

「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」  
中間評価報告書

平成21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

研究評価委員会

平成21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  
理事長 村田 成二 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、別添のとおり  
評価結果について報告します。

## 目 次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	7
研究評価委員会委員名簿	8
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 個別テーマに関する評価結果	1-19
2. 1 要素技術開発（電池モジュール）	
2. 2 要素技術開発（電池材料）	
2. 3 要素技術開発（周辺機器）	
2. 4 次世代技術開発	
2. 5 基盤技術開発	
3. 評点結果	1-32
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1

## はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」の中間評価報告書であり、第18回研究評価委員会において設置された「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」（中間評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第23回研究評価委員会（平成21年10月29日）に諮り、確定されたものである。

平成21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  
研究評価委員会

「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」

中間評価分科会委員名簿

(平成21年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	わきはら まさたか 脇原 将孝	東京工業大学 名誉教授
分科会長 代理	さとう みねお 佐藤 峰夫	新潟大学 自然科学系 教授
委員	かりあつまり こうじ 狩集 浩志	日経BP社 日経エレクトロニクス 編集 記者
	とよだ まさひろ 豊田 昌宏	大分大学 工学部 応用化学科 教授
	にしな たつお 仁科 辰夫	山形大学 大学院理工学研究科 有機デバイス工学専攻 教授
	み き いちろう 三木 一郎	明治大学 理工学部 電気電子生命学科 教授・理工学部長
	もんま としゆき 門間 聰之*	早稲田大学 高等研究所 准教授

敬称略、五十音順

注\*：実施者の一部と同一大学であるが、所属部署が異なるため（実施者：早稲田大学（環境総合研究センター、環境・エネルギー研究科））「NEDO 技術委員・技術評価委員規程(平成21年7月15日改正)」第34条（評価における利害関係者の排除）により、利害関係はないとする。

## 審議経過

- 現地調査会（平成21年8月6日）  
日立ビークルエナジー（株）東海事業所内（茨城県ひたちなか市）
  
- 第1回 分科会（平成21年8月7日）
  - 公開セッション
    - 1. 開会、分科会の設置、資料の確認
    - 2. 分科会の公開について
    - 3. 評価の実施方法について
    - 4. 評価報告書の構成について
    - 5. プロジェクトの概要説明
    - 6. プロジェクトの詳細説明
  - 非公開セッション
    - 7. 全体を通しての質疑
  - 公開セッション
    - 8. まとめ・講評
    - 9. 今後の予定、その他、閉会
  
- 第23回研究評価委員会（平成21年10月29日）

## 評価概要

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

電池の国家的な研究開発が欧米や中国などで加速し始めており、この分野での競争力を確保するための本プロジェクトは非常に重要と考える。また、本プロジェクトは、自動車用の先進型電池から革新的電池へと明確に分類されて、段階的に研究開発が進められており、その多くの成果が中間目標をクリアしている。特に、電池モジュールの要素技術開発において単セルレベルの中間目標値として設定されたエネルギー密度及び出力密度がクリアされており、個々の材料開発の成果が単セル開発に貢献したと考える。電池の標準化・規格化に関する努力も評価できる。

しかし、近い将来の高性能・低コスト HEV（ハイブリッド電気自動車）並びに PHEV（プラグイン HEV）の実現のためには、コスト低減や安全性確保を進めつつ、電池モジュールレベルの高い目標値を達成できるよう更に努力して欲しい。また、最終目標の達成に向けては、課題と解決の道筋を記述して欲しい。さらに、コスト低減については、どこまで進み、最終目標値を見通すことができるレベルに到達しているのかが明確になっていない。安全性を含めて産業として十分成立していくことが確信できるようにして欲しい。

本プロジェクトの成果は、波及効果が大きく世界に大きな影響を及ぼすと考えられ、是非とも我が国独自の技術として早急に確立して欲しい。

#### 2) 今後に対する提言

今後も、研究開発能力の向上、実用化、国際的立場の向上を目指して欲しい。安全性や寿命評価などに関しては、開発テーマ「基盤技術開発」の成果をフィードバックする計画となっており、その成果が待たれるところである。電池の標準化・規格化に関しては、国際的にリードする努力が続けられており、技術力で勝る日本の地位を今後とも確保して欲しい。

エネルギー密度などの数値は反応速度が違えば大きく変わるものであり、例えば、放電を1時間率としているものの各種の検証条件を明快に示して欲しい。また、安全性についても電解質の改善など目標を定めて、問題の解決へ向けて努力して欲しい。

最終目標のコスト4万円/kWh（2015年）を見通すためには、材料の選択や生産ラインの簡素化が重要であり、優れた材料特性の情報収集、電池制御技術の確立、安価な生産ラインの十分な検討も必要である。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

最近のハイブリッド電気自動車（HEV）への社会の関心の高まりを見ても明らかのように、高性能な大型移動体用電源のニーズが高まっている。その背景には CO<sub>2</sub>削減、省エネへの関心の高さにあり、本プロジェクトの目的は社会的にも十分受け入れられるものである。また、我が国は電池技術において世界をリードする立場にあり、本プロジェクトが NEDO の事業として妥当なことは疑う余地がない。

しかし、日本の大学における特許戦略は、米国に比べて経験が浅く、NEDO が大学の実施者に特許戦略を積極的に展開するサポート体制を整備することも検討して欲しい。

リチウムイオン電池は HEV 用電源として実用化レベルに達しており、その性能はニッケル水素電池を凌駕するものである。今後は、残されているコストと安全性向上を目指しての技術開発についても検討する必要がある。

### 2) 研究開発マネジメントについて

研究開発の初期目標設定は、経済産業省「新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会」報告に則って、我が国の蓄電池研究開発能力を飛躍的に高めるものとなっており、妥当である。また、将来を見据えて、目標とするエネルギー密度やコストを設定している点が評価できる。さらに、情勢変化への対応等に関しては、国際標準化への動向の調査・対応が精力的に実施されている。

しかし、目標達成度を測定・判断するための指標として、充放電実験条件の記述や評価基準が統一されているのか、事業原簿に明確な記載がない。図表のデータを具体的に評価するための付記が必要であろう。また、最終目標の 3 kWh 電池パックのエネルギー密度が 100 Wh/kg となっており、これは単セルの性能に限っての中間目標値でほぼ達成されたものであるが、更に安全、コスト、信頼性をも含めた高い最終目標を設定することが求められる。

大型リチウムイオン電池の安全性は、この電池が産業として発展していくかどうかのカギを握っており、多面的な安全性試験を実施して、確かな製品となる技術を確立して欲しい。

### 3) 研究開発成果について

設定された中間目標値はほぼ全て達成されており、電池モジュールの要素技術開発を担当する企業 3 チームはいずれもエネルギー密度、出力密度の両面で



単セルレベルの中間目標値をクリアしている。特に、単セルの性能向上を着実に進めることにより、電池パックとして、最終目標値も達成できる可能性が非常に高い。また、車載用として市販を目指すりチウムイオン電池としては世界最高水準にあり、HEV 用電池として既に市販レベルに近いと考える。さらに、新しい電極活物質が見出され、新たな展開が大いに期待できる。

しかし、近い将来の高性能・低コスト HEV 並びに PHEV の実現のためには、コスト低減や安全性確保を含めた高い目標を電池モジュールレベルで達成できるよう更に努力して欲しい。また、最終目標の達成に向けては、課題と解決の道筋を記述して欲しい。

今後、最終目標のコスト 4 万円/kWh (2015 年) を見通すためには、材料の選択や生産ラインの簡素化が重要であり、優れた材料特性の情報収集、電池制御技術の確立、安価な生産ラインの十分な検討も必要である。

#### 4) 実用化、事業化の見通しについて

HEV 用リチウムイオン電池として自動車会社の受け皿が整いつつあり、十分に実用化を見通すことができる。大量生産へ向けた生産技術開発への新たな公的資金援助も必要となるだろう。また、本プロジェクトの研究開発成果は、定置型電源への応用にも展開することができる。

今後、実用化に至るには、多くの研究開発テーマの中から最終的に真の成果を有するテーマを見極める必要があり、そのためには更に詳細な検証項目も必要と考える。また、安全性や寿命評価などに関しては、開発テーマ「基盤技術開発」の成果をフィードバックする計画となっており、その成果が待たれるところである。さらに、「次世代技術開発」では、特許の取得を確実にして事業化に結びつけて欲しい。

## 研究評価委員会におけるコメント

第23回研究評価委員会（平成21年10月29日開催）に諮り、了承された。研究評価委員会から以下のコメントが出された。

- 自動車用電池の寿命目標（10年以上）は、定置用の場合と考え方が大きく違うと考えられるため、更に詳細な使用条件を設定することが重要である。

## 研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所 属、役 職
委員長	西村 吉雄	学校法人早稲田大学大学院 政治学研究科 (科学技術ジャーナリスト養成プログラム) 客員教授
委員長 代理	吉原 一紘	オミクロンナノテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	オリンパス株式会社 新規中核事業企画本部 ヘルスケア事業開発部 企画グループ コーディネーター
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員教授（専任）
	稲葉 陽二	日本大学 法学部 教授
	大西 優	株式会社カネカ 顧問
	尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社 取締役社長
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	小柳 光正	国立大学法人東北大学大学院 工学研究科 バイオロボティクス専攻 教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学 精密機械工学専攻 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学大学院 新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	富田 房男	放送大学 北海道学習センター 所長
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学機械学科 教授・総合技術研究所所長
宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授	

## 第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、参考として掲載したものである。

## 1. プロジェクト全体に関する評価結果

### 1. 1 総論

#### 1) 総合評価

電池の国家的な研究開発が欧米や中国などで加速し始めており、この分野での競争力を確保するための本プロジェクトは非常に重要と考える。また、本プロジェクトは、自動車用の先進型電池から革新的電池へと明確に分類されて、段階的に研究開発が進められており、その多くの成果が中間目標をクリアしている。特に、電池モジュールの要素技術開発において単セルレベルの中間目標値として設定されたエネルギー密度及び出力密度がクリアされており、個々の材料開発の成果が単セル開発に貢献したと考える。電池の標準化・規格化に関する努力も評価できる。

しかし、近い将来の高性能・低コスト HEV（ハイブリッド電気自動車）並びに PHEV（プラグイン HEV）の実現のためには、コスト低減や安全性確保を進めつつ、電池モジュールレベルの高い目標値を達成できるよう更に努力して欲しい。また、最終目標の達成に向けては、課題と解決の道筋を記述して欲しい。さらに、コスト低減については、どこまで進み、最終目標値を見通すことができるレベルに到達しているのかどうか明確になっていない。安全性を含めて産業として十分成立していくことが確信できるようにして欲しい。

本プロジェクトの成果は、波及効果が大きく世界に大きな影響を及ぼすと考えられ、是非とも我が国独自の技術として早急に確立して欲しい。

#### 〈肯定的意見〉

- 電池の国家的な研究開発が欧米や中国などで加速し始めており、この分野での競争力を確保するためのプロジェクトは非常に重要と考える。
- 次世代自動車用の蓄電システムに於いて、研究開発戦略目標、国内外の情勢を基にした事業の位置づけ、必要性の3つのフェーズに分けられ目標が明確化されている。  
この目標に対して、計画スケジュールが生まれ、予算配分が行われている。新しい蓄電システムが構築され、国際競争力を維持し、経済発展を維持していく上でも、これまでの研究開発結果は適切であると考ええる。
- プロジェクトとしての目標設定が、過去のプロジェクトの成果が実用化に反映されなかった点を素直に反省・分析し、真に実用化し、普及させるために必要な点をコストにあると明確化している点が評価できる。しかも、その目標数値は決して低いものではなく、挑戦的で非常に高いものになっている。まさにイノベーションといえるものである。
- イノベーションは決して突然に実現されるものではなく、それを支える地

道な基礎技術の積み重ねが必要である。本プロジェクトは、このイノベーション実現に向けたプロセスとして、先進型電池から革新的電池系へと明確に分類し、段階的に進めようとしている。中間評価の時点として、その多くが目標をクリアしている点はまさに驚異的であり、高く評価したい。

- 地球環境の急速な悪化状況を少しでも抑え、さらに日本の発展を継続させるために本事業は時宜にかなったものであり、その成果は波及効果が大きく世界に大きな影響を及ぼすと考えられ、是非とも他国がまねのできない我が国独自の技術として早急に確立できることを望む。
- 本事業は明確な目標に対して中間評価時点で着実な進展のもと計画を上回る成果がでている。
- 本 PJ のテーマは環境、エネルギー問題の改善に寄与すると思われるので有意義であると考え。電池開発担当の三社の中間目標値として設定されたエネルギー密度や出力密度はクリアされており、個々の材料開発の成果が単セル開発に貢献したと考える。
- 当初設定した目標値を全ての項目についてほぼクリアしており、大変評価できる。電池本体の実用化技術は大変優れており、他国の追随を許さないレベルである。
- 電池の標準化・規格化に関する努力も評価できる。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 中間評価において、ほとんどの委託先で達成度が「○」であるのは素晴らしいことだが、今後の課題についての記載がなく、何が課題となっているのかが掴みにくい。
- 事業原簿に公開されているほとんどの成果が、本プロジェクトの中間目標をクリアしている点は、確かに驚異的であり、高く評価されるべきものであることは確かである。これは、NEDO のプロジェクト設定と管理が機能していることを証明しているといえる。しかしながら、だからこそ、疑問を抱かざるを得ないことも確かである。それは、革新的電池開発に関係した「次世代技術開発」に関してである。そのほとんどが目標をクリアしているというのは、本当に目標設定が高いものであったのか、一般には疑念が生じることもあるだろう。「次世代技術開発」に関しては、目標未達成であっても、何が問題なのかの課題抽出がしっかりできれば良いと考える。失敗から学ぶことのほうが多いのは事実であり、それを許容する姿勢が欲しい。失敗する確率が高い、野心的な開発内容であるからこそ、国としてのサポートが必要なのである。しかし、報告されている事業原簿には、問題点・課題の記載がほとんどない。これはどうしたことであろう。

このような疑念を払拭するためにも、電池特性や電極特性の評価条件(例えば充放電速度や電流密度、電極厚さ等)を文章や図表中に明記してほしい。少なくとも、夫々の技術委員会内部では議論されているものと思うが、ノウハウの流出を恐れて事業原簿に記載できないというのならば、評価委員と技術委員会との間での検討会を開催するなどの処置が必要であろう。

- 各検討項目で発生する解決すべき課題の NEDO による十分な把握ができる体制が望まれる。

加え各実施者の研究開発を促進すべく、先導示唆する体制、また研究者・技術者の養成に繋がるより密な実施者間の交流方策が望まれる。

- 低価格化がどこまで進み、最終目標値を見通すことができるレベルに到達しているのかどうか明瞭でない。安全性を含めて産業として十分成立していく確信を明確にしてほしい。
- 設定した目標値が全てクリアされていることは、設定した目標値が甘かったのではないかと思う。
- コスト低減に関する取り組みが多少希薄のように感じられる。どこをどのようにしたらコスト削減につながるかの検討が無いように思われる。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 事業原簿中での誤字・脱字といった軽率なミスが目立つ。また、事業目標の設定に関しても、その妥当性に関して経済産業省の提言を参照するだけでなく、事業原簿中で完結できる程度に説明を記述すべきであろう。
- ・ 本事業は、インフラの整備とも密接につながる事業であり、当然進められていると考えられるが、関連事業の進捗状況を十分把握しながら進めていることを期待している。
- ・ 最終目標値としてモジュール電池のエネルギー密度や出力密度の値は現時点でも達成されているとも考えられる。もう少し高い値を設定しても良いのではないかと考える。

## 2) 今後に対する提言

今後も、研究開発能力の向上、実用化、国際的立場の向上を目指して欲しい。安全性や寿命評価などに関しては、開発テーマ「基盤技術開発」の成果をフィードバックする計画となっており、その成果が待たれるところである。電池の標準化・規格化に関しては、国際的にリードする努力が続けられており、技術力で勝る日本の地位を今後とも確保して欲しい。

エネルギー密度などの数値は反応速度が違えば大きく変わるものであり、例えば、放電を1時間率としているものの各種の検証条件を明快に示して欲しい。また、安全性についても電解質の改善など目標を定めて、問題の解決へ向けて努力して欲しい。

最終目標のコスト4万円/kWh(2015年)を見通すためには、材料の選択や生産ラインの簡素化が重要であり、優れた材料特性の情報収集、電池制御技術の確立、安価な生産ラインの十分な検討も必要である。

### 〈今後に対する提言〉

- ・ 計画以上の進展のある本事業であるが、引き続き本分野の研究開発能力の向上、実用化、国際的立場の向上を目指し、研究を推進展開していただきたい。
- ・ 本PJの中間評価の段階で中間目標が達成されているものが多く、産業化への発展が強く感じられる。
- ・ 蓄電システム構築ではコスト及び安全性が重要となる。コスト削減については材料の選択のみならず生産プロセスの簡素化も大きな位置を占める。また安全性についても電解質の改善など目標を定めて、これらの問題の解決へ向けて努力していただきたい。
- ・ 電池の標準化・規格化に関しては国際的にリードする努力を続けており、技術力で勝る日本の地位を今後とも確保してほしい。
- ・ コスト低減に関する取り組みについて明確な目標値を設定してほしい。
- ・ NEDOには、将来の可能性を探るテーマに注力して欲しい。
- ・ 目標達成できないことをただ単に「不可」とするのではなく、委託先が挑戦的なテーマや目標を設定できる体制を築いて頂きたい。
- ・ 今後の展開、実用化について考えていった場合、インフラを整備する必要がある場合があると考え。これについても事業に組み込まれれば、より充実したものになると考える。
- ・ 目標達成度の単純な記述ばかりが目立つ。確かにこのような単純化した記述は公開資料としては必要であろうが、公開資料には記載できない点であっても、評価委員には情報公開してほしい。エネルギー密度などの数値は



反応速度が違えば大きく変わるものであるのだから、評価条件を明快に示して欲しい。

- ・ 事業原簿を見る限りでは、技術委員会がプロジェクトの管理・運営にどの程度の寄与をしているのかがまったくわからない。今回の中間評価部会では NEDO 担当者がすべてのプレゼンを実施していたが、技術委員会を設置しているのだから、技術委員会の責任において、技術委員会が自ら担当している部分を報告することが必要であろう。
- ・ プロジェクトのこれまでの成果としては、多くが目標を達成している。しかし、目標を達成していないプロジェクトについても今後の進捗によっては大きく発展する可能性を秘めている。
- ・ 多くのプロジェクトの中から最終的に真の成果を有する、あるいは今後に期待できるプロジェクトを見極めるためには、さらに詳細な評価項目が必要と考える。

追加の評価項目を実施者には明らかにしなくとも NEDO サイドでそれらを含めて評価できる体制を整えておくことも重要と考える。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 国際的にみても電池分野の日本の優位は続いており、本 PJ のような大型電池の国際規格等について国益に添って積極的に提案し、優位性を保っていただきたい。
- ・ リチウムイオン電池の生産量（額）では世界的に見て現時点でも日本がリードしていると思われるが、韓国と中国の追い上げが厳しくなっている。今後の対策については政府としての方策が重要であるのでしっかり対応してほしい。
- ・ 過去の国家プロジェクト全般に言えることだが、そのほとんどが目標を達成しているにも関わらず、産業として真の実用化・普及に結びついているものは少ないように思う。本プロジェクトでもこれは懸念される点であり、NEDO としてもその理由を分析し、実用化・普及期を想定して目標を設定していることは明白である。その一つの解がコストであろう。しかしながら、コストを目標にするというのはある面では危険でもある。コストというものは、製造技術や設備、信頼性、材料原価、人件費、生産個数などを総合して決まるものである。しかし、本プロジェクト内でそこまで実証することは不可能であるから、コストを「見越す」ことになる。この「見越す」ことが、事業化とは別の、NEDO プロジェクトの目標を達成するためだけの仕事に結びついていることはないだろうか懸念する。このような状況は、NEDO プロジェクトで導入した機器がそのプロジェ

クトのみにしか使用できないという制約にも、その一因があるのではないだろうか。プロジェクト終了後は自社の製造ラインにそのまま組み込むことや、実用化に資するものであるのならば、他プロジェクトの実験にも使用できる(当然ながらその結果は NEDO に報告されるべきだろうが)ような処置が必要であろう。

## 1. 2 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

最近のハイブリッド電気自動車（HEV）への社会の関心の高まりを見ても明らかのように、高性能な大型移動体用電源のニーズが高まっている。その背景には CO<sub>2</sub>削減、省エネへの関心の高さにあり、本プロジェクトの目的は社会的にも十分受け入れられるものである。また、我が国は電池技術において世界をリードする立場にあり、本プロジェクトが NEDO の事業として妥当なことは疑う余地がない。

しかし、日本の大学における特許戦略は、米国に比べて経験が浅く、NEDO が大学の実施者に特許戦略を積極的に展開するサポート体制を整備することも検討して欲しい。

リチウムイオン電池は HEV 用電源として実用化レベルに達しており、その性能はニッケル水素電池を凌駕するものである。今後は、残されているコストと安全性向上を目指しての技術開発についても検討する必要がある。

#### 〈肯定的意見〉

- 最近の HEV への社会の関心の高まりを見ても明らかのように、高性能な大型移動体用電源のニーズは高まっている。その背景には CO<sub>2</sub>削減、省エネへの関心の高さにある。以上のように本 PJ の目的は社会的にも十分受け入れられるものである。  
また二次電池の分野は国際的にも日本が優位な立場にあり、国策的にも重要と判断される。
- 電池の分野は、日本が世界をリードする得意分野であり、エネルギー・環境問題の解決に大きく貢献する分野である。この点において、本プロジェクトは誠に当を得た事業といえる。
- 新規の材料開発や標準化など 1 企業だけで強力に進めることは難しく、NEDO の事業として進めることは重要と考える。
- エネルギー貯蔵、エネルギー材料の開発分野は、国際競争力が激しい分野で各国の追い上げも厳しい分野である。日本が今後、この分野でイニシアチブを取っていく上では、NEDO が中心となって関与していくプログラムであると考ええる。
- CO<sub>2</sub>削減が待ったなしの課題として必要とされている中、蓄電技術はその中核をなす技術であることは疑う余地がない。特に運輸関係はわが国含めた先進諸国だけでなく、今後モータリゼーションの時代に突入していくであろう開発途上国においてこそ、その意義が大きいものである。
- わが国は電池技術において世界をリードする立場にあるが、昨今の経済情

勢の変化から企業側の体力も落ちており、真剣に国が関与することが急務であろう。NEDO の事業として妥当なことは疑う余地がない。また、モータに関する技術開発も本事業に含めた点は評価できる。

- 自動車は環境や経済に及ぼす影響は非常に大きいものであることが認識されており、今後も世界的にみて自動車は増え続けると予想されることから、自動車における様々な改善はエネルギー問題、環境問題に対する影響の大きい一つの対策となり、目に見える形で世界に反映される。  
したがって、このような時期に本事業が進められていることは非常に有意義であり、国際的に貢献するものと考え。また、我が国の発展にも寄与する事業である。
- エネルギーイノベーションプログラムの目標の一部に確実に寄与する事業であり、かつ昨今の本領域における企業力、周辺経済状況から鑑みて NEDO が強く主導すべき事業と考える。
- 国費の使途として、期待される経済効果、社会的波及効果の観点から十分に国民への説得性のある事業である。我が国の持続的発展にとどまらず、人類社会全体への貢献の観点からも重要な意義をもつ事業であると考え。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- リチウムイオン電池は高エネルギー密度を有するといっても **Pure EV** とするにはエネルギー密度は小さく、近い将来に材料面から大きな画期的改善ができることは期待できない。  
しかしながらリチウムイオン電池は **HEV** 用電源としては実用化に達したといえる。その性能はニッケル水素電池を凌駕するものであり、あとはコストと安全性向上を目指しての技術開発が残されている。
- プラグイン **HEV** や **EV** の民生での普及は日本の政治政策に大きく依存する。NEDO は、政府や関連団体への働きかけを継続して行ってほしい。
- 国際競争力の点において、次世代技術開発における特許戦略は重要な位置を占める。この点に関しての NEDO のサポート体制や戦略が見えない。
- **EV** 等の実用化には充電スタンドの整備等の社会インフラ整備も重要であり、それを踏まえた社会工学的な検討も実施するべきであろう。

#### 〈その他の意見〉

- ・ リチウムイオン電池の材料開発を長年携わってきた者からすると、ここ 10 年以内に一般のユーザーが満足する一充電で **500 km** を走行できるリチウムイオン電池を搭載した **Pure EV** の実現は、電極・電解質材料の性能、

コストや安全性の観点から不可能と言わざるを得ない。

もちろん今後のリチウムイオン電池電極・電解質材料開発の探索研究は重要である。将来の **Pure EV** は燃料電池車にゆだねて、リチウムイオン電池はそれを補佐する立場に徹し、現状および近い将来の電動自動車は **HEV** としてリチウムイオン電池を搭載するとする、すなわち本 **PJ** のような事業こそが極めて大切であると考ええる。

- 各国の研究開発動向に常にアンテナを張り、目標値の変更は難しいにしても情報を流し続けて戴きたいと考える。
- 日本では大学における特許戦略は米国に比べて甘いものがある。**NEDO** が事業実施者に積極的に特許戦略を展開するサポート体制を整備することも事業に含めるべきであろう。
- 本事業が種々の問題解決の一つとして国際的にさらに大きく貢献するためには、関連する事業と連携し、有効な成果を生み出すことが肝要である。
- さらに本分野を加速すべく、本事業あるいは類似事業において、幅広いシーズの開拓が望まれる。このためには、投入予算は小さくとも参加するためのハードルの低い未来型蓄電に対する研究を行うことが望まれる。

## 2) 研究開発マネジメントについて

研究開発の初期目標設定は、経済産業省「新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会」報告に則って、我が国の蓄電池研究開発能力を飛躍的に高めるものとなっており、妥当である。また、将来を見据えて、目標とするエネルギー密度やコストを設定している点が評価できる。さらに、情勢変化への対応等に関しては、国際標準化への動向の調査・対応が精力的に実施されている。

しかし、目標達成度を測定・判断するための指標として、充放電実験条件の記述や評価基準が統一されているのか、事業原簿に明確な記載がない。図表のデータを具体的に評価するための付記が必要であろう。また、最終目標の3 kWh電池パックのエネルギー密度が100 Wh/kgとなっており、これは単セルの性能に限っての中間目標値でほぼ達成されたものであるが、更に安全、コスト、信頼性をも含めた高い最終目標を設定することが求められる。

大型リチウムイオン電池の安全性は、この電池が産業として発展していくかどうかのカギを握っており、多面的な安全性試験を実施して、確かな製品となる技術を確立して欲しい。

### 〈肯定的意見〉

- 研究開発の初期目標設定は経済産業省「新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会」報告に則り、我が国の蓄電池研究開発能力を飛躍的に高めるものとなっており、妥当であると考ええる。
- 事業全体の計画、情勢変化への対応も着実かつ適切であると考ええる。情勢変化に対しても年度内予算の修正など柔軟に対応しており高く評価できる。
- 電池開発を担当する三社は、各々異なる正極活物質を選択され、独自性を発揮されると共に、単セルのエネルギー密度や出力密度は中間目標値をクリアされており、技術力や事業化能力を十分に有すると考えられる。
- 内外の技術動向を踏まえた適切な研究開発体制を構築している。
- 研究実施者間の連携も適切に行われている。
- 将来を見据えて、目標とするエネルギー密度やコストを設定していることは評価できる。
- 研究開発項目が、「電池モジュール」、「電池構成材料」、「周辺機器開発」、「次世代技術開発」、「基盤技術開発」に役割を分けており、それぞれに必要な開発項目が上げられており、研究開発目標値もおおむね妥当であると考ええる。
- 実施体制においても実施しうるに十分な事業化能力を有する企業が選定

されており、実施に際して問題はないと考える。

- 研究開発目標に関しては、目標達成度を測定・判断するための指標を除けば、EV普及に対して現実的なコスト推算を元に挑戦的な高い目標を設定しており、研究開発計画も妥当である。これを実施するための事業体制は、研究開発経費のコストダウンを図るためか、従来の研究組合型から技術委員会へ変更しており、情報の共有化と実用化シナリオへの関与という視点で機能を維持しながら開発コストの効率化を図る工夫が見られる。
- 情勢変化への対応等に関しては、JARIとも協力し、国際標準化への動向の調査・対応が精力的に実施されている。
- 目標設定が非常に具体的であり、研究実施者にとっては有効である。
- 要素技術として適切なものを取りあげているものと思われる。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 計画の中で、要素技術間の関係、順序は、十分に検討され、NEDOがサポートしており十分に評価できるが、事業体制において、実施者間の連携にむけた取り組みの中で、NEDOは機会を作っているものの、実施者からの要望に対応する体制となっており、積極的な働きかけが少ないものと考ええる。
- NEDOの内部に各実施者の研究開発における問題点、発見を迅速に見出し対応するための人材を確保し、NEDOより実施者に提案する体制を作ることで、さらに事業の効果的実施が可能となると考える。
- 要素技術開発（電池開発）p11を見ると、最終目標の0.3 kWh モジュール電池のエネルギー密度が100 Wh/kgとなっている。これは単セルでの中間目標値でほぼ達成されたものであり、もう少し高い目標値を置いても良いのではないかと思う。
- 中間段階でコストの目標値はないが、最終目標の4万円/kWhは見通すことはできるのかと懸念する。
- 全ての点がスムーズに行われており、問題点の提起やその解決策に関する検討が希薄なように感じられる。
- 失敗した事例から見出された対応策の公表はこの分野を専門としている研究者にとって貴重な指針となる。
- 高容量なセルの開発だけでなく、バッテリー・マネージメント・システムなど制御ICなども含めた電池ユニットとして低コスト化するためには、どのようなセルを開発すべきかという視点も欲しい。
- 社会・経済情勢の変化、政策、技術動向に対して適宜対応していると思うが、これまでの実施において、情勢、あるいは動向の変化に対して実際に

- 目標達成度を測定・判断するための指標としては、充放電速度等の評価条件が統一されているのか、事業原簿に明確な記載がない。中間評価分科会での質問により、1C レートでエネルギー密度等を評価しているという点が明らかになったが、次世代技術開発ではエネルギー密度等を評価するための充放電速度や電流密度などの記述がなく、図表での実際のデータの記載が、ラベルの説明がないために判らない部分もあり、技術委員会内部での程度の管理・指導がなされているのか、疑わしい部分もある。この点が成果の公表・普及という視点において、開発者あるいは技術委員会内部での自己満足に終始しているのではないかとの疑念を抱かせるものになっている。
- 目標設定が具体的であるのはよいが、その設定値の根拠および達成された後の展望が示されていない。  
これらが必要か否かについては議論の余地があるかもしれないが、少なくとも納得できる設定値の根拠は必要ではないかと思う。
- さらに多くの電池関連企業の参加が望ましかった。

〈その他の意見〉

- ・ 大型リチウムイオン電池の安全性は、この電池が産業として発展していくかどうかのカギを握っている。多面的な安全性試験を実施し、確かな製品となる技術を確立していただきたい。
- ・ 研究組合方式と技術委員会方式とのどちらが、開発者間での情報共有による開発の効率化に寄与しているのかの評価もあってよいであろう。



### 3) 研究開発成果について

設定された中間目標値はほぼ全て達成されており、電池モジュールの要素技術開発を担当する企業3チームはいずれもエネルギー密度、出力密度の両面で単セルレベルの中間目標値をクリアしている。特に、単セルの性能向上を着実に進めることにより、電池パックとして、最終目標値も達成できる可能性が非常に高い。また、車載用として市販を目指すリチウムイオン電池としては世界最高水準にあり、HEV用電池として既に市販レベルに近いと考える。さらに、新しい電極活物質が見出され、新たな展開が大いに期待できる。

しかし、近い将来の高性能・低コストHEV並びにPHEVの実現のためには、コスト低減や安全性確保を含めた高い目標を電池モジュールレベルで達成できるよう更に努力して欲しい。また、最終目標の達成に向けては、課題と解決の道筋を記述して欲しい。

今後、最終目標のコスト4万円/kWh(2015年)を見通すためには、材料の選択や生産ラインの簡素化が重要であり、優れた材料特性の情報収集、電池制御技術の確立、安価な生産ラインの十分な検討も必要である。

#### 〈肯定的意見〉

- 設定した目標値はほぼ全てクリアしている。
- 新しい電極活物質の発見も見られ、新たな展開が大いに期待できる。
- 得られた成果は世界最高水準と考えてよい。
- 多くの項目で中間目標に対する達成度が高いことは評価できる。
- モジュールに於いては、既に目標値をクリアしている研究もあり、市場の拡大、普及に繋がるものと考ええる。
- 成果の水準も高く、新たな領域の開拓も期待できると考える。
- 事業原簿を見る限り、中間目標はほぼすべてが達成されている。その成果は、目標自体が経産省の「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」に沿ったものであり、意義が大きいものである。
- 成果の普及に関しても、積極的に学会発表や論文発表もなされており、電池討論会でのNEDOセッションの実施など、積極的になされている。
- 配布あるいは示された資料から、中間の目標はおおむね達成していると評価できる。
- 中間目標値はほぼ達成され、一部計画以上に進展している点は実施者およびNEDOの研究開発、マネジメント能力を高く評価する。得られている成果は十分に目的を満たすものである。

知的財産権の取得および成果の公開も着実になされ、我が国の発展に寄与し今後の蓄電池研究への波及効果は高いものと考ええる。標準化への取り組み

みも十分になされている。

以上より、中間評価時点では、最終目標の達成にむけ、十分に進展しており、引き続き目標値を超えるべく研究開発が進展することを期待する。

- 開発を担当する三社はいずれもエネルギー密度、出力密度共に中間目標値をクリアしている。車載用として市販を目指すリチウムイオン電池としては世界最高水準にあると考える。

また、HEV 用電池としてすでに市販レベルにあると考える。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 目標値がクリアされているので、現時点での問題点を踏まえた次段階の目標値の設定が曖昧である。
- かなりの額の予算の配分があるにも関わらず、大学等の研究機関での特許・論文の知的財産の数が少ない。
- 中間評価でほとんどが達成している点は評価できるが、そもそもの目標値が低いのではないかとの思いを抱かせる恐れがある。
- 各項目ごとにきちんと現状の課題を明記すべきであろう。
- 最終目標の達成に向け、定性的ではなく、事業化計画として「最終目標の達成の見通し」を描くことができれば良かったと考える。
- 今回の中間評価における事業原簿を見る限り、中間目標の達成に関する記載ばかりが目につき、最終目標に向けた課題と解決の道筋に関する記載が少なすぎる。というよりも、目標が未達成なものの記載がほとんどないということに、逆に裏があるのではないかという疑念を抱かざるを得ないほど不自然に感じる。邪推したくなるほど、達成したという記載ばかりが踊っているのである。
- 次世代技術開発では、基本的な物質特許の可能性が高く、知的財産権の点で製法などの周辺特許の取得も含めて非常に重要で戦略的な対応が必要であるが、担い手である大学はこの点において弱い。中間評価部会においてこの点に関して質問したが、NEDO としては積極的な関与をしていないという印象を受けた。
- 今後進める場合、研究開発を途中で断念することを避けるためには、複数の方法を考えておく必要があると考える。
- 特許出願はもっと積極的に支援し、進めるべきと考える。
- 中間段階では電池開発三社ともにコストの詳細を記していない。  
近い将来の本格的 HEV の実現のためには性能目標をさらに大きくすることは困難なことは理解できるが、やや高い目標値を設定し、コスト低減や安全性確保にさらなる努力をしていただきたい。

〈その他の意見〉

- ・ 知的財産は、周辺特許を抑えて始めて効力を十分に発揮するものとする。大学で知的所有権を全て押さえることは不可能で、大学の場合には研究開発だけに注力する状態になっている。NEDO に於いて、知的所有権の取得に向けてフォローして戴ければ、国際的な競争力を持つ意味でも一貫した事業になると考える。
- ・ 大学に対する知財戦略は、やはり NEDO が積極的に関与するべきであろう。大学の場合は教育機関という性格もあり、国際化という視点で留学生も多く受け入れており、輸出が規制されている対象国への知識・技術の流出も懸念される。技術委員会ではこの点に関してどのような対応がなされているのだろうかを知りたい。
- ・ 中間評価を行うに当たり、達成度が目標値を超えている場合にはその旨明示すべきである。  
また、最終評価ではなく、中間評価であることから、目標達成されていない課題を明確にして、その解決に向けた現時点での方策を示すことが重要であるとする。
- ・ 今後の別なプロジェクトにおける中間評価に向け、資料内容の改善方針の検討を望む。
- ・ 最終目標にむけた今後の計画の中で、解決すべき課題が明示されていないが、中間目標値はほぼ達成できている。
- ・ 最終目標にむけ本事業が計画通り進展することを望む。
- ・ 最終目標のコスト 4 万円/kWh を見通すためには材料の選択や生産ラインの簡素化が重要である。優れた材料特性の情報収集や安価な生産ライン構築技術・電池制御技術の確立が望まれる。

#### 4) 実用化、事業化の見通しについて

HEV 用リチウムイオン電池として自動車会社の受け皿が整いつつあり、十分に実用化を見通すことができる。大量生産へ向けた生産技術開発への新たな公的資金援助も必要となるだろう。また、本プロジェクトの研究開発成果は、定置型電源への応用にも展開することができる。

今後、実用化に至るには、多くの研究開発テーマの中から最終的に真の成果を有するテーマを見極める必要がある、そのためには更に詳細な検証項目も必要と考える。また、安全性や寿命評価などに関しては、開発テーマ「基盤技術開発」の成果をフィードバックする計画となっており、その成果が待たれるところである。さらに、「次世代技術開発」では、特許の取得を確実にして事業化に結びつけて欲しい。

##### 〈肯定的意見〉

- HEV 用リチウムイオン電池として自動車会社の受け皿が整いつつあり、十分に実用化を見通すことができる。  
また本 PJ の技術は定置型電源への応用にも展開できるので、現状の鉛蓄電池を主体とする設備を改善できると考える。
- リチウムイオン電池の研究分野は科学的事項としてとらえることができるため、この分野に関与する大学や国研などは人材育成にも貢献していると思う。
- 関連分野への波及効果は大きく、大いに期待できる。
- 自動車分野での実用化が可能となれば、民生用や産業用への波及効果は大いに期待できる。
- 単電池セルレベルでは、既に中間目標が十分に達成され最終目標の達成についても達成できる可能性は非常に高い。自動車メーカーと連携した開発も期待できると考える。
- 本事業の目標自体が、EV 等の普及期を見据えた経産省の「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」に沿ったものであり、実用化に関しては問題はない。
- 最終的には性能にプラスコストが重要になってくるので、コストも評価対象に含む点はよい。
- 幅広く車載以外の用途の製品についても視野に入れている点は評価できる。
- 成果の波及効果は大きいものと期待できる。
- 実用化を強く指向した研究開発であり、課題設定、事業化への道筋、波及効果いずれにおいても十分に満足できる内容である。

〈問題点・改善すべき点〉

- コストダウンは産業の健全な発展のためには大切であるが、生産量とも関連する。
- 2030年の0.5万円/kWhの電池性能の達成が次の課題であるが、これを達成する具体的な方策の提案が希薄である。
- この分野では実用化については、自動車メーカーが大きく関与するため、NEDOと自動車メーカーといかに密接に連携できるかを考えていく必要があると思われる。
- 性能が一定のレベルに達したところでコスト計算をしなければならないが、経済情勢にもより変わってくるのが十分に考えられる。早い時期でのコスト設定には注意をしておく必要があるかと考える。
- 安全性や寿命評価などに関しては、基盤技術の成果をフィードバックすることで対応する計画となっており、その成果が待たれるところである。そのようなシナリオになっているから、企業側でもそれを逃げに使っているふしも感じた。むしろ、担当企業側から積極的に提案があってしかるべきであろう。
- 事業化に関しては、実用化とは別の要因があり、なんともいえない。それは大量生産するためのラインや歩留まり、信頼性等に関する事項が本プロジェクトの範囲外にあるためである。真に事業化するためには、ラインとしての製造技術に踏み込んだサポートも必要なのではないだろうか。本年度はNEDOの別事業においても生産ラインに対する1/10補助の事業が実施されているが、これはあくまでもリーマンショックに由来する不景気に対応するための緊急退避的な景気対策の性格が強い。
- 日本の強みはラインにおける大量製造技術にある。これに対してNEDOの事業はむしろ一品料理に近い性格がほとんどであろう。研究所レベルの一品料理としての製造技術と大量生産の技術は次元が違う。真に事業化を謳うのならば、大量生産の技術開発をサポートすることも必要であろう。
- 当該分野の人材育成について、組織的な活動がなく、個々の実施者の努力のみで行われている。実施者に加え我が国の当該分野若手研究者養成、技術者能力向上に向け、NEDO主導で取り組むことが期待される。

〈その他の意見〉

- ・ 次世代電池開発では、特許の取得を確実にして事業化に結びつけて欲しい。実用化についてもNEDOでフォローアップして戴くことが可能になれば国際的にイニシャチブを取ることも可能になると考える。開発に伴い取得

された特許だけでは、その内容が周知になるまで時間を要する。普及できることが全てに対して上手くいけば問題ないが、場合によっては企業とのマッチングをして戴くことが適切になるかも知れない。

- 波及効果としての人材育成に関しては、各企業なり大学なりで実施されるものであろうが、それを評価する基準は何であろうか。人材育成の重要性は誰もが認識している点であろうが、これを実施する具体的な方策は本プロジェクトにはない。この評価項目を真剣に問うのであれば、各種のセミナーを実施している企業などとも連携するなどの具体的な方策が事業として必要であろう。
- 実用化に至るには、多くのプロジェクトの中から最終的に真の成果を有するプロジェクトを見極める必要がある。そのためにはさらに詳細な評価項目が必要と考える。
- 追加の評価項目を実施者には明らかにしなくとも **NEDO** サイドでそれらを含めて評価できる体制を整えておくことも重要と考える。

## 2. 個別テーマに関する評価結果

### 2. 1 要素技術開発（電池モジュール）

HEV 用リチウムイオン電池のエネルギー密度及び出力密度は、3 チームとも単セルにおいて中間目標値をクリアしている。また、数多くの特許が出願されていることは高く評価できる。既に独自の寿命試験法を提案している実施者がいる点も高く評価したい。

コストの最終目標値 4 万円/kWh を見通すということは、電極・電解質材料並びにセパレータ等の選択、電池制御技術・生産ラインの簡素化など多岐にわたり、今後、これらのデータの全体へのフィードバックが最終目標達成のカギを握るであろう。また、充電スタンドのようなインフラ整備に関する社会工学的な見地からのサポート研究も必要であろう。

#### 〈肯定的意見〉

- 担当している 3 社すべてが中間目標をクリアしている。NEDO のシナリオとしては、安全性や寿命等は基盤技術開発の成果を受けて、プロジェクト後期において実施することになっているが、独自の寿命試験法を提案している委託先もある。総じて、最終目標達成の目処がついていると考える。
- 事業化という視点においては、ユーザである自動車メーカーとの連携などの不確定要素が多く、仮定の上での話しになっているが、これは仕方が無いだろう。実際には電池メーカーと自動車メーカーとの連携は既にできつつあるので、心配には及ばないと考えている。
- 中間目標を達成しており、着実に進んでいる様子が見える。今後に期待できる内容である。
- 研究開発実施者はそれぞれ順調に計画どおり研究開発を進めている。事業化にむけ実用の可能性は極めて高い。
- 実施者はそれぞれ特性・材料に特徴ある電池を目標としており、今後目標値の達成のみならずその値を大きく超える電池の実現に期待する。
- HEV 用リチウムイオン電池のエネルギー密度や出力密度は担当三社の単セルに於いてすでに中間目標値をクリアしている。この電池をモジュール化し、大型移動体用電源とする準備ははかられていると考える。
- 3 社 3 様のコンセプトの基で目標値を達成している。
- 3 社の内、1 社について現地調査を行なうことができたことは大変よかった。
- かなりの数の特許を出願していることは大変評価できる。
- 中間目標をほぼすべて達成しており、高い評価ができる
- 各社とも目標値をクリアしており、また、特許についても取得されている

ことから十分に研究が遂行されているものとする。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 事業化に関しては、実用化とは別の要因があり、なんともいえない。それは大量生産するためのラインや歩留まり、信頼性等に関する事項が本プロジェクトの範囲外にあるためである。真に事業化するためには、ラインとしての製造技術に踏み込んだサポートも必要なのではないだろうか。日本の強みはラインにおける大量製造技術にある。これに対して NEDO の事業はむしろ一品料理に近い性格がほとんどであろう。研究所レベルの一品料理としての製造技術と大量生産の技術は次元が違う。真に事業化を謳うのならば、大量生産の技術開発をサポートすることも必要であろう。
- 安全性についての基準指針が必要であろう。
- 「要素技術開発(電池モジュール)」に関しては NEDO の先導性が見えない。すべてを委託先に任せていると受け取らざるを得ない。
- NEDO は公開できない内容であってもそれらを把握するための人材を確保し、プロジェクトの着実な進展を担保すべきである。
- コストの最終目標値、4 万円/kWh を見通すためには、電極・電解質材料の選択、高価なセパレータ使用の有無、電池制御技術・生産ラインの簡素化など多岐にわたる。これらのデータの全体へのフィードバックが最終目標達成のカギを握ると思われる。
- 国内の電池主要メーカーの 2 社が本事業に参加していないことは残念である。
- 実用化に向け、耐久性、安全性の確立は必須であるが、実際に自動車に搭載するようになった場合は、自動車の種類、使用によって耐久性、安全性の仕様が異なって来ることが考えられる。耐久性、安全性の確立に対しては、独自の安全基準の他にもユーザー側と連携をとって進めていくべきかと考える。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 本プロジェクトでの電池モジュール開発はプラグイン HV 用であり、EV とはことなるものであるが、ガソリンスタンドや水素スタンドと異なり、EV 用充電スタンドの建設コストは格段に安価になるとの試算例も東京電力から報告されている。これは基盤技術開発の守備範囲に入るのかもしれないが、このようなインフラ整備に関する社会工学的な見地からのサポート研究も必要であろう。
- ・ コストダウン、事業化など今後の課題も多い。



- 実用化に向けた課題は、その性格上本評価のための分科会では明確にはされていないが、各実施者は最終目標にむけ、着実に事業を進めていると確信する。
- 電池開発3社の単セルの中間目標値はほとんど達成されているが、モジュール化した最終目標値がほとんどそのまま設定されているようにも感じる。
- リチウムイオン電池のエネルギー密度をここ数年内に大幅に向上させることは困難と考えるが、部分改良等である程度の改善は期待できる。その意味から最終目標値はもう少し高くしても良いであろう。
- 参加した全てのメーカーについて現地調査を行うことができれば更に良かった。
- 目標を大きく上回っている部分が多く、より早期の実用化をお願いしたい。

## 2. 2 要素技術開発（電池材料）

ほとんど全ての項目で中間目標をクリアしており、エネルギー密度に関してはフッ化鉄ペロブスカイト系をはじめとして高容量で低コストな材料が見出され、出力密度も 10C を見通すなど、高く評価したい。また、電子顕微鏡による構造解析では、電気化学的に不活性と考えられてきた  $\text{LiFeO}_2$  ドメインより Li 脱離・挿入が起こることを明らかにするなど、新しい知見を得ており、学術的にも非常に興味深い。

しかし、イオン液体に基づく電解質については、実用化が可能となるレベルまでのコスト低減が期待できるか見直して欲しい。また、活物質系については、最低限の共通検証項目／検証条件を定めて欲しい。さらに、現状の各研究開発項目における解決すべき課題が提示されていない。NEDO はこれらをできるだけ把握し、更に解決すべき重要課題については積極的に NEDO プロジェクトとして確立して欲しい。

本開発の成果を実際の電池にまで適用し、実用化するには未だ多くの障壁があるが、実用化レベルに近いところまで来ているという印象を強くした。

### 〈肯定的意見〉

- ほとんどすべての項目で中間目標をクリアしており、高く評価したい。エネルギー密度に関してはフッ化鉄ペロブスカイト系をはじめとして高容量で低コストな材料が見出され、出力密度も 10C を見通すなど、高く評価したい。
- 分析電子顕微鏡による構造解析では、電気化学的に不活性と考えられてきた  $\text{LiFeO}_2$  ドメインより Li 脱離・挿入が起こることを明らかにするなど、新しい知見を得ており、学術的にも非常に興味深い。
- 総じて、活物質系は界面修飾により安定性と反応速度向上が両立するなど、活物質界面制御の重要性がようやく一般にも認識されつつあることを高く評価したい。
- 2015 年以降の実用化を目処にした高性能 Li イオン電池を構成するための材料の目標がクリアにされ研究が進められていることは評価できる。
- それぞれの委託研究実施者の実用化イメージは明確であり、当該分野の最先端の研究対象であることから当該分野・関連分野への波及も十分にある。
- 委託先として 9 ブロックに分けて正極、負極、電解質の新規・改善開発研究が報告されている。
- 正極材料に於いても従来のほぼ 2 倍の  $\sim 250 \text{ mWh/g}$  のものが報告されており興味深い。
- 耐久性の改善が望まれる。

- 安全性向上からイオン液体電界質が報告されている。
- コスト低減へ向けた努力が必要となろう。
- 正極材料、電解液、負極材料それぞれにおいて当初目標値をクリアしている。
- 有望な新規材料が複数出ており、期待できる。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 通常の電解液に使用される EC を 30% 添加しているイオン液体について、不燃性とうたっている例がある。どのような試験により確認されたのかを知りたい。
- 一般論として、イオン液体を電解質とした時に、最終目標値 4 万円/kWh を見通すことはできるのだろうかと懸念する。
- イオン性液体に基づく電解質はコストの低減は期待できない。計画自体を見直した方がよいであろう。
- 種々の組成の正極材料について検討しているが、Ni や Co を含有する材料はコスト低減を期待できないと思われるので、再検討したらどうか。
- 「次世代技術開発」で取り上げているテーマとの違いが分かりにくい。
- どれだけ有望なのかの指標が分かるようにしてもらいたい。
- モジュール開発では、40000 円/kWh (100 万パック) となっており、材料開発では、30000 円/kWh の見通しを示すことになっている。新しい材料の方が、コスト的に安くなる理由が明確でない。

#### 〈その他の意見〉

- ・ イオン液体系ではやはりコストが問題となる。また、山口大学では全イオン導電率ばかりでなく、Li<sup>+</sup>イオン輸率も明確にしようとしている点は高く評価したいが、他のグループでは Li<sup>+</sup>イオン輸率が考慮されていない点は、改善を要する。電解質(溶液も含め)の Li<sup>+</sup>イオン輸率は電池反応の反応速度に直接関係する重要な因子である。理想的には Li<sup>+</sup>イオン輸率が 1 であることが望ましいが、それは固体電解質でもない限り、不可能に近いだろう。プロジェクト後期においては、コスト評価も含め、是非にも Li<sup>+</sup>イオン輸率を明確にしていきたい。
- ・ 活物質系では、材料ごとに目標がばらばらであるが、これは致し方ないものであると思う。しかし、最低限の共通評価項目／評価条件は NEDO として定めて欲しい。充放電効率の数値は活物質のクーロン効率ではなく、電力としてのエネルギー効率の数値として理解しているが、それで良いか疑問である。

- 現状の各研究開発項目における解決すべき課題が提示されていない。**NEDO** はこれらを把握すべきであり、また解決にむけた今後の研究開発の方向性を提示すべきである。
- 最終目標として電池のエネルギー密度、または出力密度のいずれかを満足し他方を見通すこととなっているが、電池特性はその作製プロセスの完成度が低い場合材料の持つ特性を十分に引き出せないことがある。
- 実電池作製について、各実施者に電池形成プロセスすべてを行わせる以外に、実電池作製に係る業務および電池特性評価については **NEDO** が実施者間の共同、外注など導ける体制が望まれる。
- 9ブロックの研究成果は喫緊の平成23年度までのモジュール電池材料となるものではないが、近い将来の実用化に向けて本ブロックの正極材料は実用化の可能性を感じる。
- 大学の開発では、実用化に結びつけるためにも、成果の公表以外にもマッチングを行なって戴けると良いと思う。
- それぞれの材料で、適、不適はあるかと思うが、開発された高性能材料を全て組み合わせれば、どの程度の向上が見込まれるか知りたい。
- 本成果を実際の電池にまで適用し、実用化するにはまだ多くの障壁があろうが、実用化レベルに近いところまで来ているという印象を強くした。将来が楽しみである。

## 2. 3 要素技術開発（周辺機器）

周辺機器であるモータについて、強力な希土類磁石を減らすにも拘わらず効率をアップさせ、あるいはその磁石を使用せずとも現状効率を維持するという非常に難しい研究開発が、新しい考えや先端の設計・解析技術などを駆使して進められており、その成果は最終目標近くに到達できる可能性があるとして評価する。また、産業用モータ及びモータシステムとしても大きな影響があり、波及効果が大いといえる。

しかし、EV用モータの実用化のためには制約が非常に多く、最終的に検証する場合、自動車メーカーの協力を得るなどして多くの追加検証項目を設定し、どの程度クリア可能かを示す必要があると考える。

### 〈肯定的意見〉

- 中間の目標を達成しているのは評価できる。
- 磁石を減らしても効率をアップ、あるいは磁石を使用せずとも現状効率を維持するのは非常に難しい研究開発となる。しかし、いずれも新しい考えや先端の設計・解析技術などを駆使して進めており、最終目標にできるだけ近くに到達できる可能性があるとして評価する。
- 本技術の成果は、産業用としても大きな影響があり、波及効果が大い。
- 研究計画に沿って研究を進める方向でよいが、試作などには時間がかかることが予想されるので、計画の進捗状況には留意することが肝要である。
- 成果の実用化可能性については、実用化イメージが明確である。
- モータの改良が成された場合、その研究開発で得られた知見が他の分野で利用されるモータへも波及が期待でき、自動車分野に限らず電気エネルギー消費の観点から波及効果は極めて大きいものである。
- 種々のコンセプトのモータを提案し、それぞれが当初目標値をクリアしている点は評価できる。
- 成果は他分野への波及効果を与えていると思われる。
- モータの脱/省レアアース化は、電動車両の普及を進める上で重要なテーマであり、この分野での日本の優位性を早期に確保するのは重要と考える。
- 脱レアメタルを目指したモータ開発も重要なテーマであり、本プロジェクトで実施していることを高く評価したい。事業原簿を見る限り中間目標はすべてクリアしているようであり、頼もしく感じている。

### 〈問題点・改善すべき点〉

- EV用モータに関する制約は非常に多い。そのため最終的に評価する場合には、多くの追加の評価項目を設定して、どの程度クリア可能かを示す必

要があると考える。

- 追加項目達成に関しては、実施者に課す必要はなく、実用化するに際しての参考として把握できればよいと考える。
- センサレス制御に関しては、最終的に安全性についての指針が必要と考える。
- 脱レアアース・省レアアースモータの開発は、この事業に馴染まないのではないかと思う。
- 相当な額の予算を投入しているが、成果はいまひとつ。
- これは別の国家プロジェクトで徹底して行うべきと考える。
- 今回は駆動用のみとのことだが、回生できるかが重要な点であろう。

## 2. 4 次世代技術開発

新しい概念や構造に基づく種々のタイプの電池が提案されており、基礎研究として大変興味深い。また、革新的な試みが成されており、評価できる。特に、未来材料の開拓という難しい研究開発内容であるため、課題の解決に向けた方策が成果として出ており、波及効果も大きい内容である。

しかし、実用化の可能性があるかどうかについては、2年くらいで早期に見極め、ポテンシャルの高いものに多く予算を配分していくことが重要と考える。また、実施者には大学が多く、特許による知財権確保に問題の生じる場合があるが、本技術開発の分野が新規材料系であって有用特許の宝庫になるから、もっと NEDO が知財戦略として関与することも検討して欲しい。

今後も、全く新しい電池系を見出すための基礎研究を推進するという意味において、是非にも本技術開発を鋭意推進して欲しい。

### 〈肯定的意見〉

- 新しい概念や構造に基づくタイプの電池が提案されている。
- 基礎研究として大変興味深く、また革新的な試みがなされており、評価できる。
- こうしたテーマこそ企業だけではやりにくく、NEDO でやるべきものと考ええる。
- 新しい原理、構造の技術・研究開発が行われており、次世代エネルギー貯蔵のテーマを検討するに相応しいと考える。
- 事業原簿を見る限りでは、そのほとんどが中間目標を達成している。本テーマでは、実用化は度外視してでも、まったく新しい電池系を見出すための基礎研究を推進するという意味において、是非にも鋭意推進して欲しい。
- 波及効果としては、金属負極でのデンドライト生成の抑制技術は、航空機産業をはじめとする他分野での防食技術の向上にも応用できる。実際に有効なデンドライト抑制技術が見出されつつあるようで、期待している。
- 幅広い研究手法・内容の研究開発に対して研究支援を行うことは大変よい。この中から実のある成果が生まれることを期待する。
- 各個別の中間目標値に対する達成度は十分評価できる。
- 特に未来材料の開拓という難しい研究開発内容であるため、課題の解決に向けた方策が成果として出ており、本事業の進展に加え、波及効果も大きい内容である。
- 11の大学や国研の研究成果は多面的である。
- 実用化を目指すためには、研究採択時の選択の判断が重要となる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 個々のテーマを概観すると、「要素技術開発（電池材料）」の範疇に入れた方が良い研究が少し見られる。
- こうした新規探索は、企業数や分野の範囲を広げることが重要と考える。
- 可能性があるかどうかを2年くらいで早期に見極めて、ポテンシャルの高いものに多く予算を配分していくことが重要と考える。
- 出口は明確になっているが、各開発段階でのマイルストーンが必ずしも明確になっていない。大凡でも、事業化計画を書くことができればよりよくなったと考える。
- 金属/空気電池系や Li/S 電池系などは電解液中の電解質組成変化を伴うことや溶媒の分解/生成を伴うなど、ロッキングチェア型のリチウムイオン二次電池にはない問題がある。これをどのように克服していくのかが問題となる。空気電池では、基本的には燃料電池の空気極と同じ問題を持ち込むことになるが、さらに充電側で酸素発生過電圧(これを一般に酸素過電圧という)が問題となり、負極側のクーロン効率だけでなく、全体としてのエネルギー効率を低くしかねない点が問題である。Ir を用いて酸素過電圧を抑えることが出来たという話が成果として謳われているが、序列として Ir の酸素過電圧が小さいことは昔から知られている話であり、本プロジェクトの成果として標榜できるものではないと考える。
- 高安全性をタイトルとして謳っておきながら、安全性に関する評価の記載が事業原簿に無いのはどういうことであろう。
- 総じて、次世代技術開発に関しては、対象が多すぎるためか、プロジェクトマネジメントが有効に機能しているのか、いささか疑問をはさまざるを得ない。新規電池系の問題点は把握できているようだが、それを個々のテーマとして効率的に分類・展開できていないように思える。まだ絞込みの段階ではないとも言えるので、自由な発想で広く展開してもらうということであろうが、いずれは絞込みが必要になる。もっと原理に立ち返って、実施者間の情報交換の場も増やして、効率的な開発を目指して欲しい。これは NEDO の事業であり、文科省の科研費とは性格が違うはずである。
- 充放電効率などはクーロン効率とエネルギー効率の2つがあるが、数値としてどちらなのかがわからないので、クーロン効率とエネルギー効率に明確に分けて記述すべきである。
- やはり大学系が多いため、特許による知財権確保が甘い。新規材料系は有用特許の宝庫になるのだから、もっと NEDO が積極的に知財戦略として関与して欲しい。
- すべてが中間評価項目をクリアしている。今後資金を集中的に投入する場



合には当然のことながらテーマを絞る必要がある。そのためには、中間評価に少し差が出るぐらいの目標設定が必要だったと考える。

- 目標設定において、最終目標である電池パックレベルでの重量エネルギー密度  $700\text{Wh/kg}$  以上という値に対し、各委託先の間目標が一部、単電極あたりであるもの、および容量密度であるものがある。
- 電解質および対電極をそれぞれどのように仮定して、またそこから予想される電圧などを考慮して  $700\text{Wh/kg}$  以上という値にどのように関連しているのか、目標設定時の仮定を NEDO が明示あるいは指導すべきである。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 成果の公表とともに、実用化に結びつけるために企業とのマッチングも必要ではないかと考える。
- ・ 実施者間で似たようなテーマが多く、検討項目の分類・棲み分けが必要ではないか。とくに各実施者が明らかにすべき中心テーマを明確にしておく必要があるだろう。
- ・ 実現の可能性を探るための研究分野においては、特に斬新なアイデアが期待される。
- ・ NEDO が主導して勉強会・交流会を行うなど、人材育成にも寄与する研究開発展開のための方策が望まれる。
- ・ 研究成果のうち、鳥取大学の p18 図中の Cu/Si 系負極のデータは特に興味深い。従来の Si への Li の挿入は大きな体積変化や Si の微粉化が良好な充放電サイクルを阻んできた。GD 法による表面の銅皮膜が改善に寄与しているとされるが、今後の発展を期待したい。

## 2. 5 基盤技術開発

電池の加速寿命試験、劣化要因、国際標準化など、それぞれ困難な課題に取り組んでおり、それらの努力を評価したい。また、電池内部の可視化技術など、新しい計測手法も実現されつつあり、中間目標のほぼ全てが達成されていると見受けられる。

しかし、研究開発のスピードについては、本成果が「要素技術開発」での寿命や安全性評価にフィードバックされ、最終目標を評価する基準になるので、できるだけ早く仕様を決定し、「要素技術開発」実施者とのすり合わせを行って欲しい。

今後も、本基盤技術開発こそ、技術委員会での実施者間の意見調整を活発に実施するべきものであろう。また、加速劣化試験を行うに際し、日米欧走行モードを総合したモード作成を目指すことは大変有意義であり、是非完成して欲しい。

### 〈肯定的意見〉

- 電池の加速寿命試験、劣化要因、国際標準化などそれぞれ困難な課題に取り組まれており、それらの努力を評価したい。
- 国際標準化の活動が活発に行われている印象を受け、大変頼もしい。  
また、劣化要因を解明するための新しい手法が提案されていることも評価できる。
- 標準化の対策として、IEC で日本の提案が承認されたのは評価できると考える。  
安全性、性能評価方法についても提案されており、この点も評価できると考える。
- 電池内部の可視化技術など、新しい計測手法も実現されつつあり、中間目標のほぼ全てが達成されている。
- 国際標準化などは JARI とも連携し、神経質なほどに敏感になっているようで、高く評価したい。
- 加速劣化試験を行うに際し、日米欧走行モードを総合したモード作成を目指すことは大変有意義であり、是非完成してほしい。  
さらに世界の標準となるように進めてほしい。
- 当該産業分野を効率よく発展させる上で、また国際社会における我が国の立ち位置を明確化する上で、非常に重要な開発であり、出口イメージは明確で波及効果は大である。
- 開発は着実に進展しており、国際標準に向け継続推進して欲しい。

〈問題点・改善すべき点〉

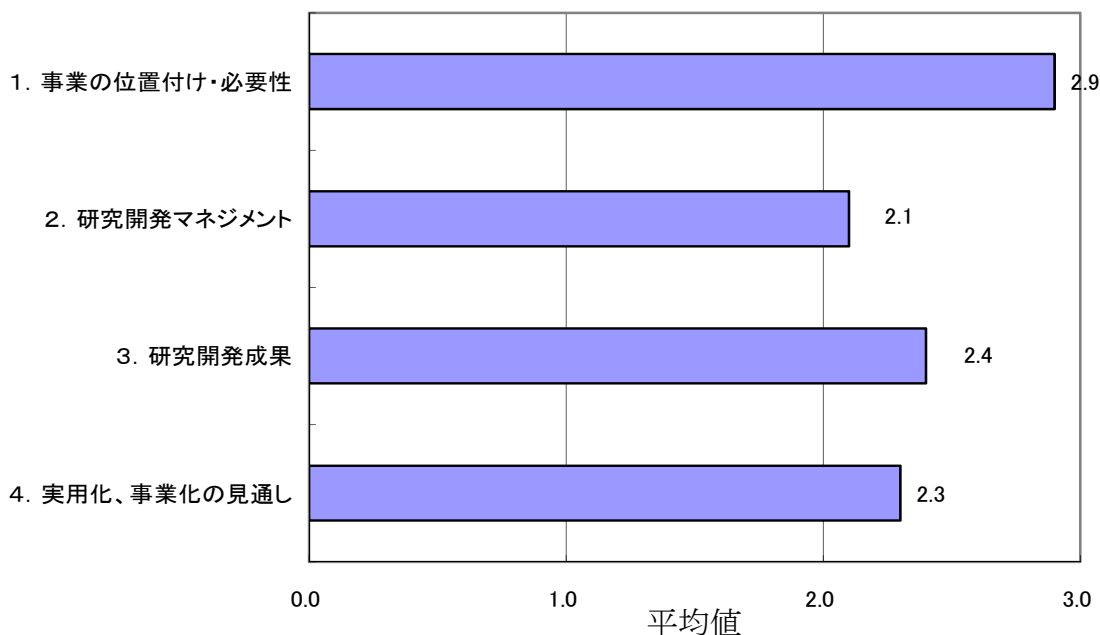
- 委託先として4つの大学・研究所に予算配分がなされている。その額は委託先の多い電池構成材料開発に匹敵するものである。この基盤技術開発がどの点でより費用がかかるのかが明確でない。
- 加速劣化試験の方法を提案しているが、この方法がどの程度有効かについての検討が少し足りない。
- 定置型の標準化動向とより連携して欲しい。
- 本成果が、要素技術開発での寿命や安全性評価にフィードバックされ、最終目標を評価する基準になるので、できるだけ早く仕様を決定し、要素技術開発担当者とのすりあわせを行って欲しい。
- 他のプロジェクトでも同様な共通基盤技術開発がテーマとして実施されているので、その成果で使えるものは最大限に活用して欲しい。

〈その他の意見〉

- ・ 大型電池技術は日本が優位にあり、今後もその優位性を保ちたい。
- ・ 国際規格の設定などで国策的にも納得できる方向に行くよう関係各位のご努力を期待したい。
- ・ 今後の方策として、加速劣化試験の方法にもう少し予算を投入したらどうかと思う。
- ・ 本テーマこそ、技術委員会での各実施者間の意見調整などを活発に実施するべきものであろう。

### 3. 評点結果

#### 3. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均値	素点 (注)						
		A	A	A	A	A	A	B
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	A	A	B
2. 研究開発マネジメントについて	2.1	A	B	B	B	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.4	B	A	B	A	A	B	B
4. 実用化、事業化の見通しについて	2.3	A	B	B	B	A	B	B

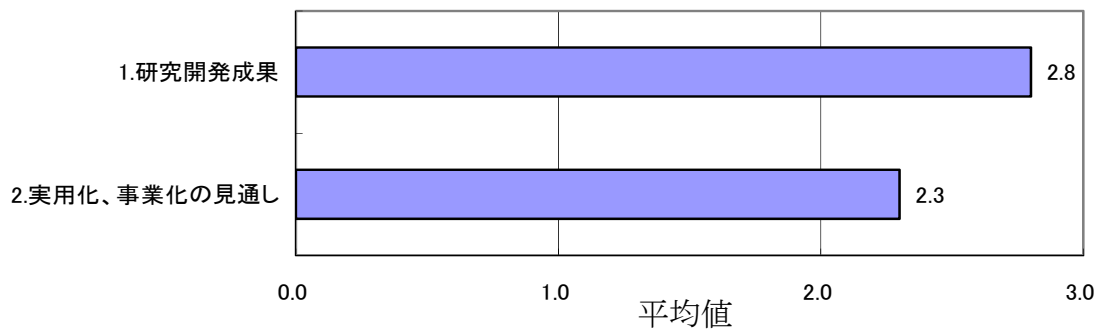
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

#### 〈判定基準〉

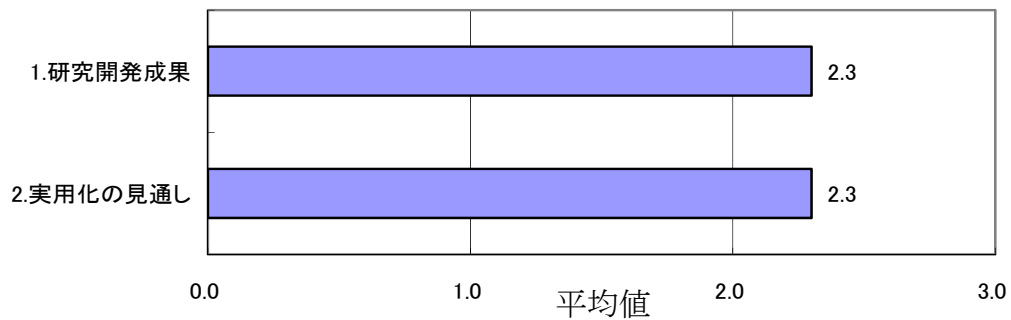
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

### 3. 2 個別テーマ

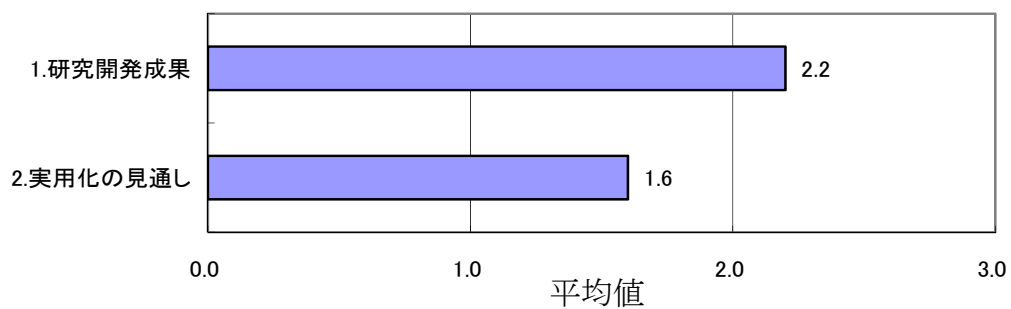
#### 3. 2. 1 要素技術開発（電池モジュール）



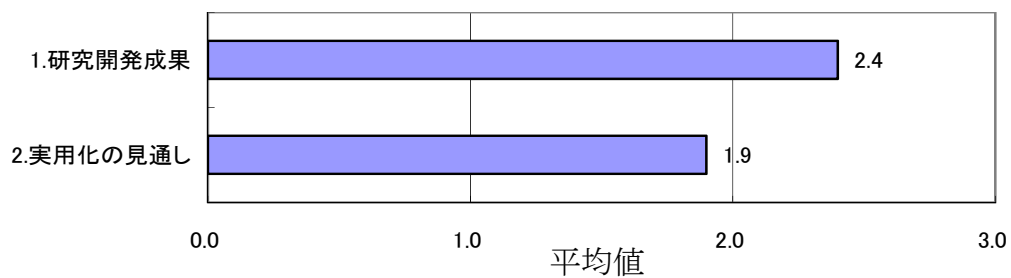
#### 3. 2. 2 要素技術開発（電池材料）



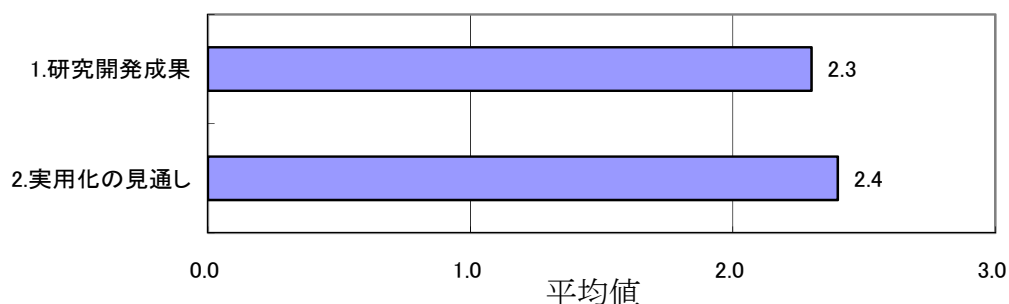
#### 3. 2. 3 要素技術開発（周辺機器）



#### 3. 2. 4 次世代技術開発



### 3. 2. 5 基盤技術開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
3. 2. 1 要素技術開発 (電池モジュール)									
1. 研究開発成果について	2.8	A	A	A	A	—	B	A	
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.3	A	B	B	A	—	B	B	
3. 2. 2 要素技術開発 (電池材料)									
1. 研究開発成果について	2.3	B	A	—	A	B	B	B	
2. 実用化の見通しについて	2.3	B	B	—	A	A	B	B	
3. 2. 3 要素技術開発 (周辺機器)									
1. 研究開発成果について	2.2	B	—	B	A	B	B	—	
2. 実用化の見通しについて	1.6	B	—	B	B	C	C	—	
3. 2. 4 次世代技術開発									
1. 研究開発成果について	2.4	B	C	A	A	A	A	B	
2. 実用化の見通しについて	1.9	B	C	B	B	B	B	B	
3. 2. 5 基盤技術開発									
1. 研究開発成果について	2.3	B	B	B	A	A	B	B	
2. 実用化の見通しについて	2.4	B	B	B	A	A	B	A	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

#### 〈判定基準〉

##### 1. 研究開発成果について

- ・非常によい
- ・よい
- ・概ね適切
- ・適切とはいえない

##### 2. 実用化、事業化の見通しについて

- A ・明確
- B ・妥当
- C ・概ね妥当であるが、課題あり
- D ・見通しが不明

## 第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。



次世代自動車用高性能蓄電システム  
技術開発

事業原簿 (公開)

燃料電池・水素技術開発部  
蓄電技術開発室

目次	ページ
概要	概要 - I ~ V
第1章. 事業の位置付け・必要性について	
1. はじめに	2
2. 事業の必要性について	2
3. 波及効果について	8
4. 国内外の情勢について	10
第2章 研究開発マネジメントについて	
1. 研究開発の概要	19
2. 研究開発目標	20
3. 研究開発計画	22
4. 研究開発の実施体制	26
5. 研究開発の運営管理	27
6. その他	34
第3章 研究開発成果について	
1. 要素技術開発（電池開発）	38
2. 要素技術開発（電池構成材料開発および電池反応制御技術の開発）	52
3. 要素技術開発（周辺機器開発）	80
4. 次世代技術開発	103
5. 基盤技術開発	139
第4章 実用化、事業化の見通し	
1. 要素技術開発（電池開発）	156
2. 要素技術開発（電池構成材料開発および電池反応制御技術の開発）	158
3. 要素技術開発（周辺機器開発）	159
4. 次世代技術開発	161
5. 基盤技術開発	163
参考資料1. 特許リスト並びに論文リスト	165
参考資料2. 電動車両用リチウムイオン電池の用語	174
参考資料3. 基本計画	178
参考資料4. エネルギーイノベーションプログラム	185
参考資料5. 事前評価書	232

概要

		最終更新日	2009年8月19日
プログラム（又は施策）名	エネルギーイノベーションプログラム		
プロジェクト名	次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発	プロジェクト番号	P07001
担当推進部/担当者	燃料電池・水素技術開発部 / 小林弘典（2008年1月1日～2009年8月19日現在） 燃料電池・水素技術開発部 / 岡田達典（2007年7月2日～2009年3月31日）		
0. 事業の概要	<p>エネルギー消費量の増加が著しい運輸部門における石油依存度は、ほぼ100%の状況であり、今後、エネルギーの効率的な利用や石油代替エネルギーへの移行により、石油依存度を低減していく必要性が指摘されている。そのため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次世代クリーンエネルギー自動車の開発、普及が期待されている。</p> <p>本事業は、それらの早期実用化に資するために、高性能かつ低コストな蓄電池およびその周辺機器の開発を行う。具体的には、高性能リチウムイオン電池とその構成材料並びに周辺機器（電池制御装置等）の開発、新規の概念に基づく革新的な電池の構成とそのため材料の開発、および電池反応制御技術の開発等を実施するとともに、劣化要因の解明や安全性基準および電池試験法基準の策定等に取り組むものである。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>本プロジェクトは、資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組むことを目的に、経済産業省がまとめた「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として位置付けられる。</p> <p>現在、市場が立ち上がろうとしている自動車用蓄電池の開発は、電動車両（プラグインハイブリッド自動車、電気自動車等）の動力源として必要不可欠であり、蓄電池技術が今後の自動車産業の生命線となると考えられている。そのため、蓄電池技術開発について欧米で国家主導での激しい開発競争が繰り広げられている。また、電動車両の普及は、エネルギー多様化、CO<sub>2</sub>削減等の経済的、社会的な影響が大きい。そのため、NEDOが中・長期的観点から技術開発をサポートする必要がある。</p>		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<p>高性能な蓄電システムの要素技術開発、現状のリチウムイオン電池等の技術レベルをブレークスルーするための新材料等の次世代技術開発、耐久性評価・安全性試験方法の確立等の基盤技術開発を実施することにより、2015年において現状の蓄電池性能（注）の概ね1.5倍以上、コスト1/7を可能とする次世代クリーンエネルギー自動車の実用化を促進する。及び2030年を目処に、現状の蓄電池性能の概ね7倍を見通す革新的蓄電池技術への基礎確立を目標とする。</p> <p>研究開発項目毎の最終目標は以下の通りである。</p> <p><b>①要素技術開発目標</b></p> <p>a) 電池開発</p> <p>0. 3kWh級モジュールを作製し、以下の目標（性能目標は3kWh級パック電池の換算値）を満足すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・重量エネルギー密度：100 Wh/kg</li> <li>・重量出力密度：2000 W/kg</li> <li>・体積エネルギー密度：120 Wh/L</li> <li>・体積出力密度：2400 W/L</li> <li>・寿命：10年以上</li> <li>・充放電効率：95%以上</li> <li>・コスト：4万円/kWhの見通しを示すこと。（100万パック/年生産時）</li> <li>・安全性：車載時の濫用に耐えること。</li> </ul> <p>b) 電池構成材料の開発</p> <p>小型単電池を作製し、以下の目標（性能目標は3kWh級パック電池の換算値）を満足すること。但し、エネルギー密度と出力密度は、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すこと。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・重量エネルギー密度：200 Wh/kg以上</li> <li>・重量出力密度：2500 W/kg以上</li> <li>・コスト：3万円/kWh以下の見通しを示すこと。（100万パック/年生産時）</li> </ul>		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全性：車載時の濫用に耐えること</li> </ul> <p>c) 周辺機器開発  格段の高性能化（高効率化・軽量化・コンパクト化）に資する電池制御やモータ等の周辺機器の技術開発を行う。特に、省・脱レアアースを実現する車両駆動用モータ技術に重点を置く事とし、下記の性能を見通すことができる車両駆動用モータを開発する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・総合効率：従来技術と同等程度</li> <li>・出力密度：従来技術と同等程度</li> <li>・レアアース使用量：零</li> </ul> <p>又は、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・総合効率：従来技術以上</li> <li>・出力密度：従来技術の150 %程度</li> <li>・レアアース使用量：従来技術より50 %程度以下</li> </ul> <p>②次世代技術開発目標  2030年頃において、パック電池レベルで重量エネルギー密度700 Wh/kg以上という革新的な性能を実現することを目指し、本事業の終了時点で、重量エネルギー密度500 Wh/kgを見通せる電池構成材料及び電池反応制御技術の開発。</p> <p>③基盤技術開発目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・加速寿命診断法の確立。</li> <li>・高SOC保存時、高温保存時、高出力時、長期サイクル時等の劣化要因の解明とその抑制手法の提案。</li> <li>・車載用電池安全性試験法の策定。</li> <li>・電池性能を向上させる因子の解明。</li> </ul>						
事業の計画内容	主な実施事項	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	
	要素技術開発 (電池開発)	←				→	
	要素技術開発 (電池構成材料開発)	←				→	
	要素技術開発 (周辺機器開発)	←				→	
	次世代技術開発	←				→	
	基盤技術開発	←				→	
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位：百万円)	会計・勘定	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	総額
	特 別 会 計 ( 需 給)	1700.0	2743.1	2485.1	-	-	6928.2
	加速予算 (成果普及費を含む)	104.6	0	0	-	-	104.6
	総予算額	1804.6	2743.1	2485.1	-	-	7032.8
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課					
	プロジェクトリーダー	なし					

	委託先（*委託先が管理法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載）	パナソニック(株)、(株)ジーエス・ユアサコーポレーション、日立ビークルエナジー(株)、(株)日立製作所、(学)東京理科大学、(国)北海道大学、(公)大阪府立大学、ダイキン工業(株)、(国)名古屋工業大学、(学)東海大学、(国)徳島大学、三菱電機(株)、FDK(株)、戸田工業(株)、(国)九州大学、三菱重工業(株)、九州電力(株)、日産自動車(株)、(学)神奈川大学、(独)産業技術総合研究所、(株)田中化学研究所、(国)長崎大学、三菱化学(株)、日本合成化学工業(株)、第一工業製薬(株)、(学)関西大学、(国)山口大学、(財)電力中央研究所、(財)日本自動車研究所、(学)早稲田大学、(国)東北大学、(学)いわき明星大学、(国)東京大学、日本触媒(株)、古河電気工業(株)、古河電池(株)、(国)群馬大学、(国)神戸大学、(国)岩手大学、(財)ファインセラミックスセンター、(国)静岡大学、(国)京都大学、トヨタ自動車(株)、(学)慶応義塾大学、(国)横浜国立大学、(公)首都大学東京、(国)鳥取大学、(国)三重大学、(国)東京工業大学、埼玉県産業技術総合センター、(国)長岡技術科学大学、(独)宇宙航空研究開発機構、エレクセル(株)、(独)物質・材料研究機構、(国)名古屋大学、(国)北海道大学、(公)大阪府立大学、出光興産(株)
情勢変化への対応	<p>国際標準化の際に、自動車メーカー及び電池メーカーの国際的な競争力の確保及び研究開発を効率化するために日本の実情に併せて国際規格を作成することは極めて重要である。例えば、電池の安全規格が必要以上に厳しくなる規格では、日本の電池メーカーの市場拡大の阻害要因になる可能性が高いと考えられるからである。本事業では、日本自動車研究所を中心に基盤技術開発で自動車用リチウムイオン二次電池の国際標準化・規格化に対応している。標準化のスケジュールとしては、基盤技術開発で各種実験データを蓄積後に、データに裏付けされた国際標準化案を国際標準化機構（ISO）、国際電気標準会議（IEC）に日本案を提案することで主導権をとって標準化活動を進めることを当初目指していた。一方、ドイツからISOに電池の標準試験方法等の提案が先になされたことから、標準化のスケジュールを大幅に見直す必要が生じた。そこで、国際標準化活動を前倒して実施するために必要な予算を配分した。その結果、IECでは日本がコンビナーをとることで、自動車用リチウムイオン二次電池のモジュール並びに単電池の標準化活動について主導権を持ちながら実施しているところである。</p> <p>また、優れた成果およびその見通しが得られたものについては、委託費の増額などにより研究開発の加速を図っている。具体的な例として、三菱重工業／九州大学／九州電力のポスト鉄オリビン系高性能正極材料の探索において、合成装置・電極塗工装置の導入により研究開発が加速すると判断し、委託費の増額を行なった。</p>	
中間評価結果への対応	(中間評価を実施した事業のみ)	
評価に関する事項	事前評価	19年度実施 担当部 燃料電池・水素技術開発部
	中間評価	21年度 中間評価実施
	事後評価	(23年度 事後評価実施予定)
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>①要素技術開発</p> <p>a) 電池開発  ポリアニオン系、NiMn系、NiCo系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、最終目標を見通すマイルストーンとして委託先ごとにNEDOと協議して設定した性能目標（中間目標）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。</p> <p>b) 電池構成材料開発および電池反応技術の開発  リチウムイオン二次電池の電極材料としては、新規の酸化物型正極材料、新規のポリアニオン系正極材料の開発と合成方法の検討、コンビナトリアル法による新規電極材料等の探索、カーボンナノ構造正極の開発等を、電解質については、ポレート系やFSA(FSI)アニオン系のイオン液体電解質、ヘテロ元素含有電解質、不燃性ポリマーゲル電解質の探索、合成と創製等を実施することで、最終目標を見通すマイルストーンとして委託先ごとにNEDOと協議して設定した中間目標を達成もしくは達成見通しを得た。また、新規材料開発の目標達成に資する反応制御技術開発の一環として、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の解析技術開発を実施した。</p> <p>c) 周辺機器開発</p>	

	<p>モータ開発では磁場解析等による磁性材料および誘導コイルなどの形状および構造の最適化と新規同期モータ、誘導モータの設計により、軽量化と高性能化等の開発を実施することで、最終目標を見通すマイルストーンとして委託先ごとに NEDO と協議して設定した性能目標（中間目標）を達成もしくは達成見込みを得た。また、制御技術開発では必要となる低損失インダクタの開発、コンバータを用いた SOC 均等化回路の開発等を実施するとともに、高効率を実現するため、高周波化に取り組むことで中間目標を達成もしくは達成見込みを得た。</p> <p><b>②次世代技術開発</b>  金属-空気電池、リチウム硫黄電池、多価カチオン電池、新形態リチウムイオン二次電池などに代表される次世代の革新的な二次電池について、革新的蓄電池の可能性のある電極材料、電解質等の新材料探索、反応メカニズムの解析、デンドライド等の発生及び抑制の検討、界面評価技術の開発等を実施し、最終目標を見通すマイルストーンとして委託先ごとに NEDO と協議して設定した開発目標（中間目標）を達成もしくは達成見込みを得た。</p> <p><b>③基盤技術開発</b>  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 3 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 ISO/IEC 等への提案、リチウムイオン電池の輸送に関する国際規制の緩和、電池充電標準化に関する検討を実施し、最終目標を見通すマイルストーンとして委託先ごとに NEDO と協議して設定した開発目標（中間目標）を達成もしくは達成見込みを得た。</p> <table border="1" data-bbox="384 873 1484 1019"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>「査読付き」46件、「その他」18件</td> </tr> <tr> <td>特許</td> <td>「出願済」75件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願8件）</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表 （プレス発表等）</td> <td>プレス発表3件、講演発表383件</td> </tr> </table>	投稿論文	「査読付き」46件、「その他」18件	特許	「出願済」75件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願8件）	その他の外部発表 （プレス発表等）	プレス発表3件、講演発表383件
投稿論文	「査読付き」46件、「その他」18件						
特許	「出願済」75件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願8件）						
その他の外部発表 （プレス発表等）	プレス発表3件、講演発表383件						
IV. 実用化、事業化の見通しについて	<p><b>①要素技術開発</b></p> <p>a) 電池開発  【開発したモジュール電池を製品化して実車に搭載することが実用化、事業化イメージとなる】  (1) 成果の実用化可能性  本プロジェクトで得られた成果を元に委託先内での開発化・製品化の段階を経ることで、プラグインハイブリッド自動車用高性能リチウムイオン二次電池の実用化が見通せる。各委託先は、現在、ハイブリッド自動車または電気自動車用のリチウムイオン二次電池の技術開発を自動車メーカーと連携して実施していることから、事業化の見通しも期待できる。  (2) 事業化までのシナリオ  自動車メーカーと共に開発車種の設計仕様に適合した実用的な条件での評価試験を積み重ねることで、耐久性並びに安全性の確保を行いつつ、電池構成材料や製造プロセスの検討を通じてコストダウンを実現することが事業化への課題となる。</p> <p>b) 電池構成材料開発および電池反応制御技術の開発  【開発した電池材料をラミネートセルレベルの電池に適用することが実用化イメージとなる】  (1) 成果の実用化可能性  正極材料、負極材料に関しては、性能の目標値を達成するための基本的な検討項目に加えて、安全性の確保が重要となる。また、電池設計上の問題点を検証し、電池動作のために必要な課題抽出を行い、実用化に向けての電極素材の包括的な改善要素の検討をすることが必要である。  電解液に関しては、生成技術の確立、安全性因子の解析、セル大型化に伴い発生する課題の抽出、また開発した電解液に最適な電極やセパレータの選定などを着実に進めていくことが必要である。  委託先材料メーカーの一部に関しては、民生用リチウムイオン二次電池での販売実績があることから、事業化の見通しも期待できる。また、研究所並びに大学での成果については、企業との共同研究等を実施することで実用化への道筋がつくことが期待できる。</p> <p>c) 周辺機器  【開発した周辺機器を製品化して実車に搭載することが実用化イメージとなる】  (1) 成果の実用化可能性  モータに関しては、自動車メーカーや電機メーカーと共に実機スケールの試作試験を行い、製造技術やコストも含めた更なる研究開発が必要であるが、本研究開発によって実用化、製品化に向けたシナリオが明確になると思われる。  委託先メーカーの一部に関しては、小型モータの販売実績があることから、ハイブリッド自動車または電気自動車用への事業化の見通しも期待できる。また、大学での成果については、企業との</p>						

	<p>共同研究等を実施することで実用化への道筋がつくことが期待できる。</p> <p>②次世代技術開発  【開発した電池材料をコインセルレベルの電池に適用することが実用化イメージとなる】  (1) 成果の実用化可能性  i) 金属-空気電池系  Li-空気系電池（有機電解液）においては、ある程度最適な空気極触媒の開発に成功しているの  で、今後、高表面積な触媒系の合成と応用、デンドライドの影響の除去、合金系負極の応用による  安全性の確保により、コインセルレベルでの電池への展開が可能である。また、大容量の達成には  失活しない空気極触媒の開発が必要である。Li-空気電池（水溶液）ではラミネート封入式の薄型  セルを試作および試験を行っており、実用セルとしての一つの具体化がなされた。  Zn-空気電池に関しては、燃料電池スタックセルの技術が参考になると考えられる。</p> ii) リチウム硫黄電池系 硫黄系固体電池は、メソ孔内で硫黄と固体電解質を複合化することで、溶液系リチウム電池の高 出力特性を凌駕する高速全固体リチウム電池となり得る。この構造内に負極を合わせて集積させる ことにより、空間を最大限に利用した全固体電池への展開が可能である。一方、レーザーアブレ ーションによる硫黄系材料と電子導電材を均一に分散させる方法が提案されているが、薄膜電池では 活物質担持量を実電池レベルとするためには数十ミクロンの膜厚とする必要があるため、厚膜化の 可能性・限界を探る必要がある。 iii) 多価カチオン電池系 多価カチオン電池系における Mg イオン電池は、短絡しても MgO 被膜ができやすいために安全性 が高く、戦略物質を使用しないことから実用性に向いている。しかしながら、電解液、セパレー タ、サイクル性能が高い負極等の開発など解決すべき課題が山積している。 iv) 新形態リチウムイオン二次電池系 酸化物系負極、カーボンナノチューブ系負極、リチウム金属負極、C/Si 負極、ガスデポジション 負極、カーボンナノ正極、ホウ素化合物系電解液、イオン液体に関しては、いずれも開発した電 極材料に対して他の構成材料を選択することにより、コインセルレベルまたはラミネートセルレ ベルの電池を作製可能である。また、第一原理計算を用いたイオン伝導体中のイオン移動シミュ レーション技術に関しては、イオン移動現象に関するモデル構築を完了させることで、固体電解質の性 能最適化を進めることが可能となり、実用化に寄与する。 v) 解析技術 XAFS 測定による全固体電池の電極/電解質界面の深さ分解測定の有用性が明らかとなったこと から、さらなる分解能の向上を図ることで、革新的二次電池の界面評価へ適用できると考えられ る。また、熱特性解析においては、電池の高エネルギー密度化や使用環境による性能の変化と安全 性との関係を電気化学反応に立ち戻って相関づける技術であることから、今後の電池の高エネ ルギー密度化に際して、評価項目としての着眼点を提示することが可能であり、早期の実用化が可能 である。 <p>③基盤技術開発  【電池材料または電池セル、モジュールに対して、標準的に適用可能な各種評価・解析方法を確  立すること、さらには、確立された評価法を国際標準・規格に反映することが実用化イメージとな  る】  基盤技術開発として、「実用化」の最終目的のひとつは、国際標準・規格化への成果の反映であ  る。そのため、試験方法・手順を公開し、実データに基づくパラメータ設定の影響を明らかにして  いく必要がある。最近、電動車両用のリチウムイオン二次電池に係わる国際標準・規格化の動きが  活発化しているが、当基盤技術開発における活動により IEC では日本主導での国際標準化を実現で  きる見通しである。このことは、現在世界的に先行している日本の蓄電池技術の優位性を世界市場  に展開する上で非常に有効な手段となることが期待できる。</p>	
V. 基本計画に関 する事項	作成時期	1993年3月 制定
	変更履歴	なし

# 第1章 事業の位置づけ・必要性について

## 1. はじめに

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となることを目指し「エネルギーイノベーションプログラム」が制定された。本事業は、その一環として実施する。

エネルギー消費量の増加が著しい運輸部門における石油依存度は、ほぼ100%の状況であり、今後、エネルギーの効率的な利用、石油代替エネルギーへの移行により、石油依存度を低減していく必要性が指摘されている。それゆえ、石油依存度を低減し、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プラグインハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車等の次世代クリーンエネルギー自動車の開発、普及が期待されている。

政府の第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）においては、「先進燃料電池システムと安全な革新的水素貯蔵・輸送技術」や「電源や利用形態の制約を克服する高性能電力貯蔵技術」が戦略重点科学技術として選定されている。また、経済成長戦略大綱（2006年7月財政・経済一体改革会議決定）においても、次世代自動車向け電池や運輸エネルギーの次世代技術開発が重点分野として位置付けられている。

本研究開発は、プラグインハイブリッド自動車、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とする。本研究開発により、高性能リチウムイオン電池とその構成材料並びに周辺機器（モータ、電池制御装置等）の開発、新規の概念に基づく革新的な電池の構成とそのための材料開発、および電池反応制御技術の開発、更に加速寿命試験法の開発、劣化要因の解明、電池性能向上因子の抽出、並びに、安全性基準および電池試験法基準の策定等が実現され、燃料電池自動車等の早期実用化へ貢献することが期待される。

## 2. 事業の必要性について

蓄電池技術は、省エネルギー、環境負荷低減、エネルギー供給の多様化、新規産業創出等に資するプラグインハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車といった次世代自動車を実現するためのキーテクノロジーである。我が国では、平成18年8月に経済産業省にてとりまとめられた「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」において、研究開発戦略とインフラ整備戦略の2つからなるアクションプランを提示することで、国としての蓄電池技術開発の必要性について詳細に述べている。研究開発戦略は改良フェーズ、先進フェーズ、革新フェーズの3つのフェーズに分けられており、自動車用蓄電池のエネルギー密度、出力密度、コスト等の開発目標値が提言された。図1-1に自動車用蓄電池の開発の方向性を示す。また、図1-2に3つのフェーズで定められた開発戦略における開発目標を俯瞰図的に表したものを示す。



# アクションプラン ～研究開発戦略

○ さらに、研究開発戦略を ①改良 ②先進 ③革新 の3フェーズに分け、本格的電気自動車用電池の開発の目標を明確化。

＜パックレベルでの電池の性能目標＞

	現状	改良型電池 (2010年)	先進型電池 (2015年)	(2020年?)	革新的電池 (2030年)
	電力会社用 小型EV	用途限定 通勤用EV 高性能HV	一般通勤用EV 燃料電池自動車 Plug-in HV自動車	高性能 Plug-in HV自動車	本格的EV
性能*	1	1	1.5倍	3倍	7倍
EV用					
重量エネルギー密度[Wh/kg]	100	100	150	—	700
重量出力密度[W/kg]	400	1000	1200	—	1000
HV用					
重量エネルギー密度[Wh/kg]	70	70	100	200	—
重量出力密度[W/kg]	1900	2000	2000	2500	—
コスト	1	1/2倍	1/7倍	1/10倍	1/40倍
	20万円/kWh	10万円/kWh	3万円/kWh	2万円/kWh	0.5万円/kWh
開発体制	民主導	民主導	産官学連携		大学・研究機関

※重量エネルギー密度で比較

図 1-1 自動車用蓄電池の開発のアクションプラン

(出典：経済産業省「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」)

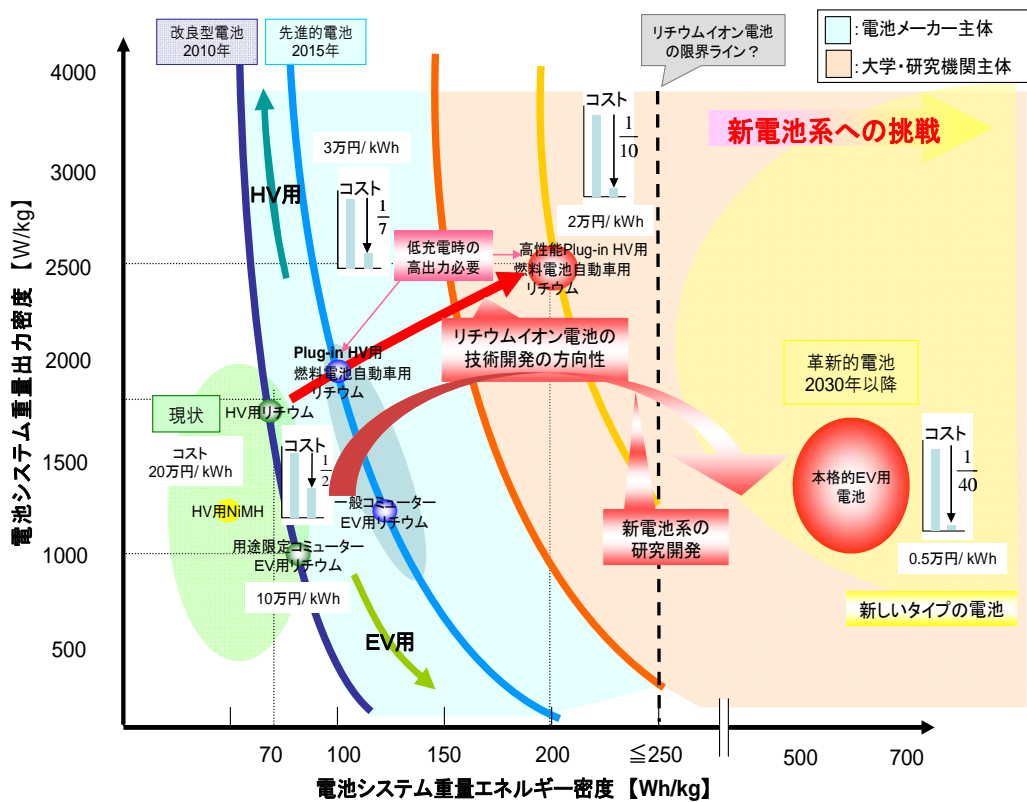


図 1-2 自動車用蓄電池の開発の方向性

(出典：経済産業省「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」)

改良フェーズとは、2010年を目途に、主として用途限定コンピューター型電気自動車及び高性能ハイブリッド自動車の量産化を目指すフェーズである。用途限定コンピューター型電気自動車とは、2人乗りで一回充電当たりの航続距離が80km前後の性能を持つ電気自動車を、高性能ハイブリッド自動車とは、燃費性能が現状のハイブリッド自動車よりも約3割高いハイブリッド自動車を各々想定している。前者は主として業務用の軽自動車の代替自動車として開発されるものであり、後者はいわゆる第三世代ハイブリッド乗用車を想定したものである。改良フェーズにおいて実現すべき電池の性能は現状のリチウムイオン電池とほぼ同程度であるが、課題はコストにあり、現状から半減することが求められる。これを実現するためには、量産化による市場拡大だけでなく、電池開発サイドにおいてより安い材料の利用拡大、製造プロセスの改善や希少金属の使用率低減といった改善を重ねることが必要と考えられる。

主たる開発目標がコスト低減であることから、改良フェーズにおける電池開発は主として産業界が実行することが期待される。この他、コスト低減を実現させるためには、市場の拡大も重要であり、産業界におけるコンピューター型電気自動車の業務車両としての積極的な活用、バックアップ電源用途、風力・太陽光発電の安定化用途をはじめとする自動車用途以外への大型リチウムイオン電池の普及とこれによる量産効果の顕在化、政府によるコンピューター型電気自動車や高性能ハイブリッド自動車の普及促進策などの展開が期待される。

先進フェーズとは、2015年を目途に、コンピューター型電気自動車（航続距離150km程度、4人乗り）やプラグインハイブリッド自動車を量産化することを目指すフェーズである。電気自動車の用途を業務用からコンピューター型の乗用車にまで拡大すると同時に、ハイブリッド乗用車の充電可能性を確保してそのエネルギー環境性能を格段に引き上げることを目指すフェーズとも言える。また、これらの自動車との並びで、燃料電池自動車の量産化も射程に入ってくるのが想定される。ここで求められる電池の性能は現状のリチウムイオン電池に比べてエネルギー密度が約1.5倍、コストが現状の約1/7である。これを実現する電池は、引き続きリチウムイオンをキャリアとしたリチウムイオン電池であると考えられるが、大幅な性能の向上とコストの低減を実現するために、正極、負極、電解液などに新しい材料を用いたり、製造プロセスや材料構成の改善を重ねたりすることが必要と考えられる。

このように、先進フェーズでは、電池の大幅な性能向上が主要課題となる。このため、産業界が行う実用化に向けた研究開発のみならず、リチウムイオン電池の性能向上につながる新たな材料開発や、技術開発の加速化につながる電池の反応メカニズム解析など、大学や公的研究機関を巻き込んだ各般の基礎研究を展開していかなければならない。このため、政策的に見ても、産官学共同の次世代電池技術開発プロジェクトの創設が不可欠となる。2015年という目標年次を念頭におけば、2006年から2010年前後までを実施期間とするプロジェクトを展開することが必要となる。

革新フェーズは、2030年以降を念頭において、ガソリン自動車並の走行距離を持つ本格的な電気自動車を量産することを目指したフェーズである。一回の充電で走行できる航続距離を約500kmまで伸ばすことを目標とするため、電池の性能については、現状のリチウムイオン電池のエネルギー密度の約7倍、コストも現状の1/40にすることが必要となる。

このレベルの開発目標になると、電池の基本原則に立ち返った基礎研究上のブレークスルーが

不可欠であり、現状のリチウムイオン電池とはキャリア、材料、構造が全く異なる新しい原理の電池を開発する必要がある。このため、革新フェーズにおける主たる開発の舞台は大学や公的研究機関にあり、かなり長期にわたるねばり強い基礎研究活動が求められる。産官学連携の次世代電池技術開発プロジェクトにおいては、先進フェーズを念頭においた研究開発に加えて、主として大学を中心とした革新フェーズを念頭においた基礎研究も同時並行して実施する必要がある。

また、2007年5月に安倍元総理のイニシアティブ「美しい星50（クールアース50）」が発表され、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」という長期目標を提案した。この目標の実現は、従来の技術の延長では困難であり、革新的技術の開発が不可欠である。このため、2050年を見通した上でエネルギー分野における革新的な技術開発の具体的な取り組みのあり方について検討を進め、検討内容を取りまとめたものが「Cool Earth－エネルギー革新技術計画－」である。図1-3に重点的に取り組むべきエネルギー革新技術を示す。



図1-3 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術  
 (出典：経済産業省「Cool Earth－エネルギー革新技術計画」)

エネルギー源毎に、供給側から需要側に至る流れを俯瞰しつつ、効率の向上と低炭素化の両面から、CO<sub>2</sub>大幅削減を可能とする「21」技術が選定された（大幅削減を実現するには、既に実用化されている技術の改良と普及が重要であることは言うまでもないが、今回の検討では、既存技術の延長線上にない、革新的な技術が検討の対象とされた）。2050年の大幅削減に向けて、効果的、効率的にエネルギー技術開発を推進するため、我が国が重点的に取り組むべきエネルギー革新技術開発「21」の課題の一つとして運輸部門ではプラグインハイブリッド自動車・電気自動車が選定されている。図1-4にプラグインハイブリッド自動車・電気自動車のロードマップを示す。

## ⑨ プラグインハイブリッド自動車 (PHEV) ・電気自動車 (EV)

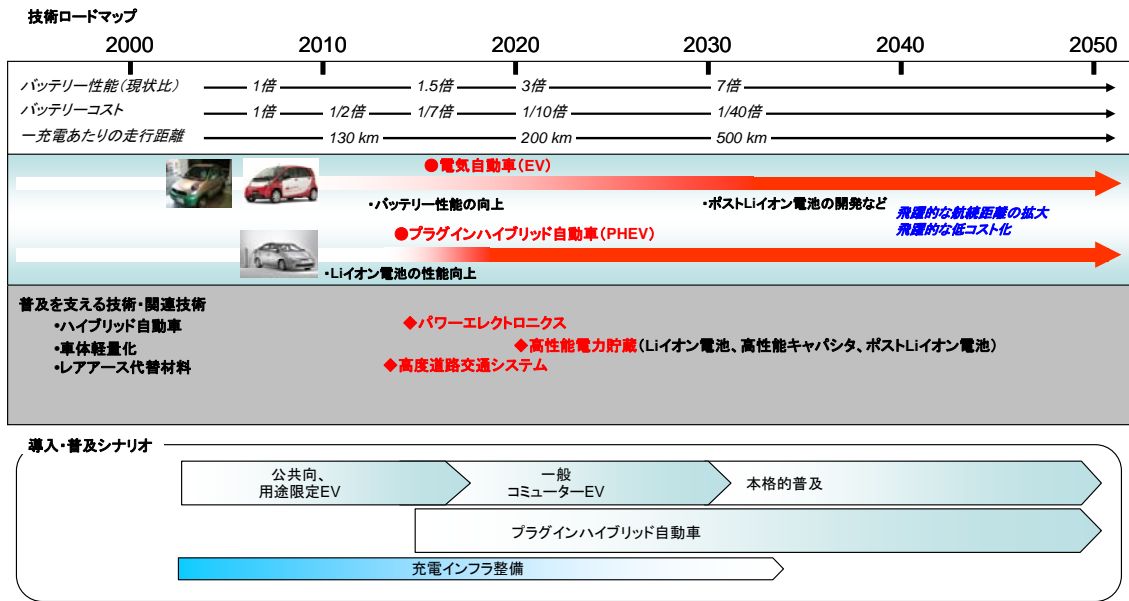


図1-4 プラグインハイブリッド自動車・電気自動車のロードマップ  
 (出典：経済産業省「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」)

ロードマップによると、プラグインハイブリッド自動車・電気自動車用蓄電池に関しては、2030年には性能を現状の7倍まで向上すること、価格を1/40まで低減することを目指すとしている。一回充電あたりの走行距離については、2020年で200km、2030年には500kmまで向上させることを目指す。また、飛躍的な航続距離の拡大・低コスト化実現のためにはポストリチウムイオン電池の開発の重要性が指摘されている。

現在、日本のCO<sub>2</sub>排出量のうち運輸産門が20%程度を占めていることから、運輸部門でのCO<sub>2</sub>削減は環境問題の解決に大きく寄与できることがわかる。図1-5に日本の部門別CO<sub>2</sub>排出量を示す。

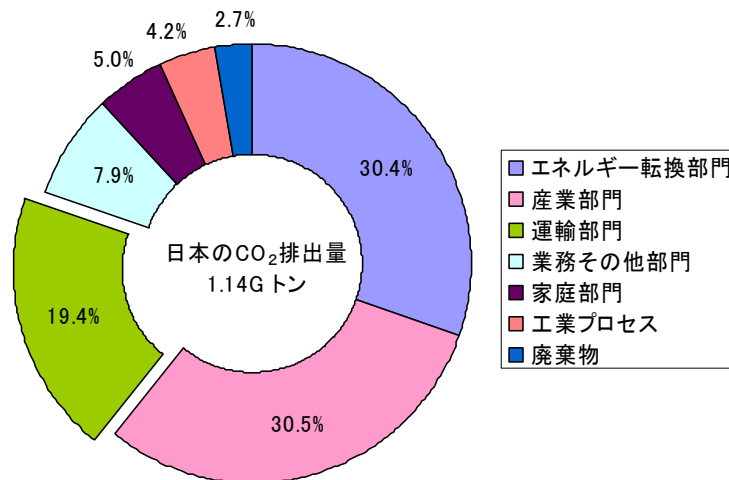


図1-5 日本の部門別CO<sub>2</sub>排出量  
 (出典：国立環境研究所データベースより NEDO 作成)

電動車両による Well to Wheel の CO<sub>2</sub> 排出量については、水素・燃料電池実証プロジェクト (JHFC) により報告されている。図 1-6 に車両種類による 1 km 走行当り CO<sub>2</sub> 総排出量を示す。

プラグインハイブリッド自動車は、電池を家庭用電源等の外部電力で充電し、内燃機関と併用するハイブリッド自動車である。近距離は充電電力によるモータ駆動で走行することによって、走行条件等にもよるが、CO<sub>2</sub> 排出量は、ガソリン車の約 1/2～1/3 程度に低減することが可能となる。電気自動車は、従来の内燃機関のかわりにバッテリーに充電した電力を動力源としてモータで走行する自動車で、CO<sub>2</sub> 排出量はガソリン車の約 1/4 程度に低減することが可能となる。また、原子力発電や再生可能エネルギー等の割合の高い電力構成であれば、プラグインハイブリッド自動車・電気自動車により CO<sub>2</sub> 排出の大幅削減が可能となる。その他、夜間電力により充電することで、電力負荷平準化といった効果も期待できる。

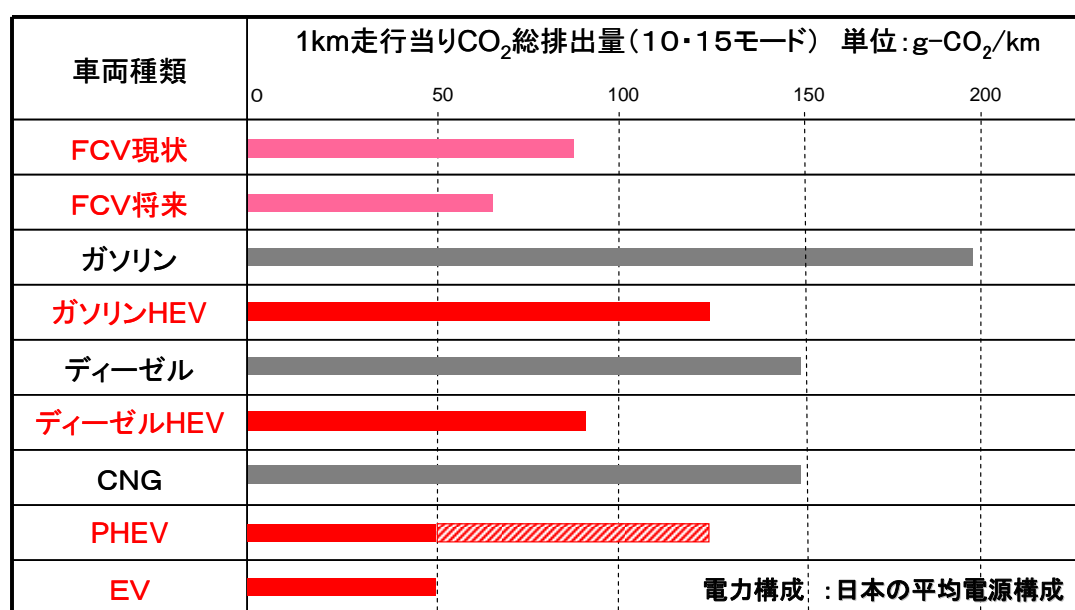


図1-6 車両種類による1km走行当りCO<sub>2</sub>総排出量  
(出典：JHFC資料に一部加筆)

平成 19 年 6 月に経済産業省にてとりまとめられた「新世代自動車の本格普及に向けた提言」において述べられているように、新世代自動車の本格普及のためには、性能面やコスト面でガソリン自動車に匹敵するレベルになることが欠かせない。そのためには、「次世代自動車用電池の将来に対する提言」において述べられているように、電池の更なる性能向上とコストダウンが欠かせない。一方、最近新たに登場した課題として、バッテリー搭載車に欠かせない高性能モータの材料に関するものがある。実は、ハイブリッド自動車などに搭載されている高性能モータの多くには、小型化とハイパワー化を両立するためにネオジウムやジスプロシウムといった希土類元素（レアアース）を使った永久磁石が使用されているが、近年、ハイブリッド自動車の普及などにより永久磁石を使用した高効率モータの需要が顕著に拡大している一方で、希土類元素の供給が不足し、その価格は急騰しているなどの資源的な制約が強まっている。今後、ハイブリッド自動車、電気自動車さらには燃料電池自動車などのバッテリー搭載車が普及すれば、希土類元素の供給制

約は、深刻な障害となる恐れもある。このことから、希土類元素供給源の多様化と供給量の拡大のための上流開発を行うとともに、並行して、省レアアース、更に長期的観点から代替レアアースを使用した永久磁石モータの開発や、非永久磁石系モーター（誘導モーター等）の開発を進めることが求められている。既に、レアメタルに関する供給懸念を受けて、平成 19 年度から経済産業省・文部科学省の合同で「希少金属代替材料開発プロジェクト」、「元素戦略プロジェクト」が立ち上げられ、永久磁石の脱ジスプロシウム、省ジスプロシウム化の技術開発が行われている。レアアースの上流開発対策とともに、モータの更なる性能向上のための技術開発を推進していくため、民間企業や大学・研究機関においてモータの研究開発に取り組まれることが強く期待されている。

### 3. 波及効果について

図 1-7 に世界の HEV/PHEV/BEV の市場予想（IT 総研の 2008 年 11 月のレポート）について示す。本レポートによると、世界市場において 2017 年には 2008 年の約 9 倍の電動車両の普及が予測されており、その内訳は、2017 年にハイブリッド自動車（HEV）が 376 万台、プラグインハイブリッド自動車（PHEV）が 44 万台、電機自動車（BEV）が 56 万台と予測されている。図 1-6 に既に示したように、ガソリン自動車と比較して電動車両では CO<sub>2</sub> 排出量を低減することが可能である。現在、日本の CO<sub>2</sub> 排出量のうち運輸部門が約 20%程度を占めることから、乗用車の電動車両化により、国内の CO<sub>2</sub> 排出量の大幅な低減が期待できる。

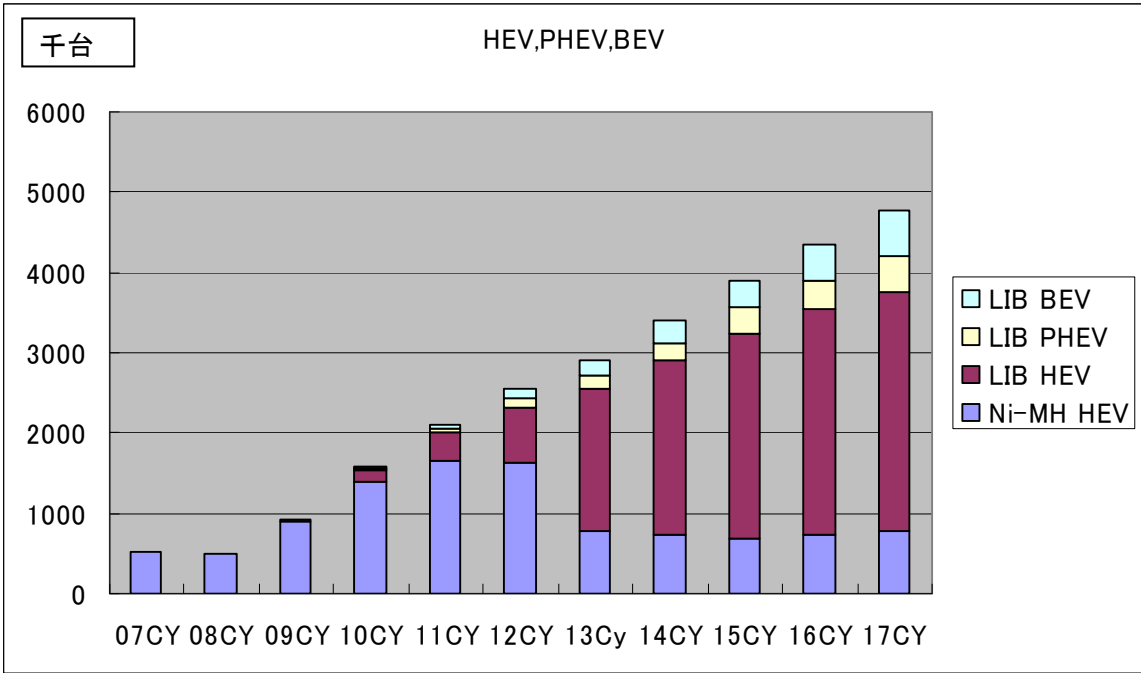


図1-7 世界のHEV/PHEV/BEVの市場予想  
 (出典：IT 総研資料より NEDO 作成)

図 1-8 に世界のリチウムイオン電池の市場予想（IT 総研の 2008 年 11 月のレポート）について示す。図 1-7 によると、ハイブリッド自動車が大きな割合を占めて増大していくことが予測され

ているが、蓄電池としては、2013年にニッケル水素電池の需要がピークに達し、それを境として、ニッケル水素電池からリチウムイオン二次電池への置き換えが急激に進んでいくと予測されている。図1-8によると、世界市場において2017年には約21,000 MWhのリチウム二次電池の需要が予測されているが、仮に、図1-1で示された2015年頃のコスト目標である、3万円/kWhと仮定すると、約6,300億円の自動車用リチウムイオン二次電池の市場が創出されることになる。2008年の民生用蓄電池の世界市場規模である約9,000億円の7割の規模の市場が新たに創出されることとなり、経済効果は極めて大きい。

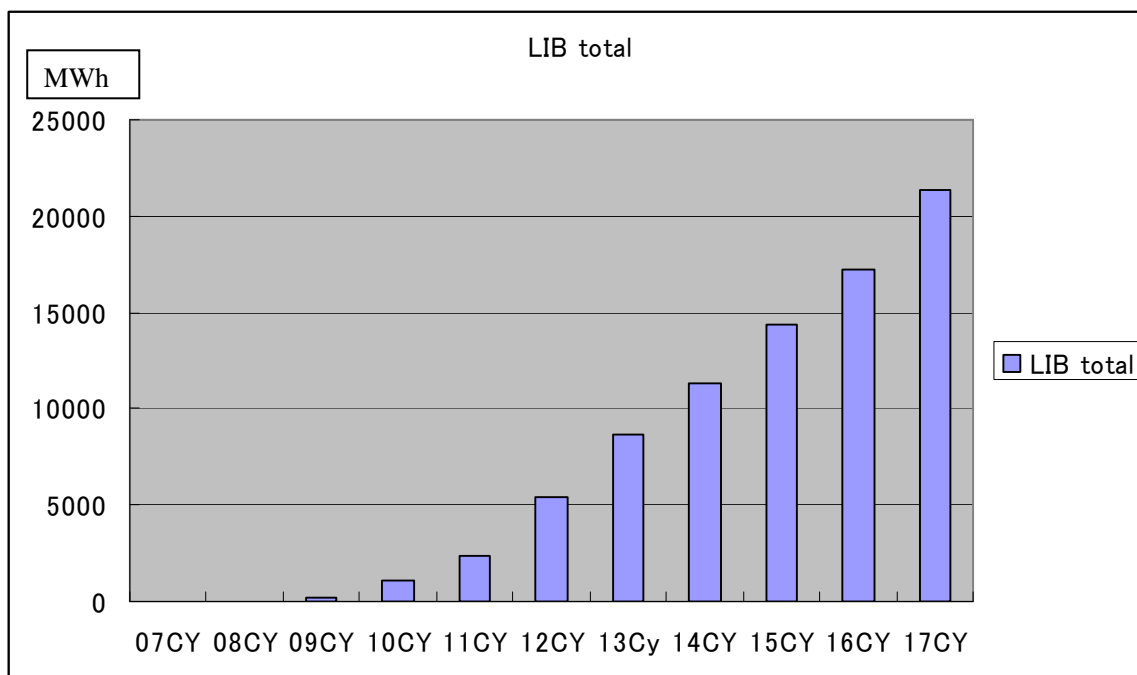


図1-8 世界のリチウムイオン電池の市場予想  
(出典：IT総研資料よりNEDO作成)

民生用蓄電池の分野では、IT総研のレポートによると2000年には約3,200億円だったリチウムイオン二次電池の世界市場が、2005年には約5,000億円、2008年には約9,000億円と順調に伸びてきている。図1-9に世界のリチウムイオン二次電池のシェアを示す。民生用蓄電池の分野では世界のリチウムイオン電池の生産量の半分以上を我が国の企業（1位：三洋、3位：ソニー、7位：パナソニック）が占めているように、現時点では、我が国が優位にあるが、その一方で、韓国や中国の企業（2位：サムスン、4位：BYD、5位：LG化学）により激しく追い上げられてきている状況にある。また、A123システムが国際市場で1%のシェアを占めてきている。自動車用蓄電池の技術開発で蓄積された技術を、民生用分野（ノートパソコン、携帯電話、電動工具等）へも展開することで、民生用蓄電池の分野における日本の優位性を今後も維持するために貢献できることが期待できる。加えて、近年、風力発電や太陽光発電のバックアップ用途としての定置用蓄電システムも注目を集めてきている。海外においては、スマートグリッド・スモールグリッド等の実証試験等も開始されるなど、量産効果によりコストが低減することで新規な市場の創出も期待できる。

2000年				2005年				2008年			
		メーカー名	シェア			メーカー名	シェア			メーカー名	シェア
1	日	三洋電機 三洋GSソフト エナジー	33%	1	日	三洋電機 三洋GSソフト エナジー	28%	1	日	三洋電機 三洋GSソフト エナジー	23%
2	日	ソニー	21%	2	日	ソニー	13%	2	韓	サムソンSDI	15%
3	日	松下電池工業	19%	3	韓	サムソンSDI	11%	3	日	ソニー	14%
4	日	東芝	11%	4	日	松下電池工業	10%	4	中	BYD	8.3%
5	日	NECTーキン	6.4%	5	中	BYD	7.5%	5	韓	LG化学	7.4%
6	日	日立マクセル	3.4%	6	韓	LG化学	6.5%	6	中	BAK	6.6%
7	中	BYD	2.9%	7	中	天津力神	4.5%	7	日	Panasonic	6.0%
8	韓	LG化学	1.3%	8	日	NECTーキン	3.6%	8	日	日立マクセル	5.3%
9	韓	サムソンSDI	0.4%	9	日	日立マクセル	3.3%	9		ATL	3.8%
										~	
								14	米	A123 Systems	1.0%

図1-9 世界のリチウムイオン電池のシェア  
(出典：IT総研資料よりNEDO作成)

#### 4. 国内外の情勢について

石油代替、省エネルギーの促進及び環境保全の観点から、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車等を中心とする次世代クリーンエネルギー自動車の技術開発及び導入の促進は喫緊の課題である。この場合、駆動時の電力供給、制動時のエネルギー回収・貯蔵を走行に合わせて瞬時に行う二次電池の活用は、エネルギーの高効率利用に欠くことができない。車載用二次電池としては、現状ではリチウムイオン二次電池が最も有力な候補であり、次世代クリーンエネルギー自動車の高効率性を最大限に生かしたシステムを成立させるためのキーとなる技術である。そのため、近年、海外においても産官学が連携した研究開発が盛んになってきている。以下、国内外の現況について簡単にまとめる。

##### (1) 国内の情勢について

国内では、ハイブリッド自動車「インサイト」、「新型プリウス」が2009年春に相次いで導入されてきている。また、プラグインハイブリッド自動車についてはトヨタが今年度に導入予定である。一方、電気自動車「i-MiEV」、「プラグイン ステラ」が2009年秋以降に相次いで導入されるなど、エコカーの導入計画が相次いでいる。表1-1に国産の電動車両の仕様例を示す。但し、プラグインハイブリッド自動車に関してはニッケル水素蓄電池を搭載した現行モデルについて示した。

ハイブリッド自動車に関しては、ニッケル水素電池の性能向上・低コスト化を背景に2009年春以降に「インサイト」(本田技研工業)並びに「新型プリウス」(トヨタ自動車)が相次いで市場に投入されてきている。「新型プリウス」ではストロングハイブリッド方式を、「インサイト」ではマイルドハイブリッド方式を採用しており、「新型プリウス」と比較して「インサイト」では蓄電池の搭載容量を抑え、また、モータ出力を押さえ小型化することでコスト低減を実現している。



一方、燃費の観点からは、「新型プリウス」では10・15モードで38km/L（JC08モードで32km/L）、「インサイト」では10・15モードで30km/L（JC08モードで26km/L）となり、「新型プリウス」の方が優れた燃費特性を示している。一方、プラグインハイブリッド自動車に関しては、トヨタが新型プリウスをベースにリチウムイオン二次電池を搭載したプラグインハイブリッド自動車を2009年末以降に官公庁、自治体、法人などの特定利用者を中心にリースを開始するととのプレス発表がなされている。また、プラグインハイブリッド自動車の走行距離に関しては、現状では総電力量2.6kWhのニッケル水素蓄電池を積載しており、一回充電で13kmのEV走行が可能である。

電気自動車に関しては、リチウムイオン二次電池の性能向上を背景に、主としてコムーター型の電気自動車の市場投入についてプレス発表等がされてきている。例えば、三菱自動車では4人乗り電気自動車「i-MiEV」を、富士重工業では2人乗り電気自動車「R1e」並びに4人乗り電気自動車「プラグイン ステラ」を開発した。

電気自動車の走行距離に関しては、「iMiEV」（三菱自動車）では総電力量16kWhのリチウムイオン二次電池を積載しており、一回充電で160kmの走行が可能となる。一方、「R1e」並びに「プラグイン ステラ」（富士重工業）では、総電力量約9kWhのリチウムイオン二次電池を積載しており、一回充電で80kmの走行が可能となる。これらの値から、電費を計算すると、「iMiEV」並びに「プラグイン ステラ」では約10km/kWh、「R1e」では約9km/kWhとなる。

表 1-1 国産の電動車両の仕様例

車名	EV		PHEV	HEV	
	iMiEV (三菱自動車)	Plug-in STELLA (富士重工業)	プラグインHV (トヨタ)	新型プリウス (トヨタ)	インサイト (ホンダ)
全長×全幅 ×全高	3,395×1,475 ×1,600 mm	3,395×1,475 ×1,660 mm	4,445×1,725 ×1,490 mm	4,460×1,745 ×1,490 mm	4,390×1,695 ×1,425 mm
車両重量	1,080 kg	1,010 kg	1,360 kg	1,350 kg	1,190 kg
乗車定員	4名	4名	5名	5名	5名
最高速度(EV走行時)	130 km/h	100 km/h	100 km/h	---	---
一充電走行距離 (10・15モード)	160 km	90 km	13 km	---	---
モーター(最高出力)	47 KW	47 KW	50 KW	60 KW	10 KW
電池種類	LIB	LIB	Ni-MH	Ni-MH	Ni-MH
総電圧	330 V	346 V	202 V	202 V	100 V
総電力量	16 kWh	9 kWh	2.6 kWh	1.3 kWh	0.6 kWh

次に、表 1-2 に国産の電動車両用蓄電池の仕様例を示す。蓄電池に関しては、モジュール電池でリチウムエナジージャパンでは約100Wh/kg（50Ah級）、オートモーティブエナジーサプライでは約86Wh/kg（21Ah級）の値を示している。一方、パナソニック EV エナジーでは約46Wh/kg（6.5Ah級）の値を示している。これらの値は、エネルギー密度の観点からは、リチウムイオン二次電池がニッケル水素電池よりも高いエネルギー密度を示すことが明らかになっている。

表 1-2 国産の電動車両用蓄電池の仕様例

	EV		HEV
	リチウムエネルギー ジャパン	オートモーティブ エネルギーサプライ	パナソニックEV エネルギー
電池種類	リチウムイオン	リチウムイオン	ニッケル水素
型番 サイズ	LEV50-4 モジュール	EVモジュール	樹脂ケース 角形モジュール
長さ×幅×高さ	175×194 ×116 mm	315×225 ×36 mm	285×19.6 ×106 mm
電圧	14.8 V	14.4 V	7.2 V
容量	50 Ah	21 Ah	6.5 Ah
質量	7.5 kg	3.5 kg	1.04 kg
エネルギー密度	100 Wh/kg	86 Wh/kg	46 Wh/kg
出力密度	---	---	1,293 W/kg

次に、表 1-3 に国産の電動車両のエンジン並びにモータ特性についてまとめたものを示す。いずれの電動車両でも交流電動機電動機が用いられているが、インサイトに関しては薄型 DC ブラシレスモータが採用されている。

表 1-3 国産の電動車両のエンジン並びにモータ特性

車名	EV		HEV		
	i-MiEV (三菱自動車)	Plug-in STELLA (富士重工業)	LEXUS HS250H (トヨタ)	新型プリウス (トヨタ)	インサイト (ホンダ)
全長×全幅 ×全高	3,395×1,475 ×1,600 mm	3,395×1,475 ×1,660 mm	4,700×1,785 ×1,505 mm	4,460×1,745 ×1,490 mm	4,390×1,695 ×1,425 mm
車両重量	1,080 kg	1,010 kg	1,640 kg	1,350 kg	1,190 kg
乗車定員	4名	4名	5名	5名	5名
エンジン種類	---	--	直列4気筒 DOHC	直列4気筒 DOHC	直列4気筒 SOHC
総排気量 cc	---	---	2362	1794	1339
最高出力 kW (ps) / rpm	---	---	110 (150) / 6000	73 (99) / 5200	65 (88) / 5800
最大トルク Nm (kgfm) / rpm	---	---	187(19.1) / 4400	142(14.5) / 4000	121(12.3) / 4500
モータ種類	交流同期電動機 (永久磁石式 同期型モータ)	交流同期電動機 (永久磁石式 同期型モータ)	交流同期電動機	交流同期電動機 (永久磁石式 同期型モータ)	交流同期電動機 (薄型DCブラン レスモータ)
モータ(最高出力)kW (ps)	47 (64)	47 (---)	105 (143)	60 (82)	10 (14)
モータ(最大トルク) Nm (kgfm)	180 (18.4)	170 (---)	270 (27.5)	207 (21.1)	78 (8.0)

## (2) 海外の状況について

### <米国>

○グリーンニューディール政策において、2015年までに PHEV100万台の導入目標。

- USABC、ABRT、BATT プログラムによる PHEV 用蓄電池メーカー等への積極的な支援。
- SBIR (Small Business Innovation Research)による中小企業、ベンチャー等育成支援。
- GM は、2010 年にハイブリッド車を年間 10 万台以上北米市場に投入。2010 年までにリチウムイオン電池搭載のプラグインハイブリッド車 (シボレー・ボルト) を市場投入。

<EU>

- クリーンディーゼル指向で、バッテリー開発に遅れ。
- 2009 年にリチウムイオン二次電池搭載のハイブリッド車 (S クラス) を市場投入
- 2008 年から 4 年間で総額 60M ユーロを投入して、自動車用リチウムイオン電池を開発
- LIB2015 (連邦教育研究省) が 2009 年 2 月から開始。自動車用、定置用で高効率な蓄電池の開発。(予算 74M€=約 90 億円) (最大 4 年間)
- 蓄電池では PV との併設 (小型・家庭用)、自動車用が主体と想定。(仏)
- 2011 年にイスラエル、デンマークへリチウムイオン電池を搭載した電気自動車を投入

<中国>

- バッテリーメーカーBYD が航続距離 400km のオリジナル EV。
- リチウム電池について「863 プロジェクト」が実施されている。
- 予算は 6600 万元 (約 10 億円)。但し、受託者は委託費の 10 倍拠出するため、プロジェクト全体では 100 億円規模。
- 1 テーマ当たり 100 万元 (約 1500 万円) 程度。

研究開発の分野でも海外研究者の発表は増加している。表 1-4 に IMLB2008 並びに PRIME2008 における口頭発表の国別発表件数を示す。中国天津で開催された 2 年に一度開催される世界最大のリチウムイオン電池に関する国際会議である IMLB2008 では、国別発表件数で、アメリカ、日本に続き、中国、フランス、ドイツ、韓国の順となった。また、アメリカハワイで開催された 3 年に一度開催される日本とアメリカ電気化学会の合同会議である PRIME2008 でも、国別発表件数で、アメリカ、日本に続き、韓国、中国、フランス、ポーランド、ドイツの順となり、中国、韓国での研究者人口の増加が再確認される結果となった。

表 1-4 IMLB2008 並びに PRIME2008 における口頭発表の国別発表件数

学会名/順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IMLB2008	米国 (21)	日本 (16)	中国 (14)	フランス (11)	ドイツ (6)	韓国 (6)	カナダ (5)	台湾 (4)	英国 (2)	スウェーデン (2)
PRIME2008	米国 (103)	日本 (79)	韓国 (21)	中国 (16)	フランス (10)	ポーランド (9)	ドイツ (8)	オーストリア (6)	カナダ (6)	台湾 (5)

(3) 日米の国家プロジェクトの比較について

日本では、経済産業省の施策の下、NEDO 技術開発機構が自動車用蓄電システムの研究開発を実施してきた。図 1-10 に経済産業省および NEDO 技術開発機構で実施した主な自動車用蓄電システム開発連プロジェクトを示す。

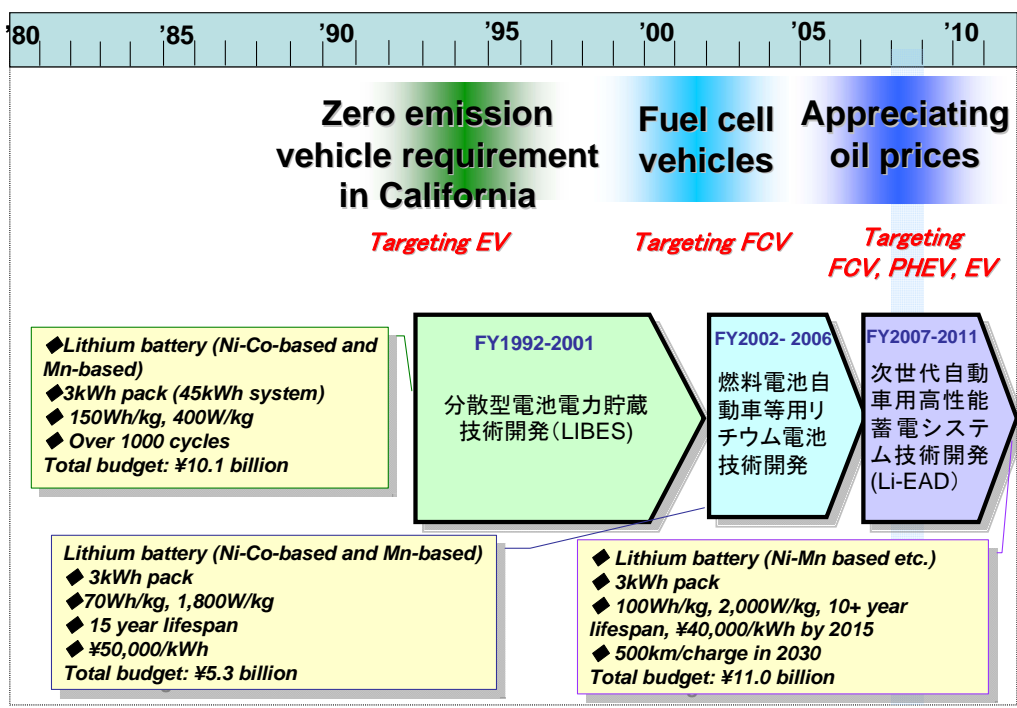


図 1-10 経済産業省およびNEDO技術開発機構で実施した  
主な自動車用蓄電システム開発関連プロジェクト

1991年にはソニーがリチウムイオン電池の量産化に成功し、米国ではビッグ3（ゼネラルモーターズ、フォード、クライスラー）等が中心となってUSABC(united States Advanced Battery Consortium)を設立し、DOE(米国エネルギー省：Department of Energy)と共同で電気自動車用リチウムイオン電池等の開発を開始した。また、1990年には、米国カリフォルニア州で、ZEV法(2003年以降、カリフォルニア州で販売される車の一定割合に排ガスがZero (ZEV：Zero Emission Vehicle)、あるいは、それに準じる車の販売を義務づけるもの。)の導入が表明され、各自動車メーカーは再び電気自動車開発を指向した。このような状況下、我が国でも1992年度からの「分散型電池電力貯蔵技術開発」が立ち上がり、家庭用等を想定した小規模な電力貯蔵システムの開発も含め、10年間、166億円の予算を投入したりチウムイオン電池の開発がスタートした。本プロジェクトにより、2002年には、3kWモジュールで目標値の150Wh/kgを上回る成果を得たが、価格が非常に高価であったこともあり電気自動車用リチウムイオン電池に対する需要はあまり発生せず、電気自動車用電池の継続的な生産は行われなかった。また、1997年にはトヨタのプリウス等のハイブリッド車が発売され、更に、燃料電池自動車への期待の高まりもあり、2002年度から2007年度までは、53億円の予算で「燃料電池自動車等用リチウム電池技術開発」が実施されることとなった。そのプロジェクト終了後、2007年度からは、予算総額110億円、2011年までの計画で、燃料電池自動車、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車等用の高性能リチウムイオン電池の開発を目的とした「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」が現在遂行されている。

一方、米国では米国政府機関の1つである米国エネルギー省自動車技術局(DOE-OVT)が、自動車技術プログラム(VT: Vehicle Technology Program)を通じて、ハイブリッドドライブ技術、エネルギー貯蔵デバイス(先進自動車用バッテリー並びにウルトラキャパシター)、パワーエレクトロニクス

トロニクス並びにモータ、先進構造材料、先進燃料エンジン等の研究及び性能向上に関する技術開発を実施している。プログラムを成功させるために、DOE-OVT は米国の自動車会社であるクライスラー (Chrysler LLC) 社、フォード (Ford Motor Company) 社、並びに GM (General Motors Corporation) 社が中心となって設立した USCAR (United State Council for Automotive Research) を通じてパートナーシップを結んでいる。

エネルギー貯蔵デバイスとしては、ハイブリッド電気自動車 (HEV)、プラグインハイブリッド自動車 (PHEV)、電気自動車 (EV) 等用の先進自動車用バッテリー並びにウルトラキャパシターを研究開発対象にしており、米国先進バッテリー協会 (USABC: United State Advanced Battery Consortium) に代表される自動車産業界及びその他の産官学と協力して活動を行っている。USABC は、米国内の電気化学的エネルギー貯蔵デバイス業界における長期的な研究開発を促進し、自動車会社、電気化学的エネルギー貯蔵デバイス会社、国立研究所、大学、その他主要なステークホルダーとの連携を維持している。DOE-OVT の下で様々な自動車技術プログラムが同時進行中であるが、エネルギー貯蔵デバイスを対象としたものとしては、USABC 支援プログラム、応用電池研究 (ABRT: Applied Battery Research for Transportation) プログラム、先進輸送技術用バッテリー (BATT: Batteries for Advanced Transportation Technologies) プログラムが主要なプログラムとして挙げられる。開発対象は、USABC 支援プログラムではリチウムイオン電池システムの技術開発、ATD 並びに ABR プログラムではセルレベルでの研究開発、BATT プログラムでは材料レベルでの基礎研究を行っており、各プログラムが密接に関連することで、効率的にプログラムを推進している。図 1-11 に USABC 支援プログラム、ATD プログラム、BATT プログラム間の関係をまとめた図を示す。USABC 支援プログラムではリチウムイオン電池システムの開発、ATD プログラムではセルレベルの開発、BATT プログラムでは材料レベルでの基礎研究を分担している。

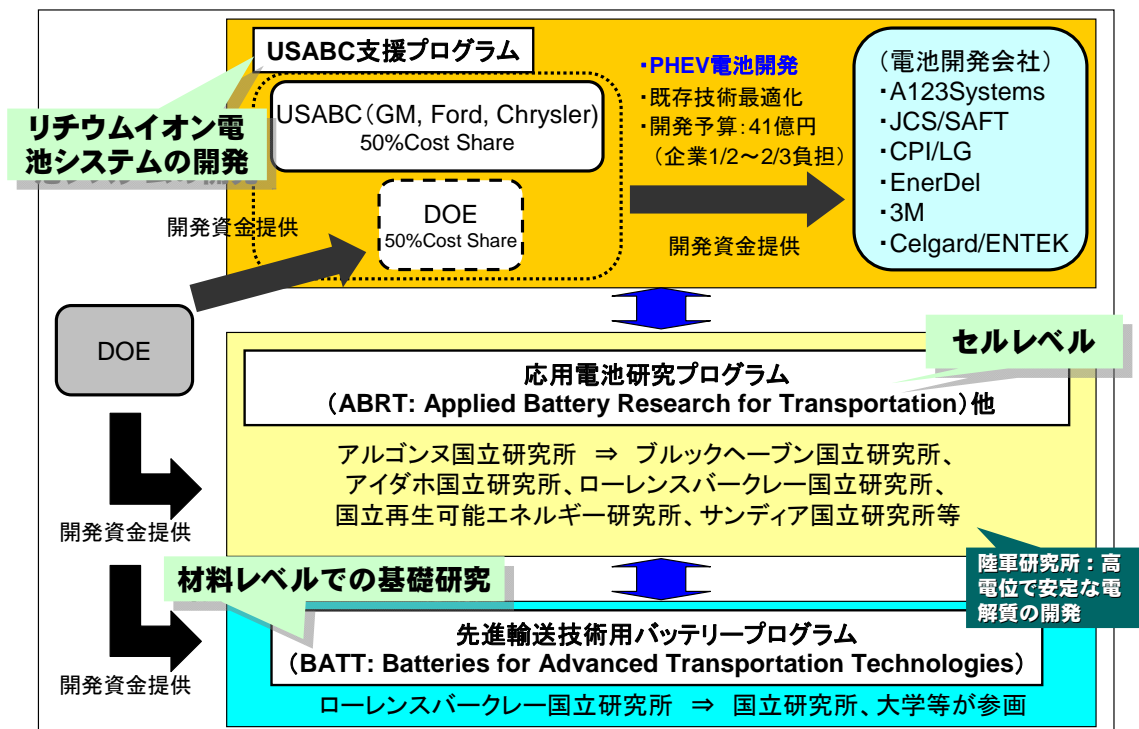


図 1-11 米国の自動車用蓄電池プログラムの相関図

また、米国における様々な自動車用のエネルギー貯蔵技術に関する最新の要件は、「2008 年度エネルギー貯蔵技術研究開発経過報告書 (FY2008 Progress Report for Energy Storage Research and Development)」で公開されている。プラグインハイブリッド自動車用エネルギー貯蔵デバイスの目標値・条件としては、High Power/Energy Ratio Battery と High Energy/Power Ratio Battery を定めている。米国におけるプラグインハイブリッド自動車の電気エネルギーによる走行距離の目標値として、High Power/Energy Ratio Battery では 10 マイル (16km)、High Energy/Power Ratio Battery では 40 マイル (64km) が設定されている。表 1-5 に USABC における PHEV 用電池の目標値のまとめたものを示す。詳細については、米国先端電池研究組合 (USABC) のホームページ上で公開されている。

表 1-5 USABC における PHEV 用電池の目標値のまとめ

Characteristics at End of Life		High Power/Energy Ratio Battery	High Energy/Power Ratio Battery
Reference Equivalent Electric Range	miles	10	40
Peak Pulse Discharge Power (2 sec/10 sec)	kW	50/45	46/38
Peak Regen Pulse Power (10 sec)	kW	30	25
Available Energy for CD (Charge Depleting) Mode, 10 kW Rate	kWh	3.4	11.6
Available Energy for CS (Charge Sustaining) Mode	kWh	0.5	0.3
CD Life	Cycles	5,000	5,000
CS HEV Cycle Life, 50 Wh Profile	Cycles	300,000	300,000
Calendar Life, 40° C	year	15	15
Maximum System Weight	kg	60	120
Maximum System Volume	Liter	40	80
System Recharge Rate at 30° C	kW	1.4 (120V/15A)	1.4 (120V/15A)
Unassisted Operating & Charging Temperature Range	° C	-30 to +52	-30 to +52
Maximum System Production Price @ 100k units/yr	\$	\$1,700	\$3,400

#### USABC 支援プログラム

車載用蓄電池の研究開発については、DOE と USABC がコストを分担することにより電池開発会社への支援を実施している。支援した企業としては、Johnson Controls-SAFT (JCS) 社、A123Systems 社、Compact Power Inc. (CPI) 社、EnerDel 社、3M 社等が挙げられる。

PHEV 用蓄電池の開発については、2007 年 4 月に 4 つのプロジェクトが選ばれている。10 マイ

ル電気走行可能な PHEV (PHEV10) 並びに 40 マイル電気走行可能な PHEV (PHEV40) として別々の目標値が設定されている。表 1-4 の High Power/Energy Ratio Battery が PHEV10 に、High Energy/Power Ratio Battery が PHEV40 に対応している。JCS 社と A123Systems 社では PHEV10 並びに PHEV40 を目指した技術開発を、Compact Power Inc. (CPI) 社と EnerDel 社は 10 マイル電気走行可能な PHEV を目指した技術開発を行っている。

JCS 社では、DOE/USABC から 24 ヶ月間で 1,500 万ドルまでの資金提供を受け取ることで、コスト低減とエネルギー密度の改良に取り組む。CPI 社では、DOE/USABC から 27 ヶ月間で 1,290 万ドルまでの資金提供を受け取る。正極材料に層状酸化物とマンガンスピネル酸化物のブレンドを用いることでセルの改良に取り組む。A123 Systems 社では、DOE/USABC から 36 ヶ月で 1,250 万ドルまでの資金提供を受け取ることで、ナノオリビン酸鉄 (LiFePO<sub>4</sub>) の改良に取り組む。PHEV10 については円筒形状のデザインを利用して、PHEV40 はパウチセルを用いることに加え、オリビンマンガンを含むリン酸系正極材料の開発をすることで目標値達成のための研究開発を進めている。EnerDel 社では、DOE/USABC から 18 ヶ月で 650 万ドルまでの資金提供を受け取る。負極でのナノフェーズのチタン酸スピネル (LTO) の分散性の向上、正極に LiMn<sub>1.5</sub>Ni<sub>0.5</sub>O<sub>4</sub> 等の高電位正極を用いることでエネルギー密度の向上に取り組む。また、Celgard 社が DOE/USABC から 18 ヶ月間で 230 万ドルまでの資金提供を受け取り、HEV と PHEV 用のセパレーターの開発に取り組むことが 2009 年 1 月にアナウンスされた。

表 1-6 に、プラグインハイブリッド自動車用蓄電池の日米での開発目標値の比較したものを示す (米国の目標値は High Power/Energy Ratio Battery での値を用いている)。米国と日本の目標値では指標が違うため、日本の目標値を米国の目標値に換算することで比較した。その結果、基本的には目標とする性能に日米では大差がないこと、ただ、日本の方がより高出力でコンパクト化を指向していることが示唆された。

表 1-6 プラグインハイブリッド自動車用蓄電池の日米での開発目標値の比較

(出典：USCAR 資料より NEDO 試算)

	単位	日本(NEDO)	米国(USABC)
EV走行距離	km	15 <sup>1)</sup>	16
10sパルス放電出力	kW	60	45
10sパルス充電出力	kW	60	30
EV走行可能容量	kWh	1.95 <sup>2)</sup>	3.40
寿命	年	10	15
システム重量	kg	30	60
システム体積	L	25	40
システムコスト (100Kユニット/年生産時を想定)	円	120,000	約163,600 (1700\$) <sup>3)</sup>
以下、参考まで			
エネルギー密度	Wh/kg	100	87 <sup>4)</sup>
コスト (100Kユニット/年生産時を想定)	円/kWh	40,000	約31,280 (325\$) <sup>3)</sup>

- 1) 日本の EV 走行距離については、電費をプリウスの 7.6km/Wh として計算。
- 2) 90-25%SOC を EV 走行利用範囲と仮定して、米国のパック容量及び日本の EV 走行可能容量を逆算
- 3) 為替レートは 1\$=96.26 円 (2009/5/19) で計算
- 4) エネルギー密度、コストの算出は、パック容量を前提に計算

#### ABRT プログラム

ABRT プログラムが 2008 年 10 月 1 日に開始された。2008 年まで DOE では HEV 用のリチウムイオン二次電池を対象とした ATD プログラムを推進してきたが、HEV 用リチウムイオン二次電池の技術が成熟してきたことを反映して、DOE-OVT では研究開発プログラムを PHEV 用のリチウムイオン二次電池の開発にシフトした。PHEV 並びに HEV 用リチウムイオン二次電池において、解決すべき基本的な研究課題としては共通部分が多いが、特に、新たに二つの解決すべき課題が設定されている。

(1) 中型サイズの PHEV で 40 マイルの電気走行を可能とするための適切なエネルギー密度を実現すること (但し、CD (charge-depleting) モードでの要求エネルギーを満たし、かつ、適切な重量及び体積の範囲内で収まっていること)。

(2) 5000 サイクルに至る十分なサイクル寿命安定性を実現すること (CD モードで広い DOD (Depth of discharge) 範囲で充放電サイクルをした場合)。

また、この広い DOD 範囲での充放電モードにおけるリチウムイオン二次電池の寿命並びに濫用時の耐性に与える影響を抑えることによる車載用電池のエネルギー密度向上、さらに、300\$/kW のコスト目標が挑戦すべき課題として挙げられている。

#### BATT プログラム

BATT プログラムは DOE-OVT が支援している。BATT プログラムの主要目的は、HEV、PHEV 並びに EV で利用される高性能の次世代蓄電池の新材料の開発及び分析である。2008 年は PHEV と EV 用の高エネルギー密度材料に関する研究を実施してきている。LBNL が他の 4 つの研究所、11 の大学等と協力して、複数の BATT 研究開発任務を管理している。プログラムでは、(1) 新しい正極システム、特性並びに限界、(2) 新しい負極材料、(3) 新奇な電解質及びその特性、(4) リチウムイオンのモデリング、診断並びにセル解析。特に正極については、リン酸系、層状系、マンガンスピネル並びにスピネルコンポジット系を研究開発対象としている。



## 第2章 研究開発マネジメントについて

### 1. 研究開発の概要

エネルギー消費量の増加が著しい運輸部門における石油依存度は、ほぼ 100%の状況であり、今後、エネルギーの効率的な利用、石油代替エネルギーへの移行により、石油依存度を低減していく必要性が指摘されている。それゆえ、石油依存度を低減し、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プラグインハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車等の次世代クリーンエネルギー自動車の開発、普及が期待されている。

本研究開発「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」(通称、Li-EAD プロジェクト、Li-EAD は Li-ion and Excellent Advanced Batteries Development の略) では、高性能リチウムイオン電池とその構成材料並びに周辺機器(モータ、電池制御装置等)の開発、新規の概念に基づく革新的な電池の構成とそのため材料の開発、および電池反応制御技術の開発、更に加速寿命試験法の開発、劣化要因の解明、電池性能向上因子の抽出、並びに、安全性基準および電池試験法基準の策定等を実現することで、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車等、燃料電池自動車等の早期実用化に資するための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とする。また、本事業の研究開発成果が、次世代クリーンエネルギー自動車の早期実用化の促進に資することはもちろんのこと、多くの波及効果をもたらし、日本が本分野において今後も国際的に主導的な役割を果たすことを期待している。

研究開発項目として、①「要素技術開発」、②「次世代技術開発」、③「基盤技術開発」を設定して、包括的な研究開発を実施することとした。

以下、各研究開発項目の役割と実施概要を述べる。

#### (1) 要素技術開発

蓄電池技術は、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次世代クリーンエネルギー自動車に共通するコア技術であり、多様な自動車エネルギー技術の中でも基盤的な性格を持つ。そこで、これらの次世代クリーンエネルギー自動車の早期実用化を促進するために、リチウムイオン電池等の高性能化・低コスト化のための要素技術開発、および電池制御装置やモータ等の格段の高性能化に資する周辺機器の技術開発を行う。

要素技術開発では、下記の3つの領域での開発を行う。

##### 1) 電池開発：

0.3kWh級モジュールを作製し、2015年を目途に、目標値の特性を有するリチウムイオン電池の実用化を目指すための電池開発を行う。

##### 2) 電池構成材料及び電池反応制御技術の開発：

小型実用単電池を作製し、2015年以降での実用化を目途に、高性能なリチウムイオン電池の構成材料の開発、電池反応制御技術の開発、および基本原理の解明などを行う。

##### 3) 周辺機器開発：

格段の高性能化(高効率化・軽量化・コンパクト化)に資する電池制御やモータ等の周辺機器の技術開発を行う。

## (2) 次世代技術開発

次世代の蓄電池に要求される、コスト、寿命、安全性、エネルギー密度、出力密度等での圧倒的な性能向上のためには、現状の技術レベルの延長線上にある技術開発だけではなく、新たな電池系の提案や構成材料レベルでのブレークスルーが期待できる新しい原理・構造の技術開発が不可欠である。そこで、現状レベルでのコストや性能向上の見通しを打破するような新規の正極、負極材料や電解質等、材料レベルの革新的な技術開発等を実施する。

2030年頃において、パック電池レベルで重量エネルギー密度700Wh/kg以上という革新的な性能を実現することを目指して、現状の技術レベルの延長線上にない、経済性、性能面でのブレークスルーが期待できる新しい材料（正極、負極、電解質等）や新しい電池系（合金系、金属系等）の基礎研究開発を実施する。

## (3) 基盤技術開発

高性能蓄電池の実用化にあたっては、安全性を確保するとともに標準化を進め、研究開発の効率化を図ることが重要である。よって、蓄電池における寿命予測、耐久性、安全性試験方法の確立や標準化、技術開発の効率化につながる電池性能を向上させる因子の解明や反応メカニズムの解析手法の確立等、基盤的な技術開発を行う。

蓄電池における寿命予測、耐久性、安全性試験方法の確立や標準化、技術開発の効率化につながる電池性能を向上させる因子の解明や反応メカニズムの解析手法の確立等、基盤的な技術開発を行う。

## 2. 研究開発目標

### (1) プロジェクトの最終目標（平成23年度末）

本研究開発においては、高性能な蓄電システムの要素技術開発、現状のリチウムイオン電池等の技術レベルをブレークスルーするための新材料等の次世代技術開発、耐久性評価・安全性試験方法の確立等の基盤技術開発を実施することにより、2015年において現状の蓄電池性能（注）の概ね1.5倍以上、コスト1/7を可能とする次世代クリーンエネルギー自動車の実用化を促進すること。及び2030年を目処に、現状の蓄電池性能（注）の概ね7倍を見通す革新的蓄電池技術への基礎確立を目標とする。

（注）現状の蓄電池性能（下記の数値は、容量3kWh程度の電池パックを想定した値）

- ・電池システム重量エネルギー密度：70 Wh/kg
- ・電池システムコスト：20 万円/kWh

### (2) 研究開発項目毎の最終目標（平成23年度末）

下記目標値を基本とするが、各委託研究の目標（中間目標及び最終目標）は、提案者が公募時に研究開発テーマとともに提案し、採択決定後に NEDO 技術開発機構と協議のうえ個別に実施計画に定める。図 2-1 に「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」の代表的な開発目標値をまとめたものを示す。

#### ①要素技術開発目標

##### a) 電池開発

0.3kWh級モジュールを作製し、以下の目標（性能目標は3kWh級パック電池の換算値）を満足すること。

- ・重量エネルギー密度：100 Wh/kg
- ・重量出力密度：2000 W/kg
- ・体積エネルギー密度：120 Wh/L
- ・体積出力密度：2400 W/L
- ・寿命：10 年以上
- ・充放電効率：95 %以上
- ・コスト：4 万円/kWhの見通しを示すこと（100 万パック/年生産時）
- ・安全性：車載時の濫用に耐えること

b) 電池構成材料の開発

小型単電池を作製し、以下の目標（性能目標は3kWh級パック電池の換算値）を満足すること。但し、エネルギー密度と出力密度は、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すこと。なお、下記エネルギー密度及び出力密度のパック値から単電池への換算は、2006年8月経済産業省報告書「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」を参照のこと

<http://www.meti.go.jp/report/data/g60824bj.html>。

- ・重量エネルギー密度：200 Wh/kg以上
- ・重量出力密度：2500 W/kg以上
- ・コスト：3 万円/kWh以下の見通しを示すこと（100 万パック/年生産時）
- ・安全性：車載時の濫用に耐えること

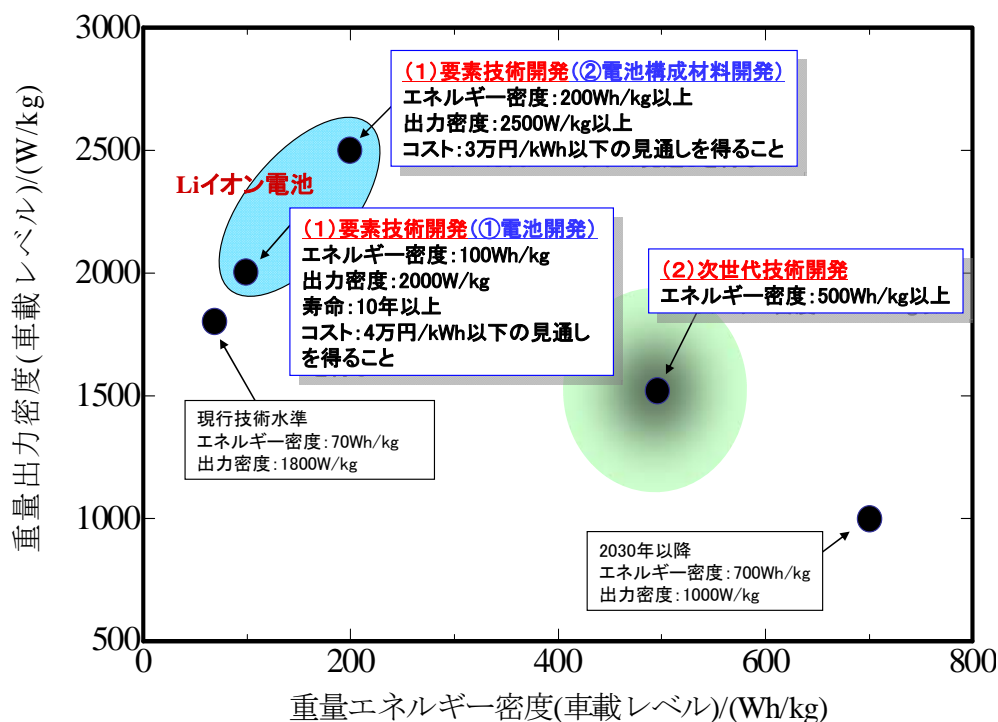


図 2-1 「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発 (Li-EAD プロジェクト)」の開発目標値

### c) 周辺機器開発

格段の高性能化（高効率化・軽量化・コンパクト化）に資する電池制御やモータ等の周辺機器の技術開発を行う。特に、省・脱レアアースを実現する車両駆動用モータ技術に重点を置く事とし、下記の性能を見通すことができる車両駆動用モータを開発する。特に、省・脱レアアースを実現する車両駆動用モータ技術に重点を置く事とし、下記の性能を見通すことができる車両駆動用モータを開発することとした。

- ・総合効率：従来技術と同等程度
- ・出力密度：従来技術と同等程度
- ・レアアース使用量：零

又は、

- ・総合効率：従来技術以上
- ・出力密度：従来技術の150 %程度
- ・レアアース使用量：従来技術より50 %程度以下

ここで、レアアースはネオジウム、ジスプロシウム等の希土類元素を意味し、総合効率は、自動車の走行条件等を考慮した上でのモータ単体あるいはモータを含めた駆動システムの効率を意味する。また、出力密度は、自動車の走行条件等を考慮した上での瞬時あるいは連続運転時における体積出力密度及び重量出力密度を意味する。

### ②次世代技術開発目標

2030年頃において、パック電池レベルで重量エネルギー密度700 Wh/kg以上という革新的な性能を実現することを目指し、本事業の終了時点で、重量エネルギー密度500 Wh/kgを見通せる電池構成材料及び電池反応制御技術の開発。

### ③基盤技術開発目標

- ・加速寿命診断法の確立。
- ・高SOC保存時、高温保存時、高出力時、長期サイクル時等の劣化要因の解明とその抑制手法の提案。
- ・車載用電池安全性試験法の策定。
- ・電池性能を向上させる因子の解明。

## 3. 研究開発計画

本プロジェクトの実施期間は平成19年度から平成23年度までの5年間、研究開発の総費用は計画額で約110億円の事業である。基本計画の（別紙）研究開発計画で、運営方法については以下のように規定している。

### （1）各技術開発の運営方法

#### ①要素技術運営方法

- ・初年度に公募により実施者を選定するが、2年目以降も必要に応じて公募を行う。
- ・“電池構成材料開発及び電池反応制御技術の開発”については、研究開発の進捗に応じて、“電池開発”の実施者等との連携を求める場合がある。
- ・安全性の技術開発目標については、研究開発項目③「基盤技術開発」の安全性試験法や安全性

評価基準策定の進捗に応じて、内容の高度化や具体化を求める場合がある。

### ②次世代技術運営方法

- ・原則として毎年度、研究テーマを公募する。
- ・各研究テーマについては2年目に技術評価を実施し、3年目以降の研究継続の可否を判断する。

### ③基盤技術運営方法

- ・初年度に公募により実施者を選定するが、必要に応じて2年目以降も公募を行う。
- ・安全性試験法や安全性評価基準の策定については、研究開発項目①「要素技術開発」における安全性技術開発の進捗に応じて、内容の変更や修正を求める場合がある。

## (2) 研究開発スケジュール

基本計画にのっとり図2-2で示すようにプロジェクトの年度計画を実施してきている。平成19年度前半に公募で委託先を決定して研究開発を実施した後に、要素技術に関しては2年目に主にモータ技術開発を中心として追加公募を実施した。次世代技術に関しては、2年目、3年目に追加公募を実施する一方、平成21年1月に平成19年度から2年間実施した次世代技術開発の各テーマの延長審査を行なっている。この結果、11件ある研究開発テーマのうち9件が延長を認められ、2件が終了となった。図2-3に次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容（平成21年度）を示す。また、評価については技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果などについて、外部有識者による研究開発の中間評価を平成21年度に、事後評価を平成24年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。

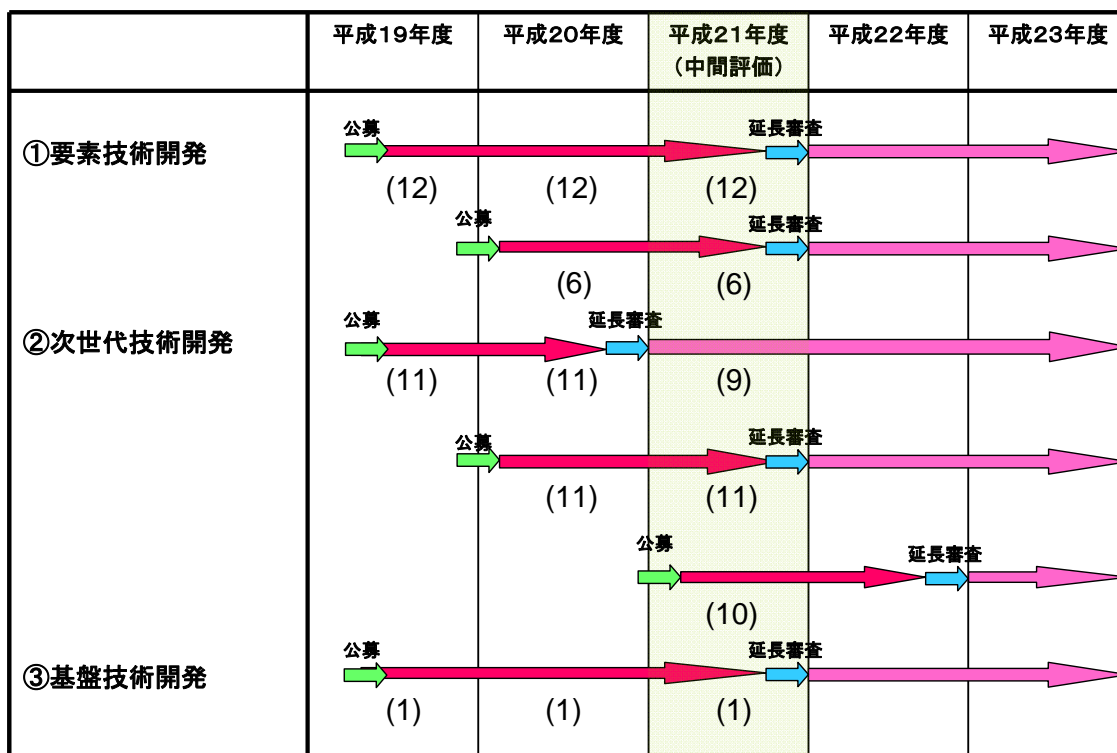


図 2-2 プロジェクトの年度計画（括弧内は実施テーマ件数）

各開発項目のスケジュールは以下の通りである。

### ①要素技術開発

#### a) 電池開発

平成 21 年度（中間目標）までには、ポリアニオン系、NiMn 系、NiCo 系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、10 Ah 級単電池を試作・評価し、性能目標（中間目標）を達成する。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する。平成 23 年度（最終目標）までには、最適な電池システムとしての設計を行い、0.3 kWh 級モジュール電池を試作・評価する。そして、3 kWh 級電池において性能の最終目標を達成する（0.3 kWh 級モジュール電池の性能値を、3 kWh 級電池における性能値への換算には換算係数を適用）。さらに、コスト目標、安全性についても達成する。

#### b) 電池構成材料開発および電池反応技術の開発

平成 21 年度（中間目標）までには、リチウムイオン二次電池の電極材料としては、新規の酸化物型正極材料、新規のポリアニオン系正極材料の開発と合成方法の検討、コンビナトリアル法による新規電極材料等の探索、カーボンナノ構造正極の開発等を、電解質については、ボレート系や FSA (FSI) アニオン系のイオン液体電解質、ヘテロ元素含有電解質、不燃性ポリマーゲル電解質の探索、合成と創製等を実施することで、中間目標を達成する。また、反応制御技術開発の一環として、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の解析技術開発を実施することで、新規材料開発の目標達成に資する。平成 23 年度（最終目標）までには、開発した材料を用いた小型実用単電池を作製し、性能目標（最終目標）を達成する。

#### c) 周辺機器開発

平成 21 年度（中間目標）までに、モータ開発では磁場解析等による磁性材料および誘導コイルなどの形状および構造の最適化と新規同期モータ、誘導モータの設計により、軽量化と高性能化等の開発を実施することで中間目標を達成する。また、制御技術開発では必要となる低損失インダクタの開発、コンバータを用いた SOC 均等化回路の開発等を実施するとともに、高効率を実現するため、高周波化に取り組むことで中間目標を達成する。平成 23 年度（最終目標）までには、モータ開発では適切なサイズのモータを試作・性能評価することで、性能目標（最終目標）を達成する。また、制御技術開発では必要に応じて IC を製作し、特性改善を実施することで、性能目標（最終目標）を達成する。

### ②次世代技術開発

平成 23 年度（最終目標）までには、金属-空気電池、リチウム硫黄電池、多価カチオン電池、新形態リチウムイオン二次電池などに代表される次世代の革新的な二次電池の構成とそのための構成材料及び電池反応制御技術等を開発する。最初の 2 年間で、革新的蓄電池の可能性のある電極材料、電解質等の新材料探索、反応メカニズムの解析、デンドライド等の発生及び抑制の検討、界面評価技術の開発等を実施する。残りの期間で開発した材料を用いたコイン型電池等を作製し、電池特性評価を実施することで、性能目標（最終目標）への達成を確認する。また、界面評価技術については 500Wh/kg のエネルギー密度の可能性のある電池系で分析法を適用し、有効性を実証

することとする。

### ③基盤技術開発

平成 21 年度（中間目標）までには、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への検討、電池開発を行っている 3 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 ISO/IEC 等への提案、リチウムイオン電池の輸送に関する国際規制の緩和、電池充電標準化に関する検討を実施する。平成 23 年度（最終目標）までには、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策定、電池開発を行っている 3 委託先から提供を受けた最新電池の劣化機構の解明と抑制方法の提案、電池評価試験方法、電池安全性試験方法の策定、車載用リチウムイオン電池の国際標準化のための ISO/IEC 等への提案反映、リチウムイオン電池の輸送に関する国際規制の緩和の実現、電池充電標準化に関する IEC への提案を実施することで、性能目標（最終目標）を達成する。

次世代自動車(HEV、EV、FCV等)の早期実用化に資するために、高性能かつ低コストの二次電池及びその周辺機器の開発を実施。

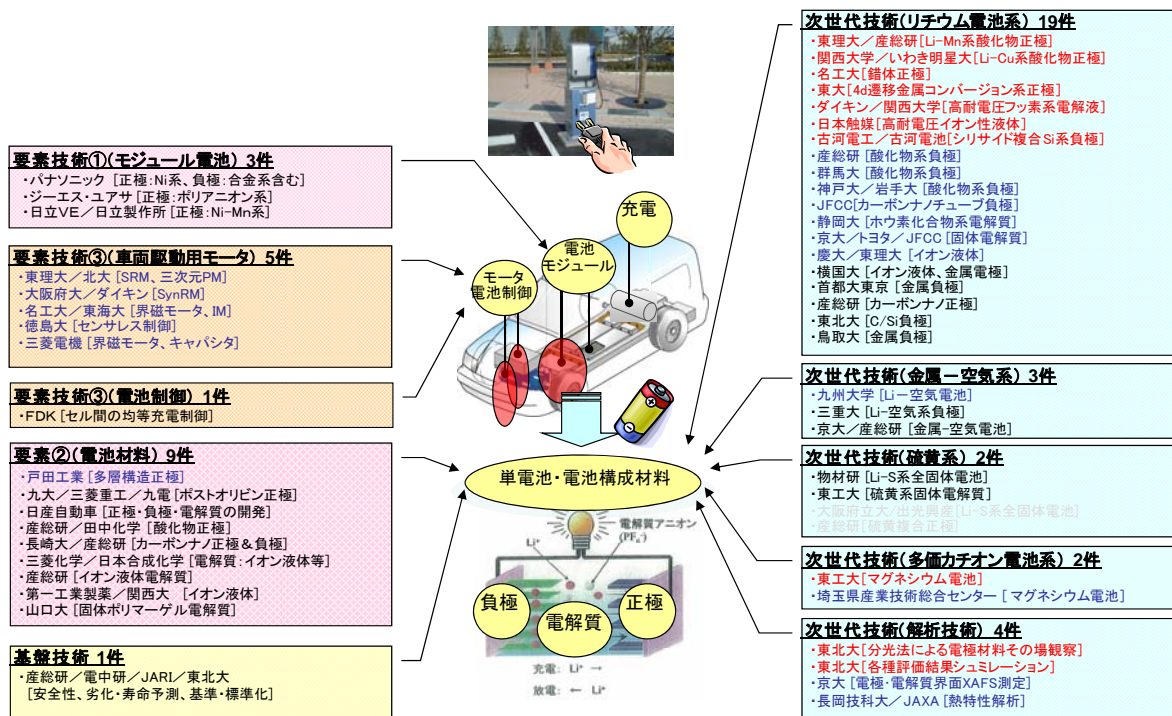


図2-3 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容（平成21年度）

### (3) 予算配分

3つある研究開発項目のうち、電池開発から材料開発、モータ開発、制御回路開発まで幅広く改良、開発を行なう要素技術開発については、試作や試験等に多くの費用が必要となるため、それらが円滑に実施できるよう、他テーマに比べて特に多くの予算を配分した。特に、電池開発においては、大型化技術の開発に重点を置く案件に予算を重点配分した。次世代技術開発については、原則としてテーマ毎に1年間で2000万円を上限として予算を割り当てた。また、基盤技術開発については、調査や各種性能・分析・安全性試験、国際標準化活動に必要な費用を配分した。表2-1

に技術開発項目毎の研究予算を示す。

表 2-1 研究予算一覧表

	開発費用（百万円）			
	H19fy	H20fy	H21fy	総額
要素技術開発（①電池開発）	520.1	524.2	523.5	1567.8
要素技術開発（②電池構成材料開発）	638.2	718.9	507.5	1864.6
要素技術開発（③周辺機器開発）	39.8	366.9	347.8	754.5
次世代技術開発	219.9	439.2	568.4	1227.5
基盤技術開発	386.6	693.9	537.9	1618.4
	1804.6	2743.1	2485.1	7032.8

#### 4. 研究開発の実施体制

本プロジェクトの実施体制としては、NEDO技術開発機構、委託先、技術委員から成り、それぞれの役割は以下の通りである。

##### (1) NEDO技術開発機構

プロジェクトを推進し、目標達成に向けて研究開発全体のマネジメントを行なう。

##### (2) 委託先

本プロジェクトでは、3テーマ合計で79の実施者が委託先または再委託先として研究開発を実施している（平成21年度7月現在）。

##### (3) 技術委員

外部有識者から成り、第三者の立場で研究開発の方向性や技術的内容について審議を行なっている（詳細後述）。

図2-4に平成21年度次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発のプロジェクト推進体制を示す。

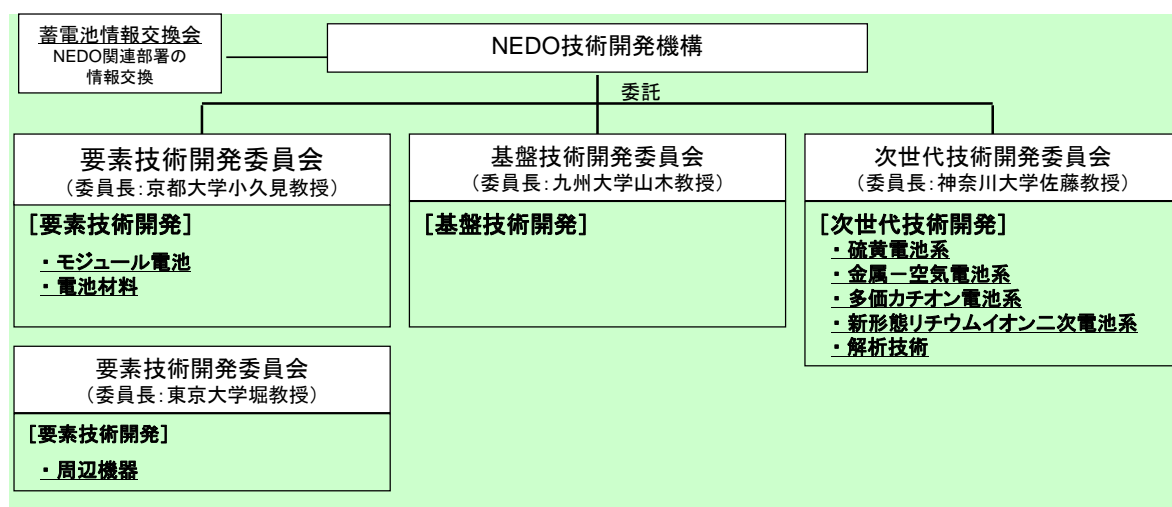


図2-4 平成21年度次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発 プロジェクト推進体制



また、要素技術開発（電池開発）と基盤技術開発は連携して研究開発を実施する。つまり、要素技術開発（電池開発）参画企業が開発電池等を基盤技術法人に提供することで、評価技術開発並びにISO/IEC等での国際標準策定に資する。一方、基盤技術開発参画法人は要素技術（電池開発）参画企業に評価結果等をフィードバックすることで研究開発の加速化に資する。図2-5に要素技術開発と基盤技術開発の連携を示す。

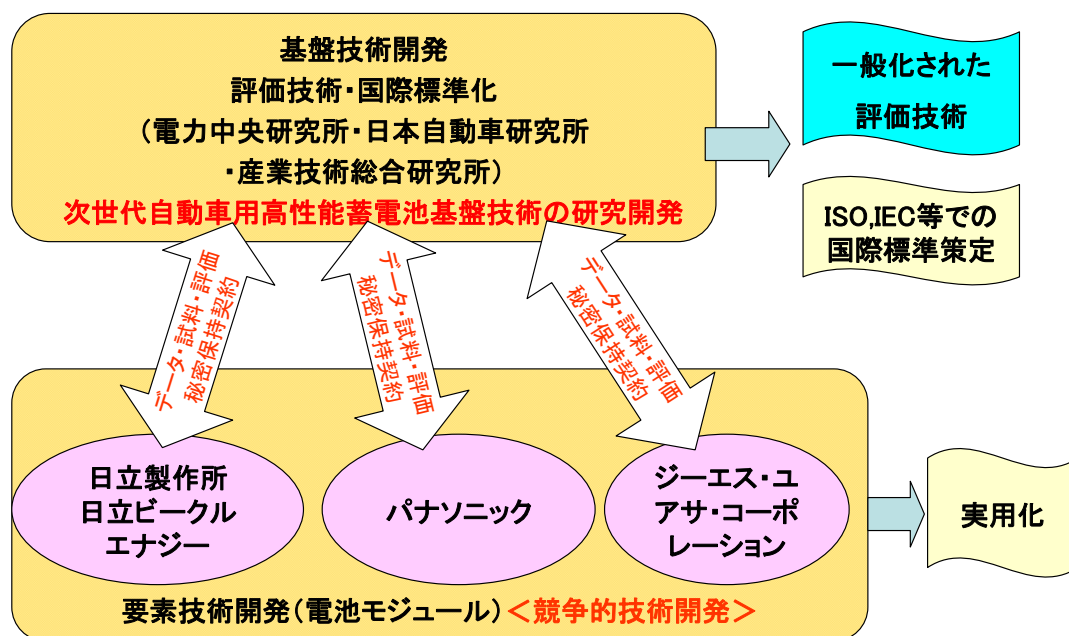


図2-5 要素技術開発（電池開発）と基盤技術開発の連携

## 5. 研究開発の運営管理

### (1) 技術委員会の開催

外部有識者から技術委員を選任して、第三者の立場で研究開発の方向性や技術的内容について審議する技術委員会を設置している。要素技術委員会（電池開発・電池構成材料の開発）には京都大学の小久見教授を、要素技術委員会（周辺機器開発）には東京大学の堀教授を、次世代技術委員会には神奈川大学佐藤教授を、基盤技術委員会には九州大学の山木教授を委員長としてお願いしている。平成19～20年度にわたって、4つに分けたグループ毎で年1～2回の頻度で、それぞれの委託先が参加して開催してきた。また、基盤技術委員会については、プロジェクト全体に係わる評価技術等の共通的な課題について取り扱っているため、全ての委託先に公開して実施することで情報の共有化を図っている。図2-6にプロジェクトライフサイクルにおける各委員会の位置づけを示す。「定期的に進捗状況を把握、今後の開発の方向性を聞いてみよう」とあるが、本委員会の位置づけはここに当たる。また、表2-2に各種委員会の開催スケジュール並びに委員名簿を示す。

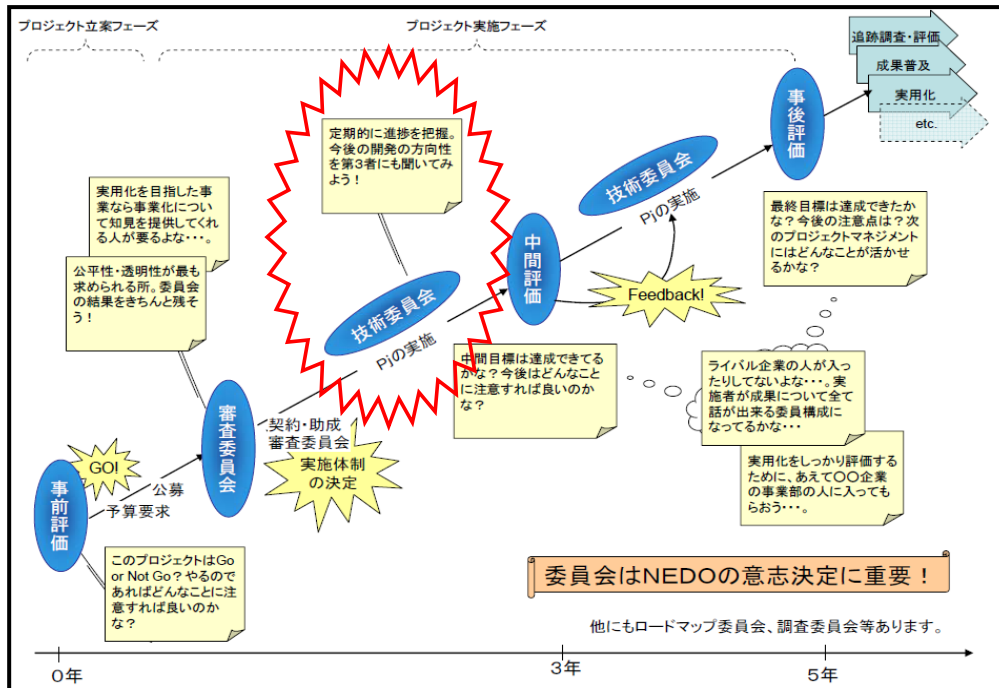


図2-6 プロジェクトライフサイクルにおける各委員会の位置づけ

表2-2 各種委員会の開催実績並びに委員名簿

2-2(a) 要素技術委員会

開催日程

開催日	委員会名
平成20年 4月 9日	平成20年度第1回要素技術委員会 (H19年度採択：電池構成材料・電池制御)
平成21年 4月 9日	平成21年度第1回要素技術委員会 (H20年度採択：モータ+H19年度採択：電池制御)
平成21年 4月 17日	平成21年度第2回要素技術委員会 (H19年度採択：電池構成材料)

委員名簿 (敬称略) (電池構成材料)

	氏名	所属、役職
委員長	小久見 善八	京都大学 産学連携部門 特任教授
委員	藤波 達雄	静岡大学 工学部 特任教授
	櫻井 庸司	豊橋技術科学大学 電気・電子工学系 教授
	神戸 良隆	トヨタ自動車(株) 車両技術本部第HV材料技術部 グループ長
	三森 正仁	ホンダ技術研究所 四輪開発センター第二材料開発室 主任研究員
	寺田 信之	電力中央研究所 材料科学研究所材料物性創製領域リーダー

委員名簿（敬称略）（モータ・電池制御）

	氏名	所属、役職
委員長	堀 洋一	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	小黒 龍一	九州工業大学 情報工学部 システム創成情報工学科 教授
	水谷 良治	トヨタ自動車(株) パワートレーン本部 HV先行開発部 シニアスタッフエンジニア
	米倉 光一郎	日産自動車(株) 総合研究所 電動駆動研究所 主任研究員
	山本 恵一	(株)本田技術研究所 四輪R&Dセンター 第5技術開発室 第1ブロック 主任研究員

2-2(b) 次世代技術委員会

開催日程

開催日	委員会名
平成20年 1月11日	平成19年度第1回次世代技術委員会 (H19年度採択：硫黄系)
平成20年 2月28日	平成19年度第2回次世代技術委員会 (H19年度採択：空気系、リチウム系)
平成20年 9月30日	平成20年度第1回次世代技術委員会 (H19年度採択：硫黄系、空気系、リチウム系)
平成21年 3月16日	平成20年度第2回次世代技術委員会 (H20年度採択：空気系、多価カチオン系、リチウム系)

委員名簿（敬称略）

	氏名	所属、役職
委員長	佐藤 祐一	(国) 神奈川大学 工学部 工学部長・教授
委員	漆畑 広明	(国) 東京工業大学 工学部 教授
	稲葉 稔	(学) 同志社大学 工学部 教授
	宇恵 誠	三菱化学(株) イノベーションセンター フェロー
	宮本 丈司	(社) 日本自動車工業会 EV 副部会長 (日産自動車)
	堀場 達雄	日立ビークルエナジー (株) 主管技師
	村田 利雄	(株) ジーエス・ユアサコーポレーション 部長
	湯浅 浩次	パナソニック (株) エナジー社 グループマネージャー

2-2(c) 基盤技術委員会

開催日程

開催日	委員会名
平成20年 3月19日	平成19年度第1回基盤技術委員会
平成20年12月17日	平成20年度第1回基盤技術委員会

平成21年 6月24日	平成21年度第1回基盤技術委員会
-------------	------------------

委員名簿（敬称略）

	氏名	所属、役職
委員長	山木 準一	(国)九州大学 先導物質化学研究所 教授
委員	齋島 真一	(国)群馬大学 大学院工学研究科 教授
	成澤 和幸	(独)交通安全環境研究所 環境研究領域 上席研究員
	三根 浩二	電気事業連合会 技術開発部 副部長
	宮本 丈司	(社)日本自動車工業会 EV 副部会長 (日産自動車)
	森本 佳成	(社)電池工業会 二次電池技術担当部長
	村田 利雄	(株)ジーエス・ユアサコーポレーション 部長
	堀場 達雄	日立ビークルエナジー (株) 主管技師
	井上 利弘	パナソニック (株) エナジー社 チームリーダー
	米津 育郎	三洋電機 (株) モバイルエナジーカンパニー 統括部長
	内海 和明	オートモーティブエナジーサプライ (株) エグゼクティブ チーフエンジニア

(2) 延長審査の実施

平成21年1月、次世代技術開発におけるステージゲートとして外部有識者が参加し、平成19年度から2年間実施した次世代技術開発の各テーマの延長審査を行なった。この結果、11件ある研究開発テーマのうち9件が延長を認められ、2件が終了となった。

延長審査としては、審査の公平性を図るため6名の審査委員に全てのテーマについて審査をお願いした。審査委員としては、アカデミック関係から2名、電池メーカーから2名、自動車メーカーから2名とした。委託者からは「事前書面審査書類用評価資料」を提出していただき、審査委員による事前書面審査を実施後、延長審査委員会で委託者から「プレゼンテーション」を実施し、審査委員により再評価いただく形式をとった。

事前書面審査書類用評価資料としては以下の内容で依頼した。

文書構成：

A. 平成19～20年度の研究成果

- (1) 本研究開発の目標（設定理由含む）および達成度
- (2) 研究開発成果（得られた知見等）

- ・上記目標値、得られた知見は世界的に見てどの程度の水準にあるか？
- ・得られた成果、知見は新規性、革新性のある成果であるか？

B. 平成21～23年度の研究開発計画

- (1) 研究開発の目標
  - ①平成21年度目標
  - ②平成22年度目標

<p>③平成23年度最終目標</p> <p>(2) 研究計画および研究内容の新規性、技術的優位性</p> <p>①研究内容（課題、課題解決のアプローチ）</p> <p>①—a 平成21年度研究内容</p> <p>①—b 平成22年度研究内容</p> <p>①—c 平成23年度研究内容</p> <p>②研究内容の新規性、技術的優位性</p> <p>③研究体制（参考資料のフォームを活用）</p> <p>*原則として、研究体制はH19年度採択時と同じとする。</p> <p>*予算は2000万円/年以下とする。</p>
--

延長審査委員会は①委託先からのプレゼンテーション【20分】→②質疑応答【10分】→③再評価を委託先毎に繰り返した後に、⑤全委託先評価結果集計→⑥総合審査【60分】を実施した。なお、表2-3に次世代技術開発延長審査における審査基準および審査のポイントを示す。次世代技術開発の観点から、成果の目標達成も重要な項目ではあるが、達成した目標の国際水準から見た優位性等、今後の研究計画の新規性・技術的優位性にも重きを置いた審査とした。また、延長に当たっては、審査委員の4名以上が3点以上かつ6人の平均点が3点以上であることを基準とした。

表 2-3 次世代技術開発延長審査における審査基準および審査のポイント

			審査のポイント	重み付け
平成19年～20年度の 研究成果	A-(1)	研究開発の目標 【目標の達成度】	成果は目標を達成しているか？	2.0
	A-(2)	研究開発成果 【成果のレベル】	達成した目標、得られた知見は国際水準から見て優れた成果と言えるか？	1.5
得られた成果、知見は新規性、革新性のある成果と認められるか？			1.5	
平成21年～23年度の 研究計画	B-(1)	研究開発目標 【目標設定の妥当性】	最終目標に向け、年度目標は適切なレベルに設定されているか？	1.0
	B-(2)	研究計画および 研究内容の 新規性、技術的優位性 【目標設定の妥当性】	課題解決に向けた効果的なアプローチが示されているか？	2.0
※評点は1～5点(0.5点刻みでも可)				
※6名の総合評価点の平均が3点以上 かつ 4名が3点以上のテーマが延長候補。				

要素技術開発および基盤技術開発の各テーマについては、平成21年度に延長審査を実施して後年度の研究延長の可否を判定する。また、次世代技術開発の各テーマについては、平成20年度採

採テーマについては平成 21 年度に、平成 21 年度採択テーマについては平成 22 年度に、延長審査を実施して後年度の研究延長の可否を判定する。要素技術開発並びに基盤技術開発の延長審査における審査基準および審査のポイントについては適切に設定する。

### (3) 成果の普及

委託先の成果については、積極的に特許出願、論文発表、講演発表、広報等で普及を図るよう指導を実施してきている。表 2-4 に平成 21 年度 4 月末時点での外部発表の実績を示す（特許及び論文リストは巻末の参考資料 1 を参照のこと）。また、新聞発表としても、3 件取り上げられているなど成果が順調に出てきている。表 2-5 に平成 21 年度 7 月末時点での新聞発表等の実績を示す。

表 2-4 外部発表の実績

項目	特許出願	論文発表	講演発表
Li-EADプロジェクト	75	64	383

表 2-5 新聞発表の実績

<p>2008/8/18：プレス発表 産総研／NEDO</p> <p>リチウムイオン濃度分布を可視－電子顕微鏡で新技術－</p> <p>「高容量・低コスト新規酸化物正極材料の開発」（産総研・田中化学）</p> <p>平成 20 年 8 月 19 日 電気新聞 朝刊 4 面</p> <p>平成 20 年 8 月 19 日 化学工業日報 朝刊 5 面</p> <p>平成 20 年 8 月 19 日 日経産業新聞 朝刊 9 面</p> <p>平成 20 年 8 月 19 日 日刊工業新聞 朝刊 21 面</p> <p>平成 20 年 8 月 21 日 フジサンケイビジネスアイ 朝刊 6 面</p> <p>2009/3/30：</p> <p>LIB 電解質にイオン液体－有機溶媒系並特性実現－</p> <p>「高出力・高安全性リチウムイオン電池の開発（関西大学・第一工業製薬）</p> <p>平成 20 年 3 月 30 日 化学工業日報 朝刊 1 面</p> <p>2009/7/7：プレス発表 東北大学／NEDO</p> <p>MRI でリチウム電池の内部撮影に成功－リチウムイオンの分布を画像化－</p> <p>「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発」</p> <p>（電中研、JARI、産総研、東北大学）</p> <p>平成 21 年 7 月 13 日 日本経済新聞 朝刊 12 面</p> <p>平成 21 年 7 月 13 日 日経産業新聞 朝刊 10 面</p> <p>平成 21 年 7 月 13 日 電気新聞 朝刊 3 面</p> <p>平成 21 年 7 月 13 日 日刊工業新聞 朝刊 24 面</p> <p>平成 21 年 7 月 14 日 化学工業日報 朝刊 5 面</p>
---

#### (4) 情報の共有化

委託先間の情報の共有化、さらには、外部への情報発信を図るため、研究計画発表会、研究成果報告会、電池討論会でのNEDO共催シンポジウム、海外調査報告会の開催等を実施してきた。

##### ①研究成果報告会研究・研究計画発表会の開催

新規採択テーマの研究開発計画内容について委託先間での情報の共有化をするために、研究計画発表会を開催している。また、採択テーマの目標の達成度等について委託先間での情報の共有化並びにディスカッションをするために研究成果報告会を開催している。平成19年度研究成果報告会においては、「系統連係円滑化蓄電システム技術開発」と連携して報告会を開催することで、同じ蓄電池の技術開発を実施している委託者間の情報等の機会を提供した。また、平成21年3月に蓄電技術開発室が発足しており、平成20年度成果報告会以降も、「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」並びに「系統連係円滑化蓄電システム技術開発」の研究開発報告会を合同開催することになっている。表2-6に研究計画発表会・研究成果報告会の開催日を示す。

表2-6 研究計画発表会・研究成果報告会の開催日

開催日	会議名（開催場所）
平成19年 8月24日	「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」 研究計画発表会 要旨集（JAホール）
平成20年 5月26日 ～ 5月27日	次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発 「系統連係円滑化蓄電システム技術開発」ならびに「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」に関する平成19年度成果報告会（コクヨホール）
平成20年 8月25日	「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発(Li-EADプロジェクト)」平成20年度新規採択テーマ研究計画発表会（JAホール）
平成21年 7月 9日 ～ 7月10日	NEDO蓄電技術開発室 平成21年度成果報告会／平成21年度公募研究計画発表会（東京国際交流会館）

##### ②電池討論会でのNEDOシンポジウムの設置

電池討論会は日本で最大の蓄電池に関する学会である。平成20年度の第49回電池討論会（11/5～11/7、開催地：大阪）において3日間にわたり、NEDO共催シンポジウムを開催した。目標の達成度が重要視される成果報告会と異なり、学会レベルでの技術的なディスカッションがなされており、他の会場に引けをとらないぐらいに開場は大盛況であった。また、「系統連係円滑化蓄電システム技術開発」と連携してシンポジウムを開催することで、委託者間の情報の共有化並びにディスカッションの機会を提供した。今年度も、第50回電池討論会にNEDOシンポジウムを設置することが既に決まっている。表2-7に電池討論会の開催日を示す。

表2-7 電池討論会の開催日

開催日	会議名（開催場所）
平成20年11月 5日～11月 7日	第49回電池討論会（リーガロイヤルホテル堺）
平成21年11月30日～12月 2日	第50回電池討論会（国立京都国際会館）

### ③海外調査報告会の開催

NEDO委託費用で国際学会に参加した委託先に対して、専門分野における国際動向・興味深いトピックスについて講演を依頼した。「系統連係円滑化蓄電システム技術開発」と連携して報告会を開催することで、同じ蓄電池の技術開発を実施している委託者間の情報の共有化の機会を提供した。表2-8に海外調査報告会の開催日を示す。

表2-8 海外調査報告会の開催日

開催日	会議名（開催場所）
平成20年 8月16日	The 14 <sup>th</sup> International Meeting on Lithium Batteries 報告会（経済産業省）
平成20年11月20日	PRIME 2008 Meeting 報告会（経済産業省）

#### （5）国内外の情勢変化への対応

国際標準化の際に、自動車メーカー及び電池メーカーの国際的な競争力の確保及び研究開発を効率化するために日本の実情に併せて国際規格を作成することは極めて重要である。例えば、電池の安全規格が必要以上に厳しくなる規格では、日本の電池メーカーの市場拡大の阻害要因になる可能性が高いと考えられるからである。本事業では、日本自動車研究所を中心に基盤技術開発で自動車用リチウムイオン二次電池の国際標準化・規格化に対応している。標準化のスケジュールとしては、基盤技術開発で各種実験データを蓄積後に、データに裏付けされた国際標準化案を国際標準化機構（ISO）、国際電気標準会議（IEC）に日本案を提案することで主導権をとって標準化活動を進めることを当初目指していた。一方、ドイツからISOに電池の標準試験方法等の提案が先になされたことから、標準化のスケジュールを大幅に見直す必要が生じた。そこで、国際標準化活動を前倒して実施するために必要な予算を配分した。その結果、IECでは日本がコンビナーをとることで、自動車用リチウムイオン二次電池のモジュール並びに単電池の標準化活動について主導権を持ちながら実施しているところである。

また、優れた成果およびその見通しが得られたものについては、委託費の増額などにより研究開発の加速を図っている。具体的な例として、三菱重工業／九州大学／九州電力のポスト鉄オリビン系高性能正極材料の探索において、合成装置・電極塗工装置の導入により研究開発が加速すると判断し、委託費の増額を行なった。

## 6. その他

### （1）ロードマップ策定へ向けた取り組み

NEDO 技術開発機構は、現在、次世代自動車の実用化に向け、リチウムイオン二次電池を中心とする蓄電池技術開発事業並びに基準・標準等の基盤整備事業等の推進機関として産官学の協力の下で研究開発を実施している。一方、技術開発事業を適切に推進するためには、常にステークホルダー（利害関係者）間で「技術開発シナリオ」を共有し、それに沿って効率的、効果的に実施する必要がある。そこで、わが国蓄電池技術開発において取り組むべき技術課題を明確にし、NEDO 技術開発機構の技術開発の方向性を示すとともに、本分野における産官学の効率的かつ的確な研



究開発への取り組みを先導するための参考に供するために、次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発ロードマップ2008を策定した。図2-7に「次世代自動車用蓄電池技術開発ロードマップ2008（概要版）」を示す。

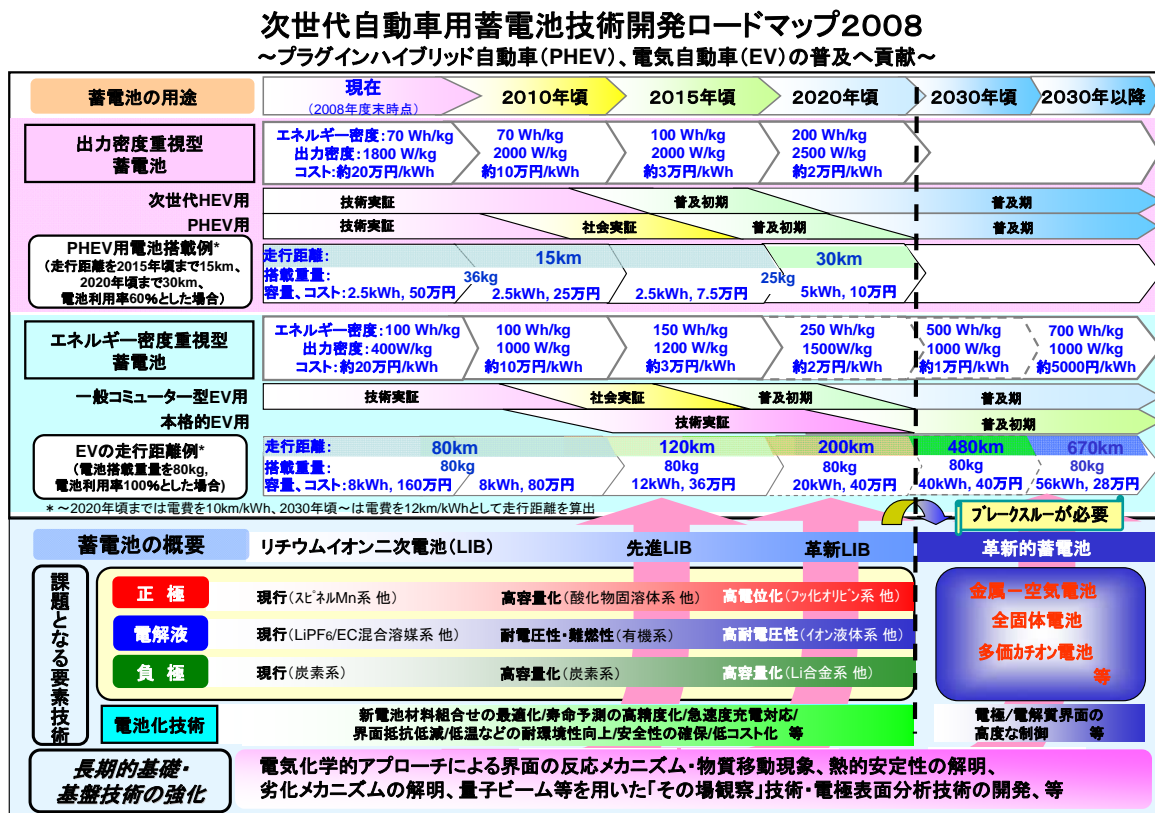


図2-7 次世代自動車用蓄電池技術開発ロードマップ2008（概要版）

「概要版」は、次世代自動車用蓄電池の技術開発の方向性を、エネルギー密度、出力密度、コストを指標として示したものである。目標値としては、平成18年8月に経済産業省で取りまとめられた「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」での提言値を中心に用いた。次世代ハイブリッド(HEV)並びにプラグインハイブリッド(PHEV)用蓄電池を「出力密度重視型蓄電池」、一般通勤型電気自動車(EV)並びに本格的電気自動車(EV)用蓄電池を「エネルギー密度重視型蓄電池」として分類した。特に、「エネルギー密度重視型蓄電池」については、NEDOにおいて2020年頃、2030年頃について自主的な目標値を定めることで開発目標をより明確にした。また、蓄電池の技術開発に関するロードマップではあるが、プラグインハイブリッド自動車並びに電気自動車に蓄電池を搭載した際に想定される、走行距離、蓄電池重量、蓄電池容量、コストを示すことで、蓄電池の技術開発の自動車の性能向上へ与える影響がつかめるようにした。また、蓄電池のよりいっそうの性能向上のための「課題となる要素技術」として、リチウムイオン二次電池(LIB)については、正極材料、負極材料、電解質材料、電池化技術を、革新的蓄電池については、飛躍的なエネルギー密度の向上が期待されている電池系について記載した。また、長期的に取り組むべき基礎・基盤技術については「長期的基礎・基盤技術の強化」として記載した。「材料・電池技術マップ」は、現在実用化されているもの、研究開発が行われているものを中心とし

てまとめたものである。リチウムイオン二次電池としては、正極材料、負極材料、電解質材料毎にまとめたものであり、革新的蓄電池としては飛躍なエネルギー密度等の向上が期待されている電池系についてまとめたものである。また、リチウムイオン二次電池の理論限界を打ち破るエネルギー密度の飛躍的な向上のためには、従来材料の延長線上にない、新規なアイデアに基づく独創的な材料系や電池系の創出も強く望まれている。図2-8に「革新型蓄電池の技術マップ(材料・電池技術マップ版)」を示す。また、各材料並びに電池系の詳細な特徴については、詳細版を参考にされたい。<<http://www.nedo.go.jp/nenryo>>を参照のこととする。

## 革新的蓄電池の技術マップ

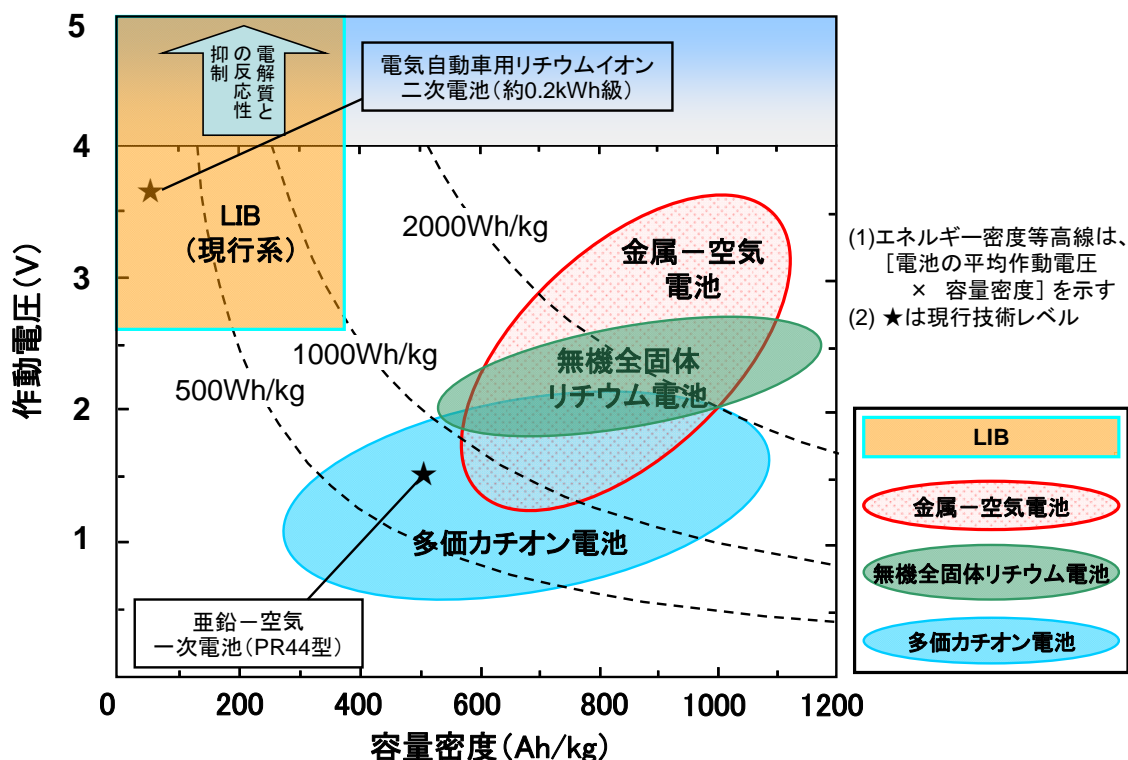


図2-8 革新型蓄電池の技術マップ(材料・電池技術マップ版)

### (2) 学会、シンポジウム等でのNEDO事業についての成果発信

NEDO技術開発機構において、学会、シンポジウム等での講演依頼・執筆依頼等を積極的に受けることで、国内外にわたって当該事業に関する成果発信をしている。表2-9に学会・シンポジウム等の演題並びに開催日を、表2-10に論文の掲載日を示す。

表2-9 学会・シンポジウムの演題並びに開催日

開催日	演題、学会・シンポジウム(開催場所)
平成20年 2月13日	FCV等用リチウム電池技術開発のまとめと今後の展開 自動車技術会(工学院大学)
平成20年 4月 3日	Advanced Battery System Development in Japan AEA2008(フランス)

平成20年 9月17日	Current Status of Development of a High-Performance Battery System for Next-Generation Vehicles in NEDO 第1回先進車載Li会議（米国）
平成20年11月 5日	「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発（Li-EADプロジェクト）」の概要 第49回電池討論会（リーガロイヤルホテル堺）
平成21年 1月22日	NEDOにおける車載用電池開発プロジェクト（Li-EADプロジェクト）の現状 電気化学セミナー1「最先端電池技術-2009」（タワーホール船堀）
平成21年 2月23日	自動車用蓄電池の研究開発におけるNEDOの取り組みについて 第117回アドバンストバッテリー研究会（大阪科学技術センター）
平成21年 2月27日	電動車両及び二次電池を巡る国際動向と日本の情勢 FC-EXPO2009（東京ビッグサイト）
平成21年 3月30日	電動車両用二次電池を巡る国内外の動向 電気化学会第76回大会（京都大学）
平成21年 4月27日	次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発（LI-EADプロジェクト）の概要 TECHNO-FRONTIER2009 第17回 2009バッテリー技術シンポジウム（幕張メッセ）

表2-10 論文の掲載日

掲載日	学会・シンポジウム
平成20年 2月13日	エネルギー・資源（エネルギー・資源学会）

### （3）国際連携への対応

#### ①国際エネルギー機関へのオブザーバー参加：

国際エネルギー機関（IEA）のハイブリッド自動車の実施協定（IA-HEA）のEx-Co会議並びにAnnex XVにオブザーバー参加することで、各国での電動車両等についての政策（研究開発、実証試験並びに普及）の動向について情報収集を実施した。特に、Annex XVはプラグインハイブリッド自動車についての情報交換を目指したAnnexであり、5つのサブタスクに分類されている。具体的な調査内容としては、①Advanced Battery Technologies、②PHEV Components、③Policy Issues and Marketability、④Utilities and the Grid、⑤Group Administration and Communicationsである。

#### ②EUとの連携：

第2回日独環境フォーラムの開催に際し、ワークショップII（効率的な蓄電技術）でLi-ion電池技術についての技術交換を実施している。また、第3回日独環境フォーラムにおいては、蓄電技術を中心に据えたプログラムについて計画している。また、日欧の協力関係の可能性についても日欧専門家会議を通じて協議していく予定である。

### 第3章 研究開発成果について

#### 1. 要素技術開発（電池開発）

##### (1) 事業の目的

要素技術開発（電池開発）は、「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」の中における、先進フェーズに対応している。先進フェーズとは、2015年を目途に、コンピューター型電気自動車（航続距離150km程度、4人乗り）やプラグインハイブリッド自動車を量産化することを目指すフェーズである。電気自動車の用途を業務用からコンピューター型の乗用車にまで拡大すると同時に、ハイブリッド乗用車の充電可能性を確保してそのエネルギー環境性能を格段に引き上げることを目指すフェーズとも言える。また、これらの自動車との並びで、燃料電池自動車の量産化も射程に入ってくるのが想定される。

図3-1に要素技術開発（電池開発）の開発ターゲットを示す。○で囲まれている「Plug-in HV用・燃料電池自動車用リチウム」の電池システム重量エネルギー密度・出力密度が本項目の開発目標に対応している（目標の詳細については（4）で記す）。本研究開発項目（電池開発）では、2015年を目途に、（4）で記載の目標特性を有するリチウムイオン電池の実用化を目指すための電池開発を行うことにより、プラグインハイブリッド自動車の実用化に資する高性能リチウムイオン電池技術を開発することを目的とする。

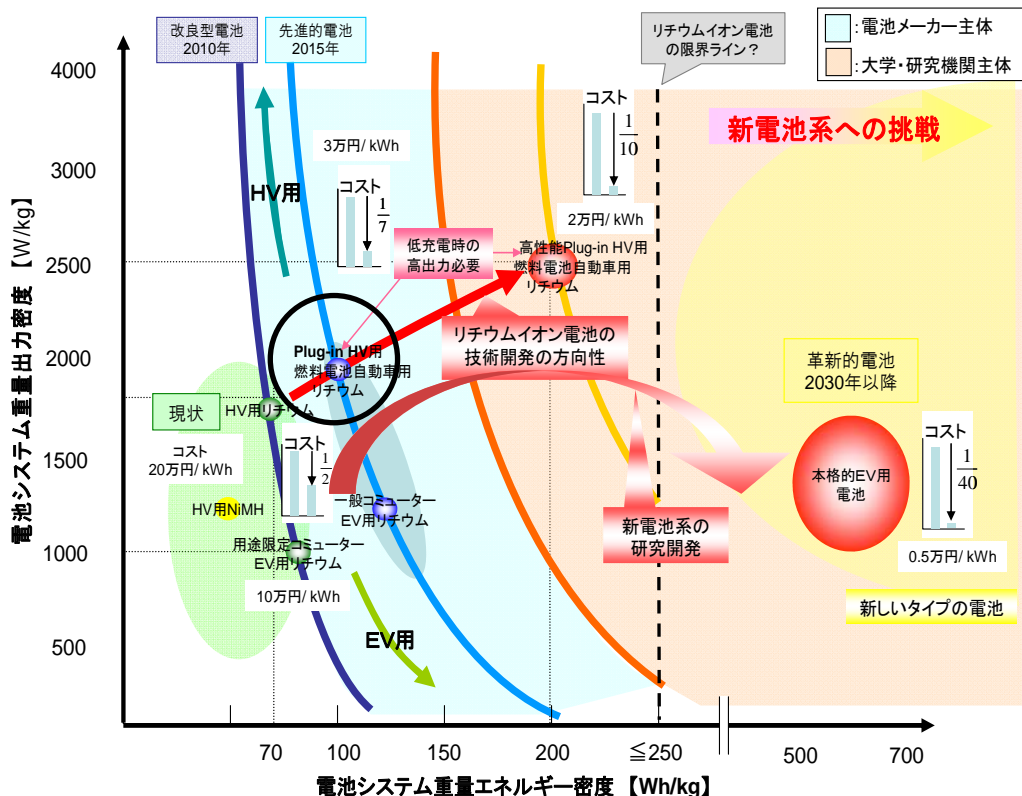


図3-1 要素技術開発（電池開発）の開発ターゲット

## (2) 事業の概要

本事業の前身のプロジェクトである「燃料電池自動車等リチウム電池技術開発」において開発目標を達成した、かつ、プラグインハイブリッド自動車用蓄電池について必要な一定の技術を保有している、パナソニック(株)、(株)ジーエス・ユアサ コーポレーション、(株)日立製作所/日立ビークルエナジー(株)が参画している。研究テーマとしては、パナソニック(株)は、「高耐久形高容量・高出力リチウム二次電池の研究開発」、(株)ジーエス・ユアサ コーポレーションは「高性能リチウムイオン電池(複合システム)の研究開発」、(株)日立製作所/日立ビークルエナジー(株)は「高出力可能な高エネルギー密度型リチウムイオン電池の研究開発」、のテーマで研究開発を実施している。図3-2に次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容(平成21年度)における本研究開発項目の位置づけを示す。

次世代自動車(HEV、EV、FCV等)の早期実用化に資するために、高性能かつ低コストの二次電池及びその周辺機器の開発を実施。

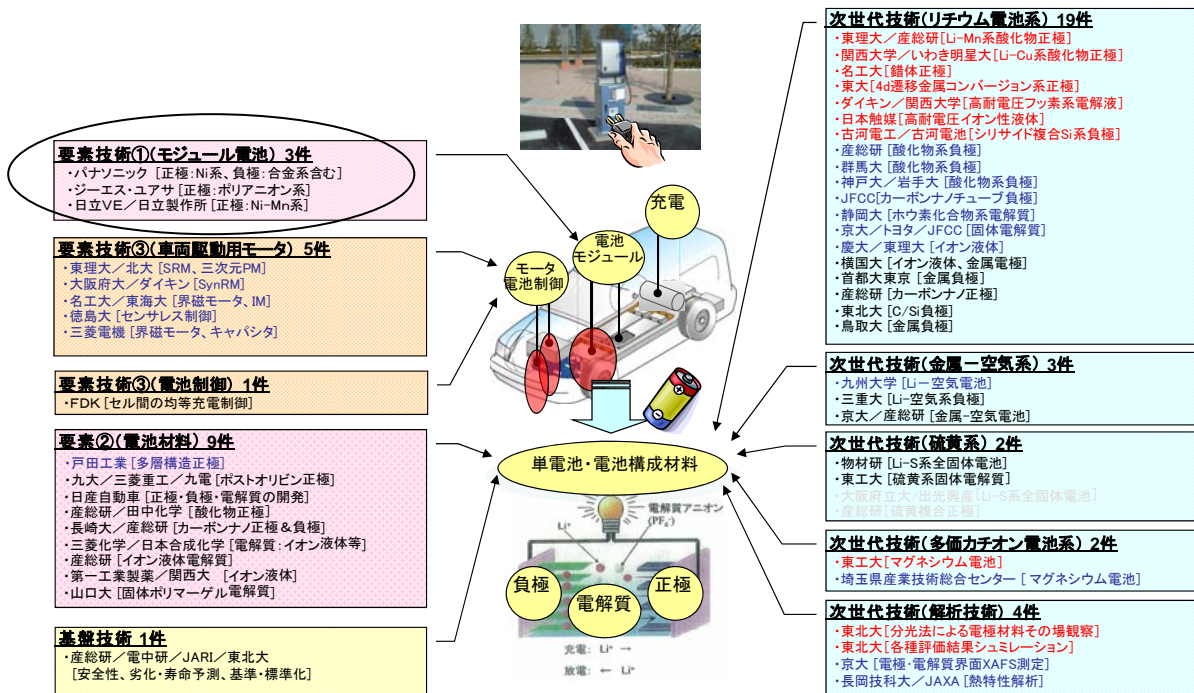


図3-2 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容 (平成21年度)

(本研究開発項目の対象テーマは楕円で囲われている)

平成21年度(中間目標)までには、NiCo系、ポリアニオン系、NiMn系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、10 Ah級単電池を試作・評価し、性能目標(中間目標)を達成する。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する。平成23年度(最終目標)までには、最適な電池システムとしての設計を行い、0.3 kWh級モジュール電池を試作・評価する。そして、3 kWh級パック電池換算において性能の最終目標を達成する(0.3 kWh級モジュール電池の性能値を、3 kWh級パック電池における性能値への換算にはモックアップを作製して試算)。さらに、コスト目標、安全性についても達成する。具体的な研究開発内容については表3-1に示す。

表 3-1 委託先の研究テーマ、研究開発内容

【電池開発】

開始年度	研究テーマ【委託先企業】	研究開発内容
H19～	高耐久形高容量・高出力リチウム二次電池の研究開発【パナソニック(株)】	本研究開発は、高エネルギー密度・高出力でありながら、耐久性とコストを両立させるリチウム二次電池を開発し、次世代自動車用高性能蓄電システムとして提供することを目的に、①電池構成材料の調査・選定、②正極の開発、③負極の開発、④電池の開発を行う。
H19～	高性能リチウムイオン電池（複合システム）の研究開発【(株)ジーエス・ユアサ コーポレーション】	本研究開発は、これまでの開発成果である正極・負極活物質性能改善および新規電解質・添加剤開発による電池の高出力・高エネルギー密度化と低コスト化をはかり、次世代自動車用高性能蓄電システム（複合システム）を開発する。
H19～	高出力可能な高エネルギー密度型リチウムイオン電池の研究開発【(株)日立製作所/日立ビークルエナジー(株)】	本研究開発は、Ni-Mn系正極材および黒鉛系負極材を主要な検討対象として、高エネルギー密度と高出力密度の両立を図ると共に、それらの電池系に最適な機能性電解液等を開発し、軽量・コンパクトな電池モジュールの設計・試作を実施する。

表 3-1 で示した研究開発内容について、電池構成部材（正極材料、負極材料、電解質材料）の観点からまとめたものを図 3-3 に示す。

	正極	電解質	負極
電池開発	パナソニック ・Li(NiCoAl)O <sub>2</sub>	有機電解液	・黒鉛材+Si材料
	ジーエスユアサコーポレーション ・複合系ポリアニオン材料(LiFe(Mn)PO <sub>4</sub> )	有機電解液	・黒鉛材
	日立製作所/日立ビークルエナジー ・NiリッチNi-Mn系	有機電解液	・黒鉛材

図 3-3 要素技術開発（電池開発）の開発ターゲット

(3) 研究開発の実施スケジュールと予算

平成19年に3件のテーマを採択した。また、採択テーマについては平成21年度に、延長審査を実施して後年度の研究延長の可否を判定する。図3-4にプロジェクトの年度計画（要素技術開発：電池開発）を示す。

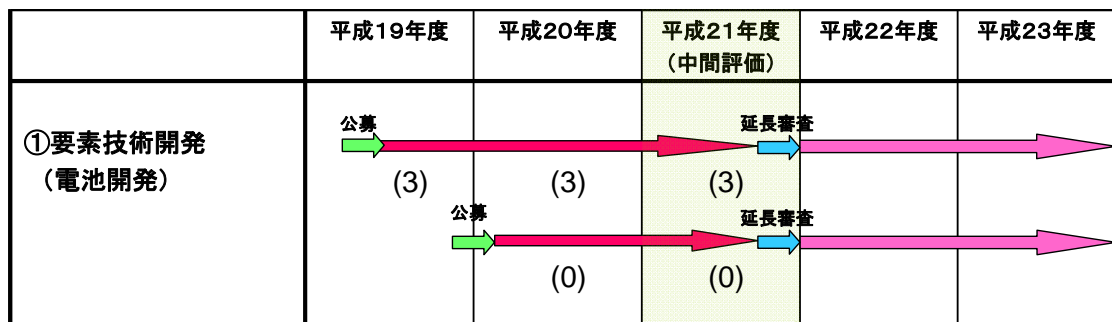


図 3-4 プロジェクトの年度計画（要素技術開発：電池開発）

要素技術開発（電池開発）は、0.3kWh級のモジュール電池の試作や試験等に多くの費用が必要となるため、それらが円滑に実施できるよう、他テーマに比べて特に多くの予算を配分した。表 3-2に委託先の研究予算一覧表（要素技術開発：電池開発）を示す。

表 3-2 委託先の研究予算一覧表（要素技術開発：電池開発）

委託先	研究予算（百万円）			
	H19fy	H20fy	H21fy	総額
パナソニック(株)	186.1	197.1	197.5	580.7
(株)ジーエス・ユアサ コーポレーション	135.1	128.2	127.1	390.4
(株)日立製作所/日立ビークルエナジー(株)	198.9	198.9	198.9	596.7
	520.1	524.2	523.5	1567.8

#### (4) 研究開発目標と中間目標達成度

##### <開発目標>

0.3kWh 級モジュールを作製し、以下の目標（性能目標は 3kWh 級パック電池の換算値）を満足すること。

- ・重量エネルギー密度：100 Wh/kg
- ・重量出力密度：2,000 W/kg
- ・体積エネルギー密度：120 Wh/L
- ・体積出力密度：2,400 W/L
- ・寿命：10 年以上
- ・充放電効率：95 %以上
- ・コスト：4 万円/kWhの見通しを示すこと（100 万パック/年生産時）
- ・安全性：車載時の濫用に耐えること

##### <各委託先の達成目標>

上記開発目標値を基本とするが、各委託研究の目標（中間目標及び最終目標）は、提案者が公募時に研究開発テーマとともに提案し、採択決定後に NEDO 技術開発機構と協議のうえ個別に実施計画に定める。但し、測定方法・測定条件は、基盤技術開発担当法人から提案される「標準試験

法」に従うこととする。表 3-3 に要素技術開発（電池開発）の委託先の達成目標と中間目標達成度を示す。なお、中間目標に対する達成度は平成 21 年度末時点の見込み値である（○：達成済または見込み、△：達成には大幅な特性改善が必要、×：達成困難）。各委託先とも中間目標は既にほぼ達成されている。

表 3-3 要素技術開発（電池開発）の委託先の達成目標と中間目標達成度

3-3(a) 「高耐久形高容量・高出力リチウム二次電池の研究開発」

【パナソニック(株)】

項目	中間目標	達成度	最終目標
エネルギー密度	130 Wh/kg / 270 Wh/L (単電池)	○ / ○	100 Wh/kg / 120 Wh/L (3 kWh級パック電池の換算値)
出力密度	2,600 W/kg / 5,400 W/L (単電池)	○ / ○	2,000 W/Kg / 2,400 W/L (3 kWh級パック電池の換算値)
寿命	---	---	10年以上 (0.3 kWh級モジュール電池)
充放電効率	95 % (単電池)	○	95 %以上 (0.3 kWh級モジュール電池)
コスト	---	---	4万円/kWhを見通す (3 kWh級パック電池の換算値)
安全性	---	---	車載時の濫用に耐える (0.3 kWh級モジュール電池)

3-3(b) 「高性能リチウムイオン電池（複合システム）の研究開発」

【(株)ジーエス・ユアサ コーポレーション】

項目	中間目標	達成度	最終目標
エネルギー密度	100 Wh/kg または 120 Wh/L (基本設計)	○	100 Wh/kg / 120 Wh/L (3 kWh 級パック電池の換算値)
出力密度	2000 W/kg または 2400 W/L (基本設計)	○	2,000 W/Kg / 2,400 W/L (3 kWh 級パック電池の換算値)
寿命	---	---	10 年以上 (0.3 kWh 級モジュール電池)
充放電効率	---	---	95 %以上 (0.3 kWh 級モジュール電池)
コスト	---	---	4 万円/kWh を見通す (3 kWh 級パック電池の換算値)
安全性	---	---	車載時の濫用に耐える (0.3 kWh 級モジュール電池)



3-3(c) 「高出力可能な高エネルギー密度型リチウムイオン電池の研究開発」

【(株)日立製作所／日立ビークルエナジー(株)】

項目	中間目標	達成度	最終目標
エネルギー密度	115 Wh/kg (単電池)	○	100 Wh/kg / 120 Wh/L (3 kWh 級パック電池の換算値)
出力密度	2,500 W/kg (単電池)	○	2,000 W/Kg / 2,400 W/L (3 kWh 級パック電池の換算値)
寿命	7年以上 (単電池)	○	10年以上 (0.3 kWh 級モジュール電池)
充放電効率	---	---	95%以上 (0.3 kWh 級モジュール電池)
コスト	---	---	4万円/kWhを見通す (3 kWh 級パック電池の換算値)
安全性	安全性試験の実施 (単電池)	○	車載時の濫用に耐える (0.3 kWh 級モジュール電池)

また、中間目標としては単電池での値を示しているが、エネルギー密度及び出力密度の電池パック値から単電池への換算は、2006年8月経済産業省報告書「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」<<http://www.meti.go.jp/report/data/g60824bj.html>>を参照した。参考までに、図3-5に電池パックから単電池への重量エネルギー密度の換算イメージ図を、表3-4に電池パックの重量エネルギー密度並びに重量出力密度をNEDO目標値に設定した際の単電池の換算値を示す。

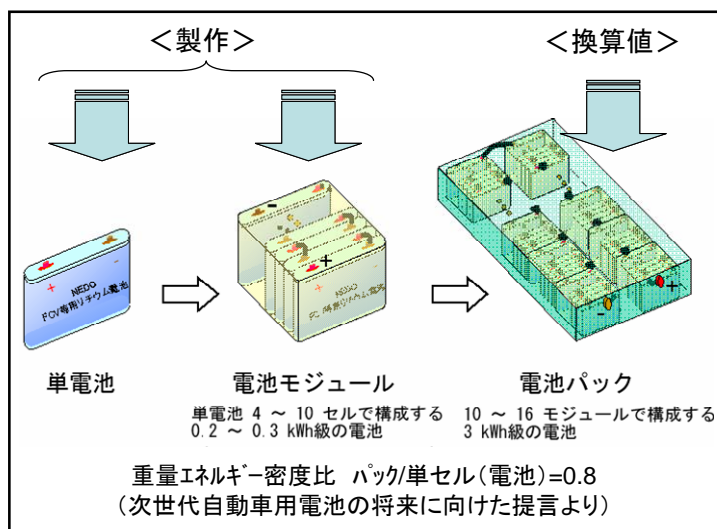


図 3-5 電池パックから単電池への重量エネルギー密度の換算イメージ図

表 3-4 電池パックの重量エネルギー密度並びに重量出力密度を  
NEDO 目標値に設定した際の単電池の換算値

	単電池	電池パック
重量エネルギー密度 (Wh/kg)	125 (=100/0.8)	<b>100</b>
体積エネルギー密度 (Wh/L)	250 (=125x2)	120 (=100x1.2)
重量出力密度 (W/kg)	2,500 (=2,000/0.8)	<b>2,000</b>
体積出力密度 (W/L)	5,000 (=2,500x2)	2,400 (=2,000x1.2)

(5) 研究開発成果例

【パナソニック(株)】

本研究開発では、正極にニッケル酸リチウム、負極に黒鉛系ならびに合金系活物質を用いて、プラグインハイブリッド自動車等、次世代クリーンエネルギー自動車用の高エネルギー密度電池の開発を行い、耐久性や信頼性の確立を目指すことを目的とする。

1. 高エネルギー密度化

ニッケル酸リチウムにおいて、Al量を低減させると高容量化となるが、高温保存時の抵抗が上昇するという課題に対し、活物質の合成方法の改良によって、同じAl量においても、約10%の高容量化と高温保存時の抵抗上昇を長期間において大幅に抑制できる正極活物質を見出した(図3-6、図3-7)。

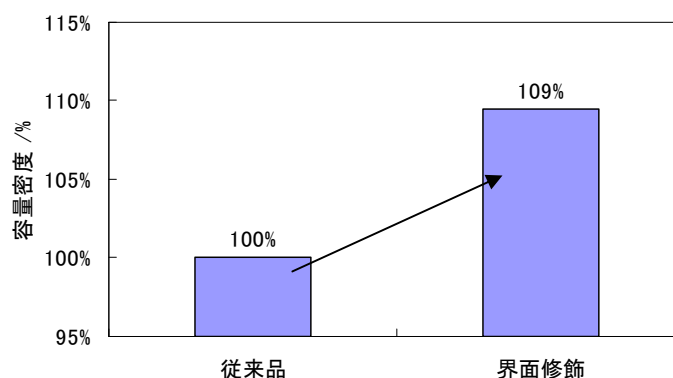


図 3-6 正極界面修飾の効果 (初期容量)

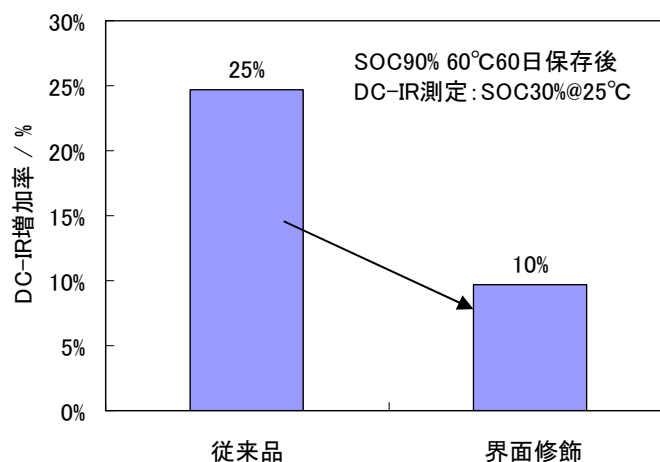


図 3-7 正極界面修飾の効果 (抵抗上昇)

また、リチウム二次電池の更なる高容量化へ向けて、合金系負極としてTi-Si合金を用いてその充放電特性を検討した。充放電時の活物質の膨張収縮により容量の低下が見られたが、黒鉛表面に合金を造粒した場合には充放電特性に改善がみられた。

## 2. 高出力化

電池の入出力特性の向上において寄与が大きいと考えられる、負極の黒鉛系材料の入出力特性の向上と DC-IR の増加抑制を目的として、負極材料の界面に各種の修飾を施した材料を用いて極板を作製して検討した。その結果、黒鉛材料や修飾の違いで電池のインピーダンス解析から求めた反応抵抗に違いが見られた。また、反応抵抗と、パルス充放電時における DC-IR の関係には相関が見られ、負極材料の界面修飾により電池の DC-IR の低減が可能であることが明らかとなった。

## 3. 耐久性

プラグインハイブリッド自動車を想定した場合、電池がパルスのに充放電される場合と、放置される（走行していない時）場合の二種類の劣化が想定されるため、ニッケル酸リチウム正極ならびに黒鉛系負極を組み合わせたセルの長期耐久性を検証した。開発材料により保存試験時およびサイクル試験時の両者においても DC-IR 増加の抑制がみられた（図 3-8）。

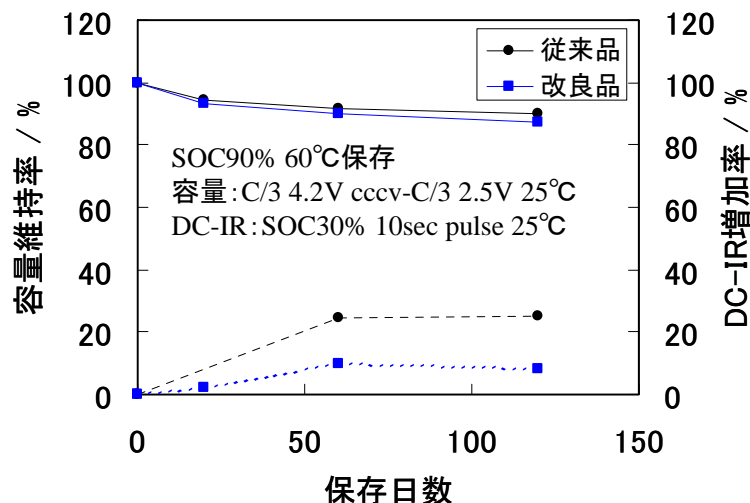


図 3-8 正極改良による保存 (SOC90% 60°C) 特性の評価

一方、電池を高温保存した後の劣化モードを明らかにするために実施した解析結果の例として、SOC100%で 60°Cにおいて 105 日保存した電池の負極の SPM 解析を行なった（図 3-9）。その結果、保存後の負極では導電面積率の低下が著しいことが示された。

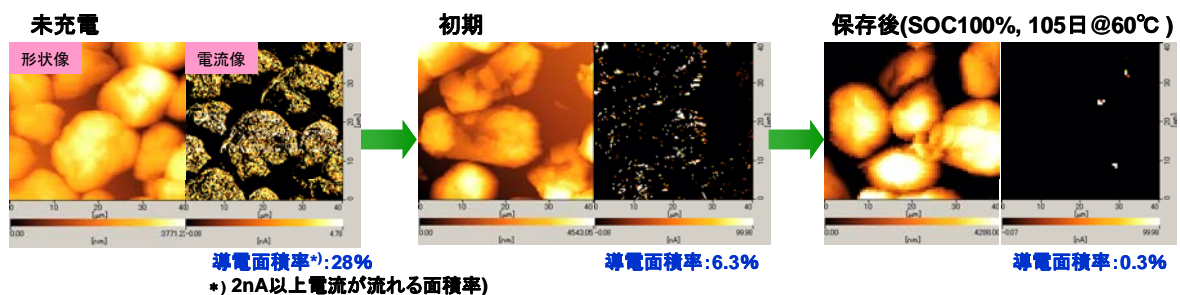


図 3-9 SPMによる負極板の解析

#### 4. セルおよびモジュール設計開発・充放電制御システム

改良した材料を用いた正極板および負極板の電極設計（合剤組成、合剤厚み等）と、極板化プロセス（合剤ペーストの調整方法等）、防爆弁構造等の電池構造・組立プロセスの検討を行った。また、開発セルの安全性評価を実施し、誤用時の安全レベルの把握と現象確認を行なった。得られた実電池は容量が 10Ah で、開発目標の達成を確認できた（図 3-10）。

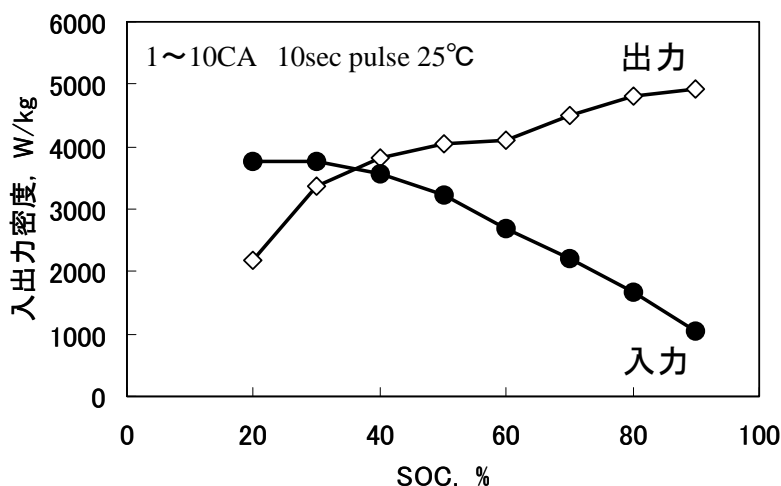


図 3-10 開発品の入出力特性

#### 【(株)ジーエス・ユアサ コーポレーション】

本研究開発では、前プロジェクトで用いた「複合系材料」の技術に、「ポリアニオン材料」としての「新規ポリアニオン正極活物質」の技術を加えた「複合システム」を用いることで、本プロジェクトの開発目標として掲げられた重量エネルギー密度、重量出力密度、体積エネルギー密度、体積出力密度、寿命、充放電効率、コスト、安全性という多岐の性能をモジュール電池で具現化し、次世代自動車の実用化に貢献することを目的とする。

##### 1. 単電池開発

###### ①材料要素技術開発：

「リン酸鉄リチウム」開発：異種元素を添加したリン酸鉄リチウムの合成をおこない、得られた活物質の粒子表面に「ナノ集電ネットワーク」を形成し、その放電容量は 145 mAh/g 以上（単極セル）のものが得られた。

「高電位ポリアニオン」開発：「高電位ポリアニオン」材料として、リン酸鉄リチウムの鉄の一部をマンガンで置換したものの合成をおこなった。種々の検討の結果から、可逆電位が約 3.9 V、初期放電容量が約 157 mAh/g のものが得られた（図 3-11）

###### ②電池要素技術開発：

正極に「新規ポリアニオン正極材料」を用いた「複合システム」電極を、負極にグラファイト系を使用した小形電池を製作した。この電池における「複合システム」電極の電極容量密度は約 220 mAh/cm<sup>3</sup>であった。

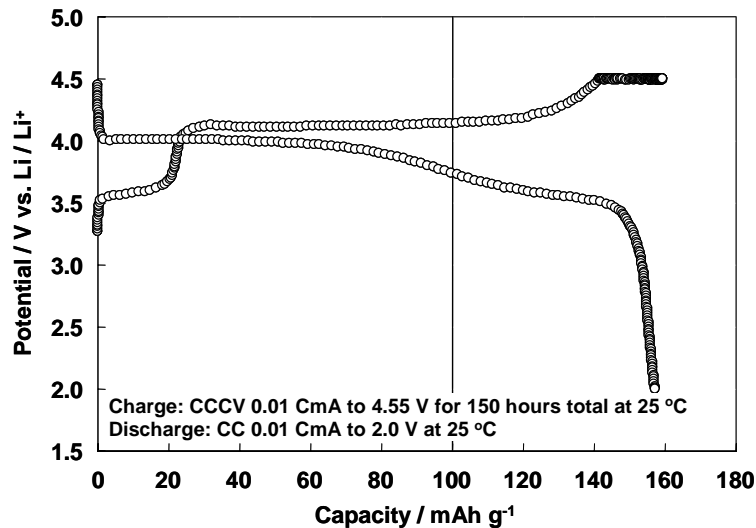


図 3-11 「高電位ポリアニオン正極」の初期充放電曲線

③電池構造要素技術開発：

正極に「複合システム」電極を、負極にグラファイトを使用し、レーザー溶接による密閉方法を採用したモデル単電池を製作した。図 3-12 にモデル単電池の初期放電曲線を示す。これらの値から計算される重量エネルギー密度は、127 Wh/kg であった。これらの結果をもとにして、3 kWh 級パック電池の換算値で、重量エネルギー密度 100 Wh/kg、または体積エネルギー密度 120 Wh/L を、さらに重量出力密度 2,000 W/kg または体積出力密度 2,400 W/L が可能となる単電池の基本設計を確立した。

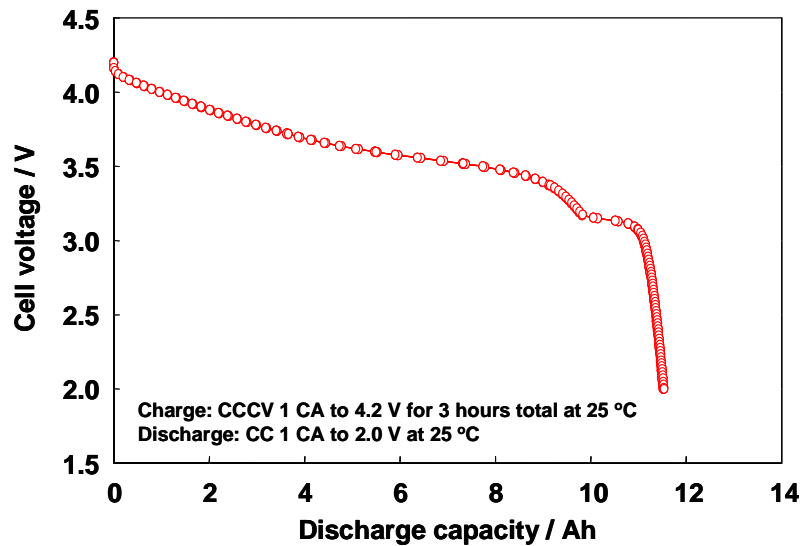


図 3-12 平成 20 年度開発モデル単電池の初期放電曲線

## 2. モジュール電池開発

### ① 回路要素技術開発

柔軟性材料によるハーネスレス化の検討として、「Flexible Printed Circuits (FPC)」を採用し、ハーネスを使用せずに電池、サーミスタとの接続ができた。さらに、単電池と電池監視回路基板を段差配置しても、電池監視システムは動作可能であった。開発した電池監視回路基板を図 3-13 に示す。

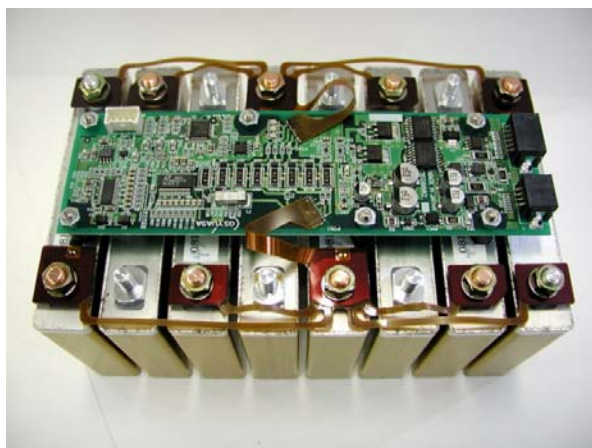


図 3-13 平成 20 年度開発電池監視回路基板

### ② モジュール電池要素技術開発

モジュール電池について、単電池の端子間に電池監視回路基板を配置することによって、必要な機能を有しながらも軽量かつコンパクトなモジュール化のための基本設計を確立した。

#### 【(株)日立製作所、日立ビークルエナジー(株)】

本研究開発では、石油依存度の低減および環境負荷の軽減が可能なプラグインハイブリッド電気自動車などの次世代クリーンエネルギー自動車の実用化に資する高性能リチウムイオン電池を開発することを目的とする。

#### 1. 材料の改良・開発

正極材料の安定性の向上を図ることを目的に異種元素置換の正極材料の開発を進めた。一般的な正極材料の中ではスピネルMnの熱安定性が比較的高いことが知られており、ここではMn酸化物より結合力が強い異種元素を対象に元素置換を試みた。満充電状態での異種元素置換正極材の昇温脱離酸素ガス分析により、急激な酸素ガスの脱離を抑制するなどの制御が可能なことを見いだした(図3-14)。異種元素置換正極材を用いた小容量電池は、無置換材料に比較して放電容量が約6%小さくなったものの、負荷特性は置換材料の電池の方が良好であり、車載用電池に要求される高負荷特性が異種元素置換により損なわれないことがわかった(図3-15)。負極は貯蔵劣化抑制を目的に、平成19年度選定(B材)の負極と同等の負荷特性を有する低比表面積の黒鉛材(D材)を選定した(図3-16)。

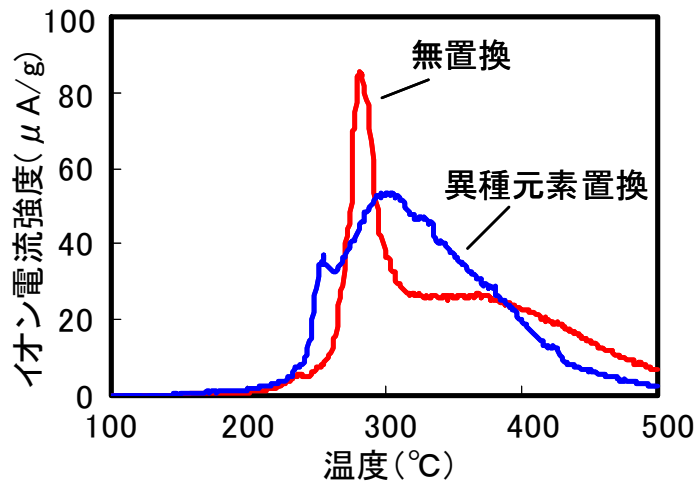


図3-14 正極材料の昇温脱離酸素ガス分析

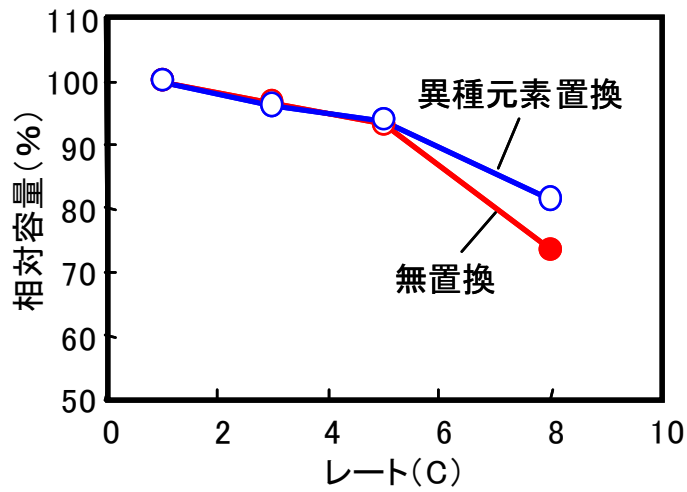


図3-15 小容量電池の負荷特性

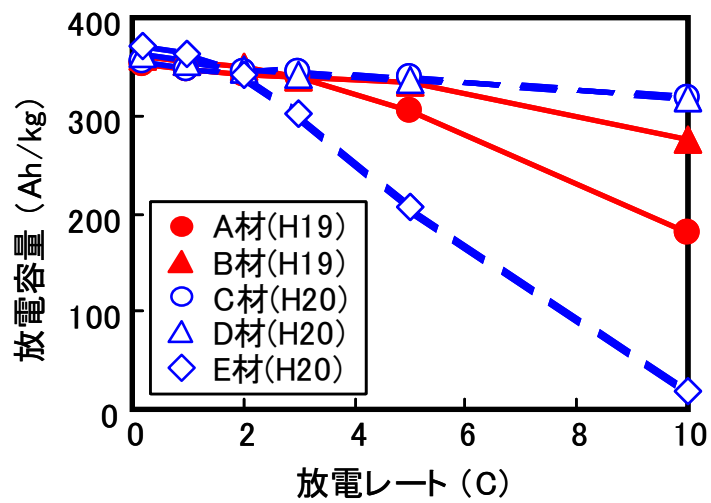


図 3-16 黒鉛負極の負荷特性

## 2. 材料の電池適用技術

新規負極材の塗布性の改善、および電極基体への接合強度向上のために結着剤の最適化を図り、大バッチでの均一なスラリーを調製し、10 Ah級単電池の試作に適用した。また、さらなる塗布性の改善と結着性向上のために新規結着剤の検討にも着手した。

## 3. 単電池構造の研究開発

単電池の集電および端子構造とガス放出弁である構造の改良等を進めた。主な改良点は、前者は電池容器を無極性にして正負両極の端子と絶縁したことである。後者はガス排出能力の向上のためにガス放出弁の総面積を拡大したことである。試作した単電池は、アルミニウム材の電池缶に収納した扁平形で、1C放電容量は14Ahで、エネルギー密度は115 Wh/kgとなった(図3-17)。また、10秒目電圧から外挿法により求めた50% SOCにおける出力密度は2800 W/kgであった(図3-18)。

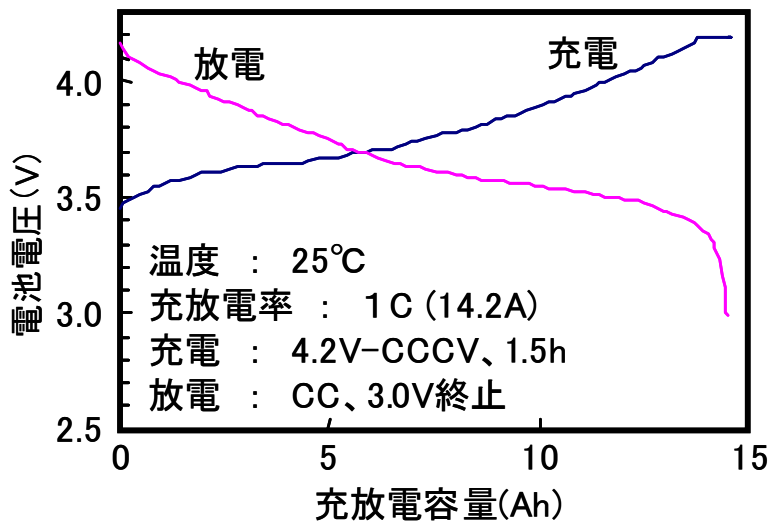


図 3-17 10 Ah 級単電池の充放電特性

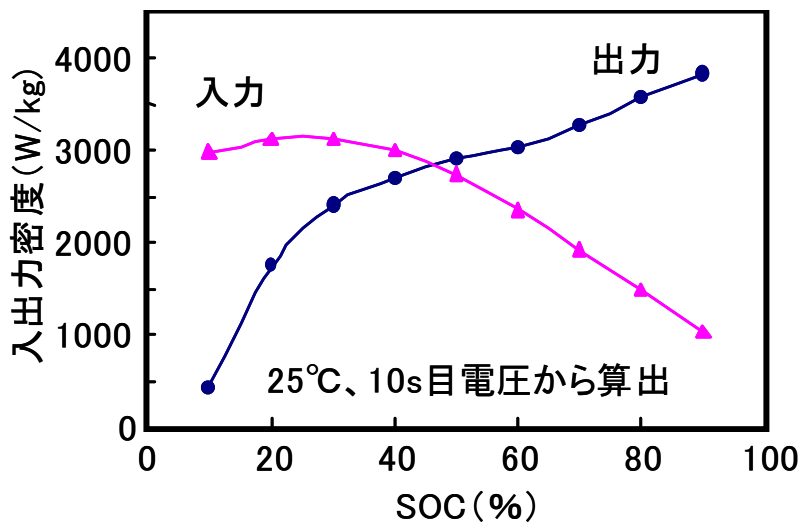



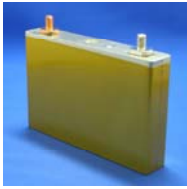

図 3-18 10 Ah 級単電池の入出力特性



【まとめ】

現時点までに開発された単電池の仕様をまとめたものを表 3-5 に示す。

表 3-5 開発された単電池の仕様

	パナソニック	ジーエス・ユアサ ・コーポレーション	日立製作所／日立 ピークルエナジー
正極活物質	NiCoAl系	複合システム	Ni-Mn系
負極活物質	黒鉛	黒鉛	黒鉛
容量	10 Ah	11.5 Ah	14 Ah
重量エネルギー密度	142 Wh/kg	127 Wh/kg	115 Wh/kg
重量出力密度	4,093 W/kg	2,130 W/kg	2,800 W/kg
サイズ	154 mm (W) × 12 mm (D) × 80 mm (H)	113.1 mm (W) × 20.6 mm (D) × 74.2 mm (H)	120 mm (W) × 23 mm (D) × 97 mm (H)
写真			

(6) 成果の普及

平成 21 年度 4 月末時点での外部発表の実績を表 3-6 に示す。

表 3-6 外部発表の実績

研究テーマ名	実施者	特許 出願	論文 発表	講演 発表
高耐久形高容量・高出力リチウム二次電池の研究開発	パナソニック	8	0	7
高性能リチウムイオン電池（複合システム）の研究開発	ジーエス・ユアサ ・コーポレーション	6	1	3
高出力可能な高エネルギー密度型リチウムイオン電池の研究開発	日立製作所 日立ピークルエナジー	12	0	3
		26	1	13

(7) 最終目標達成の見通し

中間目標はほぼ達成されており、最終目標である重量エネルギー密度、重量出力密度等については達成の見通しが得られている。今後、安全性試験結果を踏まえた電池構造の改良を進めることで安全性を確保していくこと、劣化機構の解明ととともに活物質、電解液、セパレーターなどの電池材料の総合的対応により寿命の改善を図ることで、安全性、寿命についても最終目標の達成は可能である。また、コスト、充放電効率については最終目標値の難易度が高いが達成を目指して研究開発を実施する。

## 2. 要素技術開発（電池構成材料開発および電池反応制御技術の開発）

### (1) 事業の目的

要素技術開発（電池構成材料開発および電池反応制御技術の開発）（以下、要素技術開発（電池構成材料開発という）は、「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」の中における、先進フェーズと革新フェーズの間に対応している。2020年を目途に、高性能プラグインハイブリッド自動車を量産化することを目指すフェーズである。電機自動車の中距離走行を確保してそのエネルギー環境性能をコンピューター型の性能より格段に引き上げることを目指すフェーズとも言える。また、これらの自動車との並びで、燃料電池自動車の量産化も射程に入ってくるのが想定される。

図3-19に要素技術開発（電池構成材料開発）の開発ターゲットを示す。○で囲まれている「高性能Plug-in HV用・燃料電池自動車用リチウム」の電池システム重量エネルギー密度・出力密度が本項目の開発目標に対応している（目標の詳細については（4）で記す）。本研究開発項目（電池構成材料開発）では、2015年以降での実用化を目途に、（4）で記載の目標特性を有するリチウムイオン電池の実用化を目指すための電池開発を行うことにより、高性能プラグインハイブリッド自動車等の実用化に資する高性能リチウムイオン電池技術を開発することを目的とする。

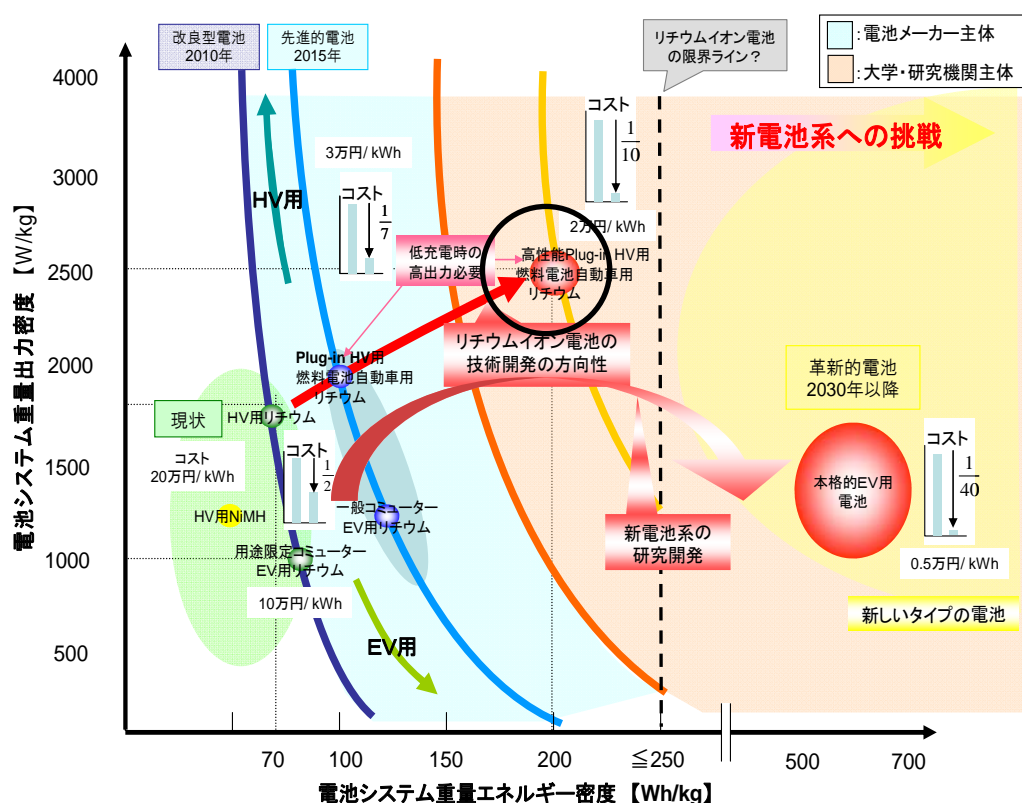


図3-19 要素技術開発（電池構成材料開発）の開発ターゲット

### (2) 事業の概要

研究開発には、リチウムイオン二次電池の「電池構成材料開発および電池反応制御技術」に必要な一定の技術を保有している、(国)九州大学、三菱重工業(株)、九州電力(株)、(独)産業技術総合研究所、(株)田中化学研究所、戸田工業(株)、日産自動車(株)、(国)長崎大学、三菱化学(株)、

日本合成化学工業(株)、(学)関西大学、第一工業製薬(株)、(国)山口大学が委託先として参画している。また、再委託先として、(学)神奈川大学、(国)東京工業大学、エルクセル(株)が参画している。

研究テーマとしては、(国)九州大学/三菱重工業(株)/九州電力(株)は「ポスト鉄オリビン系高性能リチウム二次電池の研究開発」、(独)産業技術総合研究所/(株)田中化学研究所は「高容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発」、戸田工業(株)は「多層構造粒子設計による高出力リチウムイオン電池用正極活物質の研究開発」のテーマで、正極材料についての研究開発を実施している。また、日産自動車(株)は「高容量電池の研究開発」、(国)長崎大学/(独)産業技術総合研究所は「活物質/カーボンナノ複合構造制御による高出力・大容量Li イオン二次電池の研究開発」のテーマで、正極に加えて負極材料についても研究開発を実施している。一方、三菱化学(株)/日本合成化学工業(株)は、「大型リチウム二次電池用高安全性電解質の研究開発」、(学)関西大学/第一工業製薬(株)は「高出力・高安全性リチウムイオン電池の開発」、(国)山口大学は「高出力リチウムイオン電池用の不燃性ポリマーゲル電解質の研究開発」、(独)産業技術総合研究所は「リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発」、のテーマで、主に電解質材料について研究開発を実施している。図3-20に次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容(平成21年度)における本研究開発項目の位置づけを示す。

次世代自動車(HEV、EV、FCV等)の早期実用化に資するために、高性能かつ低コストの二次電池及びその周辺機器の開発を実施。

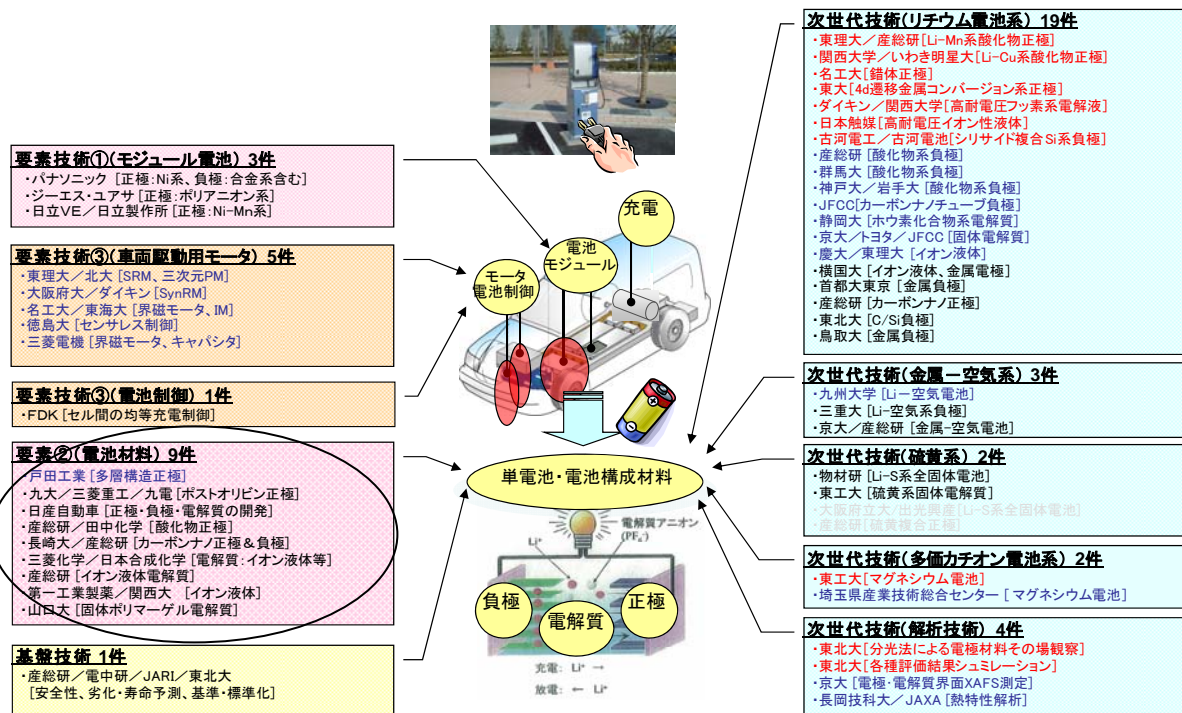


図3-20 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容(平成21年度)  
(本研究開発項目の対象テーマは楕円で囲われている)

平成21年度(中間目標)までには、リチウムイオン二次電池の電極材料としては、新規の酸化物型正極材料、新規のポリアニオン系正極材料の開発と合成方法の検討、コンビナトリアル法に

よる新規電極材料等の探索、カーボンナノ構造正極の開発等を、電解質については、FSA(FSI)系やFTA(FTI)アニオン系のイオン液体電解質、ヘテロ元素含有電解質、不燃性固体ポリマー電解質の探索、合成と創製等を実施することで、中間目標を達成する。また、反応制御技術開発の一環として、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の解析技術開発を実施することで、新規材料開発の目標達成に資する。平成 23 年度(最終目標) までには、開発した材料を用いた小型実用単電池を作製し、性能目標(最終目標)を達成する。具体的な研究開発内容については表 3-7 に示す。

表 3-7 委託先の研究テーマ、研究開発内容

【正極材料】

開始年度	研究テーマ【委託先】	研究開発内容
H19～	ポスト鉄オリビン系高性能リチウム二次電池の研究開発【(国)九州大学／三菱重工業(株)／九州電力(株)】	本研究開発は、正極材開発として、ポストオリビン系リン酸鉄材料の性能向上を図るとともに新規正極活物質の開発を行う。
H19～	高容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発【(独)産業技術総合研究所／(株)田中化学研究所】	本研究開発は、次世代クリーンエネルギー自動車用リチウムイオン電池の高エネルギー密度化・高出力密度化に資するため、低コストかつ資源的に豊富な元素(Mn、Fe等)を主体とする新規高容量酸化物正極材料を開発する。
H20～	多層構造粒子設計による高出力リチウムイオン電池用正極活物質の研究開発【戸田工業(株)】	本研究開発は、各種正極材料の長所を活かした複合化正極材料を開発すると同時に、材料表面と電解液の酸化還元反応を制御した正極材料を開発する。更に、高密度で球状性に優れた前駆体合成技術を開発することにより、高エネルギーと高出力の両立可能な正極材料を開発する。

【正極材料・負極材料】

開始年度	研究テーマ【委託先】	研究開発内容
H19～	高容量電池の研究開発【日産自動車(株)】	本研究開発は、エネルギー密度 300 Wh/kg 以上の先進型リチウムイオン電池を開発する。また、量子化学・統計力学に基づくコンピュータ材料設計技術とコンビナトリアル実験手法を開発・適用し、研究開発スピードと効率を向上させる。
H19～	活物質/カーボンナノ複合構造制御による高出力・大容量 Li イオン二次電池の研究開発【(国)長崎大学／(独)産業技術総合研究所】	本研究開発は、活物質とカーボンのナノ複合構造を制御し、電極としての最適化を図ることにより、高出力と大容量の両方の特性を兼ね備えた Li イオン二次電池の開発を行う。

【電解質材料】

開始年度	研究テーマ【委託先】	研究開発内容
H19～	大型リチウム二次電池用高安全性電解質の研究開発【三菱化学(株)／日本合成化学工業(株)】	本研究開発は、大型リチウム二次電池の安全性の確保に加えて、電極活物質の使用電位領域の拡大により高エネルギー・出力密度化を達成することを目的に高安全性電解質を創製する。
H19～	高出力・高安全性リチウムイオン電池の開発【(学)関西大学／第一工業製薬(株)】	本研究開発は、低粘度高イオン導電性を有するイオン液体の開発を行うとともに、正極材料は、新規プロセスによって微粒子化マンガン/鉄系材料の開発を検討し、さらに電極構造を最適化することで高入出力性と信頼性の高い材料設計を実施する。
H19～	高出力リチウムイオン電池用の不燃性ポリマーゲル電解質の研究開発【(国)山口大学】	本研究開発は、安全性に優れた高出力リチウムイオン電池を実現することを目的に、高いリチウムイオン伝導性を有する不燃性の固体ポリマーゲル電解質薄膜を開発する。
H19～	リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発【(独)産業技術総合研究所】	本研究開発は、リチウム二次電池の安全性を高める液体電解質媒体として、難燃性・難揮発性が主な特徴であるイオン液体(常温溶解塩)の適用を検討し、既存の有機電解液系リチウム二次電池の構成を生かしつつ、安全性に優れた車載用リチウム二次電池システムの実現に資するイオン液体電解質を開発する。

表 3-7 で示した研究開発内容について、電池構成部材（正極材料、負極材料、電解質材料）の観点からまとめたものを図 3-21 に示す。

	正極	電解質	負極
電池構成材料開発	九州大／三菱重工／九州電力 ・MF <sub>3</sub> フッ化金属ヘロスカイト系 ・LiMnPO <sub>4</sub> 、Li <sub>2</sub> MPO <sub>4</sub> F(フッ素化) ・Li <sub>2</sub> MSiO <sub>4</sub> (ケイ酸化)	三菱化学／日本合成化学工業 ・ヘテロ元素(F,S,P等)含有溶媒 ・イオン液体・ゲル化	日産自動車 ・Li-Si系
	日産自動車 ・固溶体系、珪酸塩系、遷移金属4配位系	関西大／第一工業製薬 ・FSA(FSI)アニオン系イオン液体	長崎大／産総研 ・グラファイトナノ多孔体 ・Liホスト金属(Sn,Si,Li) ・カーボンナノ複合多孔体
	産総研／田中化学 ・Li <sub>2</sub> MO <sub>3</sub> (M: Mn and Fe) ・Li <sub>0.44+x</sub> MO <sub>2</sub> (M: Mn and Ti)	産総研 ・非対称パーフルオロアニオン系イオン液体	
	戸田工業 ・Li(NiCoAl)O <sub>2</sub> ・Li <sub>1+w</sub> (Ni <sub>a</sub> Co <sub>b</sub> Mn <sub>c</sub> ) <sub>1-w</sub> O <sub>2</sub>	山口大 ・固体ポリマーゲル電解質	
	長崎大／産総研 ・カーボンナノ複合多孔体 (V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 、LiMnPO <sub>4</sub> 、LiFePO <sub>4</sub> 、LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )		

図 3-21 要素技術開発（電池構成材料開発）の開発ターゲット

(3) 研究開発の実施スケジュールと予算

平成19年に8件のテーマを採択し、平成20年に1件のテーマを採択した。また、平成19年度並びに平成20年度採択テーマについては平成21年度に延長審査を実施して、後年度の研究延長の可否を判定する。図3-22にプロジェクトの年度計画（要素技術開発：電池構成材料開発）を示す。

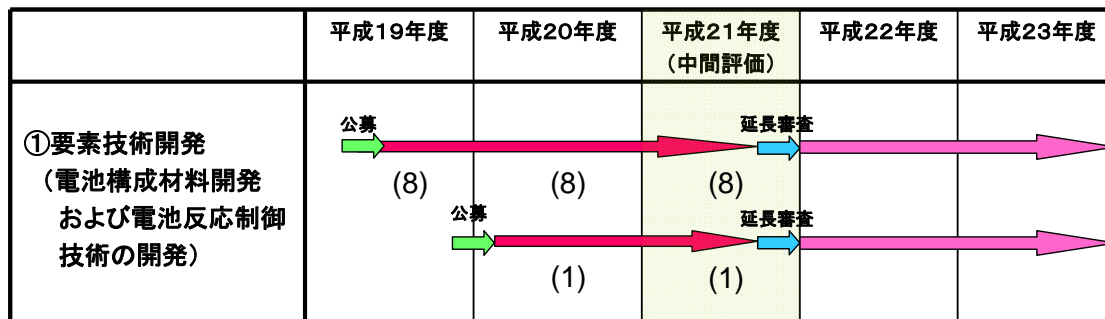


図 3-22 プロジェクトの年度計画（要素技術開発：電池構成材料開発）

要素技術開発（電池構成材料開発）は、材料の試作や試験等並びに単電池開発に費用が必要となるため、それらが円滑に実施できるように予算を配分した。表3-8に委託先の研究予算一覧表を示す。

表 3-8 研究予算一覧表（要素技術開発：電池構成材料開発）

委託先	研究予算（百万円）			
	H19fy	H20fy	H21fy	総額
(国)九州大学／三菱重工業(株)／九州電力(株)	124.7	123.3	71.8	319.8
(独)産業技術総合研究所／(株)田中化学研究所	49.9	57.1	76.4	183.4
戸田工業(株)	-	68.0	50.7	118.7
日産自動車(株) [再委託](学)神奈川大学／(国)東京工業大学	131.0	167.9	105.0	403.9
(国)長崎大学／(独)産業技術総合研究所	40.0	40.0	40.0	120.0
三菱化学(株)／日本合成化学工業(株)	136.6	107.7	55.4	299.7
(学)関西大学／第一工業製薬(株) [再委託]エレクトセル(株)	99.4	82.7	43.8	225.9
(国)山口大学	16.6	22.2	9.4	48.2
(独)産業技術総合研究所	40.0	50.0	55.0	145.0
	638.2	718.9	507.5	1864.6

(4) 研究開発目標と中間目標達成度

<開発目標>

小型実用単電池を作製し、2015年以降での実用化を目途に、高性能なリチウムイオン電池の構成材料の開発、電池反応制御技術の開発、および基本原理の解明などを行うことを目標とする。

具体的には、小型単電池を作製し、以下の目標（性能目標は3kWh級パック電池の換算値）を満足することとする。但し、エネルギー密度と出力密度は、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すこと。なお、下記エネルギー密度及び出力密度のパック値から単電池への換算は、2006年8月経済産業省報告書「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」<http://www.meti.go.jp/report/data/g60824bj.html>を参照のこととする。参考までに、図3-23に単電池から電池パックへの重量エネルギー密度の換算イメージ図を、表3-9に電池パックの重量エネルギー密度並びに重量出力密度をNEDO目標値に設定した際の単電池の換算値を示す。

- ・重量エネルギー密度：200Wh/kg以上
- ・重量出力密度：2,500W/kg以上
- ・コスト：3万円/kWh以下の見通しを示すこと（100万パック/年生産時）
- ・安全性：車載時の濫用に耐えること

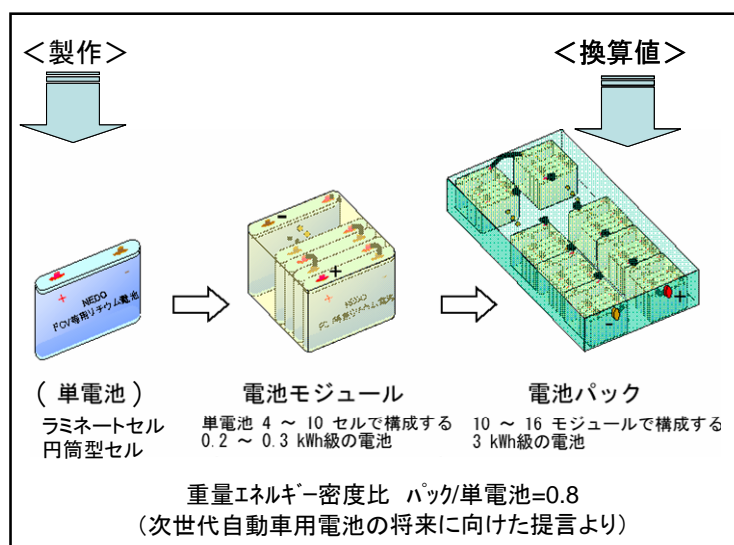


図 3-23 電池パックから単電池への重量エネルギー密度の換算イメージ図

表 3-9 電池パックの重量エネルギー密度並びに重量出力密度をNEDO 目標値に設定した際の単電池の換算値

	単電池	電池パック
重量エネルギー密度 (Wh/kg)	250 (=200/0.8)	<b>200</b>
体積エネルギー密度 (Wh/L)	500 (=250x2)	240 (=200x1.2)
重量出力密度 (W/kg)	3,125 (=2,500/0.8)	<b>2,500</b>
体積出力密度 (W/L)	6,250 (=3,125x2)	3,000 (=2,500x1.2)

<各委託先の達成目標>

中間目標は、採択決定後に NEDO 技術開発機構と委託先との間で最終目標を踏まえ、協議して決定する。表 3-10 に要素技術開発（電池構成材料開発）の委託先の達成目標と中間目標達成度を示す。なお、中間目標に対する達成度は平成 21 年度末時点の見込み値である（○：達成済または見込み、△：達成には大幅な特性改善が必要、×：達成困難）。各委託先とも中間目標は達成される見込みである。

表 3-10 要素技術開発（電池構成材料開発）の委託先の達成目標と中間目標達成度

【正極材料】

3-10(a) 「ポスト鉄オリビン系高性能リチウム二次電池の研究開発」

【(国)九州大学／三菱重工業(株)／九州電力(株)】

項目	中間目標	達成度	最終目標
①正極材料高性能化及び安全性評価			
重量エネルギー密度	≥700 Wh/kg (正極活物質)	○ : FeF <sub>3</sub>	≥1,000 Wh/kg (正極活物質)
重量出力密度	---	---	≥5,000 Wh/kg (正極活物質) の見通しを得る
材料構成コスト の見通し	≤3 千円/kg (正極活物質)	○ : FeF <sub>3</sub>	≤3 千円/kg (正極活物質)
安全性 (発熱開始温度)	≥150℃	○ : FeF <sub>3</sub>	≥150℃
② 電極材料特性評価及び安全性評価			
重量エネルギー密度	≥160 Wh/kg(単セル)	○ : FeF <sub>3</sub>	≥200 Wh/kg (単セル)
重量出力密度	10C 放電 の見通しを得る	○ : LiMnPO <sub>4</sub> ○ : FeF <sub>3</sub>	≥2,500 W/kg の見通しを得る
材料構成コスト の見通し	≤3 万円/kWh の見通しを得る	○ : FeF <sub>3</sub>	≤3 万円/kWh の見通しを得る
サイクル寿命 (容量保持率)	≥70%/6 年(600 サイクル) の見通しを得る	○ : LiMnPO <sub>4</sub> ○ : FeF <sub>3</sub>	≥70%/10 年(1,000 サイクル) の見通しを得る
充放電効率	≥95 %	○ : LiMnPO <sub>4</sub>	≥95 %
安全性	単セルホットボックス試験 にて発火、破裂がないこと	○ : LiMnPO <sub>4</sub> ○ : FeF <sub>3</sub>	単セル安全性試験（過充電、 過放電、釘刺し、圧壊試験） にて破裂、発火がないこと



3-10(b) 「高容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発」

【(独)産業技術総合研究所／(株)田中化学研究所】

①Li<sub>2</sub>MO<sub>3</sub>系並びにLi<sub>0.44+x</sub>MO<sub>2</sub>系新規酸化物正極材料の開発 (産総研)

項目	中間目標	達成度	最終目標
重量エネルギー密度	1000 Wh/kg 測定条件：2時間率 (正極活物質)	○：Li <sub>2</sub> MO <sub>3</sub> 系 ○：Li <sub>0.44+x</sub> MO <sub>2</sub> 系	1000 Wh/kg 測定条件：1時間率 (正極活物質)
レート特性	80% (1/10時間率の容量/1時間率の容量)	○：Li <sub>2</sub> MO <sub>3</sub> 系 ○：Li <sub>0.44+x</sub> MO <sub>2</sub> 系	80% (1/20時間率の容量/ 1時間率の容量)
低温特性 (-20℃) 測定条件：5時間率	50% (-20℃容量/室温容量)	○：Li <sub>2</sub> MO <sub>3</sub> 系 ○：Li <sub>0.44+x</sub> MO <sub>2</sub> 系	60% (-20℃容量/室温容量)
寿命 測定条件：5時間率	80%/50 サイクル	○：Li <sub>2</sub> MO <sub>3</sub> 系 ○：Li <sub>0.44+x</sub> MO <sub>2</sub> 系	80%/100 サイクル

②正極材料の品質安定化成技術の開発 (田中化学)

項目	中間目標	達成度	最終目標
目標とする重量エネルギー密度を備えた正極活物質製造プロセスの確立	1000 Wh/kg (@2時間率) が達成可能な複合水酸化物 (前駆体) 基礎プロセス技術開発	○：Li <sub>2</sub> MO <sub>3</sub> 系 ○：Li <sub>0.44+x</sub> MO <sub>2</sub> 系	1,000 Wh/kg (@1時間率) を達成できる正極材料品質安定化技術及び製造プロセス確立
上記製造プロセスで得られて正極活物質の各種充放電特性	AIST 試作品の80%の性能を確保	○：Li <sub>2</sub> MO <sub>3</sub> 系 ○：Li <sub>0.44+x</sub> MO <sub>2</sub> 系	AIST 試作品の80%の性能を確保
目標とする性能を備えた正極活物質サンプル供給量	複合水酸化物として 数 kg/月	○：Li <sub>2</sub> MO <sub>3</sub> 系 ○：Li <sub>0.44+x</sub> MO <sub>2</sub> 系	リチウム化合物として 数 kg/月
重量エネルギー密度	---	---	250 Wh/kg (実用電池)
重量出力密度	---	---	3,125 W/kg (実用電池)

③電極素材特性評価 (産総研、田中化学)

項目	中間目標	達成度	最終目標
①充放電初期特性、②低温特性、③レート特性、④寿命といった充放電特性に関する素材特性因子を、各種分析手法より抽出	充放電特性に関する因子を見出す。 (Li <sub>2</sub> MO <sub>3</sub> 系またはLi <sub>0.44+x</sub> MO <sub>2</sub> 系で)	○*	充放電特性における最終目標を達成しうる素材特性評価因子を明らかにし、Li <sub>2</sub> MO <sub>3</sub> 系またはLi <sub>0.44+x</sub> MO <sub>2</sub> 系での開発指針を明らかにする。

\*下記①～④の充放電特性に関し3つ関与因子が判明 ( $\text{Li}_2\text{M}_3\text{O}_3$ 系 ( $M\neq\text{Fe}$  および Mn) に関して①充放電初期特性(低レート) ②低温特性、③レート特性に関しては主たる関与因子が判明④寿命に関しては、未だ未確定)。また、分析電子顕微鏡による STEM-EELS 解析により、 $\text{Li}_2\text{M}_3\text{O}_3$ 系 ( $M\neq\text{Fe}$  および Mn) に関して、初期充放電機構が明らかにされつつある。

### 3-10(c) 「多層構造粒子設計による高出力リチウムイオン電池用正極活物質の研究開発」

#### 【戸田工業(株)】

項目	中間目標	達成度	最終目標
粒径 (湿式合成時)	多層構造粒子： $\leq 10\mu\text{m}$ コア微粒子： $\leq 3\mu\text{m}$	○	多層構造粒子： $2-5\mu\text{m}$ (球状粒子)
初期放電容量	$\geq 200\text{mAh/g}$ (正極活物質)	○	$\geq 220\text{mAh/g}$ (正極活物質)
安全性 (発熱ピーク温度)	$\geq 250^\circ\text{C}$	○	$\geq 250^\circ\text{C}$
重量エネルギー密度	---	---	$\geq 240\text{Wh/kg}$ の見通し (18650型円筒セル)
重量出力密度	---	---	$\geq 3,000\text{W/kg}$ の見通し (18650型円筒セル)

#### 【正極材料・負極材料】

### 3-10(d) 「高容量電池の研究開発」

#### 【日産自動車(株)】

項目	中間目標	達成度	最終目標
初期放電容量	$\geq 280\text{mAh/g}$ (正極活物質)	○	$\geq 300\text{mAh/g}$ (正極活物質)
サイクル寿命 (容量保持率)	$\geq 80\%/100$ サイクル (正極活物質)	○	$\geq 80\%/1000$ サイクル (正極活物質)
初期放電容量	$\geq 800\text{mAh/g}$ (負極活物質)	○	$\geq 800\text{mAh/g}$ (負極活物質)
サイクル寿命 (容量保持率)	$\geq 80\%/100$ サイクル (負極活物質)	○	$\geq 80\%/1000$ サイクル (負極活物質)
重量エネルギー密度	$250\text{Wh/kg}$ (コインセル)	○	$300\text{Wh/kg}$ (コインセル)
重量出力密度	---	○	$3,125\text{W/kg}$ の見通し (コインセル)

3-10(e)「活物質/カーボンナノ複合構造制御による高出力・大容量Li イオン二次電池の研究開発」

【(国)長崎大学／(独)産業技術総合研究所】

項目	中間目標	達成度	最終目標
正極/負極材料： 重量出力・エネルギー密度	1k W/kgかつ200 Wh/kg あるいは 2k W/kgかつ100 Wh/kg が可能な電極材料開発	○	2.5 kW/kgかつ300 Wh/kg あるいは 3k W/kgかつ200 Wh/kg レベルの電極材料の開発
サイクル寿命 (容量保持率)	≧80%/1000サイクル	○	≧80%/3000サイクル
コスト	2 万円/kg	○	9 千円/kg

【電解質材料】

3-10(f)「大型リチウム二次電池用高安全性電解質の研究開発」

【三菱化学(株)／日本合成化学工業(株)】

①各種電解液電池の電気化学検討および安全性予測

項目	中間目標	達成度	最終目標
電解質スクリーニング	有機電解液、イオン液体、ゲル電解質の熱安全性の順列付け	○	安全性を考慮した容量・出力上限の把握
重量出力密度	20mAh小型電池レベルで10W/g	○	大型電池やシミュレーションで2500 W/kg (200 Wh/kg) 達成の見通しを得る
安全性	シミュレータ上で30秒以内に熱暴走なし	○	大型電池釘刺し試験で熱暴走なし

②機能性イオン液体の創製

項目	中間目標	達成度	最終目標
新規合成	11 化合物	○	19 化合物
融点	≦0℃	○	-15℃
粘度	≦32 mPa・s	○	32 mPa・s
イオン伝導度 (25℃)	≧14 mS/cm	○	14 mS/cm
イオン伝導度 (-30℃)	≧0.1 mS/cm	○	1 mS/cm
電位窓	≧5.0 V	○	5.5 V
安全性 (発熱開始温度)	≧200℃	○	≧200℃
安全性 (累積発熱量)	≦800J	○	≦800J

3-10(g) 「高出力・高安全性リチウムイオン電池の開発」

【(学) 関西大学／第一工業製薬(株)】

項目	中間目標	達成度	最終目標
イオン伝導度	≥10 mS/cmを見通す	○	≥10 mS/cm
FSAイオン液体合成法	実機レベルの実証	○	TFSAの市場価格以下
安全性 (電解液引火点)	≥300°C を見通す	○	≥300°C
安全性 (熱安定性)	≥120°C を見通す	○	≥120°C
負極・正極に対する 容量保持率	≥90%/50サイクル	○	材料絞込み後の設定
重量エネルギー密度	100 Wh/kg (0.5-1Ah容量セル)	○	130 Wh/kg (3-10Ah容量セル)
重量出力密度	2,000 W/kg (0.5-1Ah容量セル)	○	2500 W/kg (3-10Ah容量セル)
サイクル寿命 (容量保持率)	≥80%/2000サイクル (0.5-1Ah容量セル)	○	≥85%/2000サイクル (3-10Ah容量セル)

3-10(h) 「高出力リチウムイオン電池用の不燃性ポリマーゲル電解質の研究開発」

【(国) 山口大学】

①不燃性イオン液体ゲル電解質の研究開発

項目	中間目標	達成度	最終目標
イオン伝導度	0.1 mScm <sup>-1</sup> (-10°C)	○	1 mS/cm (R. T.)
Li+イオン輸率	0.1 (-10°C)	○	0.3 (R. T.)
イオン伝導度の低温低下率	---	---	≥20% (σ (-10°C)/σ (25°C))
重量エネルギー密度 重量出力密度	200 Wh/kg	○	2,500 W/kg
安全性 (電解質の熱安定性)	≥100°C	---	≥100°C

②リン酸エステル含有不燃性ゲル電解質の研究開発

項目	中間目標	達成度	最終目標
イオン伝導度	1 mS/cm (R. T.)	○	5 mS/cm (R. T.)
Li+イオン輸率	---	---	0.3 (R. T.)
イオン伝導度の低温低下率	---	---	≥20% (σ (-10°C)/σ (25°C))
重量エネルギー密度 重量出力密度	200 Wh/kg	○	2,500 W/kg
電極の充放電特性	黒鉛系負極の充放 電可逆性の確保	○	同上
安全性 (電解質の熱安定性)	電解質不燃性	○	≥100°C

3-10(i) 「リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発」

【(独)産業技術総合研究所】

項目	中間目標	達成度	最終目標
計算科学的手法によるイオン間相互作用推定	第一原理分子軌道計算によるイオン間相互作用の推定	○	計算科学的手法（非経験的分子軌道計算，分子動力学計算）によるイオン液体電解質の分子設計指針を確立
新規イオン液体原料およびイオン液体の合成	室温で10 mS/cmの伝導度を示すFTA アニオンからなるイオン液体の合成ならびにアミド構造以外のイオン液体の合成	○	車載環境温度において20 mS/cmの伝導度を示し、熱安定性に優れ、安全性に資するイオン液体の開発
電解質特性評価	安全性に優れたリチウム二次電池電解質としての適用可能性を検討。	○	電池のピーク出力 2,500 W/kg を達成しうるイオン液体電解質で、かつ少なくとも既存の有機電解液の発熱開始温度よりも高い温度でも発熱しないイオン液体と電池構成材料との組合せを見いだす。
電池部材との親和性評価及び最適化	イオン液体のぬれ性等を評価しながら、イオン液体に最適なセパレーター、電極構成を見いだす。	○	電池のピーク出力 2,500 W/kg を見通しうる、小型実電池に用いうるイオン液体に最適化されたセパレーターならびに合剤電極の構成を見いだす。
重量出力密度	≥1,800 W/kg (小型実電池)	○	≥2,500 W/kg (小型実電池)

(5) 研究開発成果例

【正極材料】

●フッ化鉄ペロブスカイト材料：【(国)九州大学／三菱重工業(株)／九州電力(株)】

本研究開発では、現状有力候補材料であるオリビン系リン酸鉄を凌ぐ新規高性能正極材料の開発と新規正極材料を用いた高性能リチウム二次電池の開発を目的とする。

① $\text{FeF}_3$ のカーボン処理をすることで、 $\text{LiFeF}_3$ のインターカレーション反応( $\text{Li}^+ + \text{e}^- + \text{FeF}_3 \rightarrow \text{LiFeF}_3$ )の理論容量は237 mAh/gを実現することが出来た。さらに、コンバージョン反応( $3\text{Li}^+ + 3\text{e}^- + \text{FeF}_3 \rightarrow \text{Fe} + 3\text{LiF}$ )では理論容量711 mAh/g、エネルギー密度1,400 Wh/kgと大幅な容量増加が見込めることから、深い充放電深度に存在するコンバージョン反応領域の可逆性を確認した結果、1Liまでのインターカレーション領域に比べ、その過電圧、サイクル性に難はあるものの図3-24に示すように、3電子反応までは可逆なコンバージョン系を組める可能性がある有望な系であることが判明した。また、フッ化鉄( $\text{FeF}_3$ )正極材料はLiを含有しないため、化学的Li化処理を検討したところ、 $\text{LiFeF}_3$ の合成に成功した。また、図3-25に示すように、化学的に挿入されたLiが電気化学的活性を保って充放電動作可能なことが確認できた。

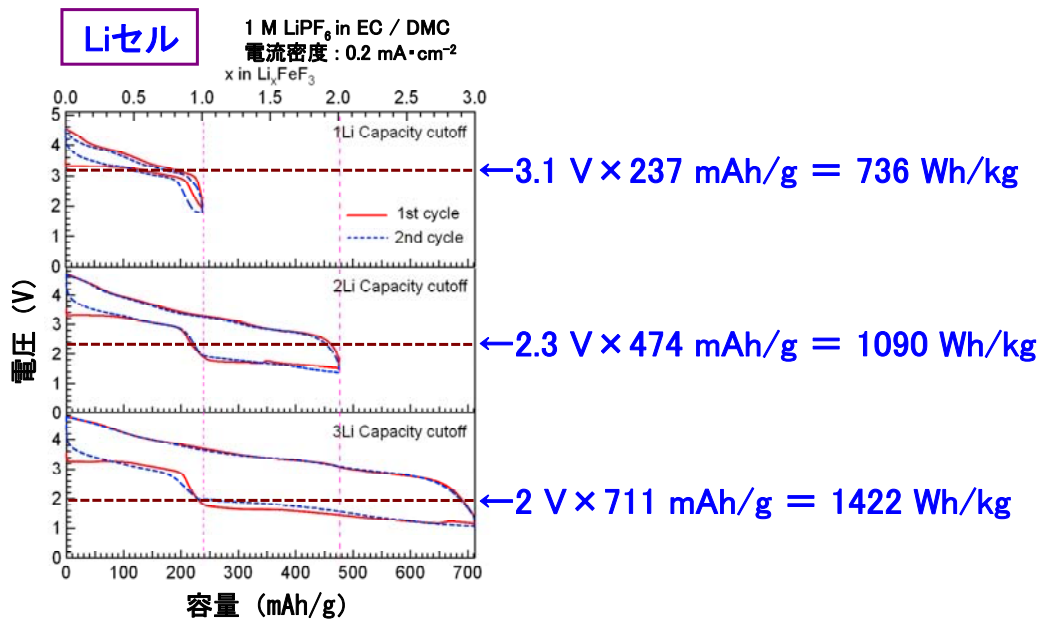


図3-24 FeF<sub>3</sub>の対Li充放電特性サイクル深度依存性

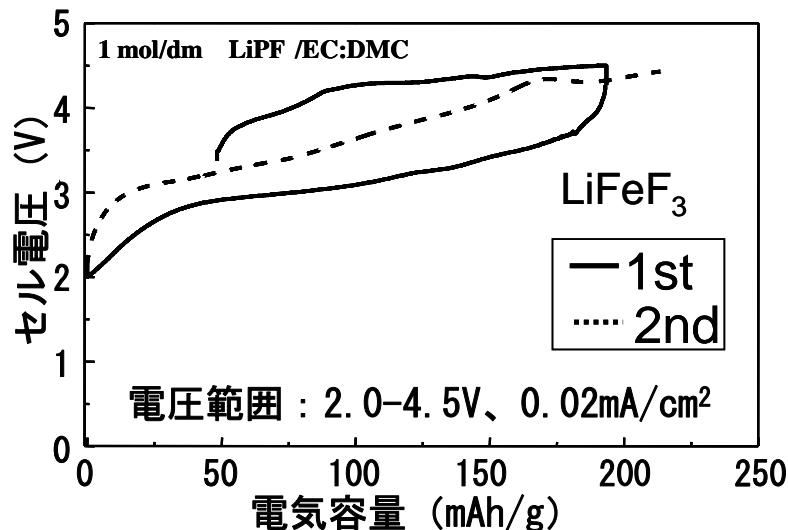


図3-25 ケミカルLiプレドープ処理により合成したLiFeF<sub>3</sub>の充放電特性

## ②候補材料製造方法の開発

FeF<sub>3</sub>の合成方法については、フッ化水素酸と硝酸鉄を原料とした湿式法での合成検討結果から、収率95%以上で合成可能であることが判明した。量産化されている原料の量産価格を参考にして、材料コストを推定したところ約1700円/kgであり、目標コスト5000円/kg以下を達成できる目処を得た。

## ③電池安全性評価

FeF<sub>3</sub>材料の熱安定性を評価するため、示差走査熱量計 (DSC) を用いて計測を行った結果、FeF<sub>3</sub>とアセチレンブラックを混合した試料では340℃以上に発熱ピークが見られたがそれ以下では発熱ピークは無く安定であった。また放電状態のLiFeF<sub>3</sub>では500℃まで発熱ピークは無く熱的に安定な材料であることを確認した。

● $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 系並びに $\text{Li}_{0.44+x}\text{MnO}_2$ 系正極材料：【(独)産業技術総合研究所／(株)田中化学研究所】

本研究開発では、資源的に豊富な元素 (Mn、Fe、Ti 等) を主体とするリチウムマンガンスピネル並に低コストな新規高容量酸化物正極材料を開発することを目的とする。

①新規酸化物正極材料の開発

$\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 系および $\text{Li}_{0.44+x}\text{MnO}_2$ 系材料について、製造条件および化学組成の最適化を検討し、高出力時の充放電初期特性の改善を図り、今後長寿命化の検討に値する充放電初期特性が最適化された材料系の絞り込みを実施した。加えて、導電材との複合化プロセスをより詳細に検討し、出力特性改善法を見いだすための検討を行った。 $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 系では鉄含有 $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ に対して試料素性に大きく影響を与える空気酸化工程を見直し、遷移金属量に対する鉄含有量を10-50%の間で変化させた試料の作製を行い、Fe固溶により初期充電電位が低減されること、30 °C、1.5-4.8 Vの範囲で初期放電容量が250 mAh/g以上の高容量正極となりうることを見出した。また新たにTi含有 $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ も見出し、同じ電位範囲で初期充放電容量が250 mAh/g以上に達する高容量正極となりうることを見出した。一方、 $\text{Li}_{0.44+x}\text{MnO}_2$ 系では、田中化学研究所製Mn-Ti複合水酸化物を出発原料とするナトリウム酸化物合成-Na/Liイオン交換-Liイオン挿入の素材合成技術に加え、室温条件下でのリチウム処理プロセスを適用し、初期充放電効率を83 %から99 %に改善した。また、このLi挿入処理品 $\text{Li}_{0.44+x+y}\text{Mn}_{0.51}\text{Ti}_{0.49}\text{O}_2$ は、電圧範囲2.0-4.8 Vの電位範囲で初期放電容量253 mAh/g、初期放電エネルギー密度814 mWh/gの高容量正極となりうることを見出した (図3-26)。

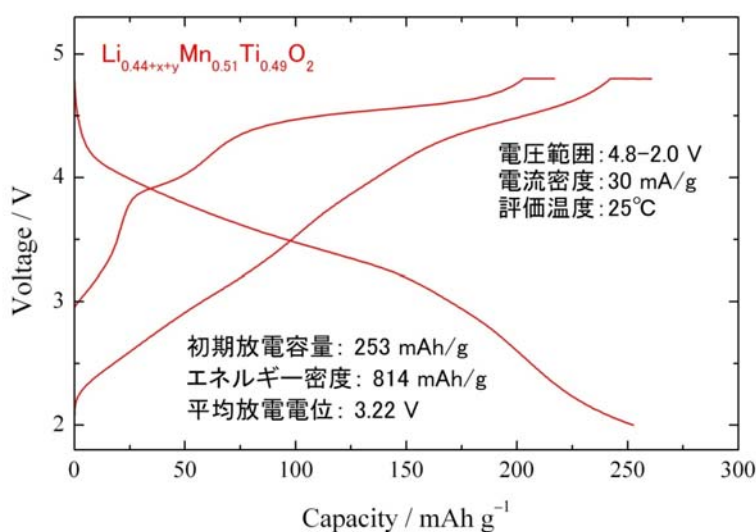


図3-26  $\text{Li}_{0.44+x+y}\text{Mn}_{0.51}\text{Ti}_{0.49}\text{O}_2$ 系正極のLi対極での充放電プロファイル

②電極素材特性評価

鉄含有 $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 系について、充放電初期特性を支配し得る因子を見出すために電極特性評価、結晶構造解析、化学組成分析、遷移金属の状態分析、形態観察、粉体特性評価等の分析を実施した。これらの解析のうち、分析電子顕微鏡による構造解析では実空間での構造評価を行った。X線回折法との相補的な構造解析により、一次粒子内の鉄、マンガンの分布状態と構造を調べ、共通の酸素格子に対してナノスケールの遷移金属 (Fe、Mn) 濃度分布を有する $\text{LiFeO}_2$ - $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ ナノドメイン構造となっていることがわかった。また、Liの分布を可視化することに成功し、充放電における

Li脱離・挿入と遷移金属分布との相関を調べ、電気化学的不活性相と考えられてきた $\text{LiFeO}_2$ ドメインよりLi脱離が優先的に進行することなど、ナノドメイン構造の役割を明らかにした(図3-27、図3-28)。

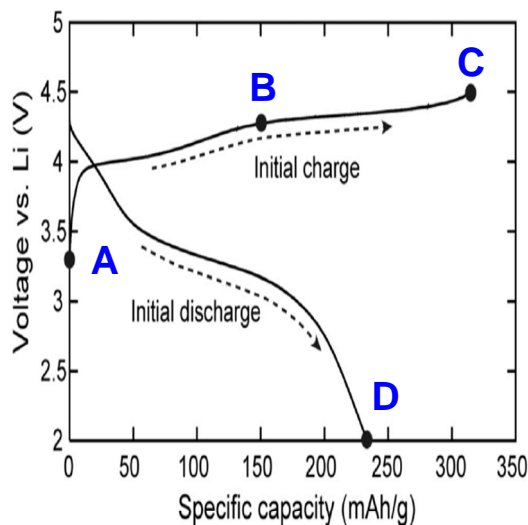


図3-27 鉄含有 $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 系正極材料のLi対極での充放電特性

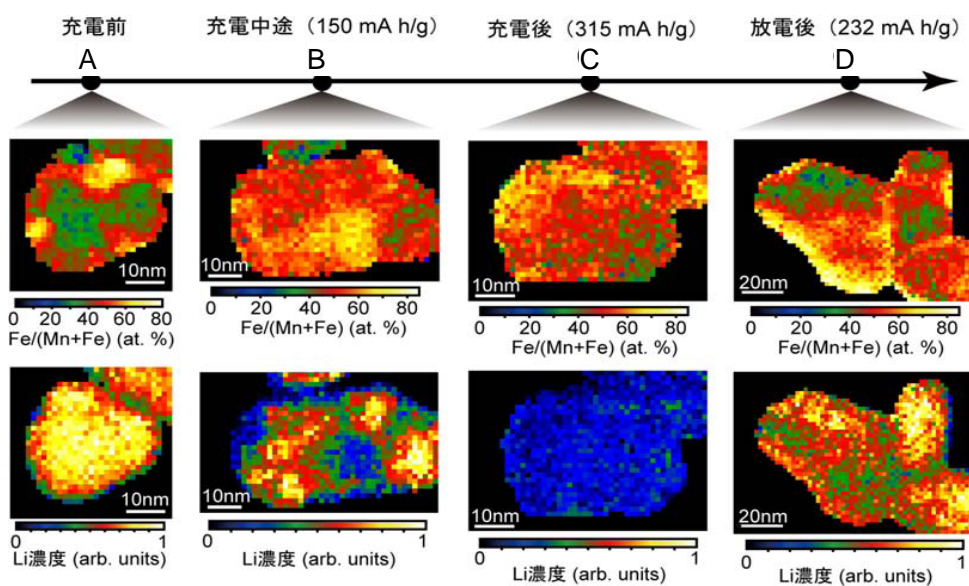


図3-28 鉄含有 $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 系正極材料粒子の充電・放電の各過程(左から右、図3-27のA~Dに対応)での遷移金属元素濃度分布図(上図)とリチウム元素濃度分布図(下図)

●多層構造正極材料：【戸田工業(株)】

本研究開発では、長距離走行と高燃費なP-HEV、EVに適したリチウムイオン電池の主要材料である正極活物質の多層構造粒子設計を検討することにより、高エネルギー、高出力、高安定で安全性に優れたリチウムイオン電池用正極材料を開発することを目的とする。

コア及びシェル用の材料として、 $\text{Li}(\text{NiCoAl})\text{O}_2$ 系材料は、Al置換量の最適化を実施し、また $\text{LiMnNiCoO}_2$ 系材料は、前駆体反応装置を導入し、組成の違う球状複合水酸化物を合成して、バッチ焼成炉を用いて各材料の組成の最適化を実施した。その結果、 $\text{Li}(\text{NiCoAl})\text{O}_2$ 系材料は、CR2032



タイプのコインセルで 充放電電圧が 2.5 - 4.3V vs. Li/Li<sup>+</sup>で 0.1C における放電容量目標値 180mAh/g 以上を達成するには、Al 置換量を 5mol%以下に設定する必要があることがわかった。

Li(MnNiCo)O<sub>2</sub> 系材料は、前駆体反応装置を用いて (1-x)Li<sub>2</sub>Me<sup>4+</sup>O<sub>3</sub> · xLiM<sup>3+</sup>O<sub>2</sub> 複合材料の 0.4Li<sub>2</sub>MnO<sub>3</sub> · 0.6LiMn<sub>0.44</sub>Ni<sub>0.36</sub>Co<sub>0.20</sub>O<sub>2</sub> の組成について各充電電圧に対する放電容量を CR2032 タイプのコインセルで確認したところ、図 3-29、図 3-30 に示す様に充電電圧 4.5V 以上で 250 mAh/g 以上の高い放電容量を達成できることを確認した。各種材料について 4.3V 充電状態における熱安定性を、示差熱分析装置を用いて確認したところ、LiNiCoAlO<sub>2</sub> < (1-x)Li<sub>2</sub>Me<sup>4+</sup>O<sub>3</sub> · xLiM<sup>3+</sup>O<sub>2</sub> 複合材料 < LiNiCoMnO<sub>2</sub> の順に熱安定性が良くなることがわかった。

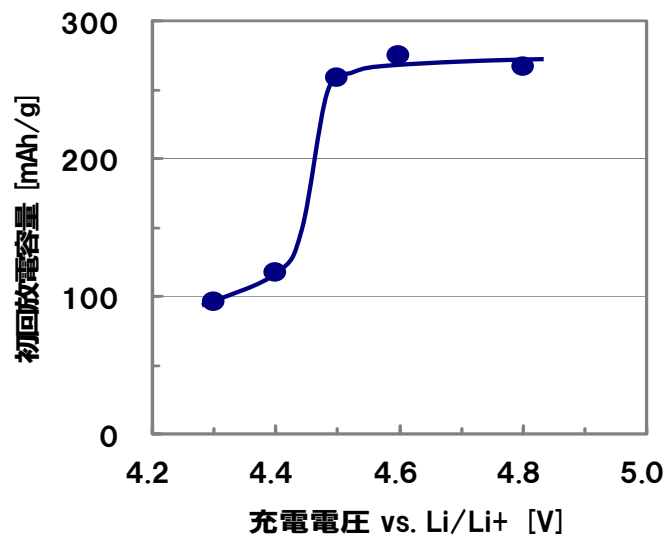


図 3-29 初回充電電圧を変更した場合の放電容量

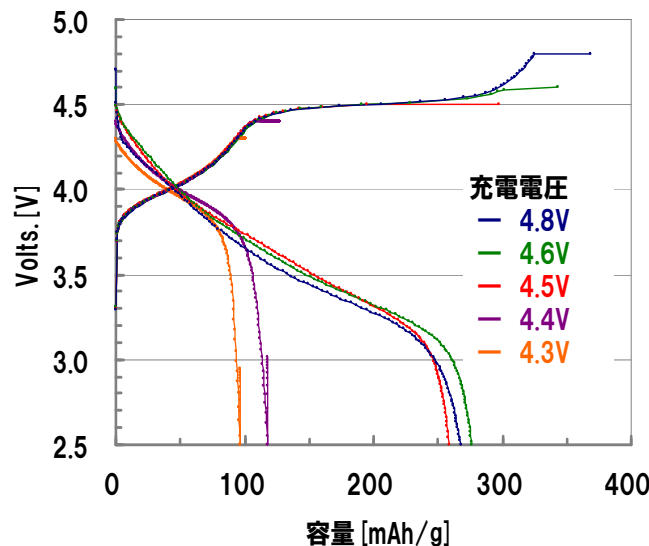


図 3-30 初回充電電圧を変更した場合の充電・放電曲線

コア及びシェル用の正極材料組成と電池基本性能の関係については、放電容量、レート特性、熱安定性から Li(NiCoAl)O<sub>2</sub> < Li(NiCoMn)O<sub>2</sub> < (1-x)Li<sub>2</sub>Me<sup>4+</sup>O<sub>3</sub> · xLiM<sup>3+</sup>O<sub>2</sub> 複合材料の優位性を確認した。一方、(1-x)Li<sub>2</sub>Me<sup>4+</sup>O<sub>3</sub> · xLiM<sup>3+</sup>O<sub>2</sub> 複合材料は Mn リッチであるため前駆体合成時に凝集密度が上がり

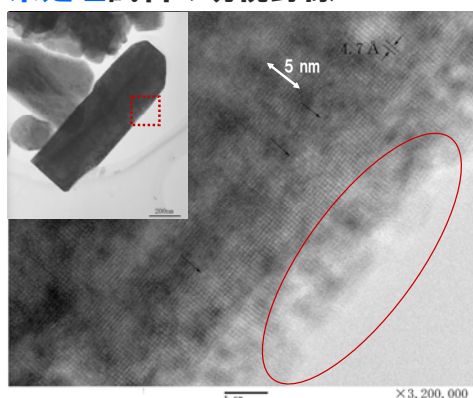
にくい、合成条件を検討した結果、タップ密度として 2.0g/cc まで上昇することを確認できた。

● $\text{Li}_2\text{MnO}_3\text{-LiMeO}_2$ 系材料：【日産自動車(株)】

本研究開発では、現行のリチウムイオン電池正極材料 $\text{LiMeO}_2$  (Me:遷移金属)の理論限界を超える容量 (280 mAh/g以上) を目指して、多電子化 (一つの遷移金属原子が複数の電子を供給) という基本方針のもと、高容量化の可能性を追求することを目的とする。

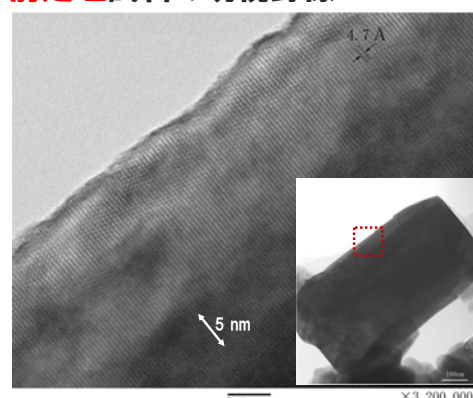
固溶体系正極 (代表組成:  $\text{Li}[\text{Ni}_{0.17}\text{Li}_{0.2}\text{Co}_{0.07}\text{Mn}_{0.56}]\text{O}_2$ ) について、サイクル特性改善のための劣化メカニズムの解析を、高分解透過電子顕微鏡観察を用いて進めた。通常処理をしたサンプルは、50 サイクル後には一次粒子の表面がアモルファス化していたが、段階的電気化学前処理をすると、粒子にマイクロクラックも、結晶の乱れも観察されなかった (図 3-31)。この前処理は、充放電初期過程における結晶構造の変化をマイルドに進行させるため、構造破壊が抑制されたと考えた。本材料系は、250 mAh/g を超える容量を比較的安定に示すことが明らかになった (図 3-32)。

未処理試料の明視野像



表面層がアモルファス化

前処理試料の明視野像



表面層のアモルファス化抑制

図 3-31 50 サイクル後  $\text{Li}[\text{Ni}_{0.17}\text{Li}_{0.2}\text{Co}_{0.07}\text{Mn}_{0.56}]\text{O}_2$  格子像

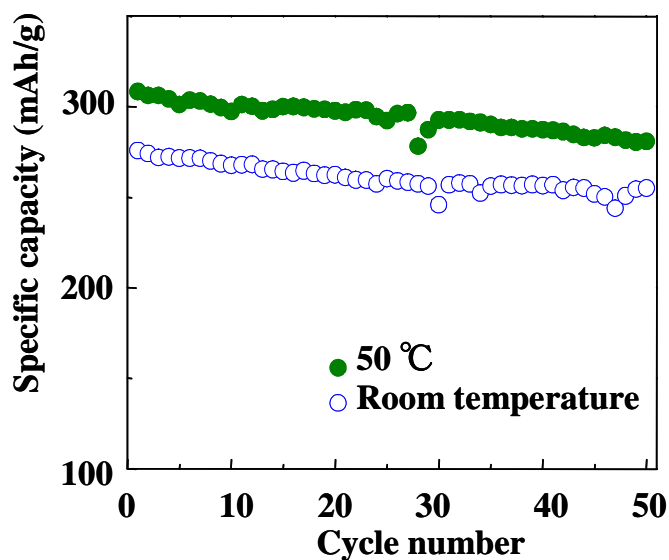


図 3-32  $\text{Li}[\text{Ni}_{0.17}\text{Li}_{0.2}\text{Co}_{0.07}\text{Mn}_{0.56}]\text{O}_2$  の充電サイクル特性

●磷酸マンガンリチウム系：【(国)長崎大学／(独)産業技術総合研究所】

本研究開発では、電極構成材料として正極活物質/カーボン複合系材料に焦点を当て、高速でのイオン・電子移動ならびに固体内 Li 拡散を可能にするナノ複合構造の設計・構築を行い、Li イオン二次電池の高出力・大容量化に資する高性能電極材料の開発を行うことを目的とする。

①超臨界流体を用いたナノ結晶合成法の開発

超臨界流体を用いて、従来の固相合成法等に比べ格段に低い反応温度（400°C程度）、短い反応時間（10 分以内）でオリビン型  $\text{LiMPO}_4$  のナノ結晶を得る合成法を開発した（図 3-33）。 $\text{LiFePO}_4$  については、濃度や温度等の条件最適化により、結晶サイズを精密に制御できることを明らかにした。 $\text{LiMnPO}_4$  についても、超臨界流体中での合成によりナノ結晶を得ることに成功した。

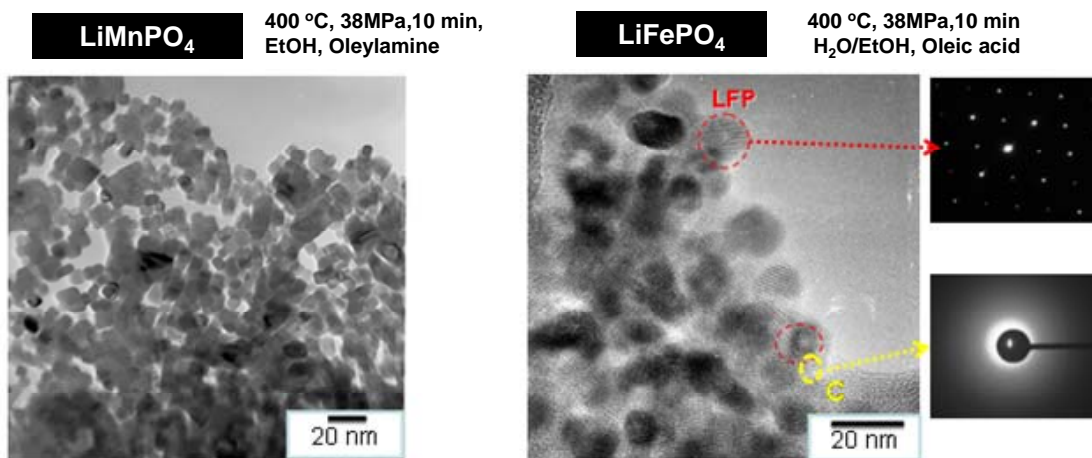


図 3-33 超臨界流体を用いた  $\text{LiMPO}_4$  ナノ結晶

② $\text{LiMnPO}_4$  ・カーボン複合ナノ多孔材料の開発

$\text{LiMnPO}_4$  とカーボンの複合壁からなるナノ多孔体を合成することに成功し、関連研究の中で最も優れた充放電特性を得た（図 3-34）。

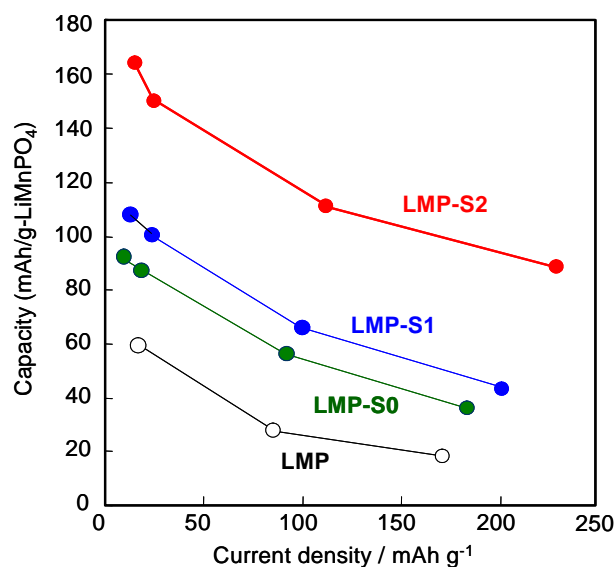


図 3-34  $\text{LiMnPO}_4$  ナノ多孔体のレート特性

## 【負極材料】

### ●Si系材料：【日産自動車(株)】

本研究開発では、リチウムイオン電池の究極の高容量負極材料と考えられるSi系負極の、充電による3倍を超える体積膨張という基本的に難しい問題を、基礎的側面から検討して、新規な技術を駆使し、サイクル寿命を確保しつつ段階的に容量向上（800 mAh/g以上）できるように、エンジニアリングの面から纏め上げることを目的とする。

(1) サイクル耐久性の向上を目的としたシリコン合金負極の探索、最適化を効率的に実施するため、コンビナトリアル電極製作装置を導入し、ハイスループット実験のプロセスを確立した。

(2) サイクル特性に優れたシリコン系負極を開発するための基礎検討の結果、シリコン粒子の電子伝導性が高いほど、導電助剤の割合が増加するほど、無機酸化物を用いてシリコン粒子を複合化処理することで、サイクル特性が向上することを明らかにした。サイクル特性を改善した負極材料は、充放電後において、シリコン粒子の微粉化やSEI形成に伴う劣化が抑制できていることが確認できた。更にサイクル特性を向上させるために、今年度検討した各種性能向上アイテムを最適化して組み合わせて電極作製および充放電評価を行なったところ 100 サイクルでの容量 600 mAh/g 以上、容量維持率 80%以上を実証した（図 3-35）。

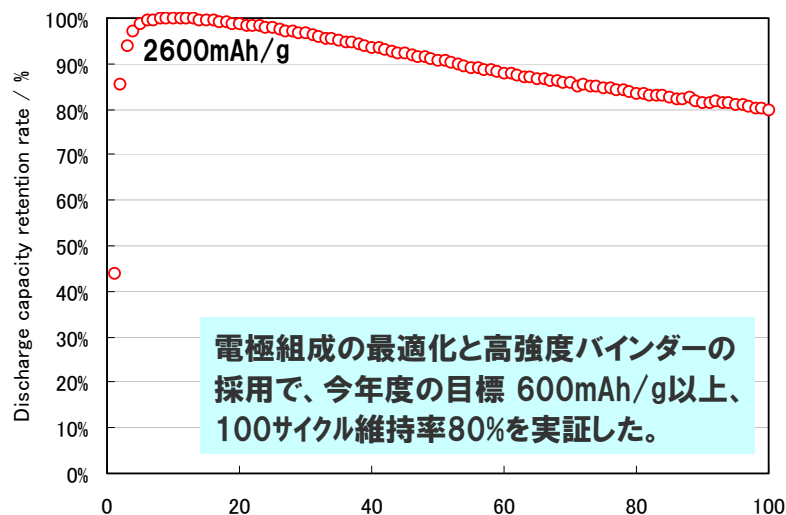


図 3-35 複合化処理したシリコンの充放電特性

### ●マクロ多孔グラファイト材料：【(国)長崎大学／(独)産業技術総合研究所】

本研究開発は、電極構成材料として負極活物質ナノ構造体材料に焦点を当て、高速でのイオン・電子移動ならびに固体内 Li 拡散を可能にするナノ複合構造の設計・構築を行い、Li イオン二次電池の高出力・大容量化に資する高性能電極材料の開発を行うことを目的とする。

マクロ多孔グラファイト材料を合成し、バルク黒鉛材料よりも大幅な高速充放電特性の向上を明らかにした（図 3-36）。また、触媒を用いて、低温（1000℃以下）でハードカーボン系原料からもマクロ多孔グラファイト材料を得ることに成功した。さらに、多孔カーボンと Li ホスト金属（Sn, Si, Li）のナノ複合化技術の開発も行った。

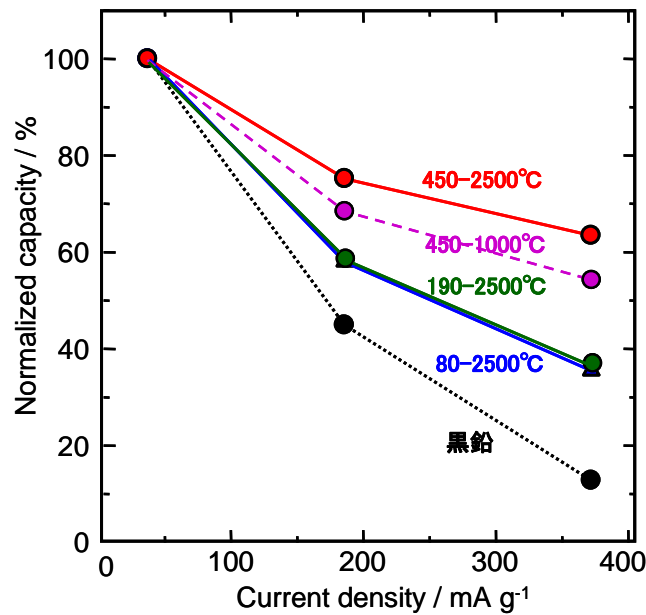


図 3-36 グラファイト化ナノ多孔体のレート特性

#### 【電解質材料】

#### ●ヘテロ元素含有溶媒並びに機能性イオン液体：【三菱化学(株)／日本合成化学工業(株)】

本研究開発では、高安全性電解質を創製することで、電池安全性のみならず、電極活物質の使用電位領域を拡大することにより、大型リチウム二次電池の高エネルギー・出力密度化を達成することを目的とする。

#### ①各種電解質電池の電気化学検討および安全性予測

各種溶媒の電池内での発熱挙動を確認するため、カーボネート系電解液で充電した電池の電解液を  $\text{LiPF}_6$ /単一溶媒の電解液に交換した擬似電池を作成し、室温～300℃の領域での熱挙動のスクリーニングを実施した。汎用的に用いられている環状カーボネートは 250℃付近で発熱速度が大きいこと、鎖状カーボネートは熱安定性が低いことが明らかとなった。ヘテロ元素含有溶媒の中で、電池内での発熱量と発熱速度が極めて小さい溶媒種を見出した。実際に車載用電池に利用する場合には出力特性が重要となるため、電気伝導率を向上させる目的で溶媒および添加剤の組成最適化を実施し、カーボネート系電解液と同等の出力特性を維持しながら、低発熱特性を有する電解液の開発に成功した。上記電解液を用いた電池の発熱挙動を、弊社保有の電池シミュレータに入力して、15 Ah 級角型電池を想定した模擬的な車載用単電池の短絡ジュール熱耐性について精査した。短絡部出力を 800 W に想定した際、カーボネート系電解液では 1.5 秒で熱暴走に至る (図 3-37 左)。一方で新規開発品では、広い温度領域で発熱速度が低く電池内部での急激な発熱が抑制されたため、電池内部の温度は徐々に上昇することからセパレーターのシャットダウン機能が作動し、熱暴走モードに突入しないという事実を見出した (図 3-37 右)。

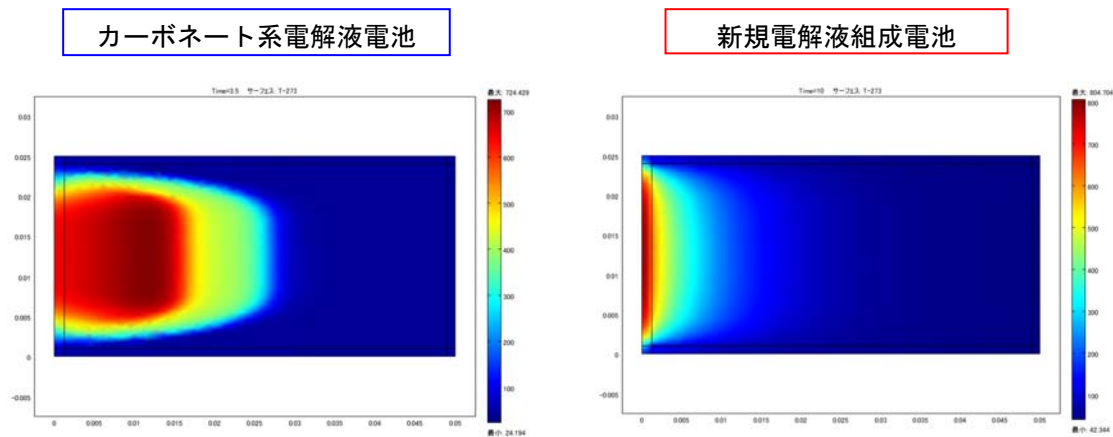


図 3-37 15Ah 級角型電池の釘刺しシミュレーション結果（短絡出力：800W）

## ②機能性イオン液体の創製

新規イオン液体を 15 化合物合成した。具体的には、イミダゾリウム系カチオンと、アセチルアセトナート系アニオンやシアノホスフェイト系アニオンを有するイオン液体である。イオンクロマト質量分析計を導入し、化合物の同定や不純物の分析を行った。主要な基礎物性を表 3-11 に示す。なお安全性に関しては、DSC による充電正極活物質との接触熱分解試験を実施し、イオン液体間の比較や有機溶剤との比較を行った。

表 3-11 新規イオン液体の基礎物性

	中間目標	開発品A	開発品B
融点	0 °C	17 °C	-6 °C
粘度 (25°C)	32 mPa・s	38 mPa・s	65 mPa・s
イオン伝導度 (25°C)	14 mScm <sup>-1</sup>	4 mScm <sup>-1</sup>	3 mScm <sup>-1</sup>
イオン伝導度 (-30°C)	0.1 mScm <sup>-1</sup>	0	0.04 mScm <sup>-1</sup>
電位窓	5 V	3 V	5 V
安全性 (発熱開始温度)	≥200 °C	210 °C	140 °C
(累積発熱量)	≤800 J	2000 J	2400 J

## ●FSA(FSI)アニオン系イオン液体：【(学)関西大学／第一工業製薬(株)】

本研究開発では、入出力特性・安全性に優れたリチウムイオン電池の実用化を目指し、リチウム電池に適用可能なイオン液体電解質の開発を行うことを目的とする。

合金系負極として Ni-Si-C コンポジット電極もしくは La-Ni-Sn 合金負極を検討し、充電容量を規制することで、種々の FSA 系イオン液体で十分な可逆性が得られることを見出した。また、EMI-ビス（トリフルオロメチルスルホニル）イミド系（以下 TFSA アニオン）と EMI-FSA 系、ならびに EMI-BF<sub>4</sub> 系と EMI-FSA 系の複合アニオンによるイオン液体混合系で負極可逆性の検討を行ったと

ころ、充放電容量は両系とも FSI 割合が多いほど高く、反応可逆性は  $\text{BF}_4$  共存系より TFSA 共存系の方が優れることが分かった。また、EMI-FSA については小スケールでのパイロット製造試験を実施し、ラボ検討により得られた製造工程がスケールアップしても可能であることを確認した。EMI-FSA イオン液体を電解質として用いたリチウムイオン電池について、特性（厚み、空隙率、ガーレー透気度等）が異なるセパレーター（ポリオレフィン系、アラミド系、セラミックコート系、ガラスファイバー）を用い、電池性能の検討を実施した。標準の有機溶媒系を電解液として用いた電池ではどのセパレーターを用いても、初回放電容量、レート特性に大きな差が見られなかったのに対し、イオン液体を電解質として用いた電池ではセパレーターの諸特性によって、電池性能が大きく異なることが分かった。その結果、容量 1.0Ah のセルで重量エネルギー密度 70Wh/kg、重量出力密度を 1800W/kg を達成した。また、1C 充放電サイクル試験の結果、1000 サイクル後の容量保持率 80% を達成しており、有機溶媒系とほぼ同等の性能を示した（図 3-38）。

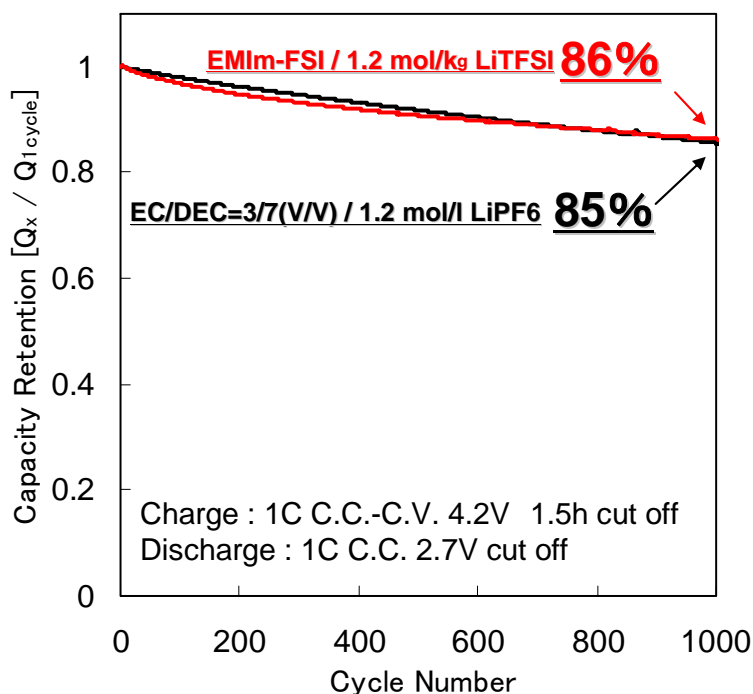


図 3-38 イオン液体電解質及び有機溶媒電解液を適用したリチウムイオン電池の充放電サイクル特性：測定温度 20℃

#### ●不燃性ゲル電解質：【(国) 山口大学】

本研究開発では、安全で信頼性に優れた高出力型リチウムイオン電池を構成するために、高いイオン伝導度を有する不燃性の固体ポリマーゲル電解質を開発することを目的とする

##### ①不燃性イオン液体ゲル電解質の研究開発

高イオン伝導性を実現するための新規ポリマーの設計、および組成最適化による諸特性の改善を行った。トリメチレンオキシド (TMO) 骨格を有する新規ポリマーの合成、およびそれを用いた固体高分子電解質の作製に成功した。得られた固体電解質を用いて  $\text{LiCoO}_2$  正極の充放電試験を行い、充放電反応が進行することを確認した。ポリエチレンオキシド側鎖を含むポリマーマトリッ

クス (PEO-PMA)、種々のイオン液体およびエチレンカーボネート (EC) から成るゲル電解質を作製した。イオン液体の種類にかかわらず、EC の添加によりイオン伝導度は実用可能なレベルまで向上した。電池電極との界面の安定性に関しては、金属リチウムを負極とする場合、用いたイオン液体の種類により効果が異なり、四級アンモニウムイオン液体を含む系で改善効果が見られた。この系のイオン液体に EC を 30% 添加した液相を適用したゲル電解質において、黒鉛系負極は約 80 mAh/g の可逆的な充放電容量を示すことを見出した。

## ②リン酸エステル含有不燃性ゲル電解質の研究開発

リン酸トリエチル (TEP) を不燃性共溶媒として用いたゲル電解質について、リン酸トリメチル (TMP) を含む系と比較してその特性を検討した。従来の有機溶媒電解液に TEP を添加した液相から調製したゲル電解質は、室温で  $1.8 \times 10^{-3}$  S/cm のイオン伝導度を示し、さらなる添加剤の適用なしに  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  正極および黒鉛系負極が安定かつ可逆的に作動することを確認した (図 3-39)。断熱型熱分析装置 (TSC) を用いてゲルの加熱特性を調査したところ、この電解質が実用上十分な熱安定性を有することを見出した。

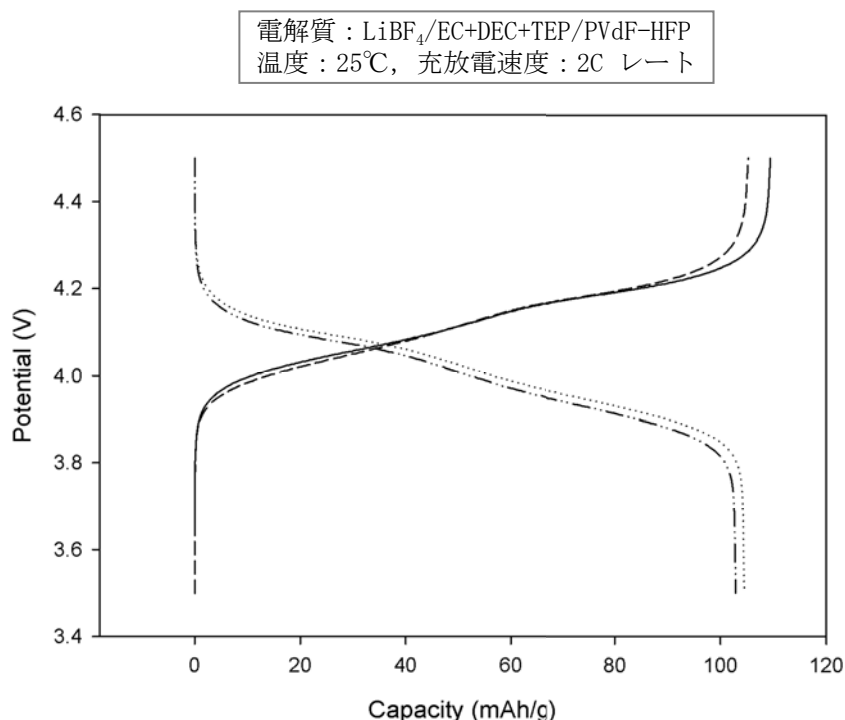


図 3-39 不燃性ゲル電解質中での  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  正極の定電流充放電挙動

## ●FTA (FTI) アニオン系イオン液体 : 【(独) 産業技術総合研究所】

本研究開発では、既存の有機電解液系リチウム二次電池の構成を生かしつつ、安全性に優れた車載用リチウム二次電池システムの実現に資するイオン液体電解質を開発することを目的とする。

### ①FTA アニオンからなる新規イオン液体の合成

FTA アニオン原料を用い、電気化学安定性に優れた脂肪族四級アンモニウムとの組み合わせを検討しその物性を検討した結果、従来のアニオン種では固体になるスピロ型アンモニウムにおいても室温で液体となること、またその導電率は目標値を若干下回る (38 °C で 10 mS/cm) もの、



その解離性の指標であるイオン性は 0.8 もの高い値を示すことが分かった (図 3-40)。イオン液体の含浸性に優れた  $\text{SiO}_2$  ナノ粒子含有ポリオレフィンセパレータ (厚み  $30\mu\text{m}$ ) を用いた  $\text{Li}/\text{LiCoO}_2$  セルにこのイオン液体を適用することにより、室温  $25^\circ\text{C}$  において 50% 容量維持率において 5C ( $1.0 \text{ mA cm}^{-2}$ )、さらに  $55^\circ\text{C}$  では、13C ( $2.6 \text{ mA cm}^{-2}$ ) での充放電が可能となり、同じセル構成における有機溶媒電解液の結果とほぼ同程度の特性を示すことが分かった。一方、従来の TFSA (TFSI) アニオンでは高速充放電が不可能であった  $\text{EMI}^+$  イオン液体において、 $\text{FSO}_2$  基を 1 つ有する FTA イオン液体では、室温  $25^\circ\text{C}$  では 7C ( $1.4 \text{ mA/cm}^2$ )、 $55^\circ\text{C}$  では 20C ( $4.0 \text{ mA/cm}^2$ ) での充放電レート特性を示し、FSA アニオンに匹敵する優れた充放電特性を示す事が分かった。また、酸素を含有するボレートアニオンについて詳細に検討し、酸素を含有させることによって、従来のパーフルオロアルキルトリフルオロボレートアニオンでは固体のカチオン種をも容易に液体化し、比較的高い分子量にも関わらず最も低い粘性を示す事が分かった (図 3-41)。 $\text{EMI}^+$  からなる塩では室温で  $9.1 \text{ mS/cm}$  とほぼ目標値を達成していることが分かった。また DSC を用いた電池構成材料共存下での熱安定性評価の結果、アミド系よりも熱分解温度が低いものの、総発熱量が小さいという結果を得た。

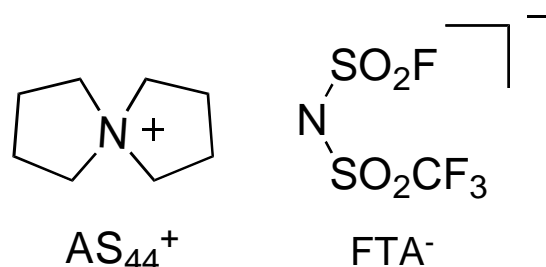


図 3-40 新規 FTA イオン液体の構造

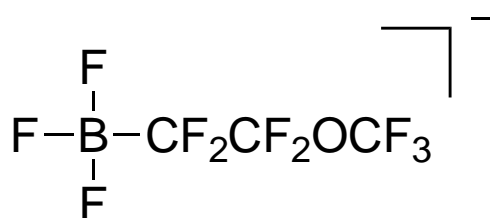


図 3-41 新規ボレートアニオンの構造

## ②分子動力学計算 (MD) によるイオン液体の拡散係数とイオン構造の相関性

非対称アミド (FTA) 並びにボレートアニオンからなるイオン液体の拡散係数の予測について検討した。その結果、計算値とイオン構造の関係は、実測値とほぼ良い一致を示し、計算科学的手法がイオン液体の物性予測に有効であることが分かった。今後、イオン液体の物性予測のみならず、イオン液体-固体 (例えば炭素負極等) との相互作用解析を開始し、より電池電解質に適したイオン液体の設計指針を得ることを目指す。

(6) 成果の普及

平成 21 年度 4 月末時点での外部発表の実績を表 3-12 に示す。

表 3-12 外部発表の実績

研究テーマ名	実施者	特許 出願	論文 発表	講演 発表
ポスト鉄オリビン系高性能リチウム二次電池の研究開発	三菱重工業 九州大学 九州電力	2	9	29
高容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発	産業技術総合研究所 田中化学	4	7	38
多層構造粒子設計による高出力リチウムイオン電池用正極活物質の研究開発	戸田工業	1	0	1
高容量電池の研究開発	日産自動車 (再)神奈川大学 (再)東京工業大学	5	1	13
活物質/カーボンナノ複合構造制御による高出力・大容量Liイオン二次電池の研究開発	長崎大学 産業技術総合研究所	0	4	22
大型リチウム二次電池用高安全性電解質の研究開発	三菱化学 日本合成化学工業	6	1	14
高出力・高安全性リチウムイオン電池の開発	第一工業製薬 関西大学 (再)エルクセル	1	2	15
高出力リチウムイオン電池用の不燃性ポリマーゲル電解質の研究開発	山口大学	0	2	15
リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発	産業技術総合研究所	5	3	22
		24	29	169

(7) 最終目標達成の見通し

【正極材料】

正極材料としては、フッ化鉄ペロブスカイト系、オリビンマンガン系、フッ素化またはケイ酸化オリビン類縁系、層状マンガン系、層状  $\text{Li}_2\text{MnO}_3\text{-LiMO}_2$  系、多層正極材料等について研究開発を実施してきている。フッ化鉄ペロブスカイト系、層状  $\text{Li}_2\text{MnO}_3\text{-LiMeO}_2$  系、多層正極材料を中心に、250 Ah/kg 以上の容量を示す有望な材料も見いだされており、今後の技術開発の進展により最終目標を達成できる見通しである。

### ●フッ化鉄ペロブスカイト系：

LiFeF<sub>3</sub>正極材料のエネルギー密度は塗布電極を用いたコインセルで190 Ah/kg (590 Wh/kg)であり、単電池としては145 Wh/kgを予想しているが、更に可逆コンバージョン反応（3電子反応：Liイオン3個移動）を用いることで材料当り理論容量711 Ah/kg、エネルギー密度1,400 Wh/kgと大幅な増加が見込めることから、最終目標である正極材料（活物質）当りのエネルギー密度1,000 Wh/kg以上が可能となる。また、LiFeF<sub>3</sub>正極材料の原料は他金属酸化物系正極材料の原料に比べ低コスト材料であることから、量産化に適した材料合成方法の検討を行うことでコスト目標である3000円/kg以下を達成できる見込みである。安全性については、これまでに現状鉄オリビン系リン酸鉄と同等レベルの熱的安全性を確認しているが、今後難燃性電解液や添加剤の検討を行うことでより安全性を高め、最終的には単電池レベルでの安全性試験にて破裂、発火がないことを確認出来ると考えている。

### ●層状マンガン系、層状Li<sub>2</sub>MnO<sub>3</sub>-LiMO<sub>2</sub>系：

従来の正極材料の容量を超える250 Ah/kg以上の容量が発現することが実証され、最終目標に対する基本コンセプトは確立できたと考える。一方、更なるサイクル特性と容量性能の向上が必要なため本材料系の容量発現メカニズムをより詳細に解析し、材料開発にフィードバックする必要がある。これまで得られている基本組成から、化学組成の最適化、活物質-導電材複合体作製方法、表面修飾法等を適用することにより改善を行う。さらに、電池設計の観点からの問題点洗い出しを行い、それを開発にフィードバックして、最終目標を達成する見通しである。

### ●多層構造正極材料：

多層構造粒子とする際のコア材料の選定の結果、容量から見た場合、Li<sub>2</sub>MO<sub>3</sub>-LiMO<sub>2</sub>の composite ratioには最適値があり、Li<sub>2</sub>MO<sub>3</sub>成分を増やしすぎると可逆性が低下してむしろ放電容量が低下することを見いだした。今後、中間層としては、容量-負荷特性-熱安定性のバランスの中でも特に負荷特性に優れるLi<sub>1+x</sub>(Ni<sub>a</sub>Co<sub>b</sub>Mn<sub>c</sub>)<sub>1-x</sub>O<sub>2</sub>を中心に、その組成、膜厚、及び単独評価した際の比表面積の制御に相当する膜密度を最適化することにより出力密度の目標である3,000 W/kgの達成を目指す。更に、表面不活性層としては、コア及び中間層に含まれるMnの溶出によるサイクル寿命やカレンダー寿命への影響が懸念されるため、Mn溶出抑制効果を中心にその組成、膜厚に対する検討も並行して実施することにより、安全性、サイクル寿命、カレンダー寿命に対しても車載時の濫用に耐える正極材料として多層構造粒子の開発を行うことで、最終目標の達成を目指す。

### 【負極材料】

負極材料としては、Si系、マクロ多孔グラファイト材料等について研究開発を実施してきている。600 Ah/kg程度の容量を示す有望な材料も見いだされており、今後の技術開発の進展により最終目標の達成を目指す。

### ●Si系材料：

これまで問題とされていたSi系負極の、充放電による膨張収縮を主要因とした劣悪な耐久性を抑制する方策の基本コンセプトが確立できている。一方、サイクル特性は十分ではなく、初期不可逆容量が大きいという問題点もあり、更なる改善が必要である。今後、Si粒子の表面コーティング、合金化、電極構造の最適化に加えて、電池試作、評価技術を活用することにより、負

極材料に最適な正極材料・電解質材料を選定することで目標の達成を目指す。

●マクロ多孔グラファイト材料：

高出力・大容量化に必要な性能を有するグラファイト系多孔体材料を開発してきており、既に最終目標に見合う特性を有する材料も得られている。ナノサイズ活物質とカーボンの複合構造の最適化により、負極両材料のさらなる高出力・大容量化を図るとともに、サイクル安定性を含めた特性向上を図る。例えば、多孔カーボン上にナノ活物質を担持する、あるいは共存化での合成により、ナノ活物質の高性能を活かした材料開発が期待できる。また、低コスト化のために、材料合成技術の簡便化や大量合成への展開、また電極体の作製方法の最適化を検討する。さらに最適な材料、方法の組み合わせで小型セルを作製し、性能評価をするとともに、以上の指針で研究開発することにより、最終目標の達成を目指す。

【電解質材料】

有機電解液系としてはヘテロ元素含有溶媒、イオン液体としては FTA アニオン系、FSI アニオン系、シアノホスフェイトアニオン系やシアノスルホニルアミドアニオン系等、ゲル電解質としてはイオンゲルおよびリン酸エステル含有の種々の電解質系についての研究開発を実施してきている。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 FTA アニオンを用いたイオン液体等が見いだされてきており、今後の研究開発の進展による特性改良が進めることで最終目標を達成する見通しである。ただ、コスト目標の達成はかなり難易度が高いものと予想される。

●ヘテロ元素含有溶媒並びに機能性イオン液体：

①電池の電気化学検討および安全性予測、および高安全性電解質材料を用いた電池の特性試験と安全性試験：

釘刺し試験を想定した安全性シミュレーションで釘刺し後 30 秒以内に熱暴走を示さないこと、20 mAh 級小型ラミネート電池において正極活物質基準で 10 W/g の出力に到達する電解液組成の開発に成功している。今後は、これまで中心に行ってきた  $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3})\text{O}_2$ /グラファイト以外の電極を用いた電池についても 18650 円筒型電池での充放電評価と安全性試験を行い、各電極系にて最も充放電性能と安全性が高い電解質を用いた電池で重量出力密度 vs 重量エネルギー密度の相関図上の予想最高到達点をシミュレートすることで、最終目標値の達成を目指す。

②機能性イオン液体の創製：

中間成果と計算科学による特性予測から、課題であるイオン伝導度と安全性の改良には、シアノホスフェイト系アニオンやシアノスルホニルアミド系アニオンを有するイオン液体が有望であることが明らかになった。合成及び性能の確認を実施することで、最終目標値の達成を目指す。

●FSA アニオン系イオン液体：

負極および正極への Li のインターカレーションを中心とした解析を行い、FSA 系イオン液体を用いた電解液を使用することで、ラミネートタイプの Li 二次電池を基本的に動作させることができた。今後、①電極とイオン液体電解液挙動の学術的解析をさらに進めることによりイオン液体電解に影響を及ぼす電池構成材料（負極、正極、セパレーターなどの）のさらなる最適化を行うこと、②添加剤・ゲル化技術も併せて検討をすすめることによりさらなる安全性の向上を図るこ

と、③実用レベルに近い構造である多層セルにて評価を進めることにより、安全性・寿命・エネルギー密度・出力密度を達成することが可能である。

●FTA アニオン系イオン液体：

FTA アニオンからなるイオン液体について詳細に検討した結果から、FSO<sub>2</sub> 基を少なくとも一つ有するアミドアニオンからなるイオン液体が有効である事が分かった。Li 金属、LiCoO<sub>2</sub> 薄膜正極からなるセルでは従来の有機溶媒電解液に匹敵するレート特性を示すイオン液体を見いだす事ができている。この結果はイオン液体の基本特性が従来系に比べて大きく改良された事と、イオン液体の含浸性にすぐれたセパレーターが見いだされた事が大きい。また近年新しい高容量の正極や負極材料が登場しており、それらがイオン液体系においても活用できれば、現在の LiCoO<sub>2</sub> 正極の結果を上回る容量と出力特性を見通す事は現時点で十分に可能である。

●不燃性ゲル電解質：

現状ではゲル電解質そのものの特性は中間目標にほぼ到達しており、最終目標値に到達している特性もある。ゲル電解質電池の実現には、最適な電極系の探索および電極／電解質界面の構築が必要不可欠である。電池のエネルギー密度は選択した電極系に、また出力密度は電極／電解質界面の状況に大きく依存する。現状ではイオンゲル電解質については最適な正極を提案できる状況にあり、また電解質側では黒鉛系負極の充放電に耐えうる性能を有することを確認したところである。またリン酸エステル含有ゲル電解質については、最適設計を施した添加剤の使用により LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 正極および黒鉛負極の充放電可逆性を確認している。これを踏まえた今後の課題は以下の通りである。イオン液体電解質においては、まず最適な正極・負極活物質の選定が重要である。またイオンゲルおよびリン酸エステル含有いずれの電解質系においても、大型電池への適用を見越した電極／電解質界面の最適設計が今後の検討課題となる。この点については、現在模擬的な電池系を用いて問題点の洗い出しを行っている状況であり、技術的課題の整理およびそれに対する適切な対策を施すことにより最終目標の達成は可能であると判断している。

### 3. 要素技術開発（周辺機器開発）

#### （1）事業の目的

要素技術開発（周辺機器開発）は、格段の高性能化（高効率化・軽量化・コンパクト化）に資する電池制御やモータ等の周辺機器の技術開発を行うことを目的とする。特に、省・脱レアアースを実現する車両駆動用モータ技術に重点を置く事とし、下記の性能を見通すことができる車両駆動用モータを開発する。

- ・総合効率：従来技術と同等程度
- ・出力密度：従来技術と同等程度
- ・レアアース使用量：零

又は、

- ・総合効率：従来技術以上
- ・出力密度：従来技術の150%程度
- ・レアアース使用量：従来技術より50%程度以下

ここで、レアアースはネオジウム、ジスプロシウム等の希土類元素を意味し、総合効率は、自動車の走行条件等を考慮した上でのモータ単体あるいはモータを含めた駆動システムの効率を意味する。また、出力密度は、自動車の走行条件等を考慮した上での瞬時あるいは連続運転時における体積出力密度及び重量出力密度を意味する。

電気式モータは1800年代から車両の駆動源として採用されており、その歴史は内燃機関より古い。実用的な電気自動車は、1894年にエミルケラーにより発明され、1897年にはロンドンとニューヨークで電気自動車がタクシーに使用されるようになっていく。その後、1899年にはガソリンエンジンで発電して電池に充電し、電動機で車輪を駆動するシリーズハイブリッド車をつくり、1900年のパリ万博に出展された。しかし、1908年にフォードにより安価なガソリン自動車が開発され、電気自動車は衰退していった。その後はガソリン自動車の燃費が議論されるようになり、1997年にトヨタ自動車からプリウスが発売された。電気を活用して環境性能を良くする技術が開発され、電気駆動車が再び注目を集めることになった。

車両駆動用モータはネオジウムやジスプロシウム等の希土類元素（レアアース）を用いた永久磁石が使われているが、レアアースの価格上昇や供給制約が懸念されている。経済産業省の「新世代自動車の本格普及に向けた提言」においても、上記の状況を捉まえ、車両駆動用モータの脱・省レアメタル化に係わる技術開発の必要性が打ち出されたところである。レアメタルに関する供給懸念を受けて、平成19年度から経済産業省・文部科学省の合同で「希少金属代替材料開発プロジェクト」、「元素戦略プロジェクト」が立ち上げられ、永久磁石の脱ジスプロシウム、省ジスプロシウム化の技術開発が行われている。車両駆動用モータに関しては、省ジスプロシウムに係わる2つのプロジェクトを実施している。ネオジウム磁石の製造メーカー3社（日立金属、TDK、信越化学）の内、2社が当該プロジェクトに参画している。

「新世代自動車の本格普及に向けた提言」の抜粋

第五章 電池やモータの更なる性能向上とコストダウンを目指す「技術開発戦略」

新世代自動車の本格普及のためには、性能面やコスト面でガソリン自動車に匹敵するレベルになることが欠かせない。そのためには、「次世代自動車用電池の将来に対する提言」において述べられているように、電池の更なる性能向上とコストダウンが欠かせない。一方、最近ではハイブリッド自動車などのモータに使用されているネオジウムやジスプロシウムの資源制約が強まっている。今後、資源制約が更に強まるとモータの性能や価格に影響が生じる可能性が高いことから、希少資源の使用を大幅に削減できるモータの開発が求められている。

(モータの技術開発)

新世代自動車の本格普及にむけた最大の課題は電池の性能向上とコストダウンであるが、最近新たに登場した課題として、バッテリー搭載車に欠かせない高性能モータの材料に関するものがある。実は、ハイブリッド自動車などに搭載されている高性能モータの多くには、小型化とハイパワー化を両立するためにネオジウムやジスプロシウムといった希土類元素(レアアース)を使った永久磁石が使用されている。これら希土類元素については、現在、生産量の約9割を中国が占めており、埋蔵量についても世界1位となっている。しかし、近年、ハイブリッド自動車の普及などにより永久磁石を使用した高効率モータの需要が顕著に拡大している一方で、中国が戦略的に希土類元素の輸出規制を行っているため、希土類元素の供給が不足し、その価格は急騰している(表3-13)。今後、ハイブリッド自動車、電気自動車さらには燃料電池自動車などのバッテリー搭載車が普及すれば、希土類元素の供給制約は、深刻な障害となる恐れもある。このことから、希土類元素供給源の多様化と供給量の拡大のための上流開発を行うとともに、並行して、省レアアース、更に長期的観点から代替レアアースを使用した永久磁石モーターの開発や、非永久磁石系モーター(誘導モータ等)の開発を進めることが求められている。

表3-13 レアアースの近年の価格状況 (US\$/kg)

	2003年12月	2005年12月	対2003年	2006年12月	対2003年
			12月比		12月比
ネオジウム	7	14	+200%	31	+443%
ジスプロシウム	30	69	+230%	113	+377%

このため、経済産業省としては、レアアースの上流開発対策とともに、モータの更なる性能向上のための技術開発を推進していく予定である。経済産業省の取り組みをきっかけとして民間企業や大学・研究機関においてもモータの研究開発に取り組まれることが強く期待される。

## (2) 事業の概要

電機モータ・制御回路開発に必要な一定の技術を保有している、三菱電機(株)、(公)大阪府立大学、ダイキン工業(株)、(学)東京理科大学、(国)北海道大学、(国)名古屋工業大学、(学)東海大学、(国)徳島大学、FDK(株)が参画している。研究開発テーマとしては、三菱電機(株)は「次世代自動車用高性能モータ蓄電パワエレシステムの研究開発」、(公)大阪府立大学/ダイキン工業(株)は「等価狭ギャップ構造による脱レアアース高性能リラクタンストルク応用モータの研究開発」、(学)東京理科大学/(国)北海道大学は、「脱レアアース次世代モータの研究開発(高速スイッチドリクタンスモータおよび3次元モータの研究開発)」、(国)名古屋工業大学/(学)東海大学は「脱レアアースを目指す自動車用モータの研究開発」、徳島大学は「レアアースレス電動機に適用可能なセンサレス制御に関する研究開発」、FDK(株)は「高効率制御回路を用いた電池電力利用技術の研究開発」の6テーマで研究開発を実施している。図3-42に次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容(平成21年度)における本研究開発項目位置づけを示す。

次世代自動車(HEV、EV、FCV等)の早期実用化に資するために、高性能かつ低コストの二次電池及びその周辺機器の開発を実施。

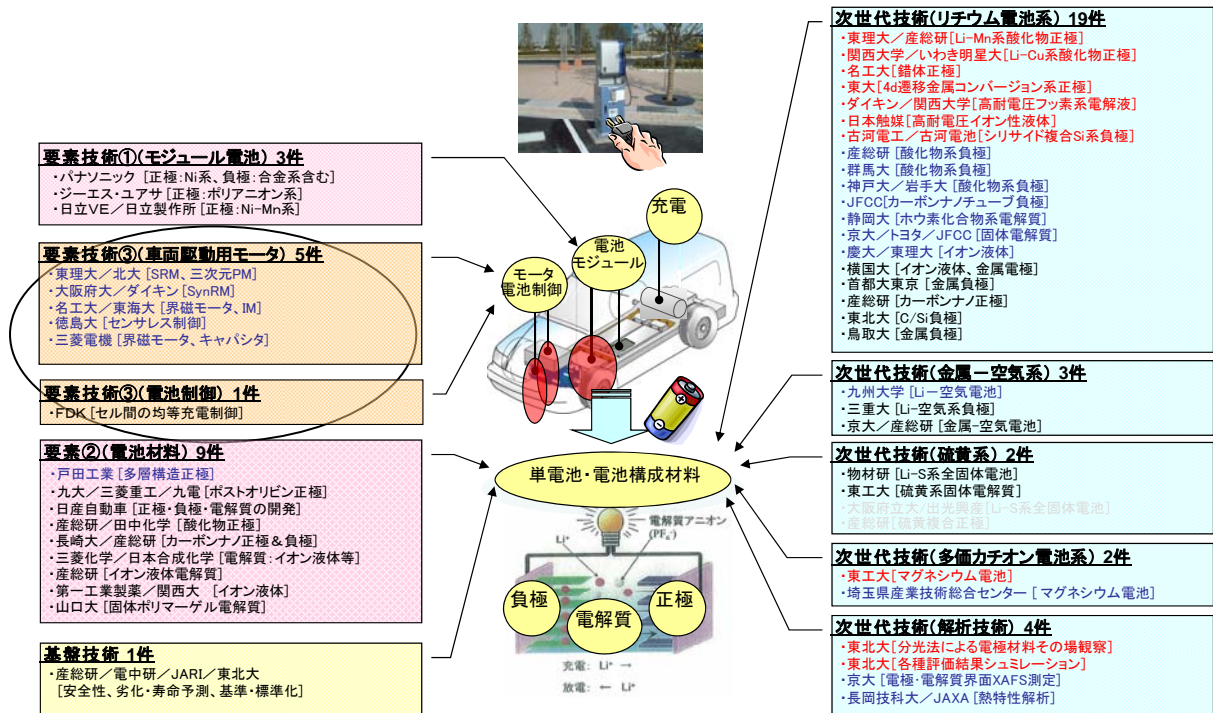


図3-42 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容(平成21年度)

(本研究開発項目の対象テーマは楕円で囲われている)

平成21年度(中間目標)までに、モータ開発では磁場解析等による磁性材料および誘導コイルなどの形状および構造の最適化と新規同期モータ、誘導モータの設計により、軽量化と高性能化等の開発を実施することで中間目標を達成する。また、制御技術開発では必要となる低損失インダクタの開発、コンバータを用いたSOC均等化回路の開発等を実施するとともに、高効率を実現するため、高周波化に取り組むことで中間目標を達成する

平成23年度(最終目標)までには、モータ開発では適切なサイズのモータを試作・性能評価す



ることで、性能目標（最終目標）を達成する。また、制御技術開発では必要に応じてLSIを製作し、特性改善を実施することで、性能目標（最終目標）を達成する。具体的な研究開発内容については表3-14に示す。

表3-14 委託先の研究テーマ、研究開発内容

(a) 【モータ】

開始年度	研究テーマ【委託先】	研究開発内容
H20～	次世代自動車用高性能モータ蓄電パワエレシステムの研究開発【三菱電機(株)】	本研究開発は、巻線界磁型モータとキャパシタ、パワエレ技術を組み合わせる事で、軽量、コンパクト化、高出力化、高効率化な車両駆動用モータを実現する。回転子コイルからもキャパシタを用いて回生し界磁電流として用いることにより、出力密度と効率を改善する。10kW級モータの試作と評価まで行う。
H20～	等価狭ギャップ構造による脱レアアース高性能リラクタンストルク応用モータの研究開発【(公)大阪府立大学/ダイキン工業(株)】	本研究開発は、多極大トルク化、立体ギャップ構造によるギャップ長短縮化により、高性能フェライト磁石補助型シンクロナスリラクタンスマータ(PMASynRM)を開発する。大阪府立大はモータ開発、ダイキン工業はモータ構造に起因する磁束高周波成分による鉄損増加に対応するため鉄損と磁束分析の高精度測定、モータ組立方法、ステータ分割コア組立技術と巻線技術の検討を行う。
H20～	脱レアアース次世代モータの研究開発(高速スイッチドリラクタンスマータおよび3次元モータの研究開発)【(学)東京理科大学/(国)北海道大学】	本研究開発は、スイッチトリラクタンストルクモータ(SRM)及びフェライト磁石モータの開発を行う。SRMは鉄心開発、高回転数化、固定子鉄心の構成方法、振動抑制方法の検討によりプリウスモータ並みの効率、出力密度を達成する。フェライト磁石モータはディスク型回転子を持ち、ラジアル方向にもギャップを配置した3次元モータを開発する。モータ製造は外注する。
H20～	脱レアアースを目指す自動車用モータの研究開発【(国)名古屋工業大学/(学)東海大学】	本研究開発は、名古屋工業大学で永久磁石と界磁巻線を組み合わせた新規なハイブリッド界磁モータを開発すると共に、東海大で圧粉鉄心を用いた誘導モータを開発する。
H20～	レアアースレス電動機に適用可能なセンサレス制御に関する研究開発【(国)徳島大学】	本研究開発は、誘導同期リラクタンスマータ(SynRM)と誘導機の組合せの開発、センサレス制御による高速回転システムの開発を行う。

(b) 【制御回路】

開始年度	研究テーマ【委託先】	研究開発内容
H19～	高効率制御回路を用いた電池電力利用技術の研究開発【FDK(株)】	本研究開発は、次世代自動車用高性能蓄電システムに必要な電池電力利用技術について、電池の保護制御と充電率均等化制御、高効率電力変換、高密度実装を可能とすることで、これまでに無く小型で高効率、安価なシステム供給を可能にするための開発を行う。

表 3-42 で示した開発内容について、モータの種類についてまとめたものを図 3-43 に示す。省レアアースモータを研究開発する名古屋工業大学以外は、脱レアアースモータの研究開発を実施する。また、徳島大学は主にモータ制御について研究開発を実施する。

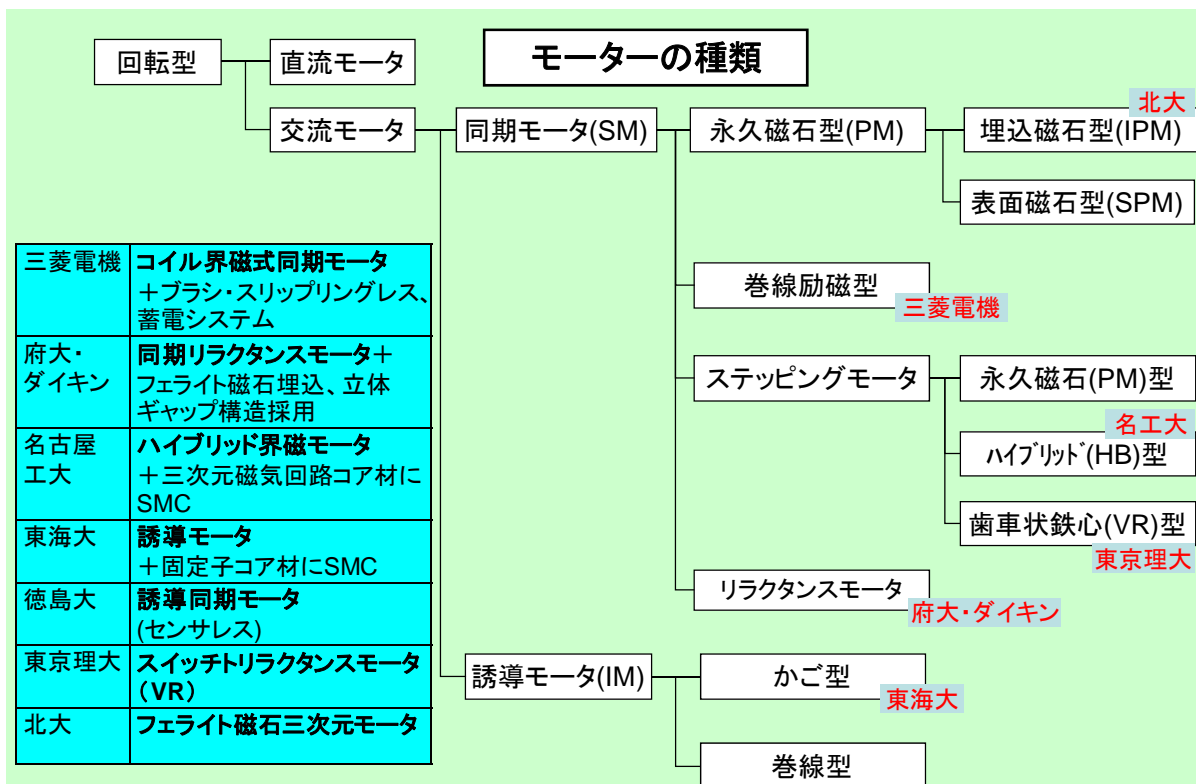


図 3-43 モーターの種類

(3) 研究開発の実施スケジュールと予算

平19年に1件のテーマ（制御回路）を採択し、平成20年に5件のテーマ（モータ）を採択した。また、平成19年度並びに20年度採択テーマについては平成21年度に延長審査を実施して後年度の研究延長の可否を判定する。図3-44にプロジェクトの年度計画（要素技術開発：周辺機器開発）を示す。

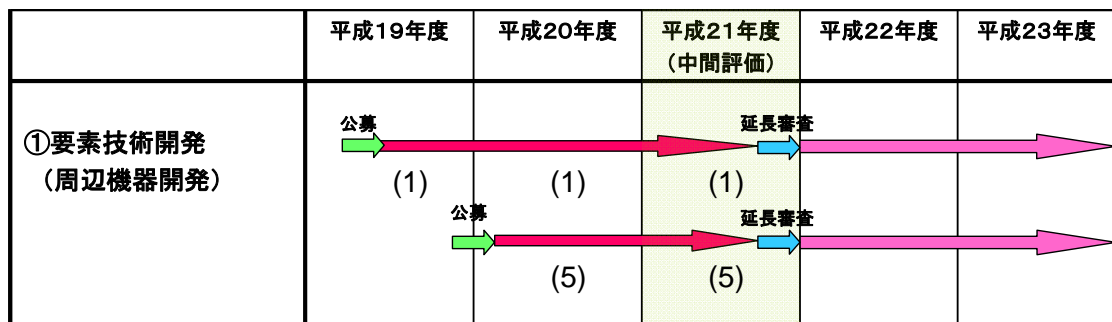


図 3-44 プロジェクトの年度計画（要素技術開発：周辺機器開発）

要素技術開発（周辺機器開発）は、モータや制御回路の試作や試験等に多くの費用が必要となるため、それらが円滑に実施できるよう、各テーマ内容を精査することで適切な予算を配分した。表3-15に委託先の研究予算一覧表を示す。

表 3-15 研究予算一覧表（要素技術開発：周辺機器開発）

委託先	研究予算（百万円）			
	H19fy	H20fy	H21fy	総額
三菱電機(株)	---	166.5	167.9	334.4
(公)大阪府立大学／ダイキン工業(株)	---	60.1	41.7	101.8
(学)東京理科大学／(国)北海道大学	---	36.6	44.0	80.6
(国)名古屋工業大学／(学)東海大学	---	32.6	12.5	45.1
(国)徳島大学	---	17.7	19.8	37.5
FDK(株)	39.8	53.4	61.9	155.1
	39.8	366.9	347.8	754.5

#### （４）研究開発目標と中間目標達成度

格段の高性能化、コンパクト化、低コスト化を目標とする。ただし、数値目標は各周辺機器や開発内容によって異なるため、提案内容を踏まえて、採択決定後に NEDO 技術開発機構と協議のうえ個別に実施計画に定めることとした。

省・脱レアアースを実現する車両駆動用モータ技術については、下記の性能を見通すことができる車両駆動用モータを開発することを目標として設定した。目標値の設定に当たっては、車両駆動用モータに関係する技術者、研究者、学識経験者の方にお集まり頂き、脱レアメタルあるいは省レアメタルを目的に、モータの方式と言った観点からの切り口を中心に、技術開発の可能性等を審議するため、「電動車両用駆動モータ等に関する技術検討委員会」を NEDO 技術開発機構で設置した。本委員会では、平成 19 年 11 月から平成 20 年 2 月まで計 3 回の審議を行った。審議の結果、省・脱レアアースモータの研究開発ロードマップが策定された。表 3-16、表 3-17 に省・脱レアアースモータの研究開発のロードマップを示す。

表 3-16 脱レアアース型モータの研究開発ロードマップ

(レアアースを使わず、既存モータ (PM) と同等程度の出力密度、効率を目指す)

	現状	参考：改良型モータ (2010年)	先進型モータ (2015年)	革新型モータ (2020年)
総合効率	1.0	1.0	1.0	1.1
出力密度	1.0	1.2	1.0	1.2
レアアース使用量	1.0	1.0	0	0
開発体制	民主導	民主導	産学官連携	大学・研究機関

(注) 現状および改良型モータは、現在車両駆動用モータの主流である永久磁石式同期モータを意味する。また、表中の数字は、現状を 1.0 とした場合の比率を表す。

表 3-17 省レアアース型モータの研究開発ロードマップ

(永久磁石同期モータ等の省レアアース化を実現しながら、格段のコンパクト化、高効率化を目指す)

	現状	参考：改良型モータ (2010年)	先進型モータ (2015年)	革新型モータ (2020年)
総合効率	1.0	1.0	1.1	1.2
出力密度	1.0	1.2	1.5	2.0
レアアース使用量	1.0	1.0	0.5	0.5
開発体制	民主導	民主導	産学官連携	大学・研究機関

(注) 現状および改良型モータは、現在車両駆動用モータの主流である永久磁石式同期モータを意味する。また、表中の数字は、現状を 1.0 とした場合の比率を表す。

<開発対象並びに目標>

①研究開発の対象

a) 車両駆動用モータの脱レアアース化

車両駆動用モータの脱レアアース化や、脱レアアース型モータのコンパクト化、高効率化等を対象とする。具体的には、誘導モータ、スイッチトリラクタンスモータ、巻線界磁型同期モータ、非レアメタル磁石式同期モータ、ハイブリッド励磁型同期モータなどが開発対象の候補となる。

b) 車両駆動用モータの省レアアース化

省レアアースを実現しながら既存の永久磁石式同期モータの格段のコンパクト化、高効率化等を対象とする。但し、永久磁石式モータの高性能化は民間企業で活発な研究開発が行われている事から、国家プロジェクトとして実施する場合は、格段の高性能化が期待できる革新的な技術、基礎的な技術開発であることが必要となる。

c) モータの要素技術の開発

上記の駆動用モータの技術開発に繋がる要素技術の開発を対象とする。例えば、モータの冷却技術や電気絶縁技術等が対象となる。

## ②研究開発の目標

本プロジェクトでは2015年の実用化を目指し、産官学の連携が必要な、先進型モータについて研究開発対象とすることにした。

- ・総合効率：従来技術と同等程度
- ・出力密度：従来技術と同等程度
- ・レアアース使用量：零

又は、

- ・総合効率：従来技術以上
- ・出力密度：従来技術の150%程度
- ・レアアース使用量：従来技術より50%程度以下

ここで、レアアースはネオジウム、ジスプロシウム等の希土類元素を意味し、総合効率は、自動車の走行条件等を考慮した上でのモータ単体あるいはモータを含めた駆動システムの効率を意味する。また、出力密度は、自動車の走行条件等を考慮した上での瞬時的あるいは連続運転時における体積出力密度及び重量出力密度を意味する。

### <各委託先の達成目標>

中間目標は、採択決定後に NEDO 技術開発機構と委託先との間で最終目標を踏まえ、協議して決定する。表 3-18 に要素技術開発（周辺機器）の委託先の達成目標を示す。なお、中間目標に対する達成度は平成 21 年度末時点の見込み値である（○：達成済または見込み、△：達成には大幅な特性改善が必要、×：達成困難）。各委託先とも中間目標はおおむね達成される見込みである。

表 3-18 要素技術開発（周辺機器）の委託先の達成目標

3-18(a) 「次世代自動車用高性能モータ蓄電パワエレシステムの研究開発」

【(株) 三菱電機】

項目	中間目標	達成度	最終目標
モータ試作	レアアースレス、非接触回転子給電を実現したコイル界磁型同期モータ基本構造確立と要素試験機の試作完了。	○	レアアースを用いないコイル界磁型同期モータの試作機（10kW級）を完成。
モータ性能	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（トルク密度： $\geq 3$ Nm/kg、出力密度： $\geq 0.6$ kW/kg）が得られる見通しを得る。	○	瞬時の最大トルク値において従来の自動車用レアアース利用PMモータ相当の出力密度（トルク密度： $5$ Nm/kg、出力密度： $\geq 1$ kW/kg）が得られる見通しを得る。
瞬発キャパシタモジュール	瞬発キャパシタセルについて、 $105^{\circ}\text{C}$ で1000時間の寿命を見通す。	○	瞬発キャパシタモジュールで、 $105^{\circ}\text{C}$ で3000時間の寿命性能の目処を得る。

	車載時の充放電回数を想定し、キャパシタセルで <u>500万回</u> の急速充放電寿命を見通す。	○	瞬発キャパシタモジュールで、 <u>500万回</u> の急速充放電寿命の目処を得る。
蓄電パワエレ部	必要な管理値の抽出と、エネルギーマネジメント用アルゴリズムの確立。	○	開発した蓄電パワエレ部を備えたモータでバッテリーの寿命を長寿命化（目標1.5倍）できることを見通す。
	蓄電パワエレ部として、瞬時回生電力の <u>回生効率（目標：<math>\geq 80\%</math>）</u> を見通す。	○	
総合効率	コイル界磁型同期モータ要素試験機の要素試験結果とシミュレーション結果から、最終年度目標の <u>達成見込み</u> を確認する。	○	JC08モード等を模擬した場合の総合効率が <u>同等程度以上</u> になる見通しを得る。

3-18(b) 「等価狭ギャップ構造による脱レアアース高性能リラクタンストルク応用モータの研究開発」

【(公)大阪府立大学、ダイキン工業(株)】

項目	中間目標	達成度	最終目標
定格出力	2.5 kW	○	7.5～10 kW
最大出力	5 kW	○	15～20 kW
定格回転数	2,400 min <sup>-1</sup>	○	2,400 min <sup>-1</sup>
最大回転数	10,000 min <sup>-1</sup>	○	10,000 min <sup>-1</sup>
出力密度	0.010 W/mm <sup>3</sup>	○	0.010 W/mm <sup>3</sup>
モータピーク効率	$\geq 94\%$	○	$\geq 94\%$
レアアース (Nd, Dy, Tb) の使用量	0	○	0
試作機の試験	各種モータ特性の評価、モータ損失の分析と振動評価の完了	○	トルク測定精度 $\pm 0.2\%$ 、モータ各部の温度とエアギャップ中の磁束密度分布測定

3-18(c) 「脱レアアース次世代モータの研究開発(高速スイッチドリラクタンスマータおよび3次元モータの研究開発)」

【(学)東京理科大学／(国)北海道大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
寸法	固定子直径 269mm、軸長 156mm (コイルエンド含む)	○	同一
軸出力	50 kW	○	実験による検証
効率	92 %	○	実験による検証
トルク密度	45 Nm/l	○	実験による検証

3-18(d) 「脱レアアースを目指す自動車用モータの研究開発」

【(国)名古屋工業大学／(学)東海大学】

①「SMC コアを利用したハイブリッド界磁モータの研究開発」(名古屋工業大学)

項目	中間目標	達成度	最終目標
出力密度	≥3.5 kW/kg	○	≥6 kW/kg
磁石使用量	約 500 g	○	約 500 g
トルク密度	≥6 Nm/kg	○	≥6 Nm/kg

②「SMC コアを利用した誘導モータの研究開発」(東海大学)

項目	中間目標	達成度	最終目標
ロータへの SMC コア採用	採用の可否決定	○	ロータコア材の決定
SMC コアを使った誘導モータの設計係数の導出	設計係数の導出	○	設計係数の導出
設計検証機による設計係数の実機確認	設計係数の実機確認	○	設計係数の実機確認

3-18(e) 「レアアースレス電動機に適用可能なセンサレス制御に関する研究開発」

【(国)徳島大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
解析による検証1	100kW電動機の動作確認	○	---
解析による検証2	電動機の発生トルクの解析	○	---
試験用電動機の試作	試験電動機の設計・試作	○	数10kWの試験電動機の試作
基本特性の確認	逆回転防止とトルク特性	○	---
連続制御特性の確認	正弦波駆動～方形波駆動	○	---
低速トルクの確認	250 回転、200%トルク	○	---
高速出力特性の確認	1.5万回転、0.5kW/kg	○	≥0.5kW/kg
運転効率	---	---	≥90 %

3-18(f) 「高効率制御回路を用いた電池電力利用技術の研究開発」

【FDK(株)】

項目	中間目標	達成度	最終目標
低損失磁性材料開発	≤2,000 kW/m <sup>3</sup>	○	1,500 kW/m <sup>3</sup>
低損失インダクタの開発	≥160 W/cc	○	200 W/cc
SOC 均等化回路開発	セル電圧精度：±1 %	○	セル電圧精度：±0.3 %

(5) 研究開発成果例

【モータ】

●モータ蓄電パワエレシステムの開発：【(株)三菱電機】

本研究開発では、レアアースを用いないでPMモータ並みの性能が得られるハイブリッド自動車、

プラグインハイブリッド自動車や電気自動車等に使用するコイル界磁式同期モータの実現を目的とし、軽量コンパクトな高出力ランデル型基本構造、3次元鉄損現象の解明と対策および磁気/電気装荷配分、ブラシレス・スリップリングレス給電構造、車載用瞬発キャパシタ、瞬発キャパシタを用いて回生し回転子コイルの界磁電流として用いるシステムの研究開発やモータの性能（総合効率、出力密度）の確認などを実施することを目的とする。

①コイル界磁型同期モータ要素技術の研究開発

軽量コンパクトな高出力ランデル型基本構造

[1次検討モデル基本設計]

ハイブリッド自動車や電気自動車に適用可能な車載用ランデル型構造の実用事例は無い。そこで1次検討用として、表3-19に示すモータ諸元の大型ランデル型回転機を設計し永久磁石式モータ相当の基本性能の成立性を確認した。

表 3-19 主要設計諸元

固定子	軸長	35[mm]
	外径	φ280[mm]
回転子	軸長	60 [mm]
	外径	φ 217.6[mm]

[回転子の検討と磁気的な成立性の確認]

ランデル型モータにおける基本性能を磁界解析で確認した。モータの基本性能は回転子サイズと磁束密度によって決まるため、多極化によって回転子サイズを拡大して磁束量の不足を補えば、回転子の基本性能として磁気的に同等レベルの性能を得ることが可能であることを確認できた。

[界磁と固定子のコイル銅損配分最適化]

ランデル型モータには、同一トルク仕様に対して固定子コイルと回転子界磁コイルの電流の割合を変えることが可能である。1次試作機にて両者の損失変化状況を把握した。図3-45に、磁界解析結果から推定した100 Nm出力時における界磁起磁力の変化に対する固定子銅損と回転子銅損の変化を示す。また、1次試作機の概観図を図3-46に示す。

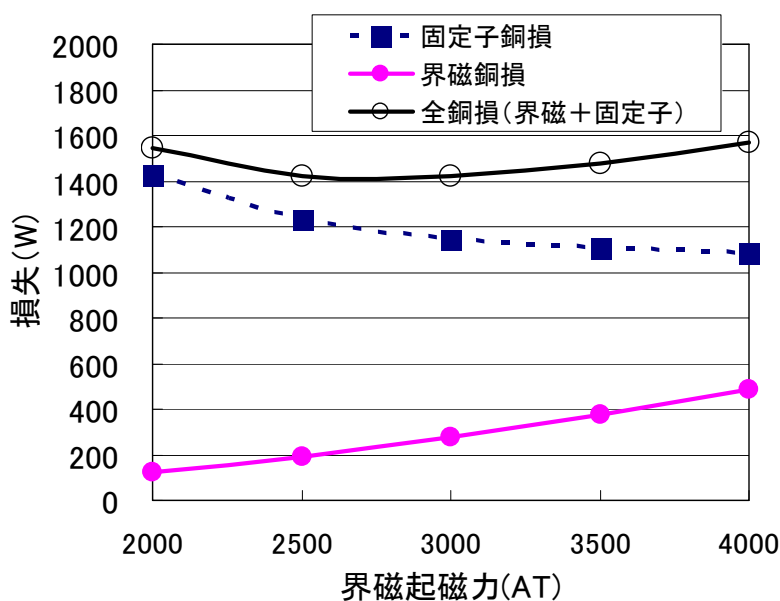


図 3-45 界磁起磁力に対する全銅損変化



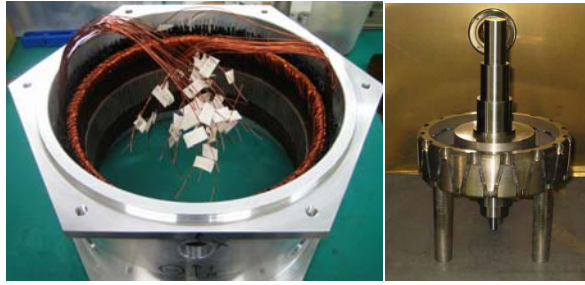


図 3-46 試作機概観図 固定子(左)と回転子(右)

[各部重量の見積りと目標達成の見通し]

1次試作機に使用した磁気的機能部品の重量を合計した値として 22.6 kg となった。実際にはこれにフレーム、ベアリング、端子等が加わるが、全体で 33 kg 以下に構成することにより中間目標であるトルク密度 3 Nm/kg に到達できる見通しが得られた。

### 3次元鉄損現象の解明と対策および磁気/電気装荷配分

製作したモータ要素磁気特性計測解析装置を用いて、固定子鉄心に製造工程で作用する弾塑性変形を想定し、弾塑性変形下での磁気特性の評価法と鉄損解析手法(構造・磁界の連成解析)の検討を行った。塑性歪みを付与した素材で各鉄損成分(ヒステリシス損失、渦電流損失)が圧縮/引張応力に対して示す変化の様子が解明できた(図 3-47)。

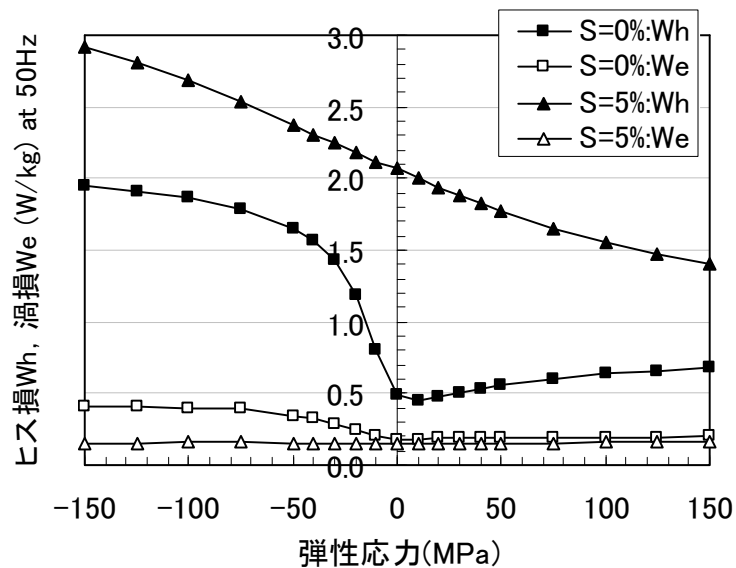


図 3-47 弾塑性変形(応力)と磁気特性影響

## ②蓄電パワエレ部要素技術の研究開発

### 車載用キャパシタセルおよびモジュールの研究開発

小型セル (9 cm<sup>2</sup>級) を試作して 105 °C での動作の可能性や 0.1 Ω F 級の瞬発キャパシタでのサイクル寿命性能を調べた。その結果、セル電圧を多少低くすることで 105 °C での動作も可能に

なる見通しを得た。また、瞬発キャパシタについて小型セルではあるが 2500 万回のサイクル寿命を達成し十分なサイクル寿命性能を持っていることを実証できた(図 3-48)。さらに回生用瞬発キャパシタセル試作装置を用いて数十 cm<sup>2</sup>級の扁平巻回形の試作を開始すると共に、回生用キャパシタ評価装置を用いて、セルへの急速な充放電による温度分布の変化などを明らかにした。

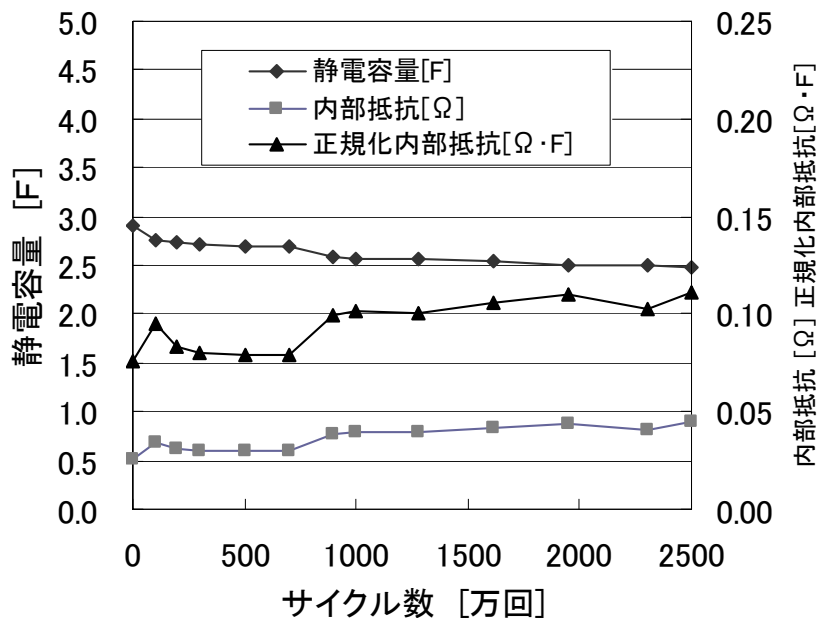


図 3-48 瞬発瞬発形キャパシタの静電容量、抵抗変化

### 蓄電パワエレ部の研究開発

回転子コイルからの回生や界磁、バッテリーとの入出力にキャパシタを使用するためには昇降圧比が大きくても変換効率を高く保てる双方向 DC/DC コンバータが必要である。各種方式をシミュレーション等で検討した結果、従来よりも高い時比率（通流率、デューティ率）が可能なカップルドインダクタ方式を選択して、課題となる電圧サージを抑えるアクティブクランプ技術を開発し、設計試作して、製作したモータ回生・力行要素試験装置を用いて試験した。その結果、電圧サージを抑えた上で、降圧動作時、出力電流 18 A、電圧降圧率 7.5～15 %の条件下において、90.5～93.5 %の効率が得られた。

### ●リラクタンストルク応用モータの開発：【(公)大阪府立大学／ダイキン工業(株)】

本研究開発では、フェライト磁石を補助的に用いる同期リラクタンスモータ（フェライト磁石補助型同期リラクタンスモータ：PMASynRM）の高トルク化および実ギャップ長を短縮することなく狭ギャップモータと同等の性能となる等価狭ギャップ構造を組み合わせることにより、レアアース永久磁石の使用量がゼロで従来技術と同等の総合効率および出力密度となる、脱レアアース高性能リラクタンストルク応用モータを開発するとともにその実用化のための設計技術と生産技術を開発することを目的とする。

#### ①高トルク構造の開発

高トルク化に適した極数・フラックスバリア構造・磁石埋込方法等を有限要素法による磁界解

析で検討した。図 3-49 に示すように 10 A（定格）および 20 A（最大電流）における PMASynRM の発生トルクは、シンクロナスリラクタンスモータ（SynRM）と比べて 20～30%向上すること、6 極構造（図 3-50）のトルクが最も大きいことが明らかになり、この構造を第 1 次設計モデルとした。次に、ギャップ長を第 1 次設計モデルの 70%に短縮した解析モデルについて磁界解析によりトルク特性を検討した。その結果、定格トルク 10.0 N・m、最大トルク 20.4 N・m が得られた。

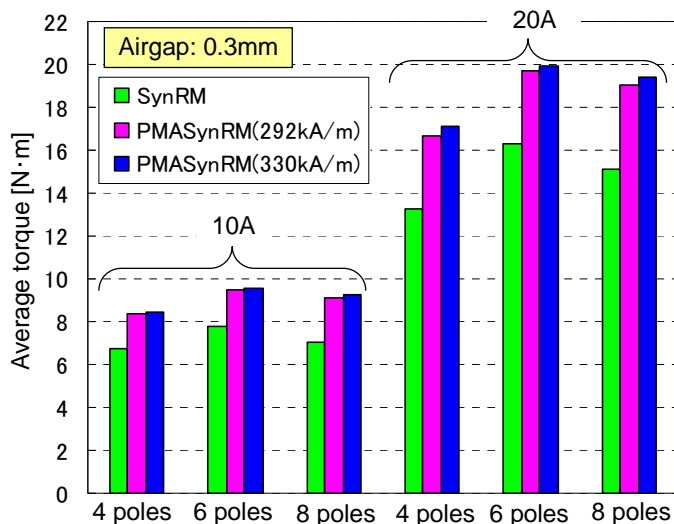


図 3-49 平均トルクの比較

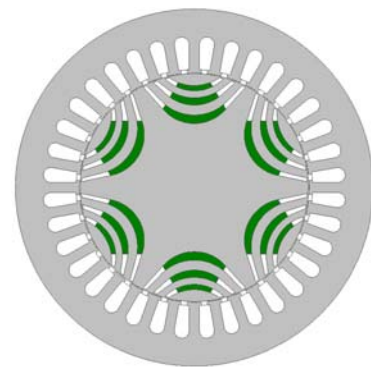


図 3-50 第 1 次設計モデル

## ②等価狭ギャップ構造の性能把握と課題抽出

有限要素法による磁界解析の結果、立体ギャップ構造にすることで実ギャップ長の 70%のギャップ長の平面ギャップ構造と同等の磁束密度が得られ、立体ギャップ構造による等価的なギャップ長短縮効果が確認できた。また、鉄損解析の結果、立体ギャップ構造によるモータ全体の損失増加は約 5%と概算された。

## ③試験評価装置の開発

最大出力 5 kW、最大回転数 10,000 min<sup>-1</sup>まで開発モータの特性を高精度に測定するためのモータ試験ベンチの仕様を検討した。実際に開発し、導入したモータ試験ベンチシステムのトルク測定精度としては、静止状態でトルク最大 20 N・m、定格トルクまでの精度において±0.19%以内で測定できており、目標を達成している。またシステム全体としては、磁束密度、および電力の高精度な測定が出来るようにしており、損失分析が可能となる構成としている。

## ④モータ生産方法の開発・研究

等価狭ギャップ構造に適したモータ生産方法を検討するために、ステータのコア構造・積層技術と巻線技術などモータ生産方法の調査を実施し、等価狭ギャップ構造によるトルク性能評価と形状精度のための試作モデルとして、突極構造のトルク発生モデルを決定し、製作を行った。また、ステータ分割時の影響を見るために、2 分割を行ったステータを再結合させた時の寸法確認も行い、一体型と分割型での差異はエアギャップに対して±7%(±20 μm)であり、十分な寸法精度が得られていることを確認した。

●高速スイッチドリラクタンスモータおよび3次元モータの開発:【(学)東京理科大／(国)北海道大学】

本研究開発では、主として東京理科大学と北海道大学の2つの大学で異なったアプローチを取りながら脱レアアース次世代モータの研究開発を進める。いずれもレアアース使用量をゼロとする方式であり、目標としては従来のトヨタプリウス搭載のIPMモータと等しい大きさ、効率を実現するものである。すなわち、直径269mm、軸長156mm(コイルエンドを含む)の寸法で軸出力50kW、運転効率同等(負荷点により85-95%)を実現することを目的とする。

①スイッチドリラクタンスモータの設計

Jmagソフトウェア、ワークステーションなどの導入によりコンピュータ解析を行うことができ、軸出力50kWで効率95%程度のスイッチドリラクタンスモータ1台の設計を行うことができた。さらに、目標とするIPMモータとほぼ等しいトルク密度も実現できること、必要になるインバータの容量は2割増加程度で済むことを明らかにした。

②フェライト磁石を用いた2次元モータを設計

2次元有限要素法非線形解析を大規模に行うことで、「フェライト磁石を用いた2次元モータについて、最適な回転子・固定子形状・巻線構成についての設計指針を明確化。解析上、規定速度において軸出力50kW、最高効率92%以上を達成するフェライト磁石を用いた2次元モータの設計。」を達成できた。特に、図3-51に示すようなインセット型の回転子形状にフラックスバリアを追加することで、磁石保持力の弱いフェライト磁石を用いても、実用に耐えうる十分な耐減磁特性を備えると同時に、十分な機械強度を備えている回転子形状を設計できたことは非常に大きな研究成果である。

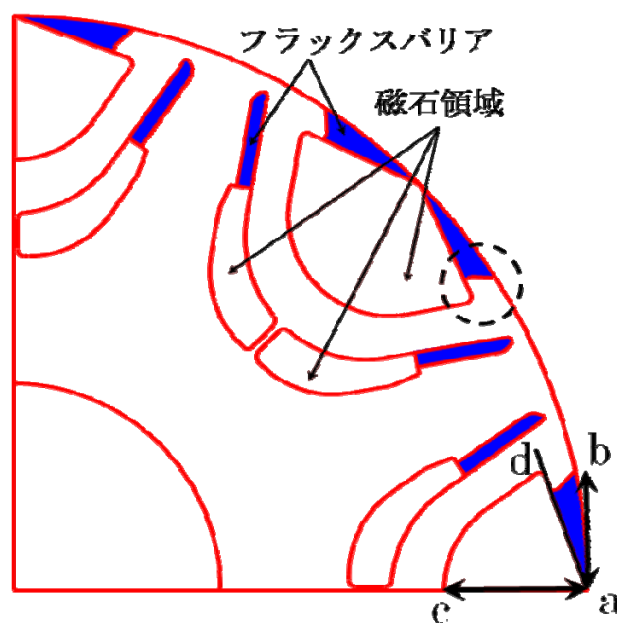


図3-51 設計した回転子断面図

③50kW 負荷試験装置の全体設計

当初の目標通り「50kW 負荷試験装置」とその計測装置システムの全体設計を完了した。

●SMC コアを利用したハイブリッド界磁モータ及び誘導モータ：【(国)名古屋工業大学／(学)東海大学】

本研究開発では、希土類系磁石使用量を従来比50%以下に抑えた省レアアースタイプのハイブリッド界磁モータ (Hybrid Excitation Motor、以下HEMと略記)、希土類系磁石を一切使用しない脱レアアースタイプの誘導モータ、計2種類のモータを対象に、次世代自動車の早期実用化に資するため、高密度かつ高効率なモータの実現を目指す。HEMでは希土類系磁石使用量を500[g]程度に抑えて水冷方式下で最大出力密度6[kW/kg]、かつ現行ハイブリッド自動車搭載のモータ効率マップ水準を実現し、必要な設計・材料要素技術を明らかにすることを目的とする。誘導モータでは、自動車用を想定した空冷仕様の設計試作モータで最大出力密度1[kW/kg]超を実現し、かつ定格点での効率90 %超を実現し、必要な設計・材料要素技術を明らかにすることを目的とする。

①SMC コアを利用した HEM の研究開発

(1)極数とスロット数と巻線方式、(2)磁石形状、(3)ロータ内周 SMC 外径と電機子巻線ターン数をパラメータにステータ／ロータ形状と対応する界磁極形状を決定する設計手順を決め、三次元有限要素磁場解析による試行錯誤設計を実施した。図 3-52 に目標出力密度をほぼ満足する実スケール HEM の設計形状図面を示す。

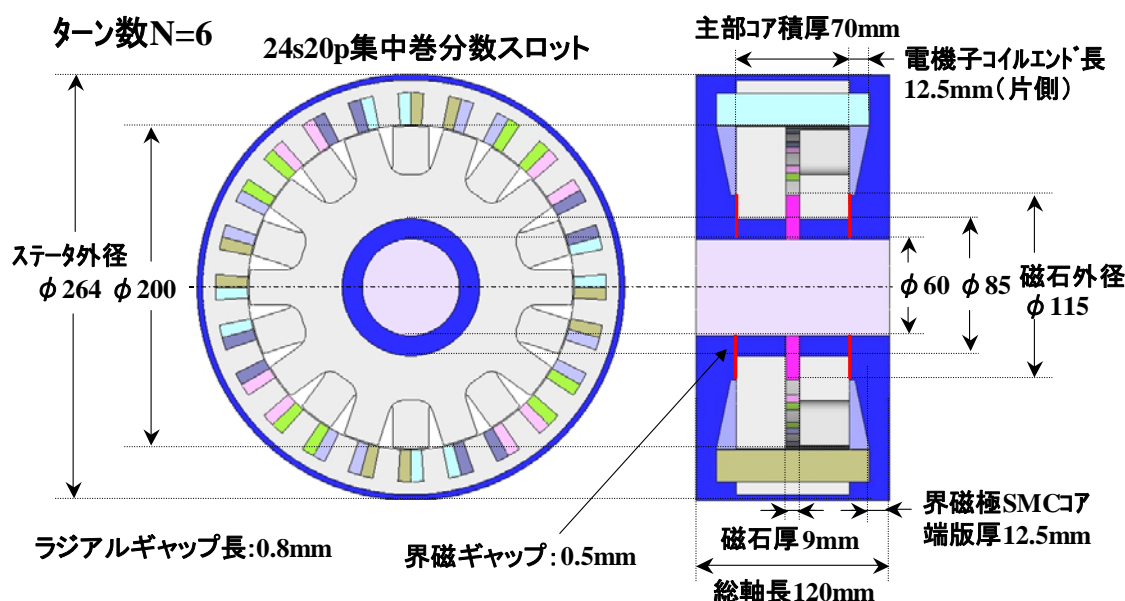


図 3-52 目標出力密度を達成する HEM 設計形状図面

②SMC コアを利用した誘導モータの研究開発

圧粉磁心を用いた試作機と積層鋼板を用いた従来型誘導モータを負荷試験し測定により比較評価した。その結果、ロータに圧粉磁心を採用するのは特性的には不利であることが明らかになった (図 3-53)。設計検証機を設計・製作し、それに基づき圧粉磁心誘導モータの設計係数を導出した。結果、設計計算ではコア内部の磁束密度が関係するパラメータには SMC 係数 1/0.8 を掛ければ従来の設計計算式がそのまま使えることを明らかにした。

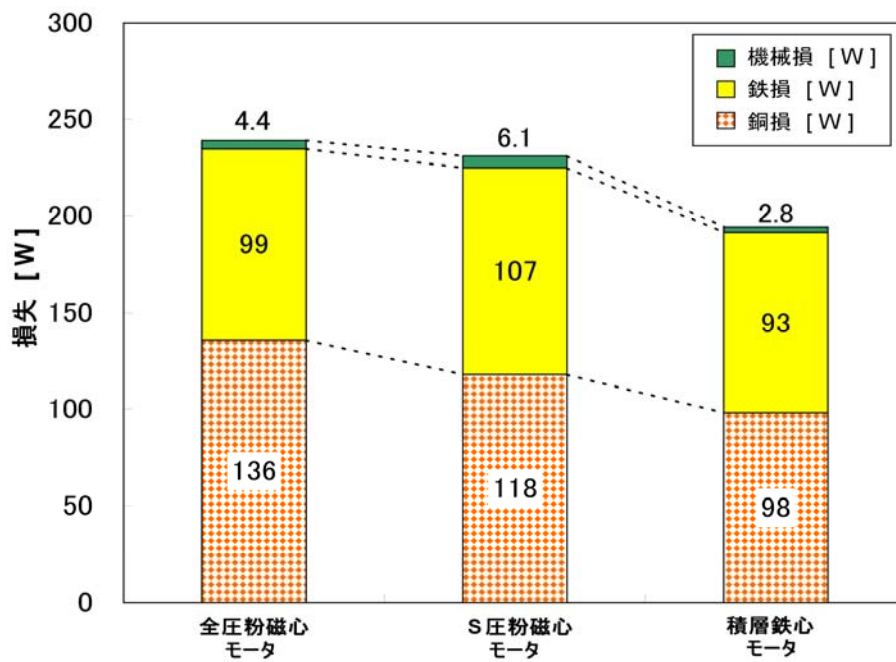
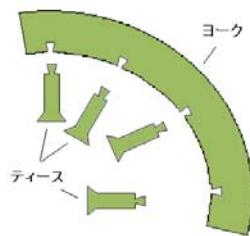


図 3-53 定格出力時の損失比較 (商用電源)

また、圧粉磁心を使った自動車用誘導モーターではロータには圧粉磁心を使用しないことを決断した。さらに最適設計機の設計基本方針を図 3-54 のように決定した。また SMC コアを研削加工により成形することにより渦電流損が発生していることが明らかになった。



(a) 圧粉磁心分割コア



(b) 高占積率巻線

図 3-54 最適設計機の設計基本方針

## ●レアアース電動機に適用可能なセンサレス制御技術の開発：【(国)徳島大学】

本研究開発では、センサレス制御に適した誘導同期電動機の解析に基づく試作電動機を高速回転させ、始動から高速運転まで連続的に制御出来ることを実証すると共に、電気自動車として求められる制御目標を達成する技術開発を行うことを研究開発の目的とする。

### ①センサレス制御電動機駆動システムのシミュレーション解析

#### 埋め込み磁石同期電動機駆動特性解析：

100kW 程度の 8 極の埋め込み磁石同期電動機が、センサレス制御により、始動から数万回転まで駆動システムを変更することなく連続的に制御できることをシミュレーション解析により確認した。

#### 誘導同期電動機の駆動特性解析：

誘導同期電動機の解析モデルをもとにセンサレス制御システムのシミュレーション解析により誘導同期電動機が駆動できることを確認した。

### ②レアアースレス電動機の試作

図 3-55 に基本制御特性確認のため 400 W 程度の二種の電動機を試作した。固定子構造を、同図 (a) に示す。同期リラクタンス電動機としては、同図 (b) に示すように回転子の突極比を大きくするため一般的なフラックスバリア構造の固定子と入れ替えたリラクタンス電動機を試作した。誘導同期リラクタンス電動機としては、同図 (c) に誘導同期電動機の回転子鉄心部を一般的なフラックスバリア構造とした電動機を試作した。

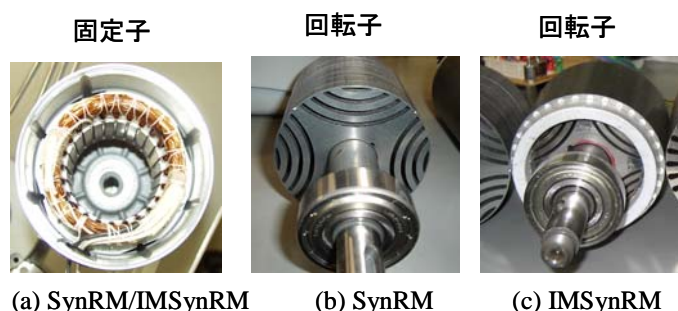


図 3-55 レアースレス電動機の構造

### ③センサレス制御実験特性

電動機の実負荷試験装置を導入し、負荷試験を定量的に行った。

#### リラクタンス電動機の駆動特性：

同期リラクタンス電動機の回路定数を用いることなく、正逆転駆動特性や優れたトルク速度特性が得られた。

#### センサレス制御による始動特性の比較：

本研究のセンサレス制御システムは、特別な回転位置推定は行っていないため、始動時に回転方法と逆回転するおそれがある。図 3-56 にセンサレス制御による同期リラクタンス電動機と誘導同期リラクタンス電動機の始動時特性の比較を示す。誘導同期リラクタンス電動機はいかなる始動タイミングにおいても突極軸の回転子位置関係なく逆回転を生じないで始動出来ることが確認できた。

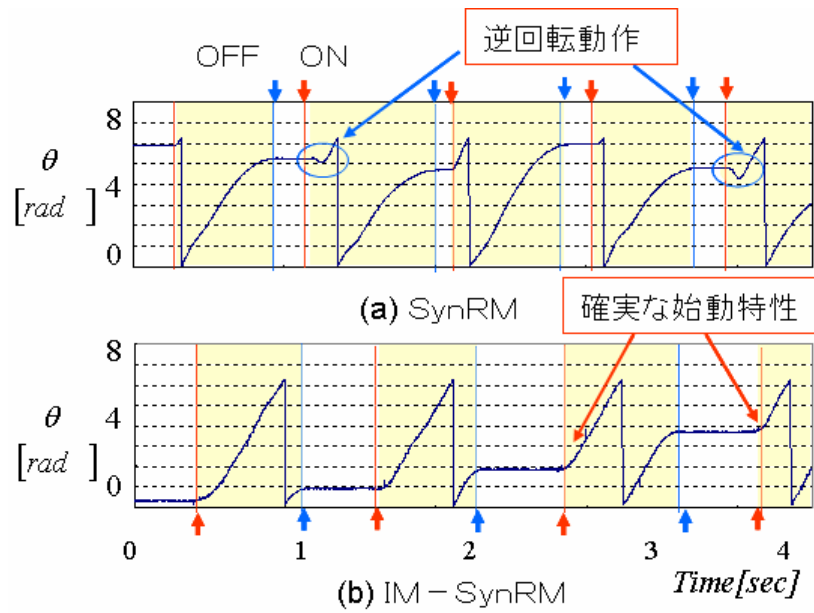


図 3-56 始動特性の比較

④センサレス制御システムの制御特性

図 3-57 に実験により 400 W 程度の試作誘導同期リラクタンス電動機のセンサレス運転特性を示す。本研究のセンサレス制御により、始動時の正弦波の電圧波形から高速時の方形波電圧波形駆動まで連続的に制御でき、また、発生トルクの脈動も伴うことなく、始動時の位相追従特性や方形波駆動時の位相特性に見られるように安定に制御出来ることが確認できる。

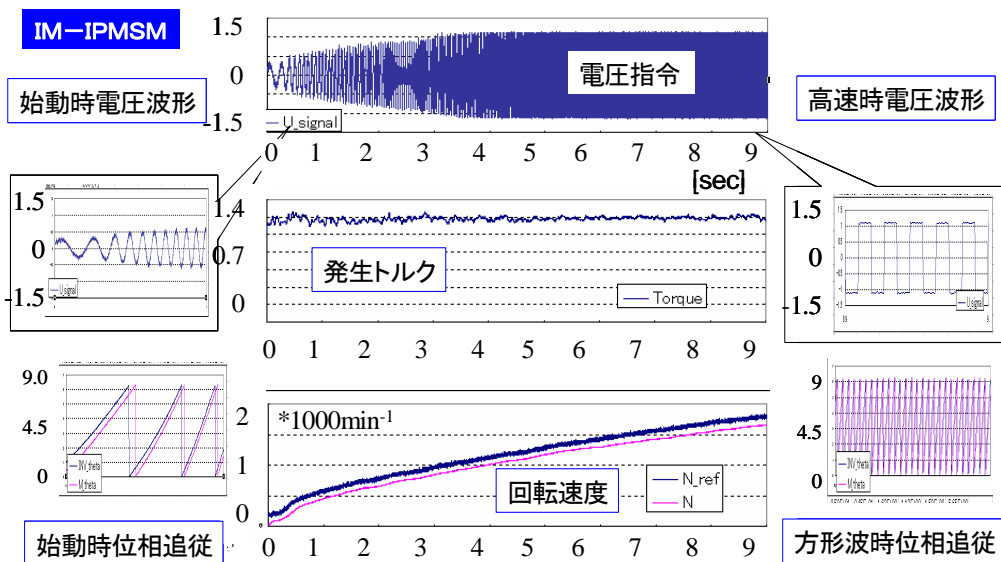


図 3-57 センサレス制御システムの制御特性



### 【制御回路】

### 【FDK (株)】

本研究開発では、直列電池のセル電圧を、超小型、低損失、高い電圧精度でバランスさせるコンバータ方式のSOC (State of charge) 均等化回路を開発することで、バランスが崩れても高い電池利用効率を得られる技術確立、電池駆動による航続距離延長を可能にすることを目的とする。開発に当たっては、制御回路部の大きさと損失で支配的なインダクタを高周波化により超小型にすると同時に、磁性素材と巻線構造にまで遡って開発することで低損失化を実現する。

#### ①低損失磁性材料の開発

これまでの開発で、自然共鳴周波数  $f_r$  を高めると残留損失が高周波側にシフトする知見を得ている。比表面積計と密度計、精密 TMA を用いて  $f_r$  を高める組成での製造条件適正化を図るとともに、MnO を添加して歪を緩和し、結果として 3 MHz, 20 mT で 1,543 kW/m<sup>3</sup> を達成した。

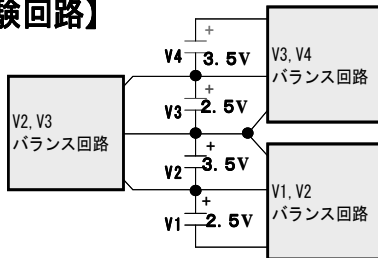
#### ②低損失インダクタの開発

開発した低損失磁性材を使って積層型パワーインダクタを試作した。磁性材料の低損失化と、新たに開発した巻線構造の適用により 150 W/cc を出力して約 80 % の効率を得た。

#### ③SOC 均等化回路の開発

コンバータ方式の SOC 均等化回路について原理試作を行い機能評価した。試験した回路と試験結果を図 3-58 に示す。結果、8 分で約 25 mV の偏差の中にバランスを納めることができおり、回生電力変換効率は 4 A 出力の条件で目標の 92 % を達成している。

### 【実験回路】



### 【試験条件】

- ・電池の代わりに大容量キャパシタ使用  
容量 : 2000F/3.8V
- ・定電流設定値 10A
- ・温度 25°C

### 【結果】

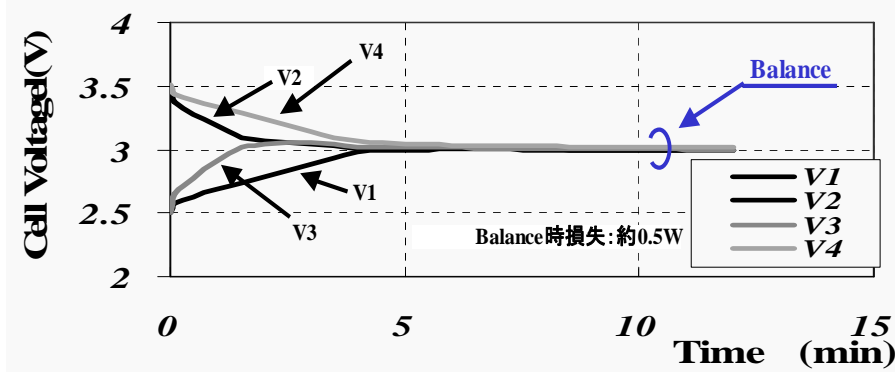


図 3-58 原理試作品での評価

更に、コンバータ方式実用化の課題であるバランス後の消費電力削減についても、新しい制御回路を開発しシミュレーションによる効果の検証を行なった。開発した制御回路を図 3-59 に、バランス補正のシミュレーション結果を図 3-60 に示す。

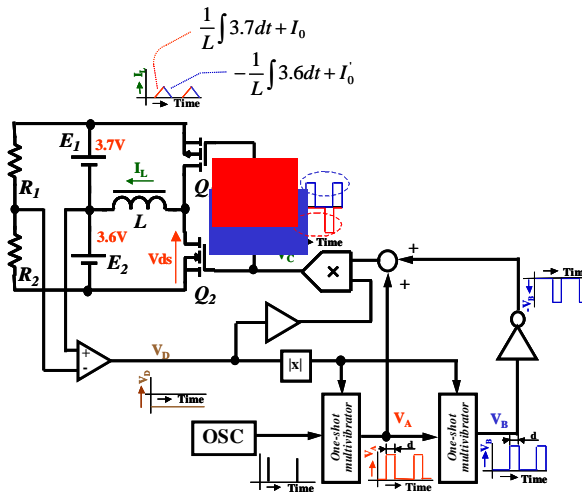
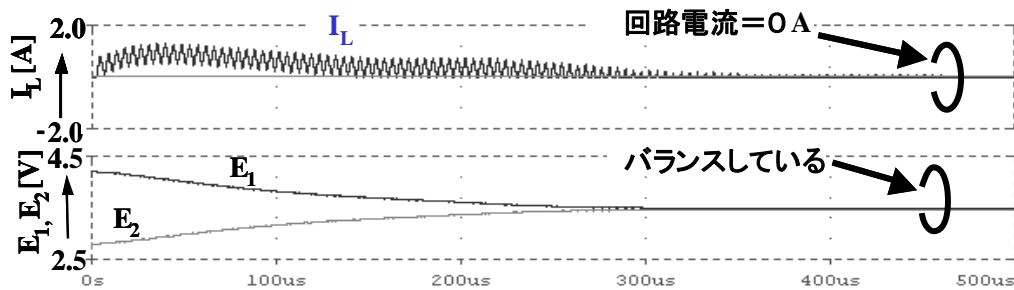


図 3-59 開発した制御回路



条件:電池部を100 $\mu$ Fのコンデンサで代用

図 3-60 シミュレーション結果

電力変換周波数を固定化した状態で、電圧の高いセル側のスイッチ素子を、デューティ 50 %上限で電圧差に応じただけ先に ON し、その後同じ時間電圧の低い側のスイッチを ON、残りの時間両方のスイッチを OFF にする。インダクタ電流が断続する不連続モードでは  $E1 \approx E2$  であることから、連続する同じパルス幅で Q1 と Q2 を駆動することで同期整流が常に成立する。

図 3-60 では解析時間を短縮するため電池を 100  $\mu$ F のコンデンサで代用し、変換周波数は 250 kHz としている。その結果 4.2 V 及び 2.8 V のセルを約 1A の回生でバランス作させることで 300  $\mu$  sec 後に 38 mV の電圧差にまで納まっている。

(6) 成果の普及

平成 21 年度 4 月末時点での外部発表の実績を表 3-20 に示す。

表 3-20 外部発表の実績

研究件名	実施者	特許 出願	論文 発表	講演 発表
次世代自動車用高性能モータ蓄電パワエレシステムの研究開発	三菱電機	3	0	2

等価狭ギャップ構造による脱レアアース高性能リラクタンストルク応用モータの研究開発	大阪府立大学 ダイキン工業	1	0	1
脱レアアース次世代モータの研究開発(高速スイッチドリクタンスモータおよび3次元モータの研究開発)	東京理科大学 北海道大学	0	2	2
脱レアアースを目指す自動車用モータの研究開発	名古屋工業大学 東海大学	0	0	1
レアアースレス電動機に適用可能なセンサレス制御に関する研究開発	徳島大学	0	0	3
高効率制御回路を用いた電池電力利用技術の研究開発	FDK	4	0	1
		8	2	10

## (7) 最終目標達成の見通し

### 【モータ】

#### ●モータ蓄電パワエレシステムの開発：

(1) モータ試作については、レアアースレス、非接触回転子給電を実現したコイル界磁型同期モータ基本構造を確立し、要素試験機の試作を完了することができた。非接触回転子給電の構造等、まだ改善すべき点も多く残ってはいるが、最終目標であるレアアースを用いないコイル界磁型同期モータの試作機（10kW級）を完成させることは可能である。

(2) モータ性能については、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（トルク密度 3 Nm/kg 以上、出力密度 0.5 kW/kg 以上）が得られる見通しを得られており、最終目標である、瞬時の最大トルク値において従来の自動車用レアアース利用 PM モータ相当の出力密度（トルク密度 5 Nm/kg、出力密度 1 kW/kg 以上）が得られる見通しを得るには、まだ目標数値に開きがあるものの、これまでに得られた要素技術の成果を最大限に生かして研究開発を加速することで、最終目標達成は可能であると考えられる。

(3) 瞬発キャパシタモジュールについては、セル電圧を低く設定し、セの熱設計等により、小型キャパシタセルではあるが、105℃で 1000 時間の寿命を確認し、室温で 3000 万回を超える急速充放電寿命を確認できているので、最終目標である瞬発キャパシタモジュールで、105℃、3000 時間の寿命性能と室温で 500 万回の急速充放電寿命の目処は、モジュールの熱設計等を駆使することで達成できる見通しである。

(4) 蓄電パワエレ部については、必要な管理値を抽出し、エネルギーマネジメント用アルゴリズムを確立することができ、これにより、蓄電パワエレ部として、瞬時回生電力の回生効率（目標：80%以上）を見通すことができた。この成果をさらに発展させて駆使すれば、開発した蓄電パワエレ部を備えたモータでバッテリーの寿命を長寿命化（目標 1.5 倍）できることを見通すことは達成可能であると考えられる。

(5) 総合効率については、コイル界磁型同期モータ要素試験機の要素試験結果とシミュレーション結果から、最終年度目標の達成見込みを確認できており、JC08 モード等を模擬した場合の総

合効率が同等程度以上になる見通しを得るという最終目標は、極めてハードルが高く、多くの課題を残してはいるものの、開発した要素技術に成果を全て発揮させることで、最終目標の達成は可能であると推察する。

●リラクタンストルク応用モータの開発：

モータ設計においては、中間成果の最適設計をもとにしてスケールアップに応じた最適構造について磁界解析および試作機による試験評価などを繰り返して検討を行っていく。特に、フェライト永久磁石の減磁、遠心力に対するロータの機械的強度、モータ発熱増加などを考慮したモータ構造の検討を行うことで最終目標を達成する見込みである

●高速スイッチドリクタンスマータおよび3次元モータの開発：

コンピュータによる解析と実物製作実験では大きな開きが発生するおそれがある。また、トルク、重量密度などを向上するため、3次元モータの開発を急ぐ必要がある。さらに、駆動用のインバータの形式がIPMモータと同一でないため、高機能化を検討する必要がある。以上のような課題も有しているため、計画を着実に遂行することで最終目標の達成を目指す。

●SMCコアを利用したハイブリッド界磁モータの開発：

中間成果から、最高回転数を $30,000\text{min}^{-1}$ へ引き上げ変更設計し、さらに最大トルクを小さくすることで、モータ総重量を $20\text{kg}$ 以下とする最適電磁構造設計を完了し、これにより $123[\text{kW}]/20[\text{kg}]=6.15[\text{kW/kg}]$ を目指すことで、最終目標への到達を目指す。一般に高出力密度化すれば効率の低下は避けがたいため、最終的な実スケールでの計算機仮想実験効率評価結果を基に、薄板電磁鋼板や低損失SMCコアの導入による効率改善策を視野に入れ、目標効率達成可能性を明らかにする。

●SMCコアを利用した誘導モータの開発：

一般に自動車用モータの出力密度は水冷は空冷の2倍、油冷は水冷の2倍といわれている。したがって、本研究開発で試作する誘導モータは実験が容易な空冷であるため、目標は数値的にはレクサスの $1/4$ となれば同等である。誘導モータは弱め界磁制御による効率低下が少ないことが大きな特徴であり、目標の効率が得られれば自動車の高速運転領域では従来のレアアースを大量に使ったモータよりも高い効率が得られる。

●レアアース電動機に適用可能なセンサレス制御技術の開発：

センサレス制御技術については、中間結果よりレアアースレス電動機をセンサレス制御で高速回転させることで、最終目標である、高い電動機出力密度 ( $0.5\text{ kW/kg}$  以上) と高い運転効率 (90% 以上) が達成できる見通しが立った。

【制御回路】

現在の課題で主な内容として①科学的未解明な残留損失低減と②超小型化実現のための回路のLSI化がある。残留損失低減については先進のマイクロマグネティックスを用いたCAE技術の活用により、スピンの反転挙動を解明し対策に取り組む予定であり、回路のLSI化については実機検証を行う中で課題を抽出しLSI化する場合に必要な仕様要件を整理する予定である。

最終目標としての電池利用効率向上については、実際の電池を用いた検証結果と電池性能調査、回路シミュレーションを駆使して達成したいと考えている。

#### 4. 次世代技術開発

##### (1) 事業の目的

次世代技術開発は、「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」の中における、革新フェーズに対応している。革新フェーズは、2030年以降を念頭において、ガソリン自動車並の走行距離を持つ本格的な電気自動車を量産することを目指したフェーズである。

図3-61に次世代技術開発の開発ターゲットを示す。○で囲まれている「本格的EV用電池」の電池システム重量エネルギー密度・出力密度が開発目標に対応している（目標の詳細については(4)で記す）。

本研究開発項目では2030年頃において、電池パックレベルで重量エネルギー密度700Wh/kg以上という革新的な性能を実現することを目指して、現状の技術レベルの延長線上にない、経済性、性能面でのブレークスルーが期待できる新しい材料（正極、負極、電解質等）や新しい電池系（合金系、金属系等）の基礎研究開発を実施することで、本格的EV等の実用化に資する革新的蓄電池技術を開発することを目的とする。

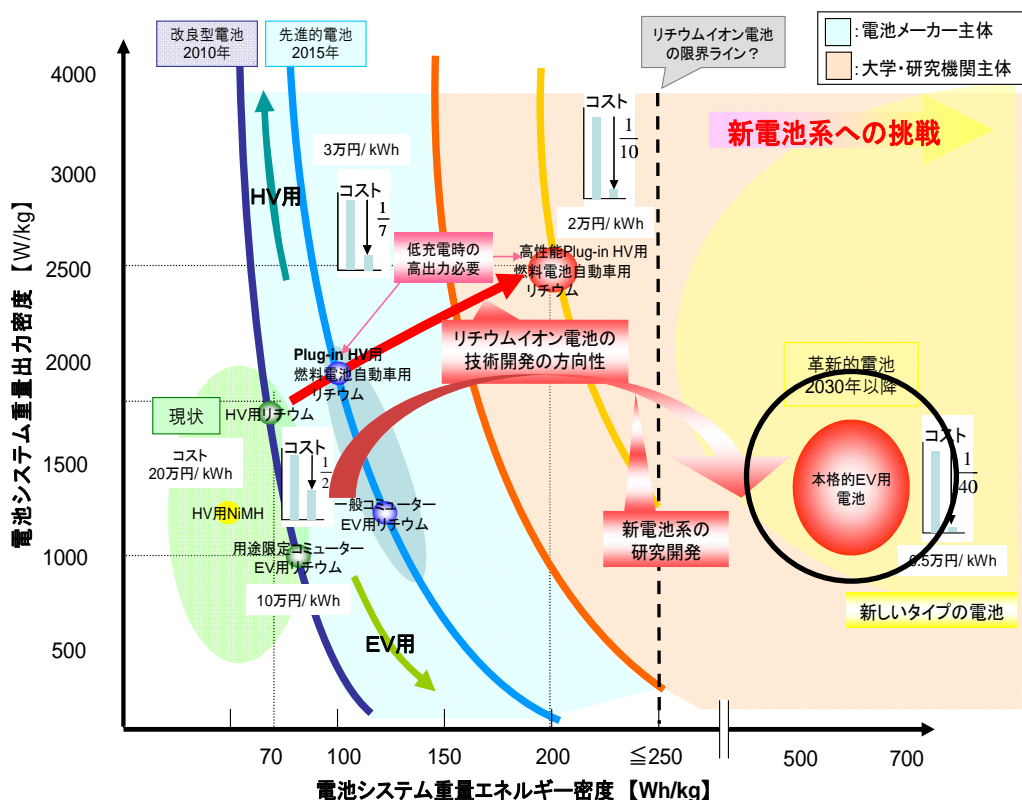


図3-61 次世代技術開発の開発ターゲット

##### (2) 事業の概要

研究開発には、リチウムイオン二次電池の「次世代技術開発」に必要な一定の技術を保有している、(独)産業技術総合研究所、(公)大阪府立大学、出光興産(株)、(国)東京工業大学、(独)物質・材料研究機構、(国)三重大学、(国)京都大学、(国)横浜国立大学、(国)鳥取大学、(国)東北大学、(公)首都大学東京、(財)ファインセラミックスセンター、(国)名古屋大学、(国)九州大学、(国)

群馬大学、(国)神戸大学、(国)岩手大学、(国)静岡大学、トヨタ自動車(株)、(学)慶応大学、(学)東京理科大学、埼玉県産業技術総合センター、(国)長岡技術科学大学、(独)宇宙航空研究開発機構、(国)東京大学、(国)名古屋工業大学、(学)関西大学、(学)いわき明星大学、ダイキン工業(株)、古河電気工業(株)、古河電池(株)、(株)日本触媒が委託先として参画している。また、再委託先としては、(学)埼玉工業大学が参画している。(独)産業技術総合研究所、(公)大阪府立大学、出光興産(株)の一部のテーマについては平成21年度で研究を終了した。

研究開発テーマとしては、「金属-空気電池」、「リチウム硫黄電池」、「多価カチオン電池」、「新形態リチウムイオン二次電池」、「解析技術」の5つに分類できる。

「金属-空気電池」としては、(国)三重大学は「リチウム空気二次電池用リチウム/固体電解質複合負極の研究開発」、(国)京都大学/(独)産業技術総合研究所は「エネルギー密度の革新を目指した金属-空気電池の二次電池化」、(国)九州大学は「Li系金属-空気2次電池の性能向上に関する研究」の3テーマで研究開発を実施している。

「リチウム硫黄電池」としては、(独)物質・材料研究機構は「全固体型リチウム電池における高容量負極の研究開発」、(国)東京工業大学は、「全固体電池のための固体電解質および三次元メソ構造体電極の研究開発」、(独)産業技術総合研究所は「還元雰囲気通電焼結プロセスを用いた高容量含硫黄複合正極材料の研究開発」、(公)大阪府立大学/出光興産(株)は「Li-硫黄系高容量全固体電池の研究開発」の4テーマで研究開発を実施している。

「多価カチオン電池」としては、埼玉県産業技術総合センターは「カーボンフェルト電極マイクロ波放電を利用したマグネシウム二次電池正極活物質の研究開発」、(国)東京工業大学は「ナノ構造・ナノ複合体粒子製造技術を用いたマグネシウム二次電池正極活物質の研究開発」の2テーマで研究開発を実施している。

「新形態リチウムイオン二次電池」としては、(国)横浜国立大学は「リチウムイオン液体を用いた安全性と高性能を兼ね備える蓄電システム構築」、(公)首都大学東京は「構造規制型新規金属負極の研究開発」、(独)産業技術総合研究所は「ナノ界面制御による高容量電極の研究開発」並びに「液相マイクロ波プロセスによる次世代高容量活物質の研究開発」、(国)鳥取大学は「電極作製にガスデポジション法を利用したリチウム二次電池の研究開発」、(国)東北大学は「鋳型法を利用した革新的リチウムイオン電池負極材料の開発研究」、(国)静岡大学は「ホウ素化合物を用いた高性能液体電解質の研究開発」、(国)京都大学/トヨタ自動車(株)/(財)ファインセラミックセンターは「第一原理計算に基づいた次世代イオン伝導材料設計技術の開発」、(国)群馬大学は「酸化物系高容量負極を用いたリチウム二次電池の研究開発」、(国)神戸大学/(国)岩手大学は、「ソフト溶液プロセスを基盤とする高容量電極材料の研究開発」、(学)慶應義塾大学/(学)東京理科大学は「イオン液体電解液を用いたリチウム二次電池の研究開発」、(財)ファインセラミックセンター/(国)京都大学/(国)名古屋大学は「新規な電池理論の研究開発」、(独)産業技術総合研究所/(学)東京理科大学は「高圧合成法による次世代高容量正極材料酸化物の材料設計」、ダイキン工業(株)/(学)関西大学は「含フッ素溶媒による高電圧駆動電解液の研究開発」、(学)関西大学/(学)いわき明星大学は「銅含有酸化物を用いた高容量正極材料の研究開発」、(国)名古屋工業大学は「高容量化を目指した多価反応可能な自己組織生成リチウム電池正極材料の研究開発」、(国)東京大学は「4d遷移金属コンバージョン系による高容量正極材料の研究開発」、(株)日本触媒は「高耐電

圧性電解質の設計とその利用による高エネルギー密度を実現可能な電池構成の構築に関する研究開発」、古河電気工業(株)／古河電池(株)は「シリサイド・ナノ・ハイブリッド負極材料」の19テーマで研究開発を実施している。

「解析技術」としては、(国)京都大学は「革新的二次電池開発のための電極／電解質界面評価解析技術の開発」、(国)長岡技術科学大学／(独)宇宙航空研究開発機構は「電池反応速度パラメータ熱制御技術の研究開発」、(国)東北大学は「実験融合マルチレベルコンビナトリアル計算化学にもとづく次世代電池技術開発支援シミュレータの開発と応用」並びに「リチウムイオン二次電池の過剰な負荷条件下における電極界面の原子・分子レベル解析技術開発」の4テーマで研究開発を実施している。

図3-62に次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容(平成21年度)における本研究開発項目位置づけを示す。

次世代自動車(HEV、EV、FCV等)の早期実用化に資するために、高性能かつ低コストの二次電池及びその周辺機器の開発を実施。

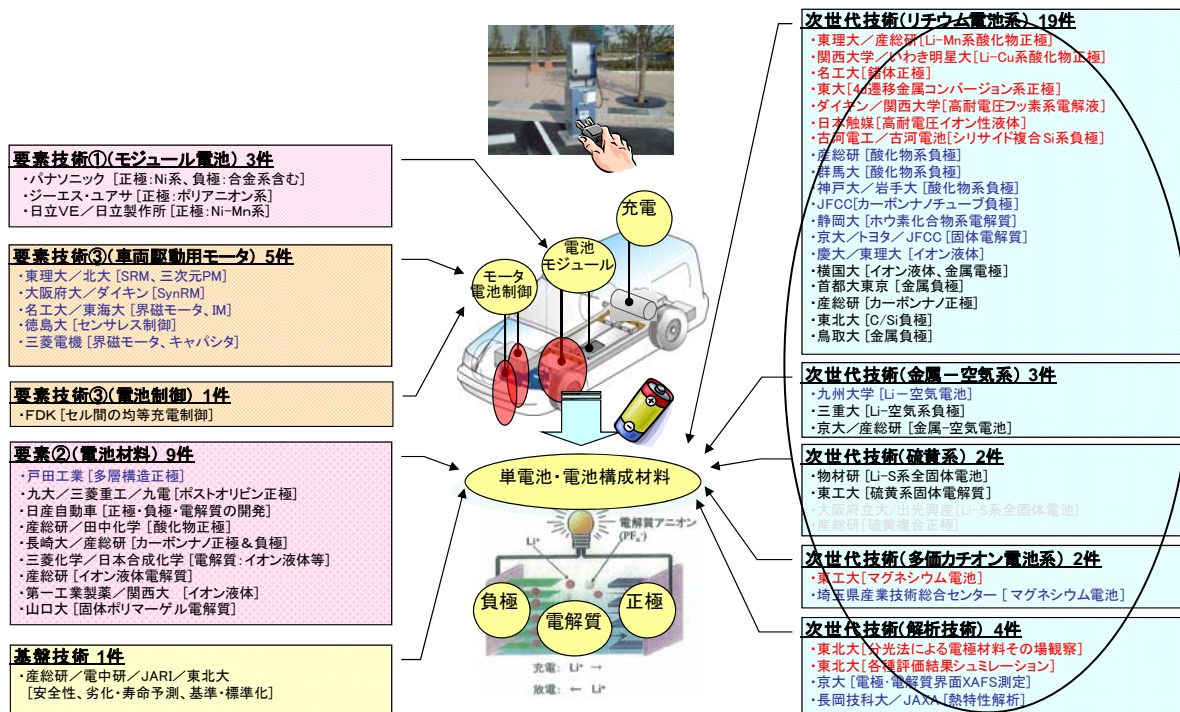


図3-62 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容(平成21年度)

(本研究開発項目の対象テーマは楕円で囲われている)

平成23年度(最終目標)までには、金属-空気電池、リチウム硫黄電池、多価カチオン電池、新形態リチウムイオン二次電池などに代表される次世代の革新的な二次電池の構成とそのための構成材料及び電池反応制御技術等を開発する。最初の2年間で、革新電池の可能性のある電極材料、電解質等の新材料探索、反応メカニズムの解析、 dendrite等の発生及び抑制の検討、界面評価技術の開発等を実施する。残りの期間で開発した材料を用いたコイン型電池等を作製し、電池特性評価を実施することで、性能目標(最終目標)への達成を確認する。また、界面評価技術については500Wh/kgのエネルギー密度の可能性のある電池系で分析法を適用することとする。具体的な研究開発内容については表3-21に示す。

表 3-21 委託先の研究テーマ、研究開発内容

(a) 【金属－空気電池】

開始年度	研究テーマ【委託先】	研究開発内容
H19～	リチウム空気二次電池用リチウム／固体電解質複合負極の研究開発【(国)三重大学】	本研究開発は、リチウム-空気電池向けの負極及び電解質の開発を目的とする。リチウム-空気電池の課題は空気中の水および炭酸ガスの影響を受けず、かつ充放電に伴うリチウムのデンドライトが生成しないリチウム極の開発である。水、炭酸ガスに安定なリチウムイオン導電性固体電解質でリチウム金属を被覆した電極を開発する。さらに、開発するリチウム極に適合した電解質の探索を行う。
H19～	エネルギー密度の革新を目指した金属－空気電池の二次電池化【(国)京都大学／(独)産業技術総合研究所】	本研究開発は、金属-空気電池の開発を目的とする。金属極は亜鉛とアルミニウムを対象とし、亜鉛極はデンドライド成長制御手段の開発、アルミニウム極はアルミニウム負極が可逆的に充放電できるイオン液体の可能性検討と開発を行う。空気極についてはアニオン交換膜を導入することで固体高分子型空気極を開発する。
H20～	Li系金属-空気2次電池の性能向上に関する研究【(国)九州大学】	本研究開発はLi系金属-空気2次電池開発を目的とする。可逆性の高い空気極触媒を開発するとともに、安全性の確保のためゲル電解質、イオン性液体などを応用する不燃性の電解液、安定性の高いLi合金などのLi系化合物負極の開発を行う。

(b) 【リチウム硫黄電池】

開始年度	研究テーマ【委託先】	研究開発内容
H19～	全固体電池のための固体電解質および三次元メソ構造体電極の研究開発【(国)東京工業大学】	本研究開発は、硫化物系固体電解質／硫化物正極の開発を目的とする。電解質については高い導電率を実現できる新規の結晶系硫化物電解質の創成を行い、正極についてはメソ構造体を用いた硫黄電極との複合化、電極と電解質の複合化を行い、新しい三次元構造体電極を開発する。
H19～	全固体型リチウム電池における高容量負極の開発【(独)物質・材料研究機構】	本研究開発は、Li-S電池を睨みながら金属微粒子、リチウム合金、金属リチウム等を用いた高容量負極材料の開発を目的とする。具体的には、



		これらの材料は、微粒子の凝集、合金の破壊、デンドライト生成などの課題が有るが、固体電解質を用い物質移動を抑制することで、金属微粒子を安定的に生成する。さらに、さらに固体電解質中で安定して進行すると考えられるリチウムとの合金化、金属リチウムの生成反応を継続して生じさせることにより、負極材料の高容量化を達成することを目的とする。
H19～H20	還元雰囲気通電焼結プロセスを用いた高容量含硫黄複合正極材料の研究開発【(独)産業技術総合研究所】	本研究開発は、含硫黄複合正極材料の開発を目的とする。通電焼結プロセスにより金属硫化物と含硫黄有機物を複合化させ、新規な硫黄系正極材料を創成する。本方式により、有機物の炭化および硫黄-金属-炭素結合の形成を行い、低電子伝導性とサイクル劣化（充放電時に生成する $\text{Li}_2\text{S}$ の溶解）の克服を目指す。併せて、現実的な電池構成で硫黄化合物の溶出が抑制されるような電解液の探索を行う。
H19～H20	Li-硫黄系高容量全固体電池の研究開発【(公)大阪府立大学／出光興産(株)】	本研究開発は、硫黄系正極、リチウム金属負極、硫化物系固体電解質を用いた Li-S 電池の開発を目的とする。負極／電解質については硫化物と金属粉末のメカノケミカル処理により高容量正極材料を作製するとともにガラス形成化合物とメカノケミカル反応させることにより新規な電極-電解質複合材料を開発する。正極／電解質はリチウム金属のデンドライト生成等の課題を硫化物系固体電解質と組み合わせる事により解決する。

(c) 【多価カチオン電池】

開始年度	研究テーマ【委託先】	研究開発内容
H20～	カーボンフェルト電極マイクロ波放電を利用したマグネシウム二次電池正極活物質の研究開発【埼玉県産業技術総合センター】	本研究開発は、カーボンフェルトを用いた大気圧マイクロ波放電および加熱 (CF-AMDH) により、マグネシウム二次電池正極活物質の開発を行うものである。CF-AMDH によって特徴的に合成されるディスオーダー構造の金属複合酸化物により、エネルギー密度の向上を狙う。
H21～	ナノ構造・ナノ複合体粒子製造技術を用いたマグネシウム二	マグネシウムと遷移金属の複合酸化物を用いたマグネシウム二次電池の可能性を明らかにする

	次電池正極活物質の研究開発 【(国)東京工業大学】	ことを目的とする。本提案では正極材料として Mg(Ni, Mn)O <sub>2</sub> , MgMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 及び MgS のナノ複合体粒子の合成、特性評価を行い、最終的には負極に金属マグネシウムを用いて 260mAh/g 以上の容量を有する材料を見いだすことを目標とする。
--	------------------------------	--

(d) 【新形態リチウムイオン二次電池】

開始年度	研究テーマ【委託先】	研究開発内容
H19～	リチウムイオン液体を用いた安全性と高性能を兼ね備える蓄電システム構築【(国)横浜国立大学】	本研究開発は、イオン液体系新規電解質の開発を目的とする。リチウムイオン電池の安全性向上と高性能化を図るため、リチウム塩の分子設計により不揮発性（難燃性）と高いリチウムイオン導電性を備えたイオン液体を創成すると共に、これを高分子を用いて薄膜化したイオンゲルの創成を行う。更に、リチウム金属及びナノ構造制御した炭素系アノードとナノ構造制御した遷移金属酸化物系カソードを合成する。
H19～	構造規制型新規金属負極の研究開発【(公)首都大学東京】	本研究開発は、三次元規則配列多孔体を採用して、①合金系負極、②リチウム金属負極の研究開発を行うものである。このような構造を電極に適用することで局所電流密度を抑え電流分布を均一化し、電極表面形態の可逆性を維持することができる。
H19～	ナノ界面制御による高容量電極の研究開発【(独)産業技術総合研究所】	本研究開発は、ナノ界面制御により高容量正極の開発を目的とする。ナノオーダーサイズの電極活物質を合成する事により、従来のインターカレーションによる容量と共に表面疑似容量を利用することができる事が見出されており、表面疑似容量発現メカニズムを解明するとともに、ナノ構造を有する活物質の界面構造を制御することにより表面疑似容量を増大させる手法を見だし、バルク容量と表面疑似容量の併用によるリチウムイオン電池電極の高容量化を達成する。
H19～	鋳型法を利用した革新的リチウムイオン電池負極材料の開発研究【(国)東北大学】	本研究開発は、ゼオライト微粒子を鋳型とするアプローチにより、Si-C 系負極の開発を目的とする。具体的には、外側に緻密な炭素層、内部

		に多孔質構造の二重構造を持つ炭素微粒子を合成し、緻密な炭素層で被覆した多孔質炭素微粒子の負極材料を目指す。さらに、ゼオライト細孔内に炭素を充填した後にゼオライトの主成分である $\text{SiO}_2$ を Si に還元し、さらに粒子外表面を緻密な炭素層で被覆することで、Si ナノ粒子が高分散した炭素微粒子を合成する。
H19～	電極作製にガスデポジション法を利用したリチウム二次電池の研究開発【(国)鳥取大学】	本研究開発は、ガスデポジション法により金属合金系、酸化物系負極の開発を行うことを目的とする。これら電極材料は充電第一サイクルにおける容量可逆性が低く、サイクル寿命が短い等の課題がある。ガスデポジション法で集電体上に活物質膜を形成させれば、活物質粒子間及び粒子-基板間の密着性が格段に向上するため、これらの課題解決が期待できる。この技術を正極の作製にも展開し、硫黄系正極の利用を踏まえて、全固体電池の構築も目指す。
H20～	液相マイクロ波プロセスによる次世代高容量活物質の研究開発【(独)産業技術総合研究所】	本研究開発では、ナノ粒子の合成技術として、粒度分布のない、均一な粒子を合成可能な液相マイクロ波プロセスを用いる。本手法により、粒子サイズ制御による高性能化、量産技術の検討を行う。
H20～	ホウ素化合物を用いた高性能液体電解質の研究開発【(国)静岡大学】	本研究開発は、ホウ素化合物の特性を利用した高性能で燃焼性の低い新規なリチウム二次電池用電解質の開発することを目的とする。新規なホウ素化合物を分子設計、合成し、薄膜電極と組み合わせてその電気化学的及び熱的性質を明らかにする。
H20～	第一原理計算に基づいた次世代イオン伝導材料設計技術の開発【(国)京都大学／トヨタ自動車(株)／(財)ファインセラミックスセンター】	本研究開発では、高性能無機固体電解質の材料開発を目指し、第一原理計算に基づき、原子の空間配置を非経験的かつ定量的に評価する複雑無機化合物構造シミュレーション法と無機化合物中の伝導イオンのジャンプを定量的に評価するシミュレーション法を開発する。
H20～	酸化物系高容量負極を用いたリチウム二次電池の研究開発【(国)群馬大学】	本研究開発は、酸化鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ など)、酸化ケイ素 ( $\text{SiO}$ など) をベースに新規な負極材料を開発すると共に、それらに最適な電解液材料を構築す

		る。負極粒子の表面処理やバインダーの最適化などにより、リチウム挿入時の体積膨張を緩和すると共に、金属鉄の凝集を防止する材料設計技術を確立する。
H20～	ソフト溶液プロセスを基盤とする高容量電極材料の研究開発【(国)神戸大学／(国)岩手大学】	本研究開発は、各種金属酸化物およびその複合体の合成において、低温プロセスを利用し、正極材料の高次構造化に対する課題抽出とその解決に向けた材料の最適化を図る。安価な高分子溶液を反応媒体とする液相析出法、溶液をベースとした低温プロセスを使用し、低コスト・低環境負荷プロセスにより高容量電極を作製する。
H20～	イオン液体電解液を用いたリチウム二次電池の研究開発【(学)慶應義塾大学／(学)東京理科大学】	本研究開発は、イオン液体を電解液として、グライムやクラウンエーテルといった新規添加剤およびポリアクリル酸などの高分子による電極の化学修飾によって負極および正極の性能向上を目指す。負極にはスズまたはケイ素を主体とした合金負極を、正極は主にマンガン酸リチウムおよびオリビン型リン酸鉄リチウムを用いる。
H20～	新規な電池理論の研究開発【(財)ファインセラミックセンター／(国)京都大学／(国)名古屋大学】	本研究開発は、炭素系負極の容量アップを目的とする。カーボンナノチューブを用いて、Liイオンのみを通過させる微細孔を設け、電解液を遮断することによって、不可逆容量の低減を図る。
H21～	高圧合成法による次世代高容量正極材料酸化物の材料設計【(独)産業技術総合研究所／(学)東京理科大学】	本研究開発は、高圧合成手法を用いて新規の結晶構造を有するLiマンガン酸化物を合成して高容量正極材料を開発することを目的とする。本提案では既に関済済みの $\text{Li}_2\text{Mn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Li}_3\text{Mn}_2\text{O}_4$ をベースにしてMnを他の遷移金属に置換するなどして高性能化を図りつつ、更なる新結晶相の探索を行い、リチウム負極との組み合わせで酸化物当たり1,200 Wh/kg以上のエネルギー密度を達成することを最終目標とする。
H21～	含フッ素溶媒による高電圧駆動電解液の研究開発【ダイキン工業(株)／(学)関西大学】	本研究開発は、従来の電解液溶媒では高電圧駆動が難しい問題があった。そこで4.5 V以上の高電圧駆動を可能にする含フッ素化合物を用

		いた電解液を創製することを目的とする。本提案では各正極材料に対しての組成の適正化、添加剤効果を通じて Li 金属以外の負極材料で 500 Wh/kg を実現可能な正極材料に適用して充電終止電圧 4.5V 以上、容量利用率と保持率 90% 以上を達成することを最終目標とする。
H21～	銅含有酸化物を用いた高容量正極材料の研究開発【(学)関西大学／(学)いわき明星大学】	本研究開発は、正極材料として Li 銅酸化物を用いて遷移金属と酸素が共に充放電反応を行う新規な電池反応を開発することを目的とする。具体的には 4V を超える領域で酸素に生成されるホールを利用する。本提案では Li 銅酸化物の合成と電池特性、充放電機構の評価を進めて 3.5V で容量 300 mAh/g を見通す材料を見いだすことを目標とする。
H21～	高容量化を目指した多価反応可能な自己組織生成リチウム電池正極材料の研究開発【(国)名古屋工業大学】	本研究開発は、多価電荷移動により複数の化学量論リチウムイオンを脱挿入可能な正極材料の開発を目的とする。本提案では高酸化状態を有するケギン型 $K_4[PMo_{12}O_{40}]$ に代表されるポリ酸正極の改良、新規探索を進めて問題となるサイクル特性も併せて改善して、最終的に放電電圧 3V、容量 200-250 mA.g で 300 サイクル以上の安定性を実現することを目標とする。
H21～	4d 遷移金属コンバージョン系による高容量正極材料の研究開発【(国)東京大学】	本研究開発は、4d 遷移金属コンバージョン反応を用いた高容量正極材料を開発する。材料には $(Ru_{1-x}Mo_x)O_2$ 固溶体を用いて理論容量特性、部分フッ素化で高電圧化などを行い、パック電池レベルで 500 Wh/kg を見通す材料特性を提示することを目標とする。
H21～	高耐電圧性電解質の設計とその利用による高エネルギー密度を実現可能な電池構成の構築に関する研究開発【(株)日本触媒】	本研究開発は、①5V 以上で使用可能な電解質アニオンを基にしたイオン性液体の開発と②リチウム金属実用可能な dendrite 抑制技術として電解質薄膜の開発とを目的とする。①で MO 計算に基づいて設計した本提案者独自の TCB アニオンを用いたイオン性液体の合成と評価を行い、5V 以上で使用可能であることを実証する。②では LI 負極をコートして人為的な SEI を形成するポリマー電解質を開発して、さらに①の電

		解質を併用して 500Wh/kg 実現可能な材料系での達成可能を明示することを目標とする。
H21～	シリサイド・ナノ・ハイブリッド負極材料【古河電気工業(株)／古河電池(株)】	本研究開発は、高容量化が期待される Si 系材料の耐久性を改善して、かつ高容量化を実現することを目的とする。本提案では既に開発済みの独自のシリサイドと Si 系活物質との球状複合ナノ粒子を用いた電極化技術を開発して 500 サイクルで 1,000 mAh/g の放電容量を達成する。

(e) 【解析技術】

開始年度	研究テーマ【委託先】	研究開発内容
H20～	革新的二次電池開発のための電極／電解質界面評価解析技術の開発【(国)京都大学】	本研究開発は、酸化物薄膜電極と固体電解質を用いたモデル電極／電解質界面を構築し、SPring-8 で XAFS 測定を行い、数 nm の深さ分解能を有する XAFS 法を用いた電極／電解質界面をその場計測可能な評価解析技術の開発をする。
H20～	電池反応速度パラメータ熱制御技術の研究開発【(国)長岡技術科大学／(独)宇宙航空研究開発機構】	本研究開発は、走査型断熱式熱量計(ARC)装置を用いて、次の三項目、(1) 二次電池の中高温領域における電池反応の電気化学測定、(2) 次世代用新規材料を用いた電池の熱特性解析、(3) 熱特性をベースとした次世代電極材料熱制御技術の研究開発を行う。
H21～	実験融合マルチレベルコンビナトリアル計算化学にもとづく次世代電池技術開発支援シミュレータの開発と応用【(国)東北大学】	本研究開発は、電池開発のための新しい研究手法支援ツールを開発することを目的とする。具体的には材料探索のためのコンビナトリアル計算化学を用いた高速理論スクリーニング法、3次元原子配置の同定ができる計測シミュレーション手法、新規電池系の性能シミュレーションソフトの開発である。最終的には十分にデータのない電池系の事前評価が可能なものに上げることが目標となる。
H21～	リチウムイオン二次電池の過剰な負荷条件下における電極界面の原子・分子レベル解析技術開発【(国)東北大学】	本研究開発は、分光法を用いたその場観察の解析手法を開発して材料設計に関する指針を得ることを主目的とする。具体的には近年研究が盛んな 5V 級正極において不安定な高電圧 (4.5 V) での正極電極、過剰な負荷条件下での負極材料

	の電極界面構造を明らかにして材料設計の指針を得ることを最終目標とする。併せて新規な正極薄膜化技術を開発する。
--	--

表 3-21 で示した開発内容について、構成部材（正極材料、負極材料、電解質材料）の観点からまとめたものを図 3-63 に示す。また、表 3-22 に革新的蓄電池の特徴をまとめたものを示す。

イオン	負極	電解質	正極		
Li <sup>+</sup>	C	東北大 Si/C JFCC/京大/名大 CNT	ダイキン/関大 フッ素系電解液	産総研 VO <sub>2</sub> , LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 等	酸化 物
	Si系	古河電工/古河電池 シリサイド/Si 鳥取大 遷移金属/Si合金	横国大 鋳体-Li塩イオン液体	東理大/産総研 Li-Mn系酸化物	
	酸化物	物材研 Li <sub>2</sub> SiS <sub>3</sub> 等 群馬大 SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	添加剤/界面修飾 静岡大 ホウ化物	関大/いわき明星大 Li-Cu系酸化物	
	合金	神戸大/岩手大 SnO <sub>x</sub> 等 産総研 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 等	京大/トヨタ/JFCC 無機固体	名工大 鋳体	
	金属	首都大 Sn合金/Li	日本触媒 Li TCBイオン液体	東工大 チオリシコン S/C	
Zn <sup>2+</sup>	京大/産総研 ZnO	アルカリ液/アニオン交換膜 触媒		O <sub>2</sub> (空気系)	
Al <sup>3+</sup>		アルミニウム種 イオン液体			
Mg <sup>2+</sup>			埼玉産技セ 硫黄ドーブ酸化物	東工大 Mn複合酸化物	Mg化合物
解析	長岡技科大+JAXA 熱解析	京大 界面解析	東北大 電極劣化解析	東北大 シミュレーション	

図 3-63 次世代技術採択テーマの技術分野マップ

表 3-22 革新的蓄電池のまとめ

	空気電池		Mg電池	LiS電池	
	Zn	Li		(全固体)	(液体系)
エネルギー密度 (理論容量) Wh/kg	1350 (酸素を含まない)	11966 (酸素を含まない)	513 (MgMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> : ロッキング チェアタイプ)	4350	4350
主な課題	空気極触媒の性能向上 サイクル特性・低温特性 デンドライトの析出抑制		ホスト化合物・ 電解質の探索 サイクル特性 最適な電池構 成の構築	電子導電性の確保 水との反応によるH <sub>2</sub> S生成	
	安全性			固体電解質界面 での反応制御	有機電解液 へのSの溶出
実施例	一次電池とし ては実用化 (補聴器)				

### (3) 研究開発の実実施スケジュールと予算

平成19年に11件のテーマを採択した。また、革新的な二次電池の構成とそのための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実施し、平成20年に11件のテーマを、平成21年に12件のテーマを採択した。平成21年1月、次世代技術開発におけるステージゲートとして外部有識者が参加し、平成19年度から2年間実施した次世代技術開発の各テーマの延長審査を行なった。この結果、11件ある研究開発テーマのうち9件が延長を認められ、2件が終了となった。また、平成20年度採択テーマについては平成21年度に、平成21年度採択テーマについては平成22年度に、延長審査を実施して後年度の研究延長の可否を判定する。図3-64にプロジェクトの年度計画（次世代技術開発）を示す。

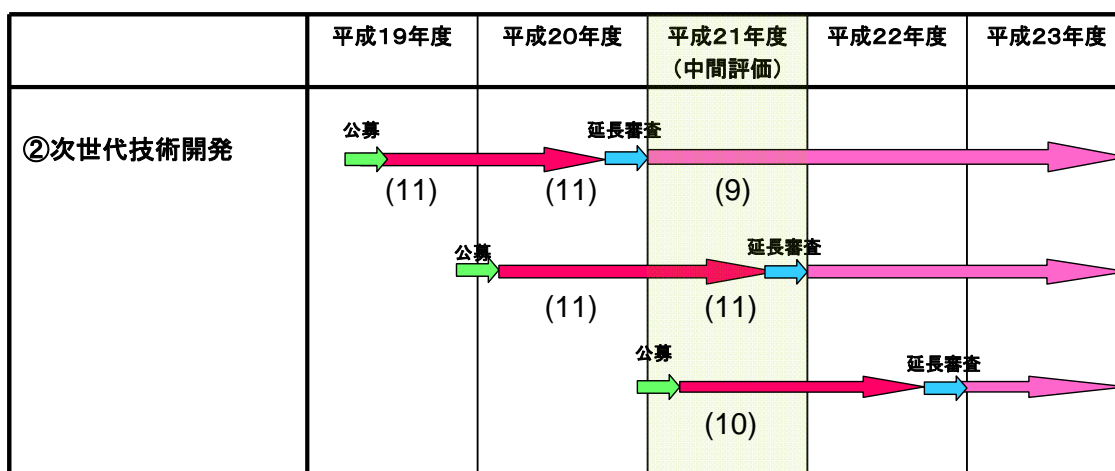


図 3-64 プロジェクトの年度計画（次世代技術開発）

次世代技術開発については、原則としてテーマ毎に1年間で2000万円を上限として予算を割り当てた。

### (4) 研究開発目標と中間目標達成度

#### <最終目標>

2030年頃において、電池パックレベルで重量エネルギー密度700Wh/kg以上という革新的な性能を実現することを目指して、現状の技術レベルの延長線上にない、経済性、性能面でのブレークスルーが期待できる新しい材料（正極、負極、電解質等）や新しい電池系（合金系、金属系等）の基礎研究開発を実施する。

#### <各委託先の達成目標>

中間目標、最終目標は、採択決定後にNEDO技術開発機構と委託先との間で最終目標を踏まえ、協議して決定する。表3-22に次世代技術開発の委託先の達成目標を示す。中間目標に対する達成度は平成21年度末時点の見込み値である（○：達成済または見込み、△：達成には大幅な特性改善が必要、×：達成困難）。各委託先とも中間目標はおおむね達成される見込みである。なお、平成21年度採択テーマについては表3-23に記載していない。



表 3-23 次世代技術開発の委託先の達成目標

金属-空気電池

3-23 (a) 「リチウム空気二次電池用リチウム/固体電解質複合負極の研究開発」

【(国) 三重大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
セル抵抗	100 Ω cm <sup>2</sup> (80°C)	○	100 Ω cm <sup>2</sup> (40°C)
サイクル効率	界面抵抗と Li 析出形態の解析	○	≥95%/100 サイクル
材料開発	---	○	新規耐水性固体電解質の開発
容量密度	酢酸系、有機系電解質の最適組成の探索	酢酸系：○ 有機系：○	酢酸系：300mAh/g の正極容量 有機系：400mAh/g の正極容量

3-23 (b) 「エネルギー密度の革新を目指した金属-空気電池の二次電池化」

【(国) 京都大学 / (独) 産業技術総合研究所】

項目	中間目標	達成度	最終目標
空気二次電池のための垂鉛負極の反応制御	デンドライト析出の“その場”診断とデンドライト析出制御	○	電流密度 100 mA / cm <sup>2</sup> までデンドライト成長を抑制できる電解液および充放電可能な負極開発を達成する。
空気二次電池のためのアルミニウム負極の可逆化	イオン液体の探索およびアルミニウムの可逆な充放電反応を高クーロン効率で達成する	○	ナノ界面修飾により、デンドライト成長の抑制を図り、クーロン効率 75%を目指す。
空気極の耐 CO 特性	固体高分子形空気極の構造設計により CO <sub>2</sub> の影響を低減できることを実証	○	CO <sub>2</sub> 透過性の低い電解質膜の開発について指針を得る。
空気極の充放電効率 (100mA/cm <sup>2</sup> )	42%	○	57%

3-23 (c) 「Li 系金属-空気 2 次電池の性能向上に関する研究」

【(国) 九州大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
初期充放電容量 (合金負極)	1,000 mAh/g	○	4,000 mAh/g
酸化剤	酸素	○	空気
サイクル寿命 (容量保持率)	≥50 回	○	≥100 回
重量エネルギー密度 (電池容器含む)	≥500Wh/kg	△	≥1000Wh/kg
負極	Li 金属の使用	○	Li 系合金の使用、安全性の確保

リチウム硫黄電池

3-23(d) 「全固体電池のための固体電解質および三次元メソ構造体電極の研究開発」

【(国) 東京工業大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
イオン伝導率(固体電解質)	5 mS/cm	○	10 mS/cm
電位窓 (固体電解質)	---	---	<5 V
輸率 (固体電解質)	---	---	≒1.0
サイクル寿命 (容量保持率)	850 mAh/g(50 サイクル後) (フルセル)	○	1000 Wh/kg(100 サイクル後) (フルセル)

3-23(e) 「全固体型リチウム電池における高容量負極の研究開発」

【(独) 物質・材料研究機構】

項目	中間目標	達成度	最終目標
初期放電容量	1,800 mAh/g (金属元素あたり)	○	1,800 mAh/g (金属元素あたり) 700 Wh・g <sup>-1</sup> の実現可能性を見極める
出力特性	1 mA・cm <sup>-2</sup>	○	5 mA・cm <sup>-2</sup>
サイクル寿命 (容量保持率)	70%/20 サイクル	○	80%/100 サイクル 電極反応抵抗増加 50%以内

3-23(f) 「Li-硫黄系高容量全固体電池の研究開発」

【大阪府立大学・出光興産株式会社】

項目	中間目標 (H20 年度末)	達成度	最終目標
初期放電容量	≥800 mAh/ g (正極活物質)	○	≥1000 mAh/ g (正極活物質)
サイクル寿命 (容量保持率)	≥70%/20サイクル (正極活物質)	○	≥90%/100サイクル (正極活物質)
充放電効率	≥98% (正極活物質)	○	---
初期充電容量	---	---	≥1000 mAh/ g (負極活物質)
サイクル寿命 (容量保持率)	2~3サイクルを実現 (負極活物質)	○	≥90%/100サイクル (負極活物質)
初期充電容量	---	---	≥1000 mAh/ g (フルセル)
サイクル寿命 (容量保持率)	---	---	≥80%/100サイクル (フルセル)

3-23 (g) 「還元雰囲気通電焼結プロセスを用いた高容量含硫黄複合正極材料の研究」

【(独)産業技術総合研究所】

項目	中間目標 (H20 年度末)	達成度	最終目標
初期放電容量	≥800mAh/g、 (正極活物質+電解液)	○	≥1000mAh/g (正極活物質+電解液)
サイクル寿命 (容量保持率)	≥600mAh/g/100 サイクル (正極活物質+電解液)	△	≥750mAh/g/100 サイクル (正極活物質+電解液)
硫黄成分の溶出量	≤30%	○	≤20%

多価カチオン電池

3-23 (h) 「カーボンフェルト電極マイクロ波放電を利用したマグネシウム二次電池正極活物質の研究開発」

【埼玉県産業技術総合センター】

項目	中間目標	達成度	最終目標
硫黄ドーピングディスオーダー構造体の合成	結晶組成、結合状態、格子欠陥、硫黄ドーピング量と放電容量との関係を明らかにする	○	---
初期放電容量 (正極活物質)	250 mAh/g	○	350 mAh/g
サイクル寿命 (容量保持率)	150mAh/g /50 サイクル	○	150mAh/g /100 サイクル

新形態リチウムイオン二次電池

3-23 (i) 「リチウムイオン液体を用いた安全性と高性能を兼ね備える蓄電システム構築」

【(国)横浜国立大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
イオン伝導率 (イオン液体)	2 mS/cm	○	3 mS/cm
耐電圧 (イオン液体)	4.6 V	○	5.0 V
イオン伝導率 (イオンゲル)	≥0.5 mS/cm	○	≥1 mS/cm
耐電圧 (イオンゲル)	---	---	5.0 V
高電圧充電可能な電池系の構築 (セル電圧)	4.4 V	○	5.0 V
イオン液体とナノ構造電極を用いた蓄電システム構築	イオン液体に適した負極の多孔構造の解明	○	イオン液体に適した負極及び正極の多孔構造の最適化を行う

3-23(j) 「構造規制型新規金属負極の研究開発」

【(公) 首都大学東京】

項目	中間目標	達成度	最終目標
初期放電容量	1000 mAh/g 程度 (リチウム金属負極)	○	1000～1500 mAh/g (リチウム金属負極)
サイクル寿命 (容量維持率)	60 %/1000 サイクル (リチウム金属負極)	○	80 %/2000 サイクル (リチウム金属負極)
フレキシブル多孔 性 Sn 系合金電極の 開発	数十 $\mu\text{m}$ から数百 $\mu\text{m}$ オーダーのドメ イン構造を有する合金電極の作製 (合金系負極)	○	コイン型及び角型などの実 用電池の電極として使用 (合金系負極)
可逆容量	600～700 mAh/g (合金系負極)	○	800～1000 mAh/g (合金系負極)
サイクル寿命 (容量維持率)	60%/500～1500 サイクル (合金系負極)	○	80%/3000 サイクル (合金系負極)

3-23(k) 「ナノ界面制御による高容量電極の研究開発」

【(独) 産業技術総合研究所】

項目	中間目標	達成度	最終目標
寿命	$\geq 80\%$ /20 サイクル	○	$\geq 80\%$ /200 サイクル
重量エネルギー密度	700Wh/kg (正極活物質)	○	1000Wh/kg (正極活物質)

3-23(1) 「鋳型法を利用した革新的リチウムイオン電池負極材料の開発研究」

【(国) 東北大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
材料合成	①多孔質炭素の表面積が $40 \text{ m}^2/\text{g}$ 以下となる 被覆法を開発	○	負極材料として高容量かつ 長寿命を実現する炭素/Si 複合体を合成
	②炭素/SiO <sub>2</sub> 複合体に含まれる SiO <sub>2</sub> を $800 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下の低温で Si に還元	○	
	③電気還元において、還元率 $80\%$ 以上を達成	○	
可逆容量	①炭素の初回充電時の容量が $1000 \text{ mAh/g}$ 以 上	○	炭素/Si 複合体の可逆容量 が $2000 \text{ mAh/g}$ 以上
	②炭素の可逆容量が $1300 \text{ mAh/g}$ 以上	○	
	③Si 粒子の周囲に空隙が存在することによ る不可逆容量低減効果を実証	○	
	④炭素/Si 複合体の可逆容量が $800 \text{ mAh/g}$ 以 上	○	

寿命	①炭素の初回充電効率が80%程度	○	炭素/Si 複合体において 100 サイクル後の容量が 1500 mAh/g 以上
----	------------------	---	---

3-23 (m) 「電極作製にガスデポジション法を利用したリチウム二次電池の研究開発」

【(国)鳥取大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
放電容量 (1000 サイクル後)	780 mAh/g (負極活物質)	○	≥2000 mAh/g (負極活物質)
充放電効率	≥85% (負極活物質)	○	≥90% (負極活物質)

3-23 (n) 「液相マイクロ波プロセスによる次世代高容量活物質の研究開発」

【(独)産業技術総合研究所】

項目	中間目標	達成度	最終目標
初期充電容量	1000 mAh/g	○	1000 mAh/g
サイクル寿命 (容量保持率)	≥60%/50 サイクル	○	≥80%/50 サイクル

3-23 (o) 「ホウ素化合物を用いた高性能液体電解質の研究開発」

【(国)静岡大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
耐酸化電圧	5.0V	○	5.5V
イオン伝導度	1 mS/cm	○	10 mS/cm
リチウムイオン輸率	0.4	○	0.5

3-23 (p) 「第一原理計算に基づいた次世代イオン伝導材料設計技術の開発」

【(国)京都大学／トヨタ自動車(株)／(財)ファインセラミックスセンター】

項目	中間目標	達成度	最終目標
無機化合物構造 シミュレーション	≤0.03eV/原子 (エネルギー評価の平均誤差)	○	≤0.03eV/原子 (エネルギー評価の平均誤差)
イオン移動現象 シミュレーション	≤0.1eV (イオンジャンプ頻度活性化エネルギーの平均誤差)	○	≤0.1eV (イオン伝導度活性化エネルギーの平均誤差)

3-23(q) 「酸化物系高容量負極を用いたリチウム二次電池の研究開発」

【(国)群馬大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
初期放電容量 (負極活物質)	≥1,500 mAh/g	○	≥1,700 mAh/g
充放電効率 (負極活物質)	≥80%	○	≥85%
サイクル寿命 (容量保持率)	80%/5000 サイクル	○	80%/5000 サイクル

3-23(r) 「ソフト溶液プロセスを基盤とする高容量電極材料の研究開発」

【(国)神戸大学／(国)岩手大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
液相析出プロセス由来のナノ粒子による電極材料評価	SnO <sub>2</sub> の4nm単分散粒子の合成方法を確立	○	SnO <sub>2</sub> , SiO <sub>x</sub> 等の微粒子を利用した活物質合成
イオン挿入脱離に伴うナノ粒子の構造変化と容量の相関の解明	ナノ粒子の結晶型・形状に関する充放電時の変化とその特性との相関の抽出	○	SnO <sub>x</sub> からSiO <sub>x</sub> 系を視野に入れた容量増大に対するナノ粒子のLi <sup>+</sup> イオン挿入脱離あるいは反応の機構の解明
複合高容量電極材料の電気化学的特性に影響する要因の特定	合成法と負極特性の相関性から、負極特性の向上を図り、泳動電着法を用いる nano-SnO <sub>x</sub> 電極の作製を試み、最終目標の数値の60%程度を達成	○	酸化物系負極材料に関して、理論容量に近い容量を有することにより、電池の重量エネルギー密度500Wh/kgを達成
水溶性ポリマーをコーティングした電極材料の作製	水溶性ポリマーが電極特性に及ぼす影響を見出し、バインダー選択条件の最適化	○	塗布法や泳動電着法など、酸化物ナノ粒子に適した電極作製プロセスを確立

3-23(s) 「イオン液体電解液を用いたリチウム二次電池の研究開発」

【(学)慶應義塾大学／(学)東京理科大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
負極反応抵抗の低減	90%減(高分子修飾ケイ素電極+イオン液体)	○	90%減(高分子修飾ケイ素電極+イオン液体)
サイクル寿命 (容量保持率)	≥500 Ah/kg (100 サイクル後) (高分子修飾ケイ素負極+イオン液体)	○	≥1,500 Ah/kg (200 サイクル後) (高分子修飾ケイ素負極+イオン液体)
酸素含有各種バインダーの探索	ポリアクリル酸以外の機能性バインダーを2種類以上見出す	○	リチウム挿入機能発現機構の解析

サイクル寿命 (容量保持率)	≥300 Ah/kg (100 サイクル後) (機能性バインダー修飾黒鉛負極+イオン液体)	○	≥350 Ah/kg (200 サイクル後) (機能性バインダー修飾黒鉛負極+イオン液体)
	---	---	≥1,000 Ah/kg (50 サイクル後) (機能性バインダー修飾 Sn/Si 負極+イオン液体)

### 3-23(t) 「新規な電池理論の研究開発」

【(財) ファインセラミックスセンター／(国) 名古屋大学／(国) 京都大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
計算による検証	計算が収束し、熱力学的にも電気化学速度論的にも理論が成立することを検証する。	○	電池容量、電池電圧を算出する。
実験による実証	実験方案を作成し、実験用材料の試作条件出しをする。	○	観察・計測及び、電気化学的手法により、同理論が成立していることを実証する。

### 解析技術

### 3-23(u) 「革新的二次電池開発のための電極／電解質界面評価解析技術の開発」

【(国) 京都大学】

項目	中間目標	達成度	最終目標
モデル電極／電解質界面を用いた深さ分解 XAFS 測定技術の開発	モデル電極／電解質界面の作製と深さ分解 XAFS 測定への適用	○	深さ分解 XAFS 測定をその場分析で行う
深さ分解 XAFS 測定による電極／電解質界面修飾層の解析	電極／電解質界面修飾層の深さ分解 XAFS 測定	○	---

### 3-23(v) 「電池反応速度パラメータ熱制御技術の研究開発」

【(国) 長岡技術科学大学／(独) 宇宙航空研究開発機構】

項目	中間目標	達成度	最終目標
電池の反応速度パラメータの推算手法の確立と高温域への展開	スタティスティックな状態での電池の反応速度パラメータの推算手法確立	○	ダイナミックな状態への適用
	スタティスティックな状態での電池の安全性にかかるパラメータの推算手法確立		
	電池の性能変化に伴う反応速度パラメータとの相関関係の検証		

電池の安全性と劣化との相関関係の検証	異なるレート特性を有するリチウムイオン二次電池の充放電試験／保管試験でのデータベース作成	○	長期信頼性推算法への展開
	異なるレート特性を有するリチウムイオン二次電池における充放電サイクル等の電池反応速度パラメータへの影響解析		

(5) 研究開発成果例

研究成果例としては、平成 19 年度採択で延長が認められた 9 件について記述する。

【金属－空気電池】

●空気電池のための安定な Li 負極の開発：【(国)三重大学】

本研究開発では、現在の自動車用内燃機関と代替可能な高いエネルギー密度 (700Wh/kg) を供しうる電池系であるリチウム空気二次電池を想定し、その実用化に向けた要素技術の研究を行う。特に長寿命を達成するための最大の課題である、安定なリチウム負極の開発を目的とする。

①リチウム金属／バッファ層の作成と界面移動過程の解明

ガラスセラミックス  $\text{Li}_{1+x+y}\text{Ti}_{2-x}\text{Al}_x\text{Si}_y\text{P}_{3-y}\text{O}_{12}$  (LATP) と Li との間にバッファ層  $\text{Li}_{3-x}\text{PO}_{4-y}\text{N}_y$  (Lipon) を介在させた構造を検討した。Lipon はスパッタリング法でガラスセラミックス板上に約  $1 \mu\text{m}$  の膜厚で作成した。Li/Al/Lipon/LATP/Lipon /Al/Li セルのインピーダンス測定により Li/Lipon 部分の抵抗を解析した。Al は Li/Lipon の接触面積を増大させるために存在し、Al を介在させない場合に比べて約 1 桁の抵抗低減を達成した。Li/Al/Lipon の面積抵抗は  $80^\circ\text{C}$  で約  $80 \Omega \text{cm}^2$  となり、約  $60^\circ\text{C}$  で目標の  $200 \Omega \text{cm}^2$  を達成した。

②ガラスセラミックス層／バッファ層の作成と界面移動過程の解明

ガラスセラミックス粉末をスパッタリング法により、ガラスセラミックス板上に薄膜として析出させその上にバッファ層として、ポリマー電解質の適用を試みた。ここではポリエチレンオキサイド (PEO) - リチウムイミド塩  $\text{Li}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}$  系ドライポリマー電解質を用いた。Li/PEO/LATP/PEO/Li 対称セルを作成し、インピーダンスを計測したところ抵抗の経時的増大は認められず、Lipon 同様に安定な界面の形成が示された。バッファ層にポリマー電解質を用いた Li/PEO<sub>18</sub>LiTFSI/LATP/1M LiCl aq./Pt セルを作成し、複合負極の作動を検証した。セル抵抗の経時的な増加は観測されず、開路電圧は  $60^\circ\text{C}$  で 3.7V であった。 $60^\circ\text{C}$  での充放電特性において、 $0.25\text{mA/cm}^2$  の充放電でも大きな分極は認められなかった (図 3-65)。リチウム金属が可逆的に作用することが確認され、複合負極の有効性が証明された。



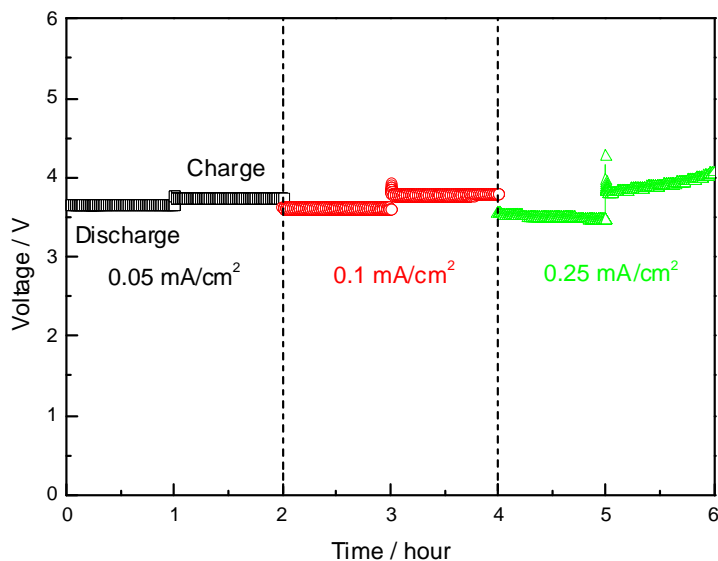


図 3-65 Li/PEO<sub>18</sub>LiTFSI/LATP/1M LiCl aq./Pt cell の充放電特性

### ③新規耐水性固体電解質の探索

ガラスセラミックスを pH の異なる水溶液に浸漬し、導電率の変化、XRD 解析、SEM 観測を行い、pH に対する安定性の評価を行った。純水に浸漬した試料では、導電率の低下が認められたが、Li イオンを含む中性溶液では抵抗の変化はほとんど観測されなかった。一方、0.1M HCl 溶液、および 1M LiOH 溶液に浸漬すると、導電率が大きく減少した。導電率の減少した試料では、顕著な表面状態の変化が観測された。これらの結果から、本実験で使用したガラスセラミックスは、Li イオンを含む中性水溶液中では安定であるが、強酸および強アルカリ水溶液中では不安定であることが見出された。

### ④リチウム空気二次電池用電解質の探索

ガラスセラミックスで被覆したリチウム複合電極は、中性溶液系では安定に作動するが、強アルカリ性または強酸性溶液中での作動は困難である。また、電解質が中性の水であったとしても、放電反応生成物として LiOH が生成するので、放電の進行と共にアルカリ性にシフトする。新たな電解質系を検討した結果、酢酸水溶液電解質で、安定かつ高いエネルギー密度が期待できるリチウム空気二次電池の可能性が見出された。

### ●空気二次電池のための金属負極の反応制御と可逆空気極の開発：【(国)京都大学／(独)産業技術総合研究所】

本研究開発では、電気自動車用電池の飛躍的な高性能化をはかるために、安全、安価であり高いエネルギー密度を有する金属-空気電池の二次電池化を目指す。負極にはまず亜鉛を用い、二次電池化のための重要な課題の一つである dendrite 成長を制御する手段を開発する。さらにアルミニウム負極については溶融塩中でアルミニウムの電析が可能かどうかを調べ、アルミニウム負極の可能性を検証する。空気極についてはアニオン交換膜を用いた固体高分子形燃料電池技術と固体高分子水電解技術を導入し、空気極の二次電池化をはかる。可逆性が高く安定な空気極

酸化物触媒開発の指針並びにアニオン交換膜の CO<sub>2</sub> 透過を抑制する手法を見出す。以上のことを目的とする。

(1) 「空気二次電池のための亜鉛負極の反応制御」(京都大学工学研究科)

電気化学振動現象とデンドライト析出に関する相関性について調べた。作用極、対極に亜鉛板、参照極に亜鉛ワイヤーを用いた三電極式セルを構築し、電解質には ZnO を溶解させた KOH 溶液を用いた。添加剤にカチオン性とアニオン性界面活性剤を用い、この添加剤が振動現象に及ぼす影響を調べ、さらにそのときの亜鉛の析出形態を走査型電子顕微鏡により観察した。その結果、添加剤が存在しないときには 15 mA/cm<sup>2</sup> 程度の電流密度から振動現象が認められた (図 3-66、図 3-67)。一方、カチオン性添加剤 CTAB(cetyltrimethyl ammonium bromide)を 0.05、0.50 mmol / cm<sup>3</sup> 添加すると振動を開始する電流値が増大した。アニオン性の界面活性剤を添加した場合には、添加量を多くしてもデンドライト析出を抑制することができず、添加剤無しの場合とほぼ同様の挙動を示した。このことから、カチオン性の界面活性剤が亜鉛表面に吸着し、デンドライト成長を抑制することが明らかとなった。

(2) 「空気二次電池のためのアルミニウム負極の可逆化」(京都大学人間・環境学研究科)

タンガステン板とグラッシーカーボン板上でのアルミニウムの析出溶解反応 (充放電反応) に関する基礎的知見を得ることを目的として、基板による析出形態の違いや電極基板の三次元化、添加剤による析出形態の制御を行った。イオン液体としてエチルメチルイミダゾリウムクロリド (EMICl) - 塩化アルミニウム (AlCl<sub>3</sub>) 系イオン液体を用いてアルミニウムの析出溶解反応を調べた。その結果、いずれの電極もアルミニウムの析出形態は電流密度に依存していた。電流密度が大きくなると表面の凹凸が顕著に見られるようになった。このような傾向は高温でより顕著であることが分かった。次に、アルミニウムの析出形態を制御するために LaCl<sub>3</sub> を添加した。LaCl<sub>3</sub> を添加することにより電流密度が同じでも粒子表面がなめらかな形態をとることが分かった。LaCl<sub>3</sub> を添加することによってアルミニウムの析出形態を制御し、クーロン効率の改善が図れることが示唆された。また、アルミニウムの析出に関して三次元電極が有効に機能することが示唆された。

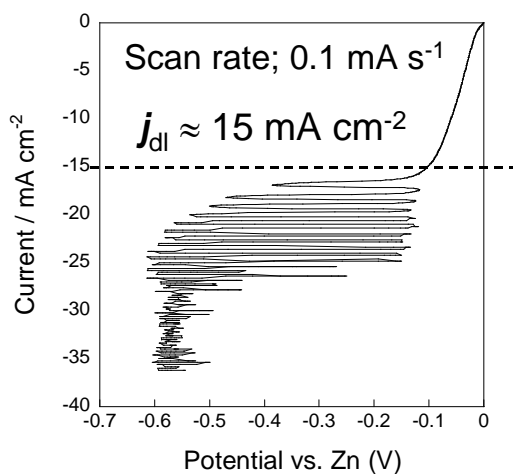


図 3-66 添加剤が存在しないときの振動現象 (走査速度 0.1 mA/s)

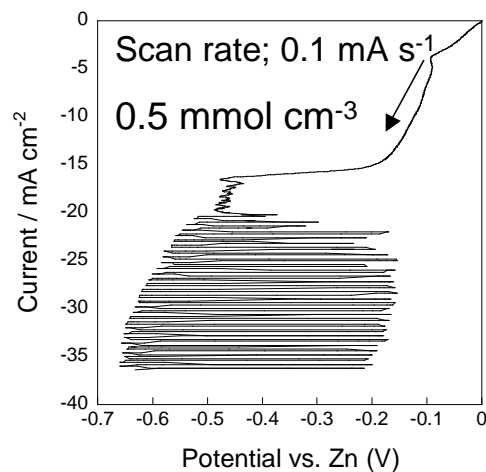


図 3-67 添加剤 (0.5 mmol / cm<sup>3</sup> CTAB) 存在下での振動現象 (走査速度 0.1 mA/s)

### (3) 「空気電池のための可逆空気極の開発」(産業技術総合研究所)

従来の空気極において問題となっている、空気中の  $\text{CO}_2$  による性能低下の課題を克服するため、空気極層とアルカリ電解液との界面にアニオン交換性の固体高分子電解質膜を使用する空気極構造を提案した。撥水化処理を施したカーボクロス上に Pt 黒を塗布して空気極層とし、炭化水素系アニオン交換膜 (AEM: 膜厚  $27 \mu\text{m}$ , イオン交換容量  $1.4 \text{ mmol g}^{-1}$ ) の片面に熱圧着して固体高分子形空気極を作製した。この空気極を H 型セルに挟んで空気極層側を大気開放、反対側の容器内には電解液として  $4.0 \text{ M KOH}$  水溶液を満たし、室温における空気極の酸素還元および酸素発生性能を電池充放電試験装置により評価した。空気極層側に  $\text{CO}_2$  ガスを 2 時間供給し、その前後での空気極性能の変化を調べた。AEM を使用しない従来の空気極では、 $\text{CO}_2$  供給後に酸素還元電位の低下および酸素発生電位の上昇が見られ、空気極性能が低下した。これに対し、AEM と一体化した固体高分子形空気極では酸素還元・酸素発生反応共に電位の変化はわずかであり、 $\text{CO}_2$  による性能低下が抑えられた。これは AEM により、 $\text{CO}_2$  とアルカリ電解液との中和反応の進行が抑えられたこと、 $\text{K}^+$  イオンの透過が遮蔽され、空気極細孔内での炭酸塩析出が抑制されたことに起因すると考えられる。

また、金属-空気電池の課題である充放電効率の向上を目指し、空気極における反応過電圧低減のための触媒探索を行った。Pt と Ir とを任意の割合で混合し、アニオン交換樹脂を加えて薄膜化した後、さらに AEM と一体化して固体高分子形空気極とした。Ir の添加により、酸素還元電位はほとんど変化しなかったが、酸素発生反応に対する過電圧低減が顕著であり、充放電効率が大幅に向上した (図 3-68)。

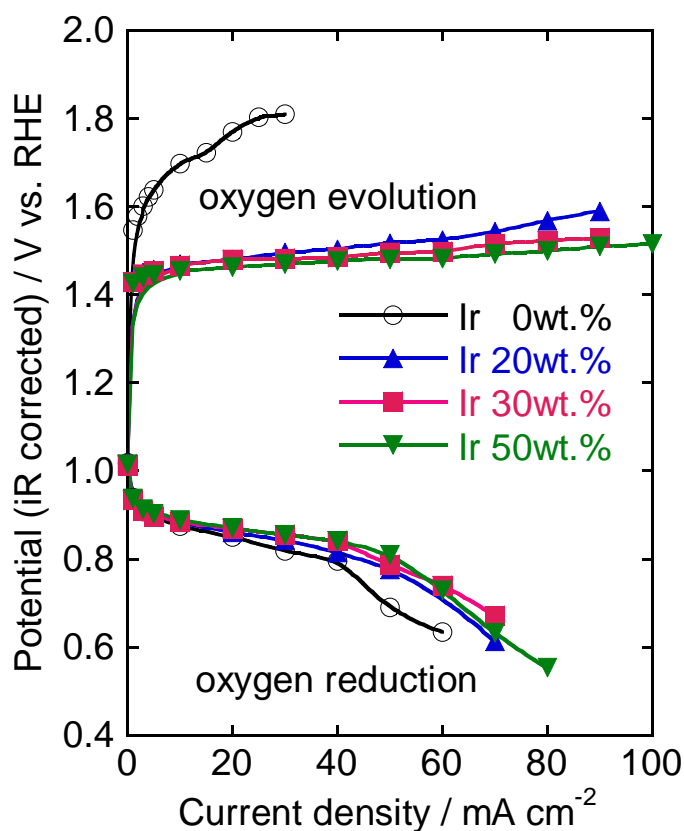


図 3-68 Pt-Ir 触媒の酸素還元および酸素発生の性能 (電極面積:  $2 \text{ cm}^2$ )

## 【リチウム硫黄電池】

### ●新規な固体電解質の開発：【(国)東京工業大学】

本研究開発では、安全性に優れ、高出力・高エネルギー密度が可能な全固体電池開発のために、新規な固体電解質の創成と高電極利用効率を目指した新たな電極構造の創出を目的とする。

#### ①固体電解質開発

リチウム欠陥の導入、拡散経路中のボトルネックの制御を目的として、チオリシコンのLi位置にLaを置換することで、 $\text{Li}_{3-x}\text{La}_x\text{PS}_4$ の新規相を見出した。一連のチオリシコン群の母材料である $\text{Li}_3\text{PS}_4$ の構造と導電率の関係を明らかにすることは、高イオン導電性固体電解質を開発する上での指針となりえる。そこで、高温での相変化の挙動と相関係を調べるために、高温X線回折測定を行った。 $\text{Li}_3\text{PS}_4$ には複数の高温相が存在し、これらの相を高温側から $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ とした。新規な低温相 $\gamma$ は、空間群 $Pna2_1$ で結晶構造解析に成功した。 $\beta$ 相はMercier[1]らが報告している $\text{Li}_3\text{PS}_4$ の単結晶の構造モデルを基に解析した。図3-69に $\gamma$ 相と $\beta$ 相の結晶構造を示す。 $\gamma$ 相はポリアニオンの頂点が同じ方向を向いているのに対し、 $\beta$ 相はzig-zagに連結した構造をとる。イオン導電の活性化エネルギーは、 $\gamma$ 相が25.9 kJ/mol、 $\beta$ 相が15.8 kJ/molであった。四面体連結様式がイオン導電と対応していることが明らかになった。

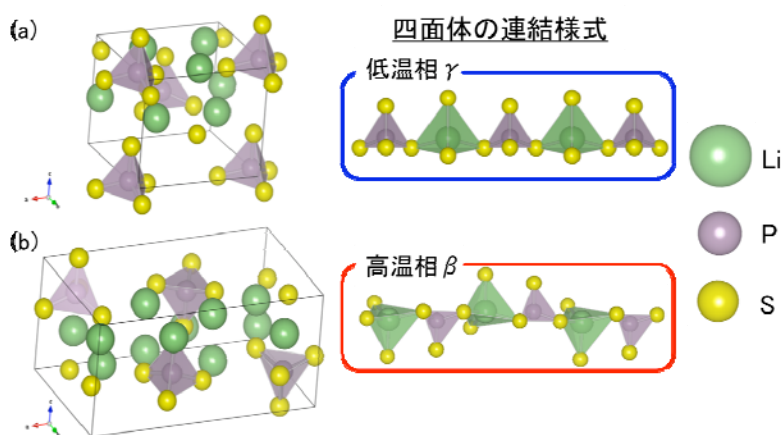


図 3-69  $\text{Li}_3\text{PS}_4$  の  $\gamma$  相と  $\beta$  相の  $\text{PS}_4$  四面体チェーンの配置

#### ②電池開発

単体硫黄に電気伝導性を付与するため、カーボンと単体硫黄の複合化プロセスの確立、並びに、高容量型リチウム硫黄全固体電池のための新規電極構造の開発を試みた。「メソ構造体の検討」としては、不規則構造体アセチレンブラック AB と二次元的にカーボンが規則配列したメソ構造体 CMK-3 を、硫黄との複合材料に用い、細孔の規則性と電気化学特性の相関を評価した。図 3-70 に AB と CMK-3 複合体の充放電曲線を示す。CMK-3 複合体の初期放電容量は、ほぼ硫黄の理論容量が得られており、20 サイクル後でも可逆容量 600 mAh/g と、アセチレンブラックよりも良好な電池特性を示した。これより、硫黄を高分散させた規則配列メソ構造体は、硫黄の電気化学活性を著しく向上させることが明らかになった。

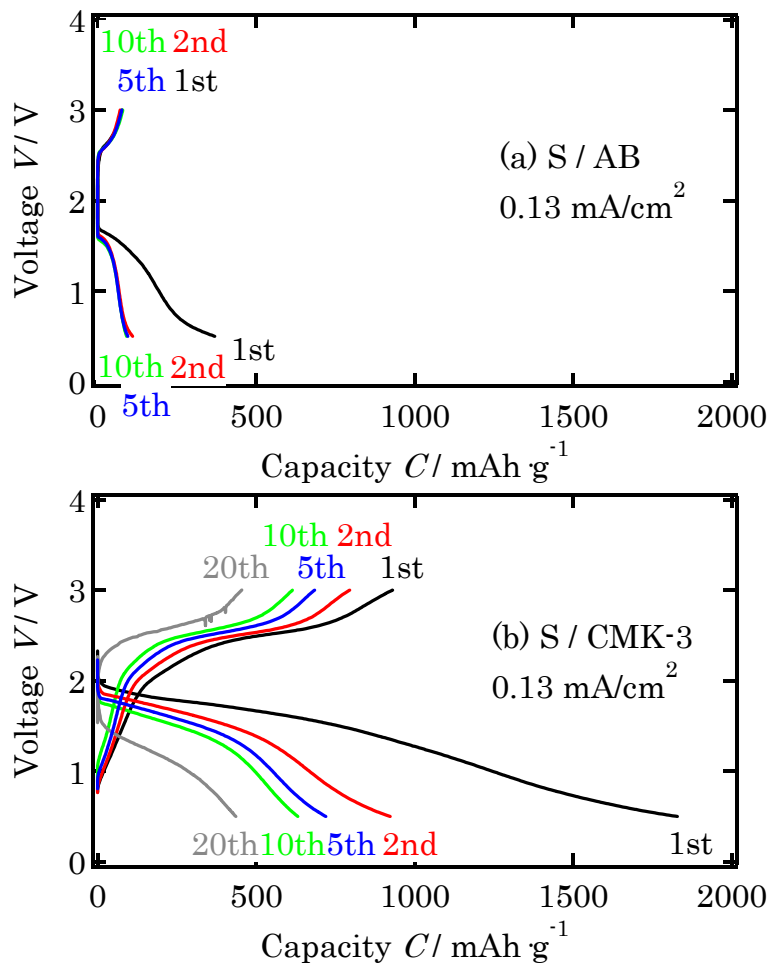


図 3-70 (a) S/AB, and (b) S/CMK-3 の組成の際の充放電曲線

●新規な負極材料の開発：【(独)物質材料研究機構】

本研究開発では、金属酸化物などから金属微粒子が還元生成するいわゆるコンバージョン反応、さらに生成した金属微粒子がリチウムとの合金を形成する反応を逐次的に引き起こす物質を対象とし、これまで有機溶媒電解質中では安定に動作させることが困難であったこれらの反応を固体電解質中で進行させることで安定化し、次世代の高エネルギー密度電池の実現を可能とする高容量負極の開発につなげていくことを目的とする。

$\text{SiS}_2$  や  $\text{Li}_2\text{SiS}_3$  などのケイ素含有硫化物が、高い容量密度をともなって単体ケイ素の還元生成反応、 $\text{Si} - \text{Li}$  合金の形成反応を逐次的に示すことを見出した。一方、電流反転後の合金からの脱リチウム反応と脱リチウム後の単体ケイ素から硫化物が生成する反応はほとんど進行せず、1 サイクル目のクーロン効率は 20%以下の低い値にとどまっていた。この硫化物系を全固体型リチウム電池の負極として用いるためには、このクーロン効率を改善する必要がある。クーロン効率が低い原因を調べるために、多チャンネルインピーダンスアナライザを導入し、充放電過程における電極の電気化学特性を調べたところ、再酸化過程末期に電極インピーダンスの大幅な増加が認められた。本研究開発で目標としている電極反応では、 $\text{Li}_2\text{SiS}_3$  を例にとると、還元過程は絶縁体である  $\text{Li}_2\text{SiS}_3$  が半導体の単体ケイ素に、その後の合金化反応では金属伝導を示す  $\text{Si} - \text{Li}$  合

金が形成される。すなわち、還元過程では電極活物質における電子伝導性が次第に高まっていくことになる。それに対して、その反対の経路で反応が進む再酸化過程では、金属から半導体、そして絶縁体へと活物質中の電子伝導性がしだいに失われていく。そのため、再酸化にともなって電極内における集電性が低下し、クーロン効率が低い値にとどまるものと考えられる。

電子輸送が電極反応の律速段階となることを防ぐため、パルスレーザー堆積法により薄膜化した試料について評価を行った。図 3-71 に示したように、膜厚を 1000 nm とした試料において観測されたクーロン効率は約 25%であったのに対し、100 nm とした試料では約 50%に向上した。すなわち、電子導電材を添加した電極において  $\text{Li}_2\text{SiS}_3$  の粒子径が数十ナノメートルの範囲であれば高いクーロン効率を達成することができると思われる。しかしながら、単に活物質を微粒子化するのみでは電極中における活物質の体積分率が低下し、電池のエネルギー密度が低下することになる。この課題を解決するため、活物質と導電材の混合物をレーザーアブレーションにより原子レベルまで分解することで、導電材をも微粒子化する試みを行った。その結果、図 3-72 に示したように 2.6  $\mu\text{m}$  の膜厚においてもクーロン効率は 100%を示し、 $\text{Li}_2\text{SiS}_3$  が高い容量を示す電極活物質として作用することが明らかとなった。

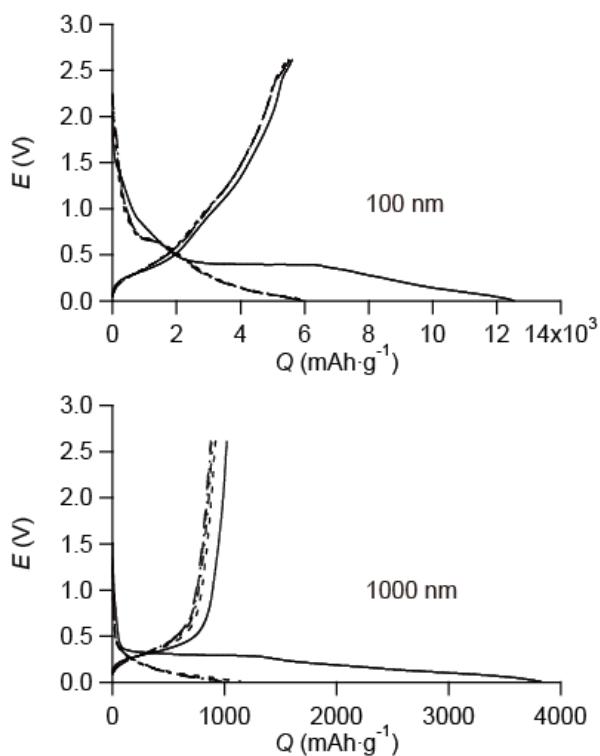


図 3-71  $\text{Li}_2\text{SiS}_3$  薄膜の充放電曲線 ( $0.4\text{mA}/\text{cm}^2$ )

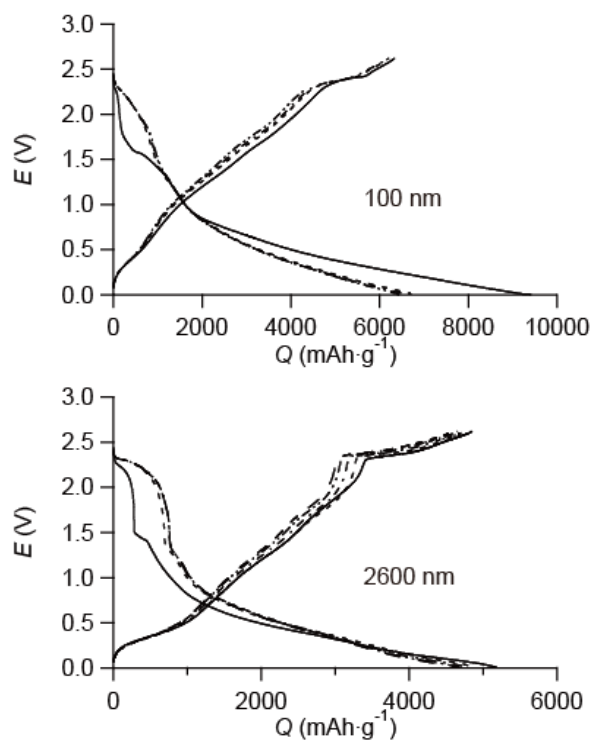


図 3-72 FeS を 10 重量%添加した  $\text{Li}_2\text{SiS}_3$  薄膜の充放電曲線 ( $0.4\text{mA}/\text{cm}^2$ )

#### 【新形態リチウムイオン二次電池】

#### ●3DOM 構造を用いたリチウム金属負極の検討：【(公)首都大学東京】

本研究開発では、 $\mu\text{m}$  オーダーで電極構造を規則化し、より高度に制御された構造を有する負極材料を構築することで、自動車に搭載可能な性能を有した新規リチウム二次電池の開発を目的とする。

エネルギー密度を損なわず、十分な電極上の構造規制効果を得るために、粒子の規則配列体の逆構造となる 3-dimensionally ordered macroporous (3DOM) 構造電極の設計を行った。3DOM 構造を用いることで、体積当たりの Li 金属量を 26% から 74% に向上できる。本検討では 3DOM 構造に適用する材料にも注目し、化学的・電氣的安定性の高い高分子材料の応用を検討した。具体的には、3DOM 構造を有する高分子膜 (3DOM セパレーター) を作製して電極上に配置し、Li デンドライトの発生に対する抑制効果を検証した。図 3-73 に、3DOM セパレーターが配置された Li 電極の充放電効率を示す。3DOM 構造は Li デンドライト発生抑制に効果的に働き、200 サイクル目においても 1 サイクル目と同等の充放電特性が維持された。定電流充放電試験後の電極断面構造を SEM で観察したところ、Li は集電体から 3DOM セパレーターの内部へと進行しておらず、図 3-74 に示すように 3DOM セパレーターと集電体との間に層状に析出することが明らかとなった。100 サイクル後も析出した Li は均一でデンドライト状の形状は観察されなかった。安定なサイクル性は、Li のこのような析出形態によるものと考えられる。電極界面の構造制御により、Li デンドライトが生成しない電池を実現できる可能性を見出した。

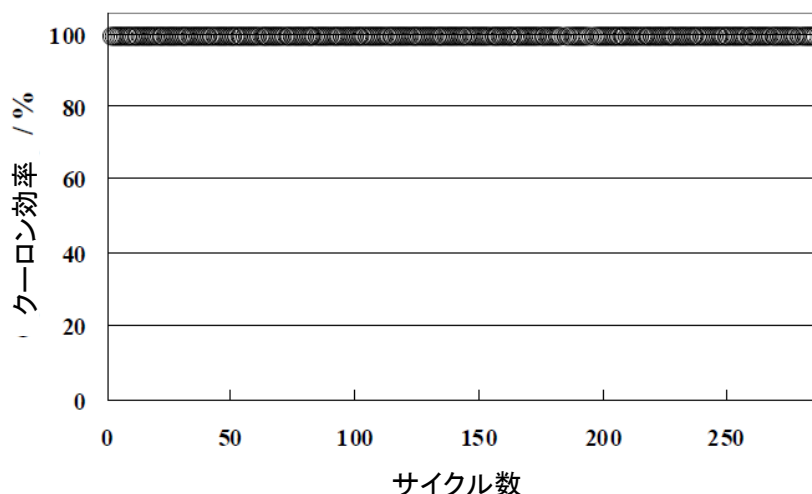


図 3-73 3DOM セパレーターが配置された Li 電極の  
 $1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ LiPF}_6/\text{EC}:\text{EMC} = 3:7$  (vol 中)におけるサイクル特性. ( $2\text{mA}/\text{cm}^2$ )

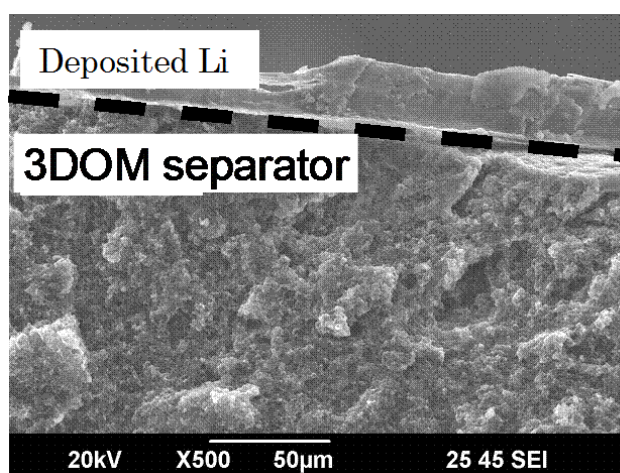


図 3-74 充放電試験 100 サイクル後の 3DOM セパレーターが配置された Li 電極の SEM 写真

●新規イオン液体並びに炭素系ナノ負極の研究開発：【(国)横浜国立大学】

本研究開発では、リチウム系二次電池の安全性を材料側で本質的に確保できる新規リチウムイオン液体の開発を前面に据える。このリチウムイオン液体に適合する負極および正極開発を、特にそのナノ構造制御に力点を置いて進め、安全性と高性能を兼ね備える蓄電システムを構築することを目的とする。

リチウム塩  $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$  (LiTFSI) とトリグライム (G3) 及びテトラグライム (G4) の等モル錯体が室温付近で液体状態であり、低蒸気圧、難燃性、高イオン伝導性といったイオン液体類似特性を示す事を見出した。これらの熔融錯体のリチウム二次電池への適用を考え、その錯体のイオン伝導機構とリチウム二次電池用電解質としての可能性について検討した。その結果、エーテル系の電解質では 4 V vs.  $\text{Li}/\text{Li}^+$  以上の電位では酸化分解が起こり 4 V 級の正極材料への適用は困難とされてきたが、グライム-リチウム塩の 1:1 錯体を電解液に用いて、ガス置換型グローブボックス内でコインセルを作製し、 $\text{LiCoO}_2$  の充放電を行ったところ、200 サイクル以上安定して充放電を行うことが可能であった (図 3-75)。グライム-リチウム塩等モル錯体の電位窓は 0~4.8 V vs.  $\text{Li}/\text{Li}^+$  であり、従来のエーテル系電解質と比較して非常に広い電位窓を有している。これは、グライムのエーテル酸素がすべて  $\text{Li}^+$  カチオンに配位しているためと考えられる。

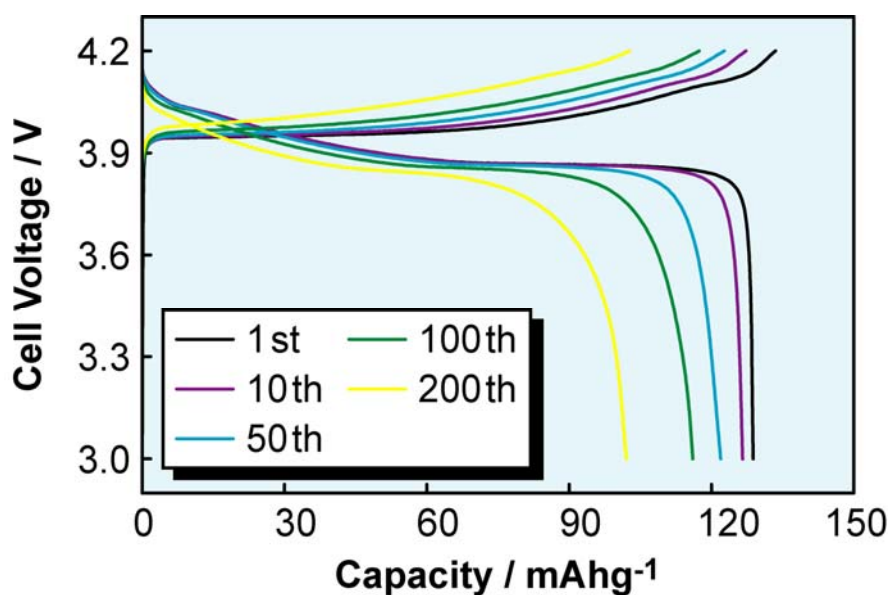


図 3-75 30°Cにおけるリチウム二次電池  $\text{Li} / [\text{Li}(\text{G3})_1] [\text{TFSI}] / \text{LiCoO}_2$  の充放電曲線 (1/8C)

リチウム系二次電池のリチウムイオン液体に適合する負極開発を、特にそのナノ構造制御に力点を置いて進め、安全性と高性能を兼ね備える蓄電システムを構築することを目的とする。一次元方向に規則性メソ孔をもつ SBA-15、およびケージ同士が三次元的につながってメソ孔を形成している KIT-5 の 2 種のメソポーラスシリカを鋳型としてメソポーラスカーボンを合成した。有機電解液中でメソポーラスカーボンの充放電容量を評価したところ、初期の放電容量は  $1600 \text{ mA h g}^{-1}$  と非常に高く、また、サイクル数の増加とともに放電容量が減少するものの  $1200 \text{ mA h g}^{-1}$  以上の高い値を維持していた (図 3-76)。



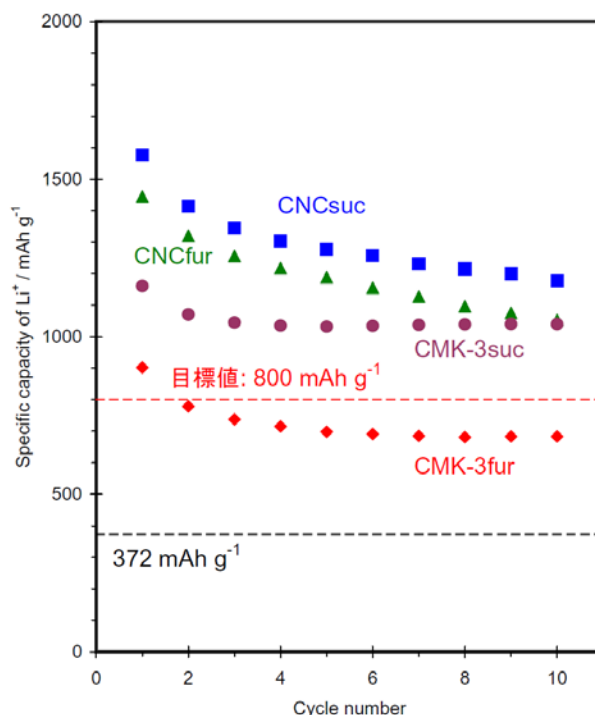


図 3-76 メソポーラスカーボンの定電流充放電サイクル試験の結果

●「鋳型法」を利用した高容量負極材料を開発：【(国)東北大】

本研究開発では、「鋳型法」を利用し、以下に示す2つのタイプの高容量負極材料を開発することで、負極材料として高容量かつ長寿命を実現する炭素/Si 複合体の理想構造を提案することを目的とする。

① 緻密な炭素層で被覆した多孔質炭素微粒子

外側に数十 nm 以下の厚さの緻密な炭素層、内部に多孔質構造の二重構造を持つ炭素微粒子 (図 3-77) を合成する。緻密な炭素層により粒子内部への電解液の浸入を防ぎ不働態膜の生成を抑制し、かつ内部の多孔質炭素構造に大量のリチウムを貯蔵させることを目的とする。

② 緻密な炭素層で被覆した炭素/Si 複合微粒子

図 3-77 に示した二重構造を持つ多孔質炭素微粒子の内部に Si ナノ粒子が高分散した炭素/Si 複合微粒子 (図 3-78) を合成する。リチウムを吸蔵した際の Si ナノ粒子の体積変化を粒子の周囲に存在する細孔空間によって完璧に吸収させることで、高いサイクル特性を実現する。

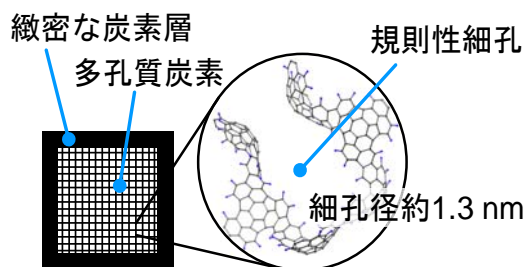


図 3-77 緻密な炭素層で被覆した多孔質炭素微粒子の概念図

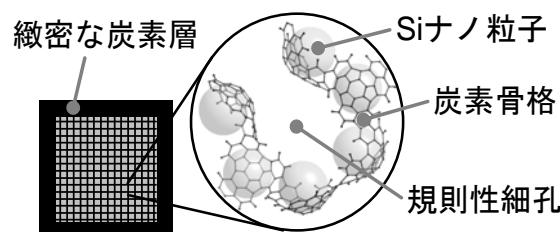


図 3-78 緻密な炭素層で被覆した炭素/Si 複合微粒子の概念図

緻密な炭素層で被覆した多孔質炭素微粒子：

純炭素負極材料の開発／二重構造をもつ炭素微粒子は、ピロメリット酸二無水物（分子径約 1 nm）およびアセチレン（分子径約 0.4 nm）を原料とする CVD により調製した。それぞれの CVD により得られた試料を被覆炭素①、被覆炭素②とする。被覆前後の各試料の BET 表面積、充放電容量、クーロン効率を表 3-24 にまとめた。被覆炭素②の BET 表面積は 690 m<sup>2</sup>/g と大きいのが、微小熱量計を用いた分析からは、電解液（1M LiPF<sub>6</sub>/EC・DEC(1:1)）により濡れた表面積は約 47 m<sup>2</sup>/g と見積もられ、炭素膜は電解液を透過しないことが示唆された。炭素被覆した試料はいずれも被覆前の試料よりも大きいクーロン効率を示した。また、3<sup>rd</sup> クーロン効率も被覆炭素で 90%を超えることが示された。すなわち、炭素被覆によりクーロン効率が向上することが示された。

表 3-24 各試料の BET 表面積、充放電容量、クーロン効率

試料	BET 表面積	1 <sup>st</sup> 充電容量	1 <sup>st</sup> 放電容量	1 <sup>st</sup> クーロン効率	3 <sup>rd</sup> 放電容量	3 <sup>rd</sup> クーロン効率
	(m <sup>2</sup> /g)	(mAh/g)	(mAh/g)	(%)	(mAh/g)	(%)
未処理鋳型炭素	3610	2340	717	31	554	83
被覆炭素①	0	837 <sup>b</sup>	395 <sup>b</sup>	47 <sup>b</sup>	354 <sup>b</sup>	91 <sup>b</sup>
被覆炭素②	690	968	407	42	322	91
600℃処理	3150	3140	1143	36	881	85
800℃処理	2130	1897	828	44	653	88
1500℃処理	1690	1736	530	31	356	83
エッジ少	1940	2107	683	32	499	85

<sup>a</sup> 電解液に 1M LiPF<sub>6</sub>/EC・DEC(1:1)を用い、対極と参照極に Li 金属を用いた 3 極式セルで定電流充放電測定を行い、充放電容量を求めた。ここでは、負極へのリチウム挿入を充電、負極からのリチウム放出を放電と定義する。充電は初期電位から 0.001 V まで、放電は 0.001V から 2.5 V まで行った。<sup>b</sup> 初期電位から 0.01 V までは定電流充電し、電位 0.01 V 以下においては電流値が 10mA 以下になるまで定電位充電した。放電は 0.01 V から 1.5 V まで行った。

多孔質炭素を 600 °C、800 °C、1500 °C の各温度で熱処理して細孔径を微小化させ、細孔径のキャビティ容量への影響を調べた（表 3-23）。その結果、600 °C で熱処理した多孔質炭素は最も大きい充放電容量を示し、1<sup>st</sup> 放電容量は 1143 mAh/g にも達した。また、エッジ構造の少ない多孔質炭素を合成し、エッジ部が不可逆容量に及ぼす影響を検討した。表 3-23 の結果より、エッジが少ない炭素の 1<sup>st</sup> クーロン効率は 32%、3<sup>rd</sup> クーロン効率は 85%であり、エッジが多い未処理鋳型炭素（1<sup>st</sup> が 31%、3<sup>rd</sup> が 83%）と殆ど相違ないことがわかる。すなわち、エッジ構造の有無はキャビティ容量のクーロン効率に殆ど影響しないことがわかった。

●「ガスデポジション法」を利用した高容量負極材料開発：【(国)鳥取大学】

本研究開発では、新しい電極作製法としてガスデポジション (GD) 法を採用することにより活物質粒子間および粒子-集電体基板間の密着性を格段に向上させた電極を創製し、高エネルギー密度と高出力密度を併せ持つ革新的な電池の開発を目指すことを目的とする。

無電解析出 (ELD) 法により Si 粒子表面に部分的に Cu を析出させ、これを原料として GD 法によりコンポジット厚膜負極電極を作製し、その電気化学的特性を評価した。その結果、前年度に行った Ru を用いたコンポジット電極と同様に、高いサイクル安定性と Si の高容量を兼ね備えた負極の創製に成功した。Ru の代わりに安価な Cu を使用しても同等の性能が得られることがわかった。図 3-79 に Cu 被覆 Si コンポジット GD 厚膜電極の放電 (Li 脱離) 容量の充放電サイクル依存性を示す。比較として Ru 被覆 Si コンポジットと Si 単独の両 GD 厚膜電極の結果も示す。Si 単独電極においては、初期放電容量は 2000 mAh/g と高いものの、数十サイクルで急激な容量衰減が観測された。これと比較して、Cu/Si コンポジット電極は 1000 サイクルを経ても黒鉛電極を大きくしのぐ放電容量を有する優れた電極であることが明らかになった。われわれのグループが以前に報告した Ru/Si コンポジット電極と比較すると、初期放電容量は低いものの 1000 サイクルでの容量はほぼ一致していることから、サイクル安定性が大きく向上していることがわかった。サイクル特性向上の理由としては、被覆した Cu が Si 粒子の崩壊を抑制し、ひいては膜電極そのものの崩壊を抑止する役割を果たしたことによると考察した。

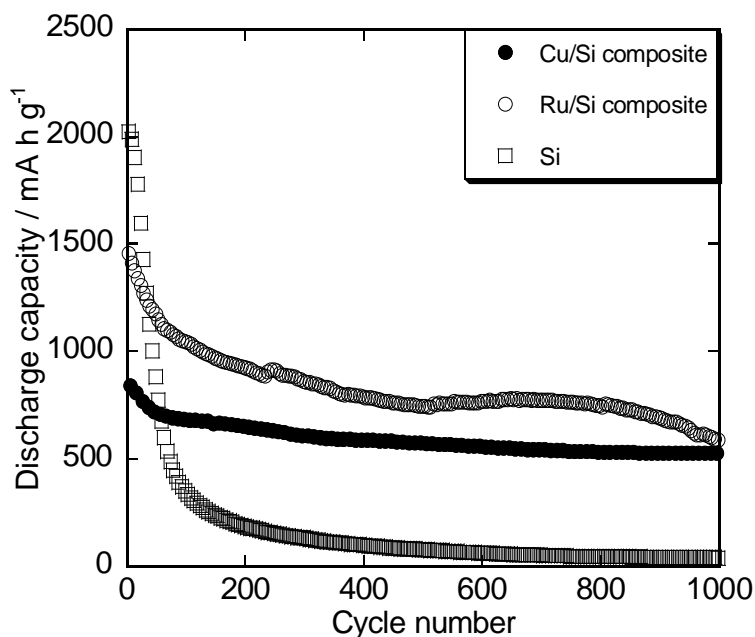


図 3-79 Cu/Si, Ru/Si コンポジット厚膜電極, および Si 単独厚膜電極の放電容量の充放電サイクル依存性 (Cu/Si:1.4A/g, Ru/Si:1.2A/g)

●ナノサイズ正極活物質：【(独)産業技術総合研究所】

本研究開発では、活物質のナノサイズ合成に取り組み、大きな表面疑似容量を発現させて、バルクを利用したインターカレーション反応による容量と併用することにより、リチウムイオン電池正極活物質の容量密度を飛躍的に向上させることを目的とする。

ゾル・ゲル法を用いて、ナノサイズの  $\text{VO}_2$  (B相) を合成した。得られたサンプルの結晶子および結晶サイズはX線回折 (XRD) ピークの半値幅と透過電子顕微鏡 (TEM) により約 5–15nm であると評価された。 $\text{VO}_2$  (B相) 初期放電容量は 5nm–10nm のサイズの粒子の場合、約 350mAh/g であった。容量は充放電 30 サイクル後に約 320mAh/g<sup>1</sup> まで低下したが、50 サイクル後では再び 350 mAh/g まで回復した。平均電位を約 2.4 V と仮定して計算すると、正極単極の活物質の重量エネルギー密度は 840 Wh kg<sup>-1</sup> となり、サイクル特性も良好であった。

更に、新しい合成方法に着目し、直径約 150nm の  $\text{LiV}_3\text{O}_8$  ナノベルトを合成した。 $\text{LiV}_3\text{O}_8$  ナノベルトの SEM 像、TEM 像、および充放電特性をそれぞれ図 3-80 (A)、(B)、(C) に示す。これらのサンプルを用いて、低いレート (0.02A/g) で充・放電した場合、初期放電容量は 350mAh/g となり、15 サイクル後には 380mAh/g と若干増加する挙動が示された。平均電位を 約 2.5 V と仮定して計算すると、正極単極の活物質の重量エネルギー密度は、既に 950 Wh/kg となる。現時点では、20 サイクル後においても、容量の劣化が認められない。したがって、サイズが 150nm から数十ナノまで下がると、充・放電容量の更なる増加が期待される。

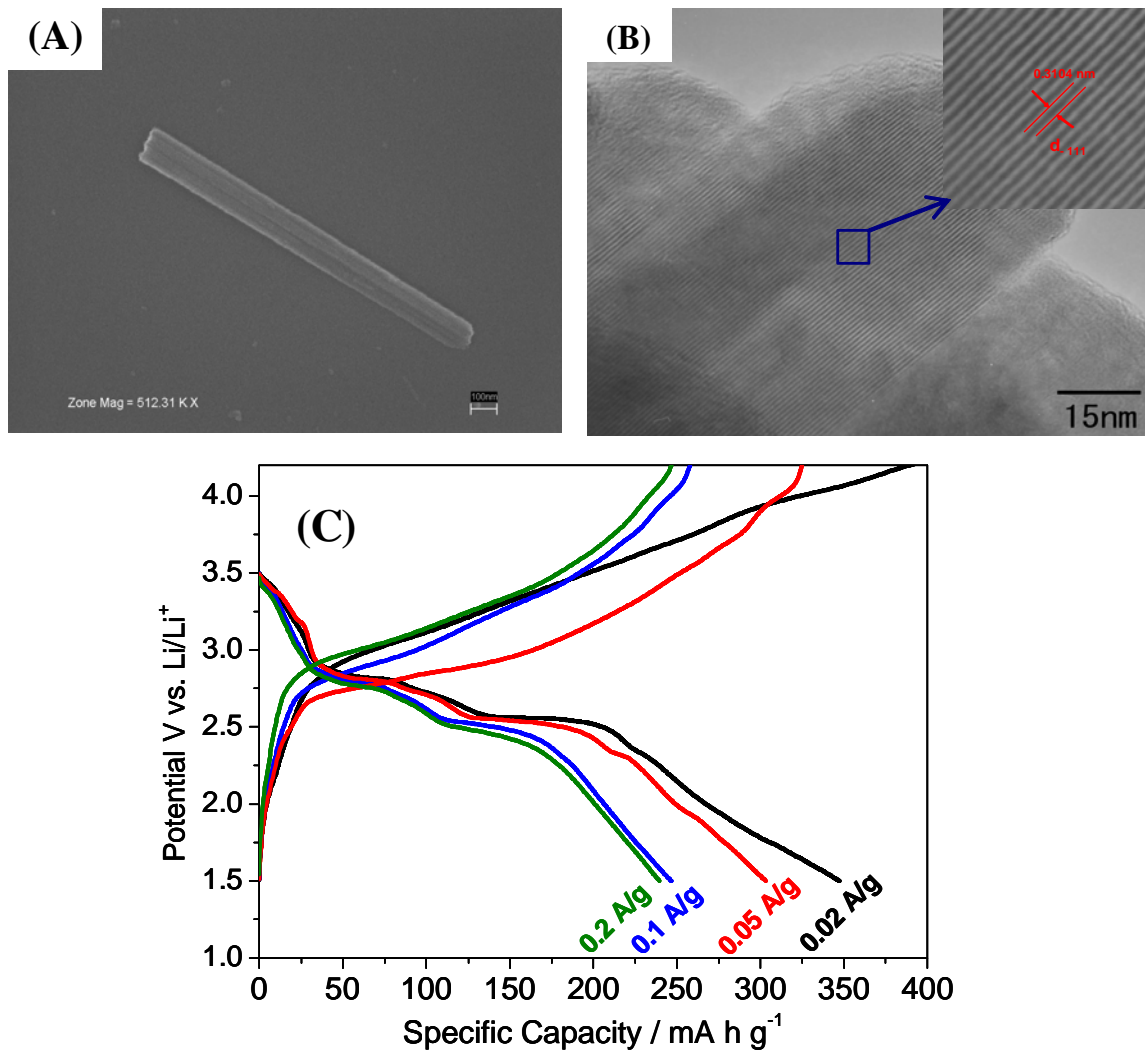


図 3-80  $\text{LiV}_3\text{O}_8$  の (A) 走査型電子顕微鏡の像 (B) 透過型電子顕微鏡の像 (C) 充電・放電プロファイル

(6) 成果の普及

平成 21 年度 4 月末時点での外部発表の実績を表 3-25 に示す。

表 3-25 外部発表の実績

研究テーマ名	実施者	特許 出願	論文 発表	講演 発表
リチウム空気二次電池用リチウム／固体電解質複合負極の研究開発	三重大学	1	3	9
エネルギー密度の革新を目指した金属－空気電池の二次電池化	京都大学 産業技術総合研究所	2	0	8
Li 系金属-空気 2 次電池の性能向上に関する研究	九州大学	0	0	1
全固体電池のための固体電解質および三次元メソ構造体電極の研究開発	東京工業大学	2	3	20
全固体型リチウム電池における高容量負極の開発	物質・材料研究機構	0	10	15
還元雰囲気通電焼結プロセスを用いた高容量含硫黄複合正極材料の研究開発 (H20年度で終了)	産業技術総合研究所	8	1	7
Li-硫黄系高容量全固体電池の研究開発 (H20年度で終了)	大阪府立大学 出光興産	0	4	9
カーボンフェルト電極マイクロ波放電を利用したマグネシウム二次電池正極活物質の研究開発	埼玉県産業技術総合センター	1	0	0
リチウムイオン液体を用いた安全性と高性能を兼ね備える蓄電システム構築	横浜国立大学	0	3	27
構造規制型新規金属負極の研究開発	首都大学東京	0	1	8
ナノ界面制御による高容量電極の研究開発	産業技術総合研究所	0	2	1
鋳型法を利用した革新的リチウムイオン電池負極材料の開発研究	東北大学	0	0	3
電極作製にガスデポジション法	鳥取大学	1	0	18

を利用したリチウム二次電池の研究開発				
液相マイクロ波プロセスによる次世代高容量活物質の研究開発	産業技術総合研究所	0	0	2
ホウ素化合物を用いた高性能液体電解質の研究開発	静岡大学	0	0	2
第一原理計算に基づいた次世代イオン伝導材料設計技術の開発	京都大学 トヨタ自動車 ファインセラミックセンター	0	0	0
酸化物系高容量負極を用いたリチウム二次電池の研究開発	群馬大学	0	0	0
ソフト溶液プロセスを基盤とする高容量電極材料の研究開発	神戸大学 岩手大学	0	0	2
イオン液体電解液を用いたリチウム二次電池の研究開発	慶應義塾大学 東京理科大学	1	3	24
新規な電池理論の研究開発	ファインセラミックセンター 京都大学 名古屋大学	0	0	0
革新的二次電池開発のための電極／電解質界面評価解析技術の開発	京都大学	0	0	1
電池反応速度パラメータ熱制御技術の研究開発	長岡技術科学大学 宇宙航空研究開発機構	0	0	1
		16	30	158

#### (7) 最終目標達成の見通し

##### 【金属－空気電池】

現在、亜鉛－空気電池、アルミニウム－空気電池、リチウム－空気電池について研究開発を実施している。空気極については、固体高分子形空気極の構造設計、触媒のスクリーニングが実施されてきている。活性の優れた酸化物触媒を見いだすことで、コスト面も含めた実用化の可能性が見いだすことができる。負極については、亜鉛、アルミニウム、リチウムとそれぞれ異なる解決すべき課題を抱えている。エネルギー密度の観点からは、リチウム空気電池が最も魅力的であり、水溶液系・有機溶媒系のいずれでも電池設計が可能である。500Wh/kg以上のエネルギー密度を実用電池として利用するには、セル抵抗、サイクル特性、新規固体電解質、容量密度が重要な要因となる。水溶液系においては、リザーバーの候補として酢酸を見出しているが、今後の電極構造や電池構造も含めて研究を進捗していくことで、最終的に優れた性能を発揮するリチウム空気電池を開発することで目標を達成する見込みである。

### 【リチウム硫黄電池】

高エネルギー密度化の実現のために硫黄の高い理論容量に目をつけた研究開発が実施されてきている。一般に、硫黄は有機電解液に溶ける問題点がある。一部、硫黄の溶出を押さえる興味深い現象も観測されたものの、現在は、全固体電池を目指した研究開発を遂行している。新規な高イオン伝導体の探索、新規な高容量負極の探索、新規電極構造の創出を目指すことで、高出力と高エネルギー密度を兼ね備えた全固体電池を実現する。加えて、放射光や中性子を用いた解析法で高度な分析をし、その結果を材料設計等にフィードバックし、特性改良を加速化することで、最終目標を達成することを見込む。一方で、硫化物の低い電子伝導性に起因する出力特性の問題、それを改善するための電子伝導性付与の処理の影響による低エネルギー密度化なども本質的な課題として依然として存在しており、実用化を目指すためには、さらなる、基礎研究が必要と思われる。

### 【多価カチオン電池】

高エネルギー密度化の実現のために種々の正極材料について特性を検討してきているが、現在までのところ高容量化が実現できていない。放電容量の増大やサイクル特性の向上のため、微細粒子や置換元素の変更等について検討を進めていくことで容量の向上を図る予定である。また、Mg イオン電池の場合、単セルを構成する電解液、セパレーターおよび負極等にも課題があるため、最終目標の到達にはこれらについても、適切な材料の調査、選定を行う必要があり、長期的な基礎研究が必要な電池系と思われる。平成 21 年度に委託先を追加しており、委託者間のシナジー効果を利用することで最終目標の達成を目指す。

### 【新形態リチウムイオン二次電池】

高エネルギー密度化の指針として、酸化物系極材料、合金系負極材料、カーボン負極（ナノチューブ、鋳型、ナノ構造）など多くの負極材料についての研究開発を行ってきている。特性改善のための方策としては、組成の最適化、カーボンコート、ナノ粒子化、バインダーの種類検討、添加剤の利用等でサイクル特性の改善を図ってきている。また、リチウム金属について取り組んでいるテーマもある。一方、新規な 5V 級電解液、イオン液体や高イオン伝導性固体電解質の設計などで電位幅を広げることによる、エネルギー密度向上を目指してきているテーマもある。これまでのところ、おおむね中間目標を達成してきており、研究開発を進めることで最終目標の達成が期待できる。また、平成 21 年度に正極材料のテーマについて重点的に委託先を追加した。研究開発の中で見いだされた高性能材料（正極材料、負極材料、電解質材料）を組み合わせることによって、既存のリチウムイオン二次電池系の限界を超えた高容量のみならず高性能な新形態リチウムイオン二次電池のコンセプトを提案できる可能性もあると期待している。

### 【解析技術】

「モデル電極／電解質界面を用いた深さ分解 XAFS 測定技術の開発」に関しては、その場測定、かつ、深さ分解測定が可能な革新的二次電池（硫黄系電池）を作製することで、最終目標の達成

を目指す。また、「電池反応速度パラメータ熱制御技術の研究開発」では、スタティックな状態およびダイナミックな状態のいずれについても、長期間の使用によるセルの性能変化と安全性の変化との相関を得ることで最終目標の達成を目指す。平成 21 年度に委託先を追加しており、500Wh/kg 級のポテンシャルを持つ革新的電池の種々の課題の解明に役立つ高度な解析技術を開発することで、次世代技術開発の最終目標の達成に資する。



## 5. 基盤技術開発

### (1) 事業の目的

高性能蓄電池の実用化にあたっては、安全性を確保するとともに標準化を進め、研究開発の効率化を図ることが重要である。基盤技術開発では、蓄電池における寿命予測、耐久性、安全性試験方法の確立や標準化、技術開発の効率化につながる電池性能を向上させる因子の解明や反応メカニズムの解析手法の確立等、基盤的な技術開発を行う。

### (2) 事業の概要

本事業の前身のプロジェクトである「燃料電池自動車等用リチウム電池技術開発」において開発目標を達成した、かつ、蓄電池における寿命予測、耐久性や技術開発の効率化につながる電池性能を向上させる因子の解明や反応メカニズムの解析手法の確立等についての必要な一定の技術を有している、(財)電力中央研究所、(独)産業技術総合研究所が参画している。加えて、自動車についての安全性試験や標準化についての必要な一定の技術を有している、(財)日本自動車研究所が、高度な解析技術を有する(国)東北大学が参画している。また、(国)東北大学の再委託先として(国)北海道大学が、(財)日本自動車研究所の再委託先として(学)早稲田大学が参画している。

研究テーマとしては、(財)電力中央研究所は「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発(電池性能評価手法の開発)」、(独)産業技術総合研究所は「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発(劣化解析・抑制手法の開発)」、(財)日本自動車研究所は「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発(試験方法の標準化・規格化の検討)」、(国)東北大学は「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発(リチウム電池劣化機構解明のための in situ 分光法の開発)」のテーマで研究開発を実施している。図 3-81 に次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容(平成 21 年度)における本研究開発項目の位置づけを示す。

平成 21 年度(中間目標)までには、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 3 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、電池充電標準化に関する検討を実施する。平成 23 年度(最終目標)までには、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策定、電池開発を行っている 3 委託先から提供を受けた最新電池の劣化機構の解明と抑制方法の提案、電池評価試験方法、電池安全性試験方法の策定、車載用リチウムイオン電池の国際標準化のための IEC への提案反映、リチウムイオン電池の輸送に関する国際規制の緩和の実現、電池充電標準化に関する IEC への提案を実施することで、性能目標(最終目標)を達成する。具体的な研究開発内容については表 3-26 に示す。

次世代自動車(HEV、EV、FCV等)の早期実用化に資するために、高性能かつ低コストの二次電池及びその周辺機器の開発を実施。

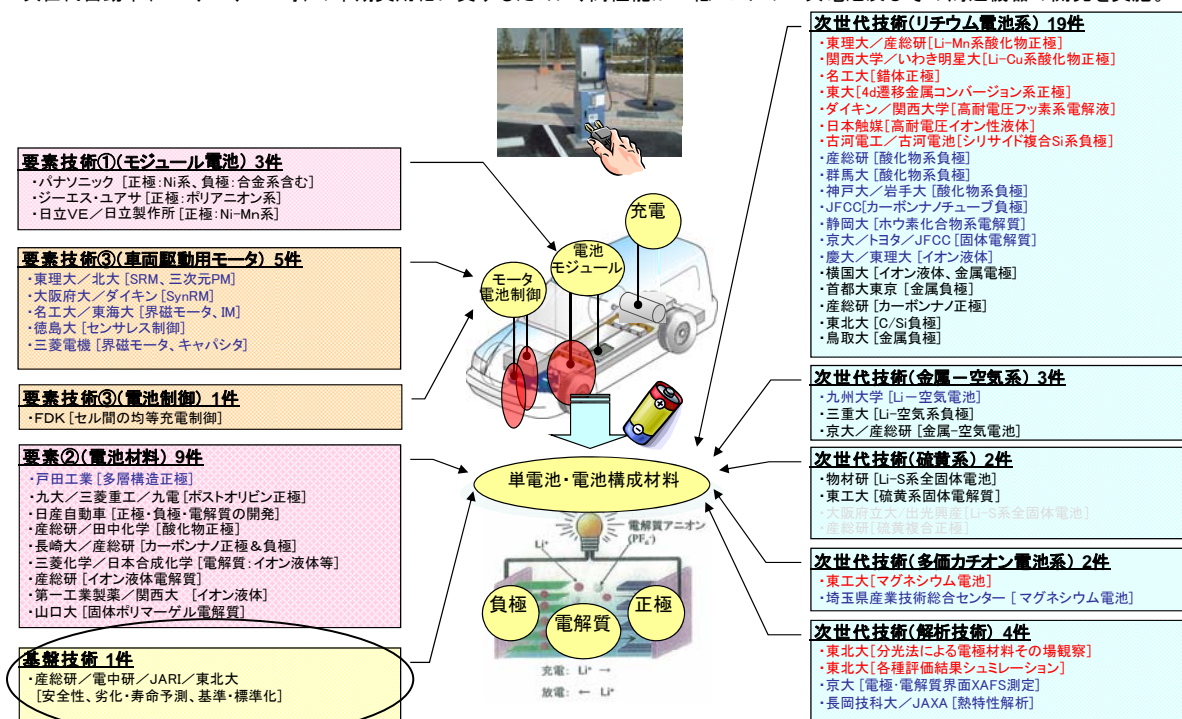


図3-81 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施体制（平成21年度）

（本研究開発項目の対象テーマは楕円で囲われている）

表 3-26 委託先の研究テーマ、研究開発内容

【基盤技術開発】

開始年度	研究テーマ【委託先】	研究開発内容
H19～	次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発【(財)電力中央研究所／(独)産業技術総合研究所／(財)日本自動車研究所】	本研究開発は、プラグインハイブリッド自動車や電気自動車などの次世代自動車用蓄電池の技術開発を推進するための基盤技術開発を実施する。次世代自動車などの走行パターン、環境などに適し、公正に蓄電池性能を評価できる試験方法や寿命予測、耐久性評価方法、安全性確認試験方法を提案するとともに、劣化要因解明とその抑制方法の提案を行う。さらにデータ収集を行い試験方法の妥当性を確認し、その成果をもって標準化・規格化に資する。
H19～	リチウム電池劣化機構解明のための in situ 分光法の開発【(国)東北大学】	本研究開発は、リチウムイオン二次電池の安全性・寿命に直接関係する、正極・負極・電解質の劣化機構、とりわけ界面における固体電解質層の構造・安定性・形成および劣化機構などを解明するため、多数の電池材料を同時に作製し種々の in situ 分光法で分析・検討する。

採択テーマとしては2テーマであったが、NEDO のマネジメントにおいて四法人が連携して基盤技術開発を遂行することで、より効率的に事業を遂行できるとの判断から、実施としては1テーマ「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発」に集約して事業を進めている。なお、「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発」を共同で実施する四法人のうち、(独)産業技術総合研究所は電池劣化要因の解析、劣化抑制方法の提案などを、(財)電力中央研究所は電池性能評価試験方法の提案、加速劣化試験方法の提案を、(財)日本自動車研究所は試験方法の標準化・規格化、車両搭載時を想定した蓄電池の性能・安全性評価を、それぞれが主として担当し、情報の共有化、研究の共同実施など、相互に協力しながら推進する。また、(国)東北大学は劣化要因解析手法の開発を担当し、(独)産業技術総合研究所と協調して推進する。図3-82に共同提案四法人の協力体制を、図3-83に研究開発スキーム示す。なお、(財)日本自動車研究所の再委託先として、(学)早稲田大学が、(国)東北大学の再委託として、(国)北海道大学が参画している。

なお、四法人間で連携を図り、研究開発の効率化と成果創成を強力に推進するため、各法人の研究開発責任者を統括する立場で、各法人への諸指示、諸連絡を取りまとめる統括責任者を、四法人合意の元、自主的に設置することとした。

統括責任者：電力中央研究所 上席研究員 寺田信之氏

期間：平成19年度からの3年間（4年目以降は見直しを含めて検討）

また、必要に応じ、実施内容について本事業の「①要素技術開発」に参画する電池開発法人等と協議し、本研究開発の成果を電池開発に役立てることとした。

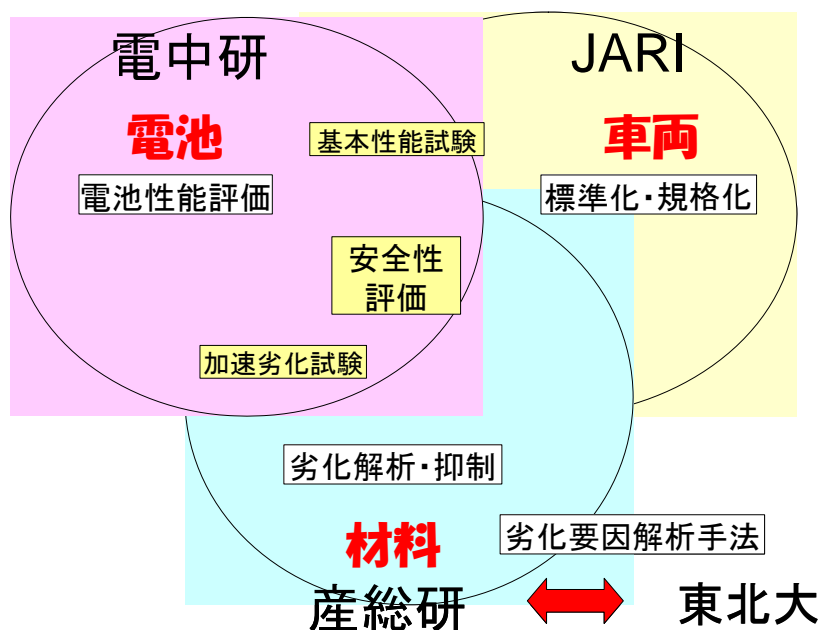


図3-82 基盤技術開発の協力体制

なお、基盤技術開発の文中で使用する試験対象電池の呼称は下記と定義する。

- 「実規模モジュール」：実規模セルを複数個組み合わせた0.3 kWh級モジュール
- 「実規模セル」：実規模モジュールを構成する単電池
- 「小容量セル」：民生用18650程度の単電池

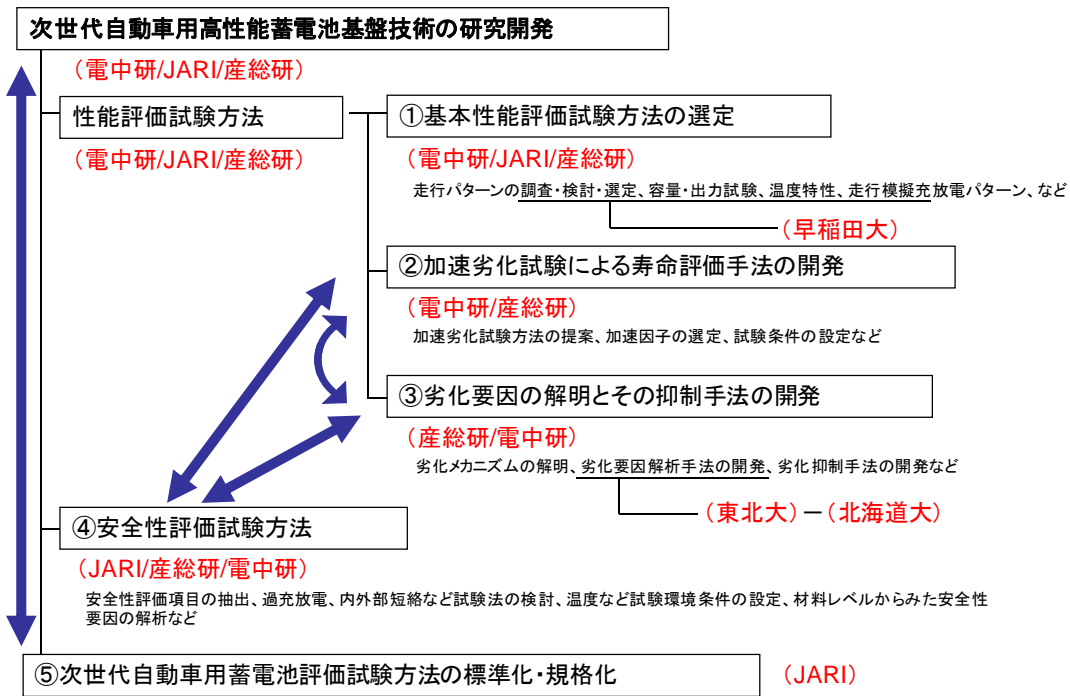


図3-83 実施計画書における研究開発スキーム

基盤技術開発の担当四法人が、「研究開発責任者会議」（年5回程度開催）により全体を統括するとともに、要素技術開発（電池開発）担当法人（パナソニック、ジーエス・ユアサ コーポレーション、日立製作所／日立ビークルエナジー）と連携を図るため、「電池試験技術協議会」（年4回程度開催）を組織して研究開発を推進している。図3-84に基盤技術委員会のスキームを示す。

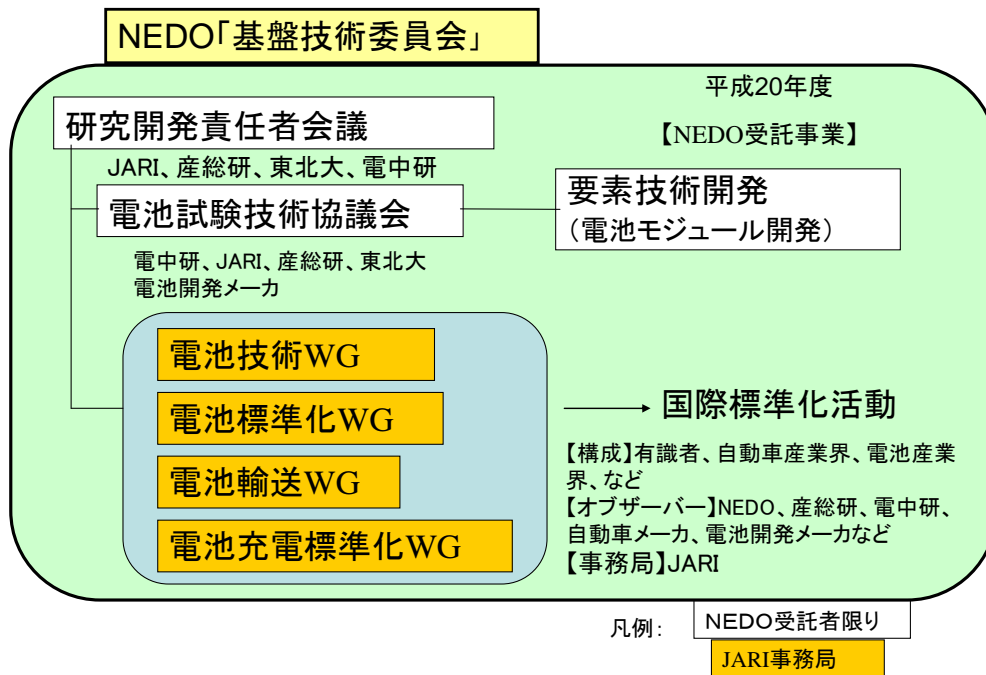


図3-84 基盤技術委員会のスキーム

日本自動車研究所を事務局として、自動車業界・蓄電池業界・有識者等の委員により構成される「電池特別分科会」（年1回開催）を設置し、その傘下に「電池標準化ワーキンググループ」（年4回程度開催）、「電池輸送ワーキンググループ」（年3回程度開催）、「電池充電標準化ワーキンググループ」（年3回程度開催）を組織して、日本の意向を国際標準や国際規制勧告に反映すべく活動をしている。各ワーキンググループには、産業技術総合研究所・電力中央研究所がオブザーバー参加し、自動車メーカー・電池メーカー・有識者等から本プロジェクトに係わる電気自動車関係の各情報収拾できる体制とした。図3-85に国際標準化活動の体制図を示す。また、「電池技術ワーキンググループ」（年3回程度開催）と「電池標準化ワーキンググループ」は相互にデータとニーズを交換する。

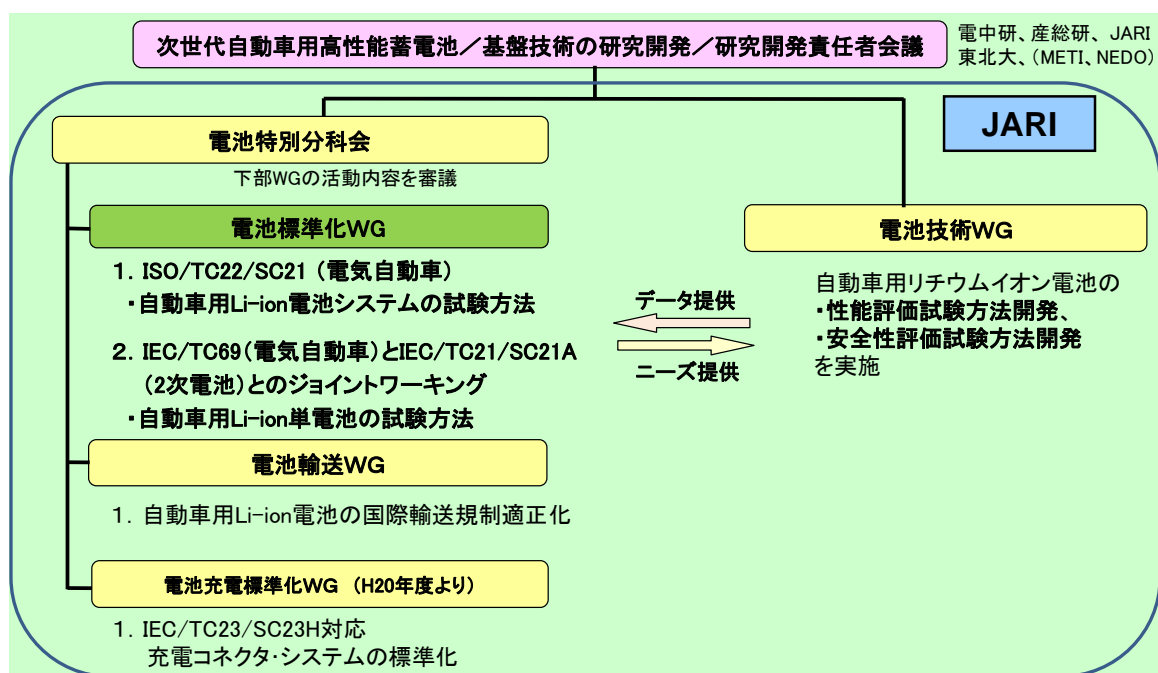


図3-85 国際標準化活動の体制図

### (3) 研究開発の実施スケジュールと予算

平成19年に2件のテーマを採択した。但し、前述の理由で採択したテーマ内容を統合することで1件のテーマとして実施している。また、採択テーマについては平成21年度に、延長審査を実施して後年度の研究延長の可否を判定する。図3-86にプロジェクトの年度計画を示す。

	平成19年度	平成20年度	平成21年度 (中間評価)	平成22年度	平成23年度
③基盤技術開発	公募 (1)	(1)	(1)	延長審査	

図 3-86 プロジェクトの年度計画

基盤技術開発については、調査や各種性能・分析・安全性試験、国際標準化活動に必要な費用を配分した。表3-27に委託先の研究予算一覧表を示す。

表 3-27 研究予算一覧表（基盤技術開発）

委託先	研究予算（百万円）			
	H19fy	H20fy	H21fy	総額
(財)電力中央研究所 (財)日本自動車研究所[再委託](学)早稲田大学 (独)産業技術総合研究所 (国)東北大学[再委託](国)北海道大学	386.6	693.9	537.9	1618.4

#### （４）研究開発目標と中間目標達成度

##### <開発目標>

下記目標値を基本とするが、各委託研究の目標（中間目標及び最終目標）は、提案者が公募時に研究開発テーマとともに提案し、採択決定後にNEDO技術開発機構と協議のうえ個別に実施計画に定める。

- ・加速寿命診断法の確立。
- ・高SOC保存時、高温保存時、高出力時、長期サイクル時等の劣化要因の解明とその抑制手法の提案。
- ・車載用電池安全性試験法の策定。
- ・電池性能を向上させる因子の解明。

##### <各委託先の達成目標>

上記開発目標値を基本とするが、各委託研究の目標（中間目標及び最終目標）は提案者が公募時に研究開発テーマとともに提案し、採択決定後にNEDO技術開発機構と協議のうえ個別に実施計画に定める。表3-27に要素技術開発（電池開発）の委託先の達成目標を示す。なお、中間目標に対する達成度は平成21年度末時点の見込み値である（○：達成済または見込み、△：達成には大幅な特性改善が必要、×：達成困難）。各委託先とも中間目標はおおむね達成される見込みである。

表 3-28 基盤技術開発の委託先の達成目標

#### 3-28(a) 「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発（電池性能評価手法の開発）」

##### 【(財)電力中央研究所】

項目	中間目標	達成度	最終目標
①基本性能評価試験方法の選定	「要素技術開発」電池開発目標の評価項目・試験条件の選定と検証。試作実規模セルデータの収集・提示。	○	基本性能評価試験方法の提案

②加速劣化試験による寿命評価手法	試験期間 (2倍以上) 短縮で寿命予測する加速劣化試験条件の選定・試験着手	○	5 倍以上の期間短縮で寿命予測が可能な加速劣化試験方法の提案
③劣化要因解明とその抑制手法	産総研の小容量セル劣化解析に基づく加速試験条件の見直し	○	「劣化要因の解明」成果の寿命評価手法への反映
④安全性評価試験方法	実規模セルを想定した単電池の安全性評価試験法の作成	○	実規模セル (劣化) の安全性確認方法の作成

3-28 (b) 「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発 (劣化解析・抑制手法の開発)」

【(独) 産業技術総合研究所】

項目	中間目標	達成度	最終目標
②加速劣化試験による寿命評価手法	小容量セルでの加速劣化式を策定と「2 倍以上の加速劣化因子 (充電レベル (SOC)・温度・負荷など) を抽出」に資する。小容量セルを用いた加速パターンを作成する。	○	
③劣化要因解明とその抑制手法	小容量セルでの各試験条件での各電池構成材料の電池劣化に関わる因子の中から、プラグインハイブリッドを模擬した試験条件下で電池劣化の主要過程を引き起こす劣化因子 (劣化要因) を選定する。また、保存時の劣化反応の反応速度式を求める。	○	実規模セルに小容量セルで得られた知見を適用することで、劣化要因を検証するとともに、小容量セルでの結果を実規模セルに適用するための補正係数を算出する。
④安全性評価試験方法	3 種類程度の電池系における電池構成材料の濫用時における安全性を評価するとともに、電池レベルで実施すべき安全性試験項目の試験を 3 種類程度の電池系の小容量セルにて実施し、JARI、電中研と共同で電池レベルおよびモジュールレベルでの次世代自動車用蓄電池安全性評価試験方法を提案する。	○	次世代自動車用蓄電池として想定される 5 種類以上の電池系について材料レベルから濫用時の安全性を評価するとともに、代表的な電池系における安全性要因を解明する。また、JARI、電中研と共同で次世代自動車用蓄電池安全性評価試験方法を検証する。

3-28(c) 「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発（リチウム電池劣化機構解明のための in situ 分光法の開発）」

【(国) 東北大学】

	項目	中間目標	達成度	最終目標
③ 劣 化 要 因 解 明 と そ の 抑 制 手 法	顕微分光法と NMR による電極・電解質および界面の劣化挙動解明	実電池材料を対象に、充放電による劣化過程での活物質、電解液、界面でのマイクロ構造変化を検出し、劣化機構解明と劣化検出技術を確立する	○	複数の in situ 顕微分光手法による実電池材料における劣化挙動を検出する新しい計測技術の確立
	アコースティックエミッション法による電極破壊機構の解明	AE ライブラリの完成とそれを用いた劣化予測手法の提案	○	AE 信号を用いた劣化予測手法を実際の自動車用ハイパワー電池への適用
	和周派 (SFG) 分光法による電極・電解質界面の構造変化測定	実電池系に近い材料について表面構造変化と劣化挙動との相関を明らかにする	○	In Situ SFG 測定システムの顕微化を進め、1 $\mu$ m 程度の空間分解能を持って活物質・電解液界面での生成物や構造変化を検出し、劣化挙動との関係をよりマイクロに解明

3-28(d) 「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発（試験方法の標準化・規格化の検討）」

【(財) 日本自動車研究所】

	項目	中間目標	達成度	最終目標
① 基本性能評価試験方法の選定		電池の基本性能評価に必要な用語を定義する。	○	定義した用語を IEC/ISO へ反映させる。
		PHEV、HEV および BEV（以下、各電動車両）について、種々の走行条件における蓄電池運用条件を調査する。	○	各電動車両について、車両走行時の代表的な蓄電池運用条件を抽出する。
		各電動車両について、蓄電池試験条件二次案を作成する。	○	作成した蓄電池試験条件を IEC/ISO へ反映させる。
④ 安全性評価試験方法		蓄電池および蓄電池の車両搭載時の安全性評価試験内容を整理する。	○	作成した安全性評価試験方法を IEC/ISO へ反映させる。
		過充電、過放電、外部短絡、貫通、圧壊、振動、類焼、熱衝撃、衝撃試験等の検証を行う。	○	
		過充電、過放電、貫通、圧壊、熱衝撃、衝撃試験等の試験方法の作成。	○	



⑤次世代自動車 用蓄電池評価試 験方法の標準 化・規格化	ISO12405-1 DIS	○	IS
	IEC61982-4, -5 CDV	○	IS
	国連輸送規制の適正化 2008年勧告に適正化反映	○	適正化達成
	IEC62196-2 CDV	○	IS
	IEC61851 FDIS	○	IS

国際規格制定手順

1. 提案段階：NWP(New Work Item Proposal)
2. 作成段階：WD(Working Draft)
3. 委員会段階：CD(Committee Draft)
4. 紹介段階：DIS(Draft International Standard:ISO)CVD(CommitteeDraft for Vote:IEC)
5. 承認段階：FDIS(Final Draft international Standard)
6. 国際規格:ISO, IEC(International Standard)

(5) 研究開発成果例

①基本性能評価試験方法の選定

性能項目として、容量、エネルギー密度、出力および入力密度等を抽出し、具体的な試験条件  
 にとって、電池容量を測定する放電率は1時間率(1C)を提案し、入出力試験は10秒間入出力によ  
 る電圧-電流と下限(放電)電圧または上限(充電)電圧の関係から推定することを提案した(表  
 3-29)。なお、入出力の代表値としては充電状態(SOC)50%における出力値を用いることとした。  
 また、用語の共通化とIECおよびISOへの反映を目的に、既存規格について用語比較表を作成し、  
 主要な用語を抽出した(表3-30)。電動車両用リチウムイオン電池の用語(2009年7月9日版)と  
 して平成20年度果報告会で配布した(巻末の参考資料2を参照のこと)。

表3-29 基本性能評価方法 単電池(実規模セル)の性能試験項目(案)

評価項目	開発目標*1)	試験項目	備考
質量エネルギー密度 (Wh/kg)	100	電池容量試験	定電流放電。 放電電流は、想定される負荷 条件に適した値とする。  本NEDOプロ開発電池の性能 評価に適用する放電電流は原 則として1時間率電流とする。
体積エネルギー密度 (Wh/L)	120		
充放電効率(%)	95		
質量出力密度 (W/kg)	2,000	電流電圧(I-V) 特性に基づく出入 力特性試験	SOC50%における10秒後の出 力値で代表させる。
体積出力密度 (W/L)	2,400		
寿命(年)	10	別途「加速劣化試 験による寿命評価 手法の開発」で検 討	実規模セルの連続PHEV充放 電試験*2)、保存試験の結果か ら寿命を推定する。

\*1)0.3kWhモジュールを製作し、以下の目標(性能目標は3kWh級パック電池の換算値)を満足すること、\*2) PHEV充放  
電パターン(別途定める)による連続充放電と充電の繰り返し

表3-30 電池試験方法の標準化のための用語の抽出例

1. 電池一般:リチウムイオン電池、駆動用電池、電気自動車用電池、ハイブリッド電気自動車用電池、プラグインハイブリッド電気自動車用電池
2. 電池のレベル:単電池(単セル)、電池モジュール、電池パック(組電池)
3. 構成部品等:電池管理システム
4. 特性・性能:容量、定格容量、時間率、定格放電電流、定格電圧、放電終止電圧・・・

寿命試験用充放電パターンの基礎データとするために、駆動方式や車両サイズの異なる HEV 3 台および PHEV 1 台について、日米欧各国の認証走行パターン等を用いて台上試験を行い、電池の電流、電力、温度等の充放電データを測定した。また、実車データの補間を目的として、シミュレーション計算により制御方式の異なる PHEV の充放電データを取得した。さらに、実車の充放電パターンを基に寿命試験用充放電パターンを作成するロジックを検討し、その有効性を単セル試験によって確認した。このロジックを台上試験とシミュレーションによって取得した充放電データに適用し、PHEV (図 3-87)、HEV および BEV それぞれについて寿命試験用充放電パターン一次案を作成した。

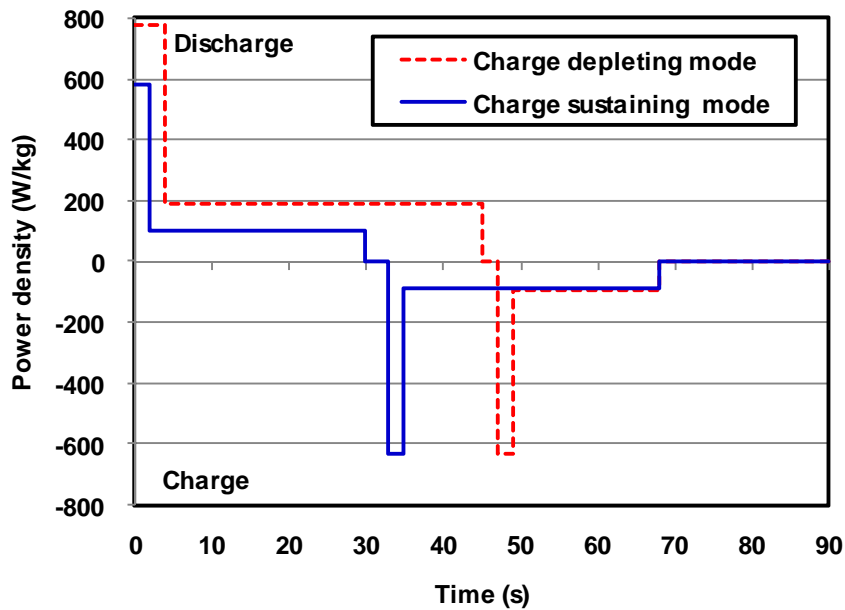


図 3-87 PHEV 用充放電パターン一次案

## ②加速劣化試験による寿命評価手法の開発

要素技術開発（電池開発）委託先から提供を受けた 3 電池系の小容量セルを用いて、SOC と温度依存の保存寿命データ等を蓄積した（図 3-88）。温度加速と SOC 条件との 2 因子を抽出した。容量に対して 25-60℃の範囲で、高温ほど劣化が促進されることが確認された。また、小容量セルを用いた基本充放電性能（1C 充放電）は約 400 サイクル時点で、容量 90%程度となること確認した。

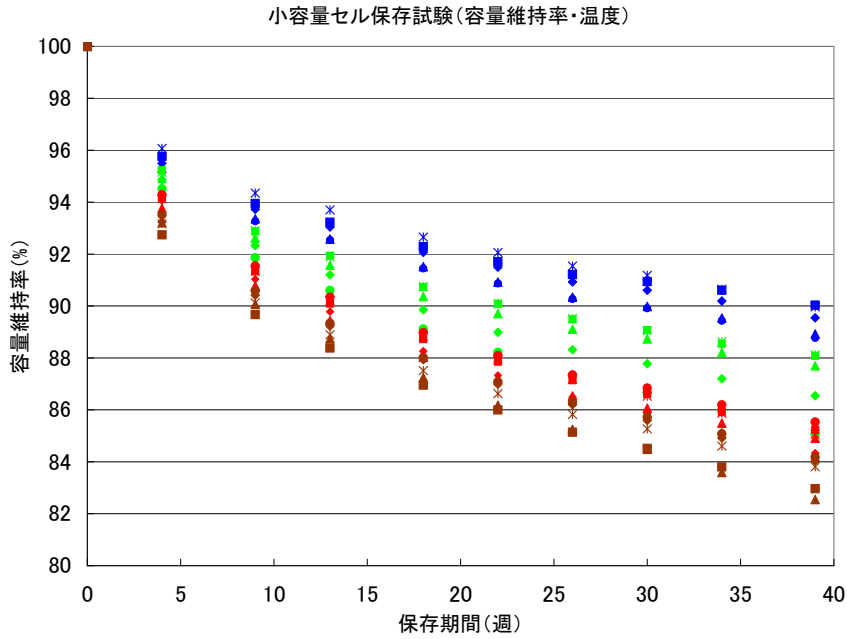


図3-88 保存試験 (SOC90%) における温度の効果  
(青 : 25°C, 緑 : 40°C, 赤 : 50°C, 茶 : 60°C)

また、PHEV で想定される走行時の劣化を見積もるために、PHEV を想定した簡易サイクル運転パターンによる連続サイクル試験を実施した。温度条件は標準条件 (25°C) と加速条件 (昇温 : 例えば 50°C) の 2 条件とし、n=2 で実施した。図 3-89 に連続 PHEV サイクル試験 (左) と保存試験 (右) の概念図を示す。PHEV 用途では高入出力に加えて大きな充放電深度によるサイクル試験が必要とされるため、従来とは異なる劣化挙動の生ずる可能性があった。しかし、高 SOC と高温という加速因子を異なる材料構成のセルについて抽出することができた。つまり、種々の加速試験について、SOC と温度の履歴について注視するという指針が固まった。

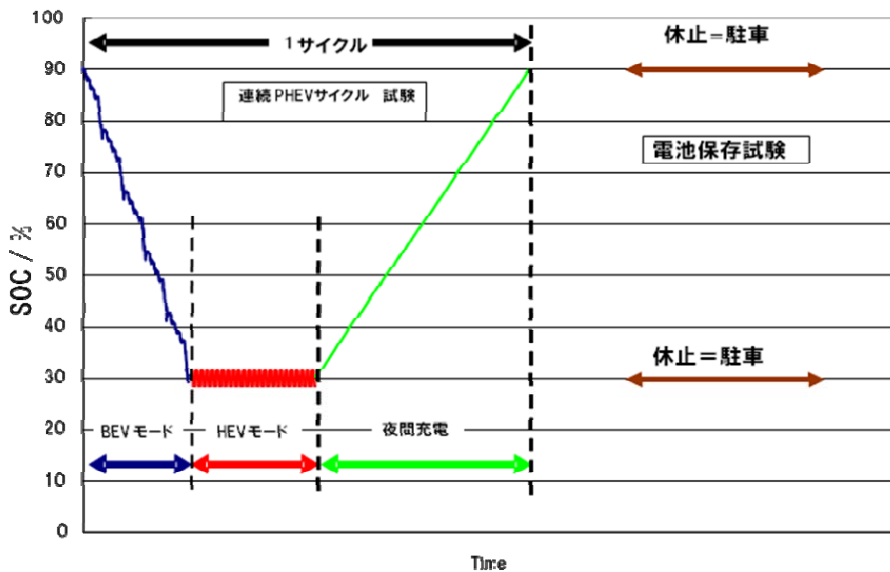


図 3-89 連続 PHEV サイクル試験 (左) と保存試験 (右) の概念図

### ③劣化要因の解明とその抑制手法の開発

要素技術開発（電池開発）から提供をうけた小容量セルを用いた充放電試験と保存試験を実施し、電池特性（容量、出力）の変化についてデータを取得し、蓄電池運用条件での劣化を加速する因子の抽出を進めた。通常定電流充放電サイクルでは、明瞭な容量劣化に伴うACインピーダンス解析円弧成分の増大が認められた（図3-90）。

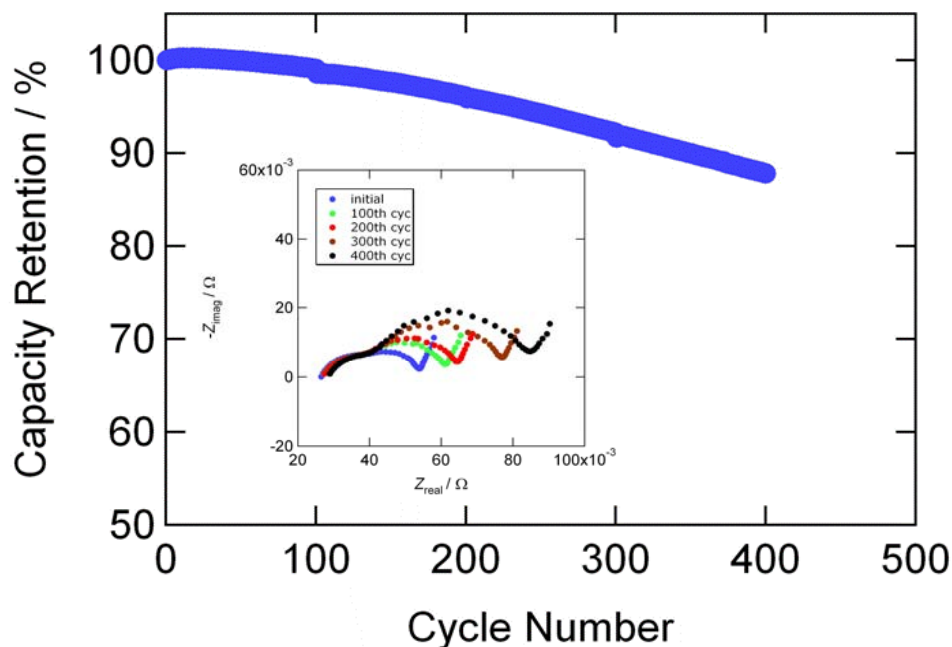


図3-90 サイクル経過とACインピーダンス測定（小容量セル）

正極材料に  $\text{Li}(\text{NiCoAl})\text{O}_2$  (NCA)、負極材料にハードカーボンを用い、高出力型の小容量モデルセル（18650 型）の製作し、サイクル試験による加速パターンの予備検討を行った。試験終了後、セルを解体し電極の状態評価を進めた。SPring-8/BL47XU において、硬X線光電子分光測定（HX-PES）で電極試料をアルゴンガス下で取り扱う手法を確立し、正極のみならず負極についても高分解能のスペクトルを取得することが可能になった（図 3-91）。

電池の劣化に伴い、正極の表面に種々の有機系炭酸塩の存在を XPS や赤外線分光法により確認している。そこで、電極を加熱処理し種々の分光学的評価を加えることで、表面生成物と性状と電池の安全性にも通ずる電極材料の熱的な安定性について評価を行った。図 3-92 は SOC70%の電池から

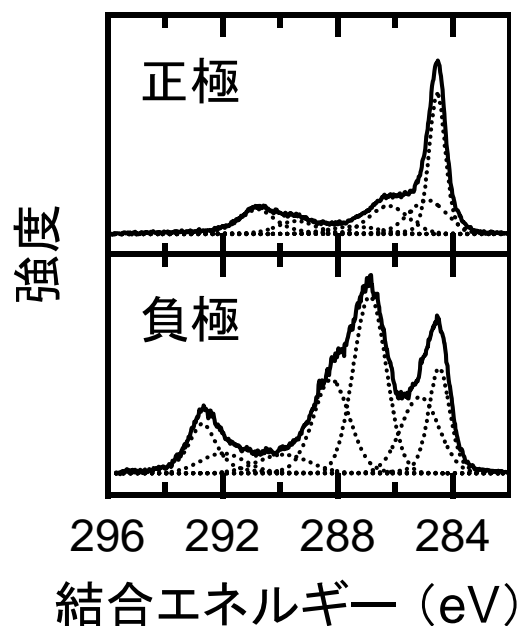


図 3-91 25 °Cで保存した電池の硬X線光電子スペクトル（C 1s）

取り出した正極について、150–550 °C で熱処理後測定した O-K 端 XANES スペクトルである。比較のために NCA と NiO のスペクトルも示している。150 °C および 550 °C では、試料最表面の情報である全電子収量法 (TEY) とバルクに近い情報である蛍光法 (FY) 双方のスペクトル形状は類似しているが、350 °C では明確な差異がみられる。つまり、正極材料の熱分解が、表面とバルクでは異なる挙動を示すことが明らかになった。そこで、電極で生じている表面状態の変化を選択的に解析可能な手法の一つとして XAFS 測定を選択した。

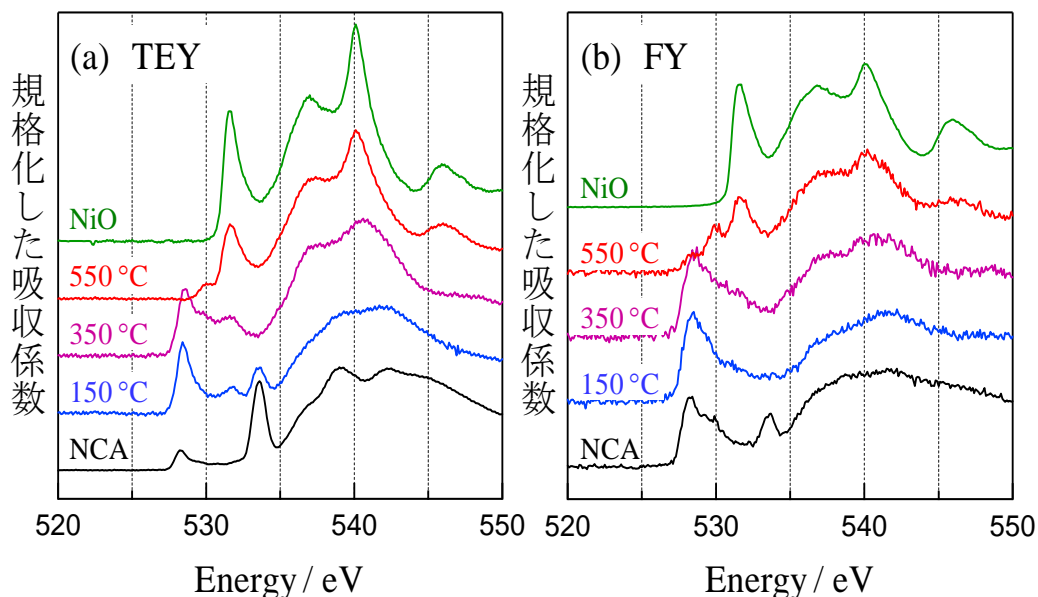


図 3-92 XANES (O-K 端) による正極 (小容量モデルセル) の表面状態の分析。

(a) TEY 法 (b) FY 法。

LiCoO<sub>2</sub>, LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 正極の充放電による構造変化を in situ で顕微ラマン散乱測定するため、液体電解液用セルを作成し、固体薄膜用セルと併用して比較検討した。どちらのセルでも、充放電に伴う構造変化を検出できた。LiCoO<sub>2</sub> 正極では、A<sub>1g</sub> モード (496cm<sup>-1</sup>, 592cm<sup>-1</sup>) の強度・ピーク波数がリチウムの挿入脱離にともない可逆的に変化し、特に H1 から H2 への相転移で大きく変化する。Li が欠損して生ずる Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> のピーク (522cm<sup>-1</sup>, 680cm<sup>-1</sup>) は、サイクルと共に強度が増加し、容量劣化と良く対応する事が分った。NMR 装置中に設置するモデルリチウム電池を試作し、NMR マイクロイメージング法によるリチウム電池内部の画像取得に世界で初めて成功した (図 3-93)。PC+LiClO<sub>4</sub> 電解液に負極として金属リチウムを用いたセルではリチウムと接触した部分からゲル化が進行する事がマイクロ MRI 画像と局所選択 NMR 法により分った。

市販の 18650 電池と産総研から提供された 18650 型電池について、充放電過程でのアコースティックエミッション (AE) 信号検出に成功した (図 3-94)。市販の電池は放電末期に二段階で特徴的な AE 信号を発生し、産総研の電池は比較的 AE が少ない結果を得た。また、製造後エージング等の前処理を行う際にも多数の AE 信号が発生する事が分った。

和周波 (SFG) 分光法により、LiCoO<sub>2</sub> とプロピレンカーボネート (PC) との界面における PC の配向吸着とリチウム塩添加による配向の変化を SFG 信号として検出することに世界で初めて成功した。

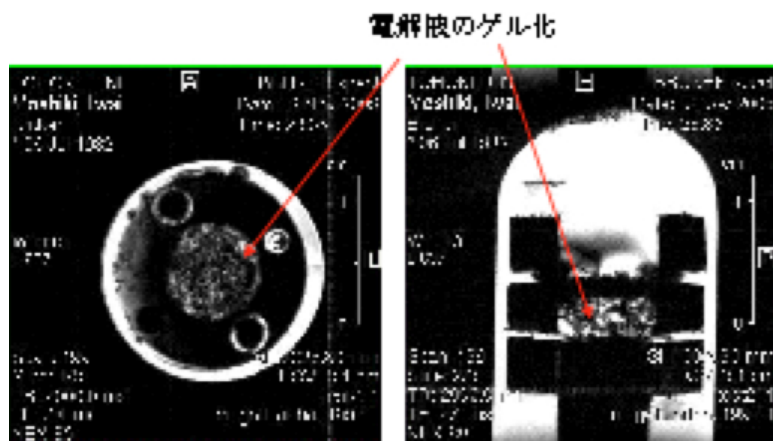


図 3-93 モデル電池の NMR マイクロイメージング (Li 電極, PC 電解液 2 月後)

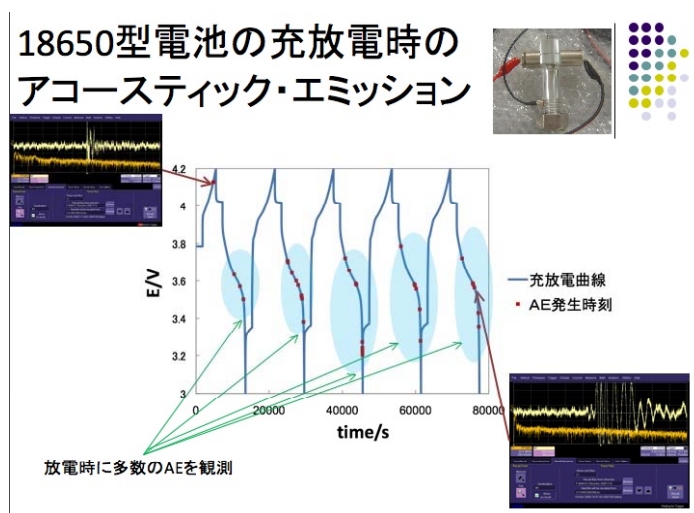


図 3-94 18650 型実用電池からの AE 信号

#### ④安全性評価試験方法

自動車用リチウムイオン電池の使用状態として、輸送・保管・通常使用・衝突事故を想定し、安全面から考慮すべき事象をリストアップした上で、これまでの既存の安全性試験法の調査結果を取り入れながら、上記事象に対して想定される標準化項目を抽出した (図 3-95)。また、ISO/TC22/SC21 (電気自動車) や IEC/TC21/SC21A/TC69 JWG (自動車用リチウムイオン電池セル) の国際標準の審議状況を踏まえ、確認すべき試験項目と試験条件を整理した上で、前述した 11 項目の安全性評価試験を行い、蓄電池への影響を調査した。さらに、取得した試験データに基づき、過充電、過放電、外部短絡、貫通、圧壊および振動の各試験方法の作成に着手した。



図 3-95 安全性評価試験標準化項目の調査

⑤次世代自動車用蓄電池評価試験方法の標準化・規格化

電池技術 WG、電池標準化 WG、電池輸送 WG および本年度より新規に立ち上げた電池充電標準化 WG において検討を行った。

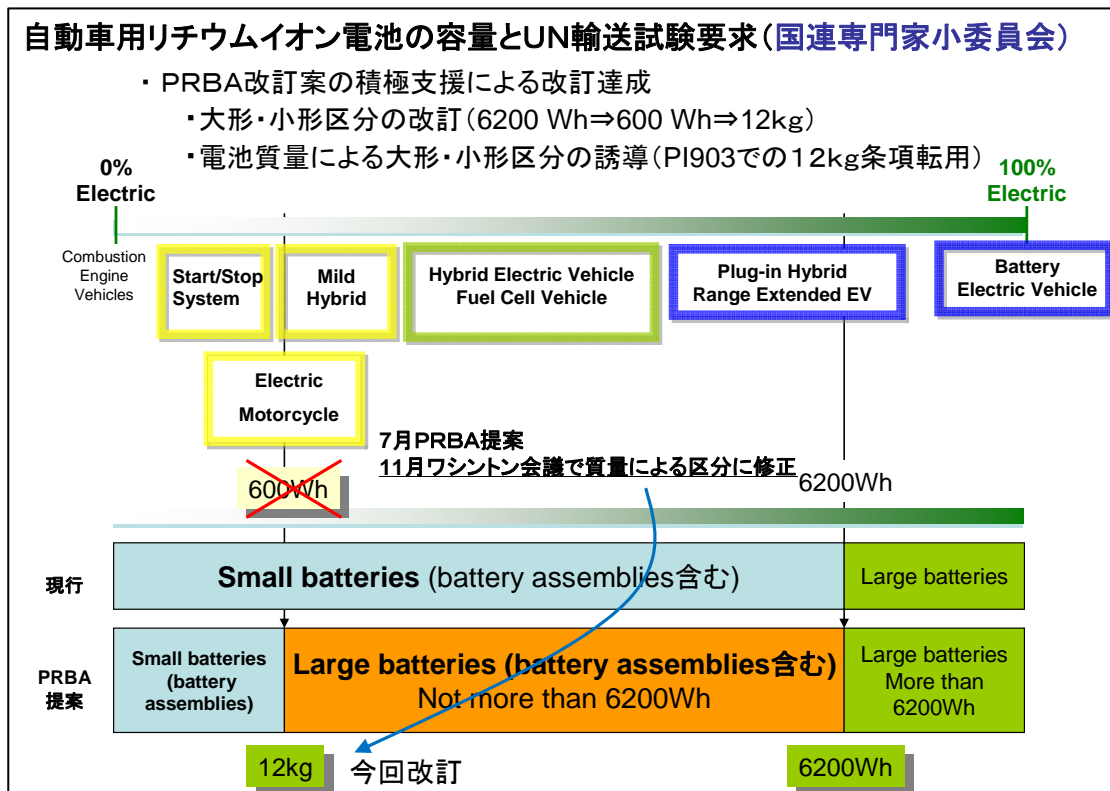


図 3-96 自動車用リチウムイオン電池の容量と UN 輸送試験要求

電池標準化 WG では、ISO12405-1（ドイツ案 H21 年 2 月 CD 登録、電気自動車用リチウムイオン電池パック/システム試験）への対応を検討し、日本の意向を反映すべく改訂提案活動を行っている。セルに関しては、性能/安全性試験方法について日本から新規提案し、IEC/TC21/SC 21A/TC 69JWG で審議が開始され、電池パック/システム試験との整合性等を検討した。電池輸送 WG では、自動車用リチウムイオン電池に関する国連輸送規制の適正化に向けて、PRBA（米国電池工業会）提案を支持した結果、大型小型の区分変更等が国連危険物輸送専門家小委員会で採決された（図 3-96）。電池充電標準化 WG では、日本提案のカプラかん合形状が SAE（米国自動車技術会）で承認の予定。日本提案の IEC62196-2「電気自動車コンダクティブ充電用車両カプラかん合部形状の寸法互換性」が IEC/TC23/SC23H に新規提案として承認された。

#### （6）成果の普及

平成 21 年度 4 月末時点での外部発表の実績を表 3-31 に示す。

表 3-31 外部発表の実績

研究テーマ名	実施者	特許 出願	論文 発表	講演 発表
次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発	電力中央研究所 日本自動車研究所 産業技術総合研究所 東北大学	1	3	39



## (7) 最終目標達成の見通し

### ①基本性能評価試験方法の選定

電池の基本性能評価試験方法並びに各電動車両の車両走行時の代表的な蓄電池運用条件を IEC/ISO へ提案していくことで、日本主導による標準化が可能となる。

### ②加速劣化試験による寿命評価手法の開発

内部抵抗変化など非破壊計測や電池解体・分析に基づく材料劣化情報を、加速劣化試験条件との対応で寿命推定精度を向上させていくことで、期間短縮 5 倍以上となる加速寿命診断等の最終目標を達成できる見込みである。また、寿命に関しては、開発目標の 10 年間に対して、5 倍の加速劣化試験が可能になったとしても 2 年間の試験期間を要することとなり、プロジェクト全期間からしても、開発途中段階（例えば、平成 21 年度末）の供試セルの試験から、「要素技術開発（電池モジュール）」担当法人の電池製造ポテンシャルを推定し、短期間での寿命推定が求められる最終開発電池との隙間を埋めることが必要である。

### ③劣化要因の解明とその抑制手法の開発

今後、実規模セルに小容量セルで得られた知見を適用することで、劣化要因を検証するとともに、小容量セルでの結果を実規模セルに適用するための補正係数を算出する。また、複数の in situ 測定手法による実電池材料における劣化挙動を検出する新しい計測技術を確立する。中間目標をほぼ達成できており、最終目標達成についても見通しがついたと考えている。

### ④安全性評価試験方法

中間目標はほぼ達成しており、今後は電池系を増やしてデータを蓄積、解析を行う段階となる。材料レベル、単セルレベル、モジュール電池レベルでの安全性評価試験結果を比較検討することにより安全性要因の解明が可能になること、また、実際の試験データに基づいた合理的かつ標準的な試験方法を IEC/ISO へ提案することで、最終目標の達成が期待できる。

### ⑤次世代自動車用蓄電池評価試験方法の標準化・規格化

自動車用リチウムイオン電池パック/システム試験方法、単セルの性能、安全性試験方法、さらに車両カプラかん合部形状の寸法互換性などについて ISO、IEC、SAE（米国自動車技術会）会議で各国と協調しながら日本の意見、考え方を主張し日本の主導による国際標準を作成する。また国連危険物輸送専門家小委員会において関係団体と意見調整し輸送関連の規制条件を適正化し、自動車リチウムイオン電池輸送の普及を図る。以上の活動の実施により、最終目標の達成が期待できる。

## 第4章 実用化、事業化の見通し

### 1. 要素技術開発（電池開発）

【開発したモジュール電池を製品化して実車に搭載することが実用化、事業化イメージとなる】

#### （1）成果の実用化可能性

単電池セルレベルでは既に中間目標が達成され、最終目標の達成も十分に見込める。本プロジェクトで得られた成果を元に委託先内での開発化・製品化の段階を経ることで、プラグインハイブリッド自動車用高性能リチウムイオン電池の実用化が見通せる。各委託先は、現在、ハイブリッド自動車または電気自動車用のリチウムイオン二次電池の技術開発を自動車メーカーと連携して実施していることから、事業化の見通しも期待できる。

#### （2）事業化までのシナリオ

自動車メーカーと共に開発車種の設計仕様に適合した実用的な条件での評価試験を積み重ねることで、電池構成材料や製造プロセスの検討を通じてコストダウンを実現するとともに、耐久性並びに安全性の確保を行うことが事業化への課題となる。表4-1に事業化への年度展開例を示す。本プロジェクト終了後に、開発段階へシフトし、順次、製品化段階、市場出荷段階に移行することで実用化する。また、開発段階以降では、他の企業との連係（共同研究・合弁事業等）が想定される。また、図4-1に実用化へのイメージ図を示す。

表4-1 事業家への年度計画例－要素技術開発（電池開発）－

項目	～H21年度 (～FY2009)	～H23年度 (～FY2011)	～H25年度 (～FY2013)	～H27年度 (～FY2015)	～H30年度 (～FY2018)
研究段階	○	○			
開発段階			○		
製品化段階				○	
市場出荷段階					○
他の企業との連係等 ライセンス・合弁等			○	○	○

（注1）研究段階：材料等要素技術研究（ラボスケール研究）段階、特許出願

（注2）開発段階：製品化に向けた研究、量産化技術研究、無料サンプル提供

（注3）製品化段階：量産化技術確立、量産設備投資検討段階、サンプル出荷

（注4）市場出荷段階：製品の販売、損益分岐点を超える段階

（注5）他の企業との連係（共同研究・合弁事業、ライセンス供与、アライアンス、販売提携等等）の計画

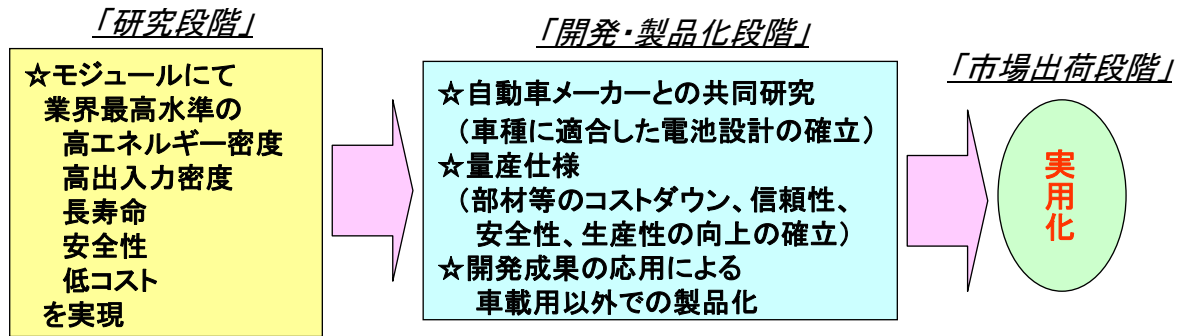


図4-1 実用化へのイメージ図－要素技術開発（電池開発）－

(3) 波及効果

本技術全体の事業化の他に、本技術を構成する個別の要素技術（例えば制御用回路など）など製品に適用可能な技術は適宜製品に反映される可能性が期待される。また、プラグインハイブリッド自動車等の本格的普及にともない、風力・太陽光発電といったエネルギー源の多様化に資することができるだけでなく、本電池技術を応用し有効活用が進めば、軽量・コンパクトが要求される介護用機器・電動工具・ロボットなどの移動型電源やバックアップ電源用途など、結果的にマーケットが拡大し、さらなるコスト低減につながるという相乗効果も期待される。図4-2に波及効果のイメージを示す。

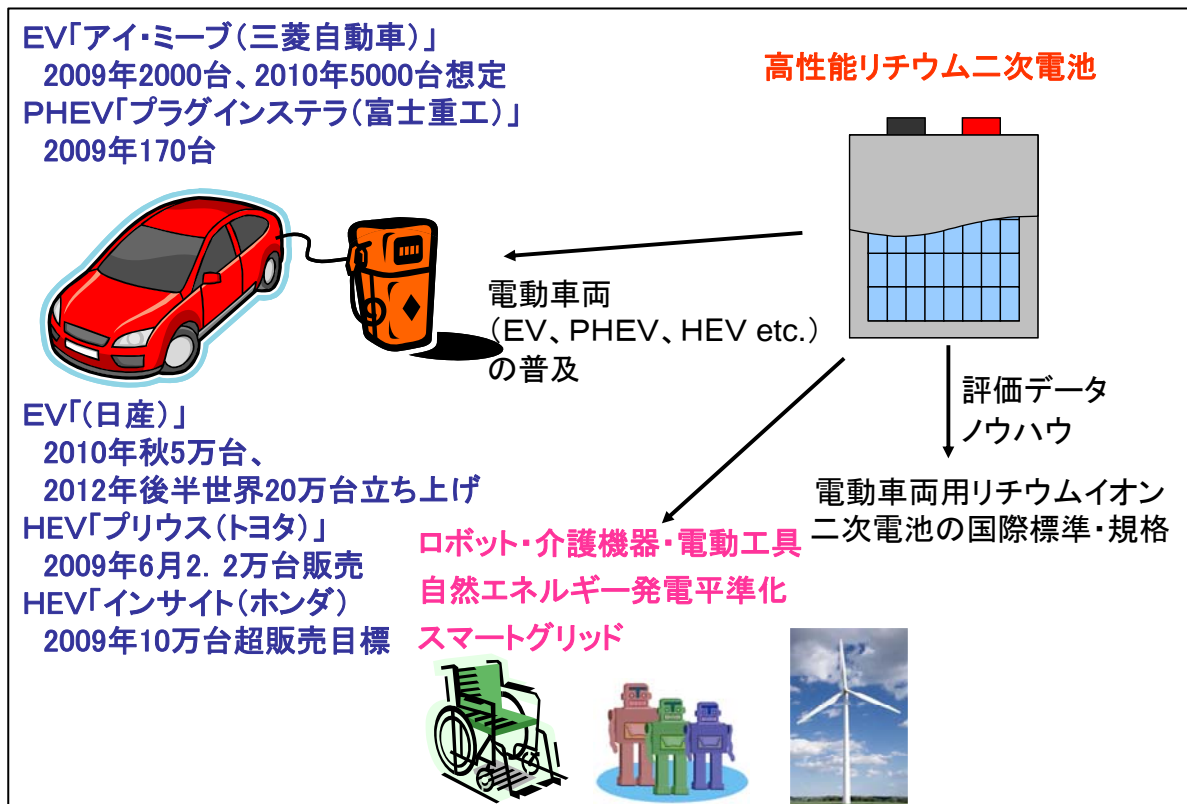


図4-2 波及効果のイメージ

## 2. 要素技術開発（電池構成材料開発および電池反応制御技術の開発）

【開発した電池材料をラミネートセルレベルの電池に適用することが実用化イメージとなる】

### （1）成果の実用化可能性

正極材料、負極材料の実用化に関しては、開発した電極材料の性能のポテンシャルを引き出して目標値を達成するための電極材料の組成、粒径、電極層厚み等の基本的な検討項目に加えて、これまでに無い高容量電池であるが故の安全性の確保が重要となってくる。

また、電池動作として基本原理上で最も重要な因子即ち、たとえばN/P比（負極容量/正極容量バランス比）等に代表される電池設計上の問題点を検証し、さらにレート特性、保存特性、寿命特性、信頼性などの電池動作として最低限必要な課題抽出を行い、電極素材としての実用化させるための包括的な改善要素を検討することが必要である。これらの試作・評価結果を電池メーカー等のユーザーへ提示、あるいはサンプル提供を行う際の基礎データの蓄積が必要である。

これらの結果から電池視点での本素材の実用化を見通すことが可能となり、中・大型電池試作など実用化ステップに向けた効率的な展開、すなわち新規な正極材料が円滑に量産化移行できるようユーザーの要望する各種電極特性改善に対応できる基本的性質の把握とそれらを粉末物性に置き換え制御できる技術の確立により実用化をはかることが可能である。

電解液の実用化に関しては、低コスト化を視野に入れた合成ルートの探索や生成技術の確立、実用レベルの電池異常時に対する安全性因子の解析、セル大型化に伴い発生する課題（排熱、強度など）の抽出、また開発したイオン液体等の電解液に最適な電極やセパレーターの選定などの多くの課題が挙げられるが、これらの課題解決を着実に進めていくことが必要である。

現在までに、おおむね中間目標が達成されてきており、最終目標の達成も十分に見込める。本プロジェクトで得られた成果を元に委託先内での開発化・製品化の段階を経ることで、電動自動車用高性能リチウムイオン二次電池用材料の実用化が見通せる。委託先材料メーカーの一部に関しては、現在、民生用リチウムイオン二次電池での販売実績があることから、ハイブリッド自動車または電気自動車用のリチウムイオン二次電池の市場においても事業化の見通しが期待できる。また、研究所並びに大学での成果については、企業との共同研究等を実施することで実用化への道筋がつくことが期待できる。

### （2）事業化までのシナリオ

電池メーカーと共に開発電池の設計仕様に適合した実用的な条件での評価試験を積み重ねつつ、製造プロセスの検討を通じてコストダウンを実現するとともに、耐久性並びに安全性の確保を行うことが事業化への課題となる。表 4-2 に事業化への年度展開例を示す。本プロジェクト中に、開発段階へシフトし、順次、製品化段階、市場出荷段階に移行することで実用化する。また、製品化段階以降では、他の企業との連携（共同研究等）が想定される。また、図 4-3 に実用化へのイメージ図を示す。

表4-2 事業化への年度計画例－要素技術開発（電池構造材料開発）－

項目	～H21年度 (～FY2009)	～H23年度 (～FY2011)	～H25年度 (～FY2013)	～H27年度 (～FY2015)	～H30年度 (～FY2018)
研究段階	○				
開発段階	○	○			
製品化段階		○	○		
市場出荷段階			○	○	○
他の企業との関係等 ライセンス・合弁等		○	○	○	○

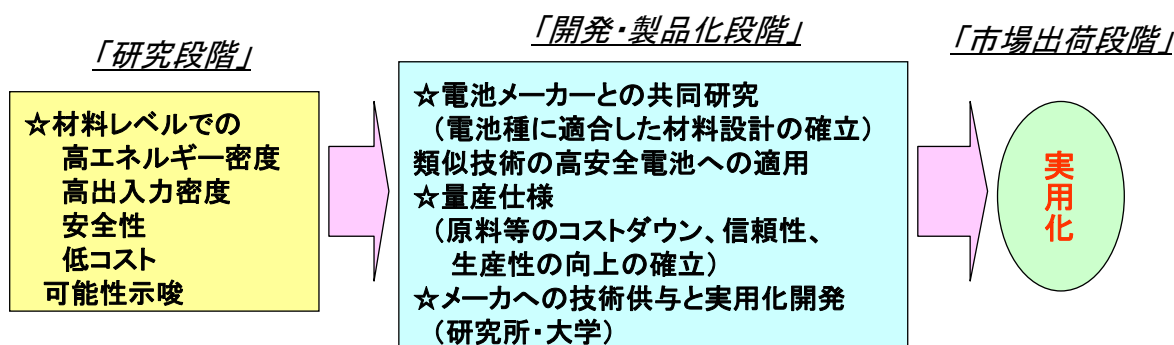


図4-3 実用化へのイメージ図－要素技術開発（電池構成材料開発）－

### (3) 波及効果

本技術全体の事業化として、出力特性が重要視される電動工具、電動二輪車などの製品に適宜適用されることが期待される。また、イオン液体などは民生用蓄電池の安全性の更なる向上のために適用される可能性もある。また、イオン液体などは電池用電解液としての用途に限らず、工業用の溶剤としての用途などが期待され、それらの市場が先に立ち上がることによってさらなる低コスト化が促進され、電池用電解液としてのコスト低減も期待される。

## 3. 要素技術開発（周辺機器）

【開発した周辺機器を製品化して実車に搭載することが実用化イメージとなる】

### (1) 成果の実用化可能性

モータに関して、要素技術についての可能性を追求した研究開発レベルであり、これを製品化して実車に搭載できるようにするには、自動車メーカーや電機メーカーと共に実機スケールの試作試験を行い、製造技術やコストも含めた更なる研究開発が必要である。しかしながら、本研究開発によって極められた要素技術によって、実用化、製品化に向けたシナリオが明確になるので、実車に搭載できる状態にすることは、かなり容易になると思われる。また、開発した瞬発キャパシタモジュールおよび蓄電パワエレ技術については、回生についての可能性と、モータの高効率化の可能性を極めたものであり、その中で得られた要素技術成果が実車に搭載される可能性を有する。

現在までに、おおむね中間目標が達成されてきており、最終目標の達成が期待されるが、解決すべき課題も多く、また、レアアース磁石を用いたモータの技術開発の進展が早いことから、実用化のためには、本プロジェクトで得られた成果を元に委託先内での開発化・製品化の段階でさらなる高性能化・コンパクト化を図る必要が生じる可能性もある。委託先メーカーの一部に関しては、現在、小型モータの販売実績があることから、ハイブリッド自動車または電気自動車用のリチウムイオン二次電池においても事業化の見通しも期待できる。また、大学での成果については、企業との共同研究等を実施することで実用化への道筋がつくことが期待できる。

### (2) 事業化までのシナリオ

モータの事業化に対しては、上記実用化開発の課題を明らかにした後、量産設備、工法、振動・騒音対策、放熱・冷却対策等を行うことで見通しを得られる。表4-3に事業化への年度展開例を示す。本プロジェクト終了後に、開発段階へシフトし、順次、製品化段階、市場出荷段階に移行することで実用化する。また、製品化段階以降では、他の企業との関係（共同研究等）が想定される。また、図4-4に実用化へのイメージ図を示す。

表4-3 事業化への年度計画例－要素技術開発（周辺機器開発）－

項目	～H21年度 (～FY2009)	～H23年度 (～FY2011)	～H25年度 (～FY2013)	～H27年度 (～FY2015)	～H30年度 (～FY2018)
研究段階	○	○	○		
開発段階			○		
製品化段階				○	○
市場出荷段階					○
他の企業との関係等 ライセンス・合弁等				○	○

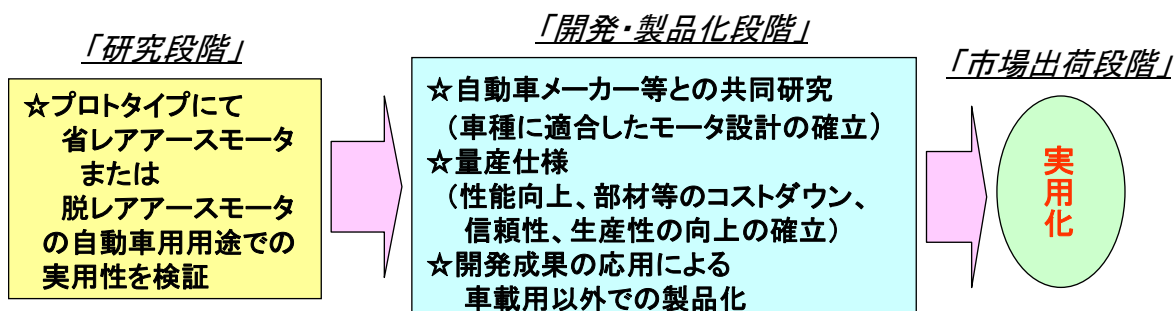


図4-4 実用化へのイメージ図－要素技術開発（周辺機器開発：モータ）－

### (3) 波及効果

モータにおいて、レアアース使用量の低減によって将来的な供給不安が低減され、かつ、コストダウンも実現できる可能性がある。その結果、モータの供給が安定して確保されることから、モータを使用する電動車両の普及に資する。また、更なる性能向上かつコンパクト化が実現する

ことで、電動バイク等への適用の可能性が、また、その他分野においても適用の可能性が期待できる。

#### 4. 次世代技術開発

【開発した電池材料をコインセルレベルの電池に適用することが実用化イメージとなる】

##### (1) 成果の実用化可能性

##### ①金属-空気電池系

Li-空気系電池（有機電解液）においては、現在までにある程度、最適な空気極触媒の開発に成功しているため、今後、ナノロッドなどの構造を制御した高表面積な触媒系の合成と応用、固体電解質による充電時に発生するデンドライドの影響の除去、合金系負極の応用による安全性の確保により、コインセルレベルでの電池への展開が可能である。また、大容量の達成には生成する $\text{Li}_2\text{O}$ で覆われて失活しない空気極触媒の開発が必要である。Li-空気電池（水溶液）ではラミネート封入式の薄型セルを試作および試験を行っており、実用セルとしての一つの具体化がなされた。

さらに実用性を高めるためには、より大きな面積にポリマー電解質を塗布する技術の確立、固体電解質または同等品を大面積化する材料技術の開発とともに、リザーバーが蒸発し失われることへの対処策、放電時の放電生成物の収容の問題、水の発生による体積増の問題等への対応策の確立が必要である。基礎研究でセルの材料構成がある程度固定されれば、それに続く段階としてメーカーとの共同研究へと移行し、セルの大型化、システムとしてのセルのあり方などの事業化に向けた課題が検討されることにより事業化見通しが得られる。

Zn-空気電池に関しては、車載用には空気ブローアを併用した空気電池システムの設計を行う必要がある。燃料電池スタックセルの技術が大いに参考になると考えられる。

##### ②リチウム硫黄電池系

硫黄系固体電池は、ナノ構造内に集電体、正極、電解質、負極を構築した複合電池を考えており、メソ孔内で硫黄と固体電解質の複合化により、集電体構造、正極、電解質の積層電池は溶液系リチウム電池の高出力特性を凌駕する躍進的な高速全固体リチウム電池となり得る。さらにこの構造内に負極を合わせて集積させることにより、空間を最大限に利用した全固体電池への展開が可能である。実用化するための更なる課題は、ナノ構造内への固体電解質および集電体の複合化である。

Li-S系全固体電池では、電極活物質と電子導電材を均一に分散させた状態とするためレーザーアブレーション法を用いた試料合成をおこなっており、そのため薄膜形状の試料を用いた研究を進めている。単位面積当たりの活物質担持量を実電池レベルとするためには数十ミクロンの膜厚とするか、レーザーアブレーションによる粉末合成を行い、通常の電池で用いられる塗布型電極に近い形状とする必要がある。厚膜化の可能性・限界を探り、粉末合成については、レーザーアブレーション法を用いた酸化物個体電解質微粒子合成技術の応用により可能である。

##### ③多価カチオン電池系

多価カチオン電池系におけるMgイオン電池は、短絡しても $\text{MgO}$ 被膜ができやすいために安全性が高く、戦略物質を使用しないことから実用性に向いている。しかしながら、本開発品の正極活

物質以外に、Mg イオンを溶解しやすい電解液、Mg イオンを透過しやすいセパレータ、サイクル性能が高い負極等の開発など解決すべき課題が山積している。

#### ④新形態リチウムイオン二次電池系

酸化物系負極、カーボンナノチューブ系負極、リチウム金属負極、C/Si 負極、ガスデポジション負極、カーボンナノ正極、ホウ素化合物系電解液、イオン液体に関しては、いずれも開発した電極材料に対して他の構成材料を選択することにより、コインセルレベルまたはラミネートセルレベルの電池を作製可能である。量産化技術、電極製造プロセスの開発、低コスト化、また他の構成材料との組み合わせ、セル試作による安全性・信頼性についての検討を行う事でこれら開発された素材の実用性を見通すことが可能となる。

第一原理計算を用いたイオン伝導体中のイオン移動シミュレーション技術に関しては、イオン移動現象に関するモデル構築を完了させることで、固体電解質の性能最適化を進めることが可能となり、実用化に寄与する。

#### ⑤解析技術

XAFS 測定による全固体電池の電極／電解質界面の深さ分解測定の有用性が明らかとなったことから、測定系の改良、X 線のナノビーム化の適用を進めることによって、分解能の向上をはかることで、最終的には革新的二次電池の界面評価へ適用できると考えられる。

熱特性解析においては、電池の高エネルギー密度化や使用環境による性能の変化と安全性との関係を電気化学反応に立ち戻って関連づける技術であることから、今後の電池の高エネルギー密度化に際して、評価項目としての着眼点を提示することが可能であり、早期の実用化が可能である。

現在までに、おおむね中間目標が達成されてきており、最終目標の達成が期待されるが、実用化に至るまでには解決すべき課題が山積している。本プロジェクトの最終目標は、エネルギー密度のみであるため、実用化のためには、出力密度、寿命、安全性等に関する更なる基礎研究を継続することで、課題の解決を図っていく必要がある。また、性能が一定のレベルに達した段階では、信頼性、コストの問題も重要な課題となる。委託先メーカーの一部に関しては、比較的早い段階での実用化を目指していることを期待しているが、大学での成果については、今後とも継続的に基礎研究を進めていくことが肝要であり、基礎研究に目処がついた後には、企業との共同研究等を実施することで実用化への道筋がつくことを期待したい。

#### (2) 事業化までのシナリオ

プロジェクト終了後に、開発段階に入るものが存在する可能性もあるが、今後とも、長期にわたる基礎研究を継続する必要があるため、事業化については長期的な視点で見守る必要がある。表 4-4 に事業化への年度展開例を示す。H30 年度までの市場出荷段階への到達は難しいものと想定している。また、製品化段階以降では、他の企業との連携（共同研究等）が想定される。また、図 4-5 に実用化へのイメージ図を示す。



表4-4 事業化への年度計画例

項目	～H21年度 (～FY2009)	～H23年度 (～FY2011)	～H25年度 (～FY2013)	～H27年度 (～FY2015)	～H30年度 (～FY2018)
研究段階	○	○	○	○	○
開発段階			○	○	○
製品化段階					○
市場出荷段階					
他の企業との関係等 ライセンス・合弁等					○

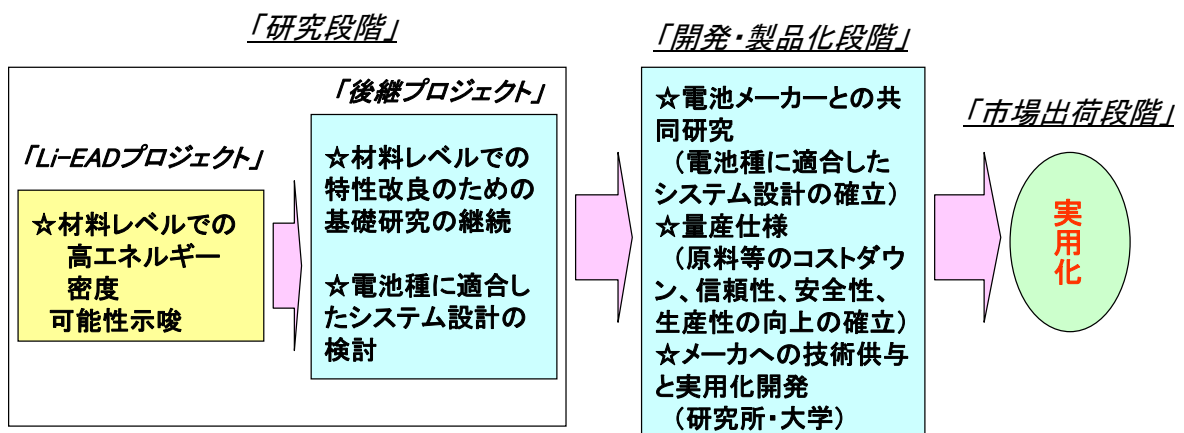


図 4-5 実用化へのイメージ図－次世代技術開発－

### (3) 波及効果

電気自動車等の本格的普及に資するだけでなく、系統連係やスマートグリッド用のMW級の大型電池の大幅なコンパクト化に資することができる。また、従来、蓄電池の適用が想定されていなかった、新規なマーケットが示される可能性もある。

## 5. 基盤技術開発

【電池材料または電池セル、モジュールに対して、標準的に適用可能な各種評価・解析方法を確立すること、さらには、確立された評価法を国際標準・規格に反映することが実用化イメージとなる】

基盤技術開発として、「実用化」の最終目的のひとつは、国際標準・規格化への成果の反映である。そのため、試験方法・手順を公開し、実データに基づくパラメータ設定の影響を明らかにしていく必要がある。最近の国際標準・規格化の動きとして、電動車両用のリチウムイオン電池に係わる ISO/IEC の動きも活発化しているが、当基盤技術開発における活動により IEC では日本主導での国際標準化を実現できる見通しである。このことは、現在世界的に先行している日本の蓄電池技術の優位性を世界市場に展開するために非常に有効となることが期待される。一方、試験

方法として、非常に高度な機能を有する充放電装置などを必要とする過度に高価な設備投資や、長期の充放電設備占有を避ける実用的な視点からも、基本性能評価試験方法・加速劣化寿命評価試験方法等を適宜、改良し見直す必要がある。本基盤技術開発の成果も実データを反映させながら、国際規格・標準との整合性を図る必要がある。表 4-5 に自動車用リチウムイオン二次電池評価試験方法の標準化への年度展開例を示す。

現在までに、おおむね中間目標が達成されてきており、最終目標の達成も十分に見込める。一方、ISO/IEC において 2011 年度の IS 発行を現段階では目指しているが、今後の ISO/IEC 会議等での議論の展開によっては調整に時間がかかることも予想され、プロジェクト終了後にずれ込む可能性もある。また、図 4-6 に実用化へのイメージ図を示す。

表 4-5 自動車用リチウムイオン二次電池評価試験方法の標準化への年度展開例

実施内容	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度
<b>ISO/TC22/SC21</b> ドイツ案に対し 修正案を提案	調査・検討 ドイツ: NWIP 提案◎ 日本: 単電池を分離提案◇	調査・検討 修正案提案 ドイツ提案承認			(IS発行: 仮) ★
<b>IEC/TC21/SC21A/ TC69 /JWG</b> 日本から新規提案	調査・検討	単電池の試験 標準NWIP 提案 ◎	日本提案承認		(IS発行: 仮) ★

1

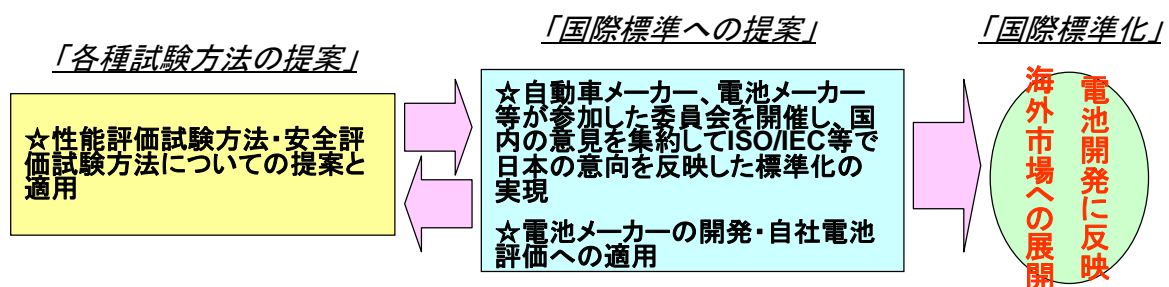


図 4-6 実用化へのイメージ図－基盤技術開発－

参考資料1：特許リスト並びに論文リスト（(査読有) 2009年4月末時点）

(1) 特許リスト

【要素技術開発】

	出願日	受付番号	出願に係る特許等の標題
パナソニック	2007年11月5日	特願 2007-286970	二次電池及びその製造方法
	2008年3月18日	特願 2008-069959	粉体物性測定方法および粉体物性測定装置
	2008年3月19日	特願 2008-071474	非水電解質二次電池
	2009年1月20日	特願 2009-010336	非水電解質二次電池用正極活物質の製造方法
	2009年3月6日	特願 2009-053357	非水電解質二次電池用正極活物質、その製造方法、および非水電解質二次電池
	2009年3月13日	US12/403702	粉体物性測定方法および粉体物性測定装置
	2009年3月17日	特願 2009-064842	非水電解質二次電池
	2009年3月18日	PCT/JP2009/001211	非水電解質二次電池
ジーエス・ユアサコーポレーション	2008年5月26日	特願2008-136535	電気化学的活性材料用製造装置、電気化学的活性材料の製造方法及び非水電解質二次電池
	2008年10月3日	特願2008-258312	正極材料、正極材料の製造方法、及び該製造方法で製造された正極材料が備えられている非水電解質二次電池
	2008年11月14日	特願 2008-283588	電極材料製造装置、電極材料の製造方法およびリチウム二次電池の製造方法
	2009年3月24日	意願 2009-006539	蓄電池
	2009年3月24日	意願 2009-006540	蓄電池
	2009年3月24日	意願 2009-006541	蓄電池
	日立製作所 ／日立ビークルエナジー	2008年2月20日	特願 2008-041333
2008年4月15日		特願2008-105303	非水電解液二次電池
2008年4月30日		特願2008-118686	電池モジュール
2008年6月6日		特願2008-149050	捲回式二次電池およびその製法
2008年7月4日		特願2008-175263	非水電解液二次電池
2008年7月4日		特願2008-175277	二次電池

	2008年7月4日	特願2008-175598	密閉型二次電池
	2008年7月11日	特願2008-181554	捲回式二次電池
	2008年7月16日	特願2008-184597	電池モジュール
	2008年12月19日	特願2008-323412	扁平形二次電池
	2009年2月27日	特願2009-046480	非水電解液二次電池および非水電解液二次電池用電極
	2009年2月27日	特願2009-046481	リチウム二次電池用正極およびリチウム二次電池
三菱重工業 ／九州大学 ／九州電力	2007年11月16日	PCT/JP2007/72289	非水電解質二次電池用正極活物質、及び非水電解質二次電池用正極活物質の製造方法
	2008年3月28日	特願2008-086113	フッ化物電極活物質
三菱化学 ／日本合成化学工業	2008年2月29日	特願2008-49805	電解質およびそれを用いたリチウム二次電池
	2008年3月17日	特願2008-67098	イオン液体、イオン液体の製造方法、電解質およびリチウム二次電池
	2009年2月18日	特願2009-35121	イオン液体、イオン液体の製造方法、電解質およびリチウム二次電池
	2009年3月9日	特願2009-54672	イオン液体、イオン液体の製造方法、電解質およびリチウム二次電池
	2009年3月12日	特願2009-58930	イオン液体、イオン液体の製造方法、電解質およびリチウム二次電池
	2009年3月18日	特願2009-65665	イオン液体、電解質およびそれを用いたリチウム二次電池
産業技術総合研究所 ／田中化学研究所	2008年1月30日	特願2008-018492	規則構造を有する単斜晶系リチウムマンガン系複合酸化物およびその製造方法
	2008年3月21日	特願2008-073460	マンガン酸化物、電池用電極活物質、及びそれらの製造方法、並びに電池用電極活物質を用いた二次電池
	2008年3月21日	特願2008-073498	マンガン酸化物、二次電池用電極

			活物質、及びそれらの製造方法、並びに二次電池用電極活物質を用いたリチウム二次電池
	2008年5月19日	特願 2008-130293	陽イオン規則構造を有する単斜晶系リチウムマンガン系複合酸化物およびその製造方法
産業技術総合研究所	2009年5月1日	PCT/JP2009/58579	イオン液体
	2009年5月1日	PCT/JP2009/58581	イオン液体
	2008年9月10日	特願 2008-231764	イオン液体
	2008年5月9日	特願 2008-123630	イオン液体
	2008年5月9日	特願 2008-123623	イオン液体
日産自動車	2007年12月13日	特願2007-322484	負極構造体、リチウムイオン二次電池、および負極構造体の製造方法
	2008年2月19日	特願2008-037515	リチウムイオン電池
	2008年10月31日	特願 2008-282199	リチウムイオン電池とその使用方法
	2009年3月11日	特願 2009-058118	リチウムイオン2次電池
	2009年3月12日	特願 2009-060130	2次電池用電極
関西大学／第一工業製薬	2008年9月17日	特願 2008-238405	イオン液体を用いたリチウム二次電池
FDK	2008年3月25日	特願 2008-078607	直列セルの電圧バランス補正回路
	2008年12月25日	特願 2008-330593	積層インダクタ
	2008年12月25日	特願 2008-330594	積層インダクタ
	2008年12月25日	特願 2008-330595	積層インダクタ
戸田工業	2008年9月10日	特願2008-232654	非水電解質二次電池用Li-Ni複合酸化物粒子粉末及びその製造方法、並びに非水電解質二次電池
大阪府立大学／ダイキン工業	2009年4月7日	特願 2009-92936	磁気回路構造体
三菱電機	2009年1月13日	特願 2009-004750	電気二重層キャパシタ用電極の製造方法、電気二重層キャパシタ及び電気二重層キャパシタの電極層形成用水系スラリー
	2009年4月2日	特願 2009-004750	DC/DC コンバータ

	2009年4月27日	特願 2009-108207	回転電機及びその製造方法
--	------------	----------------	--------------

【次世代技術開発】

	出願日	受付番号	出願に係る特許等の標題
東京工業大学	2008年9月16日	特願 2008-237115	メソポーラス炭素複合材料およびこれを用いた二次電池
	2008年10月10日	特願 2008-264358	メソポーラス炭素複合材料およびこれを用いた二次電池
産業技術総合研究所	2007年8月24日	特願 2007-217815	金属硫化物の製造方法
	2007年12月4日	特願 2007-313003	硫化鉄の製造方法
	2007年12月26日	特願 2007-333490	金属硫化物の製造方法
	2008年3月12日	特願 2008-062154	金属硫化物と金属酸化物の複合体およびその製造方法
	2008年8月11日	PCT/JP2008/064425	金属硫化物の製造方法
	2008年9月24日	特願 2008-243679	硫化リチウム-炭素複合体及びその製造方法
	2009年1月22日	特願 2009-11564	硫化鉄リチウム複合体の製造方法
	2009年3月6日	PCT/JP2009/054332	金属硫化物と金属酸化物の複合体およびその製造方法
三重大学	2009年2月19日	特願 2009-036772	リチウム空気電池
京都大学／ 産業技術総合研究所	2008年2月18日	特願 2008-35408	電池用空気極
	2009年2月17日	PCT/JP2009/52618	空気極
鳥取大学	2008年2月6日	特願 2008-025828	リチウムイオン二次電池用金属負極, その製造方法およびそれを用いたリチウム二次電池
埼玉県産業技術総合センター	2009年3月30日	特願 2009-081371	二次電池
慶応大学／ 東京理科大学	2008年11月10日	特願 2008-288207	リチウムイオン二次電池

【基盤技術開発】

	出願日	受付番号	出願に係る特許等の標題
産業技術総合研究所	2009年3月18日	特願2009-065370	二次電池の温度に関する状態を判定する方法、判定装置および判定プログラム

			ログラム
--	--	--	------

(2) 論文リスト (査読有のみを記載)

【要素技術開発】

	発表年月日	発表媒体	論文タイトル
三菱重工業 ／九州大学 ／九州電力	2007年	J. Power Sources, 173(2), 979-984 (2007)	Cathode Performance of Olivine-type LiFePO <sub>4</sub> Synthesized by Chemical Lithiation
	2009年	Electrochim. Acta, 54(11), 145-315 (2009)	Cathode Performance of LiMn <sub>1-x</sub> M <sub>x</sub> PO <sub>4</sub> /C (M=Ti, Mg, Zr) Annealed in an Inert Atmosphere
	2009年	J. Power Sources, 189(1), 706-710 (2009)	Electrochemical Properties of Rechargeable Aqueous Lithium Ion Batteries with an Olivine-type Cathode and a Nasicon-type Anode
	2009年	J. Power Sources, 187(1), 247-252 (2009)	Mechanochemical Synthesis of NaMF <sub>3</sub> (M=Fe, Mn, Ni) and Their Electrochemical Properties as Positive Electrode Materials for Sodium Batteries
	2009年	J. Power Sources, 190(2), 558-562 (2009)	Cathode Properties of Metal Trifluorides in Li and Na Secondary Batteries
日産自動車	2008年 5月	J. Power Sources, 183 (2008) 344	A new approach to improve the high-voltage cyclic performance of Li-rich layered cathode material by electrochemical pre-treatment
山口大学	2008年 12月	J. Power Sources, 185(2), 1425-1428 (2008)	Alkylphosphate-based Nonflammable Gel Electrolyte for LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> Positive Electrode in Lithium-ion Battery
	2009年 1月	J. Power Sources, 186(1), 211-215 (2009)	Electrochemical Performance of Nonflammable Polymeric Gel Electrolyte Containing Triethylphosphate
	2009年	J. Power Sources In Press, Corrected Proof, Available online	Effects of Lewis-acid Polymer on the Electrochemical Properties of Alkylphosphate-based Non-flammable Gel Electrolyte

		20 May 2009	
産業技術総合研究所／ 田中化学研究所	2007年 7月	J. Power Sources, 174(2), 1063-1068 (2007)	Improvement of rate capability in rechargeable lithium-ion batteries using oxide-based active materials-carbon composite cathodes
	2008年 5月	ECS Transactions, 11(29), 15 (2008)	Initial stage of the delithiation of $\text{Li}_{1.2-x}\text{Mn}_{0.4}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_2$ positive electrode material for lithium-ion batteries studied by electron energy-loss spectroscopy
	2008年 5月	J. Applied Physics , 103, 104911 (2008)	Coexistence of layered and cubic rocksalt structures with a common oxygen sublattice in $\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.4}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_2$ particles: A transmission electron microscopy study
	2008年 8月	Electrochemical and Solid-State Letters, 11, A97(2 008)	Real-Space Observation of Li Extraction /Insertion in $\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.4}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_2$ Positive Electrode Material for Li-Ion Batteries
	2008年 8月	J. Applied Physics, 104, 043909 (2008)	Stabilization of tetra- and pentavalent Fe ions in Fe-substituted $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ with layered rock-salt structure
	2008年 8月	Chemistry Letters, 37(9), 978-979 (2008)	Single crystal growth of $\text{CaMn}_2\text{O}_4$ and $\text{CaMn}_3\text{O}_6$ in molten $\text{CaCl}_2$
産業技術総合研究所	2008年 10月	Chemistry Letters 37(10), 1020 (2008).	Low Melting and Electrochemically Stable Ionic Liquids Based on Asymmetric Fluorosulfonyl(trifluoromethylsulfonyl)amide
	2009年	ECS Transactions (in press)	Influence of Anion Structure on Transport Properties of Perfluorosulfonylamide Ionic Liquids
関西大学／ 第一工業製 薬	2008年8 月	J. Power Sources, 183(1), 436-440 (2008)	Ionic liquid electrolytes compatible with graphitized carbon negative without additive and their effects on interfacial properties
	2008年	Proceeding of	Electrochemical Characterization of Lithium



	10月	2008 Joint Symposium on Molten Salts	Ion Battery Containing Ionic Liquid Electrolytes Based on bis(fluorosulfonyl)imide [FSI].
長崎大学／ 産業技術総合研究所	2008年 9月	Solid State Ionics, 179, pp.1706-1709 (2008)	Rate Capability of Lithium Intercalation into Nano-porous Graphitized Carbons
	2009年 2月	J. Phys. Chem. B 113, 2840 (2009)	Determination of the Activation Energy for Li-ion Diffusion in Electrodes
	2009年 5月	J. Power Sources In Press, Corrected Proof, Available online 24 June 2009	Surface Modified of LiFePO <sub>4</sub> /C Nanocrystals by Organic Molecules Assisted Supercritical Water Process
三菱化学/日本合成化学工業	2009年	ECS Trans. 16 (35), 173 (2009)	Thermal Behavior of Ionic Liquid Electrolytes in Lithium-ion Cells

【次世代技術開発】

	発表年月日	発表媒体	論文タイトル
東京工業大学	2008年	Electrochimica Acta, 53, 5045-5050 (2008)	Interfacial reactions at electrode/electrolyte boundary in all solid-state lithium battery using inorganicsolid electrolyte, thio-LISICON
	2008年	J. Power Sources, 182, 621-625 (2008)	All solid-state battery with sulfur electrode and thio-LISICON electrolyte
物質・材料研究機構	2007年 7月	Electrochem. Commun. 9(7), p. 1486-1490 (2007)	LiNbO <sub>3</sub> -coated LiCoO <sub>2</sub> as cathode material for all solid-state lithium batteries
	2007年 12月	J. Power Sources, 174(2), 1007-1011 (2007)	Synthesis and electrochemistry of novel layered (1-x)LiVO <sub>2</sub> · xLi <sub>2</sub> TiO <sub>3</sub> (0≤x≤0.5) electrode materials
産業技術総合研究所	2008年	J. Electrochem. Soc., 155, A679-A684 (2008)	Preparation of NiS <sub>2</sub> using spark-plasma-sintering process and its electrochemical properties

大阪府立大学 / 出光興産	2008年	J. Power Sources, 183, 422-426 (2008)	All-Solid-State Rechargeable Lithium Batteries with Li <sub>2</sub> S as a Positive Electrode Material
	2008年	Solid State Ionics, 179, 1702-1705 (2008)	Electrochemical Performance of All-Solid-State Lithium Batteries with Mechanochemically Activated Li <sub>2</sub> S-Cu Composite Electrodes
	2008年	Electrochem. Commun., 10, 1860-1863 (2008)	Novel Technique to form Electrode-Electrolyte Nanointerface in All-Solid-State Rechargeable Lithium Batteries
	2008年	J. Power Sources, 189, 629-632 (2009)	All-Solid-State Lithium Secondary Batteries Using Nanocomposites of NiS Electrode/Li <sub>2</sub> S-P <sub>2</sub> S <sub>5</sub> Electrolyte Prepared Via Mechanochemical Reaction
三重大学	2008年 11月	J. Power Sources, 155(2), 1392-1397 (2008)	Lithium anode for lithium-air secondary batteries
	2008年 12月	J. Electrochem. Soc. 155(12), A965(2008)	Li/polymer electrolyte/water stable lithium conducting glass ceramics composite for lithium-air secondary batteries with an aqueous electrolyte
	2009年 4月	Electrochemical and Solid-State Letters, 12, A132 (2009)	Water-Stable Lithium Anode with the Three-Layer Construction for Aqueous Lithium--Air Secondary Batteries
産業技術総合研究所	2009年 3月	J. Materials Chemistry, 19, p. 2835-2840 (2009)	Design and Synthesis of a Novel Nanothorned VO <sub>2</sub> (B) Hollow Microsphere and Their Application in Lithium-Ion Batteries
	2009年 4月	J. Power Sources, 192(2), 9668-673 (2009)	Synthesis and Electrochemical Properties of Single-Crystal LiV <sub>3</sub> O <sub>8</sub> Nanorods as Cathode Materials for Lithium-Ion Batteries
横浜国立大学	2008年 3月	Journal of the Electrochemical Society, 155, K42 (2008)	Inverse Opal Carbons from a Polymer Precursor as Electrode Materials for Electric Double-Layer Capacitors
	2008年	Microporous and	Oxidation State of Ce and Ethanol-Oxygen

	12月	Mesoporous Materials, 116(1-3), 44-50 (2008)	Reaction of Mesoporous Titania-Supported Cerium Oxide.
	2009年3月	Microporous and Mesoporous Materials, 119(1-3), 267-275 (2009)	Raman spectroscopic study of the framework structure of amorphous mesoporous titania.
首都大学東京	2009年4月	J. Power Sources, 189, 726-729 (2009)	Three-dimensionally Ordered Macroporous Ni-Sn Anode for Lithium Batteries
慶応大学／東京理科大学	2008年10月	Electrochimica Acta, 54(8), 2353-2359 (2009)	Structural and Electrochemical Behaviors of Metastable $\text{Li}_{2/3}[\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{2/3}]\text{O}_2$ Modified by Metal Element Substitution
	2009年2月	Electrochemical and Solid-State Letters, 12, A109 (2009)	Polyacrylate Modifier for Graphite Anode of Lithium-Ion Batteries
	2009年4月	J. Power Sources, 189(1), 197-203 (2009)	Functional interface of polymer modified graphite anode

【基盤技術開発】

	発表年月日	発表媒体	論文タイトル
産業技術総合研究所	2009年4月	J. Power Sources, 189(1), 676-680 (2009)	Bulk and surface structure investigation for the positive electrodes of degraded lithium-ion cell after storage test using X-ray absorption near-edge structure measurement

## 電動車両用リチウムイオン電池の用語(2009年7月9日版)

財団法人電力中央研究所  
独立行政法人産業技術総合研究所  
財団法人日本自動車研究所

ここに挙げる用語は、電動車両用リチウムイオン電池の性能評価等を行う場合に必要となる用語を中心に記載した。NEDO プロジェクト(Li-EAD)基盤技術開発において、要素技術開発(モジュール)で開発された電池等を試験するにあたり、共通化して使用するため用語を選択し、次の分類により整理した。

1. 電池一般
2. 電池のレベル
3. 構成部品等
4. 特性・性能

### 1. 電池一般

- 1-1 リチウムイオン電池, リチウムイオン二次電池, リチウムイオン蓄電池 (lithium-ion battery, secondary lithium-ion battery, rechargeable lithium-ion battery)

得られる電気エネルギーが、正極・負極間のリチウムイオンの授受反応に由来する二次電池。

- 1-2 駆動用電池 (traction battery, propulsion battery)

電動車両の駆動に供する電池。

- 1-3 電気自動車用電池 (traction battery for battery electric vehicle, propulsion battery for battery electric vehicle)

電気自動車に供する駆動用電池。

- 1-4 ハイブリッド電気自動車用電池, ハイブリッド自動車用電池 (traction battery for hybrid electric vehicle, propulsion battery for hybrid electric vehicle)

ハイブリッド電気自動車に供する駆動用電池。

- 1-5 プラグインハイブリッド電気自動車用電池, プラグインハイブリッド自動車用電池 (traction battery for plug-in hybrid electric vehicle, propulsion battery for plug-in hybrid electric vehicle)

プラグインハイブリッド電気自動車に供する駆動用電池。

### 2. 電池のレベル

- 2-1 単電池, 単セル (cell)

電池を構成する最小単位。

#### 2-2 電池モジュール (battery module)

組電池の構成単位で、複数の単電池で構成される。組電池としての動作に必要な構成部品等を含む。

#### 2-3 電池パック, 組電池 (battery pack)

複数の単電池または電池モジュールと、電池管理システム、ヒューズ、コンタクターなどで構成され、容器に収容された、電源として使用可能なエネルギー蓄積システム。

### 3. 構成部品等

#### 3-1 電池管理システム (battery management system)

電池モジュールまたは組電池の状態を監視するシステムで、例えば電池の温度監視、セルバランスおよび電池モジュールの異常検知などの機能を持つ。

### 4. 特性・性能

#### 4-1 容量 (capacity)

電池から取り出せる電気量(Ah)。

注: 電荷または電気量の SI 単位は C(クーロン)であるが、電池では一般に Ah(アンペアアワー)を用いる。

#### 4-2 定格容量 (rated capacity)

規定の温度、放電電流及び放電終止電圧などの条件の下で取り出せると製造業者が公表する電気量(Ah)。

#### 4-3 時間率 (hour rate)

(充)放電電流の大きさの指標。定格容量を定められた充放電電流で除して得られる時間で表す。時間率の逆数を、放電時には放電率、充電時には充電率と表す( $h^{-1}$ )。

#### 4-4 定格放電電流 (rated discharge current)

製造業者が公表する、定格容量を規定の時間率で決まる時間で規定の放電終止電圧まで放電する電流の大きさ(A)。

#### 4-5 定格電圧 (rated voltage)

製造業者が公表する、完全充電状態の電池を定格放電電流で規定の放電終止電圧まで放電したときの電池の平均放電端子電圧(V)。

4-6 放電終止電圧 (end-of-discharge voltage, discharge cut-off voltage, final voltage, end-point voltage)

放電を停止すべき、電池の端子電圧(V)。

4-7 T秒目放電電圧 (T-second voltage at discharge)

放電開始からT秒目の電池の端子電圧(V)。

4-8 T秒目充電電圧 (T-second voltage at charge)

充電開始からT秒目の電池の端子電圧(V)。

4-9 放電電力量 (discharged energy)

電池から放電した電力量(Wh)。

注: 電力量のSI単位はWs(ワット秒)またはJ(ジュール)であるが、電池では一般にWh(ワットアワー)を用いる。

4-10 充電電力量 (charged energy)

電池の充電に要した電力量(Wh)。

4-11 放電電気量, 放電容量 (discharged electricity, discharged capacity)

電池から放電した電気量(Ah)。

4-12 充電電気量, 充電容量 (charged electricity, charged capacity)

電池の充電に要した電気量(Ah)。

4-13 充電特性 (charge characteristics)

充電時の電流, 電圧の時間履歴の関係。

4-14 放電特性 (discharge characteristics)

放電時の電流, 電圧の時間履歴の関係。

4-15 充放電効率 (charge-discharge efficiency)

直前に充電した電気量または電力量に対する、取り出せた放電電気量または放電電力量の割合。クーロン効率とエネルギー効率の総称(%)。

4-16 クーロン効率 (columbic efficiency, ampere-hour efficiency)

充電電気量に対して取り出し得る放電電気量の割合(%)。慣用句: アンペアアワー効率。

4-17 エネルギー効率 (energy efficiency, watt-hour efficiency)

充電電力量に対して取り出し得る放電電力量の割合(%)。慣用句:ワットアワー効率。

4-18 動的放電容量 (dynamic discharged capacity)

規定された温度において、実走行状態を模擬した動的な放電プロファイルの、放電電流(電力)及び放電終止電圧などの条件の下で取り出した電気量(Ah)。但し、放電プロファイルに回生充電が含まれる場合は回生時の充電電気量を差し引く。

4-19 動的放電電力量 (dynamic discharged energy)

規定された温度において、実走行状態を模擬した動的な放電プロファイルの、放電電流(電力)及び放電終止電圧などの条件の下で取り出した電力量(Wh)。但し、放電プロファイルに回生充電が含まれる場合は回生時の充電電力量を差し引く。

4-20 充電状態 (state of charge, SOC)

電池に充電した電気量の割合。一般には定格容量に対する割合で表す(%)。

4-21 体積エネルギー密度 (energy density)

電池の単位体積当たりに取り出せる電力量(Wh/l)。

注:体積の SI 単位は立方デシメートル(dm<sup>3</sup>)であるが、一般的にリットルで表す。表記は, l(英小文字), ℓ(斜体英小文字), L(英大文字), のいずれも可とする。

4-22 質量エネルギー密度 (specific energy)

電池の単位質量当たりに取り出せる電力量(Wh/kg)。

4-23 体積出力(入力)密度 (power density)

電池の単位体積当たりの放電(充電)電力(W/l)。

注:体積の SI 単位は立方デシメートル(dm<sup>3</sup>)であるが、一般的にリットルで表す。表記は, l(英小文字), ℓ(斜体英小文字), L(英大文字), のいずれも可とする。

4-24 質量出力(入力)密度 (specific power)

電池の単位質量当たりの放電(充電)電力(W/kg)。

4-25 寿命 (life)

電池を有効に使用できる期間。時間長, 充放電の総回数などで表す。一般に, 容量もしくは入出力密度が所定の値まで低下した時点を持って寿命と判定される。

以上

(新エネルギー技術開発プログラム／次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発)  
「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」基本計画 (案)

燃料電池・水素技術開発部

## 1. 研究開発の目的・目標・内容

### (1) 研究開発の目的

我が国におけるエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題(CO<sub>2</sub>)・地域環境問題(NO<sub>x</sub>、PM等)の解決のためには、国全体として省エネルギーを推進するとともに、新エネルギー技術の開発、コスト削減及び利便性や性能の向上に積極的に取り組むことが極めて重要である。

特にエネルギー消費量の増加が著しい運輸部門における石油依存度は、ほぼ100%の状況であり、今後、エネルギーの効率的な利用、石油代替エネルギーへの移行により、石油依存度を低減していく必要性が指摘されている。それゆえ、石油依存度を低減し、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次世代クリーンエネルギー自動車の開発、普及が期待されている。

政府の第3期科学技術基本計画(2006年3月閣議決定)においては、「先進燃料電池システムと安全な革新的水素貯蔵・輸送技術」や「電源や利用形態の制約を克服する高性能電力貯蔵技術」が戦略重点科学技術として選定されている。また、経済成長戦略大綱(2006年7月財政・経済一体改革会議決定)においても、次世代自動車向け電池や運輸エネルギーの次世代技術開発が重点分野として位置付けられている。

本研究開発は、このような背景のもと、新エネルギー技術の開発等によってエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題(CO<sub>2</sub>)等を含む地球環境問題の解決、新規産業・雇用の創出、水素エネルギー社会の実現等を図ることを目的とする「新エネルギー技術開発プログラム」の一環として実施する。

本研究開発は、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とする。

本研究開発により、高性能リチウムイオン電池とその構成材料並びに周辺機器(モーター、電池制御装置等)の開発、新規の概念に基づく革新的な電池の構成とそのための材料開発、および電池反応制御技術の開発、更に加速寿命試験法の開発、劣化要因の解明、電池性能向上因子の抽出、並びに、安全性基準および電池試験法基準の策定等が実現され、燃料電池自動車等の早期実用化へ貢献することが期待される。

### (2) 研究開発の目標

〔最終目標〕 (平成23年度末)

本研究開発においては、高性能な蓄電システムの要素技術開発、現状のリチウムイオン電池等の技術レベルをブレークスルーするための新材料等の次世代技術開発、耐久性評価・安全性試験方法の確立等の基盤技術開発を実施することにより、2015年において現状の蓄電池性能(注)の概ね1.5倍以上、コスト1/7を可能とする次世代クリーンエネルギー自動車の実用化を促進すること。及び2030年を目処に、現状の蓄電池性能(注)の概ね7倍を見通す革新的蓄電池技術への基礎確立を目標とする。

なお、研究開発項目毎の具体的な目標は、別紙の研究開発計画に示す。

(注) 現状の蓄電池性能(下記の数値は、容量3kWh程度の電池パックを想定した値)

・電池システム重量エネルギー密度：70Wh/kg



・電池システムコスト：20万円/kWh

〔中間目標〕（平成21年度末）

中間目標は、採択決定後に独立行政法人新エネルギー・産業技術総合研究機構（以下「NEDO技術開発機構」という）と委託先との間で最終目標を踏まえ、協議して決定する。

### （3）研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき、研究開発を委託により実施する。

- ①要素技術開発：高性能リチウムイオン電池とその構成材料並びに周辺機器（モーター、電池制御装置等）の開発。
  - 1）電池開発：2015年を目途に、別紙の目標特性を有するリチウムイオン電池の実用化を目指すための電池開発を行う。
  - 2）電池構成材料開発および電池反応制御技術の開発：2015年以降での実用化を目途に、高性能なリチウムイオン電池の構成材料の開発、基本原理の解明などを行う。
  - 3）周辺機器開発：格段の高性能化（高効率化・軽量化・コンパクト化）に資する電池制御やモーター等の周辺機器の技術開発を行う。
- ②次世代技術開発：革新的な二次電池の構成とそのための材料開発、及び電池反応制御技術の開発。

2030年以降を念頭に、革新的な二次電池を開発する。電池の反応制御技術、新規の概念に基づく電池の構成材料等の研究開発を実施する。
- ③基盤技術開発：加速寿命試験法の開発、劣化要因の解明、電池性能向上因子の抽出、並びに、安全性基準および電池試験法基準の策定等。

現状のリチウムイオン電池における寿命診断、電池性能評価・安全性試験方法などの基準策定や規格化に資する提案とデータ取得を行う。さらに、技術開発の効率化につながる反応メカニズムの解析手法の確立等、共通・基盤的な技術開発を行う。

## 2. 研究開発の実施方式

### （1）研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDO技術開発機構が、単独又は複数の企業、研究組合、公益法人、大学、国研等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。）から公募によって研究開発実施者を選定後、業務委託契約等を締結する研究体制を構築し、委託により実施する。

### （2）研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標並びに本研究開発の目的及び目標に照らし適切な運営管理を実施する。具体的には、「系統連系円滑化蓄電システム技術開発」事業と連携し「次世代蓄電池システム実用化戦略的技術開発」全般を効果的・効率的に推進するためのアドバイザーボードを設置した上で、研究開発推進のため、必要に応じて外部有識者の意見・助言を求める。また必要に応じて、NEDO技術開発機構に委員会や技術検討会等を設置し、四半期に一回程度、プロジェクトの進捗について報告を受けるなどを行う。さらに、年に一回程度、事業の効率的な推進、情報や認識の共有等を目的に、本事業の実施者による報告会を開催する。

### 3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成19年度から平成23年度までの5年間とする。

### 4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果などについて、外部有識者による研究開発の中間評価を平成21年度に、事後評価を平成24年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係わる技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて前倒しする等、適宜見直すものとする。

### 5. その他の重要事項

#### (1) 研究開発成果の取り扱い

##### ① 成果の普及

得られた研究開発の成果（特に下記共通基盤技術に係る研究開発成果）については、NEDO技術開発機構、実施者とも普及に努めるものとする。

a) 加速寿命試験法

b) 安全性基準および電池試験法基準

##### ② 知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

##### ③ 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第26条の規定等に基づき、原則として、すべて受託者に帰属させることとする。

#### (2) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、産業技術政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

#### (3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号ハに基づき実施する。

### 6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成19年3月、制定。

## (別紙) 研究開発計画

### 研究開発項目①「要素技術開発」

#### 1. 研究開発の必要性

蓄電池技術は、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次世代クリーンエネルギー自動車に共通するコア技術であり、多様な自動車エネルギー技術の中でも基盤的な性格を持つ。

そこで、これらの次世代クリーンエネルギー自動車の早期実用化を促進するために、リチウムイオン電池等の高性能化・低コスト化のための要素技術開発、および電池制御装置やモーター等の格段の高性能化に資する周辺機器の技術開発を行う。

#### 2. 研究開発の具体的内容

要素技術開発では、下記の3つの領域での開発を行う。

- 1) 電池開発：0.3kWh級モジュールを作製し、2015年を目途に、目標値の特性を有するリチウムイオン電池の実用化を目指すための電池開発を行う。
- 2) 電池構成材料及び電池反応制御技術の開発：小型実用単電池を作製し、2015年以降での実用化を目途に、高性能なリチウムイオン電池の構成材料の開発、電池反応制御技術の開発、および基本原理の解明などを行う。
- 3) 周辺機器開発：格段の高性能化（高効率化・軽量化・コンパクト化）に資する電池制御やモーター等の周辺機器の技術開発を行う。

具体的には、以下のような技術開発課題に関する研究開発テーマを公募し、NEDO技術開発機構からの委託研究として実施する。

#### <技術開発課題の例示>

##### 1) 電池開発

###### a. 各種電池材料の高性能化

- ・正極・負極材料：電極組成（活物質等の選択及び組成）、並びに、電極構造（充填性や粉体特性）の最適化等。
- ・電解質材料：化学的安定性の向上等。
- ・セパレータ材料：熱的安定性の向上、薄膜化及び機械的強度の向上等。

###### b. モジュール化のための技術開発

- ・寿命判定技術の検討、熱制御技術及び充放電制御技術の開発等。

###### c. 低コスト化

- ・正極材料の化学組成の検討及びセパレータの低コスト化等。

##### 2) 電池構成材料及び電池反応制御技術の開発

###### a. 各種リチウムイオン電池材料等の高性能化

- ・正極・負極材料：充放電容量の向上、高出力化手法開発（導電材との複合化等）及び高安全性非酸化物電極の開発等。
- ・電解質材料：広い電位窓を有する無機固体電解質・複合電解質の検討及びイオン性液体の可能性の検討等。
- ・電池反応：高速化・高深度化等。

###### b. 低コスト化

- ・正極材料のコバルトフリー化等。

### 3) 周辺機器開発

格段の高性能化、コンパクト化および低コスト化を実現するモーター・制御装置および急速充電システム等の技術開発。

#### <運営方法>

- ・初年度に公募により実施者を選定するが、2年目以降も必要に応じて公募を行う。
- ・“2) 電池構成材料開発及び電池反応制御技術の開発”については、研究開発の進捗に応じて、“1) 電池開発”の実施者等との連携を求める場合がある。
- ・安全性の技術開発目標については、研究開発項目③「基盤技術開発」の安全性試験法や安全性評価基準策定の進捗に応じて、内容の高度化や具体化を求める場合がある。

### 3. 達成目標

下記目標値を基本とするが、各委託研究の目標（中間目標及び最終目標）は、提案者が公募時に研究開発テーマとともに提案し、採択決定後にNEDO技術開発機構と協議のうえ個別に実施計画に定める。

#### <開発目標>

##### 1) 電池開発

0.3kWh級モジュールを作製し、以下の目標（性能目標は3kWh級パック電池の換算値）を満足すること。

- ・重量エネルギー密度：100Wh/kg
- ・重量出力密度：2000W/kg
- ・体積エネルギー密度：120Wh/L
- ・体積出力密度：2400W/L
- ・寿命：10年以上
- ・充放電効率：95%以上
- ・コスト：4万円/kWhの見通しを示すこと（100万パック/年生産時）
- ・安全性：車載時の濫用に耐えること

##### 2) 電池構成材料及び電池反応制御技術の開発

小型単電池を作製し、以下の目標（性能目標は3kWh級パック電池の換算値）を満足すること。但し、エネルギー密度と出力密度は、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すこと。

なお、下記エネルギー密度及び出力密度のパック値から単電池への換算は、2006年8月経済産業省報告書「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」[〈http://www.meti.go.jp/report/data/g60824bj.html〉](http://www.meti.go.jp/report/data/g60824bj.html)を参照のこと。

- ・重量エネルギー密度：200Wh/kg以上
- ・重量出力密度：2500W/kg以上
- ・コスト：3万円/kWh以下の見通しを示すこと（100万パック/年生産時）
- ・安全性：車載時の濫用に耐えること

##### 3) 周辺機器開発

格段の高性能化、コンパクト化、低コスト化を目標とする。ただし、数値目標は各周辺機器や開発内容によって異なるため、提案内容を踏まえて、採択決定後にNEDO技術開発機構と協議のうえ個別に実施計画に定める。

## 研究開発項目②「次世代技術開発」

### 1. 研究開発の必要性

次世代の蓄電池に要求される、コスト、寿命、安全性、エネルギー密度、出力密度等での圧倒的な性能向上のためには、現状の技術レベルの延長線上にある技術開発だけではなく、新たな電池系の提案や構成材料レベルでのブレークスルーが期待できる新しい原理・構造の技術開発が不可欠である。そこで、現状レベルでのコストや性能向上の見通しを打破するような新規の正極、負極材料や電解質等、材料レベルの革新的な技術開発等を実施する。

### 2. 研究開発の具体的内容

2030年頃において、パック電池レベルで重量エネルギー密度700Wh/kg以上という革新的な性能を実現することを目指して、現状の技術レベルの延長線上にない、経済性、性能面でのブレークスルーが期待できる新しい材料（正極、負極、電解質等）や新しい電池系（合金系、金属系等）の基礎研究開発を実施する。

具体的には、以下のような技術開発課題に関する研究開発テーマを公募し、NEDO技術開発機構からの委託研究として実施する。

#### <技術開発課題の例示>

下記の研究とその動作検証等。

- ・金属-硫化物系電池及び金属-空気系電池
- ・電池反応速度の制御及び電極界面制御技術
- ・新規概念に基づいた革新的な電池の構成材料

#### <運営方法>

- ・原則として毎年度、研究テーマを公募する。
- ・各研究テーマについては2年目に技術評価を実施し、3年目以降の研究継続の可否を判断する。

### 3. 達成目標

下記目標値を基本とするが、各委託研究の目標（中間目標及び最終目標）は、提案者が公募時に研究開発テーマとともに提案し、採択決定後にNEDO技術開発機構と協議のうえ個別に実施計画に定める。

#### <開発目標>

2030年頃において、パック電池レベルで重量エネルギー密度700Wh/kg以上という革新的な性能を実現することを目指し、本事業の終了時点で、重量エネルギー密度500Wh/kgを見通せる電池構成材料及び電池反応制御技術の開発。

## 研究開発項目③「基盤技術開発」

### 1. 研究開発の必要性

高性能蓄電池の実用化にあたっては、安全性を確保するとともに標準化を進め、研究開発の効率化を図ることが重要である。

よって、蓄電池における寿命予測、耐久性、安全性試験方法の確立や標準化、技術開発の効率化につながる電池性能を向上させる因子の解明や反応メカニズムの解析手法の確立等、基盤的な技術開発を行う。

### 2. 研究開発の具体的内容

蓄電池における寿命予測、耐久性、安全性試験方法の確立や標準化、技術開発の効率化につながる電池性能を向上させる因子の解明や反応メカニズムの解析手法の確立等、基盤的な技術開発を行う。

具体的には、以下のような技術開発課題に関する基盤技術開発テーマを公募し、NEDO技術開発機構からの委託研究として実施する。

#### <技術開発課題の例示>

- ・寿命診断：加速寿命診断法の確立（5倍以上）及び高SOC(State of Charge)時（例：80%）の電池劣化機構の解明と抑制手法の開発等。
- ・充放電評価試験法：車載走行パターンを想定した負荷試験法の確立等。
- ・安全性試験法：数kWh級電池システムの安全性評価基準の策定等。

### 3. 達成目標

下記目標値を基本とするが、各委託研究の目標（中間目標及び最終目標）は、提案者が公募時に研究開発テーマとともに提案し、採択決定後にNEDO技術開発機構と協議のうえ個別に実施計画に定める。

#### <開発目標>

- ・加速寿命診断法の確立。
- ・高SOC保存時、高温保存時、高出力時、長期サイクル時等の劣化要因の解明とその抑制手法の提案。
- ・車載用電池安全性試験法の策定。
- ・電池性能を向上させる因子の解明。

#### <運営方法>

- ・初年度に公募により実施者を選定するが、必要に応じて2年目以降も公募を行う。
- ・安全性試験法や安全性評価基準の策定については、研究開発項目①「要素技術開発」における安全性技術開発の進捗に応じて、内容の変更や修正を求める場合がある。

以上

## エネルギーイノベーションプログラム基本計画

### 1. 目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。以下に 5 つの政策の柱毎に目的を示す。

#### 1 - . 総合エネルギー効率の向上

1970年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により世界最高水準の省エネルギーを達成している。今後、「新・国家エネルギー戦略」に掲げる、2030年までにGDPあたりのエネルギー利用効率を約30%向上を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する。

#### 1 - . 運輸部門の燃料多様化

ほぼ100%を石油に依存する運輸部門は、我が国エネルギー需給構造上、最も脆弱性が高く、その需給構造の次世代化は、将来に向けた早急な対策が不可欠な課題となっている。

「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030年に向け、運輸部門の石油依存度が80%程度となることを目指す）の実現のためにも、官民が中長期的な展望・方向性を共有しつつ、技術開発と関連施策を推進する。

#### 1 - . 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる新エネルギーの普及を推進する。

#### 1 - . 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時にCO<sub>2</sub>を排出しないクリーンなエネルギー源である。安全確保を大前提に核燃料サイクルを含む原子力発電を着実に推進する。

#### 1 - . 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の大宗を輸入に依存する我が国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、我が国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めるとともに、その有効かつクリーンな利用を図る。

## 2. 政策的位置付け

エネルギー基本計画（2007年3月閣議決定）

重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策として、

1. 総合エネルギー効率の向上に資する技術
2. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保に資する技術
3. 運輸部門のエネルギー多様化に資する技術
4. 新エネルギーに関する技術
5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に資する技術

以上が位置づけられている。

新・国家エネルギー戦略（2006年5月）

世界最先端のエネルギー需給構造の実現を図るため

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 運輸エネルギーの次世代化計画
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画

以上の計画が位置づけられている。また、資源外交、エネルギー環境協力の総合的な強化を図るため、「総合資源確保戦略」が位置づけられている。

第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する「推進4分野」であるエネルギー分野、分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における「推進4分野」であるエネルギー分野に位置付けられている。

経済成長戦略大綱（2006年7月財政・経済一体改革会議）

資源・エネルギー政策の戦略的展開として

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 次世代自動車・燃料イニシアティブ等による運輸エネルギー次世代化
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画
5. 資源外交、環境・エネルギー協力等の総合的な強化

以上が位置づけられている。

京都議定書目標達成計画（2005年4月閣議決定）

「京都議定書の約束を達成するとともに、更に「脱温暖化社会」に向けて長期的・継続的な排出削減を進めるには、究極的には化石燃料への依存を減らすことが必要である。環境と経済の両立を図りつつ、これらの目標を達成するため、省エネルギー、未利用エネルギーの利用等の技術革新を加速し、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図り、世界をリードする環境立国を目指す。」とされている。



### 3. 達成目標

#### 3-1. 総合エネルギー効率の向上

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、エネルギー消費効率を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。

#### 3-2. 運輸部門の燃料多様化

バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や燃料電池自動車などの導入により、現在ほぼ100%の運輸部門の石油依存度を2030年までに80%程度とすることを目指す。

#### 3-3. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献する。

#### 3-4. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

2030年以降においても、発電電力量に占める比率を30～40%程度以上とすることを目指すため、高速増殖炉サイクルの早期実用化、既設軽水炉代替へ対応する次世代軽水炉の開発、軽水炉技術を前提とした核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物対策などの技術開発を推進する。

#### 3-5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。

#### 4．研究開発内容

##### 4 - . 総合エネルギー効率の向上

##### 4 - - . 共通

###### (1) エネルギー使用合理化技術戦略的開発(運営費交付金)

###### 概要

省エネルギー技術開発の実効性を高めるために、シーズ技術の発掘から実用化に至るまで、民間団体等から幅広く公募を行い、需要側の課題を克服し得る省エネルギー技術開発を戦略的に行う。

###### 技術目標及び達成時期

中長期的視点に立った省エネルギー技術戦略を構築し、技術開発の相互連携によりシナジー効果が発揮され技術開発が促進されるよう、超燃焼システム技術、時空を超えたエネルギー利用技術、省エネ型情報生活空間創生技術、先進交通社会確立技術、次世代省エネデバイス技術の技術群に重点化して、省エネルギー技術戦略に沿った技術開発を戦略的に推進する。

###### 研究開発時期

2003年度～2010年度

###### (2) エネルギー使用合理化産業技術研究助成事業(運営費交付金)

###### 概要

産業界や社会のニーズに応える省エネルギー技術のシーズの発掘とその育成、並びに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって省エネルギー効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

###### 技術的目標及び達成時期

独創性のある研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的省エネルギー技術の研究開発を促進する。本事業では革新的省エネルギー技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

###### 研究開発期間

2000年度～

###### (3) 研究開発型中小企業挑戦支援事業(スタートアップ支援事業)

###### 概要

省エネルギー対策に資する中小企業の優れた技術シーズ、ビジネスアイデアの事業化による創業・新事業展開を促進するため、実用化研究開発に要する経費(原材料費、直接人件費、機械装置費、知的財産取得費等)の一部を補助するとともに、補助事業を行う中小・ベンチャー企業等に対して中小企業基盤整備機構によるビジネスプランの具体化・実用化に向けたコンサルティング等を一体的に実施

する。

技術的目標及び達成時期

中小企業の技術開発を推進し、産業におけるエネルギー使用合理化技術の利用を図り、もって、中小企業の振興と経営の安定を促進する。

補助事業期間終了後2年後の採択企業の研究開発成果の事業化率50%を目標とするとともに、省エネルギー技術開発の高度化を戦略的に推進する。

研究開発期間

2004年度～

#### (4) 地域イノベーション創出エネルギー研究開発

概要

地域において新産業の創出に貢献し得るような最先端の技術シーズを基に、企業、公設試、大学等の研究開発資源を最適に組み合わせて形成された共同研究体が行うエネルギー使用の合理化並びに非化石エネルギーの開発及び利用に寄与する実用化研究開発の実施。

技術的目標及び達成時期

研究開発終了後3年後における成果の事業化達成率30%以上を目標とする。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(5) イノベーション実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

(6) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

### 4 - - . 超燃焼システム技術

#### (1) 環境調和型製鉄プロセス技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

高炉ガスからの効率的な二酸化炭素分離と中低温排熱の有効活用及び水素を炭素(コークス)の一部代替として鉄鉱石を還元する革新的製鉄プロセスの開発を行う。

技術的目標及び達成時期

最終的な技術開発目標として製鉄プロセスにおけるCO<sub>2</sub>排出量を30%削減することを目指し、2050年までに実用化する。

研究開発期間

2008年度～2017年度

#### (2) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発(運営費交付金)

概要

プラズマ等による高温を利用し瞬時にガラス原料をガラス化することにより、極めて効率的にガラスを気中で溶融(インフライトメルティング法)し省エネに資する革新的ガラス溶融プロセス技術を開発する。

技術的目標及び達成時期

2012年度までに、インフライトメルティング法により原料を溶解する技術、

カレットをガラス原料として利用するため高効率で加熱する技術、カレット融液とインフライトメルティング法による原料融液とを高速で混合する技術を開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

### (3) 革新的マイクロ反応場利用部材技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、マイクロリアクター、ナノ空孔などの精密反応場を利用し、反応分子の自由な運動を活性種レベルで制御した革新的な化学反応プロセスと新機能材料創成技術の確立を目指す。さらに、マイクロリアクターとナノ空孔反応場の組み合わせ、各反応場とマイクロ波等のエネルギー供給手段との組み合わせにより協奏的反応場を構成し、さらなる高効率生産等を可能にする基盤技術を開発する。これらの技術の確立により、反応システムの小型化、多段プロセスの簡略化等を通じた化学産業の製造工程等の省エネルギー化を図る。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術を軸とし、これらに更にマイクロ波、超臨界流体等のエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反応場を構成することにより、これまでにない革新的な化学反応プロセスを確立し、新機能材料創成技術を実現する。さらに、これらの技術を用いて高性能・高機能電子材料、医薬中間体などの部材を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

### (4) 植物機能を活用した高度モノ作り基盤技術開発

#### i) 植物利用エネルギー使用合理化工業原料生産技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、現在の化学工業プロセスに代わる、植物の有する有用物質生産能を活用した省エネルギー・低環境負荷型の工業原料生産プロセスへの変換を促進する。具体的には、工業原料の生産に関わる重要な物質生産プロセスに関する代謝系をゲノム情報に基づき解析するとともに、有用物質生産制御に必要な一連の代謝遺伝子群の発現を統一的に制御する技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、工業原料として有望なバイオマスとしてイソプレノイド、油脂などの有用物質生産に関わる代謝経路とその調節メカニズム及び生産物質の蓄積・移動に係るメカニズムの解析を行い、関連遺伝子情報を整備するとともに、統括的発現制御技術を開発する。

研究開発期間

2002年度～2009年度

(5) 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発(運営費交付金)

概要

プラント、構造物や自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、最新の科学的知見を導入し、鉄鋼材料及び鋼構造体を超高機能化する基盤的研究開発を行う。具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる(1)高級鋼厚板(高強度鋼、極低温用鋼、耐熱鋼)溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術(高密度・清浄熱源溶接技術)及びクリープ破壊、金属組織制御技術を基本とする溶接材料技術(クリープ破壊及び水素破壊の機構解明等を踏まえた)の開発、(2)部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適機能傾斜を付与する機械部品鍛造技術(駆動部材の信頼性確保のための耐疲労破壊特性の向上を踏まえた)の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、高級鋼厚板(高強度鋼・極低温用鋼・耐熱鋼)の溶接を予熱・後熱なしに可能とする溶接技術と材料技術を開発するとともに、傾斜機能部材の鍛造技術を開発する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(6) 高機能チタン合金創製プロセス技術開発プロジェクト

概要

大量の電力を必要とする従来のバッチ処理方式のチタン製錬法(クロール法)を、エネルギー効率の高い連続処理方式へ転換する抜本的なプロセス改善のための技術を開発する。また、併せて、成形性の高いチタン合金設計技術及び成形プロセス技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに省エネ型チタン新製錬プロセスの基盤技術を開発し、2010年までに実用化を目指す。また、本製錬技術により得られるチタンをベースとして、加工性、強度等をさらに向上させた合金設計・成形プロセス技術を確立する。

研究開発期間

2005年度～2008年度

(7) 革新的分離膜技術の開発

概要

河川水等の浄水工程における、微量の有害物質、微生物等の除去に係る水処理技術のうち、分離膜方式による高効率(省エネ)な分離技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2013年度末までに、現行の分離膜に比較して単位処理水量当たり50%のエネルギー削減を図る技術を確立する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

( 8 ) 微生物機能を活用した環境調和型製造基盤技術開発

i) 微生物機能を活用した高度製造基盤技術開発 ( 運営費交付金 )

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、省エネルギーかつ環境負荷が少ないといった特徴を有する微生物機能を活用した有用物質の革新的な生産プロセス ( モノ作り ) の技術を構築するため、産業用途に必要な機能既知遺伝子で構成されたゲノムを持ち、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞の創製や、微生物反応の多様化・高機能化技術を開発するとともに、バイオマスを原料として有用物質を体系的かつ効率的に生産する ( バイオリファイナリー ) ための基盤技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞を創製するとともに、バイオプロセスの実用化適用範囲の拡大のための微生物反応の多様化・高機能化技術の開発を行う。バイオリファイナリー技術については、バイオマスを高効率で糖化し、糖から高効率で各種化成品の基幹物質を生産するバイオプロセス体系を構築する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

ii) 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 ( 運営費交付金 )

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、従来エネルギー多消費・廃棄物多排出型であった廃水・廃棄物処理において、微生物群の構成及び配置等を人為的に制御 ( デザイン化 ) することで、その処理効率を大幅に向上させ、省エネルギーで廃棄物も少ない高効率型廃水、廃棄物処理の基盤技術を確立する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、特定有用微生物群を人為的に安定導入・維持もしくは人為的に空間配置・優先化させる等のデザイン化技術を開発し、従来の廃水、廃棄物処理に比べより高効率で省エネルギーな処理技術を開発するとともに、実用化に資するための実証可能なテストプラント規模にて評価する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

( 9 ) 省エネルギー型化学技術創成研究開発補助事業

概要

化学産業はそれ自身が裾野の広い産業というだけでなく、自動車、IT機器等の川下製品の部材として産業界・国民生活の様々な分野に深く関連している。従って化学業界において、省エネポテンシャルの大きい有望な技術シーズがありながら民間だけでは十分な研究開発投資が行われていない技術について、戦略的な研究開発支援を実施することにより、化学産業のみならず、各種最終製品、他産業においてエネルギー効率の改善を促進する。

#### 技術的目標及び達成時期

2007年度までに、化学分野の生産プロセスや、製品等に関する環境に配慮した省エネルギー技術の革新に向けて、国内・国際市場の創出・拡大も見据えつつ、将来の発展が有望な技術に関する研究開発を行うことにより、化学産業のみならず、我が国の省エネルギー対策に一層寄与する。

#### 研究開発期間

2004年度～2010年度

### (10) 高効率酸化触媒を用いた環境調和型化学プロセス技術開発プロジェクト

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、N-オキシ系触媒等の炭素ラジカル創生触媒を化学反応プロセスに適用し、製造工程の短縮や製造効率の向上を図ることで、温暖化効果ガスの排出抑制や省エネルギー効果など総合的なプロセスコストを低減させるため要素技術の開発を行う。

#### 技術的目標及び達成時期

2008年度までにカルボン酸、アルコール、ケトンなどの含酸素化合物製造プロセスに対し、N-オキシ系触媒を適用していくため、現状の触媒活性・選択性の向上、触媒の安定性・寿命の改善、触媒分離プロセスの効率化等を開発する。

#### 研究開発期間

2005年度～2008年度

### (11) エネルギー使用合理化繊維関連次世代技術開発

#### 概要

製造エネルギーの低減を図ることができる革新的な繊維製品製造技術の開発や、使用することでエネルギー消費の低減が可能となる新たな繊維製品を開発。

#### 技術的目標及び達成時期

2009年度までに、以下の開発を行う。

炭素繊維製造エネルギー低減技術の研究開発

廃棄衣料のリサイクル技術及び高付加価値商品の開発

排水処理における余剰汚泥の減容化技術開発

次世代資材用繊維の開発

ポリエチレンテレフタレート製造エネルギー低減技術の開発

VOC含有廃棄物の溶剤回収及び再利用処理技術の開発

#### 研究開発期間

2005年度～2009年度

### (12) 無曝気・省エネルギー型次世代水資源循環技術の開発（運営費交付金）

#### 概要

所用動力が少なく、汚泥発生も少ない嫌気性処理の利点と、良好な水質が得られる好気性処理の利点の双方の特長を生かし、かつ双方の欠点を克服した、省エネルギー性に優れた廃水処理技術を開発する。

#### 技術目標及び達成時期

2008年度までに、既存技術で廃水処理を行った際に発生する汚泥量の70%削減を実現し、廃水処理に要するエネルギーの70%削減を実現する廃水処理システムを開発する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

### (13) 高効率ガスタービン実用化技術開発

概要

省エネルギー及びCO<sub>2</sub>削減の観点から電力産業用高効率ガスタービンの実用化を目指し、大容量機(25万kW程度(コンバインド出力40万kW))の高効率化(52%～56%)のために1700級ガスタービンの実用化に必要な先端要素技術を適用した各要素モジュールの検証等を実施する。また、小中容量機(10万kW程度)の高効率化(45%～51%)のために有望とされている高湿分空気利用ガスタービンの実用化に必要な多段軸流圧縮機、多缶燃焼器等の開発を行うとともにシステムの信頼性等の検証を行う。

技術的目標及び達成時期

1700級ガスタービン実用化技術開発：先端要素技術を活用した燃焼器、タービン、圧縮機等各モジュールの検証等を行い、送電端熱効率56%以上の達成が可能なことを確認する。

高湿分空気利用ガスタービン実用化技術開発：2011年までに軸流圧縮機の3.5%(空気重量比)吸気噴霧冷却技術、低NO<sub>x</sub>燃焼技術(運用負荷帯で10ppm以下)等を開発すると共に、実機に近い条件での要素機器の信頼性・耐久性を確認する。

研究開発期間

2008年度～2011年度

### (14) エネルギー使用合理化高効率パルプ工程技術開発(運営費交付金)

概要

紙パルプ産業では、環境に関する自主行動計画に基づき、2010年度までに製品当たり化石エネルギー原単位を1990年度比13%削減し、CO<sub>2</sub>排出原単位を10%削減することを目指し、紙パルプ工程における省エネルギー対策を着実に進めているものの、より一層の省エネルギー対策を進めるためには、技術開発によるブレークスルーが必要となっている。紙パルプ産業は、エネルギー多消費型産業のひとつであり、紙パルプ工程での省エネルギー対策は波及効果が大きいことから、紙パルプ工程におけるエネルギー使用合理化に資する技術開発を提案公募により実施する。

技術的目標及び達成時期

京都議定書の第1約束期間中、又は、第2約束期間中を目途として実用化に至るような技術開発を行うことで、京都議定書の第1約束期間の目標を着実に達成するとともに、現在、検討が行われている第2約束期間に向けた省エネルギー対策の更なる深化を進めていく。

研究開発期間



2005年度～2010年度

- (15) 発電プラント用超高純度金属材料開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (16) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発(4 - - 参照)
- (17) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発(4 - - 参照)
- (18) 石油精製高度機能融合技術開発(4 - - 参照)

#### 4 - - . 時空を超えたエネルギー利用技術

- (1) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト(運営費交付金)

##### 概要

従来の活性炭電極では不可能な高出力かつ高エネルギー密度の電気二重層キャパシタを実現するため、高度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いたキャパシタ電極の開発を行う。

##### 技術目標及び達成時期

2010年度までに、単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、20Wh/Kgの高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。

##### 研究開発期間

2006年度～2010年度

- (2) イットリウム系超電導電力機器技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (4) 固体酸化物形燃料電池実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (5) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (6) 新利用形態燃料電池技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (7) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (9) 水素貯蔵材料先端基礎研究事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (8) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (10) 固体酸化物形燃料電池実証研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (11) 風力発電電力系統安定化等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (12) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (13) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

#### 4 - - . 省エネ型情報生活空間創生技術

- (1) グリーンITプロジェクト(運営費交付金)

##### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展により、ネットワークを流れるデータ量が大幅に増加する中で、IT機器による消費電力量の大幅な増大に対応し、環境調和型IT社会の構築を図るため、個別のデバイスや機器に加え、ネットワーク全体での革新的な省エネルギー技術の開発を行う。

#### 技術的目標及び達成時期

2012年度までに、IT機器・システムのエネルギー消費効率を2倍に向上させる基盤技術を開発する。

#### 研究開発期間

2008年度～2012年度

### (2) 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発(運営費交付金)

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ネットワークで伝送されるデータ量の爆発的増加に伴い、関連機器の消費エネルギーが増大している中で、ネットワーク全体の消費電力量を抑制することが喫緊の課題であり、消費エネルギーの低減に大きく貢献するルータ・スイッチの高速化のための研究開発を実施するとともに、機器そのものの消費エネルギーを低減するための研究開発を実施する。

#### 技術的目標及び達成時期

2011年度までに、1チャンネルあたり40Gbps超の通信速度に対応するトラフィック計測・分析・管理技術や40Gbpsのインターフェース、さらなる通信速度向上(100Gbps超)を実現するハードウェア技術、SFQ(単一磁束量子)スイッチに関する実現を可能とするための基盤技術を開発する。

#### 研究開発期間

2007年度～2011年度

### (3) 次世代大型低消費電力ディスプレイ基盤技術開発(運営費交付金)

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、次世代の大型液晶及び大型プラズマディスプレイに関する低消費電力ディスプレイを実現するための研究開発を行う。

#### 技術的目標及び達成時期

2011年度までに、液晶に関しては、高効率バックライト、革新的なTFTアレイプロセス技術・製造装置及び低消費電力型の画像処理エンジン等に係る技術を確立する。また、プラズマディスプレイに関しては、超低電圧駆動等に係る技術を確立する。

#### 研究開発期間

2007年度～2011年度

### (4) 有機発光機構を用いた高効率照明の開発(運営費交付金)

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、蛍光灯に代わる高効率照明として有機EL発光機構を用いるための技術開発課題(発光効率、演色性、面均一性、生産コスト)等を明らかにし、それをブレークスルーしうる技術シーズを抽出する。

#### 技術目標及び達成時期

2009年までに現在一般に普及している蛍光灯照明に代わる高効率照明としての必要スペックを達成するとともに、次世代照明として同じく期待されているLEDとの差別化要素を技術的に達成し、大面積/高スループット/低コストで量産するプロセス技術を開発する。また、現在蛍光灯の間接・拡散照明が用いられている照明機器を代替する有機EL照明を実用的なコストで製造できる技術を確立する。

研究開発期間

2007年度～2009年度

#### (5) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発(運営費交付金)

概要

住宅やビルなどの冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を示す壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やナノ羽毛状構造およびセラミックス・ポリマー複合化構造などからなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、熱貫流率(熱の伝わりやすさ)が $0.3\text{ W/m}^2\text{K}$ 以下、壁厚さ10mm程度の超断熱壁材料および熱貫流率が $0.4\text{ W/m}^2\text{K}$ 以下、光(可視光)透過率が65%以上(Low-Eガラス使用)、ヘイズ率が1%以下の超断熱窓材料を実現する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (6) 超フレキシブルディスプレイ部材技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から、製造工程等の省エネルギー化を実現するために行う。従来、表示デバイスの製造には、真空蒸着と高温下での焼成と、それに伴う排ガス排水処理が必須であった。これを、ロールtoロール方式に代替することで常圧、常温下での製造を実現し、フレキシブルな薄型ディスプレイを効率よく製造する。そのために、有機TFT材料およびコンタクトプリント技術等を開発する。

技術的目標及び達成時期

2009年度までに、実用化に向けた実証のための巻き取り方式ディスプレイのプロトタイプを試作する。またフレキシブルデバイス材料開発に貢献する部材ならびに薄膜複合化技術を開発し、これらをパネル化するための実用化技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2009年度

#### (7) 低損失オプティカル新機能部材技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、近接場光の原

理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (8) 高環境創造高効率住宅用VOCセンサ等技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、住宅における換気負荷を最小化することによって省エネルギーを達成するため、VOCセンサ及びモニタリング併用型換気システム等を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、VOCに対して高選択性・高感度性・即応性を有するVOCセンサ及びVOCセンサを用いたモニタリング併用型換気システム等を開発する。

研究開発期間

2005年度～2008年度

#### (9) 革新的構造材料を用いた新構造システム建築物研究開発

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、我が国鉄鋼業の約50%を占める建設市場において、建築物のメインフレームに高強度鋼を用いることで、鉄鋼部材の軽量化(リデュース)とそれに伴う輸送効率の向上、高強度化、非溶接化に伴う部材のリユース促進、製造・施工の省エネ・省力化等を図る。

同時に、柔剛混合構造(高強度鋼とダンパーの組み合わせ)技術の確立、関連法規への対応等により、震度7にも耐えうる新構造システム建築物の建設が可能となり、我が国で大きなリスクである大規模地震災害から国民を守り、安心安全社会の実現に寄与する。

技術目標及び達成時期

2013年度までに、最大規模の地震(震度7)に対しても倒壊・損壊しない建築物を高強度鋼(800N/mm<sup>2</sup>級鋼材)とダンパーの組み合わせによる柔剛混合構造により実現を図るものであり、国土交通省や民間企業と連携してこの建築物のメインフレームに必要な高強度鋼部材、接合法等の開発を行う。主な研究開発目標は以下の通りである。

・震度7弾性新構造システム開発

- ・高強度部材の製造技術開発
- ・超高強度接合部品開発
- ・高強度部材の接合技術開発

研究開発期間

2006年度～2008年度

#### (10) 次世代光波制御材料・素子化技術（運営費交付金）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

技術目標及び達成時期

2010年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

### 4 - - . 先進交通社会確立技術

#### (1) エネルギーITS（運営費交付金）

概要

平成19年5月の「次世代自動車・燃料イニシアティブ」に基づき、運輸部門のエネルギー消費効率改善のため、自動運転・隊列走行技術、高度交通流制御技術等の省エネルギーに資するITS技術の開発を行う。

技術的目標及び達成時期

2012年度までにプローブ情報を利用した信号制御機能の実用化を図るとともに、2020年代に実用化が見通せる運転制御、隊列走行の基盤技術の確立を目指す。

研究開発期間

2008年度～2012年度

#### (2) 革新的次世代低公害車総合技術開発（運営費交付金）

概要

大気環境・地球温暖化・エネルギー問題の同時解決に向けて、次世代の低公害車の技術開発を実施する。

特に、都市間の輸送に用いられる「都市間トラック・バス」を中心とした分野における要素技術の開発を自動車技術・燃料技術の両面から実施していく。

技術目標及び達成時期

平成20年度において、都市間の輸送に用いられる「都市間バス・トラック」を中心とした分野における次世代低公害車の要素技術を確立する。具体的には、以下のとおり。

- ・燃費向上率

貨物車 現行基準値に対して10%

乗用車 2015年基準値に対して20%

・排出ガス

貨物車 NOx：ディーゼル重量車のポスト新長期（挑戦目標）規制値

PM：ディーゼル重量車のポスト新長期規制値

乗用車 NOx：ガソリン車のポスト新長期規制値

PM：ガソリン車のポスト新長期規制値

研究開発時期

2004年度～2008年度

(3) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発（運営費交付金）

概要

炭素繊維複合材料は、軽量、高強度等の優れた特性を有している。従来の熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維複合材料では成形性・加工性に乏しくリサイクルが困難であったため、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料（CFRP）の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、炭素繊維と熱可塑性樹脂との中間基材を開発し、熱可塑性CFRP加工技術を開発する。

研究開発時期

2008年度～2012年度

(4) 次世代構造部材創製・加工技術開発（次世代航空機用）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、航空機、高速車両等の輸送機器への先進材料の本格導入を加速させるため、先進複合材料及び先進金属材料について部材開発、設計試作及び評価を実施することで、軽量化によりエネルギー使用効率を大幅に向上させる革新的な構造部材の創製・加工技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、複合材の構造健全性診断技術、チタン合金の創製・加工技術を確立するとともに、航空機用エンジンへの適用を目指し、耐熱・耐衝撃性に優れた複合材料を開発する。

研究開発期間

2003年度～2012年度

(5) 環境適応型小型航空機用エンジン研究開発（運営費交付金）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、エネルギー使用効率を大幅に向上し、環境対策にも優れた次世代の小型航空機用エンジンの開発にとって重要な要素技術の研究開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、エネルギー使用効率を大幅に向上する構造設計技術、騒音、NOx等の環境負荷対応に優れた環境対策技術、インテグレーション技術、高バイパス比化等の高性能化技術といった要素技術の研究開発・実証を行う。

研究開発期間

2003年度～2010年度

#### (6) 省エネ用炭素繊維複合材技術開発

概要

航空機、自動車、鉄道、船舶等の輸送機械等における炭素繊維複合材の適用範囲を拡大し、省エネルギーの促進を図るため、先進的な炭素繊維複合材成形技術や、耐雷対策の低コスト化技術等の研究開発・実証を行う。

技術目標及び達成時期

2013年度までに、従来の方法に比べ低コストであり、曲率の大きな部位の成形も行うことができるVaRTM（バータム）法等の炭素繊維複合材成形技術や、炭素繊維複合材を用いた製品の耐雷性能を低コストで確保する技術の研究開発・実証を行う。

研究開発期間

2008年度～2013年度

#### (7) 燃料電池システム等実証研究（4 - - 参照）

### 4 - - . 次世代省エネデバイス技術

#### (1) パワーエレクトロニクスインバータ基盤技術開発（運営費交付金）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、省エネルギーを進めるために、シリコンよりも材料特性に優れたワイドギャップ半導体デバイスを用いた高効率インバータ等の実用パワーエレクトロニクス機器システムの基盤技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、ワイドギャップ半導体デバイスを用いた高効率インバータ等の実用パワーエレクトロニクス技術を開発する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

#### (2) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち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（運営費交付金）

概要

窒化物系化合物半導体は日本が強みを有し、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、今後のIT社会を支えとなることを期待されている分野である。しかし、既存のバルク単結晶基板成長技術やエピタキシャル成長技術では、従来の半導体では実現できない領域で動作可能なハイパワー、超高効率デバイス性能を十分に引き出すには至っていない。

これを突破するため、大学あるいは研究所を拠点に材料メーカー、デバイスメーカー、装置メーカー等が相互連携して、窒化物半導体の結晶欠陥低減技術やナノ構造作製技術等の革新を図り、これらデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減の実現を図る。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

- ・ 基板技術（GaN、AlNバルク結晶作製技術）
  - 口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。
- ・ エピ技術（エピタキシャル成膜及び計測評価技術）
  - 低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。
  - 高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現
  - 高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

研究開発期間

2007年度～2011年度

### (3) 次世代低消費電力半導体基盤技術開発（MIRAI）(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展、IT利活用の高度化を支え、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、テクノロジーノード（微細化レベル）45nm以細の次世代低消費電力半導体を実現するため、微細加工の基盤技術やマスク（半導体素子製造過程で用いる原板）の低コスト化・製造時間短縮に必要な基盤技術の開発等を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、マスク設計・描画・検査の各工程に共通的なマスクデータ処理技術、繰り返しパターンやパターン重要度を利用した描画・検査高速化技術等の基本的な開発及びEUVLマスク基盤技術として、許容欠陥の指標明確化、ブランクスの位相欠陥検査技術の確立等を完了する。

研究開発期間

2001年度～2010年度

### (4) 半導体アプリケーションチッププロジェクト（運営費交付金）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展、IT利活用の高度化を支え、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、情報通信機器、特に、情報家電の低消費電力化を実現できる半導体アプリケーションチップ技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、情報家電の低消費電力化を実現できるアプリケーション



チップ技術を開発する。

研究開発期間

2003年度～2009年度

(5) 次世代高度部材開発評価基盤の開発 (CASMAT2) (運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。半導体産業分野で、集積回路の消費電力低減に必要な配線形成用各種材料等の開発のネックとなっているナノレベルでの材料間の相互影響を評価可能な統合部材開発支援ツールを開発する。これにより、集積回路の種類やデザインルールに応じて、配線形成用各種材料とプロセスの最適な組み合わせの提案技術(統合的材料ソリューション提案技術)を確立する。

技術的目標及び達成時期

2008年度までに、半導体材料開発に貢献する材料評価基盤を構築するとともに、上記の統合的材料ソリューション提案技術を確立する。また、本プロジェクトを通して得られた基礎データ等については、プロジェクト実施期間中にデータを体系的に整理し、幅広く社会に提供を図る。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(6) 次世代プロセスフレンドリー設計技術開発 (運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展、IT利活用の高度化を支え、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、テクノロジーノード45nm以降の半導体に対応するSoC(System on Chip)設計技術を開発する。具体的には、テクノロジーノード45nm以細の半導体の共通設計基盤技術開発として、DFM(Design For Manufacturing)基盤技術を中核とした設計及び製造の全体最適を確保する全く新しいSoC製造フローを開発する。

技術目標及び達成時期

テクノロジーノード45nm以細のSoC開発において製造性を考慮した共通設計基盤技術を確立し、システムLSIデバイスの省エネルギーを実現するとともに、設計生産性を従来予想に比べ2倍にすることを目標とする。

研究開発期間

2006年度～2010年度

4 - - . その他

(1) 希少金属等高効率回収システム開発

概要

小型電子・電気機器にはベースメタルや、金、銀等の貴金属の他、インジウム、ニッケル等の希少金属等を含有している。現状では、これらの機器が廃棄された後は、非常に高温で処理する乾式製錬技術を用いてリサイクル・処理されている

ため、多大なエネルギーを消費するばかりか、回収可能な金属が銅、金、銀等に限定されており、その他の希少金属等は回収できずに廃棄処分されている。このため、湿式製錬技術を活用した高効率な最適技術の開発等を通じて、回収工程の省エネルギー及び希少金属等の回収率向上を図る。

技術目標及び達成時期

- ・ 従来方法（乾式製錬）で処理する場合に比べて、大幅な省エネルギーの実現（省エネルギー効果：原油換算で約78万kl/年削減）
- ・ 廃小型電子・電気機器、廃超硬工具等中に含まれる希少金属等の回収率の向上（インジウム0%→90%、ニッケル50%→95%、コバルト0%→95%、タンタル0%→80%、タングステン90%→95%、レアアース0%→80%）

研究開発期間

2007年度～2010年度

## （2）次世代構造部材創製・加工技術開発（次世代衛星基盤）

概要

国際商業市場における我が国衛星メーカーの競争力を強化するべく、次世代の衛星技術として期待されている、準天頂衛星システム（移動中の利用者等に対し、米国が運用するGPSとの補完による高精度な位置情報等の提供を可能にする新システム）の構築に不可欠な基盤技術（産業競争力強化にも直結する衛星の軽量化、長寿命化に関する技術等）の開発を行う。本プロジェクトの一部については、他部門と比較して需要増加の割合が高い運輸部門のエネルギー消費を抑制すべく、航空機、自動車、高速車両等の輸送機器の軽量化・効率化にも資する複合材料製造設計のための基盤技術を確立するためのものであり、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

静止軌道と一定の角度をなす傾斜軌道に複数の衛星を配置し、見かけ上、常に天頂付近に最低1つの衛星を位置させるシステム。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、準天頂衛星システムの構築に不可欠な基盤技術（産業競争力強化にも直結する衛星の軽量化、長寿命化に関する技術等）の開発を行う。

研究開発期間

2003年度～2010年度

## （3）高効率重金属処理剤研究開発

概要

重金属等によって汚染された土壌、飛灰、ばいじん、排水・廃液等を安全かつ経済的に処理する技術開発として、少量の使用で重金属等を安定的かつ効率的に捕捉できる複合金属汚染土壌のオンサイト処理に適した高性能の無機系重金属等処理剤及び自然環境への負荷が少ない新規有機系処理剤を開発する。

技術的目標及び達成時期

2008年度までに、飛灰における金属選択性が高く安価な重金属等処理・回収剤及び排水中における亜鉛や6価セレンなどを処理できる重金属等処理剤を開発する。

研究開発期間  
2003年度～2008年度

4 - . 運輸部門の燃料多様化

4 - - . 共通

- (1) イノベーション実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

4 - - . バイオマス由来燃料

- (1) 新エネルギー技術研究開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) E3地域流通スタンダードモデル(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) バイオマス等未活用エネルギー実証事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (4) バイオマスエネルギー地域システム化実験事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

4 - - . G T L等の合成液体燃料

- (1) 革新的次世代低公害車総合技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) 天然ガス未普及地域供給基盤確立実証試験(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) 天然ガスの液体燃料化(G T L)技術実証研究(運営費交付金)(4 - - 参照)

4 - - . 燃料電池自動車および水素関連技術

- (1) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) 新利用形態燃料電池技術開発(運営費交付金)(4 - 参照)
- (4) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (5) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (6) 水素社会構築共通基盤整備事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (7) 燃料電池システム等実証研究(4 - - 参照)

4 - - . 電気自動車

- (1) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

4 - . 新エネルギー等の開発・導入促進

4 - - . 共通

- (1) 新エネルギー技術研究開発(運営費交付金)

概要

新エネルギーの自立的普及に向けて、太陽光、風力、バイオマスなど新エネルギー分野でのイノベーションを促進すべく、高効率かつ低コストを目指した先進的技術開発を実施する。具体的には以下の研究開発を実施する。

- A. 革新的な太陽電池の開発を実施する研究拠点を形成し、海外との研究協力等を行いながら、超長期の視野に立って、飛躍的な性能向上を目指した太陽光発電技術の開発を推進する。(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)
- B. 中長期的に、より一層の高効率化と低コスト化を目指して、革新的な材料、構造等を採用した太陽光発電技術の開発を推進する。(太陽光発電システム未来技術研究開発)

- C．2020年の目標発電コスト14円/kWhおよび太陽光発電システムの大幅な効率向上を実現すべく、未来技術研究開発などで得られた要素技術開発の成果の内、実用化が期待できる太陽電池作製に係る技術について課題を設定し早期実用化を助成する。(太陽光発電システム実用化促進技術開発)
- D．電力供給源としての太陽光発電の信頼性を確立し、今後の太陽光発電システムの円滑な普及促進を図るため、太陽光発電システムの大量普及時に不可欠な性能評価技術やリサイクル・リユース技術等システムの共通基盤技術に係る研究等を実施する。(太陽光発電システム共通基盤技術研究開発)
- E．PVシステムの普及拡大のため、「集中連系型太陽光発電システム実証研究」の設備を有効利用しながら、認証制度にも資する複数台連系に係わる試験方法を確立する。(単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究)
- F．風力発電技術の国際的な動向を把握しつつ、我が国の複雑地形における風力発電利用上の各種課題を克服するための基礎から応用までの技術について研究開発を行う。具体的には我が国の厳しい風特性を反映した風特性モデルの確立及び高々度風況観測を簡便に行うためのリモートセンシング技術の精度検証・評価を行う。
- また、全国規模での落雷電流計測、落雷様相観測による雷特性の把握、落雷特性・落雷保護対策と被害実態との相関把握、上記を踏まえた効果的な落雷保護対策の検討及び実機規模での実雷による保護対策検証等を実施し、高精度落雷リスクマップを作成するとともに、風力発電設備へのより効果的な落雷等に対する対策を策定する。(次世代風力発電技術研究開発事業)
- G．我が国特有の海上特性や気象・海象条件を把握し、これらの自然条件に適した洋上風況観測法や風力発電システムに関する技術開発とその実証を行なうと共に、環境影響評価システム手法を確立する。(洋上風力発電技術研究開発)
- H．バイオマスのエネルギー利用の促進を図るためには、発生地域が分散し、形状・性状が多種多様にわたるバイオマス資源を利用しやすい形態の有用エネルギーへ効率的に転換できる技術を開発する。(バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発)
- I．世界的にもベンチャー企業による太陽光発電、新型風力発電、燃料電池、バイオ燃料分野におけるイノベーション活動が活発化していることを踏まえ、詳細目標設定・多段階選抜形の米国S B I R制度を参考に特定のキーテクノロジーに対するベンチャーのチャレンジを強力に支援する。(新エネルギーベンチャー技術革新事業)

#### 技術目標及び達成時期

- A．2050年までに「変換効率が40%超」かつ「発電コストが汎用電力料金並み(7円/kWh)」の太陽電池を実用化することを目指した研究開発の中で、変換効率40%超の実現に向けた技術の基礎・探索研究段階と位置づけて研究開発を実施する。
- B．2020年頃に業務用電力料金並の発電コスト(14円/kWh、モジュール製造原価として75円/W程度)、2030年頃に火力発電の発電コスト(7円/kWh、モジュール製造原価として50円/W程度)の実現に向けた中・長期的な技術開発を行う。

- C . 2015年に向けて市場競争力を備えた本格生産・商用化を目指す。
- D . 2020年度の技術開発目標である発電コスト14円/kWhを目指し、中期的な視点での太陽光発電の普及拡大に資する。
- E . 2009年度末までに、電力系統側が受け入れ可能な、導入台数の制限のない能動型単独運転検出装置の試験方法を確立する。
- F . 2012年度までに、風力発電の基礎から応用までの技術について、国際的な動向を把握しつつ、我が国特有の気象・地形に起因する各種問題(風車耐久性等)を克服するための研究開発を行って、我が国の風車産業の振興に資するとともに、IEA RD&D WINDなどの最先端の国際的風力発電共同研究に研究成果を反映させる。  
また、2012年度までに、高精度落雷リスクマップを作成するとともに、風力発電設備へのより効果的な落雷等に対する対策を策定する。
- G . 2013年度までに、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立する。
- H . 2004年度より、バイオマスエネルギー転換プロセスにおける各工程のボトルネックを抽出し、2008年度までに開発が完了するよう、それぞれのボトルネックをブレイクスルーする要素技術開発を提案公募方式により実施する。更に、2005年度より2009年度まで、バイオマスのエネルギー転換・利用技術等の分野において2030年の普及を目指した新規な革新的技術を開発するための先導技術研究開発を提案公募方式により実施する。
- I . 潜在的なオプションの顕在化や関連産業分野の技術開発による技術革新により、新エネルギー導入促進技術オプションの多様化と経済性の向上に寄与する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

## (2) 新エネルギー技術フィールドテスト事業(運営費交付金)

### 概要

2010年度の新エネルギー導入目標達成に向け、新技術を活用した太陽光発電及び太陽熱利用システムの有効性の検証、バイオマス熱利用システムの性能・経済性等の検証、風車立地に必要な高所の風況データの収集・解析など総合的な新エネルギーフィールドテストを実施する。具体的には以下のフィールドテストを実施する。

- A . 新技術を活用した太陽光発電システム等を設置し、出力特性等の情報収集及び分析を行うことで、その有効性を確認するとともに、ガイドラインの策定等により広く情報発信を行う。(太陽光発電新技術等フィールドテスト事業)
- B . 新利用形態の太陽熱利用システムや未利用分野においてシステムを設置し、出力特性等の情報収集及び分析を行うことで、その有効性を確認するとともに、ガイドラインの策定等により広く情報発信を行う。(太陽熱高度利用システムフィールドテスト事業)
- C . 広く薄く賦存するバイオマスを、民間企業や研究機関等において研究開発が終了段階をむかえた高効率に熱利用できるシステムを設置し、設置場所の熱需要に合わせたフィールドテストを実施することにより、実運転におけるバイオマス熱

利用転換システムとしての課題抽出、解決を行い、早期実用化を図り、バイオマスエネルギーの導入促進を行う。(地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業)

- D. 風力発電の導入目標(2010年度300万kW)を達成するため、共同研究事業者と大型風車の導入普及に必要な高所の風況データの収集・解析・評価を行い、公開する。(風力発電フィールドテスト事業)

技術目標及び達成時期

- A. 設置システムについて、2007年度に策定したガイドラインを2009年度、2012年度及び2015年度に見直し改訂する。
- B. 設置システムについて、2007年度に策定したガイドラインを2009年度に改訂する。また、2012年度及び2015年度に見直し改訂する。
- C. 一定レベルまで確立されたバイオマス熱利用技術について、性能や経済性等の状況・データを収集・分析し、熱利用システムの有効性を実証するとともに、これらの結果を公表することで汎用性の高い熱利用システムの確立し、2010年度のバイオマス熱利用の導入目標(308万KL)達成を目指す
- D. 2010年度までに、高所の風況データの解析・評価を行い、導入普及に有用な資料の取りまとめを行い、これらの結果を風力発電事業者、研究機関や風力発電事業を計画している各種団体等に公開することにより、風力発電導入の素地を形成し、風力発電の導入を拡大する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

### (3) イノベーション実用化補助金(運営費交付金)

概要

科学技術基本計画における戦略的技術領域・課題にかかる技術課題等で石油代替エネルギーの製造・生成・利用に資する実用化開発を行う民間企業に対し助成支援する。

技術目標及び達成時期

助成事業終了後3年以上を経過した時点で25%の実用化達成率。加えて、知的資産経営の方針に対する審査時の評価を通じて、「技術等の知的資産を活かす経営の下で収益拡大を図る(技術を経営、収益につなげる)」意識を普及させる。

研究開発期間

2000年度～

### (4) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)

概要

産業界や社会のニーズに応える石油代替技術のシーズの発掘とその育成、並びに、石油代替技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の若手研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって石油代替効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

#### 技術目標及び達成時期

独創性のある若手研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的石油代替技術の研究開発を促進する。本事業では革新的石油代替技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、石油代替技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

#### 研究開発期間

2000年度～

### 4 - - . 太陽・風力

#### (1) 太陽光発電無線送受電技術の研究開発

##### 概要

新たな電力供給方式として地上において様々な用途への応用が見込まれ、また、長期的には将来の新エネルギーシステムとして期待される宇宙太陽光発電システムの中核的技術として応用可能な太陽光発電無線送受電技術を確立するため、安全性等を確保しつつ、太陽エネルギーを効率良く伝送するための要素技術等について研究開発を行う。

#### 技術目標及び達成時期

2010年度までに高効率半導体増幅回路の開発、複数フェーズドアレイパネルの統合による精密ビーム制御技術の開発、高効率受電整流回路の開発を目指すことにより、無線送受電技術の高効率化を図る。

#### 研究開発期間

2008年度～2010年度

### 4 - - . 電力系統制御・電力貯蔵

(1) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

(2) 風力発電電力系統安定化等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

(3) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

### 4 - - . バイオマス・廃棄物・地熱等

(1) E3地域流通スタンダードモデル創成事業(運営費交付金)

##### 概要

離島(全域)におけるエタノール3%混合ガソリン(E3)の製造から給油までの大規模なフィールドテストを通じ、E3利用に関する社会システムモデルの構築と一般社会へ適用する際の技術課題の抽出を行う。

#### 技術目標及び達成時期

2010年の「京都議定書目標達成計画」の導入目標(50万kl)に資するため、2009年度にE3利用の社会モデルを構築し、2011年度までにその検証を行う。

#### 研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) バイオマス等未活用エネルギー実証事業(運営費交付金)

概要

地域に賦存する未活用の資源であるバイオマスをエネルギーとして有効活用するため、溶融ガス化等熱化学的変換技術による燃料化システムやメタンガス等生物化学的変換技術による燃料化システム等の実証試験事業、事業可能性調査等を実施し、利用ノウハウ等を蓄積、本格的なバイオマス等エネルギーの導入を推進する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、バイオマス等の種別やエネルギー変換手法、更には地域特性を加味した一連のエネルギー転換システム毎のフィージビリティスタディや試験設備の設置により、バイオマス等の運搬・収集、エネルギー転換及びエネルギー利用に係るデータの収集、分析、評価を実施し、その結果をフィードバックすることによって本格的なバイオマス等エネルギーの導入を目指す。

研究開発期間

2001年度～2009年度

(3) バイオマスエネルギー地域システム化実験事業(運営費交付金)

概要

バイオマスエネルギーの資源収集・運搬、転換、残渣処理、利用までの一連の利活用システムについての、各要素の連携の最適化を図るための実証を実施することによって、地域特性に適合した地域主導によるバイオマスの地産地消・地域循環型の先導的モデルシステムを構築することによりバイオマスエネルギーの導入を促進する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、国内バイオマス資源の安定的かつ経済的な供給システム、最適なエネルギー転換技術、エネルギー転換後に発生する残渣の処理等の一連の地産地消型エネルギー転換システムについて、ノウハウ蓄積、課題抽出及びその対策方法の策定、技術確立を行う。また、ここで確立されたバイオマスエネルギーシステムは他地域への波及を先導する事例となることを目標とする。

研究開発期間

2005年度～2009年度

4 - - . 燃料電池

(1) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発(運営費交付金)

概要

自動車用、家庭・業務用等に利用される固体高分子形燃料電池(PEFC)の実用化・普及に向け、要素技術、システム化技術及び次世代技術等の開発を行うとともに、共通的な課題解決に向けた研究開発の体制の構築を図る。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、固体高分子形燃料電池の経済性・耐久性の向上や高性能



化のための技術開発を行い、燃料電池の普及段階へ向けて必要な基本的技術を確立する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(2) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)

概要

燃料電池の基本的反応メカニズムについての根本的な理解を深めるために、高度な科学的知見を要する現象解析及びそのための研究体制の整備を行い、現状の技術開発における壁を打破するための知見を蓄積する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、燃料電池内における反応機構を電気化学(電極触媒反応、イオン移動、分子移動等)及び材料化学(溶解・腐食反応、錯形成反応、ラジカル反応、固相内拡散等)の観点から解明する。また、燃料電池新技術の性能を適切に評価・実証するための基本システムを構築する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(3) 新利用形態燃料電池技術開発(運営費交付金)

概要

ユビキタス社会に対応する燃料電池の実用化・普及拡大を図るため、小型可搬電源となり得る小出力燃料電池等の安全性確保等を目的とする基準・標準化研究開発及び燃料電池の用途開拓のための技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年までに、燃料電池の新利用形態、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携帯用燃料電池技術を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発(運営費交付金)

概要

高耐久性の水素透過型メンブレン(膜)を開発し、家庭用LPガス供給システムから高純度の水素を供給可能な高効率LPガス改質装置を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、家庭用LPガス供給システムから燃料電池へ高純度の水素を供給する高効率かつ低コストでコンパクトなメンブレン型LPガス改質装置を開発する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(5) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発(運営費交付金)

概要

固体酸化物形燃料電池(SOFC)は発電効率が高く、分散型電源として期待されるが、実用化・普及のためには耐久性・信頼性向上、低コスト化等の課題を解決することが必要であり、材料開発や劣化要因解明など基盤的な要素技術の研究を行う。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、耐久性・信頼性の向上のための劣化要因解明等の基礎研究、低コスト化のための材料等や高出力セルスタックの開発、起動停止対応等の実用性向上のための技術開発を実施する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(6) セラミックリアクター開発(運営費交付金)

概要

電気化学的に物質やエネルギーを高効率で変換する次世代型セラミックリアクターの実現のため、低温作動と急速作動停止を可能とする材料の開発とマイクロセルの集積構造化技術等の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、新電解質材料の適用や電極反応の高効率化等による、低温作動時(650以下)での出力性能を向上させる材料技術と共に、マイクロセルの集積構造化や精緻なインターフェース構築のための製造プロセス技術を開発。そして、これらの技術を統合することにより、次世代型セラミックリアクターとしてのプロトタイプモジュール実証(出力性能2kW/部等)を行う。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(7) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(運営費交付金)

概要

水素の製造・輸送・貯蔵等に係る機器やシステムについて、性能・信頼性・耐久性の向上や低コスト化を目指す水素利用技術の研究開発を行い、水素社会の実現に必要な基盤技術の確立を図る。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、水素製造・貯蔵・輸送・充填に関する機器やシステムの信頼性・耐久性向上、低コスト化、性能向上等実用化検証や要素技術開発、及び当該技術を飛躍的に進展させることができる革新的技術開発や調査研究などを行い、その成果を産業界に提供することにより、水素エネルギー初期導入間近の関連機器製造・普及技術として完成させ、水素社会の真の実現に必要な基盤技術の確立を図る。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(8) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業(運営費交付金)

概要

世界トップ水準の優れた研究者を中核に、国内外の研究機関・企業のバーチャルな連携の下、高圧水素貯蔵に比べよりコンパクトかつ効率的な水素貯蔵を可能とする水素貯蔵材料の性能向上に必要な条件等を明らかにすることにより、燃料電池自動車の航続距離の飛躍的向上を図る。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、水素貯蔵材料の基本原則、さらには水素貯蔵能力の革新的向上に必要な条件を明らかにすることにより、水素をより安全・簡便・効率的かつ低コストに輸送・貯蔵するための技術基盤を確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(9) 水素先端科学基礎研究事業(運営費交付金)

概要

水素の輸送や貯蔵に必須な材料に関し、水素脆化等の基本原則の解明及び対策の検討を中心とした高度な科学的知見を要する先端的研究を、国内外の研究者を結集し行うことにより、水素をより安全・簡便に利用するための技術基盤を確立する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、水素脆化、水素トライボロジーの基本原則の解明及び対策の検討等を行い、水素をより安全・簡便に利用するための技術指針を産業界に提供する。

研究開発期間

2006年度～2012年度

(10) 水素社会構築共通基盤整備事業(運営費交付金)

概要

燃料電池の導入・普及に資する基盤整備のため、製品性能の試験・評価手法及び国内外の基準・標準の確立を図る。

技術目標及び達成時期

2009年度を目途に、安全性等に係るデータを取得し、そのデータを基に試験・評価手法の確立、国際標準の確立、規制の再点検を三位一体で進める。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(11) 固体酸化物形燃料電池実証研究(運営費交付金)

概要

発電効率が高く、分散型電源として期待される固体酸化物形燃料電池(SOFC)の研究開発・実用化の促進のため、耐久性を始めとしたデータの取得・課題

抽出等のための実証を実施する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、SOFCシステムの実証試験を数十～数百台規模で実施し、蓄積が不足している耐久性を始めとした実証データの取得・課題抽出等を行い、SOFC技術開発等へのフィードバックを行う。

研究開発期間

2007年度～2010年度

#### (12) 定置用燃料電池大規模実証事業(運営費交付金)

概要

定置用燃料電池コージェネレーションシステムの実用化開発を支援するため、量産技術の確立と実用段階に必要なデータ収集を行う大規模実証を実施する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、定置用燃料電池を大規模かつ広域的に設置し、実使用条件下における耐久性等の運転データを取得・分析、コストダウンに向けた課題抽出を行い、製品改良へのフィードバックを行う。

研究開発期間

2005年度～2008年度

#### (13) 燃料電池システム等実証研究

概要

実条件に近い中での燃料電池自動車等の実証走行や、高圧水素貯蔵システム、多角的な燃料供給システムの検証を進め、水素エネルギー社会における水素利用の課題等を抽出するとともに、燃料電池・水素に対する国民的理解の醸成を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、実使用条件下における技術的課題を抽出するとともに、環境特性、エネルギー総合効率、安全性、耐久性等に関する基準・標準に資するデータを取得し、燃料電池自動車、水素ステーションの研究開発等へのフィードバックを行う。

研究開発期間

2006年度～2010年度

### 4 - . 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

#### 4 - - . 軽水炉・軽水炉核燃料サイクル

< 新型軽水炉 >

##### (1) 次世代軽水炉等技術開発

概要

2030年前後に見込まれる大規模な代替炉建設需要に対応するため、安全性・経済性、信頼性等に優れ、世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発を行う

技術目標及び達成時期

2010年度までに、次世代軽水炉の実現に必要な要素技術開発等及びプ

ラント概念の成立性について見通しを得るための概念設計検討を行う。

研究開発期間

2008年度～2010年度（見直し）

< プルサーマルの推進 >

(2) 全炉心混合酸化物燃料原子炉施設技術開発

概要

プルサーマルが当面のプルトニウム利用策として期待されていることを踏まえ、既存の軽水炉に比べ約3倍のプルトニウムを装荷することができる全炉心混合酸化物燃料原子炉に必要な技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、原子炉の開発に必要な設計、解析、試験等を行い、全炉心混合酸化物燃料原子炉技術を確立する。

研究開発期間

1996年度～2011年度

< 軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの円滑な移行のための技術開発 >

(3) 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発

概要

FBR実証炉及び関連サイクル施設の早期実現を図るため、文部科学省と連携し、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を推進する。そのなかで、次世代再処理工場から発生する高線量回収ウラン等を既存軽水炉燃料製造施設で取扱可能とする、次世代再処理工場と調和可能な回収ウラン等の除染技術について、調査・基礎試験等を行い、商業的に利用可能な除染技術候補の検討等を実施する。選定された技術については、プロセス試験等を実施する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、回収ウラン等の除染プロセスの候補技術の洗い出し及び候補プロセス技術の基礎試験を終了し、次世代再処理技術との適合性の検証を行い、プロセス試験を実施すべき除染プロセス技術を選定する。

また、2015年までに、選定した除染プロセス技術について工学化規模でのプロセス試験を行い、商業的に利用可能な転換前高除染技術としての実効性を検証する。

研究開発期間

2007年度～2015年度

< ウラン濃縮技術の高度化 >

(4) 遠心法ウラン濃縮技術開発

概要

我が国におけるウラン濃縮技術や生産能力の維持・向上のため、世界最高水準の性能を有するなど国際的に比肩し得る経済性と性能を有する新型遠心分離機を開発する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、国際役務価格\$100/kg SWU相当を目指して、現在実用化している金属胴遠心分離機の約5倍という高い分離性能や同遠心分離器を上回る寿命など国際的に比肩し得る技術レベルを有する新型遠心分離機の開発を目指すとともに、最終仕様の新型遠心分離機を多数台用いたカスケード試験の実施により商用プラントとしての信頼性を確立し、運転要領の策定を行う。

研究開発期間

2002年度～2009年度

#### < 回収ウラン >

##### (5) 回収ウラン利用技術開発

概要

六ヶ所再処理工場で回収される回収ウランを再濃縮し、再び軽水炉で利用するため、濃縮施設等既存施設への影響等を把握し、転換プロセスを中心とした回収ウラン利用技術を開発する。併せて劣化ウラン酸化固形化についても検討を行う。

技術目標及び達成時期

2012年頃までに、劣化ウランの取扱・管理の容易さや貯蔵効率を向上させるための劣化ウラン酸化固形化（再転換を含む）技術の研究開発を行い、同技術に係る基礎プロセスを確立する。2015年度頃までに、再処理により回収される回収ウランの濃縮が可能な商用遠心分離機の設計を確定する。

研究開発期間

2008年度～2015年度

#### < 共通基盤技術開発 >

##### (6) 革新的実用原子力技術開発費

概要

原子力発電及び核燃料サイクルに関する革新的かつ基盤的技術であって実用化につながる研究開発テーマを競争的環境の下で広く提案公募方式により募集し、将来の原子力技術の発展及び技術の多様化につながる研究開発を行う。

なお、実施に当たっては、研究開発の特性に応じて既存技術分野、基盤技術分野、国際協力技術分野の3分野を設け事業を実施する。

技術目標及び達成時期

2012年まで、既存技術分野、基盤技術分野、国際協力技術分野において個別テーマ毎に研究開発を実施する。

なお、既存技術分野は2008年度で終了となる。

研究開発期間

2000年～2010年（見直し）

#### 4 - - . 高速増殖炉（FBR）サイクル

##### (1) 発電用新型炉等技術開発

概要

FBR実証炉及び関連サイクル施設の早期実現を図るため、文部科学省と連携し、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を推進する。具体的には、実証炉に必

要な要素技術のうち、設計・建設段階において必要となる実プラント技術として、格納容器設計技術、耐震性評価技術、高温材料設計技術、保守技術の試験等を実施する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、実証炉の概念設計へ反映しうる設計基準データ等の技術的根拠を得る。

研究開発期間

2007年度～2010年度

(2) 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発(4 - - 参照)

#### 4 - - . 放射性廃棄物処理処分

(1) 地層処分技術開発

概要

) 地層処分共通技術開発

高レベル放射性廃棄物等の地層処分における共通的技术として、今後段階的に進められる処分地選定の際に重要となる地質等調査技術の高度化開発を行う。

) 高レベル放射性廃棄物関連処分技術開発

高レベル放射性廃棄物処分に係る基盤技術として、人工バリア等の長期性能評価技術、処分場操業の際のオーバーパック溶接や搬送・定置等の遠隔操作技術の開発を行う。

) TRU廃棄物処分関連技術開発

TRU廃棄物の地層処分に係る基盤技術として、高レベル放射性廃棄物との併置処分の可能性も念頭に、TRU廃棄物に固有に含まれる核種の閉じ込め技術や人工バリア等の長期性能評価技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

) 地層処分共通技術開発

2011年度までに、処分地選定の初期段階で必要となる地上からの調査技術のうち、特に沿岸域の環境や高精度での地下水評価等に係る調査評価技術の高度化・確証を行う。

) 高レベル放射性廃棄物関連処分技術開発

2011年度までに、人工バリア等の長期性能評価技術や遠隔操作等の工学技術について高度化を図り、幅広い地質環境に対応可能な技術選択肢と成立性を提示する。

) TRU廃棄物処分関連技術開発

2011年度までに、TRU廃棄物に固有に含まれるヨウ素129や炭素14の閉じ込め、高アルカリ環境下での人工バリアの性能評価等に関し、幅広い地質環境に対応可能なデータ・モデルの整備と技術選択肢の提示を行う。

研究開発期間

1998年度～2011年度

(2) 管理型処分技術開発

）地下空洞型処分施設性能確認試験

概要

T R U廃棄物や発電所廃棄物等の余裕深度処分において検討されている「地下空洞型処分施設」の成立性確認のため、実規模大の空洞を利用した総合的な確認試験を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、実規模大の空洞内にコンクリートピット等からなる地下空洞型処分施設を構築し、施工性や初期性能の総合的な確認を行う。

研究開発期間

2006年度～2011年

(3) 放射性廃棄物共通技術開発

概要

）放射性廃棄物重要基礎技術研究調査

放射性廃棄物処分に係る国内外の最新知見の収集・分析、重要かつ基礎的な課題の抽出並びに研究を実施し、長期に及ぶ処分事業等を支える技術基盤の拡充を図る。

）放射性核種生物圏移行評価高度化調査

放射性廃棄物処分の安全評価に共通的な基盤情報として、生物圏における核種移行プロセスを評価するため、日本の風土を反映した核種移行パラメータ・モデルを整備する。

技術目標及び達成時期

）放射性廃棄物重要基礎技術研究調査

2011年度までに、放射性廃棄物処分に共通的な重要基礎技術として、地質環境の長期安定性評価、人工バリアや岩盤の長期挙動評価等に係る知見を整備する。

）放射性核種生物圏移行評価高度化調査

2011年度までに、沿岸域の環境も含めたわが国表層環境への適用とT R U廃棄物に固有の核種等を考慮した、生物圏核種移行のモデルとデータベースを構築する。

研究開発期間

2001年度～2011年度

4 - - . 原子力利用推進に資する電力系統技術

(1) イットリウム系超電導電力機器技術開発(運営費交付金)

概要

世界的にも我が国が最先端の技術力を有する次世代高温超電導線材を活用し、経済社会の基盤となる電力の安定的かつ効率的な供給システムを実現するため、系統を適正に制御し、電力供給を安定化させるための技術及び発電電力を無駄なく輸送するための高効率な送電技術の確立を目指す。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、イットリウム系超電導線材を用いたS M E S、電力ケー



ブル、変圧器実現のための重要な技術開発を行い、各機器の成立性を実証する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(2) 高温超電導ケーブル実証プロジェクト(運営費交付金)

概要

革新的な超電導送電技術を確立するため、工業生産プロセスで実用化レベルに達している高温超電導線材を活用し、実用化のための実証試験及び評価を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、200MVA級の中間接続部を有した三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66KV実系統に接続して、12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

4 - - . その他電力供給安定化技術

(1) 風力発電電力系統安定化等技術開発(運営費交付金)

概要

大規模風力発電所等の普及拡大時において懸念される周波数変動等系統上の問題対策として、蓄電システムの併設による出力安定化技術を開発し、実態に応じたシステム稼働データの抽出や当該システムの有効性の検証を行う。

技術目標及び達成時期

長期実証運転を強いられた大容量システムの耐久性や信頼性を評価するため解体分析調査を行うことにより、当該技術の有効性を検証するとともに、そのシステムを確立する。

研究開発期間

2003年度～2008年度

(2) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業(運営費交付金)

概要

大規模太陽光発電を電力系統に連系した場合に課題となる系統安定化対策やピーク対策のための技術等を開発するとともに、その有効性を実証する。

また、国内外の先進的な次世代技術の価格性能を比較することを通じて技術開発を加速する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、下記の実証研究を行い、その有効性を確認する。

(イ) 蓄電池等を組み合わせた出力変動抑制システムの有効性。

(ロ) 発電出力のピーク制御(午後のピーク帯へのシフト)の有効性。

(ハ) 大型インバータによる高調波抑制システムの有効性。

(ニ) 国内外メーカーの太陽電池モジュールの特性比較を行い、性能、経済性等を比較・検証。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)

概要

蓄電池技術は、新エネルギーの出力安定化や燃料電池自動車(FCV)・ハイブリッド自動車(HEV)・電気自動車(EV)等の高効率次世代自動車に共通する重要なコア技術である。そこで、高性能蓄電システムに係る要素技術開発、新材料開発及び基盤技術の開発を行う。

A. 系統連系円滑化蓄電システム技術開発

B. 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発

技術目標及び達成時期

A. 2010年度末において、寿命10年、コスト4万円/kWh、1MW規模のシステムおよび要素技術の確立と2030年において寿命20年、コスト1.5万円/kWh、20～30MW規模の蓄電システムを見通せる技術開発。また、新エネルギー対応の充放電パターン等、基礎データの整備、大型化に伴う安全性や寿命等の評価手法の確立。

B. 2011年度末において、電池開発では、0.3kWhモジュールを作製し、重量エネルギー密度100Wh/kg、出力密度2000W/kg、寿命10年、コスト4万円/kWhを達成すること(条件:3kWhの組電池、100万台生産ベース)。電池構成材料及び電池反応制御技術の開発では重量エネルギー密度200Wh/kg、出力密度2500W/kg、コスト3万円/kWhを小型単電池で達成すること(上記と同条件)。また、電池周辺機器開発では、格段の高性能化、コンパクト化、低コスト化を達成すること。さらに、重量エネルギー密度500Wh/kgを見通せる新規概念・構造の蓄電池基礎開発の他、劣化・寿命診断法、安全性評価などの各種試験法等の開発およびそれら共通基盤技術の基準・標準化。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 発電プラント用超高純度金属材料の開発(運営費交付金)

概要

従来の金属材料と比べ耐食性、耐久性、加工性などの飛躍的な向上が期待できる超高純度金属材料の発電プラント部材としての実用化を目指し、低コスト・量産化製造プロセス、及び加工・溶接技術等の開発を行い、部材としての実用特性の評価・検証を行う。

また、実用化に向けたフィージビリティ調査を行い経済性の評価等を実施するとともに、材料特性に関するデータベースの整備及びそれに必要な試験研究を行う。

技術目標及び達成時

2009年までに、不純物総量100ppm未満、溶解量数100kg以上の低コスト・量産化技術製造技術を開発するとともに、製造された超高純度材料が発電プラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って

発揮できることを確認する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

#### 4 - . 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

##### 4 - - . 石油・天然ガス・石炭の探鉱・開発・生産技術

###### (1) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型ノ特別研究(運営費交付金)

概要

石油及び可燃性天然ガス資源の開発に係る技術の振興を図る観点から、大水深、複雑な地層といった悪条件化が進む石油・天然ガスの探鉱・開発技術、利用拡大が見込まれる天然ガス田の開発促進に資する天然ガス有効利用技術等について、短期間で実用化が期待され、民間ニーズに直結した研究開発を提案公募により実施する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、我が国の石油・天然ガスの探鉱・開発技術力の向上、及び天然ガスの利用の促進に向けた天然ガスの有効利用技術の開発を行う。

研究開発期間

2001年度～2012年度

###### (2) 石炭生産技術開発(クリーン・コール・テクノロジーの研究開発の一部)

概要

石油代替エネルギーである石炭の安定供給を図るため、低品位炭の有効利用、石炭生産性の向上のための研究開発等を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、インドネシアにおいて低品位炭の有効利用を図ることを目標に、低品位炭の発熱量を高め、自然発火性を抑制する低品位炭改質技術を確立する。

研究開発期間

2001年度～2009年度

###### (3) 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発(運営費交付金)

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から、石油製品等に含まれる化学物質によるリスクを把握し、必要な対策を適切に行うことを可能とするため、*in vitro*培養系技術等の活用により遺伝子組換え細胞等を用いた*in vitro*系簡易有害性予測手法、また、トキシコゲノミクスを活用した短期動物試験結果と相関する遺伝子発現データセットを開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、遺伝子導入技術、幹細胞分化誘導技術、生物発光技術等を適用した培養細胞を用いて、試験期間1ヶ月程度、発がん性、催奇形性及び免疫毒性を予測評価できる試験手法を開発し、また、遺伝子発現解析技術を短期動物試験に適用し、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

を完成させる。また、標準的な試験プロトコルを策定する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (4) 石油資源遠隔探知技術の研究開発

概要

我が国が開発・運用する多様な地球観測センサ(ASTER、PALSAR等)の地球観測データを用いて、石油・天然ガス等の安定供給確保のため、資源開発・探査、環境観測等に有効なデータの処理解析手法の研究開発を行う。また、地球観測データのような大容量のデータを容易に扱えるシステムの研究開発を実施することで資源開発・探査、環境観測を含む多様な分野でのリモートセンシングの利用拡大を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、資源開発・探査、環境観測等の分野における地球観測データ処理・解析技術の向上及び地球観測データの利用の拡大を図る。

研究開発期間

1981年度～2010年度

#### (5) ハイパースペクトルセンサ等の研究開発(運営費交付金)

概要

資源開発に有効な岩石・鉱物や地質構造解析の高次元解析を可能とするハイパースペクトルセンサの開発を行うとともに、軌道上におけるデータ取得の実証を行い、センサ技術の確立を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までにスペクトル分解能200バンド前後のハイパースペクトルセンサを開発し、地表面のスペクトル情報を取得して資源開発に有効なセンサ技術の実証を行う。

研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (6) 次世代合成開口レーダ等の研究開発

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から行うものであり、石油及び可燃性天然ガス資源等の開発に資するため、資源探査能力を格段に向上した合成開口レーダである次世代合成開口レーダ(PALSAR)の健全性評価やセンサを維持することにより、取得される画像データを用いた石油・天然ガス資源の遠隔探知を行う技術を確立する。

技術目標及び達成時期

PALSARの開発、健全性の評価・維持を実施することにより、2010年度までに、レーダ技術の高度化(アンテナ指向の電子制御化、分解能の向上、多偏波観測等)を図る。

研究開発期間

1993年度～2010年度

(7) 極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システムの研究開発

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から行うものであり、石油及び可燃性天然ガス資源等の開発に資するため、資源探査能力を格段に向上した光学センサである資源探査用将来型センサ(ASTER)の健全性評価やセンサを維持することにより、取得される画像データを用いた石油・天然ガス資源の遠隔探知を行う技術を確立する。

技術目標及び達成時期

ASTERの開発、健全性の評価・維持を実施することにより、2010年度までに、センサ技術の高度化(ポインティング機能の追加、分解能の向上、熱センサの搭載等)を図る。

研究開発期間

1987年度～2010年度

4 - - . 石油・天然ガスの有効利用技術

(1) 石油燃料次世代環境対策技術開発

概要

バイオマス燃料から製造した石油製品が自動車排出ガスに及ぼす影響、新たな自動車燃焼技術(自着火燃焼(着火までに燃料と空気を十分に混合し、その混合気体を点火プラグの使用なしで圧縮することにより着火させる燃焼法でNOx排出低減、熱効率が高い等の利点がある))に適応した燃料に関する技術開発を実施する。

また、建設機械、発電機等のオフロードエンジンの排ガスによる環境負荷低減や石油燃焼機器の効率的な利用を進めるための技術開発を実施する。

技術目標及び達成時期

バイオマス燃料の利用時における、燃料と自動車エンジン技術の両面の影響評価を進め、技術的課題を解決し、運輸部門における燃料多様化を目指す。

また、オフロードエンジンの規制は欧米が先行していることから、2012年頃、欧米において規制強化が予定されている排ガス規制に対応した技術を確立し、我が国における規制強化に対応可能な燃焼技術を実現することを目指す。

研究開発期間

2002年度～2011年度

(2) 石油精製高度機能融合技術開発

概要

石油精製業を中心とする石油コンビナート全体の横断的かつ高度な運営機能の融合を図り、単独企業のみでは達成困難なコンビナート域内の省資源、省エネルギーの向上を進めるため、異業種異企業間における限りある貴重なエネルギー資源の利用効率の高い生産技術に関し技術の開発・実証を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、我が国における他のコンビナートへの波及効果を含め、CO<sub>2</sub>排出量を63万トン/年削減可能とする技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2009年度

### (3) 将来型燃料高度利用技術開発

#### 概要

省エネ、二酸化炭素削減効果が見込まれる燃料電池自動車の燃料である高純度(99.99%以上)水素を安定的かつ経済的に供給することは重要である。石油は、その長所として豊富な水素供給余力と安価な水素製造技術及び全国に展開した災害に強いガソリンスタンドを保有している。これら石油の長所を活かした水素供給システムの確立により、水素社会の早期実現に貢献するものである。本事業では、製油所からの高純度水素供給技術開発とガソリンスタンドを拠点とする高純度水素製造技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

コスト低減のため製油所におけるナフサから高効率(80%以上)な高純度水素製造を可能とする新たな技術を開発する。また、供給地のガソリンスタンドにおいて有機ハイドライドから高純度の水素を高効率(80%)に取り出すための水素発生装置を開発する。また、脱硫後の灯油硫黄分を検出限界以下の10ppb以下とする脱硫剤の開発を行うとともに、貴金属使用量を2-3wt%から0.5wt%以下まで低減しても、従来と同等の高い性能が維持できる改質触媒を開発する。さらに、膜分離型反応器を用いた99.99%高純度水素の製造効率を80%、4万時間の耐久性が期待できる水素製造システムを開発する。

研究開発期間

2008年度～2010年度

### (4) 革新的次世代石油精製等技術開発

#### 概要

原油価格の高騰・高止まりや原油の重質化と製品需要構造変化等の石油を巡る大きな環境変化のなか、連産品である石油製品を今後とも長期的に安定化かつ効率的に供給するためには、製油所の更なる高度化に向けた技術の開発実用化が必要である。このため、非在来型原油を含めた重質油を原料として、製油所におけるボトムレス化、余剰となる分解留分の高付加価値等のためのプロセスや触媒技術等の開発を行う。また、次世代の技術シーズ創出のため、これまでの技術とは異なる発想により我が国唯一の革新的な新規触媒研究、新規膜分技術研究、新規製造プロセス研究等を産官学の連携等により実施する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに重質油対応型高過酷度接触流動分解技術(HS-FCC)については、3千BD規模(商業レベルの1/10規模)の実証研究を通じ、プロピレン収率20%以上(既存技術4%程度)、将来不足が予想される高オクタン価ガソリン基材(RON98(既存技術92程度))の製造を可能とする技術を確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(5) 次世代高信頼性ガスセンサー技術開発

概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサー素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有する次世代高信頼性ガスセンサー（COセンサー・メタンセンサー）を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジーおよびMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性（数百PPM以下の故障率）、低コストなCOとメタンのセンサを開発する。

研究開発期間

2008年度～2011年度

(6) 天然ガス未普及地域供給基盤確立実証試験（運営費交付金）

概要

天然ガスの供給手段が存在せず（パイプラインはもとよりサテライト供給でも採算が合わないため）石油等の燃料に依存している地方都市部の中小規模の天然ガス需要に対し、天然ガスハイドレートを利用した、新たな輸送技術を確認する。

技術目標及び達成時期

従来のLNGチェーンによる供給に係る投資コストに対し、そのコストを約1/4に低減する事が可能な天然ガスハイドレート（NGH）供給システムを2008年度までに確立する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(7) 天然ガスの液体燃料化（GTL）技術実証研究（運営費交付金）

概要

硫黄等を含まず排出ガスがクリーン、着火性が高いという特徴を有することから石油系燃料代替として期待されるGTLについて、天然ガス中に含まれるCO<sub>2</sub>を除去せず、原料として積極的に活用することから、従来利用が困難であったCO<sub>2</sub>を多く含むガス田からの天然ガスが利用可能、CO<sub>2</sub>除去装置が不要であることによる生産設備コストの低減が可能、といった強みを有する我が国独自のGTL製造技術の確立を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、実証プラントによる運転研究（500バレル/日）を行い、商業規模でのGTL製造技術を確認する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

- ( 8 ) 高耐久性メンブレン型 L P ガス改質装置の開発 ( 運営費交付金 ) ( 4 - - 参照 )
- ( 9 ) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型 / 特別研究 ( 運営費交付金 ) ( 4 - - 参照 )
- ( 1 0 ) 高効率ガスタービン実用化技術開発 ( 4 - - 参照 )

#### 4 - - . オイルサンド等非在来化石資源の利用技術

##### ( 1 ) メタンハイドレート開発促進委託費

###### 概要

日本周辺海域に相当量の賦存が見込まれ、国産のクリーンなエネルギー資源として有望なメタンハイドレートを利用可能とするため、資源量評価手法、生産手法及び環境影響評価手法等の確立のための技術開発を行う。

###### 技術目標及び達成時期

2 0 1 6 年度までに、商業的産出のための技術を整備することを目指し、日本周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存状況と特性の明確化、有望賦存海域からのメタンハイドレート資源フィールドの選択及び現場産出試験等による生産手法の確立等を推進する。

###### 研究開発期間

2 0 0 1 年度 ~ 2 0 1 6 年度

##### ( 2 ) 革新的次世代石油精製等技術開発 ( 4 - - 参照 )

#### 4 - - . 石炭クリーン利用技術

##### ( 1 ) 革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト

###### 概要

石炭の高効率な利用を図るために、

- ・ 酸素吹きによる石炭ガス化発電 ( I G F C ) の開発実証
- ・ 化学吸収法による C O 2 の分離・回収技術の実証
- ・ C O 2 を輸送するための船舶の設計
- ・ C O 2 を貯留するための発生源近傍における貯留ポテンシャルやコストの評価
- ・ 石炭ガス化から CCS まで一貫したトータルシステムの設計等を行う。

###### 技術目標及び達成時期

石炭ガス化については、2 0 0 9 年度までに、パイロットプラントにおいて、高圧の石炭ガスから C O 2 の分離・回収技術の確立及びガス化炉の信頼性向上へ向けて、3 炭種以上の適応炭種拡大試験を実施する。また、C C S については、2 0 1 6 年度頃から C O 2 地中貯留の実証試験に着手する。

###### 研究開発期間

2 0 0 7 年度 ~ 2 0 1 2 年度

##### ( 2 ) 国際革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト補助金

###### 概要



石炭火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>の削減技術について諸外国との実証普及事業等を実施し、当該技術の普及基盤を整備することにより、エネルギー供給に対する環境上の制約を取り除き、もって我が国エネルギー需給構造の安定化を図る。

技術目標及び達成時期

石炭ガス化技術等実証普及事業では、ゼロエミッション型石炭火力発電の実証プロジェクト(Future Genプロジェクト)への参画を通じた石炭ガス化・発電技術、CO<sub>2</sub>分離回収技術、CO<sub>2</sub>輸送貯留技術等に関する情報収集や関連する技術調査の実施等により、我が国におけるゼロエミッション型石炭火力発電の実用化開発に資する技術・知見を得る。また、将来のCO<sub>2</sub>の地中貯留に際しては、国民の正しい理解が不可欠であり、これを念頭においたゼロエミッション型石炭火力発電に係る普及啓蒙活動を積極的に実施する。

酸素燃焼国際共同実証事業では、既存の微粉炭火力発電の改造による酸素燃焼方式のゼロエミッション型石炭火力発電プラントの実用化を目標とするものであり、既存のプラントの改造により対応可能であること、酸素燃焼を行うことにより、燃焼ガスからCO<sub>2</sub>を分離する装置が不要であることから、比較的低コストで極めて大きなCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。

研究開発期間

2007年度～2016年度

### (3) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発費補助金

概要

従来の超々臨界圧火力発電(USC)は、蒸気温度の最高温度は630程度が限界で、送電端熱効率も42～43%が原理的限界といわれてきた。しかしながら、近年の材料技術の進歩により、700以上の蒸気温度を達成できる可能性が見えてきたことから、これらの材料を活用した先進超々臨界圧火力発電技術(A-USC)の開発を行うものである。A-USCは、蒸気温度700級で46%、750級で48%の高い送電端熱効率の達成が可能な技術であり、2020年以降増大する経年石炭火力発電のリプレイス需要に対応するため、早急に技術開発を進める必要がある。そのため、ボイラーメーカー、タービンメーカー及び材料メーカーが共同でA-USCの技術開発に取り組む。

技術目標及び達成時期

平成22年度までにシステム基本設計を完了し、シミュレーションにより送電端熱効率46%～48%の達成が可能なことを確認する。平成24年度までにボイラー、タービン部材等が700以上の蒸気温度に耐えられるかどうかを試作、評価し、経済性を含めたシステム成立性への見通しを得る。平成27年～平成28年度に実缶試験、回転試験を実施し、蒸気温度700以上の条件下でボイラー、タービンの信頼性を確認する。また、ボイラー、タービン部材について3万～7万時間の長期信頼性試験を実施し材料特性を検証する。

研究開発期間

2008年度～2016年度

### (4) 石炭利用技術開発(一部、運営費交付金)(クリーン・コール・テクノロジーの

## 研究開発の一部)

### 概要

環境適合的な石炭利用の拡大を図るため、石炭ガス化、無灰化技術による転換効率向上に資する技術や石炭からの水素製造技術等、クリーン・コール・テクノロジーの開発を行う。

### 技術目標及び達成時期

2008年度までに、

- ・ 石炭から合成ガスや軽質オイルを併産する高効率な石炭部分水素化プロセス技術を20t/日のパイロットプラント規模で確立する(石炭部分水素化熱分解技術の開発)

2009年度までに、

- ・ 化学原料等に利用可能な合成用ガスを石炭乾留ガスから無触媒で製造する技術をパイロットプラントで確立する(無触媒石炭乾留ガス改質技術開発)

2011年度までに、

- ・ 石炭利用プロセスにおいて、環境分析技術の高精度化、環境影響成分の挙動解析のためのモデルの構築等により、環境への影響低減手法を開発する(戦略的炭素ガス化・燃焼技術開発)

### 研究開発期間

1995年度～2008年度(2008年度見直し)

- ・ 戦略的炭素ガス化・燃焼技術開発 2007年度～2011年度
- ・ 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発 2006年度～2009年度
- ・ 石炭部分水素化熱分解技術 2003年度～2008年度

## (5) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発費補助金

### 概要

供給安定性に優れた石炭の高効率かつ低環境負荷での利用を図るため、石炭をガス化して燃料とし、コンバインドサイクル(ガスタービンと蒸気タービンの組合せ)を駆動する高効率発電技術(石炭ガス化複合発電技術(IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle)の実証試験を行う。

### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、25万kWの実証機を用いた実証試験により、熱効率40.5%(送電端、高位発熱量ベース)を目指す。この目標は50万kWの商用機における熱効率46～48%に相当する。本技術は実証試験終了後の2010年度より商用化が可能である。

### 研究開発期間

1999年度～2009年度

## (6) 環境調和型製鉄プロセス技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

## 4 - - . その他共通

### (1) イノベーション実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

- ( 2 ) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 3 ) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 4 ) 燃料電池先端科学研究 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 5 ) 新利用形態燃料電池技術開発 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 6 ) 高耐久メンブレン型 L P ガス改質装置の開発( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 7 ) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 8 ) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 9 ) 水素貯蔵材料先端基礎研究事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 10 ) 水素社会構築共通基盤整備事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 11 ) 水素先端科学基礎研究事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 12 ) 固体酸化物形燃料電池実証研究 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 13 ) 定置用燃料電池大規模実証事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 14 ) 燃料電池システム等実証研究 ( 4 - - 参照 )

## 5．政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

### 5 - 1．総合エネルギー効率の向上

- 事業者単位の規制体系の導入
- 住宅・建築物に係る省エネルギー対策の強化
- セクター別ベンチマークアプローチの導入と初期需要創出（高効率機器の導入補助等）
- トップランナー基準の対象機器の拡充等
- アジアにおける省エネルギー対策の推進を通じた我が国の国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

### 5 - 2．運輸部門の燃料多様化

- 公共的車両への積極的導入
- 燃費基準の策定・改定
- アジアにおける新エネルギー協力
- 国際標準化による国際競争力向上

### 5 - 3．新エネルギー等の開発・導入促進

- 事業者支援補助金等による初期需要創出
- 新エネルギーベンチャービジネスに対する支援の拡大
- 新エネルギー産業構造の形成
- 電気事業制度・ガス事業制度の在り方の検討

### 5 - 4．原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保

- 電力自由化環境下での原子力発電の新・増設の実現
- 資源確保戦略の展開
- 次世代を支える人材育成
- 中小型炉の海外市場への展開、我が国原子力産業の国際展開支援
- 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的枠組み作りへの積極的関与
- 国と地域の信頼強化

### 5 - 5．化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

- 資源国等との総合的な関係強化（研究開発の推進・協力、人材育成・技術移転、経済関係強化など）
- 化石燃料のクリーンな利用の開拓

## 6．研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金による実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

また、事業名に（採択テーマ）と記載された事業は、提案公募事業により採択されたテーマを記載したものであり、その採択や評価等は、提案公募事業の実施機関の責任の下、実施されるものである。

## 7. 改訂履歴

- (1) 平成16年7月7日付け、省エネルギー技術開発プログラム基本計画、新エネルギー技術開発プログラム基本計画、燃料技術開発プログラム基本計画、電力技術開発プログラム基本計画、原子力技術開発プログラム基本計画制定。固体高分子形燃料電池/水素エネルギー利用プログラム基本計画(平成16・02・03産局第6号)は、新エネルギー技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (2) 平成17年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第8号)、新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第10号)、燃料技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第12号)、電力技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第11号)、原子力技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第13号)は、廃止。
- (3) 平成18年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第14号)、新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第9号)、燃料技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第17号)、電力技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第12号)、原子力技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第13号)は、廃止。また、次世代低公害車技術開発プログラム基本計画(平成17・03・29産局第2号)は、省エネルギー技術開発プログラム基本計画及び燃料技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (4) 平成19年4月2日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成17・03・31産局第19号)、新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第15号)、燃料技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第18号)、電力技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第17号)、原子力技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第16号)は、廃止。
- (5) 平成20年4月1日付け、エネルギーイノベーションプログラム基本計画制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成19・03・26産局第1号)、新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成19・03・20産局第4号)、燃料技術開発プログラム基本計画(平成19・03・19産局第7号)、電力技術開発プログラム基本計画(平成19・03・16産局第3号)、原子力技術開発プログラム基本計画(平成19・03・23産局第2号)は、本プログラム基本計画に統合することとし、廃止。

## 事前評価書

	作成日	平成19年2月20日
1. 事業名称 (コード番号)	「次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発／ 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」	
2. 推進部署名	燃料電池・水素技術開発部	
3. 事業概要	<p>(1)概要:</p> <p>現在、運輸部門の石油依存度は、ほぼ 100%の状況であり、今後、エネルギーの効率的な利用、石油代替エネルギーへの移行により、石油依存度を低減していく必要性が指摘されている。それゆえ、石油依存度を低減し、多様なエネルギーでかつ低環境負荷で走行する燃料電池自動車、電気自動車、ハイブリッド自動車等の普及が期待されているが、ハイブリッド自動車の高性能化、および、燃料電池自動車、電気自動車の早期実用化には、高性能蓄電池技術開発が重要となる。</p> <p>こうした状況を一体的に改善する技術として、蓄電池を中心とする電力貯蔵技術の飛躍的な性能向上と低コスト化が不可欠であり、本事業では、次世代自動車用高性能蓄電システムに係る要素技術開発、新材料等の次世代技術開発及び基盤技術開発を行う。</p> <p>①「要素技術開発」(100%委託)</p> <p>1)電池開発:2015 年を目処に、高性能リチウムイオン電池の実用化を目指す。</p> <p>2)電池構成材料開発及び電池反応制御技術の開発:2015 年以降での実用化を目処に、高性能なリチウムイオン電池の構成材料の開発、基本原理の解明などを行う。</p> <p>3)周辺機器開発:格段の高性能化(高効率化・軽量化・コンパクト化)に資する電池制御やモーター等の周辺機器の技術開発を行う。</p> <p>②「次世代技術開発」(100%委託)</p> <p>2030 年以降を念頭に、革新的な二次電池を開発する。電池の反応制御技術、新規の概念に基づく電池の構成材料等の研究開発を実施する。</p> <p>③「基盤技術開発」(100%委託)</p> <p>現状のリチウムイオン電池における寿命診断、電池性能評価・安全性試験方法などの基準策定や規格化に資する提案とデータ取得を行う。さらに、技術開発の効率化につながる反応メカニズムの解析手法の確立等、共通・基盤的な技術開発を行う。</p> <p>(2)事業規模:平成19年度 17億円(委託研究)</p> <p>(3)事業期間:平成19年度～23年度(5年間)</p>	

#### 4. 評価の検討状況

##### (1) 事業の位置付け・必要性

経済産業省が、2006年5月にとりまとめた新・国家エネルギー戦略において、運輸部門などにおけるエネルギー戦略上の数値目標を定めている。そこでは、運輸部門の石油依存度を、現状のほぼ100%から2030年までに80%程度まで引き下げるとの目標を掲げている。また、部門横断的な目標として、省エネ目標を掲げており、我が国のエネルギー効率(GDPあたりのエネルギー消費原単位)を2030年までに現状から30%向上させることとしている。

このようにエネルギー制約が高まる中で自動車エネルギー技術は多様化し、今後は、電気を駆動力源(一部の場合を含む)とする、燃料電池自動車・ハイブリッド自動車・電気自動車や、クリーンディーゼル自動車等の既存技術の更なるクリーン化、化石燃料から代替燃料への移行、といった様々な技術体系の間での競争が進み、技術革新が加速されると見込まれている。

こうした中で、電池技術は、燃料電池自動車・ハイブリッド自動車・電気自動車等に共通するコア技術であり、多様な自動車エネルギー技術の中でも基盤的な性格を持つ。

本事業では、蓄電池を中心とする電力貯蔵技術の飛躍的な性能向上と低コスト化を目的とした技術開発を実施する。

なお、本技術開発は、新エネルギー技術開発プログラムに則って推進する予定である。

## (2) 研究開発目標の妥当性

車載用として必要な高エネルギー密度化、高出力密度化、長寿命化、低コスト化、高安全性を目指して以下のような目標値を設定する。いずれも車載レベル(3kWh 級パック電池を想定)で設定するが、次世代自動車用高性能蓄電システムとして難易度の高い目標であり、妥当である。

### ①「要素技術開発」に関して

#### 1) 電池開発(0.3kWh 級モジュールを作製)

- ・重量エネルギー密度:100Wh/kg
- ・重量出力密度:2000W/kg
- ・寿命:10 年以上
- ・充放電効率:95%以上
- ・コスト:4 万円/kWh の見通しを示すこと(100 万パック/年生産時)
- ・安全性:車載時の濫用に耐えること

#### 2) 電池構成材料及び電池反応制御技術の開発(小型単電池を作製)

- ・重量エネルギー密度:200Wh/kg 以上
- ・重量出力密度:2500W/kg 以上
- ・コスト:3 万円/kWh 以下の見通しを示すこと(100 万パック/年生産時)
- ・安全性:車載時の濫用に耐えること

#### 3) 周辺機器開発

- ・格段の高性能化、コンパクト化、低コスト化

### ②「次世代技術開発」に関して

2030 年頃において、パック電池レベルで重量エネルギー密度 700Wh/kg 以上という革新的な性能を実現することを目指し、本事業の終了時点で、重量エネルギー密度 500Wh/kg を見通せる電池構成材料及び電池反応制御技術を開発する。

### ③「基盤技術開発」に関して

- ・加速寿命診断法の確立。
- ・高 SOC 保存時、高温保存時、高出力時、長期サイクル時等の劣化要因の解明とその抑制手法の提案。
- ・車載用電池安全性試験法の策定。
- ・電池性能を向上させる因子の解明。

## (3) 研究開発マネジメント

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標並びに本研究開発の目的及び目標に照らし適切な運営管理を実施する。具体的には、「系統連係円滑化蓄電システム技術開発」事業と連携し「次世代蓄電池システム実用化戦略的技術開発」全般を効果的・効率的に推進するためのアドバイザリーボードを設置した上で、研究開発推進のため、必要に応じて外部有識者の意見・助言を求める。また必要に応じて、NEDO技術開発機構に委員会や技術検討会等を設置し、四半期に一回程度、プロジェクトの進捗について報告を受けるなどを行う。さらに、年に一回程度、事業の効率的な推進、情報や認識の共有等を目的に、本事業の実施者による報告会を開催する等を行う予定であり、マネジメント体制として妥当である。



#### (4) 研究開発成果

我が国における蓄電池産業は、これまでの国における先進的な技術開発および民間企業における自主開発の結果、世界市場において優位な状況であるが、昨今の韓国、中国等における市場シェアの伸びも予断を許さない状況であり、現在の競争力を維持、発展させるためにも長期的な視点で技術開発を進める必要がある。

本事業により、自動車用蓄電システム技術の格段の進展が達成された場合、次世代自動車の早期実用化に資することとなり、その波及効果は大きい。

#### (5) 実用化・事業化の見通し

ハイブリッド自動車の急速な市場拡大、燃料電池自動車の実証事業の伸展、さらにはコンピューター型の電気自動車の市場投入が検討されている状況を鑑みると、蓄電技術の中でも、次世代自動車用の高性能電池システム技術が進展する事は、日本の電池産業の発展だけでなく、環境戦略やエネルギー戦略上も有益であり、新・国家エネルギー戦略の達成に大きく寄与すると考えられる。

#### (6) その他特記事項

「次世代自動車用電池の将来に向けた提言(2006年8月発行)」(経済産業省主催:新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会)を踏まえている。

#### 5. 総合評価

本事業は、次世代自動車の実現に不可欠な電池技術及び関連技術を開発するものであり、日本の電池産業や自動車産業の更なる発展だけでなく、環境戦略やエネルギー戦略に対しても大きく寄与すると考えられることから、実施する意義は大きい。