契約で必要な額が確定した後に、不要額を国庫返納する旨が明記されたことを受け、平成22年度より新規引受を停止し、既存の債務保証案件を経過業務として管理中。債務保証中案件については、代位弁済の発生可能性を低減させるべく債務保証先を適正に管理し、求償権となったものについては、回収の最大化を実現させるべく必要な措置を講じている。

平成24年度においては、以下を実施した。

新エネルギー債務保証業務については、平成22年度中に新規引受を停止しており、債務保証中案件については、代位弁済の発生可能性を低減させるべく債務保証先を適正に管理し、求償権となったものについては、回収の最大化を実現させるべく必要な措置を講じている。

《7》地熱開発促進調査 [昭和55年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

平成20年度は中小規模（1万kW未満）地熱発電開発を対象とし、3年目の1地域（八幡平地域）、2年目の2地域（池田湖東部、佐渡地域）に加え、公募により採択された新規2地域（下湯、小谷村地域）において資源調査、環境調査及びそれら調査結果の総合評価を実施した。

調査の結果、八幡平、池田湖東部地域については、初期噴気による資源確認はできたものの、現状では事業化につながる地熱資源量の確認には至らなかった。小谷村、下湯、佐渡地域については、事業化可能性を判断した上で、調査を継続するかどうか決定する。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は中小規模（1万kW未満）地熱発電開発を対象とし、3年目の1地域（池田湖東部地域）において資源調査、環境調査及びそれら調査結果の総合評価を実施した。

調査の結果、初期噴気による資源確認はできており、当初目標出力の地熱資源量の確認には至らなかったものの、事業者にて事業化実現に向けた検討を継続している。

また、平成13年度に大規模開発の有望地域として抽出した地域（地熱資源量 約9.5万kW）について、資源調査レビュー及び現況分析を行い、平成22年度以降の調査候補地点の絞り込みを行うなど、調査終了地点のフォローアップを行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

地熱エネルギーの存在が確認されながら、資源量の確認が不十分なために、民間による開発投資判断を行うことができない国内の地熱資源有望地域を対象としており、平成22年度においては5地域を新たに採択した。これらの調査地点において、地表調査、立地環境調査、環境影響調査等を実施し、その結果、初期噴気による資源確認はできた地点もあり、事業者にて事業化実現に向けた検討を継続している。また、調査終了地点に関して、委員会へのオブザーバー参加や現場ヒアリング等の事業者支援を行った。

《8》地熱発電開発事業 [平成11年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

地熱発電に係る坑井掘削事業等10件（発電出力14,000kW相当の回復及び増加）に対してその事業費の一部を補助し、地熱発電開発に対する支援を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

地熱発電に係る調査井掘削事業1件（調査地点の透水性・温度状況の把握）及び坑井掘削等の地熱発電施設設置事業12件（発電出力13,150kW相当の回復及び増加）に対してその事業費の一部を補助し、地熱発電開発に対する支援を行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

地熱発電所建設を目的とする調査井、生産井、還元井の掘削又は発電設備を設置する者や、既設発電所において定期的な生産井や還元井の掘削又は蒸気配管等の敷設をする者が行う地熱発電開発事業10件（発電出力合計403,600kW）に対し事業費の補助を行った。

《9》中小水力発電開発事業 [平成11年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

1kW超え3kW以下の水力発電開発事業13件（発電出力93,500kW）に対してその事業費の一部を補助し、中小水力発電開発に対する支援を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

1kW超え3kW以下の水力発電開発事業15件（発電出力112,300kW）に対してその事業費の一部を補助し、中小水力発電開発に対する支援を行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

中小水力開発（1kW超3kW以下）を行う事業者へ支援を行い、中小水力の発電原価を引き下げ、中小水力発電開発の促進を図ることを目的に、ダム式発電所建設及び水路式発電所建設の継続事業14件・新規事業2件（発電出力合計102,000kW）に対し事業費の補助を行った。

《10》次世代風力発電技術研究開発事業（自然環境対応技術等）[平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

①落雷保護対策

（1）全国規模での落雷電流計測、落雷様相観測

- ・落雷電流計測、落雷様相観測地点を25カ所選定した。
- ・計測・観測地点14ヶ所に機器の設置を行った。
- ・14地点での落雷電流計測、落雷様相観測を行った。
- ・落雷電流計測、落雷様相観測データの収集・整理を行った。

（2）落雷被害詳細調査

- ・風力発電事業者等を対象としたアンケート調査及び現地ヒアリング調査を行い、それらの結果内容の整理・検討を行った。

（3）実雷・実機による落雷保護対策の検証

- ・落雷保護対策効果検証地点として2地点程度の検討を行った。
- ・落雷保護対策効果検証方法の検討を行った。

（4）全体取りまとめ

- ・「落雷保護対策検討委員会」を設置し、運営を行った。
- ・実施内容・調査結果等に関する審議・検討を行った。

②故障・事故対策調査

- (1) 調査の方向付けや故障事故情報に関する審議を行うため、「風力発電故障・事故対策調査委員会」を設置し、運営を行った。
- (2) 故障・事故データの収集分析、データベースの作成、故障・事故対策事例集の作成、技術開発課題等の抽出を行った。

なお、平成20年度以降は「新エネルギー技術研究開発」に統合して実施した。

< 3 > 省エネルギー技術分野

[中期計画]

中国、インドを始めとするアジア諸国の高度経済成長を背景に、今後も世界のエネルギー需要の増加傾向が継続すると予想されている。一方で、エネルギー供給の中心地域である中東地域は政治的に不安定さが増す等の状況の下、世界のエネルギー需給構造は変化しつつあり、原油価格は過去最高水準で推移している。

また、「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する」という長期目標を我が国が世界に提案したほか、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第4次評価報告書統合報告書が発表される等、所謂「ポスト京都」に向けて、温室効果ガスの排出量削減に向けた議論が活発化している。こうした中、我が国の省エネルギー技術は大きな期待を集めている。

一方、我が国においては、京都議定書（平成17年2月発効）の目標達成計画を策定したものの、平成17年度における我が国のエネルギー起源二酸化炭素排出量は基準年比13.6%増という状況にある。こうした背景の下、機構の省エネルギーに関する取組としては、温室効果ガス排出量の大幅削減に貢献する革新技術の開発と、京都議定書目標達成計画のクリアという短期的目標への貢献の両立が求められるようになった。

① 技術開発／実証

[中期計画]

技術開発／実証では、「新・国家エネルギー戦略」を受けて策定された「省エネルギー技術戦略」で示されたシナリオや技術ロードマップに沿って、実現性が高く、波及効果も含め省エネルギー効果が大きいテーマを重点課題に設定して開発を行う。

第2期中期目標期間においては、上記に加え、Cool Earth 50で提言された「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する」という目標に資する革新的技術の発掘と推進にも取り組む。具体的には、第2期中期目標期間中に発光効率40lm/Wを目指す有機EL照明技術の開発等を推進する。

加えて、情報量の爆発的増加に伴いエネルギー消費量の大幅増が予想されるIT分野における省エネルギー技術の開発や、交通流改善により自動車のエネルギー消費率削減を図るためのITS（Intelligent Transport Systems）技術の開発等を行う。

[中期目標期間実績]

技術開発／実証では、エネルギーの政策動向を踏まえ、高い省エネルギー効果が見込まれる省エネルギー技術開発を支援した。直近の事例としては、「省エネルギー技術戦略2011」に掲げる産業・民生・運輸部門等の省エネルギーに資する重要技術に係る分野を中心として、また、特に産業、家庭・業務、運輸部門それぞれで適用範囲が広く横断的な取り組みが期待される4つの「重要技術」について「特定技術開発課題」を設定し技術開発を実施した。一例として有機EL照明について研究開発を実施し、有機ELパネルにおいて75lm/W以上の効率を達成した。

なお、その他の取り組みとして省エネルギー技術を結集した「次世代モジュール型データセンタ」の構築及び消費電力の削減量についての検証や、大型トラックの自動運転・隊列走行実験の実施等、省エネルギーに係る技術開発を実施した。

《1》 エネルギー使用合理化技術戦略的開発 [平成15年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

先導研究フェーズにおいては、平成20年度に新規採択した16テーマを含め、計46テーマを実施した。

平成19年度採択11テーマの中間評価については、優良6テーマ、合格5テーマ（合格率100%）、合格ライン未達（今年度で契約中止）は0テーマであった。

また、平成19年度終了14テーマの事後評価では、優良8テーマ、合格2テーマ（合格率71.4%）、合格ライン未達4テーマと評価された。

事前調査においては、平成20年度に新規採択した6テーマを含め、計8テーマを実施した。平成20年度6月に終了した2テーマについては、事後評価において、優良1テーマ、合格0テーマ（合格率50%）、合格ライン未達1テーマ、であった。

また、平成19年度3月に終了した3テーマについては、事後評価において、優良2テーマ、合格1テーマ（合格率100%）、合格ライン未達は0テーマであった。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は、継続の41テーマ（先導研究フェーズ27テーマ、実用化開発フェーズ9テーマ、実証研究フェーズ2テーマ、事前調査3テーマ）を実施した。また、外部有識者等による技術委員会を研究開発実施場所で開催するなど、円滑な事業の推進に努めた。

本事業では、実施期間を3年計画としているテーマについて、2年目に外部有識者による中間評価を行っており、平成21年度は、対象の15テーマ（先導研究フェーズ12テーマ、実用化開発フェーズ3テーマ）について中間評価を行った。その結果、先導研究フェーズは合格率100%^{*1}、実用化開発フェーズは合格率100%^{*2}となり、各テ

マの進捗が順調と評価された。

また、平成21年度は、終了後に行う外部有識者による事後評価を、平成20年度終了の39テーマ（先導研究フェーズ：19テーマ、実用化開発フェーズ：13テーマ、実証研究フェーズ：2テーマ、事前調査：5テーマ）について行った。その結果、先導研究フェーズは合格率68.4%^{*3}、実用化開発フェーズは合格率85%^{*4}、実証研究フェーズは合格率100%^{*5}、事前調査は合格率60%^{*6}と評価された。

- (※1) 優良9テーマ、合格3テーマ、合格ライン未達0テーマ
- (※2) 優良3テーマ、合格0テーマ、合格ライン未達0テーマ
- (※3) 優良8テーマ、合格5テーマ、合格ライン未達6テーマ
- (※4) 優良10テーマ、合格1テーマ、合格ライン未達2テーマ
- (※5) 優良2テーマ、合格0テーマ、合格ライン未達0テーマ
- (※6) 優良1テーマ、合格2テーマ、合格ライン未達2テーマ

平成22年度においては、以下を実施した。

平成22年度は、平成19～20年度に採択し、最終年度となる継続の16テーマ（先導研究フェーズ13テーマ、実用化開発フェーズ3テーマ）を実施した。

事業の実施に際しては、省エネルギー革新技術開発事業と合同で外部有識者から構成される8分野の技術委員会を設置し、のべ24回の技術委員会を開催し、各テーマの進捗確認や課題解決に向けたアドバイス等を行った。

本制度では、平成15年度から合計188テーマ（先導研究フェーズ85件、実用化開発フェーズ62件、実証研究フェーズ20件、事前調査21件）の研究開発を実施した。下記のような我が国の省エネルギーに大きく貢献することが期待される成果が徐々に輩出されつつある。

- ・「新型ターボ冷凍機」（平成18～20年度実用化開発）：世界最高レベルの超高効率（COP7.0）を達成。大型商業施設、オフィスビル空調等における大型電動冷凍機の主流であるターボ冷凍機の効率改善により大幅な省エネ効果が期待される。
- ・「超高性能断熱材」（平成15～16年実用化開発、平成17～18年実証研究）：世界最高レベルの断熱性能（グラスウールの約3.7倍、硬質ウレタンフォームの約2.0倍）を発揮。冷蔵庫、自動販売機、ジャーポット、住宅向け建材等の幅広い分野で普及。
- ・「小型蒸気発電技術」（平成16～18年度実用化開発）：従来の小型貫流ボイラでは利用できなかった減圧過程の余剰の蒸気から高効率に発電し、従来比1.5～2倍の効率となる小型蒸気発電技術を開発。その後の更なる開発により、世界最高効率の小型発電機を実用化。

《2》革新的次世代低公害車総合技術開発〔平成16年度～平成20年度〕

〔中期目標期間実績〕

平成20年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「新燃焼方式の研究開発及び燃料の最適化」及び「革新的後処理システムの研究開発」

三段過給による高過給・高EGRと超高圧、微粒化促進電子制御噴射系システムを組み合わせる最適システムにて燃費改善と排出ガスの低減を両立し、エンジン実機J E 0 5モードにて燃費目標、排出ガスの最終目標を達成した。

P/HP-EGR制御及び群噴孔ノズルを用いた低温予混合燃焼とシングルナノサイズ[※] NO_x触媒を組み合わせたシステムにて燃費改善と排出ガスの低減を両立し、実車J C 0 8モードにて燃費目標、排出ガスの最終目標を達成した。

研究開発項目②「革新的後処理システムの研究開発」

NH₃吸着能力向上をコンセプトとした尿素SCR（選択還元触媒）システムの最適仕様化を推進し、NO_x、PMともに浄化率90%を達成し、エンジン実機J E 0 5モードにて最終目標を達成した。

プラズマアシストSCRによるNO_x浄化の低温活性を著しく向上し、エンジン実機J E 0 5モードにて最終目標を達成した。

プラズマによるPM酸化機構を活用し、PMの浄化を図り、実車J C 0 8モードにて、PM最終目標を達成した。

固体電解質を用いた電気化学的手法によるNO_x、PMの同時低減を図り、エンジン実機J C 0 8モードにてPMは浄化率97%で最終目標を達成し、NO_xは浄化率74%で目標未達であったが、平板セルでは90%以上の浄化率であり、目標達成への課題は明確化できた。

研究開発項目③「次世代自動車の総合評価技術開発」

本プロジェクトにて開発した各チームの実車、エンジン実機の第三者評価およびPM個数排出評価、培養細胞暴露による健康影響評価、未規制物質計測などを実施し、本プロジェクト開発品が、従来対照車輦、エンジンに対し、大幅に低減、また問題のないことを確認した。

また、本プロジェクト開発車導入による大気質改善効果を見積り、2020年では、自動車からのNO_x排出量は、関東圏で56%、東京23区で62%低減、また、現在の最大の課題である沿道の大気環境濃度では、NO_xが13～29%、NO₂が13～29%低減する効果があることを予測できた。

《3》無曝気・省エネルギー型次世代水資源循環技術の開発 [平成18年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「前段嫌気性処理技術の開発」

UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) 実証プラントの実験結果として、水温、23.8℃、COD_{Cr}容積負荷0.99kg/m³/d、COD汚泥負荷0.09kg/kgMLVSS/dにおいてCOD_{Cr}除去率63.6%、SS除去率68.7%の安定した処理結果が得られた。また、無加温嫌気処理における有機物分解特性として、低水温期におけるセルロースの蓄積が確認された。有機物分解に関わる微生物の生態学的特性として、バクテロイデス・フラボバクテリウム属やファーミキューテス門に属する細菌が検出された。

研究開発項目②「後段好気性処理技術の開発」

開発したDHS (Down-flow Hanging Sponge Reactor) の担体構造と担体支持構造による運転データを年間にわたって採取し、データ解析を行い、性能の安定性を確かめるとともに、DHSの設計・運転方法を取りまとめた。また、開発した新型担体の評価試験を実施した。

研究開発項目③「処理システムの開発」

(1) 廃水処理トータルシステムの開発

トータルシステムとしてのパイロットプラントの実験データ解析した結果、以下の成果が得られた。

- ・省エネルギー：現状活性汚泥法に対して本システム(UASB+DHS)では、88%削減できた。また、UASB+DHS+砂濾過においても、78%削減できた。
- ・CO₂排出量：現状活性汚泥法に対して本システム(UASB+DHS)では、87%削減できた。また、UASB+DHS+砂濾過においても、77%削減できた。
- ・汚泥発生量：現状活性汚泥法に対して77%削減できた。
- ・処理水質：BOD、SS、大腸菌群数について、現状活性汚泥法に対し、ほぼ同等の結果が得られた。

(2) 下水処理分野への適用に関する研究開発

本研究開発の下水処理分野への適用のために、本研究によって開発する廃水処理システムからの処理水の水質変動が大きい場合は変動を吸収して放流水質を安定化させ、BOD(生物化学的酸素要求量)15mg/L以下を安定的に達成可能とする後処理システムを構築した。下水処理への適用性について、ラボスケール及びベンチスケール実験並びに実証プラントにより実験・検討を行った。また、UASB-DHSシステムについて、下水処理分野への適用性に関して評価を行った結果、酸性、アルカリ性、フェノール性排水の流入に対処可能であることが確認できた。

(3) 嫌気性処理技術の動向と国内産業における適用性総合調査研究

技術動向調査として、文献抄録、特許抄録を収集検討した。市場動向調査として、食品、化学、機械等、約500社にアンケートを実施し、実用性の検討を行った。これらの状況を踏まえて、普及のためのロードマップを作成した。以上より、プロジェクト目標値を達成する事ができた。

《4》グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト(グリーンITプロジェクト) [平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発」

(1) データサーバの最適構成と進化するアーキテクチャーの開発

(ア) ストレージシステム向け省電力技術の開発

データの配置や格納の最適化を図るシステムの一次設計を終了し、冗長性除去と圧縮の組み合わせによるデータサイズ容量削減率の評価を開始した。

(2) 最適放熱方式の検討とシステム構成の開発

(ア) 集熱沸騰冷却システムの開発

接触伝熱や沸騰部熱抵抗の低減、循環系システムの改善により水冷並300Wの冷却性能を確認し、サーバ実機組み込みで冷却電力60%の低減を達成した。

(イ) 冷却ネットワークとナノ流体伝熱による集中管理型先進冷却システムの開発

構造最適化や冷却作動液の流路設計最適化など要素技術を組み込んだ冷却ネットワーク技術を開発し、サーバラックレベルでの冷却実現性を検証した。

(ウ) 気化冷却システム及び自然熱利用省エネ空調システムの開発

熱量輸送循環流路構造や多孔質沸騰蒸発伝熱面の要素試作と評価を行い、従来の空冷機に比べ要素性能比で70%以上の省エネ効果を確認した。

(エ) データセンタ向けポンプレス水冷システムの開発

外部動力レスで発熱を上方向から下方へ輸送可能な熱輸送冷却システムの解析モデルを開発し、基本仕様に基づき一次検証機の作製に着手した。

(オ) 吸着式冷凍機による廃熱利用冷却システムの開発

データセンタのエネルギーフロー解析やシミュレータを実施し、吸着剤仕様の選定や処理法など冷凍機的设计及びサーバラック向けの試作を行った。

上記、複数の異なる原理・方式についてステージゲート方式による絞り込みを実施した。

(3) データセンタのモデル設計と総合評価

サーバやデータセンタの電力消費に関する既存の評価方法や評価指標の調査を実施した。合わせて電源や空調、サーバ、ネットワーク機器の消費電力の計測を開始し、サーバシステムとデータセンタの省エネルギーに関する評価指標の枠組みの策定に着手した。

研究開発項目②「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発」

(1) IT社会を遠望した情報の流れと情報量の調査研究

ネットワーク利用形態別に利用実態と情報量の関係について動向調査し、トラフィック制御に必要な情報量の推定値と情報の性質について知見を得た。

(2) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発

トラフィック量の計測や予測アルゴリズム、情報量に応じたルータの制御アーキテクチャー技術に関する設計や試作を開始した。

(3) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価

トラフィック特性に適合した制御技術やルーティング技術に必要な仕組みや技術要件について検討した。トラフィックの変動速度や変動幅に応じた制御法として多階層パス制御を可能とするアルゴリズムやカットスルールーティングノード基本構成について実現性の検証を開始した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は、産業技術総合研究所研究コーディネータ 松井 俊浩氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。また、研究開発項目①の(1)(ア)、(1)(ウ)及び(3)については新たに実施者を公募採択した。

研究開発項目①「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発」

(1) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

(ア) 将来の進化を想定した低消費電力アーキテクチャーの開発

筐体内高密度・大容量接続による冷却消費電力削減に必要な光導波路や光コネクタ部など部品配置や筐体構造の最適化について設計指針を明確化した。

(イ) ストレージシステム向け省電力技術の開発

設計・開発した逐次化書き込み方式や冗長性除去方式によって、アクセス性能を低下させずにストレージ容量が削減できる事を実証した。

(ウ) クラウド・コンピューティング技術の開発

データ蓄積・配置・管理に関する理論モデルや検証プログラム、更に分散システムのプラットフォームテスト環境を開発した。

(2) 最適放熱方式の検討とシステム構成の開発

ヒートパイプスプレッドなど冷却構造の最適化や直接液冷技術による伝熱促進の改良により、実際に100WクラスのモデルCPUに適用できる放熱システム技術を確認した。

沸騰冷却性能や接触伝熱性能の高い技術を開発し、サーバ単体の冷却電力80%以上の削減を達成した。モデル計算での空冷データセンタの冷却電力20%以上削減を検証した。

(3) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発

500、2000kW直流電源システムのモデル構成を導出し、更にデジタル制御を用いた高速並列運転制御方式について設計を行い、電源の高効率運転による省電力化を達成するアダプティブマネジメント電源システム方式を策定した。

(4) データセンタのモデル設計と総合評価

プロジェクト内の他開発技術や成果情報を収集・統合し、データセンタの省エネルギー化のロジックや省エネ指標の策定及び評価方法を開発した。

研究開発項目②「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発」

(1) IT社会を遠望した情報の流れと情報量の調査研究

従来のパケット交換網と光パス網など新しいルーティング方式を組み合わせる方式のモデル評価を行い、2030年までの変動予測に基づく国内消費電力が、現行のパケット交換網に比べ約2/3に削減できる可能性を確認した。

(2) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発

トラフィック観測や最適性能予測技術に必要な転送性能に関する判定精度技術を開発し、データ流量適応型ルータ制御技術及びソフトウェアの試作を行った。

(3) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価

トラフィックの変動特性に応じたパス制御基本方式の検討を行い、またカットスルールーティン

グ・ノードシステムの基本機能評価の検討により、省電力効果の有効性について検証した。

平成22年度においては、以下を実施した。

産業技術総合研究所 情報通信・エレクトロニクス分野副研究統括 松井 俊浩氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発」

(1) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

光インターコネクトを用いた筐体内配線の簡素化により空冷ファンの電力消費量を30%近く低減できることをシミュレーションにより確認し、また、40%程度のデータ容量の削減が可能である効果的なデータ圧縮手法等の開発を行った。

(2) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発

サーバールームの空調冷却効率を50%以上改善可能な高効率冷却システム等についての基本技術の開発を行った。

(3) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発

消費電力を30%以上削減可能な電源システムの基本技術の開発を行った。

(4) データセンタのモデル設計と総合評価

最新状況の調査に基づいてデータセンタの基本モデルを構築して、シミュレーションにより最終目標達成の見通しを得た。

研究開発項目②「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発」

(1) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究

将来のネットワークを検討するために、通信ネットワークについての最新情報について、前年度に引き続いて調査を継続した。

(2) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発

転送性能を短時間で段階的に変化させて省電力化を図るルータ性能制御の基本技術等の開発を行った。

(3) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価

上記(1)の光ネットワークについての状況調査に基づいたネットワークのモデル設計およびシミュレーションにより、最終目標達成の見通しを得た。

また、中間評価結果をふまえて、今後は、国内外のベンチマークや動向把握により一層力を入れて、基礎データや最新情報の収集に努めるとともに、研究成果についても、ベンチマーク結果等を踏まえて有効性を明確にし、成果が実際の事業につながり早期に省エネ効果に結びつくように、波及効果も意識しつつ、各要素技術の事業化に向けたシナリオづくりに取り組むこととした。

平成23年度においては、以下を実施した。

産業技術総合研究所 関口智嗣氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発」

(1) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

筐体内光接続技術等の最適化を実施し、筐体プロトタイプ1次試作を行った。また、大規模ストレージシステムの消費電力削減量の評価用冗長性除去率推定手法の基礎検討を行った。更にサーバやストレージ技術とネットワーク技術の効率的統合化技術のシステム設計を実施した。

(2) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発

サーバールームの空調冷却効率を50%以上改善可能な高効率冷却システム等について、単体での実証を行った。また薄型化検討を開始した。

(3) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発

消費電力を30%以上削減可能な電源システムの最終検証の為の試作設計を実施し、試作機の開発を行った。

(4) データセンタのモデル設計と総合評価

データセンタ評価指標及びデータセンタ全体の消費電力測定基準となるリファレンスモデルを策定し、実証評価環境を構築した。

研究開発項目②「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発」

(1) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発

ネットワークのトラフィック量を総合的に考慮するアルゴリズムを開発し、性能を16段階以上の多段階に制御可能な転送性能制御技術の見通しを得た。数秒オーダーの短期変動に対応可能な消費電力取得・観測技術、および複数のルータからなるネットワークの消費電力情報の可視化技術の見通しを得た。

(2) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価

将来のトラフィック予測手法を開発し、電気ルータ部の制御により消費電力を大幅に削減可能である事を明らかにすると共に、光バス網用伝送特性及びノード機器の消費電力評価系、更にシステム全体の省エネ効果を評価する実験系の設計を完了した。

平成24年度においては、以下を実施した。

産業技術総合研究所 関口智嗣氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発」

- (1) サーバの最適構成とクラウドコンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発
筐体内光接続技術等の最適化を実施し、筐体プロトタイプを試作/評価を行った。また、大規模ストレージシステムの消費電力を削減する高速冗長性除去技術を開発し、ストレージの蓄積容量削減を確認した。更にサーバやストレージ技術とネットワーク技術の統合システムを構築し省電力特性と実用性の実証を行った。
- (2) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発
サーバールームの空調冷却効率を50%以上改善可能な高効率冷却システム等について、長時間実証試験を行った。また変化冷却技術のモジュール化技術と、データセンタ全体での冷却電力削減効果の検証を行った。
- (3) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発
消費電力を30%以上削減可能な電源システムの最終検証の為に第3次試作機までの設計/評価を行った。
- (4) データセンタのモデル設計と総合評価
データセンタ評価指標及びデータセンタ全体の消費電力測定基準となるリファレンスモデルを策定し、総合評価用として各要素技術を集結した次世代モジュール型グリーンデータセンターを構築した。

研究開発項目②「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発」

- (1) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発
ネットワークのトラフィック量を総合的に考慮するアルゴリズムを開発し、性能を16段階以上の多段階に制御可能な転送性能制御技術を確立した。数秒オーダーの短期変動に対応可能な消費電力取得・観測技術、および複数のルータからなるネットワークの消費電力情報の可視化技術を完成した。
- (2) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価
将来のトラフィック予測手法の開発を完了し、電気ルータ部の制御により消費電力を大幅に削減可能であることを明らかにした。また、光バス網用伝送特性及びノード機器の消費電力評価系、更にシステム全体の省エネ効果を評価する実験を行い消費電力削減が可能であることを明らかにした。
また、平成23年度までに開発した省エネ関連要素技術を結集して構築した次世代モジュール型グリーンデータセンターで最終目標達成状況を検証した結果、総消費電力を従来に比べて30%以上削減可能であることを確認した。

《5》 エネルギー I T S 推進事業 [平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

公募の結果等を踏まえ、基本計画を修正した。平成20年度は以下の研究開発項目を実施した。

研究開発項目①「協調走行（自動運転）に向けた研究開発」

- (1) 全体企画、実証実験及び評価
自動運転・隊列走行に関する国際シンポジウム・ワークショップ及び海外技術調査を実施するとともに、システムの基本コンセプトとロードマップを策定した。
また、実証実験車のプロトタイプ製作に向けて、車両の購入と制御機器の設計・製作を行った。
- (2) 自律走行技術、周辺協調走行技術の開発
(ア) 自律走行技術の開発
プロトタイプ実験車の車両運動モデル、自律走行制御モデル、車両ヨー角推定アルゴリズム及び自律走行制御シミュレータの基本設計を行った。
また、自動操舵制御・速度制御の要求仕様の策定、安全性・信頼性に関する開発目標値の策定、機能評価用車両制御コントロール装置の設計・製作・評価、システムオペレーションソフト設計及び自動操舵装置の製作・評価等を行った。
- (イ) 走行環境認識技術の開発
パッシブ方式センサ利用認識技術について技術整理と仕様策定を行い、区間線認識アルゴリズム及び歩行者認識アルゴリズムの基本アルゴリズムの設計・評価と、投光式高速ビジョンセンサの原理確認試作機の製作・評価及びセンサの目標性能・最適構成の整理を行った。
アクティブ方式センサ利用認識技術について技術整理と仕様策定を行い、レーザレーダによる区画白線認識技術のセンサの最適制御方法の確立と、隊列走行用車間距離検出システムの車間距離検出アルゴリズムの開発及びプロトタイプ装置の製作を行った。
センサフュージョン技術について技術整理と仕様策定を行い、車両周辺の道路・立体物検出技術に関する高精細リアルタイムステレオカメラ及び道路・立体物検出アルゴリズムの開発と車両周辺の障害物の運動推定と、軌道予測技術に関するスキャンレーザレンジファインダの基礎評価及び移動体軌道予測基礎アルゴリズムの開発を行った。また、車載型白線認識装置の製作と評価を行った。
- (ウ) 位置認識技術の開発
位置認識技術に関する要求仕様を検討し、仕様整理を行った。
また、3次元道路電子地図データの要求仕様整理とリアルタイム自己位置標定技術の要求仕様整

理・実現方式の策定、自車位置推定基本アルゴリズムの設計、自車位置推定の高精度化の予備検証、カメラ・距離センサ位置推定の基礎検証、及び3次元空間地図曲線の仕様策定と3次元空間地図曲線生成の検証を行った。

(エ) 車車間通信技術の開発

高信頼性車車間通信技術に関する通信シミュレーションとトラックを用いた電波伝搬試験、アドホック車車間通信技術に関する技術要件の抽出、及び高速暗号・高速認証技術に関する車車間通信・セキュリティアルゴリズム速度調査とセキュリティ速度試験を行った。

(オ) 自動運転・隊列走行技術の開発

隊列走行制御の要求仕様策定と隊列走行システムの基本設計を行うとともに、隊列走行制御アルゴリズムと隊列走行制御モデルの設計、隊列走行シミュレータの製作、隊列形成アルゴリズムの基本仕様策定、レーンチェンジ目標走行軌跡生成アルゴリズムの設計、及びシステム故障時対応アルゴリズムの機能混在時の走行シナリオ整理を行った。

また、自動運転制御の要求仕様策定と自動運転システムの基本設計を行うとともに、自動運転制御アルゴリズムと自動運転制御モデルの設計、最適経路決定手法のための基礎データ計測、衝突防止制御技術の海外技術調査、運転行動実験とドライバ運転行動基礎解析・整理、及び自動運転車・非自動運転車の交差点走行アルゴリズムの要件抽出・整理と基本仕様策定を行った。

(カ) 省エネ運転制御技術の開発

隊列走行の省エネ効果調査、燃料消費量マップ・走行抵抗分変化時の燃費計測及び実走行時のCO₂排出量計測を行った。

また、運転者のエコドライブ運転行動解析、省エネ目標速度生成アルゴリズムの仕様策定と省エネ運転速度制御モデルの基本仕様・構成の策定、自動運転車同士の交差点走行制御アルゴリズムの要件抽出・整理・基本仕様策定、及びCO₂最小化経路生成アルゴリズムの要件抽出・整理とシステム構成・要求仕様策定を行った。

研究開発項目③「国際的に信頼される効果評価方法の確立」

(1) ハイブリッドシミュレーション技術開発

ハイブリッド交通流シミュレーションフレームワーク理論の検討を行った。また、CO₂排出量推計モデルとの連携技術について、要件整理と広域シミュレーションの試行を行った。

(2) プローブによるCO₂モニタリング技術の開発

インフラセンサデータとの融合技術の開発を行った。また、CO₂排出量推計モデルと連携するための要件整理、信号制御でのプローブ情報の活用可能性の検討を行った。

(3) 車両メカニズム・走行状態を考慮したCO₂排出量推計モデル

通常エンジン搭載車単体のCO₂排出量モデルの作成を行い、マイクロ交通流シミュレーションモデルと結合するための検討を行った。

(4) 交通データ基盤の構築

多様な交通関連データに関するデータ特性を整理し、汎用性の高いデータ構造を提案した。また、国際的なデータウェアハウス構築のための課題整理と枠組み構築を行った。

(5) CO₂排出量推計技術の検証

交通流シミュレーション、プローブによるCO₂モニタリング技術、及びCO₂排出量モデル等に関する検証方法や設定条件の検討を行った。

(6) 国際連携による効果評価手法の相互認証

欧州との国際連携体制の整備を行った。また、交通シミュレーション及びCO₂モニタリングに関する出力要件と仕様の整理を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は、名城大学理工学部教授 津川 定之氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「協調走行（自動運転）に向けた研究開発」

(1) 全体企画、実証実験及び評価

平成20年度に引き続き、自動運転・隊列走行に関するワークショップ及び海外技術調査を実施した。

また、平成20年度に購入した車両を改造し、自動運転実験車と隊列走行実験車のプロトタイプを製作すると共に、プロトタイプ実験車を用いて、自動運転・隊列走行のための各要素技術の機能・性能試験を開始した。

(2) 自律走行技術、周辺協調走行技術の開発

(ア) 自律走行技術の開発

プロトタイプ実験車の車両運動モデルと自律走行制御モデルの詳細設計を行った。

また、安全性・信頼性に関する基準原案作成、フェイルセーフ車両制御コントロール装置の製作・評価、操舵角度検出装置の設計、自動ブレーキ制御装置の設計、及び車輪速度センサのインタフェース装置の設計・製作を行った。

(イ) 走行環境認識技術の開発

パッシブ方式センサ利用認識技術について、道路情報を利用した統合型認識アルゴリズムを開発すると共に、ステレオ画像による歩行者認識アルゴリズムの詳細設計、投光式高速ビジョンセンサの自動運転・隊列走行用センサとしてのアルゴリズム改良と白線認識性能調査を行った。

アクティブ方式センサ利用認識技術について、白線認識装置の原理機の製作・評価を行うと共に、車間距離検出アルゴリズムの詳細設計と実車走行評価を行った。

センサフュージョン技術について、道路・立体物検出基本アルゴリズムとスキャンレーザレンジファインダからのデータを用いた道路・立体物検出フュージョンアルゴリズムの開発、道路・立体物検出データと3D道路地図データを利用したマップマッチングアルゴリズムと障害物認識アルゴリズムの開発を行った。

また、白線画像認識装置の道路情報を用いたソフト改良と、総合走行環境認識装置の開発を行った。

(ウ) 位置認識技術の開発

平成20年度に策定した位置認識技術の仕様について、見直しを行った。

また、リアルタイム自己位置標定装置と走行データ生成装置の開発、自車位置推定基本アルゴリズムの検証・問題点整理、実験コースの目標走行路軌跡関数ソフトの設計、自車位置標定アルゴリズムと目標走行路軌跡生成アルゴリズムを実装した位置認識装置の設計・製作を行った。

(エ) 車車間通信技術の開発

車車間通信装置の制御ソフトの設計と、車両制御システム仕様に基づいた通信基本プロトコルの設計を行った。

(オ) 自動運転・隊列走行技術の開発

隊列走行システムの詳細設計を行うと共に、隊列走行制御モデルの詳細モデル設計、隊列走行シミュレータのレーンチェンジ・合流等の機能追加、隊列形成システムの車両制御コンピュータ用ソフトウェアの設計、レーンチェンジ目標走行軌跡生成アルゴリズムの性能検証及びシステム故障時対応アルゴリズムのシステム故障推定のための要件整理・基本仕様策定を行った。

また、自動運転システムの各制御ブロックの詳細設計を行うと共に、自動運転制御モデルの詳細モデル設計、自動運転シミュレータの障害物回避等の機能追加、自動運転衝突防止用目標操舵・目標速度生成アルゴリズムの基本制御アルゴリズムの設計、ドライバモデルの基本設計及び自動運転車一非自動運転車の交差点走行アルゴリズムの基本アルゴリズムの開発を行った。

(カ) 省エネ運転制御技術の開発

隊列走行の省エネ効果予測について、実車での隊列走行時の燃費計測を行った。

また、運転者のエコドライブ運転行動解析の追加解析実験とドライバモデルベース省エネ運転制御アルゴリズムの基本ドライバモデルの設計、省エネ運転速度制御モデルの基本制御アルゴリズムの設計及び交差点走行制御の基本アルゴリズムの設計を行った。

研究開発項目②「国際的に信頼される効果評価方法の確立」

(1) ハイブリッドシミュレーション技術開発

ハイブリッド交通流シミュレーションフレームワーク理論の構築を行った。また、広域シミュレーションモデルの開発に着手した。

(2) プローブによるCO₂モニタリング技術の開発

平成20年度に引き続き、インフラセンサデータとの融合技術の開発を行うと共に、CO₂排出量推計を実現する技術の開発と高速道路や主要幹線道路についての推計を行った。また、プローブデータのみからCO₂排出量推計に必要な交通量の情報を推定する技術の検討を行った。

(3) 車両メカニズム・走行状態を考慮したCO₂排出量推計モデル

ハイブリッド車等についてのCO₂排出量モデルの検討を行った。また、マイクロ交通流シミュレーションの仕様検討、シミュレーション結果を用いたCO₂排出量推計を行った。

(4) 交通データ基盤の構築

交通関連の多様なデータを収集すると共に、XMLを用いたデータウェアハウスの構築を開始した。

(5) CO₂排出量推計技術の検証

平成20年度に引き続き、交通流シミュレーション、プローブによるCO₂モニタリング技術、CO₂排出量モデルについて、それぞれの検証方法や検証用データの検討を行った。また、検証の試行と課題抽出を行った。

(6) 国際連携による効果評価手法の相互認証

欧州だけでなく北米の研究者も含めた国際共同研究体を組織し、国際的な議論を行った。また、交通流シミュレーション、CO₂モニタリング技術による交通状態の出力仕様及びCO₂排出量推計モデルによるCO₂排出量の出力仕様を検討し、入力データと検証用データについて、出力仕様を満足させるためのデータの量と質に関する整理を行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

名城大学工学部教授 津川 定之氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「自動運転・隊列走行技術の研究開発」

(1) 全体企画、実証実験及び評価

平成21年度に引き続き、プロトタイプ実験車を用いて自動運転・隊列走行のための各要素技術の機能・性能試験及び改良を行うとともに、完成したプロトタイプ実験車を用いて時速80km、車間距離10mでの3台隊列走行実験を行い、基本技術の機能・性能を確認した(中間目標を達成)。

(2) 自律走行技術等の要素技術の開発

平成21年度に引き続き、以下の技術開発を実施し、基本技術の開発を完了した。

(ア) 自律走行技術の開発

プロトタイプ実験車の車両運動モデル、自律走行制御モデル、及び車線保持制御の制御モデルを開発し、実車にてモデルの正確性を検証した。また、自動操舵装置、自動ブレーキ制御装置、及び隊列走行用HMI装置等の開発・検証を行った。

(イ) 走行環境認識技術の開発

パッシブ方式センサ利用認識技術について、分合流時や進路変更時にも区画線が検出可能なアルゴリズムを開発し、実験車両に実装した。また、太陽光等の外乱に影響されない区画線認識技術として投光式高速ビジョンセンサのプロトタイプを開発し、様々な走路環境で効果があることを原理確認した。

アクティブ方式センサ利用認識技術について、レーザレーダによる区画線認識技術を開発し、実験車両に搭載して性能評価を行った。また、車間距離検出アルゴリズムの開発と実車走行評価を行った。

センサフュージョン技術について、道路・立体物検出アルゴリズム等の改良、先行車両及び後側方接近車両を検出・追跡するアルゴリズムの開発、直前の割り込み車両を検出するステレオカメラの開発、車両周辺の障害物の運動推定と軌道予測技術の開発等を行った。

(ウ) 位置認識技術の開発

高精度GPSを利用して自車位置を標定するアルゴリズムを開発した。また、3次元道路電子地図を用いて目標走路軌跡を関数で表現し、走行制御のための負荷の小さな目標走路軌跡生成技術を開発した。

(エ) 車車間通信技術の開発

車車間通信装置（5.8GHz）の開発を行うとともに、車車間通信を二重化し、通信パケット到達可能性を計算機シミュレーションで確認した。また、車車間通信の信頼性向上に向けて、光車車間通信装置のプロトタイプを開発し、実車に搭載して基本特性を確認した。

(オ) 自動運転・隊列走行制御技術の開発

隊列走行における車間距離制御について、リアプノフ安定定理に基づく制御モデルを設計するとともに、隊列を維持したオートクルーズ走行及び隊列形成のための速度制御アルゴリズムを設計した。また、隊列間への割り込み及び後方からの連結を可能とする隊列形成アルゴリズムを設計し、隊列実験によりアルゴリズムの妥当性を検証した。さらに、前方及び後方との障害物を考慮したレーンチェンジ目標軌跡生成アルゴリズム及び目標軌跡に追従する操舵制御アルゴリズムを設計した。

(カ) 省エネ運転制御技術の開発

確率・統計学をベースとして、省エネ運転可能度を算出する手法の検討を行った。また、フリー走行環境下で、経路や平均速度等から省エネ速度パターンを生成するアルゴリズムを構築し、これを目標値としたアクセル開度、ブレーキ圧制御モデルを自動運転実験車に実装した。

研究開発項目②「国際的に信頼される効果評価方法の確立」

平成21年度に引き続き、以下の研究開発を実施し、交通流からのCO₂排出量推計に関するシミュレーション及びデータベースのプロトタイプ開発を完了した。

(1) ハイブリッドシミュレーション技術開発

メソスケールの車両軌跡情報に基づくCO₂排出量推計モデルとの連携技術を開発した。また、広域シミュレーションモデルを開発するとともに、注目する市町村規模の範囲を抽出してより詳細なモデルで評価するハイブリッドシミュレーションモデルを開発した。

(2) プローブによるCO₂モニタリング技術の開発

インフラセンサデータが利用できない場合でもモニタリングが実施できるようプローブデータとシミュレーションモデルを融合し、地域全体のCO₂排出量を推計する技術の開発等を行った。

(3) 車両メカニズム・走行状態を考慮したCO₂排出量推計モデル

ハイブリッド交通流シミュレーションの結果を入力して自動車のCO₂排出量を推計するモデルのプロトタイプを完成させた（中間目標を達成）。このモデルを用いてITS施策の効果評価を試算するとともに、推計精度向上のための検討と課題抽出を行った。

(4) 交通データ基盤の構築

交通関連の多様なデータの収集と、データ解析ソフトウェアの開発を行うとともに、XMLを用いたデータウェアハウスのプロトタイプの試験運用を開始した（中間目標を達成）。

(5) CO₂排出量推計技術の検証

交通流からのCO₂排出量推計技術の検証に関するシミュレーション及び交通流シミュレーション、プローブによるCO₂モニタリング技術、及びCO₂排出量モデル等に関する検証の基本的な枠組みについて、国際ワークショップ等の場を通じて欧米の代表者と合意した。また、現地観測調査を実施し、検証のベンチマークとして利用可能なデータセットを整備した。

(6) 国際連携による効果評価手法の相互認証

欧州及び米国との間で組織した国際共同研究体制において国際的な議論を行い、(1)～(5)の研究成果をふまえ、車両の加速度の取り扱い及びモデル検証等の課題の明確化を行った。また、国際シンポジウムを開催し、これまでの研究成果と今後の活動計画を公表して、意見交換を行った。

また、中間評価結果をふまえて、以下の対応を行った。

- ・研究開発項目①：特に安全性・信頼性・ロバスト性等に関する技術課題の再整理を行い、平成23年度以降の開発計画に反映した。実用化の課題と方策は、社会還元加速プロジェクトにて関係省庁と整合することとした。また、物流事業者等が参画するワーキンググループを設置し、ユー

ガニーズの調査・分析と実用化・事業化に関する課題抽出を行い、実用化に向けた課題の詳細化と実用化ロードマップの見直しを行うこととした。

- ・研究開発項目②：国際的な合意の範囲と合意形成のプロセスを明確化し、今後の実施計画に反映させることとした。また、欧米以外にアジアとの連携も図っていくこととした。

平成23年度においては、以下を実施した。

名城大学理工学部教授 津川 定之氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「自動運転・隊列走行技術の研究開発」

(1) 全体企画、実証実験、評価

平成22年度までに製作したプロトタイプ実験車を改造して実証実験車を制作し、走行安全機能を向上させるとともに、自動運転・隊列走行のための各要素技術の機能・性能試験及び安全性評価を行った。

(2) 自律走行技術等の要素技術の開発

自律走行技術のロバスト性向上のため学習制御付き車両走行制御モデルの設計を行うとともに、道路線形情報が未知の場合の操舵制御のフィードバックゲインの自動チューニング法の開発を行った。また、積載重量に応じた制御を行うため、積載重量・路面 μ 等の状態推定アルゴリズムを開発した。更にフェイルセーフECUを用いた安全性評価実験を行った。

高性能車載レーザレーダの設計・製作を行い、障害物認識アルゴリズムの基礎検討、実験を行い、動的障害物を認識できることを確認した。また、夜間を含めた前方障害物認識用の画像取得に適した遠赤外線カメラの仕様策定と基本設計を行った。

自車位置精度の信頼性向上のため、準天頂衛星から配信されるGPS補強信号を受信する装置を試作し、自車位置推定アルゴリズムの改良を行い、精度向上を確認した。また、トンネル内における位置推定を行うため、遠赤外線カメラを用いてトンネル内の非常電話灯のみが検出できるアルゴリズムを開発した。加えて、車車間通信の信頼性を高めるための二重化装置として、車載型の光車車間通信装置の設計と製作を行い、実験車に搭載して通信基本性能の評価を行った。

上記の他に自動運転・隊列走行制御技術として、車車間通信情報ならびに車両制御アルゴリズムと連動した隊列シーケンスおよび隊列形成アルゴリズムを開発し、車両実験にてスプリット型の隊列形成、一般車両の割込み、レーンチェンジ、アダプティブクルーズモードという制御モードの切り替えを各車両間で問題なく行えることを確認した。

研究開発項目②「国際的に信頼される効果評価方法の確立」

平成22年度までに開発した交通流からのCO₂排出量推計に関するシミュレーション及びデータベースのプロトタイプについて、機能向上及び性能向上を図るとともに、シミュレーションのケーススタディを実施し、ITS施策の効果評価を試算した。また、国際的に信頼される効果評価手法の確立に向け、国際的な議論の場として欧米とワークショップを開催した。さらにアジアの国々との連携の在り方について、中国、韓国等と意見交換を実施した。

平成24年度においては、以下を実施した。

自動運転・隊列走行の要素技術確立及び、国際的に信頼されるITS (Intelligent Transport Systems) によるCO₂削減効果評価方法の確立を目的に、名城大学理工学部教授 津川 定之氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①自動運転・隊列走行技術の研究開発

(1) 全体企画、実証実験、評価

- ・基本計画の最終目標である一般の車が混在する走行環境化において大型トラック及び小型トラック合計4台隊列で時速80km、車間距離4mでの実証実験を行い、走行可能性の検証を実施した。また、その様子をプレスおよび関係者に公開した。
- ・早期実用化に繋げるためCACC (車車間通信を用いた車間距離制御) の要素技術を大型トラックメーカー4社に開示してドライバ受容性評価実験車4台を製作し、物流事業者 (5社) のドライバ (各社5人) による手動運転⇄自動運転・隊列走行のヒューマン・マシーン・インターフェース (HMI) も含めた受容性評価実験を行い、データを収集した。
- ・トレーラ型トラックへの自動運転・隊列走行の適用を見極めて開発・実用化ロードマップの策定に生かすため、隊列走行の課題と考えられる車両運動制御モデルシミュレーション、自動操舵装置及びブレーキ制御装置の制御性能を評価し、制御性能および装置の耐久性に問題がないことを確認した。
- ・ウィーンにて開催されたITS世界会議において自動運転・隊列走行のスペシャルセッションを企画するとともに日米欧の関係者によるワークショップを開催した。また、国内においては自動運転・隊列走行のワークショップを開催し、本プロジェクトの成果をアピールした。

(2) 自律走行技術等の要素技術の開発

- ・様々な道路線形において高い車線維持制御性を可能とするため、車両運動モデルと制御モデルの改良設計を行うとともに、車間距離4mでの隊列走行を行うため車間距離制御アルゴリズムの改良設計を実施し、上記の4mの走行実験に供した。
- ・夜間やトンネル内等認識が困難な状況でもロバスト性を確保するため、遠赤外線カメラと高速ビジョンカメラの性能向上をはかり車両にて性能評価を行った。
- ・ステレオカメラ及びレーザレーダ、ミリ波レーダ信号の融合による障害物認識アルゴリズムの改

良を行い無人運転実験に供した。

- ・車車間通信において無線と光による多重化通信を行うための通信プロトコル設計を行い車間距離4mの走行実験に供した。
- ・隊列形成後、後続車ドライバ責任を先頭車ドライバに移行するためのHMIを開発し、実験車を用いてドライバの受容性評価実験を実施した。

研究開発項目②国際的に信頼される効果評価方法の確立

平成23年度までに開発してきた推計ツール群（ハイブリッド交通流シミュレーション、CO₂排出量推計モデルなど）に関し機能・性能向上を進め、推計結果の妥当性及び精度の検証を行い、信頼性のある推計技術及びデータウェアハウスを完成させた。また、ITS施策の効果評価手法として満たすべき要件やツールの検証方法を、国際ワークショップにおいて合意した上で国際共同技術報告書として取りまとめ、その概要を成果報告会において報告した。

《6》革新的ガラス溶融プロセス技術開発 [平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「インフライトメルティング技術開発」

1t/d規模のインフライトメルティング試験炉の設計と製作をほぼ終了し、酸素燃焼バーナー単体試験及び試験炉熱間試験運転を経て溶融試験を開始した。インフライトメルティング試験炉へ供するソーダライム造粒体の製造を実施。液晶用ガラス造粒体のインフライトメルティングについてB₂O₃残存率とガラス化率との関係も明らかにする予定。多相プラズマによるハイブリッド加熱安定化に向けて電極配置を変えて試験を行い所期の性能を確認。電源トランスの増設と電極の改造を行った。また、ガラス融液観察のための炉を製作すると共に来年度購入予定のインフライトメルティング粒子のその場評価及び観察用高速度カメラの性能確認を行った。多相プラズマモデル、液体燃料燃焼モデル及び計算高速化の各プログラムを開発するとともに先導研究で開発した各種シミュレーションモデルを試験炉に適用し改良した。

研究開発項目②「ガラスカレット（再生材）高効率加熱技術開発」

カレット供給装置と予熱装置の検討を実施し、予熱予備試験を行った。

研究開発項目③「ガラス原料融液とカレット融液との高速混合技術開発」

融液攪拌の物理モデル実験のための図面作成と機器選定を終了し予備試験実施に移行する予定。攪拌子の材質評価装置を設計した。泡と脈理を分離認識する均質化評価のための画像解析手法を検討し、泡及び脈理それぞれについて最適な解析手法の選定を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は、独立行政法人物質・材料研究機構ナノ物質ラボ長 井上 悟氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「気中溶解（インフライトメルティング）技術開発」

- (1) ハイブリッド加熱試験装置の酸素炎の周囲にプラズマアークを形成する多相アーク発生方法を検討し、比較的安定なアークを得る電極配置や位相順序等について知見を得るとともに、多相アーク電極の冷却システム及び電源システムを改良し、電極消耗量を低減した。プラズマ及びハイブリッド加熱によるガラス化率、成分揮発量への影響を調査した。また、溶融粒子計測装置を購入し、必要なレンズ使用の適正化を行い、ハイブリッド加熱試験装置の組み立てを完了した。
- (2) ガラス融液内に発生する気泡の動的変化を定量的に抽出した。また、インフライトメルティングによるガラス化率、成分揮発量への影響の調査等を開始した。
- (3) インフライトメルティング実験装置にメルト採取装置を組み込み、溶融体としてのガラスの品質評価を実施した。
- (4) 1t/d溶融試験炉の試験結果及びモデル実験等の結果を基に、燃焼室形状の適正化及びカレットを溶融可能とするための試験炉の改造を行い、36時間の連続運転を実施した。溶融試験炉に使用する炉材の異種適用試験と評価を開始し、最適条件の探索に着手した。
- (5) ホウ酸残存率向上のためのガラス原料造粒体の製造条件を検討及び製造を行った。また、得られたガラス原料造粒体を溶融したガラスの評価を実施した。
- (6) ガラス融液とカレット融液との混合攪拌モデルを構築した。
- (7) 溶融炉におけるガラス接液部の耐火物侵食を予測するモデルを作成し、炉形状と温度分布の適正化及び溶融炉の耐用年数予測に着手した。

研究開発項目②「ガラスカレット（再生材）高効率加熱技術開発」

カレット予熱装置とカレット供給装置を作製し、インフライトメルティング法によるカレット粒子溶融のための最適粒径の検討を開始した。カレット予熱に適するロータリー式加熱炉を平成20年度に作製した1t/d溶融試験炉に設置した。

研究開発項目③「ガラス原料融液とカレット融液との高速混合技術開発」

- (1) 攪拌装置を1t/d溶融試験炉に設置し、攪拌実験に着手した。
- (2) 攪拌装置の運転条件とガラス均質度及び気泡に与える影響を評価し、均質度改善に効果的な攪拌

装置と運転条件の探索を開始した。

(3) シュリーレン像による泡と脈理の画像解析により、泡の大きさ分布及び脈理の相関確率分布の評価方法を検討した。

平成22年度においては、以下を実施した。

平成22年度は、独立行政法人物質・材料研究機構ナノ物質ラボ長 井上 悟氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「気中溶解（インフライトメルティング）技術開発」

- ・多相アークの電極損耗の原因が高温による電極の融解であり、電極の冷却による寿命延長を試みた。その結果、多相プラズマの電極消耗量を 50 mg/min 以下とする条件を見出した。
- ・インフライトメルティングガラスの融液挙動の解析を行い、融液中から発生する気泡について温度と発生個数との関係、及び気泡径の経時変化などの現象を確認した。また、ガラスに内包された気泡中のガス成分の同定・定量化を進め、 CO_2 、 N_2 、 H_2O のほかに COS 等が検出された。
- ・液晶用ガラスに対するプラズマ加熱の特徴を明確化するとともに、液晶用ガラスの気中溶融加熱条件について検討し、造粒体の高強度化により、 B_2O_3 残存率85%以上で目標とするガラス化率を達成し、溶融体採取装置を用いて、気孔率0.1vol%以下を達成した。
- ・バーナの改良・調整により、カレットなしでソーダ石灰ガラスを製造する場合における溶解エネルギー： $1000\text{ kcal/kg-glass}$ 以下でかつ必要なガラス化率を達成した。
- ・長期間稼働試験において、気中溶融バーナー中の飛翔粒子および着地後メルトの組成、残存ガスおよびガラス化反応率の挙動を詳細に調査し、ソーダライムガラスでは飛翔中にガラス化反応がほとんど終了していることが明らかになった。
- ・試験炉の運転データを用いた実時間に近いシミュレーションを可能にするプログラムを構築するとともに、熱収支計算モデルの補正、多相プラズマモデルの精度向上を図り、試験炉の熱収支計算シミュレーションを高精度で行う環境を整備した。

研究開発項目②「ガラスカレット（再生材）高効率加熱技術開発」

粒径 1 mm 以下の細粒ソーダ石灰ガラスカレットを用いて、カレット予熱なしで気中溶融し、1分以内で 1200°C 以上に昇温できることを確認した。

研究開発項目③「ガラス原料融液とカレット融液との高速混合技術開発」

- ・びんガラス生産で用いられる一般的なスクリュウ式攪拌子により、均質度の顕著な改善が確認でき、中間目標である4時間以内の均一化を達成した。
- ・泡と脈理を分離認識する均質化評価のための画像解析手法、画像解析により泡の大きさ分布及び脈理の相関確率分布の評価方法を検討し、中間目標である均一性評価技術を確立した。また中間評価結果を踏まえ、びんガラス、液晶用ガラス等用途別に技術課題を整理することにより、各々の製造プロセスの全体像、出口イメージを明確化すること、実用化に最も近いと考えられるビンガラスについて実用炉の概念設計を行い、課題を抽出すること等の計画の見直しを行った。

平成23年度においては、以下を実施した。

独立行政法人物質・材料研究機構ナノスケール物質萌芽ラボ長 井上 悟氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「気中溶解（インフライトメルティング）技術開発」

(1) 超高効率気中加熱技術の開発

試験炉のバーナの改造・調整を行い、びんガラス及び液晶ガラスの溶融エネルギーの目標値をほぼ達成できる運転条件を確認した。また、得られたガラスの分析・評価技術を構築し、気泡中の成分分析が可能となった。びんガラスについては、実用炉に関する概念設計による課題を抽出した。

(2) プラズマ・酸素燃焼炎加熱技術の開発

酸素燃焼炎、多相アークの組合せの気中溶解で、電極改造等により長時間安定運転のための技術確立を目指し、60分以上の運転を実現した。また、液晶ガラス用の 1 t/d 試験炉適用に向けた設備改造に取り組んだ。

(3) 共通基盤技術

気中溶解ガラスの融液挙動、ガラス原料粒子の飛翔挙動の把握により、ガラス化反応及び気中溶解ガラスの特徴と気中溶解条件との関係を明らかにした。また、分解ガス未放出状態の溶融ガラス粒子による泡層の生成をモデル化し、泡層の低減策立案と熱収支予測の精度向上を図った。

研究開発項目②「ガラスカレット（再生材）高効率加熱技術開発」

細粒カレットを連続して気中溶解できる条件を確立した。また、粗粒カレットを電気溶融でプリメルトするための装置について概略設計、検討を行った。さらに細粒カレットと粗粒カレットの溶解挙動を解析し、最適なプロセス選定の検討を行った。

研究開発項目③「ガラス原料融液とカレット融液との高速混合技術開発」

攪拌装置と運転条件をさらに適正化することで、生原料とカレットの融液の3時間以内での均質化を可能とし、2時間以内に均質化する道筋をつけた。また、シュリーレン像の泡、脈理を独立に検出し、量や分布の定量評価法を完成させた。

平成24年度においては、以下を実施した。

ガラス産業における革新的省エネルギー技術の確立を目的に、独立行政法人物質・材料研究機構ナノスケール物質萌芽ラボ 井上 悟氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①気中溶解（インフライトメルティング）技術開発

（1）超高効率気中加熱技術の開発

ソーダ石灰ガラスの溶融エネルギー目標値 900 kcal/kg-glass を達成した。さらに入熱量を減らした試験を行い、より低いエネルギーで溶融できる可能性を得た。

また、液晶用ガラスの溶融エネルギー目標値である $2,800\text{ kcal/kg-glass}$ も達成した。

実用炉の炉材としては、空気燃焼によるシーメンス炉と同材質が使用可能と判明した。

（2）プラズマ・酸素燃焼炎加熱技術の開発

世界初となる新プラズマ炉（プラズマ・酸素燃焼ハイブリッド加熱）を開発し、試験条件の最適化（電極径とArガス流）により、最長40分の安定なハイブリッド加熱を実現した。

（3）共通基盤技術

気中溶融条件と溶存ガス量の関係に対し、ガス種による投入エネルギー量の依存性を明らかにした。また残存気泡消失（清澄）について、 CO_2 溶存ガス量と投入エネルギー量との関係が重要であることを確認した。気中溶解に伴う泡層挙動のシミュレーション精度を高め、試験炉の熱収支内訳を $\pm 5\%$ の精度での予測を達成した。気中溶解から気泡清澄に至る全モデルを完成させた。

研究開発項目②ガラスカレット（再生材）高効率加熱技術開発

（1）高速高効率加熱技術の開発（カレットの溶融技術）

$106\sim 325\ \mu\text{m}$ の細粒カレットを使用し、溶融エネルギー $1080\text{ kcal/kg-glass}$ を達成した。また、カレットに造粒生原料50%を添加して $1200\text{ kcal/kg-glass}$ で24時間以上の連続運転を確認した。

（2）カレット超予熱技術の開発

目標値以上のカレット予熱を可能とする間接加熱式ロータリーキルンを開発した。

研究開発項目③ガラス原料融液とカレット融液との高速混合技術開発

（1）攪拌技術の開発

ガラス原料融液とカレット融液の均一混合時間として2時間以内を達成した。また、可視画像とシュリーレン画像を用い、脈理と泡の分布を解析する手法を確立した。

（2）均質性評価技術の開発

攪拌工程を経た粗溶融段階の気中溶解ガラスについて、（1）にて確立した手法を適用して均質性を評価し、実験室溶融ガラスおよび市販ガラスとの対比を行った。気中溶解ガラスが実用レベルの均質性を有することを確認した。

《7》省エネルギー革新技术開発事業 [平成21年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は2度の公募を行い、民生分野で大きな省エネルギー効果が期待される超断熱真空ガラスの研究開発など、一次公募34テーマ（応募総数114件、倍率3.4倍）、二次公募16テーマ（応募総数85テーマ、倍率5.3倍）の計50テーマ（※）を採択した。

事業の実施に際しては、外部有識者等による技術委員会をNEDO内に限らず、実際の研究開発実施場所でも開催し、研究開発状況を確認した上で、課題や今後の計画についてアドバイスや議論を行うなど、円滑な事業の推進に努めた。また、平成22年度新規採択に係る公募を平成22年3月15日から開始した。

（※）挑戦研究フェーズ6テーマ、先導研究フェーズ14テーマ、実用化開発フェーズ13テーマ、実証研究フェーズ1テーマ、事前研究16テーマ

平成22年度においては、以下を実施した。

平成22年度は2度の公募を行い、民生分野で大きな省エネルギー効果が期待される磁気を使った高効率冷凍機の研究開発など、1次公募14テーマ（応募総数110件、倍率7.9倍）、2次公募9テーマ（応募総数74テーマ、倍率8.2倍）の計23テーマ（※）を採択した。

事業の実施に際しては、外部有識者等による技術委員会を開催し、進捗確認や課題解決に向けたアドバイス等を行うとともに、平成21年度に採択し、2年が経過したテーマについて、平成23年1月に中間評価を実施した。全23件のうち「優良」12件、「合格」6件、「不合格」5件となり、「不合格」となったテーマは研究を中止する等、評価結果を事業運営に適切に反映した。

さらに、平成23年1月に、自己評価による制度評価を実施し、採択審査プロセス等マネジメントの改善点を抽出した。また、平成23年度新規採択に係る公募を平成23年3月29日から開始した。

（※）挑戦研究フェーズ1テーマ、先導研究フェーズ10テーマ、実用化開発フェーズ10テーマ、実証研究フェーズ1テーマ、事前研究1テーマ

平成23年度においては、以下を実施した。

平成23年度は1次公募、2次公募に加え、東日本大震災の発生により、電力の供給力不足、更には需要が供給を上回ることによる大規模停電が懸念されていることを受け、電力需給緊急対策として、省エネ効果と共に電力需給問題に資する実証事業に係る公募を実施し、1次公募29テーマ（応募総数114件、倍率3.9倍）、2次公募12テーマ（応募総数95テーマ、倍率7.9倍）、電力需給公募対策に係る7テーマ（応募総数42テーマ、倍率6.0倍）の

計48テーマ（※）を採択した。

事業の実施に際しては、外部有識者等による技術委員会を開催し、進捗確認や課題解決に向けたアドバイス等を行うとともに、平成22年度に採択した19件のテーマについて、平成24年1月末から2月初旬にかけて中間評価を実施した。その結果、全19件が「継続」と評価され、また評価委員によるコメント等を事業運営に適切に反映した。

平成24年度からは、本事業の後継として「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」を実施することとし、新規採択に係る公募を、平成24年3月21日から開始した。

（※）挑戦研究フェーズ1テーマ、先導研究フェーズ10テーマ、実用化開発フェーズ15テーマ、実証研究フェーズ11テーマ、事前研究11テーマ

なお、平成24年度以降は「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」に統合して実施した。

《8》資源対応力強化のための革新的製銑プロセス技術開発 [平成21年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は、実施者の公募を行い、以下の実用化開発を支援した。

研究開発項目①「革新的塊成物の組成・構造条件の探索」

- (1) 実験室規模小型成型試験機を用いて、均一化が困難な密度の異なる石炭・鉱石についてバインダーの添加量、攪拌温度、攪拌速度（攪拌機の回転数）などの適正成型条件を探索し、最適な条件設定の目処を得た。また、塊成物同士の融着を防止するための条件探索を行い良好な条件を得た。
- (2) 革新的塊成物のパイロット規模連続成型設備の開発に着手した。
- (3) 冷間成型性及び乾留後強度の向上と低品位炭使用量を増加させるための新規バインダーの探索を実施し、バインダー種や配合量による塊成物の強度への影響等の調査を開始した。

研究開発項目②「革新的塊成物の製造プロセスの開発」

- (1) 実験室規模小型乾留試験炉を用いて、パイロット規模（30t/d）の堅型連続乾留を実現するための炉内温度最適条件（温度、温度勾配）を検討し、温度勾配を変えて最適な乾留試験範囲の探索を行った。
- (2) パイロット規模（30t/d）堅型乾留炉の設計を実施した。
- (3) パイロット規模（30t/d）堅型乾留炉の建設を開始した。

研究開発項目③「革新的塊成物による高炉操業プロセスの開発」

- (1) 炉内配置の適正範囲を求めるため高炉内高さ（層厚）方向、円周（層内）方向について均一混合する装入技術の開発を高炉装入シミュレータを用いて実験し、最適範囲の目処を得た。
- (2) 熱保存帯温度を低下させる原料混合条件の検討を開始し、熱保存帯温度低下効果を取り入れた新塊成物の反応モデルを開発した。このモデルを高炉トータルモデルに統合し革新的塊成物を使用した高炉操業シミュレーションを可能とする環境の構築に着手した。

平成22年度においては、以下を実施した。

平成22年度は、スケールアップに伴う課題抽出を念頭に進める実施者の下記実用化開発を支援した。なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなった。

研究開発項目①「革新的塊成物の組成・構造条件の探索」

- (1) 実験室規模小型生計試験機を用いて、成型歩留まりと成型後強度を確保できる均一攪拌技術を確立した。
- (2) 上記、成果を基に30t/d規模での連続成型設備の設計および建設を完了し、成型試験を実施した。
- (3) 革新的塊成物の強度改善に資する新規バインダーは、熱処理・成分分離により性能制御が可能であることが判明した。

研究開発項目②「革新的塊成物の製造プロセスの開発」

以下の開発を行い、革新的塊成物を連続的かつ安定に製造するための製造技術を確立した。

- (1) 実験室規模の電気抵抗加熱乾留炉を用いた実験結果により適正加熱条件を決定した。
- (2) 直接加熱方式による30t/d規模パイロット型連続堅型乾留炉の設計を完了した。
- (3) 上記、成果を基に実証試験に向けて30t/d規模パイロット堅型乾留炉の主要機器となる炉本体の建設を開始した。

研究開発項目③「革新的塊成物による高炉操業プロセスの開発」

以下の開発を行い、革新的塊成物の高炉内挙動を再現する高炉シミュレータを構築した。また、モデル計算によって革新的塊成物の高炉操業に及ぼす影響と効果を確認し、最適高炉操業技術を開発した。

- (1) フェロコックスは、鉱石層還元促進の側面からは鉱石層内に均一に混合させる条件が良く、圧力損失の面からは鉱石層上層に混合する条件が良好であることが判明し、高炉内反応効率改善のための炉内配置の適正化条件を見出した。
- (2) ガス化反応速度の実測に基づき、高炉数学モデル組み込み反応モデルを構築した。モデルによる

基礎検討の結果、高炉プロセスにおける省エネ率は、目標10%に対して約7%の見込みを得るなど、高炉反応平衡制御のための操業操作の適正化に向けて条件を検討した。

《9》次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業 [平成21年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は、実施者の公募を行い、以下の実用化開発を支援・実施した。

研究開発項目①「住宅内交流・直流併用システムの実証」(助成)

- (1) 低電圧(48V以下)直流配線の実住宅での試作・設置を行った。
- (2) 直流漏電検知方式の選定及び機能回路試作を行った。
- (3) 太陽電池出力の協調制御可能な機能モデル、双方向AC-DCコンバータの機能評価モデルの試作を行った。

研究開発項目②「住宅内直流配線・情報ネットワーク融合可能性」(助成)

通信機能、データ処理機能、及び表示機能を備えた表示器の試作及び省エネルギー制御アルゴリズムの試作を行った。また、直流配線上に繋がる全ての機器で、高速通信を実現するための方式、交流配線、無線通信ネットワークとの融合について、通信方式の検討と効果の定量的確認を行った。

研究開発項目③「有識者委員会等による将来の直流システムの検討」(委託)

有識者の衆智を集め、研究開発項目①、②の中間報告等も活用し、住宅内配線の将来あるべき姿に関して、業界へのヒアリング調査と海外調査を行ない、将来の省エネルギーの可能性について調査した。

平成22年度においては、以下を実施した。

以下の研究開発項目における実用化開発を支援・実施し、省エネルギー効果を実証するとともに、さらなる将来に向けて、省エネルギーの可能性を探った。

研究開発項目①「住宅内交流・直流併用システムの実証」

- (1) 低電圧(48V以下)直流配線の実住宅を建設してシステムの設置を行ない、太陽電池付き交流システム住宅に対して、10%以上の一次エネルギーの削減を確認し、プロジェクトの目標を達成した。
- (2) 創蓄エネ連携制御による家全体の実証実験を行ない、安全等実運用に関わる技術課題の抽出と検討を行った。
- (3) ACアダプタ付き機器を対象にした直流化の省エネ実証実験を行い、交流・低電圧直流システムによる10%以上の省エネを確認した。

研究開発項目②「住宅内直流配線・情報ネットワーク融合可能性」

直流配線ラインを用いた通信ネットワークの実証を行い、通信時の課題を抽出し、対策を検討した。また、ネットワークの用途についても検討を行った。

研究開発項目③「有識者委員会等による将来の直流システムの検討」

有識者委員等を変え、次世代の直流配線住宅システムのモデルを検討し、さらなる省エネの可能性について調査・検討し、20%以上の省エネルギー効果を発揮する可能性を示した。

本事業の結果より、将来の直流システムが既存の交流システムに比べ約20%以上の省エネルギー効果を発揮する可能性が示された。

《10》次世代建築物制御技術標準化実証事業 [平成21年度補正]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

ビル内における設備・技術を統合・管理し、省エネルギー化の普及を図るため、中小ビルにも導入可能なビルエネルギー管理システムインターフェース標準化の技術開発及び実証研究について、公募により採択した8件を支援した。主な支援内容は以下の通りである。

- ・異なる設備メーカー間の相互接続環境を実現し、制御システムのインターフェースや通信データ仕様を標準化するための実証研究
- ・建築物全体の管理システムと制御対象機器とがデータ交換する標準化モデルを作成し、接続性と信頼性等を確立するための実証研究
- ・ネットワークを経由し、セキュリティが確保された遠隔での計測・制御に関する実証研究

《1 1》次世代省エネルギー等建築システム実証事業 [平成21年度補正]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

2030年までにビルにおける年間のCO₂排出量を概ねゼロとするゼロ・エミッション・ビルの実用的概念の確立と普及を図るため、自然エネルギーの活用技術や省エネルギー設備技術などの省CO₂を実現する複数の技術等を新たに組み合わせた実証研究について、公募により採択した8件の技術開発及び実証の設計を支援した。

《1 2》次世代型ヒートポンプシステム研究開発 [平成22年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

平成22年度は、公募を実施し応募があった22件のテーマについて審査を行い、下記の9件の採択を行った。

採択した各テーマにおいては、ヒートポンプシステムを設計しシミュレーション等により効率1.5倍以上となる可能性について検討を行った。また、外部有識者によるステージゲート審査委員会を実施し、①目標である「現状システムに比べて1.5倍以上の効率向上できるシステム」の可能性検討が完了し、具体的なシステムの提案ができていること、②試作機による実証の妥当性の2点を審査の観点とし、平成23年度以降に実際に次世代型ヒートポンプシステムを試作し、実証を行うテーマとして下記のとおり、6件（家庭用：1件、業務用：3件、産業用：2件）への絞り込みを行った。

（家庭用）

- ・デシカント・蒸気圧縮式ハイブリッド型ノンフロストヒートポンプの研究開発

（業務用）

- ・実負荷に合わせた年間効率向上ヒートポンプシステムの研究開発
- ・地下水制御型高効率ヒートポンプ空調システムの研究開発
- ・次世代型ビル用マルチヒートポンプシステムの革新的省エネ制御の研究開発

（産業用）

- ・都市域における下水管路網を活用した下水熱利用・熱融通技術
- ・高密度冷熱ネットワークの研究開発

平成23年度においては、以下を実施した。

平成23年度から独立行政法人産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 主幹研究員 宗像 鉄雄氏をプロジェクトリーダーとし、ステージゲート評価により選定したテーマについて、以下の研究開発を実施した。

（1）家庭用次世代型ヒートポンプシステムの開発

- ・デシカント・蒸気圧縮式ハイブリッド型ノンフロストヒートポンプの研究開発として、デシカントロータを組み込んだ実証試験試作機を構築し、着霜（温湿度）領域でのノンフロスト運転の実証試験を開始した。

（2）業務用次世代型ヒートポンプシステムの開発

- ・実負荷に合わせた年間効率向上ヒートポンプシステムの研究開発として、高効率・ワイドレンジスクロール圧縮機の試作機と、蒸気圧縮方式と自然循環方式を組み合わせたシステムの1次試作機を作製した。それによる実用条件の妥当性の検討を開始した。
- ・地下水制御型高効率ヒートポンプ空調システムの研究開発として、実証実験装置の製作と試運転・調整を行い、現状システムとの比較検証および評価を開始した。
- ・次世代型ビル用マルチヒートポンプシステムの革新的省エネ制御の研究開発として、低負荷領域での圧縮機発停止によるCOP低下を改善できるリアルタイムの負荷予測と、それに基づく能力制御を組み込んだビル用マルチエアコンを試作し、業務用ビルに設置し評価を開始した。

（3）産業用次世代型ヒートポンプシステムの開発

- ・都市域における下水管路網を活用した下水熱利用・熱融通技術の開発として、下水処理場内の下水管路・未処理水を用い、樹脂製熱交換器、下水管組込型熱交換器を組み込んだ小規模試験設備を構築し、下水熱利用の効果実測を開始した。
- ・高密度冷熱ネットワークの研究開発として、氷混入装置及び配管システムの設計を完了し、氷混入装置、低温送風および変動微風、統合制御を組み込んだ冷熱ネットワークシステムの実証試験機と高密度な1管ループ方式で構成した実配管規模の実証試験装置を構築し、実証試験を開始した。

平成24年度においては、以下を実施した。

平成23年度に引き続き、独立行政法人産業技術総合研究所 宗像鉄雄氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①家庭用次世代型ヒートポンプシステムの開発

- ・デシカント・蒸気圧縮式ハイブリッド型ノンフロストヒートポンプの研究開発として、エアコン／給湯機の1次試作機による基本性能評価でノンフロスト性効果を確認した。さらに伝熱性能と圧縮性能の向上、および小型化を図った2次試作機で目標のシステム効率を達成した。

研究開発項目②業務用次世代型ヒートポンプシステムの開発

- ・実負荷に合わせた年間効率向上ヒートポンプシステムの研究開発として、1次試作機評価により

目標の効率達成（圧縮機効率：3～100%負荷範囲での運転実現、負荷比率10%で効率1.26倍）を確認した。また、適応制御を改善した2次試作機を完成させ、実使用場所（清水、札幌）にて年間を通じた実測を行った結果、目標のシステム効率を達成した。

- ・地下水制御型高効率ヒートポンプ空調システムの研究開発として、実証実験システムの試作と試運転を次世代省エネルギーⅢ地区（長野市）で行い、冬期暖房運転と夏期冷房運転による通年の性能評価結果を基に、地下水回収効率、補機適正化などにより、目標効率達成可能なシステムに目処を付けた。
- ・次世代型ビル用マルチヒートポンプシステムの革新的省エネ制御の研究開発として、リアルタイムな負荷予測と、能力制御を組み込んだ実証試験システムにおいて、冷暖同時運転機と外気処理機を連動させたシステム実証試験により、目標のシステム効率を達成した。

研究開発項目③産業用次世代型ヒートポンプシステムの開発

- ・都市域における下水管路網を活用した下水熱利用・熱融通技術の開発として、下水処理場内の実証試験システム（新たに熱融通機構も追加）で、各種熱交換器1次仕様での性能比較、夾雑物除去試作機での機能評価も併せて、効果実測を行った結果、目標効率達成が見込めるシステムを提示した。
- ・高密度冷熱ネットワークの研究開発として、システムシミュレーションにより、目標性能を達成する運用方法を提示した。また氷混入装置及び配管システムの設計を完了。貯氷・移氷仕様及び冷熱搬送工程を改良したシステムを再構築すると共に、目標効率達成が見込めるネットワークの網羅的制御システムを完成した。

研究開発項目④効率評価方法等に関する検討

システム評価方法について、その基本的な考え方、手法のあり方、条件設定などの検討結果を集約し、現行テーマの実証試験での試用および課題検証を通じて、性能評価ガイドラインを策定した。

《13》革新的セメント製造プロセス基盤技術開発 [平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

実施者を公募し、4者による共同提案1件を採択し、以下の研究開発を行った。なお、本事業は業務見直しにより平成22年度末でNEDO事業として終了することとなった。

研究開発項目①「革新的セメント製造プロセスの設計と評価」

(1) 省エネ型クリンカ焼成システムのための要素技術開発

(ア) 焼成温度低下の効果をもつる鉍化剤の選定・開発

- ・鉍化剤使用によるセメントクリンカ低温焼成技術を開発するため、鉍化剤に関する調査および実験室規模電気炉での鉍化剤の最適化を行った。
- ・鉍物組成変更による省エネ型クリンカ焼成技術を開発するため、ビーライト活性化による低カルシウム型クリンカの開発およびビーライト-アウイン系クリンカの開発を行った。

(イ) クリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析技術の開発

セメントプロセス全体シミュレータの開発および焼成システムを考慮できる統合シミュレータの開発を行った。

(ウ) クリンカ焼成プロセスの計測技術の開発

- ・スペクトル計測等によるキルン内温度計測技術を開発するため、温度計測に有効なスペクトル等の選定を行った。
- ・放射温度計等によるキルン内温度計測技術を開発するため、窯前（キルン出口部）からの焼点温度測定技術開発を行った。

(2) セメント製造プロセスの設計

本研究内容や、プロセスのマテリアルバランスとエネルギーバランスの調査等に関する検討を行うため、専門知識を有する学識経験者を委員とする開発推進委員会を設置し、全体計画および平成22年度計画や進め方に関する助言や指導を得た。

《14》太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発 [平成23年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材の部材開発及びこれらを効果的に組み合わせ住宅全体で太陽熱エネルギーを活用するシステムについて以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①高性能断熱材の開発

コア材と包材及びそれを用いて長期耐久性（30年相当）確保が可能な複合パネルの構成を検討し、構成案を考案した。寿命予測手法を検討し、手法を考案した。

研究開発項目②高機能パッシブ蓄熱建材の開発

耐久性カプセル壁の形成条件等を検討し、粒径が10 μ m以下となる製造方法を確立した。また、潜熱蓄熱建材は、長期耐久性の検証方法を考案すると共に、数値計算等により、空調エネルギーを20%程度削減する潜熱蓄熱建材の基本仕様の素案を作成した。

研究開発項目③戸建住宅用太陽熱活用システムの開発

- ・集熱、蓄熱の性能向上技術及び太陽熱冷房技術の基礎実験を行い、集熱・蓄熱部、除湿・冷却部の特性を把握した。また性能評価指標を検討し、実験棟の建設を行った。
- ・熱解析プログラムを用いてシミュレーションを行い、太陽熱エネルギー活用寄与率・相乗効果を確認し、パッシブシステムを含んだ監視・制御システム、蓄熱部位等の基本仕様を検討した。
- ・太陽熱利用冷房機用の水蒸発冷却器及び高容積率蓄熱槽の仕様を検討し、水蒸発冷却機の試作仕様案を考案した。
- ・デシカントシステムは、原型機を試作した。太陽熱集熱システムは、数値計算による構造及び断熱ダクトの仕様の見込みをつけた。また、全体システムは、シミュレーションを行い、蓄冷建材と蓄冷ユニットの必要容量を導き出した。
- ・潜熱蓄熱材利用ダブルスキン壁とパッシブ換気システムの仕様を策定し、性能評価指標を検討した。

平成24年度においては、以下を実施した。

高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材の部材開発及びこれらを効果的に組み合わせ住宅全体で太陽熱エネルギーを活用するシステムについて以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①高性能断熱材の開発

- ・真空断熱材を用いた複合断熱パネルの実物大試作を行い、断熱性に関する中間目標値達成に目処をつけた。また、断熱性能の寿命予測に活用可能な熱伝導解析モデルのプロトタイプを作成した。
- ・ナノ多孔体セラミックス粒子をコア材とする真空断熱材の革新的連続生産プロセス確立のため、粒子封入等の各種要素技術について検討を行い、一部のプロセスについて試作装置の設計と製作を行った。また、使用環境を想定した長期耐久性の検証方法を考案し、耐久性促進試験や想定条件確認のためのシミュレーションを実施し、封止フィルムのガス透過メカニズムなどの評価・検討を行った。

研究開発項目②高機能パッシブ蓄熱建材の開発

適切な性能評価指標と長期耐久性の検証方法の検討を行い、潜熱蓄熱材のマイクロカプセルについては、熱耐久性の高い組成を確立した。また、連続生産プロセスによるスケールアップ実験を実施し、前記組成での連続生産が可能なることを確認した。潜熱蓄熱建材については、暖房負荷削減効果について、次世代省エネ基準の環境で20%という中間目標を数値計算で確認するとともに、12mm厚さの建材を実物大で試作し、実験棟においても確認した。また製造時の歩留まり及びVOC放散量についても今年度までの計画目標を達成した。

研究開発項目③戸建住宅用太陽熱活用システムの開発

- ・集熱部、除湿冷却部の基礎実験を重ねることで開発仕様を検討し、冬季朝室温の改善等の仕様案を開発した。実験棟3棟を準備し、それぞれの断熱気密性能が同じことを実測で確認した上で、各棟に集熱システム等を取り付け、現行仕様と開発仕様について冬期のシステム評価を行った。結果として、集熱温度、冬季朝室温、冷房能力等を確認し、今年度までの計画目標を達成した。
- ・実証住宅へのパッシブ・アクティブソーラーシステムの導入検討（集熱部位、蓄熱部位、制御）を行い、建設に着手した。適切な性能評価指標を検討の上、シミュレーションにより、平成11年度次世代省エネ基準の住宅に比べてLow-eガラス仕様のモデルで約62%の暖房負荷削減結果を得た。同時に、設計法及び設計ツールの開発、試作を行い、全館空調方式パッシブ・アクティブソーラーシステムにより、今年度までの計画目標を達成した。
- ・500リットル大容量蓄熱槽の試作及び発電・給湯暖房システムを試作し、モデルハウスでの実証試験を行って、冬期の省エネ率として約50%を確認した。水蒸発利用冷却器及び冷房機を試作し、7度の冷却効果を確認した。
- ・試作した各システム（カスケードソーラーシステム・デシカントシステム・蓄冷ユニット）の個別での評価を行うとともに、実験棟を建設して、そこへ設置した。試作システムの通年実測を開始し、シミュレーションとの差異を評価した。これらにより、今年度までの計画目標を達成した。
- ・給湯利用・空調利用潜熱蓄熱壁試作システム及びパッシブ換気システムを実験棟に設置し、各要素技術検証のための測定を実施した。測定データの解析結果を基にシミュレーションによる効果予測を行い、エネルギー消費量削減の今年度までの計画目標を達成した。

《15》戦略的省エネルギー技術革新プログラム [平成24年度～平成33年度]

[中期目標期間実績]

平成24年度においては、以下を実施した。

平成24年度は2度の公募を行い、1次公募18テーマ（応募総数70件、倍率3.9倍）、2次公募29テーマ（応募総数64件、倍率2.2倍）の計47テーマ（※）を採択した。公募に際しては、特に産業、家庭・業務、運輸部門それぞれで適用範囲が広く横断的な取り組みが期待される4つの「重要技術」について「特定技術開発課題」を設

定した。

事業の実施に際しては、外部有識者による技術委員会を開催し、進捗確認や課題解決に向けたアドバイスをを行った。また、6月下旬には平成23年度に採択した事前研究一体型の5件のテーマについて中間評価を行い、全5テーマが「継続」と評価された。1月下旬から2月上旬にかけては、平成23年度に採択した25件のテーマについての中間評価および平成24年度に採択した6件のテーマについてのステージゲート審査をそれぞれ実施した。中間評価においては25件中21件が「継続」、4件が「非継続」の評価、ステージゲート審査では6件中3件が「継続」、3件が「非継続」の評価をそれぞれ受けた。「継続」となったテーマについては、評価委員によるコメント等を事業運営に適切に反映した。

また、平成25年度新規採択に係る公募を、平成25年2月27日から開始した。

(※) インキュベーション研究開発フェーズ13テーマ、実用化開発フェーズ31テーマ、実証開発フェーズ3テーマ。インキュベーション研究開発フェーズは他フェーズとの一体提案によるもの。また、実用化開発フェーズは、実証開発フェーズとの一体提案によるものも含む。

また、エネルギー基本計画の策定等の情勢変化を踏まえつつ、省エネ技術戦略の見直しについての検討を開始した。

②導入普及業務

[中期計画]

我が国は、地球温暖化問題に関して、平成17年2月の京都議定書発効を受け同年4月に京都議定書目標達成計画を策定し、これまで温室効果ガス排出削減に取り組んでおり、産業部門、民生部門、運輸部門の3セクターにおける各部門のエネルギー消費動向を踏まえつつ、エネルギー使用の合理化が総合的に推進されることが必要である。

第2期中期目標期間においては、2010年における国の長期エネルギー需給見通し及び京都議定書目標達成計画の実現に向けた短期対策として、以下に留意しつつ実施する。

- ・全体として我が国のエネルギー使用の合理化が推進されるような案件選定・採択を行う。

- ・産業部門においては、産業間連携等により更なる省エネルギーが推進されるよう、また、エネルギー消費の伸びが著しい民生・運輸部門においては、実効性のある省エネルギー施策が推進されるよう導入普及事業を適切に実施する。特に民生部門については、省エネルギー推進対策として、住宅・建築物に省エネルギー性の高い高効率エネルギーシステムの導入促進を図るとともに、性能、費用対効果等の情報を取得し公表することにより、住宅・建築物に対する省エネルギー意識の高揚を図る。

- ・国民全体への啓発活動の重要性や公的部門における取組の重要性にも配慮し、地方自治体やNPO等の非営利団体が実施する省エネルギーに係る普及啓発活動、ビジョン策定活動への支援を行う。

[中期目標期間実績]

- ・全体として我が国のエネルギー使用の合理化が推進されるような案件選定・採択を行った。

- ・エネルギー使用の合理化を総合的に推進するため、産業、民生、運輸の各部門で、更なる省エネルギーを推進するための設備・技術を導入する取り組み等に対して支援を行った。特に民生部門については、住宅・建築物への省エネルギー設備やBEMSの導入支援を行うとともに、過年度に実施した事業者からエネルギー使用状況の報告を受け、建築物及びBEMSの実施状況を調査・解析を行い、その結果を公表し、建築物及びBEMS事業で導入した機器の省エネ性能や費用対効果等の成果を対外的に発表する等、住宅・建築物に対する省エネルギー意識の高揚を図るべく努めた。

- ・国民全体への啓発活動の重要性や公的部門における取組の重要性にも配慮し、地方自治体等が行う新エネルギー及び省エネルギーに係るビジョン策定等に必要調査事業に対し支援を行なうとともに、非営利団体が行う新エネルギー・省エネルギーに係る普及啓発イベントの開催、展示会への出展等の普及啓発事業に対しても支援を実施した。

《1》エネルギー使用合理化事業者支援事業 [平成10年度～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

当初予算に係る公募（政府の原油高対策としての追加公募を含む）及び補正予算に係る公募を実施し、重点取り組みについては、大規模省エネルギー事業で8件、高性能工業炉の導入事業で12件、運輸関連事業等で186件の採択を行った。全体では、産業部門で180件、民生部門で22件、運輸部門で186件の計388件に対してその事業費の一部を補助し、事業者による省エネルギーの取り組みに対する支援を行った。新規採択に係る想定省エネルギー効果は約48.5万k1（原油換算）。

平成21年度においては、以下を実施した。

公募（2次公募を含む）を実施し、重点取り組みについては、大規模省エネルギー事業で2件、高性能工業炉の導入事業で4件、運輸関連事業等で181件の採択を行った。全体では、産業部門で79件、民生部門で45件、運輸部門等で181件の計305件に対してその事業費の一部を補助し、事業者による省エネルギーの取り組みに対する支援を行った。新規採択に係る想定省エネルギー効果は約26.7万k1（原油換算）である。

平成22年度においては、以下を実施した。

公募を実施し、重点取り組みについては、大規模省エネルギー事業で1件、高性能工業炉の導入事業で1件、運輸関連事業で72件、産業部門等において中小企業40件の新規採択を行った。全体では、産業部門で44件、民生部門で36件、運輸部門で72件の計152件に対してその事業費の一部を補助し、事業者による省エネルギーの取り組みに

対する支援を行った。新規採択に係る想定省エネルギー効果は約18.1万k1(原油換算)である。また、「NEDO省エネルギー技術フォーラム2010」を実施し、本事業における平成20年度実施事業等に係る成果口頭発表(96件)を行った。

平成23年度においては、以下を実施した。

平成23年度は、新規採択は実施せず、平成22年度までに採択した複数年度事業案件について実施した。全体では、産業部門で24件、運輸部門で7件の計31件に対してその事業費の一部を補助し、事業者による省エネルギーの取り組みに対する支援を行った。複数年度事業による想定省エネルギー効果は約38万k1(原油換算)である。また、本事業における平成21年度実施事業等に係る成果報告(380件)の中から、特に省エネルギー効果が高く、成果実績のある13事業(口頭、ポスター計13件)について、平成23年12月に実施した「NEDO省エネルギー技術フォーラム2011」の中で成果発表を行った。

《2》住宅・建築物高効率エネルギーシステム導入促進事業 [平成11年度～(BEMS:平成14年度～)～平成23年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

(住宅に係るもの)

住宅雑誌等での広告宣伝活動を積極的に展開し、当初予算に係る公募では昨年度比約2倍の応募があり、その結果として4,425件の事業に対して事業費の一部を補助し、個人住宅への高効率エネルギーシステム導入に対する支援を行った。また、補正予算に係る公募では一次公募と二次公募を合わせて合計3,972件の事業の新規採択を行った。(想定省エネルギー効果合計:3,208k1(原油換算))

(建築物に係るもの)

建築主等が行う建築物への高効率エネルギーシステムの導入事業に対して、当初予算に係る公募では41件の事業に対して事業費の一部を補助し、建築物への省エネルギー設備の導入に対する支援を行った。また、補正予算に係る公募では8件の事業の新規採択を行った。(想定省エネルギー効果合計:9,316k1(原油換算))

(BEMS導入支援事業)

建築主等が行う建築物へのBEMSの導入事業30件に対して事業費の一部を補助し、建築物の運用段階における省エネルギー対策の支援を行った。(想定省エネルギー効果:4,320k1(原油換算))

平成21年度においては、以下を実施した。

平成14年度～平成22年度]

建築主等が行う建築物への高効率エネルギーシステムの導入事業23件に対して事業費の一部を補助し、建築物への省エネルギー設備の導入に対する支援を行った。(想定省エネルギー効果合計:2,249k1(原油換算))

また、建築主等が行う建築物へのBEMSの導入事業18件に対して事業費の一部を補助し、建築物の運用段階における省エネルギー対策の支援を行った。(想定省エネルギー効果:1,404k1(原油換算))

併せて、過年度の補助事業者(住宅:4,074件、建築物:87件、BEMS:209件)から取得した高効率エネルギーシステム等に関する情報を調査・分析し、その性能や費用対効果等の結果を成果発表会やホームページで広く一般に公表することにより、住宅・建築物に対する省エネルギー意識の高揚を図った。

平成22年度においては、以下を実施した。

(住宅に係るもの)

平成22年度は、個人住宅への高効率エネルギーシステム導入に対する一次公募と二次公募を合わせて1,065件の事業に対して事業費の一部を補助し、支援を行った。(想定省エネルギー効果合計:495k1/年(原油換算))なお、断熱リフォーム規模及び空調設備のリフォーム規模の制限の強化ならびに対象となる設備の性能アップを図ったことにより、断熱改修にかかる補助を行った案件の平均エネルギー削減量が、平成20年度(本予算)に補助を行った案件と比べ、約60%アップとなった。

(建築物に係るもの)

建築主等が行う建築物への高効率エネルギーシステムの導入事業88件の事業に対して事業費の一部を補助し、建築物への省エネルギー設備の導入に対する支援を行った。(想定省エネルギー効果合計:18,903k1/年(原油換算))

(BEMS導入支援事業)

建築主が行う建築物へのBEMSの導入事業31件に対して事業費の一部を補助し、建築物の運用段階における省エネルギー対策の支援を行った。(想定省エネルギー効果:3,122k1/年(原油換算))

なお、以上の導入支援に併せて、過年度に実施した事業者(住宅:8,174件、建築物:89件、BEMS:158件)からエネルギー使用状況の報告を受け、その実施状況を調査・解析し、その調査の解析結果は成果発表会で発表するとともに、成果報告書はNEDOホームページ上で公開した。

平成23年度においては、以下を実施した。

平成23年度は、建築主等が行う建築物への高効率エネルギーシステムの導入事業において、平成22年度に採択した複数年度事業案件の18件に対して事業費の一部を補助し、建築物への省エネルギー設備の導入に対する支援を行った。(想定省エネルギー効果合計:6,432k1/年(原油換算))その内1件は、当該案件に係る躯体工事が東日本大震災により大幅に遅延したことから、平成24年度へ繰り越すこととなった。

また、建築主が行う建築物へのBEMSの導入事業においては、平成22年度に採択した複数年度事業案件の2件に対して事業費の一部を補助し、建築物の運用段階における省エネルギー対策の支援を行った。(想定省エネルギー効果：316k1/年(原油換算))

なお、以上の導入支援に併せて、過年度に実施した事業者からエネルギー使用状況の報告を受け、建築物及びBEMSの実施状況を調査・解析し、その調査解析結果の成果報告書をNEDOホームページ上で公開するとともに、建築物及びBEMS事業で導入した機器の省エネ性能や費用対効果等の成果を、平成23年度12月に実施した「省エネルギー技術フォーラム2011」で発表した。

《3》 温室効果ガス排出削減支援事業 [平成15年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

中小企業事業者等の温室効果ガス削減対策をより推進するとともに、平成20年10月21日に政府において創設された「国内クレジット制度」に多種多様かつ多くの中小企業事業者等が参加できる環境整備を行うため、中小企業事業者等が実施する39件の案件に交付を実施。中小企業事業者等の一層の省エネルギーへの取組を促すとともに、「国内クレジット制度」の排出削減方法論の拡充等に寄与した。

平成21年度においては、以下を実施した。

中小企業者による「国内クレジット制度」への参加を促すべく、波及効果の高い省エネルギー設備導入プロジェクトを公募、72件の応募があり26件を採択した(内4件取下げ)。採択者によるCO₂排出削減量は6,462t/年が見込まれ、「国内クレジット制度」の排出削減方法論の拡大・拡充に寄与し、排出削減認証・取引制度整備に貢献した。

平成22年度においては、以下を実施した。

中小企業者による「国内クレジット制度」への参加を促すべく、波及効果の高い省エネルギー設備導入プロジェクトを公募、44件の応募があり10件を採択した。採択者によるCO₂排出削減量は3,799t/年が見込まれ、「国内クレジット制度」の排出削減方法論の拡大・拡充に寄与し、排出削減認証・取引制度整備に貢献した。

《4》 エネルギー供給事業者主導型総合省エネルギー連携推進事業 [平成17年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

エネルギー供給事業者と地方公共団体との連携の下で実施される建築物への省エネルギー設備の導入事業3件(広報等事業も併せて実施)と過年度の設備導入事業に関する広報等事業66件に対してその事業費の一部を補助し、地域における省エネルギーの効果的な推進に対する支援を行った。(想定省エネルギー効果：2,914k1(原油換算))

平成21年度においては、以下を実施した。

エネルギー供給事業者と地方公共団体との連携の下で実施される建築物への省エネルギー設備の導入事業1件に対してその事業費の一部を補助し、地域における省エネルギーの効果的な推進に対する支援を行った。(想定省エネルギー効果：1,007k1(原油換算))

《5》 地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業 [平成10年度～平成22年度]

[再掲：新エネルギー・省エネルギー関連業務等<2>新エネルギー技術分野 ②導入普及業務 《2》 参照]

《6》 新エネルギー等非営利活動促進事業 [平成15年度～平成22年度]

[再掲：新エネルギー・省エネルギー関連業務等<2>新エネルギー技術分野 ②導入普及業務 《3》 参照]

< 4 > 環境調和型エネルギー技術分野

①技術開発／実証

[中期計画]

我が国は、化石エネルギー利用の技術分野において、過去の貴重な経験を生かし、NO_x/SO_x/煤塵等、地域の環境問題への対応に関する世界トップクラスの技術を有している。また、化石エネルギーの大部分を輸入に依存していることから、産業分野においてエネルギー原単位を低減するための省エネルギー技術についても、世界最先端の水準にある。このような状況の中、我が国の産業競争力の更なる向上を図るため、石炭等の化石エネルギーの利用効率をより一層高めることも重要である。一方、近年アジア地域を中心とした経済の伸長により、世界のエネルギー需要が着実に増加すると予想されており、また、CO₂等の地球温暖化ガスの排出量の抑制は、地球環境問題への対応のために、益々その重要性を増している。さらに、水銀等の微量金属の排出規制強化も重要な課題として取り上げられようとしている。このような状況の下、我が国の環境調和型エネルギー技術開発は、地域の環境問題への対応や地球規模の環境問題への対応のみならず、化石エネルギーの安定供給対策も視野に入れた包括的かつ戦略的な技術開発を進めていく必要がある。

第2期中期目標期間においては、地域の環境問題への更なる対応、CO₂問題等地球規模の環境問題への対応及び化石エネルギー資源の安定供給への対応を推進するために、発電分野におけるCO₂のゼロエミッション化を目指し、石炭ガス化プロセスからCO₂を分離・回収するための技術開発、我が国におけるCCS (Carbon dioxide Capture and Storage) の実施可能性調査、製鉄プロセスから排出されるCO₂を大幅に低減するための革新的な技術開発及び石炭利用に係る微量成分の環境への影響を低減するための技術開発等を実施する。また、石炭ガス化プロセスからのCO₂分離・回収技術開発については、CO₂を99%以上の純度で分離・回収する技術等を確立する。

[中期目標期間実績]

石炭ガス化発電からCCSまでのトータルシステムの技術開発を行うとともに実現可能性を検討した。石炭ガス化発電とCO₂分離・回収システム、輸送システムおよび洋上処理基地の概念設計、また、貯留ポテンシャルの評価を行い、我が国で経済効率のかつ効果的なゼロエミッション火力導入が実現可能であることを確認した。石炭火力発電所からの水銀除去技術として、高度水銀除去システムを評価し、3μg—Hg/kWhを達成することを確認した。また、ガス状ホウ素及びセレンの高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積並びにプラント内挙動を解明し、ISOガイドンスを踏まえJIS化を推進した。

製鉄プロセスにおいては、コークス炉ガス(COG)に含まれる水素を増幅し、コークスの一部代替として用いて鉄鉱石を還元する技術及び高炉ガス(BFG)からCO₂を分離するため、製鉄所内の未利用排熱を活用した革新的なCO₂分離回収技術の開発を実施し、今後の課題を明確にし、次期ステップ2の開発計画を検討した。

石炭生成ガスからのCO₂分離回収技術として化学吸収法の適用を確認し、機器特性及び運用性を評価するとともに、CO₂分離回収に要するエネルギー原単位を把握し、CO₂を99%以上の純度で分離・回収する技術等を確立した。また、次期IGCCに最適なCO₂分離回収技術の開発として、物理吸収法の設備を設置し、試運転及び引取試験を実施して、所定の性能が出ることを確認した。

《1》多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE) [平成10年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「パイロット試験設備(ガス化炉)の改造」

高耐熱仕様ガス化炉の据付及び試運転調整を完了した。

研究開発項目②「CO₂分離回収設備の建設」

CO₂分離回収設備の据付及び試運転調整を完了した。

研究開発項目③「パイロット設備による運転研究」

上記据付試運転調整完了後、ベース炭を用いたガス化試験を実施し、改造前後の比較検討によりガス化炉改造効果を評価するとともに、高灰融点炭種(1炭種)対応試験を実施し、ガス化特性、運用特性等の検証を実施した。また、併せてCO₂分離回収試験を行い、機器特性及び運用性の把握、回収CO₂純度の確認を実施した。微量物質挙動調査については、微量物質の試料サンプリング法や分析手法に関する知見に基づき、微量物質のプラントにおける系内挙動及び物質収支を確認した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成19年度まで実施したSTEP1では、石炭処理量150t/d規模のパイロット試験設備を建設、試験を実施し、当初目標の各種石炭ガス化効率、1,000時間以上の長期連続運転等を達成し、試験設備の高いガス化性能を確認することができた。平成20年度からのSTEP2では、下述のとおり社会情勢変化に応じた新たな研究開発に取り組み、平成21年度に開発目標を達成し、研究開発を終了した。

研究開発の終了にあたり実施した前倒し事後評価においても、事業として所期の目標を達成しており、その意義は大

きいという評価を得た。また今後の早期実用化を期待する意見に対しては、後継プロジェクトの基本計画等に反映させた。

平成21年度は、引き続き電源開発(株)技術開発センター若松研究所長 後藤 秀樹氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「パイロット試験設備による運転研究」

高灰融点炭を用いた試験(3炭種)によりガス化特性、運用特性等の検証を行い、STEP1に比べ、灰融点の高い炭種まで適用が可能であることを確認し、本ガス化技術の優位性を高めることができた。また、CO₂分離回収試験を実施し、石炭生成ガスからのCO₂分離回収技術として化学吸収法の適用を確認し、機器特性及び運用性を評価するとともに、CO₂分離回収に要するエネルギー原単位を把握し、石炭ガス化ガスに適用可能なCOシフト温度制御方法やCOシフト蒸気の低減量を見極めた。更に、回収CO₂純度に見合った吸収液再生方法を確認した。また、石炭中の微量物質挙動調査については、微量物質の系内挙動及び物質収支を確認するとともに、実用化に向けた機器の信頼性向上や環境対策に有用な環境負荷状況の把握、規制物質の処理技術や腐食物質に対応できる材料選定に資するデータを取得した。

これらの調査結果について取り纏め、環境アセスメントのための基礎データ及び機器信頼性向上のための設計に資するデータを取得した。

研究開発項目②「総括管理、研究成果の取りまとめ」

パイロット試験設備の保守・メンテナンスを着実に実施し、設備の運転に係るノウハウを取得した。なお、これらの運転に係るデータ等は、後継プロジェクト等の運営に活用していくこととしている。

《2》微生物を利用した石油の環境安全対策に関する調査 [平成17年度～平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

石油製品の保管取扱施設の漏洩事故への寄与が大きいと考えられる微生物による腐食への対策と、石油国際輸送過程での環境汚染の修復における微生物の活用(バイオレメディエーション)を目的に、当該微生物等の特性を明らかにし、対策実施のための基盤情報の整備を行うため、以下の調査を実施した。

調査項目①「石油関連施設の微生物腐食対策技術調査」

腐食部分で生育する微生物の純粋培養とその分類学的同定等を実施するとともに、ゲノム解析の済んだメタン生成古細菌について腐食遺伝子の絞込み試験を行い、併せて硫酸還元菌との混合培養による激しい腐食など腐食機構解明のための種々の試験を実施し仮説の検証を行った。分離・培養した腐食菌に係る一般性状等の関連情報のデータベース化及び菌保存・分譲体制の整備を行った。腐食低減のための基盤情報整備として、腐食現場から腐食菌を検出する最適なプロトコルを確立し、また、増殖阻害剤などを調査・検討した結果、抗生物質等が腐食防止に有効であることがわかった。

調査項目②「石油の国際輸送における海洋汚染の微生物浄化技術調査」

インドネシア・ロンボク周辺等の石油分解菌・乳杆菌群集解析を行い、日本への主要なオイルロード周辺の一般海洋菌及び石油分解菌の調査を完了した。ジャカルタ湾沖やマラッカ海峡及び日本沿岸との差異を比較検討するとともに、平成19年度に開始したパリ島海浜での実環境バイオレメディエーション実験を必要改良を加え実施し、石油成分や分解物、微生物群集、栄養塩濃度等の経時的なデータを取得した。単離済みで未調査又は平成20年度単離される石油分解菌・乳杆菌の石油分解能等調査と分類学的同定等を行い、これまでに得られた情報と合わせて石油分解菌・乳杆菌ライブラリーを構築・公開した。安全性に関しては、今回の実施条件における石油分解液の毒性は小さく、バイオレメディエーションは充分安全に行えるという可能性が示された。

《3》高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究 [平成18年度～平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

エタン・プロパン等を含んだ多成分混合ガスである天然ガスを用いて、ガスとほぼ同一成分比率となるNGH製造設備について配管、電気・計装工事を完成し、立ち上げ試験運転を実施した。なお、立ち上げ試験にて不具合が発生したため、実証試験は平成21年度に実施する。

研究開発項目②未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発

LNG未利用冷熱を利用して連続生成するため、LNG冷熱により凝縮・過冷却する中間冷媒を用いたLNG冷熱利用システムを完成し、立ち上げ試験運転を実施した。試験運転での不具合発生のため、

実証試験は平成21年度に実施する。

研究開発項目③ NGH 配送・利用システムの開発

車載型 NGH 輸送・貯蔵・再ガス化容器を製作し、試運転を実施した。NGH 製造設備に係る事業遅延で、NGH 製造が不可となったため、配送・利用に係る実証試験は平成21年度に実施する。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は三井造船株式会社天然ガスハイドレートプロジェクト室長 内田 和男氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発」

エタン・プロパン等を含んだ多成分混合ガスである天然ガスを用いて、ガスとほぼ同一成分比率となる NGH (天然ガスハイドレート) 製造設備建設・立ち上げ試験運転を完了、引き続き NGH 生成能力試験、ペレット成型試験を実施し、5 トン/日の NGH 生成及び成型を確認し、製造システムの基本性能を実証した。

研究開発項目②「未利用冷熱利用による NGH 生成熱除去技術開発」

LNG 未利用冷熱を利用して連続生成するため、LNG 冷熱により凝縮・過冷却する中間冷媒を用いた LNG 冷熱利用システムを完成し、実証試験により冷熱利用を実証するとともに、既存 LNG 基地における発電設備への外乱/影響のないことを確認した。

研究開発項目③「NGH 配送・利用システムの開発」

車載型 NGH 輸送・貯蔵・再ガス化容器を製作し、中小規模需要家設備及び小規模需要家設備への配送によりペレットの輸送時安定性を実証した。また、中小規模需要家設備ではガスエンジンへのガス供給、ガス組成分析を実施し、安定ガス供給を実証した。これらにより NGH の配送・利用を実証した。

最終年度である平成21年度は、上記各研究開発項目の実証を実施し、基本計画の目標である「NGH 製造設備 (5~10 t/日) を開発し、長期間連続運転が可能であることを実証する。」を達成した。

研究期間中には21件の特許を出願したほか、バンクーバーで開催された「The 6th International Conference of Gas Hydrate」での外部発表をはじめ、国内外を問わず研究内容及び成果について積極的な普及活動を行った。また、平成20年度7月に開催された日本伝熱学会では、第21回日本伝熱学会技術賞を受賞した。

《4》無触媒石炭乾留ガス改質技術開発 [平成18年度~平成21年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「実用化試験Ⅰ (実ガス試験)」

実ガス試験のため装置の設置、運転、結果解析等を実施し、本技術が有望であることを確認した。

研究開発項目②「実用化試験Ⅱ (システム検討試験)」

試験装置の設計 (改質反応解析及び流動解析を含む) 及び一部製作を実施した。

研究開発項目③「事業性評価 (FS)」

本技術を導入した場合の、省エネルギー効果及びCO₂削減効果についての見直しを実施した。また、モデルサイトの候補 (国内1箇所、国外1箇所) を抽出した。

研究開発項目④「実用化試験結果のまとめと実証機計画策定」

既設炉及び新設炉に適用するための実証機計画を検討した。また、技術開発委員会を設置し専門家による知見、コメント等を反映させて研究開発を効率的に推進した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度期中より、齋藤氏に代わり、日本コークス工業株式会社 R&Dセンター所長代理 松岡 正洋氏をプロジェクトリーダーとし、技術開発を実施した。

研究開発項目①「実用化試験Ⅰ (実ガス試験)」は、H20年度で終了済み。

研究開発項目②「実用化試験Ⅱ (システム試験)」

実際に稼働中のコークス炉3門から発生する石炭乾留ガス (高温COG) の各門毎の1/数10容量程度 (数10 m³N/h) を使用する装置の製作・設置を行った後、パイロット試験を行い、その結果を解析・検討を行い、高温COG中の有効ガス (CO+H₂) の量が、改質後に2倍以上となることを確認した。また、タールを含む高温COGの改質反応メカニズムを明らかにするための数値解析を行い、改質炉内の反応をシミュレートした。

研究開発項目③「事業性評価」

②の成果を踏まえて省エネルギー効果及びCO₂削減効果について検討し、生産物の製造原単位を算定することで、従来技術との経済性比較を行った。モデルサイトに関しては、2カ所の候補地 (国内1カ所、海外1カ所) についてFSを行った。

研究開発項目④「実用化試験結果のまとめと実証機計画策定」

①及び②の成果を反映し、本技術を既設及び新設コークス炉へ適用するための具体的な実証機のシステム及び機器配管構成を明らかにし、実証機の仕様に関する目処を立てた

《5》 戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発（STEP CCT）[平成19年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発」

- ・ガス状ホウ素分析手法について産環協を通じて、国際標準化機構（ISO）のTC146委員会に報告し、国際標準化の準備を実施。
- ・小型燃焼炉試験：実ガス試験により脱硝触媒部及び排ガス中におけるHg酸化特性を評価し、排ガス組成の影響について検討した。
- ・集塵装置の動作温度、脱硝触媒部及び排ガス中における水銀酸化率の変化が集塵装置のHg除去率に及ぼす影響について評価した。

研究開発項目②「次世代高効率石炭ガス化技術開発」

- ・熱分解炉分離型循環流動層により、熱分解炉とガス化炉を分離した効果を定量的に把握し、スケールアップに必要なデータを集積した。
- ・大型循環流動層コールドモデルの試作を開始した。

平成21年度においては、以下を実施した。

鹿児島大学工学部教授 大木 章氏及び北海道大学エネルギー変換マテリアル研究センター（現：九州大学先端物質化学研究所先端素子材料部門）教授 林 潤一郎氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発」

（1）微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積

新たに開発した分析手法により、石炭試料中の微量成分分析を行い、97炭種のデータを蓄積した。また、本手法についてISO化に向けた提案を行い、本手法を記載したガイダンスが発行されるに至った。また、ガス状ホウ素の測定方法について、国内での標準化（JIS化）を行うため、標準化に必要な分析者間の測定誤差等のデータを拡充し、JIS原案を作成するとともに、専門家で構成する委員会を立ち上げた。

（2）高度除去技術

大型燃焼・排煙処理装置において、カナダ炭及び中国炭での実ガス試験を行い、脱硝触媒部における水銀酸化特性等を明らかにした。また、同装置を酸素燃焼システムに改造し、酸素燃焼時における脱硝触媒部での水銀酸化特性、集塵部及び脱硫装置部における水銀除去特性を明らかにした。

研究開発項目②「次世代高効率石炭ガス化技術開発」

熱分解炉分離型循環流動層により、熱分解炉とガス化炉を分離した効果を定量的に把握し、スケールアップに必要なデータを集積した。また、大型循環流動層コールドモデルの試作を開始した。

平成21年度に行った中間評価において、実用化イメージを更に明確にすべしとの指摘があったため、研究開発項目②について、より実用化を見据えた検討を行う実施体制の見直しに着手した。

なお、平成22年度以降は「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」に統合して実施した。

《6》 インドネシアにおける低品位炭液化実証事業 [平成20年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

本事業を立ち上げるための準備の一環として、「世界における石炭からの輸送用燃料製造に関する動向調査」を実施した。一方、インドネシア技術者の研修に際し、インドネシア側の事業母体の設立が遅れており、研修の対象者が明確になっていないことから、本事業の本格的な事業の着手には至っていない。

《7》 環境調和型製鉄プロセス技術開発 [平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「高炉からのCO₂排出削減技術開発」

- ・改質COGの適正吹き込み位置の最適化のために2次元固体流れ実験装置における、シャフト部吹き込み時の吹き込みガスの挙動の可視化方法を検討した。
- ・COG改質技術調査を実施した。
- ・コークス用高性能粘結材製造条件を検討し、高性能粘結材のサンプルを試作し、高強度高反応性コークスを製造しコークス性状を評価した。

研究開発項目②「高炉ガス（BFG）からのCO₂分離回収技術開発」

- ・化学吸収プロセス評価プラント（30t/日）試験装置の設計を開始すると共に、長納期を要す

る調達品の発注を行った。

- ・物理吸着技術開発のため吸着材の探索実験のためのラボ試験装置を製作し、既存の吸着材の中から優れた吸着材を選定して基礎特性を把握した。
- ・製鉄所未利用顕熱・排熱の実態把握および適用可能技術の抽出のため、800℃程度以下の中低温排熱回収技術シーズを中心に調査を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

新日本製鐵(株)執行役員 三輪 隆氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「鉄鉱石還元への水素活用技術の開発」

レースウエイ炉他での予備実験により水素還元による原料コークス削減10%の可能性の見通しを得た。

研究開発項目②「水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発」

コークス製造大型試験向に粘結材サンプルを2トン製造した。

研究開発項目③「CO₂分離・回収技術の開発」

化学吸収法は、ベンチプラントにて新吸収液による実ガスを用いたCO₂分離・回収の基本特性を評価した。また、プロセス評価プラント(30t/日)の建設を完了し、試運転を開始した。物理吸着法は吸着材を選定し、実ガスの模擬ガスにより吸着・分離性能及び短期的なガス不純物に対する耐性を評価した。

研究開発項目④「未利用顕熱回収技術の開発」

スラグを連続的に凝固させるロール成形ラボ試験装置を製作し、スラグ凝固試験を行い、熱伝導率測定を開始した。水-アンモニア混合媒体他の低沸点媒体の文献調査と濃度変更テストを行い、作動媒体中のアンモニア濃度の最適範囲の検討を行った。

研究開発項目⑤「製鉄プロセス全体の評価」

各研究項目の進捗状況を確認、製鉄プロセス全体の評価を行い、平成22年度以降の開発方針に反映させた。

平成22年度においては、以下を実施した。

CO₂発生量を大幅に削減する、環境に調和した革新的な製鉄プロセス技術の確立を目的に、新日本製鐵株式会社執行役員 三輪 隆氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

本年度は3年目として外部有識者による中間評価を実施し、概ね、現行どおり実施の評価を得た。

研究開発項目①「鉄鉱石還元への水素活用技術の開発」

改質ガス炉内吹き込みの影響の解明を行い、平成23年度末から平成24年度初めの間で実施を検討中の試験高炉における改質ガス炉内吹き込み試験の検討を実施した。

研究開発項目②「COGのドライ化・増幅技術開発」

平成22年度からベンチ規模触媒試験装置の製作を、懸念されるタール付着の対策検討を実施しつつ開始した。

研究開発項目③「水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発」

改質COG雰囲気下における熱間強度評価を行い、技術開発の最終目標としてコークス強度(ドラム強度)≥88を提示した。

研究開発項目④「CO₂分離・回収技術の開発」

CO₂化学吸収プロセス評価プラント(30t/日)による化学吸収液評価試験を行い、従来よりエネルギー原単位の低い新吸収液を開発し、試験を継続中である。また、物理吸着ベンチスケール試験装置(3t/日)を設計・製作し、実ガスによる試験を開始した。

研究開発項目⑤「未利用顕熱回収技術の開発」

スラグを連続的に凝固させるロール成形ベンチ装置等の設計・製作を実施し、試験を開始した。製鉄所内の低温排熱回収・発電に係る要素技術の絞り込み及び低位熱発電システム低コスト化研究を実施した。

研究開発項目⑥「製鉄プロセス全体の評価」

製鉄プロセス全体の最適化の評価・検討を行うと共に、平成23年度末から平成24年度初めの間で試験高炉を使用する改質ガス吹き込み試験の計画を開始した。

平成23年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①「鉄鉱石還元への水素活用技術開発」

開発成果の検証として試験高炉による試験の試験条件の検討、試験方案の作成、ガス吹き込み設備等の付帯設備の仕様を検討、提示した。

研究開発項目②「COGのドライ化・増幅技術開発」

ベンチ規模触媒試験装置の各種機械品・電気品の製作・調達・据付、土工工事、計器室・電気室の設置工事を行った。

研究開発項目③「水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発」

目標の強度を有するコークスは石炭の装入密度と高性能粘結材の膨張性付与効果を利用して石炭粒子間の空隙充填能力を最適化することで製造可能であり、粘結材の添加量と配合炭設計に関する指針を得た。

研究開発項目④「CO₂分離・回収技術の開発」

CO₂化学吸収プロセス評価プラント(30t/日)により化学吸収液の劣化物生成挙動を評価、

1年運転においても蟻酸等の影響は問題ないレベルと推定された。物理吸着ベンチスケール試験装置（3t/日）による実ガス試験を実施し、ラボP S A試験装置での推定CO₂回収コストである¥2,500/t-CO₂を実証した。

研究開発項目⑤「未利用顕熱回収技術の開発」

スラグを連続的に凝固させるロール成形ベンチ試験装置の試験を行いスラグを連続的に板状に凝固できること、凝固厚みを目標の5mm以下、スラグ温度1000℃以上となる運転条件を確認した。また、本設備と連結する顕熱回収ベンチ設備を建設した。

研究開発項目⑥「製鉄プロセス全体の評価」

製鉄所全体についての総合的エネルギーバランス評価のためのツールを用い、各サブグループのこれまでの検討結果を反映したシミュレーションを実施すると共に時期ステップ（Step 2）に向けての基本方針を検討した。

平成24年度においては、以下を実施した。

プロジェクトリーダーを新日本製鐵株式会社（現 新日鐵住金株式会社）執行役員 高松 信彦氏から同社製鉄技術部長 齋藤公児氏に交代し、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「鉄鉱石還元への水素活用技術開発」

海外ミニ試験高炉にてラボレベルの試験結果の検証試験を実施し、水素還元が可能であることを確認した。また試験結果をシミュレーションにて検証、今後の課題を明確にした。

研究開発項目②「COGのドライ化・増幅技術開発」

ベンチ規模触媒試験装置により、COG改質試験を実施し水素増幅特性、触媒活性の持続性などを評価した。

研究開発項目③「水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発」

汎用性の高い配合設計方法を構築するため、高性能粘結材を添加したコークスの強度増加のメカニズムを明確化した。

研究開発項目④「CO₂分離・回収技術の開発」

高性能化学吸収液を開発しCO₂化学吸収プロセス評価プラント（30t/日）により評価試験を行い再生温度の低下、必要エネルギーの低減を確認した。また、物理吸着ベンチスケール試験装置（3t/日）により実ガスでの1,000時間運用試験を実施して分離性能の耐久性を確認した。そして、これまでに得られた必要エネルギー低減の効果を反映させてCO₂分離回収のコスト評価を行った。

研究開発項目⑤「未利用顕熱回収技術の開発」

顕熱回収ベンチ試験装置で実スラグを用いた試験を行い熱回収率などを評価した。また研究開発項目④において低減されたCO₂分離回収エネルギーに対しヒートポンプ等の低温排熱回収技術等を用いて製鉄所内の未利用排熱から回収可能かどうかを評価した。

研究開発項目⑥「製鉄プロセス全体の評価」

各サブテーマの成果を総合的に評価して最終目標に向けた開発課題を明確化し、次期ステップ2の開発計画を検討した。

《8》革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト [平成20年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

研究開発項目①発電からCO₂貯留までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー

発電からCCSまでのトータルシステムのFSを下記（1）～（4）項目にて開始した。平成20年度は、準備段階として、主にこれらの課題の概略検討を行った。詳細を以下に示す。

（1）石炭ガス化発電とCO₂分離・回収システムの概念設計

CO₂発生源である石炭ガス化発電とそれにCO₂分離・回収設備を付加したシステムの概念設計を行い、概念設計とそれらを組み合わせた最適システムの検討を行い、平成20年度は以下を実施した。

- ・CO₂分離回収IGCCのシステム構成に係る技術動向調査
- ・CO₂分離回収IGCCにおけるガスタービンに係る技術動向調査
- ・CO₂分離回収IGCC実証機の最適プロセス選定検討と概念設計の概略検討。また、勿来IGCC実証機の定格運転時において、石炭ガス10%相当CO₂量400t/d程度を分離回収処理する場合及び100%相当（CO₂量4,000t/d程度）を分離回収する場合について検討を実施した。
- ・CO₂分離回収方法の検討
- ・CO₂分離回収量の検討
- ・トータルシステム中のCO₂分離回収要件の抽出

（2）CO₂輸送システムの概念設計

石炭ガス化発電所から距離が離れた滞水層にCO₂を貯留するには、船舶やパイプラインによるCO₂の輸送が必要となる。我が国の地理的・地質的特性に適したCO₂輸送システムの検討のため、CO₂船舶輸送の概念設計、CO₂パイプライン輸送の概念設計、CO₂の貯蔵基地等の概念設計及び輸送システム全体の概念設計等を行うが、平成20年度は、主として、以下を実施した。

- ・CO₂輸送システムの概念設計における全体取りまとめとして、CO₂輸送システムと上流側・下流側との取り合い等を整理。
- ・液化CO₂輸送船の設計既往技術の調査、輸送パターン検討、貨物タンク構造検討。
- ・陸上基地の設計検討として、既存技術の調査、概念設計の検討ケースの決定、技術的課題の抽出と解決策の検討。
- ・洋上着底基地の設計検討として、既往技術の調査並びに検討ケースの検討及び設計条件の整理等FS事前調査。
- ・洋上浮体基地の概念設計を行うために必要なFS事前調査の実施。
- ・CO₂ハイドレート船舶輸送の設計検討として、既往技術の調査、基本システム構築。
- ・パイプライン輸送の設計検討として、既存技術の調査及び実証機におけるモデルケースの検討、検討課題の抽出等を実施

(3) CO₂の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価

回収されたCO₂は、長期に亘って安全に地下に貯留する必要がある。このため、貯留候補と考えられるサイトについて、貯留ポテンシャル調査を行い、貯留の可能性の概査を行うとともに、貯留システムの概念設計や貯留システムの経済性評価の予備検討を実施する等の調査研究として、以下の検討を行った。

- ・ケーススタディを実施する貯留層の考え方整理
- ・我が国の貯留層の一次評価と3地域の絞込み
- ・海外での貯留層クリテリアの調査
- ・勿来IGCC実証機に対する海底施設の検討等

(4) 全体システム評価（発電からCO₂貯留に至るトータルシステムの評価）

- ・全体調整・取り纏め

事業全体に係わる横断的な事項に対して、概念設計に必要な条件（設計条件、基準年度等）抽出、各要素技術間のスコープ調整のための連絡会等の開催を行い、各要素技術間のサポートを実施するとともに、全体調整及び取り纏めを行った。

- ・経済性評価モデルの構築と評価

CO₂を分離・回収し、CO₂を輸送・貯留・モニタリングするまでのトータルシステムの経済性評価のためのデータベースの整備を行った。

- ・エネルギー需給影響評価モデルの構築と評価

革新的ゼロエミッション石炭火力発電システムの導入・普及が、我が国のエネルギー需給構造に及ぼす影響を分析するためのモデルやCO₂排出削減への貢献を分析する為のモデル構築用データベースの整備を行った。

研究開発項目②革新的ガス化技術開発の基盤研究事業

CCS技術は、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させることから、可能な限り発電効率を高く維持するための技術開発を推進する必要がある。そこで、下記(5)～(6)のように、効率向上に資するテーマ設定型及びテーマ公募型の基盤研究事業を実施した。

(5) テーマ設定型基盤研究事業

石炭ガス化システムから回収したCO₂を酸化剤の一部として用いることにより、石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできるCO₂回収型次世代IGCCシステムの実用基盤技術の以下の基礎試験を行った。

- ・酸素-CO₂ガス化技術の開発では、基本ガス化反応の解析・評価を開始。
- ・高CO条件での乾式ガス精製の最適化の実験を開始。

(6) テーマ提案公募型基盤研究事業

公募の結果、「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」を採択した。これは、CO₂分離回収率変化での、水素濃度の幅広い変化に対しても、問題なく性能を発揮する燃焼器を開発し、IGCCシステムのキーとなるガスタービンの高効率稼動に資するテーマとして実施する技術である。平成20年度は以下を実施した。

- ・バーナ基本構造の検討として、単一バーナ形状の最適化、水素濃度変化（約25%～85%）に対する逆火のないことの確認。
- ・マルチバーナ形式低NO_x燃焼器の製作。
- ・実用化を考慮したマルチバーナ形式低NO_x燃焼器の設計・製作。
- ・水素燃料供給設備の整備のため、CO₂回収率90%を想定した高水素濃度（約85%）燃料の供給設備製作。

平成21年度においては、以下を実施した。

九州大学特任教授 持田 勲氏をプロジェクトリーダー、独立行政法人産業技術総合研究所 主幹研究員 赤井 誠氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の事業を実施した。

研究開発項目①「発電からCCSまでのトータルシステムのフィージビリティ・スタディー」

(1) 石炭ガス化発電とCO₂分離・回収システムの概念設計

発生源である実証規模設備と商用規模設備の概念設計を行った。CO₂分離・回収システムは、排出ガスの運転条件（温度、圧力、流量）により、プロセスの組み合わせが大きく変わってくるため、海外事例調査、経済性等を検討し、対象とすべきプロセスの組み合わせを決定した。

(2) CO₂輸送システムの概念設計

CO₂輸送システムの概念設計を行い、実証規模設備、商用規模設備の輸送コストの概算を試算した。輸送コストには、CO₂輸送専用船舶、CO₂輸送用パイプライン、CO₂の貯蔵基地等を建設した場合の輸送システム全体を反映させた。あわせて、輸送システムにおける検討課題の抽出と要素技術検討を行った。

(3) CO₂の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価

20年度に選定した貯留候補と考えられるサイトについて、経済性も含めた国内での貯留の可能性の調査及び評価を行い、貯留システムの概念設計を行った。

(4) 全体システム評価

検討テーマが多く委託先が多岐にわたり、事業全体としての意志統一が難しいため、各WGの代表委託先によるゼロエミ幹事会を新規に組織した。これにより、定期的に委託先相互の情報共有を行い、CO₂発生源と輸送システム、貯留候補地を有機的に繋げ、バランスのとれたようマネジメントできるようになった。全体システム評価につながる経済性評価やエネルギー需給への影響評価用モデル構築準備として、排出源の運転・設備のデータ収集、貯留層に係る地図情報データ等の収集を行った。

研究開発項目②「革新的ガス化技術開発の基盤研究事業」

(1) テーマ設定型基盤研究事業

酸素-CO₂ガス化技術の開発では、CO₂供給装置を設置した小型ガス化炉設備の改造を完了させ、基本ガス化反応の解析・評価を行うとともに、CO₂ガス化反応機構の解明を行った。また、高CO条件下での乾式ガス精製の最適化の実験により、性能評価等を実施した。

(2) テーマ提案公募型基盤研究事業

マルチクラスタバーナ形式低NO_xバーナ燃焼器の燃焼特性の現象解明を行うとともに、中圧条件下での要素試験を実施し、マルチクラスタバーナの概念設計・詳細設計を実施した。また、水素・窒素・メタン供給設備による幅広い燃料組成での燃焼試験を行い、高水素濃度での燃焼性能を検証した。なお、平成22年度以降は「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」に統合して実施した。

《9》クリーン・コール・テクノロジー推進事業 [平成4年度～]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

事業項目①「CCT開発等先導調査及びその他CCT推進事業」

CCT開発における動向調査として、「世界における石炭からの輸送用燃料製造に関する動向調査」、「環境制約と資源制約下における我が国の石炭利用とCCTに係る技術開発のあり方に関する調査」を実施するとともに、「地球環境問題に対する欧州・米国の対応についての動向調査」を行い、各国の地球温暖化問題への政策動向、特にCCS関連プロジェクトの検討・進捗状況等を確認した。

事業項目②「IEAの各種協定に基づく技術情報交換の実施」

IEAの各種協定に基づく技術情報交換を実施し、国内の学識者、関連企業等への情報提供を行った。

平成21年度においては、以下を実施した。

事業項目①「CCT開発等先導調査及びその他CCT推進事業」

CCT開発における動向調査として、「CO₂排出量削減に向けた石炭の低炭素化利用に関する調査」、「産炭国における低品位炭高度利用に向けた適応技術及び利用モデルに関する調査」、「CO₂排出量削減のための産業用石炭ボイラの利用状況把握及び効率改善手法の検討」を実施した。なお、CCTワークショップについては、経済産業省が主催するCCT国際協力研究会のワークショップに参加し、今後のゼロエミッション石炭火力の実現に向けた課題を確認した。

事業項目②「IEAの各種協定に基づく技術情報交換の実施」

IEAのクリーン・コール・テクノロジーに関する各種協定に基づき技術情報交換を実施し、国内関係者へ情報提供を行った。

なお、平成22年度以降は「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」に統合して実施した。

《10》ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト [平成4年度～平成26年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

地球環境問題への対応及び化石エネルギー資源の安定供給への対応を推進するため、ゼロエミッション型石炭火力発電の実現を目指すとともに、我が国のクリーン・コール・テクノロジーの国際競争力強化のための技術開発・調査研究を、以下の事業項目について実施した。

①ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究 [平成20～24年度、中間評価：平成22年度]

平成22年度は外部有識者による中間評価を行い、「CCSをシステムとして捉えた本事業のFSは有意義であり、平成22年度までの検討・研究は、所期の目的を十分に達成したものと評価している」との評価を受けた。

(1) 石炭ガス化発電とCO₂分離・回収システムの概念設計

平成22年度は、本システムの概念設計データの全体システムへの提供等を行った。また、実施してきた感度分析、経済性分析等については、建設コスト等の最新情報を用いた精査を行い、全体システムグループ業務に反映させた。これらにより、当初の業務を完成した。

(2) CO₂輸送システムの概念設計

平成22年度は、商用機について同様の概念設計を実施し、設計を完了させた。また、商用機の概念設計により得られたデータを用い、概略の建設コストを算出し、経済性データとして全体システム評価に提出した。

(3) CO₂の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価

平成22年度は、選定した貯留候補と考えられる3つのサイトについて、貯留ポテンシャル調査、貯留の可能性の調査を精査した。更に、追加した1サイトについて、貯留ポテンシャルを調査し、貯留の可能性を概略検討した。昨年度実施した輸送を考えた圧入方法のケースにつき、26のケースから、6ケースに絞り込み概念設計を実施した。また、CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) 技術に関する世界の最新動向として、CCS政策 (関連法規制等) に関する調査やゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト動向の調査を実施した。

(4) 全体システム評価 (発電からCO₂貯留に至るトータルシステムの評価)

・全体調整・取り纏め

平成22年度からは、本グループが前面に出て、各要素技術間の連携強化を行うことで発電から貯留までのトータルシステム評価が行えるよう抜けのない検討を実施した。

・経済性評価モデルの構築と評価

平成22年度は、CO₂を分離・回収し、輸送・貯留・モニタリングするまでのトータルシステムの経済性評価の為のデータベースの整備を行い、モデル構築をほぼ完成した。

・エネルギー需給影響評価モデルの構築と評価

平成22年度は、革新的ゼロエミッション石炭火力発電システムの導入・普及が、我が国のエネルギー需給構造に及ぼす影響を分析するとともに、CO₂排出削減への貢献を分析するためのモデル構築をほぼ完成した。

(5) 特定サイトにおける石炭ガス化発電からCO₂貯留に至るトータルシステムの概念設計

平成22年度は、概念設計を行った全体システムについて、負荷変動時の対応、貯留側条件との受け渡し条件の検討を行った。また、昇圧・輸送システムについては、流動解析結果を反映し、システムの基本仕様を見直すと共に、海底施設各機器のレイアウト最終案を作成した。これらにより、分離回収～輸送貯留までのトータルシステムへの統合とコスト評価を実施し、当初の業務を完成した。

②ゼロエミッション石炭火力基盤技術 [平成19～24年度]

研究開発項目①「革新的ガス化技術開発の基盤研究事業」 [平成20～24年度、中間評価：平成22年度]

平成22年度は外部有識者による中間評価を行い、プロジェクトマネジメントの強化、より具体的な事業展開を想定した体制が必要等といった指摘を受け、それらを基本計画等へ反映させた。

(1) 「CO₂回収型次世代IGCC技術開発」

「送電端効率向上 (42% : HHV基準、CO₂回収後) 技術の目処を得るための基本ガス化反応の解析・評価やガス化炉最適化検討等本格検討の実施」を事業目標とし、これまでに改造した石炭ガス化設備、導入したガス精製試験設備などを活用し、システムの実現可能性を検討するための本格的試験を実施した。特に、小型ガス化炉による基本性能実証として、3t/日の小型炉を用いてガス化剤中CO₂濃度を変化させたガス化試験を行い、酸素比、CO₂濃度などの運転条件がガス化性能に及ぼす影響を評価し、O₂/CO₂ガス化の基本性能を実証した。

また、高CO条件での乾式ガス精製の最適化として、プロセスの運転可能な条件を見出した。

(2) 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」

実寸サイズマルチクラスターバーナ形式低NO_x燃焼器の中圧燃焼試験を実施し、燃焼特性を把握して低NO_x燃焼技術の検証を行った。また技術開発の加速のため、乱流燃焼解析を実施してバーナ構造の最適化に活用した。これまでの燃焼試験によって得られた知見を踏まえ、性能向上のため縮小サイズマルチクラスターバーナ形式低NO_x燃焼器および実寸サイズマルチクラスターバーナ形式低NO_x燃焼器を改良した。これらを適用して、縮小サイズ及び実寸サイズのマルチクラスターバーナ形式低NO_x燃焼器の中圧燃焼試験を実施し、低NO_x燃焼技術の検証を行った。また、水素・窒素・メタン供給設備による燃料組成での燃焼試験により、部分負荷特性の確認と、試験圧力条件において定格負荷におけるNO_x排出濃度10ppm以下 (16%O₂換算) を検証した。

研究開発項目②「次世代高効率石炭ガス化技術」 [平成19～23年度]

平成21年度までに試作した2種類の熱分解炉分離型循環流動層を用いて熱分解炉とガス化炉の分離によるガス化促進効果の把握に注力し、平成22年度は実機を想定した連続試験装置により基礎データを集積した。また、東京大学千葉実験所に試作した大型循環流動層コールドモデルを用いて、粒子循環量、ダウン一部及びライザー一部の圧力分布と粒子滞留時間分布を詳細に調べ、循環システムの固気接触等の流動特性を明らかにし、実反応系で想定される気固比で高速粒子循環ができることを実

証した。

研究開発項目③「石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発」

(1) 微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積 [平成19～25年度]

石炭銘柄ごとに一般分析と微量成分分析を行い、希望者に分析値とともにサンプル提供を行うコールバンクについて、新規炭を6炭種受入れ、年度末で合計109炭種とした。微量成分の分析は34炭種について実施し、年度末で合計97炭種の微量分析データベースを構築した。また、標準化に向けた作業として、水銀の分析値に関するクロスチェックを行うとともに、ISOに規定される他の方法との比較分析を行い、データの検証を行った。

(2) 高度除去技術 [平成19～平成22年度]

大型燃焼炉試験装置を用いた試験により、 $3\mu\text{g-Hg/kWh}$ を達成する除去技術として、脱硝触媒・低温集塵器・湿式脱硫装置からなる高度水銀(Hg)除去システムを評価し、最終目標を達成することを確認した。さらに、中国炭等の水銀含有量が多い石炭においても上記システムの有効性を確認した。

③クリーン・コール・テクノロジー推進事業 [平成4年度～平成26年度]

石炭利用に伴い発生する CO_2 、 SO_x 、 NO_x 等による地球規模及び地域的な環境問題への対応、エネルギー需給の安定化への対応等を図るため、以下の事業を実施した。

(1) 海外 CO_2 対策技術、CCSプロジェクトに係る情報収集・意見交換

・「石炭高効率利用システムの海外展開における各技術のマッチングに関する調査」

我が国が有する、高効率発電技術(USC、IGCC等)や石炭ガス化技術、 CO_2 の分離・回収・貯留(CCS)技術、高度運転・管理技術など、世界的に優れた石炭の高効率利用システムを対象として、石炭高効率利用システムの海外展開のマッチングに関する調査を行った。

(2) CCT開発等先導調査及びその他CCT推進事業

・「石炭火力発電所の酸素燃焼方式による CO_2 回収についての可能性検討」

足元での CO_2 削減推進の一端として、我が国の既存石炭火力発電所を酸素燃焼方式により、 CO_2 回収を行う設備に改造することを想定し、改造範囲・主要機器仕様・改造前後のマスバランス・エネルギーバランス、コスト等の検討を行った。また、経済性検討を行い、 CO_2 削減技術としての評価を行った。

・「産炭国における低品位炭高度利用に係る環境制約要因への対応に関する調査」

低品位炭の活用が重要な課題となっているインドネシアにおいて、 CO_2 発生源となる低品位炭利用プロセスの立地を複数特定し、その近隣で CO_2 の貯留可能と推定される地点の検討、及び CO_2 貯留の実現に向けた諸課題について調査を行った。

(3) IEAの各種協定に基づく技術情報交換の実施

IEA/CCC(Clean Coal Centre)では、クリーン・コール・テクノロジーに関する技術調査を行っており、これに参画し、技術情報交換・各種技術情報収集を行うとともに、国内関係者への情報提供を行った。

④燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究 [平成22年度～平成23年度]

高効率石炭火力発電技術である石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)とCCSを用いた革新的なゼロエミッション化を目指し、以下を実施した。

(1) 「酸素吹石炭ガス化技術に関する最適化検討」

(ア) 酸素吹石炭ガス化技術の基礎的検討

石炭ガス化や既設プラント等の調査を行い、酸素吹石炭ガス化炉としてEAGLE炉を対象に、国内外の他のガス化方式との比較・評価を実施した。また、IGCCまたはIGFCからの CO_2 分離回収に係る情報収集により、EAGLE炉を適用した場合の発電効率等のプラント性能を検討・評価した。

(イ) 酸素吹石炭ガス化技術の多用途利用に関する検討

石炭ガス化ガスからの合成ガス等の技術や製造、市場等に関する調査を行い、多用途利用研究会において、学識経験者や各産業(鉄鋼、ガス、化学、石油精製等)の有識者による酸素吹石炭ガス化技術の多用途利用の展開可能性や課題、適用戦略等を検討した。

(ウ) 商用普及に向けた酸素吹石炭ガス化プラントに関する検討

EAGLE炉の技術的特性、多用途利用研究会での検討内容を踏まえて、酸素吹石炭ガス化炉の商用普及の可能性について検討した。

(エ) ゼロエミッション石炭火力発電システムの最適化検討

EAGLE炉を適用したIGCC実証試験の実証項目を抽出するとともに、実証試験の設備規模、プラント性能、環境性能等の基本計画を検討した。また、IGCC実証試験設備に追設する CO_2 回収実証試験設備に関する規模や CO_2 回収率、実証試験項目を検討した。さらに概念設計もを行い、 CO_2 Capture Readyへの設計項目やプラント熱効率改善等も検討した。

(2) 「酸素吹石炭ガス化複合発電実証試験に関する最適化検討」

(ア) 酸素吹石炭ガス化複合発電実証プラントの基本設計

プラントのシステム構成や各設備への適用技術についての信頼性、安全性、運用性等を考慮の上、大崎発電所での酸素吹石炭ガス化複合発電実証試験を想定した場合のプラント計画、設備の基本仕様、プロセスフロー、プラント性能、環境性能等の基本設計を検討した。さらに、設備信頼性等も確保した上で、設備の合理化項目を抽出し、試験設備の建設計画や試験計画を検討した。

⑤革新的 CO_2 回収型石炭ガス化技術開発 [平成22年度～平成25年度]

次期 I G C C に最適な C O₂ 分離回収技術の開発と新規 C O₂ 分離回収技術等の調査を行うべく、以下の研究開発を実施した。

(1) 次期 I G C C に最適な C O₂ 分離回収技術の開発

(ア) C O₂ 分離回収試験設備の設計・製作

酸素吹石炭ガス化炉 (E A G L E 炉) で生成される石炭ガス化ガスから C O₂ を分離回収する試験設備の設計を行った。また、設計を検討する中で、物理吸収法は、サワーシフト反応における添加水蒸気量と炭素析出 (触媒劣化) の関係を解明することが発電効率の改善に重要であることが判明した。

(イ) 酸素吹石炭ガス供給設備の整備等

C O₂ 分離回収設備に安定的にガス供給を行うため、E A G L E 炉の各種整備・改造工事を実施した。具体的には、ガス化炉への燃料供給性能を向上し、石炭ガス組成の安定化を図るために、チャーリサイクル系統における粉体搬送設備の改造を行った。また、各種配管の経年劣化度合いの調査、必要な取り換え工事等を実施し、プラントの安定運用・信頼性向上に資する整備を行った。

(2) 新規 C O₂ 分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験

C O₂ の分離回収から輸送、貯留までを含めたトータルシステムについては、エネルギーロスの少ない技術の開発が国内外で進められており、このうち、所要エネルギーの大半を占める C O₂ 分離回収プロセスに関して、高圧再生型吸収液による C O₂ 分離回収技術、ハイドレートによる C O₂ 分離回収技術、水素分離膜を用いた H₂ / C O₂ 分離システム、C O₂ 回収型石炭ガス化技術の開発動向を調査・解析した。

平成 2 3 年度においては、以下を実施した。

地球環境問題への対応及び化石エネルギー資源の安定供給への対応を推進するため、ゼロエミッション型石炭火力発電の実現を目指すとともに、我が国のクリーン・コール・テクノロジーの国際競争力強化のための技術開発・調査研究を、以下の事業項目について実施した。

①ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究 [平成 2 0 ~ 2 4 年度]

石炭ガス化発電から C C S (C a r b o n d i o x i d e C a p t u r e a n d S t o r a g e) までのトータルシステムの実現可能性 F S (フジビリティ・スタディー) 検討を実施するため、財団法人エネルギー総合工学研究所 研究理事 小野崎 正樹氏をプロジェクトリーダー、独立行政法人産業技術総合研究所 招聘研究員 赤井誠氏をサブプロジェクトリーダーとして、以下の調査研究を実施した。

(1) 石炭ガス化発電と C O₂ 分離・回収システムの概念設計

本テーマは平成 2 2 年度で終了。

(2) C O₂ 輸送システムの概念設計

平成 2 3 年度は、以下①、②の輸送コストの削減テーマを検討した。①液化 C O₂ 輸送船に液化 C O₂ 貯蔵タンクの機能を兼用させるプッシャーバージ型輸送船の検討と圧入装置付きプッシャーバージ船と係留ブイの組み合わせで H 2 2 年度の検討結果より建設費を 8 4 % に削減した。②省エネルギー型 C O₂ 液化システムとして深冷減圧法を検討し、ランニングコストの大部分を占める消費電力を H 2 2 年度の直接液化法に比べ 8 3 % に低減した。

(3) C O₂ の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価

平成 2 3 年度は追加選定した福江沖堆積盆について、貯留ポテンシャル調査、貯留の可能性の調査を行った。この結果貯留可能量が 4 9 億 t - C O₂、商用規模圧入井 2 本で 1 5 4 万 t C O₂ / 年、大規模貯留圧入井 1 0 本で 1 0 0 0 万 t C O₂ / 年が可能であることがわかった。更に、追加サイトの貯留概念設計を実施し、貯留システムの経済性評価を検討した結果、商用規模で概算費用約 3 1 6 億円、大規模貯留で約 6 3 5 億円となり、大規模貯留で費用はトン当たり約 1 / 3 となる。全体整理として、事前調査から C O₂ 貯留後のフォローアップまでの流れと課題の整理を行った。平成 2 3 年度の海外動向調査は、前年度の成果を踏まえて以下①、②について実施した。

①世界の政策動向、プロジェクト動向の調査、②アジア各国の C C S に関する動向調査。

(4) 全体システム評価 (発電から C O₂ 貯留に至るトータルシステムの評価)

・全体調整・取り纏め

平成 2 3 年度も、事業全体に係わる横断的な事項や概念設計について、本グループが前面に出て、スコープ調整を実施して、各要素技術間の連携強化を行うことで発電から貯留までのトータルシステム評価が行えるよう抜けのない検討を継続実施した。

・経済性評価モデルの構築と評価

C O₂ を分離・回収し、C O₂ を輸送・貯留・モニタリングする迄のトータルシステムの経済性評価の為のモデル構築用データベースの整備とモデル S E E C を完成させた。また、C a p t u r e R e a d y 施策、レトロフィットを含め導入施策、C O₂ 船舶輸送の活用シナリオを想定した仮想 C C S プロジェクトを設定して経済性評価を行った。この結果、F I T 収入ケースは通常売電価格との差が 8 円 / k W h あれば大きな事業性を有することがわかった。

・エネルギー需給影響評価モデルの構築と評価

革新的ゼロエミッション石炭火力発電システムの導入・普及が、我が国のエネルギー需給構造に及ぼす影響を分析するためのモデルや C O₂ 排出削減への貢献を分析する為のモデルのブラッシュアップを行った。特に G H G 大削減目標 (2 0 5 0 年など) に対応した電源計画に係わるシナリオ分析を行った。この結果殆どの化石燃料火力に C C S を導入する必要があることがわかった。

・国際標準化の検討

標準化動向調査・標準化ニーズ調査と標準化提案に向けた検討を行い、我が国がリーダーシップを取るべき分野のアカウティング、リスクマネジメント、施策・制度等について検討した。

(5) 特定サイトにおける石炭ガス化発電から C O₂ 貯留に至るトータルシステムの概念設計

本テーマは平成 2 2 年度で終了。

②ゼロエミッション石炭火力基盤技術 [平成19～24年度]

研究開発項目①「革新的ガス化技術開発の基盤研究事業」[平成20～24年度]

ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための石炭ガス化システムやCO₂分離・回収システム技術の更なる高効率化を求めた基盤研究を実施するため、財団法人エネルギー総合工学研究所 研究理事 小野崎 正樹氏をプロジェクトリーダー、独立行政法人産業技術総合研究所 招聘研究員 赤井 誠氏をサブプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

(1)「CO₂回収型次世代IGCC技術開発」

小型ガス化炉においては、CO₂加温装置等小型ガス化炉設備を改造し、試験条件の拡大を図るとともに、CO₂ガス化反応機構の解明と酸素-CO₂ガス化における反応モデルの適応性評価も実施した。さらに、高CO濃度条件での脱硫プロセスの適正運転条件において、石炭ガス化炉からの実ガスによる乾式ガス精製の最適化実験により、実用化に向けた評価と課題抽出を行った。また、環太平洋の多様な石炭に対する適用性の検討も継続して行った。

(2)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」

バーナの基本構造を検討することで単一バーナ形状の最適化を高度化し、中圧燃焼試験および高圧燃焼試験を実施し、水素濃度変化(約25%～85%)に対する逆火のないことや低NO_x燃焼が可能であることを確認した。平成22年度に製作した縮小サイズおよび実寸サイズマルチバーナ形式低NO_x燃焼器を大気圧要素試験によって得られた火炎構造および不安定燃焼現象の知見を反映し、性能向上させるため改良した製作した。

試験用模擬ガスでは検証できない一酸化炭素の影響および多缶同時燃焼を評価するため、実ガス燃焼試験を平成24年度に実施するが、その試験の検討を行った。

研究開発項目②「次世代高効率石炭ガス化技術」[平成19～23年度]

石炭ガス化及び石炭燃焼技術分野において、海外との競争力の強化を念頭に基礎的な技術開発を加速・推進することを目的とし、九州大学先端物質化学研究所先端素子材料部門教授 林 潤一郎氏プロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

開発した熱分解炉を併設した循環流動層ガス化装置により、ガス化炉性能の向上に努め、想定される実機の熱分解炉およびガス化炉の最適運転条件の指針を示した。これまでの成果に基づき、各触媒を用いた石炭(チャー)ガス化およびタール分解性能を評価し、循環流動床ガス化装置を用いて触媒ガス化の有効性を検証した。大型循環流動層コールドモデルを用いて、構造の最適化を行い、通過流速 $G_s = 350 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 以上を達成した。送電端効率に着目した最適化の検討を進め、A-IGCC、A-IGFCについてCO₂回収に対応した場合の最適化の提案を行った。その検討結果についてもメーカーによるレビューを行い、課題抽出を行った。

研究開発項目③「石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発」

鹿児島大学工学部生体工学科教授 大木 章氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積と燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明 [平成19～25年度]

石炭中の微量成分分析手法について、これまでに発行されたISOガイダンスを踏まえたJIS原案の作成を行った。また、手法の高度化とデータ精度の検証について、規格化団体(JISG石炭・コークス委員会)との綿密な連携のもととともに、コールバンク試料を活用したデータ点数の上積みを行った。その中でコールバンク試料炭15炭種の本分析法による微量分析を行い、微量データベースを計112炭種とするとともに、主要な試料に関しては水銀、ホウ素についての分析の再検討を行った。またHF(フッ化水素)の有無による溶解機構の解明に向けた理論的検討を行った。

ガス状ホウ素およびセレンの分析方法に関し、発電所実プラントに適用し、プラントの同一地点から排ガスを採取し分析することで、不確かさの検討を行い、実装置での適用性について評価を行った。また、環境装置(脱硝装置、電気集塵器、脱硫装置)の前後において、ホウ素及びセレンを分析し、プラント内における挙動を観測した。また、将来の除去技術の開発を視野に、実験炉を使用して石炭灰・脱硫排水・煙突等からプラント系外への排出割合を予測する挙動モデルの構築に取り組んだ。

③クリーン・コール・テクノロジー推進事業 [平成4年度～平成26年度]

石炭利用に伴い発生するCO₂、SO_x、NO_x等による地球環境及び地域環境問題への対応、並びにエネルギー需給の安定化への対応等を図るため、以下を実施する。なお、本事業は研究開発ではないため、プロジェクトリーダーは設置されていない。

(1) 海外CO₂対策技術、CCSプロジェクトに係る情報収集・意見交換

- ・「モンゴルにおける低品位炭利用に起因する環境負荷低減技術に関する検討」

モンゴル都市部の大気環境改善のため、主たる原因であるゲル地域における生炭燃焼を乾留ブリケットへ代替させることを目的として、ブリケット製造プロセスを確立し、商用設備の事業性評価を実施した。

(2) CCT開発等先導調査およびその他CCT推進事業

- ・「エネルギーを取り巻く環境変化と今後のCCT技術開発のあり方に関する検討」

石炭は我が国において重要な基幹エネルギーであり、東日本大震災後において、ますます重要性が高まる火力発電の導入シナリオについて、石炭火力をベース電源とした場合、LNG火力をベース電源にした場合とを検討した。また我が国では平成19年に燃料関連分野の技術戦略マップの中で石炭利用技術分野の技術ロードマップが作成されたが、作成後4年経過しているため、CCTロードマップに関する調査とローリングを行った。

(3) IEAの各種協定に基づく技術情報交換の実施

IEA/CCC (Clean Coal Centre) では、クリーン・コール・テクノロジーに関する技術調査を行っており、これに参画し、技術情報交換・各種技術情報収集を行うとともに、国内関係者への情報提供を行った。

④燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究 [平成22年度～平成23年度]

高効率石炭火力発電技術である石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC) とCCSを用いた革新的なゼロエミッション化を目指し、以下の研究開発を実施する。なお、本調査研究は研究開発ではないため、プロジェクトリーダーは設置していない。

(1) 酸素吹石炭ガス化技術に関する最適化検討

本項目は平成22年度に計画通り完了した。

(2) 酸素吹石炭ガス化複合発電実証試験に関する最適化検討

a. 酸素吹石炭ガス化複合発電実証プラントの基本設計

平成22年度に引き続き、実証試験にて検証すべき技術課題を抽出するとともに、実証プラントを構成するガス化炉、ガス精製設備、空気分離設備、排水処理設備、ユーティリティー設備等に関する基本仕様、主要プロセスの設計、全体配置計画、プラント性能、環境性能などの基本計画に基づく基本設計を検討した。

b. 酸素吹石炭ガス化複合発電実証プラントの設備合理化検討

平成22年度に引き続き、実証プラントを構成する設備について、効率、信頼性、安全性、運用性を確保した合理化項目を抽出した。その合理化案の適用可否を評価したうえで1) の基本設計に反映するとともに、実証プラントの建設計画と実証試験計画を策定した。

⑤革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発 [平成22年度～平成25年度]

次期IGCCに最適なCO₂分離回収技術の開発と新規CO₂分離回収技術等の調査を行うべく、電源開発株式会社若松研究所長 笹津 浩司氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 次期IGCCに最適なCO₂分離回収技術の開発

(ア) CO₂分離回収試験設備の設計・製作

酸素吹石炭ガス化炉で生成される石炭ガス化ガスからCO₂を分離回収する試験設備〔物理吸収法 (Sour Gas Shift+Selextol) : 供試ガス1, 000m³N/h規模のパイロット試験設備〕の設計を前年度に引き続き行い、その設計に基づき製作・据付工事を実施した。

(イ) 酸素吹石炭ガス供給設備の整備等

CO₂分離回収試験の実施準備として、前年度に引き続き、CO₂分離回収試験設備に石炭ガス化ガスを供給する酸素吹石炭ガス化炉の整備 (改造工事) を実施した。今年度はチャーリサイクル系統における粉体搬送設備の改造後の各種機能確認試験を実施した。

(ウ) 物理吸収法におけるサワーシフト反応最適化研究

IGCCでの運用圧力における炭素析出特性 (触媒劣化) を把握するために、加圧状態での触媒性能を評価することで、シフト反応の添加水蒸気量や炭素析出量等の関係を解明した。

(2) 新規CO₂分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験

新規CO₂分離回収技術及びCO₂分離回収システムに関して、回収したCO₂の昇圧ロス低減が可能な高压再生型吸収液によるCO₂分離回収技術やCO₂分離設備が不要なCO₂回収型石炭ガス化技術、ハイドレートによるCO₂分離回収、水素分離膜を用いたH₂/CO₂分離システム等について、前年度に引き続き調査を実施し、性能・信頼性・大型化等に関して技術の有望性を評価した。また、有望技術のフィールド試験を前倒しで開始した。

平成24年度においては、以下を実施した。

地球環境問題への対応及び化石エネルギー資源の安定供給への対応を推進するため、ゼロエミッション型石炭火力発電の実現を目指すとともに、我が国のクリーン・コール・テクノロジーの国際競争力強化のための技術開発・調査研究を、以下の事業項目について実施した。

①ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究

②ゼロエミッション石炭火力基盤技術

③クリーン・コール・テクノロジー推進事業

④革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発

①ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究 (平成20～24年度)

石炭ガス化発電からCCS (Carbon dioxide Capture and Storage) までのトータルシステムの実現可能性FS (フィジビリティ・スタディー) 検討を実施するため、財団法人エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部長 小野崎 正樹氏をプロジェクトリーダーとし、以下の調査研究を実施した。

(1) 石炭ガス化発電とCO₂分離・回収システムの概念設計

本テーマは平成22年度で終了。

(2) CO₂輸送システムの概念設計

以下①、②、③のテーマを検討した。

①発電所近隣沿岸域を対象に処理基地を洋上に建設する場合の制約要因の調査及び洋上処理基地の概念検討を実施し機器配置、施工方法を検討した。

②洋上基地に比べ悪海況下でも影響を受けにくく、圧入サイト候補海域を増加させる可能を持つ浮体式小型係留装置の検討し、潜水ブイにライザーを係留する方式を検討した。

③輸送システムに係る各種規則精査と規制緩和によるコスト削減可能性調査を実施した。

また、輸送量を大規模貯留地点で年526万tの貯留をする場合を想定してコスト検討を行い、H22年度の輸送

コストの約半分の価格で輸送できる目途を付けた。

(3) CO₂の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価

平成23年度に追加検討した結果で貯留層経済評価ツールのデータ更新を行い、ツールを完成させ、輸送システムも考慮した貯留概念設計を行って経済性を評価した。また、貯留ポテンシャル増大のため、従来の深部塩水帯水層に加え、褐炭層の貯留ポテンシャル概念評価と貯留ポテンシャルの概略評価を行い、褐炭層で48億トンの貯留可能性があることが分かった。また、平成24年度の海外動向調査は、EU、米国、豪州の政策及び大型実証プロジェクト動向調査、石炭火力からの回収技術の標準化動向を調査した。

(4) 全体システム評価

発電・回収での新技術によるコスト寄与とシステム信頼性向上検討を実施した。経済性評価モデルは平成23年度までの検討結果を更新した。

(5) エネルギー需給影響評価モデル構築評価

東日本大震災後の政策検討の推移を見ながら広汎なケースを想定した長期電力需給構造とエネルギー需給シナリオを分析し、ゼロエミッション火力/CCS導入シナリオを検討した。

(6) 国際標準化の検討

ISOへの標準化策定作業に対応し、CCS導入・普及で我が国がリーダーシップを取るべき分野の標準化の具体的な検討を行った。この結果はISO/TC265の標準化国内委員会の議論のベースデータとして活用された。

(7) 戦略検討

CO₂削減やCCS国際的技術、施策動向など最新の知見を取り入れ、我が国で経済効率的かつ効果的に実現可能なゼロエミッション火力導入に関する戦略的検討を実施した。これを元に政策提言を作成し、Q&A形式の政策決定者が活用しやすいF S結果の統合報告書を取り纏めた。

②ゼロエミッション石炭火力基盤技術 (平成19～24年度)

ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための石炭ガス化システムやCO₂分離・回収システム技術の更なる高効率化を求めた基盤研究を実施するため、財団法人エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部長 小野崎 正樹氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) CO₂回収型次世代IGCC技術開発

CO₂予熱設備などを追設した小型ガス化炉によりO₂/CO₂ガス化反応促進効果を実証した。また、基本ガス化反応検討により高精度化した数値解析手法を用いた実機規模ガス化炉解析等により、O₂/CO₂ガス化炉の性能向上に有効な条件を明らかにした。さらに、実機F Sやガス精製設備の炭素析出抑制対策等により、目標効率達成のための最適システムを検討するとともに、提案システムの早期実用化に向けた課題を網羅的に抽出し、その優先順位付けにより、各課題を実用化に向けた各フェイズ(ベンチ、パイロット、実証)のどの段階で行うべきかを整理した上で、ベンチ炉ガス化試験の概略を検討した。これまでの成果により、次のステップへの展開の基盤がほぼ確立され、次年度以降、展開を検討する準備が整った。

(2) 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発

引き続き、高水素濃度燃料対応低NO_xバーナの更なる性能向上を検討し、大気圧及び高圧燃焼試験で高濃度水素の燃料に対して逆火等の不具合がないこと及び低NO_x燃焼性能を検証するとともに、燃焼安定性と低NO_x燃焼性能を両立させるバーナ構造の最適化を高度化した。

燃焼試験結果から、性能向上のために縮小及び実寸サイズのマルチクラスターバーナ形式低NO_x燃焼器を改良し、燃焼安定性及び低NO_x燃焼性能を両立する構造とした。また実ガス燃焼試験に向けたガスタービン着火・起動の成立性を検証すべく、2缶着火試験用燃焼器の製作も行い、さらには一酸化炭素の影響及び多缶同時燃焼を評価するため、実ガスによる燃焼試験をガスタービン実機に開発バーナを搭載して実施した。

研究開発項目③石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発

鹿児島大学工学部生体工学科教授 大木 章氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積と燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明(平成19～25年度)

石炭中の微量成分分析手法(産総研法)について、これまでに発行されたISOガイドランスを踏まえJIS化を推進した。また、手法の高度化とデータ精度の検証について、規格化団体(JISC石炭・コークス委員会)との綿密な連携のもとに、コールバンク試料を活用したデータ点数の上積みを図った。その中でコールバンク新規試料炭3炭種について産総研法による微量分析を行い、微量データベースを計115炭種とするとともに、水銀のクロスチェックを実施した。またホウ素については20炭種を目途として分析値を取得した。また引き続き、産総研法における使用機器の影響評価やHF(フッ酸)の有無による溶解機構の解明に向けた理論的検討を行った。

ガス状ホウ素及びセレンの分析方法の標準化について、実績を有する外部組織へ一部外注し引き続き推進した。また実プラントにおける適用性の評価を継続し、分析の質に影響する要素の把握と除去を試み、測定精度向上のため、測定数値差異について考察を実施した。また、石炭燃焼試験炉における挙動把握試験と、ガス状微量成分発生装置やDTF等の基礎実験装置を用いた基礎検討から、プラント内挙動に影響する因子を検討した。

研究開発項目④次世代高効率石炭ガス化技術最適化研究(平成24年度)

次世代高効率型の石炭ガス化技術調査を実施した。

(1) 次世代高効率石炭ガス化技術調査

これまでの研究によって、開発された石炭ガス化システムを活かすシステムを構築すべく、全体プ

ラントの最適化を調査した。

(2) CO₂分離型化学燃焼石炭利用システム可能性調査

CO₂回収を導入した場合、既存の微粉炭火力では発電効率が30%程度に落ち込むが、導入後も発電効率を維持すべく、石炭の燃焼反応と金属酸化物の酸化反応を起こす二つの反応器を組み合わせて、高効率な発電システムの調査を行った。

③クリーン・コール・テクノロジー推進事業（平成4年度～平成26年度）

(1) IGFCガスクリーンナップ

石炭ガス化ガス中の微量成分の適切な分析方法を評価検討するために、ラボ試験及びEAGLE実ガスによる公定法吸収液の適用性評価を実施した。また、高圧雰囲気におけるガス採取方法に関する検討を実施した。

(2) 低品位炭利用促進事業に関する検討

今後の低品位炭活用プロジェクトに資することを目的として、過去の研究開発を公平な立場から調査分析し、開発戦略や技術開発の課題を見極めるために低品位炭高付加価値化技術の技術的成熟度と市場性の調査、過去の低品位炭高付加価値化技術開発の成果分析、あるべき研究開発マネジメント体制の提案とチェックリストの整備を実施した。

(3) モンゴルにおける乾留ブリケット製造事業に係る合理化検討

モンゴル都市部の環境負荷低減技術として、大気汚染の主な原因とされるゲル地域の生炭燃焼を乾留ブリケットに燃料転換することを念頭に、乾留ブリケット製造事業において市場競争力のある販売価格とするために、乾留ブリケットの製造コスト等、経済性向上のための課題解決に向けてイニシャルコストの低減、事業性評価、製造コスト低減調査を行った。

(4) IEAの各種協定に基づく技術情報交換の実施

IEA/CCC (Clean Coal Centre) では、クリーン・コール・テクノロジーに関する技術調査を行っており、これに参画し、技術情報交換・各種技術情報収集を行うとともに、国内関係者への情報提供を行った。

④革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発（平成22年度～平成25年度）

次期IGCCに最適なCO₂分離回収技術の開発と新規CO₂分離回収技術等の調査を行うべく、電源開発株式会社若松研究所長 笹津 浩司氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

(1) 次期IGCCに最適なCO₂分離回収技術の開発

(ア) CO₂分離回収試験設備の試運転並びに引取試験

酸素吹石炭ガス化炉で生成される石炭ガス化ガスからCO₂を分離回収する試験設備〔物理吸収法 (Sour Gas Shift + Selexol) : 供試ガス1,000m³N/h規模のパイロット試験設備〕の試運転並びに引取試験を実施し、所定の性能が出ることを確認した。

(イ) 物理吸収法によるCO₂分離回収技術実証試験研究

CO₂分離回収エネルギーの低減等を目的として、基本特性確認試験、シフト系統圧力変化試験、吸収特性圧力依存性試験、吸収液循環量変化試験、再生塔リボイラ蒸気量低減試験等の各種パラメータ試験を実施した。

(ウ) 物理吸収法におけるサワーシフト反応最適化研究

サワーシフト反応における添加水蒸気量と反応特性及び炭素析出特性（触媒劣化）の関係を把握するために、反応ガス組成影響評価試験、低温作動型シフト触媒選定試験、蒸気添加量影響評価試験、実ガス試験を実施した。その結果、開発触媒は低温活性が高いことを確認した。

(2) 新規CO₂分離回収技術等調査及び有望技術フィールド試験

新規CO₂分離回収技術及びCO₂分離回収システムに関して、フラッシュドラムを用いた化学吸収新型再生技術やCO₂分離設備が不要なCO₂回収型石炭ガス化技術、水素分離膜を用いたH₂/CO₂分離システム等について、性能・信頼性等に関する技術の評価を前年度に引き続き行い、有望技術についてEAGLE実ガスを用いたフィールド試験を実施した。

< 5 > 国際関連分野

[中期計画]

近年におけるアジア諸国の経済発展はめざましく、とりわけBRICsの一角を担う中国、インドの経済成長に伴うエネルギー需要の伸びは著しい。また、中東情勢や経済動向等により、原油価格の不安定性が増大している状況にある。さらに、京都議定書の発効により、エネルギー・環境分野における国内外での対応策が喫緊の課題となっている。かかる状況等を踏まえ、第1期中期目標期間においては、我が国のエネルギー安全保障の確保及び環境対策を講じること等を目的とした海外実証業務等（共同研究を含む。）について、実用性、経済性等を重視した事業運営を行ってきた。

第2期中期目標期間中においては、アジア諸国の更なる経済発展が見込まれるところ、これに伴う技術レベルの向上、法制度、エネルギー関連の諸制度等が整いつつある国も見受けられ、エネルギー・環境分野等における事業のニーズも多様化している。一方、テロ行為、政情不安などにより、治安の悪化を招いている国も散見されるなど事業を推進する上で相手国の情勢をより一層慎重に見極めていくことが必要となっている。以上を踏まえ、第2期中期目標期間においては、企画競争・公募を徹底するとともに、より効果的・効率的に事業を推進すべく、以下の点について拡充を図り、もって我が国のエネルギー安全保障の確保、環境対策の推進等に寄与する。また、エネルギー関連施設の立地条件、技術進歩による設備能力向上、政府予算の状況その他適当な条件を加味した上で、第1期中期目標期間と同水準以上の件数のエネルギー使用合理化技術等の実証事業の実施等を旨とする。

- ・実施対象国と対象技術の選定に関し政府の政策上の優先度を踏まえ、普及可能性と波及効果の発揮に注力
- ・対象分野・技術の拡大（商業ビル等民生分野向けの技術、新エネルギー技術（太陽光発電、バイオマス等）を始めとする省エネ技術、環境調和型エネルギー技術（CCT、石炭資源の有効利用技術等）、従来のエネルギー多消費産業（鉄鋼、セメント、電力等）に加え、エネルギー消費の高い裾野産業（中小企業）向けの技術等）
- ・我が国の省エネ技術、環境調和型エネルギー技術等の普及等を加速化させるため、実施対象国の国土面積、地域性、地理的要因等の国情を踏まえた適切な事業運営の推進、及び普及促進を図る事業の拡充

[中期目標期間実績]

企画競争・公募を徹底するとともに、より効果的・効率的に事業を推進すべく、以下の点について拡充を図り、もって我が国のエネルギー安全保障の確保、環境対策の推進等に寄与した。また、第1期中期目標期間の実績を超える約40件のエネルギー使用合理化技術等の実証事業を実施した。

- ・実施対象国と対象技術の選定に関し政府の政策上の優先度を踏まえ、普及可能性と波及効果の発揮に注力した。
- ・90年代初頭から実施した実証事業を通じ、日本の優れた省エネ技術がアジアを中心に着実に普及。第2期中期目標期間では、原油削減効果として約493万kl/年、CO₂排出削減効果として約1335万トン/年を実現した。また、標準化にも寄与した。
- ・ZEBなど民生分野向けの技術実証、太陽熱発電やバイオエタノールなどの新エネルギー分野の技術実証、CCTや水資源分野を中心とする環境調和型エネルギー技術の実証、さらには、エネルギー消費の高い裾野産業である電炉、アルミニウム、繊維染色等の分野における省エネルギー技術実証を推進し、対象分野・技術を拡大した。
- ・単品の技術・設備ではなく、システム・インフラ（スマートコミュニティ等）にも注力すると共に、対象地域を欧米、先進国にも拡大。さらに、アジア・欧米を対象に、産業技術分野（水、医療、リサイクル等）の実証にも着手した。
- ・米国、欧州、アジア、中東等30カ国の政府および機関と約200本のMOU等を締結、うち第2期中期目標期間内では約60本の実績。地域性、地理的要因等の国情を踏まえたスマートコミュニティ事業を立案・展開、相手国のニーズを踏まえ、省エネルギー技術や蓄電技術、エネルギーマネジメントシステム等の各種エネルギー技術をシステム化することで、アジア途上国のみならず欧米先進国での普及促進を図る事業を拡充した。

《1》太陽光発電システム等高度化系統連系安定化技術国際共同実証開発事業 [平成17年～平成21年]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

- ①マイクログリッド高度化系統連系安定化システム実証研究（PV+SVG：タイ）
電圧・周波数・フリッカ等電力品質に関する最終目標を達成し、公開可能なシミュレーションモデルを構築しデータ解析検証し本事業を終了した。
- ②太陽光発電を可能な限り活用する電力供給システム実証研究（PV+CB：インドネシア）
平成20年4月に第1回技術WSを開催した。平成20年8月の設備竣工直後に田中PLにより直接現地指導を行った。平成20年12月には、エネルギー鉱物資源省大臣出席のもと、竣工式を実施した。平成21年2月には第2回技術WSを開催した。
- ③太陽光発電を可能な限り活用する電力供給システム実証研究（PV+BESS：マレーシア）
平成20年4月には相手国で技術WSを開催した。ID協議と並行して資産譲渡手続きの協議を継続し平成20年7月にほぼ合意した。これを受けIDが平成20年9月に締結され現地工事を開始した。国内では機器設計製作を終了した。平成21年2月には管理技術研修を実施した。
- ④マイクログリッド（高品質電力供給）高度化系統連系安定化システム実証研究（PV+補償装置：中国）
実証設備システムの据付を完了した。平成20年10月に竣工式を行い、マイクログリッド安定化、自然変動電源を

可能な限り活用する電力供給方法等の実証研究を開始した。また、一部シミュレーション解析を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

①太陽光発電を可能な限り活用する電力供給システム実証研究（PV+CB（Circuit Breaker：電流遮断器）：インドネシア）

電圧・周波数・高調波等電力品質に関する最終目標を達成し、公開可能なシミュレーションモデルを構築した。実証運転中、系統側事故停電時に想定外の電圧歪み発生によるバッテリー・インバータ過電流事象、及びバッテリー残量の推定に積算誤差の影響による均等充電未達事象が発生したため、事業期間を延長し原因究明を行い、これらの事象を解消して技術ワークショップを開催し、事業を終了した。

②太陽光発電を可能な限り活用する電力供給システム実証研究（PV+BESS（Battery Energy Storage System：蓄電池システム）：マレーシア）

システム竣工後、PVと併用可能な高性能瞬時電圧低下対策システムの実証試験、大容量新型蓄電池による負荷平準化運転の検証、及びシミュレーション解析を実施し、事業を終了した。PVインバータ間の通信異常は接地抵抗の改善で、多頻度の自立運転への移行事象は高速スイッチのノイズ対策で解決した。

③マイクログリッド（高品質電力供給）高度化系統連系安定化システム実証研究（PV+補償装置：中国・浙江省）

マイクログリッド安定化、自然変動電源を可能な限り活用する電力供給方法に関し、前年度試験結果をシミュレーション解析評価し、本年度実証試験により目標電力品質の達成を実証した。実証運転中、電力負荷の三相不平衡によるシステム停止事象や現地調達ディーゼル発電機の過敏応答によるシステム不安定事象が発生したため、事業期間を延長し、三相不平衡の原因特定及び制御定数適正化を行い、これらの事象を解消して事業を終了した。

以上により、全電源に対する太陽光発電の容量割合を50%程度まで高めたシステムの有効性を世界に先駆けて実証した。

《2》太陽光発電システム等国際共同実証開発事業 [平成4年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

平成20年度に実施した事業は以下のとおり。

1) 「大容量PV+キャパシタ+統合制御」(中国)

機器の輸送・据え付けを終了し、基礎データの取得及び統合制御システム等の動作確認と実証試験を開始した。

2) 「PV+小水力+キャパシタ」(ラオス)

システムの詳細設計を行い、機器製作、導水路等の土木工事、配電線工事を開始した。

3) 「設計支援ツール開発事業」

過去のNEDO事業の分析結果及びタイ・ラオス等の現地調査結果等を踏まえ、設計支援ツールの最適化を目的に、国内の専門家及び設計支援ツールの想定利用者を対象にしたワークショップを開催し、開発ソフトに対する利用者ニーズ及び改善意見等を収集してプロトタイプを作成した。

4) 「能力向上支援事業」

研修拠点であるタイ国SERTにおいて2回にわたり基礎設計技術・ハイブリッド発電技術の習得等、実務的・実践的な保守・管理教育等を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度に実施した事業は以下のとおり。

1) 「大容量PV+キャパシタ+統合制御」(中国)

電気二重層キャパシタによる出力変動補償、直流側接続設備の統合制御、インバータ制御システム等の実証試験を行った。

2) 「PV+小水力+キャパシタ」(ラオス)

土木工事、発電設備、配電線工事を順次行い、運転に向けPVパネルを中心とした各機器を据え付けた。

3) 「設計支援ツール開発事業」

平成21年度に終了した事業の結果及び研修事業における意見等を反映し、設計支援ツールver. 1.0を完成した。また、気象データベースの機能も、設計支援ツールにて使用できるようにした。

4) 「能力向上支援事業」

研修拠点であるタイ国ナレスアン大学内にある再生可能エネルギー研究所(SERT)において2回にわたって研修を実施した。また、受講者を日本へ招へいし日本における系統連系の実地研修を行った。さらに、最終的な研修として受講者が母国の技術者に対する指導を行うマスタートレーナー研修を行った。

平成22年度においては、以下を実施した。

太陽光発電システム等の再生可能エネルギーの供給安定化や一層の普及を図ることを目的として、平成22年度は以下の事業を実施した。

(1) 「PV+小水力+キャパシタ」(ラオス)

実証研究システムに係る機器の設置を完了し、サイトの電力品質、気象条件、システムの特性等に応じた実証試験を行い、大容量キャパシタの有用性を証明した。また、本実証試験結果を下記設計支援ツール作成のためのデータとして活用した。さらに、運転マニュアルを整備するとともに、現地にて運転指導を実施したのち自身で実際に運転をしてもらい、サイト管理者で維持管理ができることを確認した。

(2) 「設計支援ツール開発事業」

上記太陽光実証事業の成果も取り入れ、ファクトデータの充実及び更なる最適化を図ると共に、広くツールを利用してもらうための方策を検討した。

太陽光発電システム等国際共同実証事業としては今年度で事業を終了した。終了に当たっては外部有識者による委員会を開催し、本事業の総括を行った。中国での系統連系への貢献、各事業で目標とする電力品質を、実負荷を対象とし達成できたこと等の有効性を確認するとともに、スマートグリッド分野など国際事業としてのこれからの展開や研修などソフト事業との関係について明確にしていくべきとの示唆を受け、今後他事業へ成果を活用して新たなプロジェクト形成を行うこととした。

《3》国際エネルギー使用合理化等対策事業 [平成5年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

1) 国際エネルギー消費効率化等協力基礎事業

中国・インドにおけるセメント・鉄鋼産業に係る省エネ・環境対策に関する診断調査を実施し、両国政府の所管省庁と調査先企業及び業界団体へ結果を報告した。中国・インド民生施設における高効率ヒートポンプ空調システム導入検討にかかる基礎調査を実施し、インドではセミナーにおいて省エネ技術の啓蒙普及に努めた。インドにおける太陽光発電システム導入可能性等に関する調査では、太陽光実証事業実施に向けた具体的なデータを取得できた。その他海外事務所を通じ、ベトナム、カザフスタン、モンゴルなど各国のエネルギー事情等の調査を行い、モデル事業実施のための基礎データを取得した。

2) 国際エネルギー消費効率化等モデル事業

平成20年度は、政府間合意に基づき予め事業テーマを設定した案件だけでなく、優れた実証事業案件をより多く発掘するため、提案公募により広く公募を募った。これにより提案のあった14件について、投資回収年が短い等経済優位性の観点、相手国の事情・政策等との整合性の観点及び相手国内での普及性の観点等を踏まえ、「コークス乾留炉A C C S技術導入による省エネルギー化モデル事業（中国）」、「下水処理場における下水汚泥等バイオマス混合発電及び省エネ対策モデル事業（中国）」、「キャッサバ茎皮等ガス化熱電併給システムモデル事業（タイ）」の3提案を採択し、F Sに着手した。また、テーマ設定により公募を行った「熱電併給所高効率ガスタービンコージェネレーションモデル事業（ウズベキスタン）」についても、F Sを実施した。

前年度からの継続案件については、「ディーゼル発電設備燃料転換モデル事業（インド）」、「民生（ビル）省エネモデル事業（中国）」、「セメント排熱回収発電設備モデル事業（インドネシア）」、「セメント工場におけるバイオマス及び廃棄物の有効利用モデル事業（マレーシア）」、「流動層式石炭調湿設備モデル事業（中国）」の5事業に係るMOUを締結した。また、「製糖工場におけるモラセス・バガスエタノール製造モデル事業（タイ）」、「省エネ・節水型繊維染色加工モデル事業（インドネシア）」の2事業については、計画どおり竣工し、実証運転を実施した。

3) 国際エネルギー消費効率化等技術普及事業

相手国での技術の定着を図るため、「高性能工業炉モデル事業（インドネシア）」（平成18年度終了）において実証を行った省エネ技術について、サイト企業の自主的な設備保守能力の向上を図るため、サイト企業の技術者を日本に招へいし、保守点検技術に関する研修を実施した。

また、「熱電併給所省エネルギーモデル事業（カザフスタン）」（平成18年度終了）及び「製糖工場におけるモラセス・バガスエタノール製造モデル事業（タイ）」（平成19年度終了）については、実証技術をそれぞれの相手国に普及・定着させるための方策を相手国政府とともに検討するとともに、セミナーを開催するなどして相手国における技術の啓蒙を図った。

平成21年度においては、以下を実施した。

1) 国際エネルギー消費効率化等協力基礎事業

インド等におけるE S C O事業に関する調査を行い、あわせてセミナーを開催してインドにおけるE S C O事業の啓蒙普及を行った。事業形成に資するため、ベトナム国ハノイ地域での廃棄物発電事業、インドでの繊維産業における省エネルギーに関する基礎調査を行った。また、タイ、インドネシア、モンゴルなど各国のエネルギー事情等について、海外事務所が現地政府関係機関より情報収集するなどして調査し、モデル事業実施のための基礎データを取得した。

2) 国際エネルギー消費効率化等モデル事業

①新規提案公募・テーマ設定公募

平成21年度は、優れた実証事業案件をより多く発掘するため、提案公募により広く公募を募った。これにより提案のあった14件について、相手国内での普及性の観点等から審査を行い、以下の6件を採択してF Sを実施した。

○省エネ案件

- ・民生（ビル）省エネモデル事業（タイ）
- ・環境対応型高効率アーク炉モデル事業（タイ）
- ・低温排熱回収有効利用モデル事業（タイ）
- ・新交通情報システムモデル事業（中国）

○代エネ・新エネ案件

- ・セメント工場におけるバイオマス及び廃棄物の有効利用モデル事業（インドネシア）
- ・製糖工場におけるモラセス・バガスエタノール製造モデル事業（インドネシア）

タイの民生ビル、アーク炉の事業については年度内に事業化を決定した。

また、政府間合意等に基づき「都市廃棄物高効率エネルギー回収モデル事業（中国）」「都市ビルへの高効率ヒートポンプ技術適用モデル事業（中国）」の2件の課題設定公募を行い、F Sを実施した。

②新規基本協定書（MOU）締結案件及び事業化決定

既に事業化が決定していた以下4件の事業についてMOUを締結し、設計等を開始した。

- ・民生用水和物スラリー蓄熱空調システムモデル事業（タイ）
- ・熱電併給所高効率ガスタービンコジェネレーションモデル事業（ウズベキスタン）
- ・コークス炉自動燃焼制御モデル事業（中国）
- ・焼結クーラー排熱回収設備モデル事業（インド）

また、テーマを設定してF Sを実施していた「下水処理場における汚泥等混焼発電モデル事業（中国）」についても事業化を決定した。

③継続事業の進捗状況

継続事業のうち、「アルミニウム工業における高性能工業炉モデル事業（タイ）」は竣工し、良好な実証運転結果を得た。21年度中に終了予定であった、「コークス乾式消火設備モデル事業（インド）」「ディーゼル発電設備燃料転換モデル事業（インド）」「民生（ビル）省エネモデル事業（中国）」については工事の遅れなどから、平成22年度まで事業を延長することとした。「セメント工場におけるバイオマス及び廃棄物の有効利用モデル事業（マレーシア）」「セメント排熱回収発電設備モデル事業（インドネシア）」「流動層式石炭調湿設備モデル事業（中国）」は国内での設計・機器作成などが順調に進捗した。

3）国際エネルギー消費効率化等技術普及事業

平成20年度に事業終了した「省エネ・節水型繊維染色加工モデル事業（インドネシア）」について、CPである工業省繊維局と共催で、モデル事業サイトでのデータ管理能力等育成、他工場での省エネ診断等に関する技術セミナーを実施し、今後の技術普及について政府担当部局の協体制の強化の確認が得られたことに加え、サイト企業におけるメンテナンス・管理能力の向上に繋がった。また、インドにおけるこれまでの事業の取り組みを紹介した英語のビデオを作成し、インドにおけるフォーラムで流したほか、HPを通じて視聴できるようにし、NEDO事業の成果を広く衆知した。

なお、平成22年度以降は「国際エネルギー消費効率化等技術普及協力事業」に統合して実施した。

《4》京都メカニズム開発推進事業 [平成10年度～平成22年度]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

平成19年度に政府承認体制が整い今後のCDMプロジェクトの形成が期待されるタイにおいて、セミナー開催やビジネスマッチング等を含む実案件発掘等のCDMキャパシティビルディングを実施した。当該セミナー及びワークショップには延べ1,200名が参加するなど、先方の高い関心を得た。

また、CDM/J I事業化を目指している案件の実現可能性を探るため、製鉄所における廃熱利用発電やバイオマス発電等5件を公募により採択し、F S調査を実施した。その結果、4件がCDM事業化可能と判断され、今後のCDM事業化が見込まれる。

平成21年度においては、以下を実施した。

CDM/J Iのホスト国に対する体制整備等の支援を行うキャパシティビルディング事業では、平成21年2月にタイで開催したセミナーで発掘した9案件のフォローアップ（CDM案件形成支援）を実施した。その結果、7案件については今後CDM事業として展開できる可能性が得られた。

CDM/J I事業として案件成立の可能性を調査するフィジビリティスタディ（F S）では、「物流・交通部門CDMプロジェクト実現可能性調査」及び「J I推進調査」を公募し、前者は提案3件から2件、後者は提案6件から3件を採択、物流・交通部門での新規方法論の開発及びJ I事業等としての推進が今後期待できる委託調査を実施した。

平成22年度においては、以下を実施した。

CDM/J I事業として案件成立性の可能性を調査するフィジビリティスタディ（F S）で、3つの分野で公募を行った。「プログラムCDM/J I実現可能性調査」は提案9件から1件を採択、「新規方法論の開発を伴うCDMプロジェクト実現可能性調査」は提案2件から1件を採択、「物流部門CDMプロジェクト実現可能性調査」は提案3件から1件を採択した。各分野でCDM/J I事業等としての推進が今後期待できる委託調査を実施した。

《5》国際石炭利用対策事業 [平成5年～]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

我が国における石炭資源の安定的かつ適切な供給の確保及びアジア地域の環境負荷の低減に資するため、関係国（アジア・太平洋地域を中心とした開発途上国等）において、我が国の有する優れたクリーン・コール・テクノロジー（CCT）の基礎調査、実施可能性調査、実証及び普及を目的に、平成20年度は以下の事業を実施した。

事業項目①「クリーン・コール・テクノロジー実証普及事業」

前年度に終了した「流動床セメントキルン焼成技術共同実証事業」を含め、これまで実施した環境調和型石炭利用システム導入支援等普及対策事業のフォローアップ等を実施した。また、平成19年度にモデ

ル事業化した2件のモデル事業については引き続きモデル事業として事業を実施した。また平成19年度に実施したFSのうち、1件については中間評価を行い、モデル事業化を見送ることとした。

さらに、新たにFS等を実施し、新規事業の実施可能性等を検討した。また技術指導等の事業を併せて実施した。

事業項目②「クリーン・コール・テクノロジー移転事業」

今後のCCT協力推進のため、各種調査等を実施した。また、CCTの普及を図るため、アジア・太平洋諸国におけるCCT関連分野の技術者等を対象に技術移転研修及び、石炭火力発電所の設備診断の標準マニュアル作成に関する調査等を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

事業項目①「クリーン・コール・テクノロジー実証普及事業」

平成19年度にモデル事業化した「CMM/VAM有効利用発電システム実証普及事業（中国）」、「高効率簡易選炭システム実証普及事業（インド）」については引き続き事業を実施した。

平成20年度までにFSを実施済の「山元小規模熱電所における低品位炭利用高効率発電バブリング流動層燃焼技術導入（中国）」、「表面改質法による石炭灰（FA）脱炭改良技術のセメント産業への適用に係る実証普及事業（インド）」については、中間評価を行い、モデル事業に移行しないこととした。

また、平成21年度に新たにFSを公募し、「炭鉱メタンガス（CMM）の濃縮と有効利用に関する実証普及事業（中国）」、「触媒燃焼を用いた未利用希薄メタンガス処理システム実証普及事業（中国）」、「低品位炭活用山元発電実証普及事業（インドネシア）」、「排煙脱硫装置実証普及事業（インド）」の4件について採択し、実施可能性等を検討した。

さらに、これまで実施した事業のフォローアップとして企業ヒアリングを行った。

事業項目②「クリーン・コール・テクノロジー移転事業」

これまでのモデル事業の成果、相手国ニーズを踏まえて、相手国におけるCCTの普及を支援するため、インド及びインドネシアにおいてセミナー等を実施した。

事業項目③「国際協力推進事業」

今後のCCT協力推進のため、インドネシアにおけるコークス需給等調査を実施した。

上記事業については、公募によって実施者を選定し実施した。

平成22年度においては、以下を実施した。

我が国における石炭資源の安定的かつ適切な供給の確保及びアジア地域の環境負荷の低減に資するため、関係国（アジア・太平洋地域を中心とした開発途上国等）において、我が国の有する優れたクリーン・コール・テクノロジー（CCT）の基礎調査、実施可能性調査、実証、普及等を目的に、平成22年度は以下の事業を実施した。

（1）「クリーン・コール・テクノロジー実証普及事業」

平成19年度、平成20年度にモデル事業化した2件のモデル事業については、引き続き事業を実施し、インドにて高効率簡易選炭システムを、中国にてCMM（炭鉱メタンガス）/VAM（通気メタンガス）有効利用発電システムを普及させるため、実証試験を行った。

また平成21年度に実施した事業の普及状況についてヒアリングを行い、各国への事業化に向けた課題等についてフォローアップを行った。また、今後の当該技術の普及の可能性等を把握するため、国際事業検討委員会を開催し、外部有識者による評価を実施した。

（2）「クリーン・コール・テクノロジー移転事業」

フィリピンにおけるCCTの普及を支援するため、ブリケット製造設備について、相手国のニーズを踏まえ、日常点検を含めた、設備の正しい運転、操作方法について、その習熟度の向上を目指した教育研修を実施した。

（3）「国際協力推進事業」

インド、ニューデリーにてCCTセミナーを開催し、高効率な火力発電システム、環境対策技術について講演を行い、日本が有する世界トップクラスのCCTについて普及促進を行った。また、インドの産業界及び政府関係者から同国におけるエネルギー政策や日本に求める石炭利用技術について情報収集を行った。

《6》研究協力事業 [平成5年～]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

インドにおける地域特性を活かした太陽光発電研究、タイにおける環境汚染対策事業やバイオマス事業など、中国における砂漠化防止、水質対策及びバイオマス利用技術、ベトナムにおける廃水処理技術事業、マレーシアにおけるパーム幹を利用したバイオマス事業など、実施対象国のニーズが特に高い環境・エネルギー分野を中心に、5カ国、計12事業を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

電力供給が安定していないインドにおいて、マイクログリッド・スマートグリッド導入による工業団地への安定電力供給システム構築に係る事業、パームが主要産業であるマレーシアにおいて、オイルパーム古木樹液の搾汁残渣から効率的かつ低コストでエタノールを製造するための総合的技術開発など、途上国の実情やニーズに合致した新規事業を8件、昨年度からの継続事業7件の合計15件の事業を8カ国で実施し、途上国の自立的な課題解決能力向上に寄与した。

平成22年度においては、以下を実施した。

タイにおけるダイオキシンの測定・分析技術に関する手法を確立するための環境総合事業を実施し、日本の方式を元に同国に適したシステムの導入に貢献した。また、中国において廃棄物焼却残渣をセメント原料とするための脱塩技術の研究など、提案公募により募集した事業を、前述事業含め新規事業5件、継続事業6件の計11事業を9か国で実施し、当該国の自立的な環境問題等解決に貢献した。

平成23年度においては、以下を実施した。

平成23年度においては6カ国（タイ、ベトナム、中国、ミャンマー、インドネシア、カンボジア）計10件の案件を実施し、途上国における研究開発能力の向上及び当該国の自立的な環境問題解決に貢献した。また、計画通り、環境技術総合研究協力事業では定額での助成（100%助成）を実施し、提案公募型研究協力事業では補助率での助成を実施した。

平成24年度においては、以下を実施した。

平成24年度においては4カ国（ベトナム、タイ、ミャンマー、中国）計5件の案件を実施し、途上国における研究開発能力の向上及び当該国の自立的な環境問題解決に貢献した。また、計画通り、環境技術総合研究協力事業では定額での助成（100%助成）を実施し、提案公募型研究協力事業では補助率での助成を実施した。

《7》米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証 [平成21年度～平成25年度]

[中期目標期間実績]

平成21年度においては、以下を実施した。

基本計画に基づき、公募により委託先を選定し、事前調査を実施した。

具体的には、部分採択した企業の役割分担の明確化、及びシステムを構築する機器を相互接合するためのインターフェース部分の企業間の調整等を実施した。また、米国ニューメキシコ州実証サイトでの現地システム構築に係る現地調査、調整を実施した。その結果、本実証研究の基本計画を満足するためのシステム構築が可能となった。

なお、平成22年度以降は「スマートコミュニティ推進事業（米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証）」に統合して実施した。

《8》国際エネルギー消費効率化等技術普及協力事業 [平成5年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

平成22年度より「国際エネルギー使用合理化等対策事業」の制度を見直し、その費用のうち中核的費用を委託の対象とし、その他は委託先の負担で事業を行った。また、スマートグリッド実証など、これまでの単体設備の実証から、複数の技術を組み合わせシステムとして実施していく事業を重点的に新規事業開拓を行った。

（1）国際エネルギー消費効率化等技術普及推進事業

①協力基礎事業

平成22年度は、インドにおいて、省エネ・エネルギー管理技術・ノウハウに係るトレーナーズ・キャパビル、化学産業・製鉄業等への高性能工業炉の導入可能性調査を行った。インドネシアではジャワ島における工業団地のスマートコミュニティ技術導入可能性に関する調査、中央ジャワ地区における繊維産業の省エネ・節水診断を行った。その他、日本の省エネ・再生可能技術の普及可能性の調査を中国・マレーシア・ポーランドで行った。

②技術実証事業可能性調査（FS）

○テーマ提案公募

平成22年度は、優れた実証事業案件をより多く発掘するため、年度当初に提案公募により広く応募を募った。これにより提案のあった18件について、相手国内での普及性の観点等から審査を行い、以下の5件を採択してFSを実施した。

- ・非在来型水資源を利用した省エネ型造水システム技術実証事業（サウジアラビア）
- ・PVCプラントにおける省エネルギープロジェクト（中国）
- ・膜型メタン発酵システムを用いたパーム油産業におけるエネルギー回収事業（マレーシア）
- ・地域代替エネルギー導入のための低濃度炭酸メタンガス（CMM）濃縮技術実証事業（中国）
- ・立軸バルブ水車による既設ダムへの水力発電所増設事業（インド）

また、対象国のニーズ等や普及見込みを把握してNEDOが主体的にテーマを設定し、以下の公募を採択・実施した。

○バイオエタノール製造技術実証事業

我が国が有するバイオエタノール製造技術を、原料候補である農林残渣等が豊富に存在するASEAN、中国等でパイロット規模で実証することを目的として、公募を行い、以下の3件についてFSを実施した。

- ・中国・黒龍江省における馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証事業（中国）
- ・タイにおけるキャッサバパルプを原料とする低コスト燃料用エタノールの製造技術開発（タイ）
- ・酵素法によるバイオマスエタノール製造技術実証事業（タイ）

○課題設定公募

政府間合意などにに基づき以下の3件の公募を行い、FSを実施した。

- ・大規模太陽光発電システム等を利用した技術実証事業（インド）
- ・産業廃棄物発電技術実証事業（ベトナム）
- ・太陽熱発電システム技術実証事業（チュニジア）

（2）国際エネルギー消費効率化等技術実証事業

①事業化決定及び新規基本協定書（MOU）締結案件

FSを終了したテーマについて外部有識者も含めた事業化評価を実施し、以下の3件の事業化（実証事業実施）を決定し、うち2件についてはMOUを締結した。

- ・新交通情報システム技術実証事業（中国）（MOU締結）
- ・都市廃棄物高効率エネルギー回収モデル事業（中国）（MOU締結）
- ・都市ビルへの高効率ヒートポンプ技術適用モデル事業（インド）

②継続事業の進捗

「民生ビル省エネ事業（中国）」は無事竣工し、良好な省エネ実績を得た。「コークス炉自動燃焼制御事業（中国）」「流動層式石炭調湿設備事業（中国）」「セメント排熱回収事業（インドネシア）」「製糖工場におけるモラセスエタノール事業（インドネシア）」「セメント工場におけるバイオマス及び廃棄物の有効利用事業（マレーシア）」「民生用水和物スラリー蓄熱空調システム事業」「ディーゼル発電設備燃料転換事業（インド）」「焼結クーラー排熱回収設備事業（インド）」の8つの継続事業について、一部相手方サイト都合等で設備の設置に遅れが見られるが、概ね順調に工事が進捗した。

なお、平成23年度以降は「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業」に統合して実施した。

《9》国際連携クリーンコール技術開発プロジェクト [平成22年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

石炭火力を発生源とする日本型CCSの早期確立を図るため、我が国の研究機関と欧米等の研究機関による共同研究や中国におけるEORの技術検討を、対象国との合意に基づいた国際的な連携事業として実施した。

平成22年度は石炭使用により発生するCO₂の分離・回収・貯留（CCS）技術分野において公募を行い、研究開発項目①では7テーマ、研究開発項目②では1テーマを採択した。

研究開発項目①クリーンコール技術に関する基盤的国際共同研究

- （1）CCS向け高効率酸素燃焼石炭ボイラ実用化のための研究開発（平成22、23年度）材料試験を実施し、酸素燃焼ガス雰囲気でのボイラチューブ材の高温腐食の分析評価を実施した。
- （2）石炭起源の低炭素原燃料とCCSの導入・普及のシナリオに関する研究開発（平成22、23年度）プログラムの変更及びデータ整理を行い、CCS導入・普及のシミュレーションの準備を実施した。
- （3）低品位炭起源の炭素フリー燃料による将来エネルギーシステムの実現化に関する調査研究（平成22、23年度）各種試験を実施し、水素利用による将来エネルギーシステムの概念設計を実施した。
- （4）ビクトリア州褐炭のガス化を基幹とする高度利用技術国際連携研究（平成22、23年度）。各種試験を行い、褐炭エネルギー・化学コンプレックス事業の可能性について概略検討を実施した。
- （5）地下高温域でのCO₂の流動と化学反応による鉱物固定に関する研究（平成22年度）CO₂の鉱物化について、各種試験等を行い、炭酸塩鉱物沈殿が透水性へ与える影響を評価後、実用化試験の概念設計を行った。
- （6）CO₂地下貯留の安全性・周辺環境影響の予測および評価手法の研究開発（平成22年度）ソフト開発を行い、大規模圧入によって生じる環境影響シミュレーションによる評価手法を開発した。
- （7）CO₂の地下深部塩水層貯留についての基盤的国際共同研究（平成22年度）カナダPTRCのCO₂圧入の実証プロジェクトAquistoreとの連携をとりながら研究を行い、技術指針作成に向けた基礎資料を作成した。

研究開発項目②中国での石炭起源のCO₂のCCS-EOR（石油増進回収）適応に関する調査研究（平成22、23年度）

CCS-EOR全体システムの検討、貯留したCO₂の再資源化を目的とした微生物利用メタン再生技術、貯留層モニタリングなどの概略調査を実施した。

平成23年度においては、以下を実施した。

石炭火力を発生源とする日本型CCSの早期確立を図るため、我が国の研究機関と欧米等の研究機関による共同研究や中国におけるEOR（石油増進回収）の技術検討を、対象国との合意に基づいた国際的な連携事業を行うため、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①クリーンコール技術に関する基盤的国際共同研究

- （1）CCS向け高効率酸素燃焼石炭ボイラ実用化のための研究開発（米国）

酸素燃焼実ガス高温腐食試験までを行い、酸素燃焼時の腐食環境の評価を行うと共に米国国立研究所と技術情報交換を行い、評価の精度を高めた。

- （2）石炭起源の低炭素原燃料とCCSの導入・普及のシナリオに関する研究開発（米国）

低炭素原燃料とCCSのサプライチェーンのビジネスモデルの提示を行うと共に米国国立研究所と

技術情報交換を行い、モデルの信頼性を高めた。

(3) 低品位炭起源の炭素フリー燃料による将来エネルギーシステムの実現化に関する調査研究（豪州）

褐炭ガス化要素試験等実施し、炭素フリー燃料による将来エネルギーシステムのFSを日豪共同で実施し、実現可能性を確認した。

(4) ビクトリア州褐炭のガス化を基幹とする高度利用技術国際連携研究（豪州）

褐炭エネルギー・化学コンプレックス全体の技術可能性及び事業性について日豪で検討し、乾留チャーを主要製品とする電力化学併産コンビナートの事業可能性を確認した。

研究開発項目②中国での石炭起源のCO₂のCCS-EOR適応に関する調査研究

(5) CCS-EOR全体システム検討に必要な油田、CO₂排出源及び輸送設備等の条件設定を行った。また、微生物利用メタン再生技術及び貯留層モニタリングの調査研究を中国側と役割分担しながら進めた。

平成24年度においては、以下を実施した。

石炭火力を発生源とする日本型CCSの早期確立を図るため、我が国の研究機関と中国におけるEOR（石油増進回収）の技術検討を、中国との合意に基づいた国際的な連携事業として行うため、以下の研究開発を実施した。

平成24年度は、継続事業として下記の中国案件1件を実施した。

研究開発項目②中国での石炭起源のCO₂のCCS-EOR適応に関する調査研究

(1) 経済性評価モデルを組み込んだCCS-EOR全体システムの検討、貯留層モニタリング技術の中国における油田フィールドへの応用について検討、微生物利用CO₂再資源化技術の可能性検討を中国側と役割分担しながら実施した。

《10》スマートコミュニティ推進事業（米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証） [平成18年度～平成25年度]

平成22年度においては、以下を実施した。

スマートグリッド実証におけるEMS（Energy Management System）の基本設計を終了し、系統安全検証デモ用のソフトウェアを完成させた。また、本事業で得られた結果を国際標準化へ繋げるため、蓄電池システム及びPVシステムとEMSの連携仕様を確定し、その内容をユースケース（実証に関するシステム構成や運転の内容を取りまとめたものであり、国際標準化の議論のベースとなるドキュメント）として整理を開始した。

また、「フランス・リヨン再開発地域におけるスマートコミュニティ実証事業」及び「スペインにおけるスマートコミュニティ実証事業」について公募により実施者を決定し、FSを開始した。

なお、平成23年度以降は「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業」に統合して実施した。

《11》国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業 [平成5年度～平成27年度]

[中期目標期間実績]

平成23年度においては、以下を実施した。

①基礎調査

平成23年度は以下の基礎調査を採択した。

- ・モロッコ王国における太陽光発電と系統安定化技術導入可能性に関する調査
- ・マレーシアにおけるゼロエミッション・エネルギー供給を中心としたエコシティ構築可能性に関する調査
- ・タイ工業団地ピンチテクノロジー等の工場間エネルギー利用解析による省エネ診断事業
- ・インド共和国における太陽熱発電技術導入可能性に関する調査
- ・英国におけるスマートコミュニティ技術実証可能性に関する基礎調査
- ・中華人民共和国北京市延慶県におけるスマートコミュニティ技術導入可能性に関する調査
- ・日本発ZEBの国際展開に関する検討
- ・インド共和国における携帯基地局へのエネルギーマネジメント技術導入可能性に関する調査

②FS

平成23年度は以下のFSを採択した。

- ・膜技術を用いた省エネ型排水再生システム技術実証事業（サウジアラビア）
- ・太陽熱エネルギー発電システム技術実証事業（チュニジア）
- ・風力・揚水発電による電力品質安定化技術実証事業（トルコ共和国）
- ・中華人民共和国 江西省共青城におけるスマートコミュニティ技術実証事業
- ・省エネビル（公共事業省）技術実証事業（トルコ）
- ・省エネビル（エーゲ大学）技術実証事業（トルコ）

- ・省エネビル（ニューヨーク州立大学）実証事業（アメリカ）
- ・省エネビル（コジェネ）技術実証事業（シンガポール）
- ・省エネビル（水とスラリー）技術実証事業（シンガポール）
- ・太陽熱冷房技術実証事業（UAE／アブダビ首長国・マスダールシティ）
- ・インドネシア共和国・ジャワ島の工業団地におけるスマートコミュニティ実証事業

③フォローアップ事業

平成23年度は以下のフォローアップ事業を実施した。

- ・アルミニウム工業における高性能工業炉モデル事業（タイ）に係る技術普及事業
- ・民生（ビル）省エネモデル事業（中国）に係る技術普及事業
- ・コークス炉自動燃焼制御モデル事業（中国）に係る技術普及事業

①新規実証事業化決定案件

FSを終了したテーマについて平成23年度内に外部有識者も含めた事業化評価を実施し、以下の案件の事業化（実証事業実施）を決定した。またうち3件についてはMOUを締結した。

I. 技術実証事業

- ・産業廃棄物発電技術実証事業（ベトナム）
- ・低濃度炭鉱メタンガス（CMM）濃縮技術実証事業（中国）
- ・馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証事業（中国）
- ・キャッサバパルプからのバイオエタノール製造技術実証事業（タイ）
- ・酵素法によるバイオマスエタノール製造技術実証事業（タイ）
- ・省エネビル（ニューヨーク州立大学）実証事業（アメリカ）
- ・省エネビル（エーゲ大学）技術実証事業（トルコ）
- ・膜技術を用いた省エネ型排水再生システム技術実証事業（サウジアラビア）（MOU締結済）
- ・大規模太陽光発電システム等を利用した技術実証事業（インド）

II. システム実証事業

- ・ハワイにおける日米共同世界最先端の離島型スマートグリッド実証事業（MOU締結済）
- ・フランス・リヨン再開発地域におけるスマートコミュニティ実証事業（MOU締結済）
- ・スペインにおけるスマートコミュニティ実証事業
- ・中華人民共和国 江西省共青城におけるスマートコミュニティ技術実証事業

②継続事業の進捗

「コークス乾式消火設備モデル事業（インド）」、「セメント工場におけるバイオマス及び廃棄物の有効利用モデル事業（マレーシア）」、「民生用水と物スラリー蓄熱空調システムモデル事業（タイ）」、「ディーゼル発電設備燃料転換モデル事業（インド）」、「セメント排熱回収発電設備モデル事業（インドネシア）」、「流動層式石炭調湿設備モデル事業（中国）」、「焼結クーラー排熱回収設備モデル事業（インド）」、「熱電併給所高効率ガスタービンコジェネレーションモデル事業（ウズベキスタン）」、「コークス炉自動燃焼制御モデル事業（中国）」、「民生（ビル）省エネモデル事業（タイ）」、「環境対応型高効率アーク炉モデル事業（タイ）」、「下水処理場における汚泥等混焼発電モデル事業（中国）」、「製糖工場におけるモラセスエタノール製造技術実証事業（インドネシア）」、「新交通情報システム技術実証事業（中国）」、「都市廃棄物高効率エネルギー回収技術実証事業（中国）」、「都市ビルへの高効率ヒートポンプ技術適用技術実証事業（インド）」、「米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証」については概ね順調に事業が進捗した。

平成24年度においては、以下を実施した。

（1）バイオマス利用推進事業

平成24年度においては、「産業廃棄物発電技術実証事業（ベトナム）」、「低濃度炭鉱メタンガス（CMM）濃縮技術実証事業（中国）」、「都市廃棄物高効率エネルギー回収技術実証事業（中国）」、「馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証事業（中国）」、「キャッサバパルプからのバイオエタノール製造技術実証事業（タイ）」（MOU締結）、「酵素法によるバイオマスエタノール製造技術実証事業（タイ）」、「製糖工場におけるモラセスエタノール製造技術実証事業（インドネシア）」を継続実施した。

（2）省エネルギー技術推進事業

平成24年度においては、「省エネビル（ニューヨーク州立大学）実証事業（アメリカ）」、「セメント工場におけるバイオマス及び廃棄物の有効利用モデル事業（マレーシア）」、「民生用水と物スラリー蓄熱空調システムモデル事業（タイ）」、「焼結クーラー排熱回収設備モデル事業（インド）」、「熱電併給所高効率ガスタービンコジェネレーションモデル事業（ウズベキスタン）」、「民生（ビル）省エネモデル事業（タイ）」、「環境対応型高効率アーク炉モデル事業（タイ）」、「下水処理場における汚泥等混焼発電モデル事業（中国）」を継続実施した。

（3）スマートコミュニティ等システム実証事業

前年度に引き続き、米国ニューメキシコ州及びハワイ州、スペインマラガ市、フランス・リヨン市においてスマートコミュニティ実証事業を推進した。米国ニューメキシコ州における実証では、アルバカーキサイト、ロスアラモスサイトの両サイトにおいて設備の設置を完了し、実証運転を開始した他、スペインマラガ市における実証事業では、マラガ市とのMOU締結を完了、実証運転開始に向けて着実に事業を進めた。

これらに加え、インドネシアにおいて工業団地を対象に高品質電源の供給等を目指した実証事業に関する実現可能性調査（FS）を完了し実証フェーズへの移行を決定、英国マンチェスターにおける実証事業に関するFS開始にむけ、同広域市とのLOIを締結した他、ポルトガル、スロベニア、ドイツなどで基礎調査に取組み、スマートコミュニティ実証への取組みを広げるべく、システム実証事業を着実に進めた。

国際標準化の獲得につながる取り組みとしては、米国ニューメキシコ州及びハワイ州におけるスマートコミュニティ実証事業の成果をもとにユースケースを作成し、E P R I の公開サイトに計2件登録した。

(4) 国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業化事業

今後市場の形成が見込まれるスマートグリッド分野をはじめ、民生・運輸などの省エネ分野などを広く連携し、我が国が有する技術の有効性を実証し、相手国政府及び必要に応じ外国企業と一体となって実証・普及を図った。上記F S及びフォローアップ事業と組み合わせて1テーマの一連の事業として実施した。

《12》アジア等地域における現地適用型インフラシステム技術実証開発事業 [平成23年度～平成24年度]

[中期目標期間実績]

平成24年度においては、以下を実施した。

平成24年度においては、「カンボジア王国農村地域における籾殻などバイオマスを利用したエネルギー・環境技術実証開発事業」を実施した。本事業では、籾殻などのバイオマスから得られる電力、熱、農業有用物（肥料等）およびそれによって可能となる省エネ型籾殻分離システム導入による農業生産性の向上など複合的なメリットを生み出す低コストでコンパクトなバイオマス発電環境システムの実証を実施した。

< 6 > 石炭資源開発分野

[中期計画]

我が国は世界最大の石炭輸入国であり、近年の一次エネルギー供給に占める石炭の割合は約2割である。また、原油と一般炭の熱量当たりの価格差は数年前の約3倍から5倍程度に拡大しており、石炭の割安感が顕在化している。過去5年間の世界の一次エネルギー消費の伸び率は約2割であるが、石炭需要については、約3割の増加となっている。特に、中国、インドを中心としたアジアの伸びが顕著であり、2010年には全世界の石炭需要の5割以上がアジアに集中することから、今後、アジアを中心として石炭需要がますます拡大し、需給のタイト化が見込まれている。

このため、第2期中期目標期間中においては、我が国において主要なエネルギーの一つである石炭の安定供給確保を図るという政策目的に資するため、初期調査から開発に至る各段階において事業を引き続き実施する。その際、以下に留意するものとする。

- ・海外における石炭の探鉱に必要な地質構造調査事業については、将来の日本への石炭供給の可能性を多面的に評価しつつ、地域の選定を行い、各年度の調査結果を十分に評価した上で、世界の石炭需給構造の変化に対応するように、次年度又は次段階の事業内容を検討する。
- ・我が国民間企業の探鉱等の調査に対する支援事業については、期待される炭量、炭質、周辺インフラ状況、炭鉱権益の取得可能性等を評価し、案件の選定を行う。この際、有望な事業については、集中してリソースを分配する等の配慮を行い、成果の最大化を目指すものとする。
- ・炭鉱技術の移転事業については、石炭関連業務でこれまで蓄積してきた知見やネットワークを活用し、アジア・太平洋地域における産炭国の炭鉱技術者に対し、生産・保安技術等に関する炭鉱技術の効果的な移転を行う。このことにより、産炭国との関係強化を図りつつ産炭国の石炭供給能力の拡大に資する。

これらの事業を通じ、採掘により次第に減耗していく石炭の安定供給確保を図るため、第2期中期目標期間中に、新たに石炭埋蔵量を110百万トン確認すべく努力する。

なお、石炭資源開発分野については、災害時石油安定供給法に基づき廃止し、JOGMECが承継する。

[中期目標期間実績]

我が国において主要なエネルギーの一つである石炭の安定供給確保を図るという政策目的に資するため、以下のとおり、初期調査から開発に至る各段階において事業を引き続き実施した。

海外における石炭の探鉱に必要な地質構造調査事業については、将来の日本への石炭供給の可能性を多面的に評価し、モンゴル・フート地域、ベトナム・ドンチョウ地域の調査を実施するとともに、ベトナム・ドンリ地域の調査を開始した。また、各年度の調査結果を十分に評価した上で、世界の石炭需給構造の変化に対応するように、次段階の事業内容を検討した。

我が国民間企業の探鉱等の調査に対する支援事業については、期待される炭量、炭質、周辺インフラ状況、炭鉱権益の取得可能性等を評価し、インドネシア及び豪州を中心に案件の選定を行った。

炭鉱技術の移転事業については、石炭関連業務でこれまで蓄積してきた知見やネットワークを活用し、アジア・太平洋地域における産炭国（中国、ベトナム、インドネシア）の炭鉱技術者に対し、生産・保安技術等に関する炭鉱技術の効果的な移転を行った。相手国政府等は、本研修事業を高く評価しており、引き続き本事業の実施について、政策対話といった政府間協議等の場で各国から要望されており、本事業は産炭国との石炭供給能力の拡大及び産炭国との関係強化に大きく寄与した。

これらの事業を通じ、採掘により次第に減耗していく石炭の安定供給確保を図るため、第2期中期目標期間中に、我が国石炭輸入量（一般炭）の約20年分に相当する約20億トンの石炭資源量を把握した。

《1》 海外地質構造調査 [昭和57年度～]

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

日本ベトナム石炭共同探査については、最終年度としての年次計画を調印後、ベトナム石炭鉱物産業グループと共同し、平成19年度に引き続きケーチャム地区でのフェーズ2の精査（試錐探査、石炭分析等）を実施すると共に、これまでに実施した試錐探査、石炭分析、地震波探査等の結果と合わせ、総合地質解析を行った。また、総合地質解析結果に基づき、ケーチャム地区の予備的採掘計画を立案した。

日本インドネシア石炭資源解析調査については、最終年度としての年次計画を調印後、インドネシア共和国鉱物石炭地熱総局及び地質庁と共同し、引き続き東・南カリマンタン地域において、各種データの収集・デジタル化、地質解析・モデリングを実施するとともに、公開用となる石炭資源解析・評価システムを完成させた。また、これらの成果については、インドネシアにおいて相手国政府関係者等が参加した報告会において発表した。更に、石炭資源解析・評価システムのデータの公開・運営方法に関してインドネシア政府と調整を行った。

日本モンゴル石炭共同探査については、年次計画を調印後、モンゴル国産業通商省（現鉱物資源エネルギー省）と共同し、フェーズ2として、石炭開発有望地域として選出されたフート地域を対象に、地表踏査、物理探査、石炭分析、地質解析等を実施した。

プロジェクト選定調査については、平成19年度事前調査の結果より有望とされた東マレーシアについて、相手国政府（鉱物地球科学局）とMOU案の折衝を実施した。

平成21年度においては、以下を実施した。

日本モンゴル石炭共同探査については、年次計画を調印後、モンゴル鉱物資源エネルギー省と共同し、引き続きフェーズ2として、石炭開発有望地域として選定されたフート地域を対象に、地表踏査、試錐調査、物理探査、石炭分析及び総合地質解析等を実施した。また、総合地質解析結果に基づき、フート地域の予備的採掘計画を立案した。

また、石炭の賦存が期待される以下の有望地域について、新規に調査を開始するとともに、事前調査を実施した。

①ベトナム国クアンニン及びハイズオン省のファーライ・ドンチョウ地域について相手国政府機関とMOUを締結し、調査を開始した。

②ボツワナ共和国で事前調査を実施した。

③インドネシア・中央カリマンタン州で事前調査を実施した。

なお、マレーシア国の案件については、相手国政府機関とのMOU締結交渉が進まないことから、今後の調査実施を取り止めた。

また、海外の民間企業との共同探査の可能性について検討するため、豪州において情報収集を実施した。

過去の調査終了案件のフォローアップ調査等の一環として、インドネシア石炭資源解析調査で得られた成果（資源評価システム、種々のデータ）を日本国内で公開するための環境整備を目的としたフォローアップ事業を開始した。

なお、平成22年度以降は「産炭国石炭開発・利用協力事業」に統合して実施した。

《2》海外炭開発可能性調査〔昭和52年度～〕

〔中期目標期間実績〕

平成20年度においては、以下を実施した。

平成20年度は、公募を2回実施した。期間を定めた第1回目の公募では、2件の交付決定を行った。第2回目の公募では、随時受付、交付決定を行うこととし、2件の交付決定を行った。これらの交付決定を行った調査対象国は、オーストラリアにおいて2件、インドネシアにおいて2件である。

なお、このうち、オーストラリア1件については、補助事業者と協力関係にあった現地パートナーが調査対象鉱区を急遽売却し、調査の実施が不可能となったため、事業を廃止した。

第1回公募：平成20年3月28日～4月30日

採択：平成20年5月30日（公募2件中2件採択）

第2回公募：平成20年5月30日～11月28日

採択：平成20年8月11日（公募1件中1件採択）

廃止：平成20年8月13日（1件廃止）

採択：平成20年8月13日（公募1件中1件採択）

また、民間企業による石炭の探査活動を促進させるため、補助金額の増加、補助対象事業の拡大などの補助制度の見直しを行い、経済産業省に、平成21年度予算の増額等を含む政策提案を行い認められた。

平成21年度においては、以下を実施した。

石炭の安定供給及び適正供給に資する海外の石炭賦存量の確認、地質構造等の解明を行い、炭鉱開発の可能性について把握するため、民間事業者が行う地表踏査、試錐調査、物理探査等の調査に対する補助金交付を、補助対象地域のポテンシャルを踏まえつつ以下の4件について、交付した。

①モザンビーク テテ州レブポー地区において、試錐調査を中心とした地質調査を実施し、原料炭としての炭質及び炭量の詳細なデータを把握した。

②オーストラリアQLD州ニューレントン地区において、地震探査を中心とした地質調査を実施し、地質モデル評価を行い、今後の試錐調査を行うためのデータを取得した。

③オーストラリアQLD州オーナビューウェスト地区において、試錐調査を中心とした地質調査を実施し、炭量の詳細なデータを把握する予定であったが、天候等の影響により作業が遅延したため、平成22年6月末まで調査を実施する予定である。

④インドネシア ベンクル州シーリング地区において、試錐調査を中心とした地質調査を実施し、坑内掘による開発計画を立案する予定であったが、天候等の影響により作業が遅延したため、平成22年5月末まで調査を実施する予定である。

また、民間企業による探査活動を促進させるため、民間企業から意見を聴取しニーズを把握するとともに、これらの情報を整理し経済産業省に報告した。

平成22年度においては、以下を実施した。

石炭の安定供給及び適正供給に資する海外の石炭賦存量の確認、地質構造等の解明を行い、炭鉱開発の可能性について把握するため、民間事業者が行う地表踏査、試錐調査、物理探査等の調査に対する補助金交付を、補助対象地域のポテンシャルを踏まえつつ以下の4件について、交付決定した。

なお、④については、計画変更が提出され、平成23年7月20日まで調査を行うこととしている。

①インドネシア 東カリマンタン州GDM鉱区において、試錐調査を中心とした地質調査を実施し、坑内掘としての炭層及び炭質・炭量の詳細なデータを把握した。

②インドネシア ベンクル州バリサン鉱区において、試錐調査を中心とした地質調査を実施し、炭層及び炭質（PCI炭の可能性）・炭量の詳細なデータを把握した。

③インドネシア 東カリマンタン州カーティカ・セラブミ鉱区において、石炭資源評価（原料炭）及び生産・貯炭場等の現地状況調査を実施し、炭質データと生産に至った場合の炭種別貯炭の状況を把握した。

④インドネシア ベンクル州KRU鉱区西地区において、試錐調査を中心とした地質調査を実施し、坑内掘による採掘計画を立案する予定であったが、天候不順等の理由により計画を延長した。

また、民間企業による探査活動を促進させるため、民間企業から意見を聴取し、ニーズを把握した。

平成23年度においては、以下を実施した。

石炭の安定供給に資する海外の石炭賦存量の確認、地質構造等の解明を行い、炭鉱開発の可能性について把握するため、民間事業者が行う地表踏査、試錐調査、物理探査等の調査に対する補助金交付を、補助対象地域のポテンシャルを踏まえつつ以下の5件について、調査を実施した。

①インドネシア ベンクル州KRU鉱区において、露天掘りから坑内掘りへ展開するため試錐調査（2本）を中心とした地質調査を実施し、炭量及び炭質結果から開発計画立案のためのデータを取得した。

②インドネシア 東カリマンタン州GDM鉱区において、平成23・24年度の複数年度交付決定し、23年度は坑道掘削調査を行う前段階のピットを造成し、涌水状況（箇所、量）等を確認した。

③インドネシア ベンクル州バリサン鉱区において、平成23・24年度の複数年度交付決定し、インフラ調査を実施するとともに試錐調査（12本）を中心とした地質調査を実施し、炭層及び炭質（PCI炭の可能性）・炭量の詳細なデータを把握した。

④オーストラリア QLD州EPC1112鉱区において、平成23・24年度の複数年度交付決定し、試錐調査（10本）を中心とした地質調査を実施し、炭層及び炭質・炭量の詳細なデータを把握した。

⑤インドネシア 南カリマンタン州マナンバン・ムアラ・エニム鉱区西部地区において、試錐調査（10本）を中心とした地質調査を実施し、炭層及び炭質・炭量の詳細なデータを把握した。さらに現状のインフラと新規道路建設ルート状況を調査した。

また、民間企業による探査活動を促進させるため、民間企業から意見を聴取し、ニーズを把握した。

《3》海外炭開発高度化等調査〔平成6年度～〕

[中期目標期間実績]

平成20年度においては、以下を実施した。

1) アジア太平洋石炭セミナー

APEC加盟国及びフランス、ロシア、インドの計13カ国から政策立案者、業界代表者等200名程度の参加を得て、第15回アジア太平洋石炭セミナーをインドネシアのジャカルタで平成20年11月17日から19日にかけて開催した。本セミナーでは、各国の石炭政策及び需給見通し、発電技術を含むクリーン・コール・テクノロジーや石炭を取り巻く上流から下流に至る政策面、技術面、経済性に至る様々な重要な課題について、発表及び討議がなされた。さらに、本セミナーで収集したデータに基づき石炭需給予測をまとめ、その結果を国内民間企業等に提供した。

2) 海外炭開発高度化調査

以下の5件を実施し、これら情報を中間報告会を開催するなどにより国内民間企業等に提供した。

①「中国における電力業界の石炭調達動向・見通しとその影響に関する調査」

中国の石炭消費量の約50%は電力業界で消費している。今後もその消費量は引き続き増大する見込みであるため、中国電力業界の石炭需給動向は、日本にも大きく影響することから、中国の石炭火力発電所の設置計画、石炭調達動向・見通しとその影響を調査、評価した。

②「インドネシア東カリマンタン州における石炭増産計画に対応する輸送インフラ整備のあり方に関する調査」

東カリマンタン州では、2025年までに5千万トン以上の石炭増産見通しがある。このため東カリマンタン州の現状の石炭輸送能力を調査、評価し、今後の石炭輸送インフラ整備のあり方について検討すると共に、インドネシア政府と東カリマンタン州政府にこれら問題点や改善案等について報告した。

③「ロシア・サハリン州の石炭輸出ポテンシャルの調査」

サハリン州は、日本から近距離にあるが、港湾設備等の制限により輸送船が小規模となりフレートが割高で輸出が制限される側面がある。このため、石炭資源の賦存状況、開発状況、インフラ状況等を調査し、我が国への輸出可能性を評価した。

④「世界の石炭市場の現況と市場の変化がアジア太平洋市場に与える影響に関する調査」

世界のコールフローの現況と今後の動向及び欧米や豪州における石炭先物取引の現状や動向等を調査し、その取引がアジア太平洋市場に与える影響を分析した。また、今後の同市場における石炭先物取引普及の可能性について調査、評価した。

⑤「米国・アラスカ州の石炭資源供給ポテンシャルの調査」

アラスカ州は膨大な石炭資源量を有するが、多くは州内で生産され、一部が韓国等に輸出されている。豪州よりも近距離で、日本への輸出可能性もあることから、我が国への石炭の輸出可能性を調査、評価した。

平成21年度においては、以下を実施した。

1) アジア太平洋石炭セミナー

平成21年10月大韓民国・インチョン市で開催された第16回アジア太平洋石炭セミナー（APEC加盟国等11ヶ国の政策立案者等が参加）において、各国の石炭政策及び需給見通し、発電技術を含むCCT技術や石炭を取り巻く上流から下流に至る政策面、技術面、経済性に至る色々な重要課題について、発表及び討議がなされた情報を収集するとともに、情報交換を実施した。さらに、本セミナーで収集したデータに基づき石炭需給予測をまとめ、その成果を国内民間企業等に提供した。

2) 海外炭開発高度化調査

以下の5件を実施し、その成果を国内民間企業等に提供した。

①「世界の石炭事情調査 ―2009年度―」

世界の主要石炭生産国の石炭埋蔵量、石炭生産量、輸送インフラ、鉱業法等の他、石炭主要輸入国における石炭需給動向等について各種石炭関連情報を網羅的に調査し、地域別国別にまとめた。

②「世界の主要石炭サプライヤーの概要と石炭生産動向及び寡占化による影響調査」

世界の主要石炭サプライヤーの概要と動向、主要産炭国における炭鉱権益確保状況を調査し、世界の石炭供給勢力を明確にすると共に石炭メジャーや大手石炭サプライヤーによる世界戦略や寡占化による影響を調査した。

③「豪州クイーンズランド州及びニューサウスウェールズ州における石炭開発動向とインフラ整備状況の調査」

豪州クイーンズランド州及びニューサウスウェールズ州における最新の炭鉱開発状況、インフラの整備状況等を調査するとともに、今後の輸出ポテンシャルについて検討した。

④「南東部アフリカ諸国における石炭資源の開発状況と石炭輸出ポテンシャルの調査」

南東部アフリカ諸国における石炭政策、石炭需給動向、炭鉱開発状況、投資環境及びインフラ整備状況等について調査・分析し、今後の我が国への輸出ポテンシャルについて検討した。

⑤「コロンビア及びベネズエラの石炭輸出ポテンシャルの調査」

コロンビア及びベネズエラにおける石炭政策、石炭需給動向、炭鉱開発状況、投資環境及びインフラ整備状況等について調査・分析し、今後の我が国への輸出ポテンシャルについて検討した。

平成22年度においては、以下を実施した。

以下の7件を実施した。最後の⑦については、平成23年度末までの複数年度調査として実施中である。

①「世界の石炭事情調査 2010年度」

世界の主要石炭生産国等の石炭埋蔵量、石炭生産量、輸送インフラ、鉱業法、石炭需給動向等の各種石炭関連情報を網羅的に調査し、地域別国別にまとめた。

②「ロシア極東・東シベリアにおける石炭資源の開発状況と輸出ポテンシャルの調査」

ロシア極東・東シベリアにおける炭鉱の開発状況や港湾等のインフラ整備状況を調査し、我が国及びアジア太平洋地域への輸出ポテンシャルを検討した。

③「モンゴルの石炭開発状況とアジア太平洋石炭市場への輸出ポテンシャル及びその影響調査」

モンゴルの石炭開発状況と我が国及びアジア太平洋石炭市場への輸出ポテンシャル及びその影響について検討した。

④「インドネシアの石炭事情調査」

インドネシアの新鉱業法、国内石炭需給動向、炭鉱開発状況等について調査・分析し、石炭輸出ポテンシャルについて検討するとともに主要炭鉱についてその概要を整理した。

⑤「豪州における石炭開発動向とインフラ整備状況の調査」

豪州における最新の炭鉱開発状況、インフラ整備状況、港湾・鉄道の民営化の状況、石炭メジャーや中国等の炭鉱権益獲得状況について調査するとともに輸出ポテンシャルについて検討した。

⑥「中国及びインドの石炭需給動向がアジア太平洋石炭市場に与える影響調査」

中国及びインドにおける石炭需給動向、海外炭輸入動向、産炭国での炭鉱権益獲得状況等を調査し、我が国やアジア太平洋石炭市場及び産炭国に与える影響について検討した。

⑦「モンゴル南ゴビ地域（タバントルゴイ炭田）の石炭資源開発に係るアジア太平洋地域向けの輸送インフラの検討」

タバントルゴイ炭田の開発に伴う輸送インフラを調査・検討し輸送能力や経済性について検討を開始した。

平成23年度においては、以下を実施した。

以下の7件を実施した。

①「世界の石炭事情調査 2011年度」

世界の主要石炭生産国等の石炭埋蔵量、石炭生産量、輸送インフラ、鉱業法、石炭需給動向等の各種石炭関連情報を網羅的に調査し、地域別国別にまとめた。

②「モンゴル南ゴビ地域（タバントルゴイ炭田）の石炭資源開発に係るアジア太平洋地域向けの輸送インフラの検討」

タバントルゴイ炭田の開発に伴う輸送インフラを調査し、その輸送能力や経済性について検討するとともに我が国及びアジア太平洋地域への輸出ポテンシャルを検討した。

③「カナダ・米国の石炭資源及び輸送インフラの開発状況と輸出ポテンシャルの調査」

カナダ及び米国の石炭開発・輸出状況、輸送インフラ開発状況等を調査し、我が国及びアジア太平洋石炭地域への輸出ポテンシャルについて検討した。

④「モザンビークにおける石炭資源の開発状況と輸送インフラの整備状況及び我が国への輸出ポテンシャルの調査」

モザンビークにおける石炭賦存状況、炭鉱開発状況及び輸送インフラ等について調査・分析し、我が国への石炭輸出ポテンシャルについて検討した。

⑤「ベトナムにおける石炭開発状況調査」

ベトナムにおける石炭需給動向、炭鉱開発・輸送インフラ整備状況、炭鉱開発により顕在化している環境問題等を調査し、今後の輸出ポテンシャルや海外炭輸入予測について検討した。

⑥「アジアの主要石炭消費国における石炭消費動向と石炭供給ソース確保に向けた動き」

中国、インド、韓国、台湾におけるエネルギー需給動向、海外炭権益獲得状況と取り組み、石炭調達方法、石炭輸入動向等を調査し、我が国との調達方法の違いを取りまとめるとともに共同調達や協力可能性について検討した。

⑦「石炭メジャーと大手石炭サプライヤーの石炭開発動向と戦略に対する我が国の対応」

石炭メジャーや大手石炭サプライヤーの石炭開発動向と戦略。寡占状況、豪州及びインドネシアにおけるベンチャーを含めた中小石炭会社等の動向等を調査し、我が国の石炭安定供給確保に向けた対応を検討した。

《4》産炭国石炭産業高度化事業（炭鉱技術移転事業）〔平成12年度～平成23年度〕

〔中期目標期間実績〕

平成20年度においては、以下を実施した。

中国、インドネシア、ベトナムの炭鉱技術者等245名を研修生として受け入れ、炭鉱現場等を活用した受入研修（国内受入研修）を実施した。

また、日本人技術者等445名（延外回）を指導員として中国、インドネシア、ベトナムに派遣し、各国の炭鉱に即した研修（海外派遣研修）を実施し、我が国の優れた炭鉱技術の海外移転を行った。

さらに、研修事業（国内受入研修・海外派遣研修）に寄与するために、ベトナムにてワークショップを開催するとともに、インドの技術動向調査も実施した。（国際交流事業）。

平成21年度においては、以下を実施した。

中国、ベトナム、インドネシア等の炭鉱技術者等225名を研修生として受け入れ、炭鉱現場等を活用した受入研修（国内受入研修）を実施した。また、日本人技術者等を指導員として中国、ベトナム、インドネシア等に派遣し、各国の炭鉱に即した研修（海外派遣研修）を実施することにより、我が国の優れた炭鉱技術の海外移転をおこなった。

また、研修事業（国内受入研修・海外派遣研修）に寄与するために、インドネシアにてワークショップを開催するとともに、専門家・学識経験者を海外産炭国に派遣し、技術動向調査を実施した（国際交流事業）。

平成22年度においては、以下を実施した。

中国、ベトナム等の炭鉱技術者等を研修生として181名受け入れ、炭鉱現場等を活用した受入研修（国内受入研修）を実施した。また、日本人技術者等を指導員として中国、ベトナム、インドネシア等に延べ457名派遣し、各国の炭鉱に即した研修（海外派遣研修）を実施し、我が国の優れた炭鉱技術の海外移転を行った。また、海外派遣研修のみを行うインドネシア国については、当該国の政府関係者、炭鉱技術者等を18名日本に招聘し、我が国の優れた炭鉱技術等の把握を通じ、同国への派遣研修に反映させ、海外派遣研修の効果の最大化を図った。

また、研修事業（国内受入研修・海外派遣研修）に寄与するために、中国にてワークショップを開催し、専門家・学識経験者等を海外産炭国に派遣し、技術動向調査を実施した。（国際交流事業）。

平成23年度においては、以下を実施した。

中国69名、ベトナム92名の炭鉱技術者等を研修生として受け入れ、炭鉱現場等を活用した受入研修（国内受入研修）を実施した。また、日本人技術者等を指導員として中国、ベトナム、インドネシアに派遣し、各国の炭鉱に即した研修（海外派遣研修）を実施することにより、我が国の優れた炭鉱技術の海外移転を行った。

また、研修事業（国内受入研修・海外派遣研修）に寄与するために、ベトナムにてワークショップを開催した（国際交流事業）。

《5》産炭国石炭開発・利用協力事業〔平成22年度～〕

〔中期目標期間実績〕

平成22年度においては、以下を実施した。

産炭国との重層的な協力関係構築のために、産炭国のニーズを踏まえ、石炭開発や石炭関連技術に係る次の事業を実施した。

（1）海外地質構造調査

ベトナム・ファーライドンチョウ石炭共同探査（2年目）については、探査対象地域減少に伴い、新たなMOUを締結し年次計画を調印した後、試錐調査、トレンチ調査、総合的な地質解析等を実施した。インドネシア・石炭資源解析調査フォローアップ事業（2年目）については、インドネシアで構築したデータベースシステムを改良し、試験運用を実施した。プロジェクト選定事前調査についてはモンゴル南ゴビ地域の調査を実施し、今後のプロジェクトとして立ち上げ可能性を評価した。インドネシア・中央カリマンタン共同探査については、相手方（CGR）との調査鉱区の調整が進展せず調査実施に至らなかった。

（2）産炭国共同基礎調査

コークス製造適用性評価（インドネシア）では、日本製バインダーによる鋳物用コークスの品質改善効果、インドネシア産弱粘結炭を配合した高炉用コークスの性状、インドネシア褐炭から製造したバインダーの性状を確認した。炭鉱メタンガス削減対策調査（豪州）では、共同調査相手機関（CSIRO）と合意書締結後情報収集を実施した。現地調査については調査先が洪水被害により23年度に期間延長し実施することとした。炭鉱酸性土壌改良調査（ベトナム）については、専門家による事前調査を実施後MOUを締結し、平成23年度までの複数年契約として現地調査等により分析用サンプル採取や必要データ取得、関連情報入手等の調査を実施した。

（3）石炭情報交換事業

平成22年10月福岡において、我が国主催のアジア・太平洋（APEC）石炭セミナーを開催し、APEC域内における産炭国・消費国を含めた各国の石炭政策、石炭需給動向、CCT技術等に関する発表及び討議が行われ参加各国の講演者等との情報交換を行った。

平成23年度においては、以下を実施した。

1）海外地質構造調査

・ファーライ・ドンチョウ地域石炭共同探査（ベトナム）は、有望な炭層を見出すことができなかったフェーズⅠの結果を受け、フェーズⅡには進まず、プロジェクトを終了することとした。

- ・ドンリプロジェクト（ベトナム）：VINACOMINと新たにMOUを締結。1年目の調査として、既存地質データの収集・解析、データベース構築等を実施した。
- 2) 産炭国共同基礎調査
 - ・炭鉱酸性土壌対策調査（ベトナム）：2年目事業として、のり面の崩落防止工事、のり面に排水路設置、植栽、石炭灰を用いた酸性土壌の改良（かなりの効果のあることが判明）等を実施し、ワークショップを開催した。
 - ・炭鉱メタンガス削減調査（豪州）：我が国企業の開発した低濃度通気メタンガス処理システムの適用可能性調査等を実施した。
 - ・コークス製造適用性評価（インドネシア）：
 - 第2年度事業として、低品位炭からのバインダー製造試験、製造したバインダーを用いたコークス（高炉用、鋳物用）製造試験及び品質評価、バインダー製造に係る経済性評価を実施した。
- 3) 石炭情報交換事業
 - 「2. 海外炭開発高度化等調査」に統合・整理した。

《6》産炭国事業化実証・普及事業 [平成22年度～]

[中期目標期間実績]

平成22年度においては、以下を実施した。

平成22年度においては、未利用の低品位炭の改質技術として、インドネシアにおける熱水改質石炭スラリー技術にかかる実証・普及事業を実施する事業者を公募し、助成先を決定した。本テーマでは炭種及び添加剤の選定、デモプラントの設計、機器調達、サイトの基礎工事を年度内に実施した。

平成23年度においては、以下を実施した。

平成23年度においては、前年度に引き続き、未利用の低品位炭の改質技術として、インドネシアにおける熱水改質石炭スラリー技術にかかるデモプラントの機器調達、建設を行い、年度内に竣工した。単体機器の調整運転を行った後、全系運転を実施、製造したスラリーを併設するボイラにて燃焼を確認した。さらに、製造コスト低減のため、ラボ試験により現地調達可能な添加剤についてスラリー化特性を把握、適合する添加剤を選定した。

< 7 > 技術開発等で得られた知見の活用等

[中期計画]

新エネルギー・省エネルギー技術開発・実証及び導入普及業務等を戦略的に推進する。この際、「安定供給の確保」、「環境への適合」及びこれらを十分配慮した上での「市場原理の活用」というエネルギー政策目標の同時達成を効率的に実現することを念頭に置き、新たに開発した新エネルギー・省エネルギー技術を円滑かつ着実に市場に普及させていくため、技術開発、経済性等の評価・普及啓発に資するための実証試験、実用化段階における初期需要の創出を図るための導入促進の各ステージで得られた知見を次のステージにフィードバックするなど三位一体で推進する。なお、得られた研究開発の成果については、必要に応じて知的基盤の整備や国際標準化を図る。

[中期目標期間実績]

新エネルギー・省エネルギー技術開発・実証及び導入普及業務等を戦略的に推進した。技術開発の推進と共に、国内外で燃料電池・水素利用、太陽光発電、風力発電、バイオマス・廃棄物有効利用、超電導、住宅システム技術、廃熱回収、ビルエネルギー管理システム（BEMS）、大規模太陽光発電システム等におけるフィールドテストや実証事業を実施した。また省エネルギーの設備導入に対する補助事業や新エネルギー普及啓発セミナー開催等の導入普及事業を三位一体で推進し、技術開発等で得られた知見の活用を図った。一例として、燃料電池自動車の2015年一般販売を目指し、水素ステーション等のインフラ整備に向け、それらに係る技術開発、実証研究、基準・標準化事業を一体的に推進した。

国際標準化についての取り組みとしては、燃料電池、水素インフラ、太陽光発電、風力発電、超電導、スマートコミュニティ技術の国際標準化に向けた提案、データ取得等の活動を行った。

平成20年度においては、以下を実施した。

新エネルギー分野においては、太陽光関連事業等の研究成果をフィールドテスト事業で実証するとともに、実証データを研究開発にフィードバックすること等事業間の連携を図っている。また、省エネルギー分野においては、高性能工業炉の研究成果（30%の省エネルギー、大幅なNOx低減）をフィールドテスト事業で実証し、実証データを広く公開するとともに、平成13年度以降、事業者支援事業（導入普及）にて平成20年度には国内12件（平成13年度以降136件の採択につながっている。なお、「太陽光発電システム共通基盤技術研究開発」において標準化調査研究事業を実施し、JISやIECへの提案を行っている。

平成21年度においては、以下を実施した。

平成21年度は、技術開発の推進と共に、国内外で燃料電池、太陽光発電、太陽熱利用、風力発電、バイオマス、超電導、住宅システム技術等におけるフィールドテストや実証事業を実施し、また、新エネルギー・省エネルギーの設備導入に対する補助事業やセミナー開催、ビジョン策定等の導入普及事業を三位一体で推進し、技術開発等で得られた知見の活用を図った。

具体例としては、燃料電池分野において、燃料電池自動車・水素インフラの早期普及を目指し、それらに係る技術開発、実証研究、基準・標準化事業を一体的に推進した。また、省エネルギー技術分野において技術開発・実証・導入普及を一体的に推進したものとして、高性能工業炉の技術開発成果（30%の省エネルギー、大幅なNOx低減）をフィールドテスト事業で実証し、実証データを広く公開するとともに、平成13年度以降「エネルギー使用合理化事業者支援事業」にて導入普及を図り、平成21年度には国内8件（平成13年度以降累計144件）の採択につながった。また、技術開発成果の海外への普及事例としては、省エネルギー技術分野の「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」にて開発した水和物スラリー蓄熱空調システムの技術を、タイの国営電力会社ビルへ導入した。

なお、燃料電池・水素エネルギー利用技術分野、新エネルギー技術分野において、燃料電池、水素インフラ、蓄電池、太陽光発電、風力発電、超電導技術の国際標準化に向けた提案等の活動をおこなった。

その他、以下についても取り組みを実施した。

・太陽電池市場を取り巻く国際情勢の急激な変化に対応すべく、2004年に策定した太陽光発電の技術開発戦略「ロードマップ（PV2030）」の見直しを当初の予定より1年早めて行い、改めて「太陽光発電ロードマップ（PV2030+）」として公開した。

・世界規模で市場が見込まれるスマートグリッドを核としたスマートコミュニティ関連市場に日本企業が積極的に参画出来るよう、また、官民連携によるスマートコミュニティの実現に向けた共通の課題に取り組むための実務母体として「スマートコミュニティ・アライアンス」を設立し、352社の参加を得た。

平成22年度においては、以下を実施した。

平成22年度は、技術開発の推進と共に、国内外で燃料電池、太陽光発電、太陽熱利用、風力発電、バイオマス、超電導、住宅システム技術等におけるフィールドテストや実証事業を実施し、また、省エネルギーの設備導入に対する補助事業や新エネルギー普及啓発セミナー開催等の導入普及事業を三位一体で推進し、技術開発等で得られた知見の活用を図った。

具体例としては、燃料電池自動車・水素インフラの早期普及を目指し、それらに係る技術開発、実証研究、基準・標準化事業を一体的に推進した。省エネルギー技術分野においては、技術開発・実証・導入普及を一体的に推進したものとして、高性能工業炉の技術開発成果（30%の省エネルギー、大幅なNOx低減）をフィールドテスト事業で実証し、実証データを広く公開するとともに、平成13年度以降「エネルギー使用合理化事業者支援事業」にて導入普及を図り、平成22年度には国内2件（平成13年度以降累計146件）の採択につながった。また、技術開発成果の海外への普及事例としては、省エネルギー技術分野の「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」にて開発した水和物スラリー蓄熱空調システムの技術を、タイの国営電力会社ビルへ導入した。また、これまで我が国に蓄積されている太陽光発電等の

再生可能エネルギー技術、蓄電池技術及び情報通信技術等を活用したインフラシステムをパッケージ化して海外へ展開するとともに、国際標準化を獲得するため、米国ニューメキシコにおいてスマートコミュニティ実証を開始した。

なお、燃料電池、水素インフラ、蓄電池、太陽光発電、風力発電、超電導技術の国際標準化に向けた提案等の活動を行った。

その他、以下についても取り組みを実施した。

・世界規模で市場が見込まれるスマートグリッドを核としたスマートコミュニティ関連市場に日本企業が積極的に参画するとともに、スマートコミュニティの実現に向けた共通の課題に取り組むための実務母体として「スマートコミュニティ・アライアンス」を4月に設立した。アライアンスに4つのワーキンググループを設置して、政策を担う経済産業省と連携した活動を行った。また、スマートグリッドに係る国際的な団体であるG S G F (Global Smart Grid Federation)に日本代表のアライアンスとして参画して国際的な協調を図り、情報交換のルートを構築した。さらに、我が国が強みを持つ省エネルギー、情報通信技術等をパッケージ化したインフラシステムとして国際市場の獲得を視野に入れ、米国、欧州、タイ、マレーシアに官民ミッションを派遣し、日本の優れた技術を紹介するとともに相手国政府機関等と議論を行った。

・各種の再生可能エネルギーやその導入拡大を支えるスマートグリッドなどについて、分野ごとの最新動向を調査するとともに、今後の技術開発の道筋を示す技術ロードマップを策定し、「N E D O再生可能エネルギー技術白書」として取りまとめ、ホームページ上に公開した。

平成23年度においては、以下を実施した。

平成23年度は、技術開発の推進と共に、国内外で燃料電池・水素利用、超電導、住宅システム技術、廃熱回収・ヒートポンプ・ビルエネルギー管理システム(BEMS)等省エネルギー技術、バイオマス・廃棄物有効利用等における実証事業を実施、また、省エネルギーの設備導入補助の導入普及事業を三位一体で推進し、技術開発等で得られた知見の活用を図った。

具体例としては、燃料電池自動車・水素インフラの早期普及を目指し、それらに係る技術開発、実証研究、基準・標準化事業を一体的に推進した。また、「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」の成果について、早期の実用化・事業化への取り組みを一層進めるため、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」の事業項目に反映させ、また、既存事業とも連携を図った。

技術開発成果の海外への普及事例としては、省エネルギー技術分野の「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」にて開発した水和物スラリー蓄熱空調システムの技術を、タイの国営電力会社ビルへ導入した。さらに、これまで我が国に蓄積されている太陽光発電等の再生可能エネルギー技術、蓄電池技術及び情報通信技術等を活用したインフラシステムをパッケージ化して海外へ展開するとともに、国際標準化を獲得するため、米国ニューメキシコ州においてスマートコミュニティ実証を前年度に引き続き実施した。加えて、米国ハワイ州、スペインマラガ市、フランスリヨン市、中国共青城にて事業を開始した。

国際標準化についての取り組みとして、燃料電池、水素インフラ、蓄電池、太陽光発電、風力発電、超電導技術の国際標準化に向けた提案、データ取得等の活動、及び業界の垣根を越えてスマートコミュニティの実現に向けた共通の課題に取り組むための実務母体「スマートコミュニティ・アライアンス(JSCA)」の4つのワーキンググループにおいて、政策を担う経済産業省と連携した活動を行った。例えば、国際標準化ワーキンググループの枠組みを活用して、スマートシティ評価指標の国際標準化について議論し、各国と調整を続けた結果、2012年2月に日本提案がISOで可決され、新しい分科委員会(SC)設置と日本の幹事国就任が決定した。また、我が国が強みを持つ省エネルギー、情報通信技術等をパッケージ化したインフラシステムとしての国際市場の獲得を視野に入れ、ベトナム及びインドネシアに官民ミッションを派遣し、日本の優れた技術を紹介するとともに相手国政府機関等と議論を行った。

知的基盤の整備の取り組みの具体例としては、平成22年度まで実施した「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」で得た知見をもとに、大規模太陽光発電所(メガソーラ)を建設する際に必要な発電量の予測ツールと、電力設備技術基準に基づく架台の設計支援ツールを作成し、NEDOホームページ上で公開するとともに、全国5箇所で開催した説明会を実施し、計553名の関係者が参加した。併せて、メガソーラ建設に係る企画の手順、環境性の検討から、設計・施工に必要な要件、運用、維持管理についてまとめた導入のための手引書も公開し、メガソーラ導入普及に貢献した。

平成23年度においては、以下を実施した。

平成23年度は、技術開発の推進と共に、国内外で燃料電池・水素利用、超電導、住宅システム技術、廃熱回収・ヒートポンプ・ビルエネルギー管理システム(BEMS)等省エネルギー技術、バイオマス・廃棄物有効利用等における実証事業を実施、また、省エネルギーの設備導入補助の導入普及事業を三位一体で推進し、技術開発等で得られた知見の活用を図った。

具体例としては、燃料電池自動車・水素インフラの早期普及を目指し、それらに係る技術開発、実証研究、基準・標準化事業を一体的に推進した。また、「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」の成果について、早期の実用化・事業化への取り組みを一層進めるため、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」の事業項目に反映させ、また、既存事業とも連携を図った。

技術開発成果の海外への普及事例としては、省エネルギー技術分野の「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」にて開発した水和物スラリー蓄熱空調システムの技術を、タイの国営電力会社ビルへ導入した。さらに、これまで我が国に蓄積されている太陽光発電等の再生可能エネルギー技術、蓄電池技術及び情報通信技術等を活用したインフラシステムをパッケージ化して海外へ展開するとともに、国際標準化を獲得するため、米国ニューメキシコ州においてスマートコミュニティ実証を前年度に引き続き実施した。加えて、米国ハワイ州、スペインマラガ市、フランスリヨン市、中国共青城にて事業を開始した。

国際標準化についての取り組みとして、燃料電池、水素インフラ、蓄電池、太陽光発電、風力発電、超電導技術の国

際標準化に向けた提案、データ取得等の活動、及び業界の垣根を越えてスマートコミュニティの実現に向けた共通の課題に取り組むための実務母体「スマートコミュニティ・アライアンス（JSCA）」の4つのワーキンググループにおいて、政策を担う経済産業省と連携した活動を行った。例えば、国際標準化ワーキンググループの枠組みを活用して、スマートシティ評価指標の国際標準化について議論し、各国と調整を続けた結果、2012年2月に日本提案がISOで可決され、新しい分科委員会（SC）設置と日本の幹事国就任が決定した。また、我が国が強みを持つ省エネルギー、情報通信技術等をパッケージ化したインフラシステムとしての国際市場の獲得を視野に入れ、ベトナム及びインドネシアに官民ミッションを派遣し、日本の優れた技術を紹介するとともに相手国政府機関等と議論を行った。

知的基盤の整備の取り組みの具体例としては、平成22年度まで実施した「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」で得た知見をもとに、大規模太陽光発電所（メガソーラ）を建設する際に必要な発電量の予測ツールと、電力設備技術基準に基づく架台の設計支援ツールを作成し、NEDOホームページ上で公開するとともに、全国5箇所で開催した説明会を実施し、計553名の関係者が参加した。併せて、メガソーラ建設に係る企画の手順、環境性の検討から、設計・施工に必要な要件、運用、維持管理についてまとめた導入のための手引書も公開し、メガソーラ導入普及に貢献した。

平成24年度においては、以下を実施した。

平成24年度は、技術開発の推進と共に、国内外で洋上風力発電、燃料電池・水素利用、超電導、廃熱回収、ビルエネルギー管理システム（BEMS）、大規模太陽光発電システム、バイオマス・廃棄物有効利用等における実証事業を実施した。

具体例としては、北九州市沖に洋上風況観測タワーを、銚子沖に洋上風況観測タワーと共に洋上風車を設置し、銚子沖の洋上風車については本格的な実証運転を開始した。また、東京電力旭変電所内に、運転、保守を含めた高温超電導ケーブルシステムを構築し、実系統に連系した実証試験を開始した。さらに、燃料電池自動車の2015年一般販売を目指し、水素ステーション等のインフラ整備に向け、それらに係る技術開発、実証研究、基準・標準化事業を一体的に推進した。

技術開発成果の海外への普及事例としては、省エネルギー技術分野の「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」にて開発した水和物スラリー蓄熱空調システムの技術を、タイの国営電力会社ビルへ導入した。また、ICT技術を核としてエネルギーの効率的利用の実現を目指すスマートコミュニティ分野においては、米国ニューメキシコ州での実証事業について設備の設置を完了し、実証運転を開始した他、スペイン/マラガ、米国/ハワイ州、フランス/リヨンでの実証事業についても運転開始に向け着実に推進した。加えて、スマートコミュニティ実証への取組みを広げるべく、インドネシアで高品質電源の供給等に関する新たな実証事業への取組みを開始した他、イギリス、ポルトガル、スロベニア、ドイツなどで調査に取組み、システム実証事業を着実に推進した。

国際標準化についての取り組みとして、燃料電池、水素インフラ、太陽光発電、風力発電、超電導、スマートコミュニティ技術の国際標準化に向けた提案、データ取得等の活動を行った。

別表 1-1

決算報告書（総計）[平成20年度～24年度合計]

(単位：百万円)

区 分	予 算 額	決 算 額	差 額
収入			
運営費交付金	772,124	771,813	△ 311
国庫補助金	135,351	144,030	8,678
受託収入	141,283	136,950	△ 4,333
政府出資金	22,200	21,720	△ 480
貸付回収金	4,772	8,830	4,058
業務収入	6,677	13,896	7,219
その他収入	10,229	34,999	24,770
計	1,092,637	1,132,238	39,600
支出			
業務経費	777,354	733,291	△ 44,063
国庫補助金事業費	135,351	144,030	8,678
受託経費	141,283	136,950	△ 4,333
借入金償還	1,504	1,504	△ 0
支払利息	79	79	△ 0
一般管理費	43,729	41,515	△ 2,214
その他支出	3,317	22,625	19,308
計	1,102,617	1,079,993	△ 22,624

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 1-2

決算報告書（一般勘定）[平成20年度～24年度合計]

(単位：百万円)

区 分	予 算 額	決 算 額	差 額
収入			
運営費交付金	263,088	263,005	△ 83
国庫補助金	11,313	12,686	1,373
受託収入	15,839	15,606	△ 233
政府出資金	-	-	-
貸付回収金	-	-	-
業務収入	5,137	9,015	3,878
その他収入	1,042	2,613	1,571
計	296,419	302,926	6,507
支出			
業務経費	259,116	255,822	△ 3,294
国庫補助金事業費	11,313	12,686	1,373
受託経費	15,839	15,606	△ 233
借入金償還	-	-	-
支払利息	-	-	-
一般管理費	10,157	9,759	△ 398
その他支出	1,061	1,214	153
計	297,487	295,087	△ 2,399

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 1-3

決算報告書（電源利用勘定）[平成20年度～24年度合計]

(単位：百万円)

区 分	予 算 額	決 算 額	差 額
収入			
運営費交付金	38,130	38,114	△ 16
国庫補助金	-	-	-
受託収入	-	-	-
政府出資金	-	-	-
貸付回収金	-	-	-
業務収入	407	1,519	1,112
その他収入	957	1,767	809
計	39,495	41,399	1,904
支出			
業務経費	37,398	34,788	△ 2,610
国庫補助金事業費	-	-	-
受託経費	-	-	-
借入金償還	-	-	-
支払利息	-	-	-
一般管理費	2,002	1,986	△ 16
その他支出	-	153	153
計	39,400	36,926	△ 2,473

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 1-4

決算報告書（エネルギー需給勘定）[平成20年度～24年度合計]

(単位：百万円)

区 分	予 算 額	決 算 額	差 額
収入			
運営費交付金	470,906	470,695	△ 212
国庫補助金	124,038	131,344	7,306
受託収入	125,444	121,343	△ 4,100
政府出資金	-	-	-
貸付回収金	-	-	-
業務収入	224	2,476	2,253
その他収入	4,570	8,739	4,169
計	725,182	734,598	9,415
支出			
業務経費	451,636	417,648	△ 33,988
国庫補助金事業費	124,038	131,344	7,306
受託経費	125,444	121,343	△ 4,100
借入金償還	-	-	-
支払利息	-	-	-
一般管理費	24,308	23,320	△ 988
その他支出	2,182	2,357	175
計	727,607	696,012	△ 31,595

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 1-5

決算報告書（基盤技術研究促進勘定）[平成20年度～24年度合計]

(単位：百万円)

区 分	予 算 額	決 算 額	差 額
収入			
運営費交付金	-	-	-
国庫補助金	-	-	-
受託収入	-	-	-
政府出資金	22,200	21,720	△ 480
貸付回収金	-	-	-
業務収入	544	578	34
その他収入	645	797	151
計	23,389	23,095	△ 294
支出			
業務経費	22,385	21,793	△ 593
国庫補助金事業費	-	-	-
受託経費	-	-	-
借入金償還	-	-	-
支払利息	-	-	-
一般管理費	729	688	△ 40
その他支出	-	-	-
計	23,114	22,481	△ 633

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 1-6

決算報告書（鉱工業承継勘定）[平成20年度～24年度合計]

(単位：百万円)

区 分	予 算 額	決 算 額	差 額
収入			
運営費交付金	-	-	-
国庫補助金	-	-	-
受託収入	-	-	-
政府出資金	-	-	-
貸付回収金	1,554	1,627	73
業務収入	89	98	9
その他収入	630	17,857	17,227
計	2,273	19,582	17,309
支出			
業務経費	2	0	△ 2
国庫補助金事業費	-	-	-
受託経費	-	-	-
借入金償還	1,504	1,504	△ 0
支払利息	79	79	△ 0
一般管理費	428	328	△ 99
その他支出	74	16,858	16,785
計	2,086	18,769	16,683

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 1-7

決算報告書（石炭経過勘定）[平成20年度～24年度合計]

(単位：百万円)

区 分	予 算 額	決 算 額	差 額
収入			
運営費交付金	-	-	-
国庫補助金	-	-	-
受託収入	-	-	-
政府出資金	-	-	-
貸付回収金	3,218	7,203	3,985
業務収入	275	208	△ 67
その他収入	2,370	3,061	690
計	5,864	10,471	4,608
支出			
業務経費	6,817	3,240	△ 3,577
国庫補助金事業費	-	-	-
受託経費	-	-	-
借入金償還	-	-	-
支払利息	-	-	-
一般管理費	6,100	5,432	△ 667
その他支出	-	2,043	2,043
計	12,917	10,716	△ 2,201

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 1-8

決算報告書（特定事業活動等促進経過勘定）[平成20年度～22年度合計]

(単位：百万円)

区 分	予 算 額	決 算 額	差 額
収入			
運営費交付金	-	-	-
国庫補助金	-	-	-
受託収入	-	-	-
政府出資金	-	-	-
貸付回収金	-	-	-
業務収入	1	0	△ 0
その他収入	14	166	152
計	15	167	151
支出			
業務経費	-	-	-
国庫補助金事業費	-	-	-
受託経費	-	-	-
借入金償還	-	-	-
支払利息	-	-	-
一般管理費	6	1	△ 5
その他支出	-	-	-
計	6	1	△ 5

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

(注) 平成23年4月1日付けで廃止。

別表 2-1

貸借対照表 (総計)

(単位:百万円)

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
資産					
I 流動資産	47,394	75,856	90,061	96,219	125,168
現金及び預金	36,142	68,007	74,864	71,546	89,852
有価証券	1,700	1,300	7,999	10,976	27,800
前渡金	1,375	1,654	4,513	3,899	533
貸付金	1,309	773	340	7,216	6,247
未収金	6,417	3,793	2,079	2,357	515
その他の流動資産	450	328	265	226	220
II 固定資産	88,390	84,798	57,172	47,064	17,812
有形固定資産	4,763	4,471	4,245	2,138	1,382
減価償却累計額	△ 860	△ 992	△ 1,031	△ 656	△ 504
減損損失累計額	△ 817	△ 802	△ 806	△ 120	△ 26
無形固定資産	4	4	4	4	4
投資有価証券	63,946	63,187	39,952	36,798	10,998
長期前渡金	10,639	8,535	5,826	3,074	321
投資その他の資産	10,715	10,396	8,981	5,826	5,637
資産合計	135,784	160,654	147,232	143,284	142,980
負債					
I 流動負債	33,466	63,554	66,602	59,337	21,650
運営費交付金債務	15,633	49,264	59,619	53,508	—
預り補助金	—	1,138	495	235	109
未払金	17,131	9,121	6,221	5,426	21,337
為替予約	—	3,566	—	—	—
その他の流動負債	701	466	267	167	204
II 固定負債	16,714	13,480	11,445	9,178	5,502
長期借入金	295	54	—	—	—
退職給付引当金	1,471	1,476	1,486	1,413	1,276
保証債務損失引当金	1,763	1,067	1,851	2,491	1,860
証券賠償担保預り金	1,681	1,665	1,670	1,670	1,670
受託事業預り金	10,639	8,535	5,826	3,074	321
その他の固定負債	865	684	611	531	375
負債合計	50,180	77,034	78,047	68,515	27,152
純資産					
I 資本金	129,358	134,858	122,908	125,282	125,907
II 資本剰余金	△ 1,075	△ 1,065	△ 1,074	△ 176	△ 173
III 利益剰余金(△繰越欠損金)	△ 42,679	△ 46,607	△ 52,648	△ 50,338	△ 9,906
前中期目標期間繰越積立金	75	71	68	48	0
積立金	—	1,355	3,766	6,716	11,445
△前年度繰越欠損金	△ 41,874	△ 44,108	△ 50,444	△ 59,540	△ 61,831
当期総利益	1,482	2,557	3,328	7,457	42,002
△当期総損失	△ 2,362	△ 6,481	△ 9,365	△ 5,019	△ 1,523
IV 評価・換算差額金	—	△ 3,566	—	—	—
純資産合計	85,604	83,620	69,185	74,768	115,828
負債・純資産合計	135,784	160,654	147,232	143,284	142,980

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 2-2

貸借対照表(一般勘定)

(単位:百万円)

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
資産					
I 流動資産	8,779	43,484	46,814	23,393	16,188
現金及び預金	5,536	40,695	44,332	22,212	15,952
有価証券	—	—	300	—	—
前渡金	182	894	1,566	503	89
貸付金	—	—	—	—	—
未収金	3,020	1,857	581	652	120
その他の流動資産	41	39	34	27	28
II 固定資産	2,444	2,114	1,361	713	353
有形固定資産	800	806	763	295	241
減価償却累計額	△ 186	△ 215	△ 232	△ 165	△ 145
減損損失累計額	△ 172	△ 172	△ 173	△ 13	△ 1
無形固定資産	1	1	1	1	1
投資有価証券	300	300	—	—	—
長期前渡金	1,545	1,237	844	445	45
投資その他の資産	157	157	157	151	212
資 産 合 計	11,223	45,599	48,174	24,106	16,541
負債					
I 流動負債	6,650	41,235	43,953	19,039	6,573
運営費交付金債務	1,880	36,227	41,058	17,004	—
預り補助金	—	1,138	495	235	109
未払金	4,758	3,474	2,384	1,790	6,455
為替予約	—	385	—	—	—
その他の流動負債	12	12	15	10	9
II 固定負債	1,685	1,357	954	542	137
長期借入金	—	—	—	—	—
退職給付引当金	—	—	—	—	—
保証債務損失引当金	—	—	—	—	—
証券賠償担保預り金	—	—	—	—	—
受託事業預り金	1,545	1,237	844	445	45
その他の固定負債	140	120	110	98	92
負 債 合 計	8,335	42,592	44,907	19,581	6,710
純資産					
I 資本金	2,603	2,603	1,406	971	958
II 資本剰余金	△ 229	△ 230	△ 232	△ 22	△ 16
III 利益剰余金(△繰越欠損金)	514	1,018	2,094	3,576	8,888
前中期目標期間繰越積立金	17	17	16	11	0
積立金	—	497	1,002	2,078	3,565
△前年度繰越欠損金	—	—	—	—	—
当期総利益	497	505	1,076	1,487	5,323
△当期総損失	—	—	—	—	—
IV 評価・換算差額金	—	△ 385	—	—	—
純 資 産 合 計	2,888	3,006	3,268	4,525	9,831
負 債 ・ 純 資 産 合 計	11,223	45,599	48,174	24,106	16,541

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 2-3

貸借対照表(電源利用勘定)

(単位:百万円)

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
資産					
I 流動資産	3,648	3,130	2,908	4,878	5,427
現金及び預金	3,421	2,906	2,728	4,745	5,380
有価証券	200	—	—	—	—
前渡金	0	144	60	89	0
貸付金	—	—	—	—	—
未収金	8	74	114	39	42
その他の流動資産	18	5	5	5	5
II 固定資産	583	548	468	181	165
有形固定資産	824	820	740	175	124
減価償却累計額	△ 176	△ 205	△ 204	△ 92	△ 82
減損損失累計額	△ 188	△ 188	△ 189	△ 14	△ 1
無形固定資産	0	0	0	0	0
投資有価証券	—	—	—	—	—
長期前渡金	—	—	—	—	—
投資その他の資産	123	122	121	112	123
資 産 合 計	4,230	3,678	3,376	5,059	5,592
負債					
I 流動負債	2,855	2,060	1,420	2,777	758
運営費交付金債務	2,578	1,874	1,270	2,587	—
預り補助金	—	—	—	—	—
未払金	274	184	147	188	756
為替予約	—	—	—	—	—
その他の流動負債	2	2	2	2	2
II 固定負債	131	99	75	48	39
長期借入金	—	—	—	—	—
退職給付引当金	—	—	—	—	—
保証債務損失引当金	—	—	—	—	—
証券賠償担保預り金	—	—	—	—	—
受託事業預り金	—	—	—	—	—
その他の固定負債	131	99	75	48	39
負 債 合 計	2,986	2,159	1,494	2,825	797
純資産					
I 資本金	936	936	815	340	326
II 資本剰余金	△ 250	△ 251	△ 253	△ 24	△ 16
III 利益剰余金(△繰越欠損金)	558	833	1,320	1,918	4,485
前中期目標期間繰越積立金	18	18	18	12	0
積立金	—	539	815	1,302	1,906
△前年度繰越欠損金	—	—	—	—	—
当期総利益	539	276	487	604	2,579
△当期総損失	—	—	—	—	—
IV 評価・換算差額金	—	—	—	—	—
純 資 産 合 計	1,245	1,519	1,881	2,234	4,795
負 債 ・ 純 資 産 合 計	4,230	3,678	3,376	5,059	5,592

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 2-4

貸借対照表(エネルギー需給勘定)

(単位:百万円)

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
資産					
I 流動資産	29,296	23,810	28,315	45,559	55,853
現金及び預金	24,074	21,250	24,190	40,638	55,380
有価証券	500	—	300	—	—
前渡金	1,188	616	2,636	3,291	0
貸付金	—	—	—	—	—
未収金	3,350	1,858	1,125	1,570	404
その他の流動資産	184	86	63	60	69
II 固定資産	10,553	8,638	5,923	3,168	800
有形固定資産	1,746	1,695	1,619	778	491
減価償却累計額	△ 454	△ 520	△ 542	△ 368	△ 266
減損損失累計額	△ 282	△ 282	△ 283	△ 22	△ 2
無形固定資産	2	2	2	2	3
投資有価証券	300	300	—	—	—
長期前渡金	9,094	7,298	4,982	2,629	276
投資その他の資産	145	144	144	148	299
資 産 合 計	39,849	32,448	34,237	48,727	56,653
負債					
I 流動負債	23,015	19,797	20,868	37,184	14,171
運営費交付金債務	11,174	11,163	17,291	33,917	—
預り補助金	—	—	—	—	—
未払金	11,796	5,415	3,530	3,236	14,089
為替予約	—	3,180	—	—	—
その他の流動負債	45	39	48	31	82
II 固定負債	11,442	8,820	7,260	5,505	2,380
長期借入金	—	—	—	—	—
退職給付引当金	—	—	—	—	—
保証債務損失引当金	1,763	1,067	1,851	2,491	1,860
証券賠償担保預り金	—	—	—	—	—
受託事業預り金	9,094	7,298	4,982	2,629	276
その他の固定負債	585	456	427	385	244
負 債 合 計	34,457	28,617	28,128	42,690	16,551
純資産					
I 資本金	5,524	5,524	3,194	2,482	2,461
II 資本剰余金	△ 392	△ 394	△ 397	△ 53	△ 43
III 利益剰余金(△繰越欠損金)	259	1,880	3,312	3,609	37,685
前中期目標期間繰越積立金	40	37	34	25	0
積立金	—	220	1,844	3,278	3,584
△前年度繰越欠損金	—	—	—	—	—
当期総利益	220	1,624	1,435	306	34,100
△当期総損失	—	—	—	—	—
IV 評価・換算差額金	—	△ 3,180	—	—	—
純 資 産 合 計	5,392	3,831	6,109	6,038	40,102
負 債 ・ 純 資 産 合 計	39,849	32,448	34,237	48,727	56,653

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 2-5

貸借対照表(基盤技術研究促進動定)

(単位:百万円)

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
資産					
I 流動資産	671	873	3,295	3,058	2,101
現金及び預金	624	712	832	972	1,085
有価証券	—	—	1,999	2,000	1,000
前渡金	—	—	231	0	0
貸付金	—	—	—	—	—
未収金	29	145	217	77	8
その他の流動資産	18	16	15	9	8
II 固定資産	10,026	10,028	8,007	8,007	9,006
有形固定資産	9	10	10	11	11
減価償却累計額	△ 2	△ 3	△ 3	△ 4	△ 5
減損損失累計額	—	—	—	—	—
無形固定資産	0	0	0	0	0
投資有価証券	9,995	9,997	8,000	8,000	8,999
長期前渡金	—	—	—	—	—
投資その他の資産	24	24	0	1	2
資 産 合 計	10,697	10,901	11,302	11,065	11,107
負債					
I 流動負債	21	17	16	11	2
運営費交付金債務	—	—	—	—	—
預り補助金	—	—	—	—	—
未払金	13	9	9	5	1
為替予約	—	—	—	—	—
その他の流動負債	8	8	7	6	1
II 固定負債	196	197	198	201	29
長期借入金	—	—	—	—	—
退職給付引当金	196	197	198	201	29
保証債務損失引当金	—	—	—	—	—
証券賠償担保預り金	—	—	—	—	—
受託事業預り金	—	—	—	—	—
その他の固定負債	—	0	—	—	—
負 債 合 計	217	214	214	212	32
純資産					
I 資本金	53,737	59,237	67,900	72,684	73,357
II 資本剰余金	△ 0	△ 0	△ 0	△ 0	△ 0
III 利益剰余金(△繰越欠損金)	△ 43,257	△ 48,549	△ 56,813	△ 61,831	△ 62,281
前中期目標期間繰越積立金	—	—	—	—	—
積立金	—	—	—	—	—
△前年度繰越欠損金	△ 41,332	△ 43,257	△ 48,549	△ 56,813	△ 61,831
当期総利益	—	—	—	—	—
△当期総損失	△ 1,926	△ 5,292	△ 8,263	△ 5,019	△ 450
IV 評価・換算差額金	—	—	—	—	—
純 資 産 合 計	10,480	10,688	11,087	10,853	11,076
負 債 ・ 純 資 産 合 計	10,697	10,901	11,302	11,065	11,107

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 2-6

貸借対照表(鉱工業承継勘定)

(単位:百万円)

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
資産					
I 流動資産	2,005	1,650	1,847	1,739	1,738
現金及び預金	860	811	1,526	1,712	1,738
有価証券	—	100	—	—	—
前渡金	—	0	0	0	—
貸付金	1,087	689	312	25	—
未収金	27	17	8	1	0
その他の流動資産	32	33	1	1	0
II 固定資産	16,905	16,918	6	2	0
有形固定資産	4	5	5	—	—
減価償却累計額	△ 1	△ 1	△ 2	—	—
減損損失累計額	—	—	—	—	—
無形固定資産	0	0	0	0	0
投資有価証券	16,698	16,912	—	—	—
長期前渡金	—	—	—	—	—
投資その他の資産	203	3	3	2	—
資産合計	18,910	18,568	1,853	1,741	1,738
負債					
I 流動負債	496	250	62	0	0
運営費交付金債務	—	—	—	—	—
預り補助金	—	—	—	—	—
未払金	7	5	5	0	0
為替予約	—	—	—	—	—
その他の流動負債	489	245	57	0	0
II 固定負債	393	152	99	9	9
長期借入金	295	54	—	—	—
退職給付引当金	98	98	99	9	9
保証債務損失引当金	—	—	—	—	—
鉱害賠償担保預り金	—	—	—	—	—
受託事業預り金	—	—	—	—	—
その他の固定負債	—	0	—	—	—
負債合計	890	402	161	10	9
純資産					
I 資本金	18,393	18,393	1,593	1,534	1,534
II 資本剰余金	42	42	42	42	42
III 利益剰余金(△繰越欠損金)	△ 415	△ 269	57	154	152
前中期目標期間繰越積立金	—	—	—	—	—
積立金	—	—	—	57	154
△前年度繰越欠損金	△ 542	△ 415	△ 269	—	—
当期総利益	127	146	327	97	—
△当期総損失	—	—	—	—	△ 2
IV 評価・換算差額金	—	—	—	—	—
純資産合計	18,020	18,166	1,693	1,731	1,729
負債・純資産合計	18,910	18,568	1,853	1,741	1,738

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 2-7

貸借対照表(石炭経過勘定)

(単位:百万円)

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
資産					
I 流動資産	2,687	2,649	6,275	17,596	43,938
現金及び預金	1,276	1,178	647	1,268	10,317
有価証券	1,000	1,200	5,400	8,976	26,800
前渡金	5	0	20	15	444
貸付金	222	84	28	7,191	6,247
未収金	30	37	34	22	19
その他の流動資産	154	150	146	124	111
II 固定資産	47,636	46,401	41,407	34,994	7,488
有形固定資産	1,380	1,135	1,108	879	516
減価償却累計額	△ 42	△ 48	△ 49	△ 28	△ 8
減損損失累計額	△ 176	△ 161	△ 161	△ 70	△ 21
無形固定資産	0	0	0	0	—
投資有価証券	36,504	35,528	31,952	28,799	1,999
長期前渡金	—	—	—	—	—
投資その他の資産	9,969	9,946	8,556	5,413	5,001
資産合計	50,322	49,051	47,681	52,590	51,426
負債					
I 流動負債	475	391	284	330	223
運営費交付金債務	—	—	—	—	—
預り補助金	—	—	—	—	—
未払金	329	231	146	211	114
為替予約	—	—	—	—	—
その他の流動負債	146	159	138	119	109
II 固定負債	2,866	2,854	2,859	2,873	2,908
長期借入金	—	—	—	—	—
退職給付引当金	1,177	1,181	1,189	1,203	1,238
保証債務損失引当金	—	—	—	—	—
鉱害賠償担保預り金	1,681	1,665	1,670	1,670	1,670
受託事業預り金	—	—	—	—	—
その他の固定負債	8	9	—	—	—
負債合計	3,342	3,245	3,143	3,203	3,131
純資産					
I 資本金	47,664	47,664	47,501	47,271	47,271
II 資本剰余金	△ 247	△ 233	△ 234	△ 119	△ 141
III 利益剰余金(△繰越欠損金)	△ 436	△ 1,626	△ 2,728	2,236	1,165
前中期目標期間繰越積立金	—	—	—	—	—
積立金	—	—	—	—	2,236
△前年度繰越欠損金	—	△ 436	△ 1,626	△ 2,728	—
当期総利益	—	—	—	4,964	—
△当期総損失	△ 436	△ 1,190	△ 1,102	—	△ 1,071
IV 評価・換算差額金	—	—	—	—	—
純資産合計	46,981	45,806	44,539	49,387	48,295
負債・純資産合計	50,322	49,051	47,681	52,590	51,426

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 2-8

貸借対照表（特定事業活動等促進経過勘定）

（単位：百万円）

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度
資産			
I 流動資産	355	455	609
現金及び預金	352	454	609
有価証券	—	—	—
前渡金	—	—	—
貸付金	—	—	—
未収金	0	0	0
その他の流動資産	3	1	—
II 固定資産	244	150	—
有形固定資産	—	—	—
減価償却累計額	—	—	—
減損損失累計額	—	—	—
無形固定資産	—	—	—
投資有価証券	150	150	—
長期前渡金	—	—	—
投資その他の資産	94	—	—
資産合計	599	605	609
負債			
I 流動負債	0	0	0
運営費交付金債務	—	—	—
預り補助金	—	—	—
未払金	0	0	0
為替予約	—	—	—
その他の流動負債	0	0	0
II 固定負債	—	—	—
長期借入金	—	—	—
退職給付引当金	—	—	—
保証債務損失引当金	—	—	—
鉱害賠償担保預り金	—	—	—
受託事業預り金	—	—	—
その他の固定負債	—	—	—
負債合計	0	0	0
純資産			
I 資本金	500	500	500
II 資本剰余金	—	—	—
III 利益剰余金（△繰越欠損金）	99	105	109
前中期目標期間繰越積立金	—	—	—
積立金	—	99	105
△前年度繰越欠損金	—	—	—
当期総利益	99	6	3
△当期総損失	—	—	—
IV 評価・換算差額金	—	—	—
純資産合計	599	605	609
負債・純資産合計	599	605	609

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

（注）平成23年4月1日付けで廃止。

別表 3-1

損益計算書（総計）

（単位：百万円）

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	計
経常費用						
業務費	197,349	268,125	246,893	171,091	144,658	1,028,116
給与手当	1,038	1,056	900	683	675	4,351
外部委託費	112,446	129,852	132,489	118,350	111,185	604,322
補助事業費	70,094	65,912	58,101	34,707	19,155	247,969
請負費	1,634	1,513	1,258	1,557	1,677	7,639
貸倒引当金繰入額	-	591	31	40	-	663
保証債務損失引当金繰入額	1,729	1,059	798	1,349	-	4,935
その他の業務費	10,408	68,142	53,316	14,406	11,966	158,238
一般管理費	9,373	8,798	8,246	8,072	7,394	41,883
給与手当	3,823	3,642	3,453	3,313	3,024	17,253
減価償却費	179	172	109	89	77	626
その他の一般管理費	5,372	4,984	4,685	4,670	4,294	24,004
財務費用	47	22	7	1	-	76
雑損	795	771	633	167	610	2,978
経常費用合計	207,565	277,716	255,779	179,331	152,663	1,073,053
経常収益						
運営費交付金収益	139,096	156,603	156,149	144,561	175,008	771,416
業務収益	49	40	35	35	37	196
受託収入	7,454	66,126	52,431	13,273	10,729	150,012
補助金等収益	53,784	45,059	36,145	13,181	1,546	149,715
資産見返負債戻入	169	162	99	80	69	579
財務収益	1,356	1,196	1,033	664	630	4,880
雑益	3,625	2,817	3,619	3,638	4,289	17,988
経常収益合計	205,534	272,001	249,512	175,431	192,308	1,094,787
経常利益（△経常損失）	△ 2,030	△ 5,715	△ 6,267	△ 3,900	39,645	21,733
△臨時損失	△ 47	△ 72	△ 125	△ 69	△ 48	△ 361
臨時利益	1,109	1,858	351	6,388	835	10,541
当期純利益	1,395	2,553	3,324	7,438	41,955	56,664
△当期純損失	△ 2,362	△ 6,481	△ 9,365	△ 5,019	△ 1,523	△ 24,750
前中期目標期間繰越積立金取崩額	87	4	4	20	48	162
当期総利益	1,482	2,557	3,328	7,457	42,002	56,826
△当期総損失	△ 2,362	△ 6,481	△ 9,365	△ 5,019	△ 1,523	△ 24,750

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 3-2

損益計算書（一般勘定）

（単位：百万円）

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	計
経常費用						
業務費	42,874	65,880	77,770	62,034	36,978	285,537
給与手当	288	327	274	163	139	1,191
外部委託費	26,984	39,126	50,896	42,055	30,838	189,899
補助事業費	13,899	18,106	20,146	17,674	4,350	74,176
請負費	197	265	295	135	134	1,026
貸倒引当金繰入額	-	-	25	18	-	43
保証債務損失引当金繰入額	-	-	-	-	-	-
その他の業務費	1,506	8,056	6,134	1,990	1,517	19,204
一般管理費	2,188	2,031	1,915	1,932	1,784	9,851
給与手当	904	860	815	811	744	4,134
減価償却費	39	39	28	21	18	146
その他の一般管理費	1,245	1,132	1,072	1,100	1,023	5,572
財務費用	-	-	-	-	-	-
雑損	52	17	52	19	59	201
経常費用合計	45,115	67,929	79,737	63,986	38,822	295,589
経常収益						
運営費交付金収益	40,047	55,234	68,985	59,313	39,316	262,895
業務収益	-	-	-	-	-	-
受託収入	1,050	7,463	5,978	1,727	1,285	17,503
補助金等収益	3,884	5,153	4,898	2,915	1,522	18,371
資産見返負債戻入	39	39	27	21	18	144
財務収益	98	77	114	54	24	368
雑益	474	467	812	1,442	1,961	5,155
経常収益合計	45,592	68,433	80,813	65,472	44,126	304,436
経常利益（△経常損失）	477	504	1,076	1,486	5,304	8,847
△臨時損失	△ 3	△ 2	△ 10	△ 12	△ 4	△ 33
臨時利益	1	2	10	9	12	35
当期純利益	474	504	1,076	1,482	5,312	8,849
△当期純損失	-	-	-	-	-	-
前中期目標期間繰越積立金取崩額	22	0	0	5	11	39
当期総利益	497	505	1,076	1,487	5,323	8,888
△当期総損失	-	-	-	-	-	-

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 3-3

損益計算書（電源利用勘定）

（単位：百万円）

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	計
経常費用						
業務費	10,253	9,856	5,068	3,538	4,990	33,704
給与手当	75	73	29	36	42	255
外部委託費	9,844	7,927	4,661	2,859	3,604	28,895
補助事業費	13	1,680	261	551	1,255	3,760
請負費	93	28	14	15	26	177
貸倒引当金繰入額	-	-	-	-	-	-
保証債務損失引当金繰入額	-	-	-	-	-	-
その他の業務費	228	148	103	77	63	618
一般管理費	511	442	409	388	351	2,101
給与手当	180	171	162	156	143	812
減価償却費	38	32	18	10	8	105
その他の一般管理費	293	239	229	222	201	1,183
財務費用	-	-	-	-	-	-
雑損	99	577	199	45	154	1,074
経常費用合計	10,862	10,874	5,676	3,971	5,496	36,880
経常収益						
運営費交付金収益	10,672	10,263	5,457	3,909	7,789	38,091
業務収益	-	-	-	-	-	-
受託収入	-	-	-	-	-	-
補助金等収益	-	-	-	-	-	-
資産見返負債戻入	38	31	17	10	8	104
財務収益	47	27	8	5	8	94
雑益	538	829	680	649	256	2,953
経常収益合計	11,294	11,150	6,163	4,573	8,061	41,241
経常利益（△経常損失）	432	276	486	602	2,566	4,362
△臨時損失	△ 3	△ 3	△ 12	△ 25	△ 3	△ 46
臨時利益	87	3	12	21	4	127
当期純利益	515	276	486	598	2,567	4,442
△当期純損失	-	-	-	-	-	-
前中期目標期間繰越積立金取崩額	24	0	0	6	12	42
当期総利益	539	276	487	604	2,579	4,485
△当期総損失	-	-	-	-	-	-

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 3-4

損益計算書（エネルギー需給勘定）

（単位：百万円）

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	計
経常費用						
業務費	141,508	186,477	155,690	99,968	101,349	684,992
給与手当	676	656	596	484	493	2,906
外部委託費	73,513	77,280	68,340	68,413	76,048	363,594
補助事業費	56,149	46,080	37,650	16,249	13,291	169,420
請負費	745	688	555	1,019	1,068	4,076
貸倒引当金繰入額	-	591	6	22	-	620
保証債務損失引当金繰入額	1,729	1,059	798	1,349	-	4,935
その他の業務費	8,696	60,123	47,743	12,432	10,448	139,442
一般管理費	5,169	4,865	4,589	4,469	4,424	23,517
給与手当	2,171	2,066	1,959	1,881	1,843	9,922
減価償却費	95	95	57	51	44	341
その他の一般管理費	2,903	2,704	2,574	2,537	2,537	13,255
財務費用	-	-	-	-	-	-
雑損	642	167	379	101	397	1,686
経常費用合計	147,319	191,509	160,659	104,539	106,170	710,195
経常収益						
運営費交付金収益	88,377	91,106	81,707	81,338	127,903	470,431
業務収益	17	14	12	8	7	59
受託収入	6,404	58,662	46,453	11,546	9,444	132,509
補助金等収益	49,900	39,906	31,247	10,266	24	131,344
資産見返負債戻入	92	92	54	49	43	331
財務収益	274	186	96	63	69	689
雑益	2,418	1,409	2,503	1,538	2,125	9,994
経常収益合計	147,483	191,374	162,073	104,809	139,616	745,355
経常利益（△経常損失）	163	△ 135	1,415	270	33,447	35,160
△臨時損失	△ 5	△ 63	△ 17	△ 28	△ 15	△ 129
臨時利益	21	1,819	35	55	644	2,573
当期純利益	179	1,621	1,432	296	34,076	37,604
△当期純損失	-	-	-	-	-	-
前中期目標期間繰越積立金取崩額	41	3	3	9	25	80
当期総利益	220	1,624	1,435	306	34,100	37,684
△当期総損失	-	-	-	-	-	-

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 3-5

損益計算書（基盤技術研究促進勘定）

（単位：百万円）

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	計
経常費用						
業務費	2,125	5,511	8,445	5,025	687	21,793
給与手当	-	-	-	-	-	-
外部委託費	2,100	5,500	8,432	5,015	673	21,720
補助事業費	-	-	-	-	-	-
請負費	-	-	-	-	-	-
貸倒引当金繰入額	-	-	-	-	-	-
保証債務損失引当金繰入額	-	-	-	-	-	-
その他の業務費	25	11	13	10	14	73
一般管理費	172	169	161	158	23	683
給与手当	76	73	69	66	9	293
減価償却費	1	1	1	1	1	4
その他の一般管理費	96	96	91	91	13	387
財務費用	-	-	-	-	-	-
雑損	0	0	0	0	0	1
経常費用合計	2,297	5,680	8,607	5,184	709	22,477
経常収益						
運営費交付金収益	-	-	-	-	-	-
業務収益	11	12	14	18	29	84
受託収入	-	-	-	-	-	-
補助金等収益	-	-	-	-	-	-
資産見返負債戻入	-	-	-	-	-	-
財務収益	180	109	72	51	48	460
雑益	197	267	258	96	11	828
経常収益合計	387	388	344	166	88	1,373
経常利益（△経常損失）	△ 1,910	△ 5,292	△ 8,263	△ 5,018	△ 621	△ 21,104
△臨時損失	△ 16	△ 0	△ 1	△ 0	△ 0	△ 17
臨時利益	-	-	-	-	171	171
当期純利益	-	-	-	-	-	-
△当期純損失	△ 1,926	△ 5,292	△ 8,263	△ 5,019	△ 450	△ 20,950
前中期目標期間繰越積立金取崩額	-	-	-	-	-	-
当期総利益	-	-	-	-	-	-
△当期総損失	△ 1,926	△ 5,292	△ 8,263	△ 5,019	△ 450	△ 20,950

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 3-6

損益計算書（鉱工業承継勘定）

（単位：百万円）

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	計
経常費用						
業務費	-	-	-	-	-	-
給与手当	-	-	-	-	-	-
外部委託費	-	-	-	-	-	-
補助事業費	-	-	-	-	-	-
請負費	-	-	-	-	-	-
貸倒引当金繰入額	-	-	-	-	-	-
保証債務損失引当金繰入額	-	-	-	-	-	-
その他の業務費	-	-	-	-	-	-
一般管理費	105	102	99	10	8	324
給与手当	38	36	34	3	3	114
減価償却費	0	0	0	-	-	1
その他の一般管理費	67	65	64	7	6	209
財務費用	47	22	7	1	-	76
雑損	0	0	0	-	0	0
経常費用合計	151	124	106	11	8	400
経常収益						
運営費交付金収益	-	-	-	-	-	-
業務収益	21	13	10	8	1	53
受託収入	-	-	-	-	-	-
補助金等収益	-	-	-	-	-	-
資産見返負債戻入	-	-	-	-	-	-
財務収益	250	249	207	2	2	710
雑益	2	2	1	0	0	5
経常収益合計	273	264	218	11	3	769
経常利益（△経常損失）	122	140	113	△ 1	△ 5	368
△臨時損失	△ 10	△ 0	△ 79	-	-	△ 89
臨時利益	15	6	293	98	3	415
当期純利益	127	146	327	97	-	697
△当期純損失	-	-	-	-	△ 2	△ 2
前中期目標期間繰越積立金取崩額	-	-	-	-	-	-
当期総利益	127	146	327	97	-	697
△当期総損失	-	-	-	-	△ 2	△ 2

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 3-7

損益計算書（石炭経過勘定）

(単位：百万円)

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	計
経常費用						
業務費	636	597	598	631	732	3,193
給与手当	-	-	-	-	-	-
外部委託費	4	18	161	9	22	214
補助事業費	32	47	44	233	259	614
請負費	599	532	393	388	449	2,361
貸倒引当金繰入額	-	-	-	-	-	-
保証債務損失引当金繰入額	-	-	-	-	-	-
その他の業務費	0	0	0	1	2	3
一般管理費	1,228	1,189	1,072	1,113	803	5,405
給与手当	454	435	412	395	282	1,979
減価償却費	5	5	5	6	6	29
その他の一般管理費	769	748	655	711	515	3,398
財務費用	-	-	-	-	-	-
雑損	2	11	2	2	0	16
経常費用合計	1,865	1,796	1,672	1,745	1,535	8,614
経常収益						
運営費交付金収益	-	-	-	-	-	-
業務収益	-	-	-	-	-	-
受託収入	-	-	-	-	-	-
補助金等収益	-	-	-	-	-	-
資産見返負債戻入	1	-	-	-	-	1
財務収益	503	544	533	488	478	2,545
雑益	43	39	43	18	12	156
経常収益合計	547	583	576	505	490	2,702
経常利益(△経常損失)	△ 1,318	△ 1,213	△ 1,097	△ 1,240	△ 1,044	△ 5,912
△臨時損失	△ 9	△ 4	△ 5	△ 3	△ 26	△ 47
臨時利益	892	27	-	6,207	-	7,125
当期純利益	-	-	-	4,964	-	4,964
△当期純損失	△ 436	△ 1,190	△ 1,102	-	△ 1,071	△ 3,798
前中期目標期間繰越積立金取崩額	-	-	-	-	-	-
当期総利益	-	-	-	4,964	-	4,964
△当期総損失	△ 436	△ 1,190	△ 1,102	-	△ 1,071	△ 3,798

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 3-8

損益計算書（特定事業活動等促進経過勘定）

（単位：百万円）

科 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	計
経常費用				
業務費	-	-	-	-
給与手当	-	-	-	-
外部委託費	-	-	-	-
補助事業費	-	-	-	-
請負費	-	-	-	-
貸倒引当金繰入額	-	-	-	-
保証債務損失引当金繰入額	-	-	-	-
その他の業務費	-	-	-	-
一般管理費	0	0	0	1
給与手当	0	0	0	1
減価償却費	-	-	-	-
その他の一般管理費	0	0	0	0
財務費用	-	-	-	-
雑損	-	-	-	-
経常費用合計	0	0	0	1
経常収益				
運営費交付金収益	-	-	-	-
業務収益	0	-	-	0
受託収入	-	-	-	-
補助金等収益	-	-	-	-
資産見返負債戻入	-	-	-	-
財務収益	5	4	3	12
雑益	0	0	0	0
経常収益合計	6	4	3	13
経常利益(△経常損失)	5	4	3	12
△臨時損失	-	-	-	-
臨時利益	94	2	1	97
当期純利益	99	6	3	109
△当期純損失	-	-	-	-
前中期目標期間繰越積立金取崩額	-	-	-	-
当期総利益	99	6	3	109
△当期総損失	-	-	-	-

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

(注) 平成23年4月1日付けで廃止。

別表 4-1

キャッシュ・フロー計算書（総計）

（単位：百万円）

項 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
I 業務活動によるキャッシュ・フロー	△ 63,762	25,673	1,625	△ 7,466	8,421
II 投資活動によるキャッシュ・フロー	64,552	△ 29,225	10,194	3,558	1,124
III 財務活動によるキャッシュ・フロー	△ 498	5,016	△ 12,238	4,659	653
IV 資金増加額（△資金減少額）	292	1,464	△ 420	750	10,198
V 資金期首残高	1,456	1,748	3,212	2,792	2,934
VI 勘定閉鎖に伴う資金期首残高の調整	—	—	—	△ 609	—
VII 資金期末残高	1,748	3,212	2,792	2,934	13,132

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 4-2

キャッシュ・フロー計算書（一般勘定）

（単位：百万円）

項 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
I 業務活動によるキャッシュ・フロー	△ 16,203	35,189	4,789	△ 22,387	△ 6,190
II 投資活動によるキャッシュ・フロー	16,455	△ 33,930	△ 4,282	22,267	6,408
III 財務活動によるキャッシュ・フロー	—	—	△ 1,208	—	△ 5
IV 資金増加額（△資金減少額）	252	1,259	△ 702	△ 120	213
V 資金期首残高	122	375	1,634	932	812
VI 勘定閉鎖に伴う資金期首残高の調整	—	—	—	—	—
VII 資金期末残高	375	1,634	932	812	1,025

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 4-3

キャッシュ・フロー計算書（電源利用勘定）

（単位：百万円）

項 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
I 業務活動によるキャッシュ・フロー	△ 12,431	△ 712	△ 109	2,012	635
II 投資活動によるキャッシュ・フロー	12,657	697	104	△ 1,923	△ 178
III 財務活動によるキャッシュ・フロー	—	—	△ 134	△ 13	△ 6
IV 資金増加額（△資金減少額）	226	△ 15	△ 138	76	451
V 資金期首残高	95	321	306	168	245
VI 勘定閉鎖に伴う資金期首残高の調整	—	—	—	—	—
VII 資金期末残高	321	306	168	245	696

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 4-4

キャッシュ・フロー計算書（エネルギー需給勘定）

(単位：百万円)

項 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
I 業務活動によるキャッシュ・フロー	△ 34,759	△ 3,270	5,194	16,239	14,945
II 投資活動によるキャッシュ・フロー	34,787	3,246	△ 3,029	△ 16,005	△ 14,731
III 財務活動によるキャッシュ・フロー	—	—	△ 2,348	—	△ 9
IV 資金増加額（△資金減少額）	28	△ 24	△ 184	233	205
V 資金期首残高	763	791	766	582	816
VI 勘定閉鎖に伴う資金期首残高の調整	—	—	—	—	—
VII 資金期末残高	791	766	582	816	1,021

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 4-5

キャッシュ・フロー計算書（基盤技術研究促進勘定）

(単位：百万円)

項 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
I 業務活動によるキャッシュ・フロー	△ 1,960	△ 5,410	△ 8,567	△ 4,642	△ 559
II 投資活動によるキャッシュ・フロー	△ 102	△ 102	△ 80	△ 198	△ 150
III 財務活動によるキャッシュ・フロー	2,100	5,500	8,663	4,784	673
IV 資金増加額（△資金減少額）	38	△ 11	16	△ 56	△ 36
V 資金期首残高	86	124	112	128	72
VI 勘定閉鎖に伴う資金期首残高の調整	—	—	—	—	—
VII 資金期末残高	124	112	128	72	35

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 4-6

キャッシュ・フロー計算書（鉱工業承継勘定）

(単位：百万円)

項 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
I 業務活動によるキャッシュ・フロー	656	536	506	296	26
II 投資活動によるキャッシュ・フロー	4	△ 1	16,550	△ 287	△ 10
III 財務活動によるキャッシュ・フロー	△ 725	△ 484	△ 17,041	△ 112	—
IV 資金増加額（△資金減少額）	△ 65	51	15	△ 104	16
V 資金期首残高	124	60	111	126	22
VI 勘定閉鎖に伴う資金期首残高の調整	—	—	—	—	—
VII 資金期末残高	60	111	126	22	38

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 4-7

キャッシュ・フロー計算書（石炭経過勘定）

(単位：百万円)

項 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
I 業務活動によるキャッシュ・フロー	1,057	△ 763	△ 192	1,017	△ 436
II 投資活動によるキャッシュ・フロー	660	965	330	△ 296	9,785
III 財務活動によるキャッシュ・フロー	△ 1,873	—	△ 169	—	—
IV 資金増加額（△資金減少額）	△ 156	202	△ 31	721	9,349
V 資金期首残高	232	76	278	247	968
VI 勘定閉鎖に伴う資金期首残高の調整	—	—	—	—	—
VII 資金期末残高	76	278	247	968	10,317

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

別表 4-8

キャッシュ・フロー計算書（特定事業活動等促進経過勘定）

(単位：百万円)

項 目	平成20年度	平成21年度	平成22年度
I 業務活動によるキャッシュ・フロー	△ 121	102	3
II 投資活動によるキャッシュ・フロー	90	△ 100	601
III 財務活動によるキャッシュ・フロー	—	—	—
IV 資金増加額（△資金減少額）	△ 31	2	604
V 資金期首残高	34	2	4
VI 勘定閉鎖に伴う資金期首残高の調整	—	—	—
VII 資金期末残高	2	4	609

※ 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しない場合があります。

(注) 平成23年4月1日付けで廃止。