

「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」
中間評価報告書

平成22年11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22年11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	1-17
2. 1 システム技術開発	
① 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発	
2. 2 システム技術開発	
② 車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術に関する研究開発	
2. 3 要素技術開発	
① 水素製造機器要素技術に関する研究開発	
①-1 水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発	
①-2 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発	
①-3 CO ₂ 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発	
2. 4 要素技術開発	
② 水素貯蔵材料・水素貯蔵/輸送機器要素技術に関する研究開発	
②-1 ホウ素系水素貯蔵材料の開発	

②-2 ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発

2. 5 要素技術開発

③ 水素ステーション機器要素技術に関する研究開発

③-1 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスプレイの開発

③-2 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発

③-3 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発

③-4 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発

2. 6 次世代技術開発・フュージビリティスタディ等

① 革新的な次世代技術の探索・有効性検証に関する研究開発

①-1 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討

①-2 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発

①-3 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発

3. 評点結果 1-56

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、「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」の中間評価報告書であり、第25回研究評価委員会において設置された「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」（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26回研究評価委員会（平成22年11月11日）に諮り、確定されたものである。

平成22年11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

「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」

中間評価分科会委員名簿

(平成22年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	いがらし あきら 五十嵐 哲	工学院大学 工学部 応用化学科 教授
分科会長 代理	かつた まさふみ 勝田 正文	早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 環境・エネルギー研究科兼務 教授
委員	いまむら はやお 今村 速夫	山口大学 大学院 理工学研究科 教授
	こいけだ あきら 小池田 章	株式会社 フレイン・エナジー 代表取締役社長
	さとう じゅんいち 佐藤 淳一	株式会社 本田技術研究所 四輪R&Dセンター 第一技術開発室 主任研究員・マネージャー
	にしみや のぶゆき 西宮 伸幸	日本大学 理工学部 物質応用化学科 教授
	やまね きみたか 山根 公高	東京都市大学 総合研究所 水素エネルギー研究センター 准教授
	よしかわ くにお 吉川 邦夫*	東京工業大学 フロンティア研究機構 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：東京工業大学 原子炉工学研究所）「NEDO 技術委員・技術評価委員規程(平成22年7月1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

● 第1回 分科会（平成22年8月25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

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
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26回研究評価委員会（平成22年11月11日）

評価概要

1. 総論

1) 総合評価

本プロジェクトは国際的にも国内的にも重要な技術開発であり、水素社会の構築を目指して、水素製造、輸送・貯蔵の実用化、普及のための技術開発に向けて精力的な取り組みが行われており、着実に成果を上げている。個別の研究開発成果については、高く評価できるものがあり、実用化の可能性を期待させるものである。

一方、本プロジェクトは、非常に広範な内容を含んでいるので、目標達成のためには、システム技術開発と要素技術開発、次世代技術開発の3つの研究開発項目とそこに含まれる個々のテーマの進捗状況を横断的に把握し、インターフェイスの部分で責任を持って管理することが極めて重要である。そのために強力なリーダーシップを持ったプロジェクトリーダーを設置することが望ましい。

また、個別の技術には成熟度の高いものも見られるが、2015年を目標とする水素供給インフラとしてのシステムの事業化という観点からは、事業化までの明確なシナリオが描けていない。

2) 今後に対する提言

個々の技術開発のレベルが、基礎研究レベルから耐久性実証レベルまでばらばらであり、2015年という早期の実用化開始をめざす基幹となる技術構成が不明確である。当面はコスト低減も重要であるが、フィールドテストに移行できるだけの信頼性のある技術確立に注力すべきである。果たして社会システムとして成立するのかという観点から、例えば特区を設定して推進することも必要であろう。同時に、平成22年度からは本プロジェクトに基準・標準化研究が組み入れられているが、海外の強力な企業がしのぎを削る中、海外の動向も十分注視して国際標準に対応できる基準、標準化を進めるべきである。

さらに、副生水素をクレジットや税制として優遇することや、安全面は重視したうえで、高圧ガス保安法・消防法・建築基準法の規制緩和の検討が進むことを期待している。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

本プロジェクトは、水素社会を構築するために燃料電池自動車（FCV）の導

入と普及を図ることを大前提として、水素製造・輸送・貯蔵システムなどの実用的な技術開発を目的としており、システム・要素技術の開発と事業化調査に傾注している。基礎的かつ萌芽的な研究要素も多く、産官学が一体となって NEDO が関与して開発を促進することは十分な意義がある。エネルギー供給の安全保障、低炭素社会の構築などを鑑みると、本事業の重要性は益々高まると考えられ、2030 年の時点では市場規模に対する開発投資という観点から、費用対効果は大きいものと考えられる。

2) 研究開発マネジメントについて

本プロジェクトは、開発が広範であるがゆえに多くの企業、大学が参画しており、研究開発の進展に応じて、計画の見直しも適切に実施されている。

しかしながら、主要テーマ毎に WG を設置し運営や実施状況を管理、確認している体制は見られたが、テーマ間の連携が具体的にどのようにおこなわれているのか明確でない。システム技術開発と要素技術開発の整合性を図るマネジメントを強力に推進する必要がある。

本プロジェクトは 2015 年頃の水素供給インフラ市場立上げに必要な一連のシステムや機器の技術確立にあるので、中間評価という観点から最終目標達成のための手段を明確にする必要がある。目標においては、経済性の面が強調されている。安全性と相反する面があり、費用対効果とともに安全性の確保も重要である。

これらの観点から、全体の整合性を図りながらプロジェクトを進めるプロジェクトリーダーが不可欠である。また、技術の普及への取り組みについては実証事業との連携、標準化についても基準・標準化の研究開発との連携を強化すべきである。特に、国際標準を目指す戦略が明確でなく、戦略策定が重要である。

3) 研究開発成果について

中間目標については、システム技術開発、要素技術開発、及び次世代技術開発において概ね達成されており、最終的な成果は、新しい技術領域の創出につながるものであり、最終目標達成のための素地は十分できているものと考ええる。特に、ステーションあたり 2 億円という線が見えてきたのは重要である。また、ホウ素系は 2015 年の実用化には困難も予想されるものの、世界最高水準の学術的成果を挙げている。

一方、個々のテーマのいくつかは、最終目標の達成が困難で有るように見受けられる。2015 年頃までに事業化等も見通せないテーマに関しては、知財権取得をしっかりとすべき。特に、水素貯蔵材料の開発は、水素エネルギーシステム

において最重要な要素技術であるが、質量貯蔵密度、水素放出温度、耐久性及び材料コストに関しては目標達成を見通せない状況にあるため、中長期の課題としての再考や見直しを含めて再検討も必要と考える。

また、水素の供給源の見通しを明確にし、水素をステーションまで運搬するのか、ステーションで水素を発生させるのか、開発のターゲットをもっと絞り込むべきである。総花的な開発では、費用対効果が少なくなる恐れがある。

4) 実用化、事業化の見通しについて

初期の水素スタンド向け技術・製品のめどは立ちつつあるなど実用化に繋がる可能性のある研究成果も見られ、それによる波及効果も期待できる。

ただし、競合しかつ先行するであろう EV 車両に対する FCV の優位性の強調とユーザー側の評価が今後重要な視点となるであろう。

また、目標に到達していない実施項目については、ロードマップを見直すとともに、将来技術として可能性を検討するか、他の代替技術への展開も含めて再考することも必要がある。

水素供給インフラとしてのシステムの事業化という観点からは、事業化までの明確なシナリオが描けておらず、このままでは 2015 年を目標とする早期の事業化は困難である。特に、水素製造設備と燃料電池自動車の開発・普及との整合性が取れておらず、再度事業化のシナリオを練り直す必要がある。

研究評価委員会におけるコメント

第26回研究評価委員会（平成22年11月11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。

- 本プロジェクトは幅広い技術分野を対象としており、全体を統括するプロジェクトリーダーを設置すべきである。

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	オリンパスビジネスクリエイツ株式会社 事業企画本部 戦略探索部 探索2グループ シニアマネージャー
	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 相談役
	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	東北大学未来科学技術共同研究センター 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
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学部機械学科 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

本プロジェクトは国際的にも国内的にも重要な技術開発であり、水素社会の構築を目指して、水素製造、輸送・貯蔵の実用化、普及のための技術開発に向けて精力的な取り組みが行われており、着実に成果を上げている。個別の研究開発成果については、高く評価できるものがあり、実用化の可能性を期待させるものである。

一方、本プロジェクトは、非常に広範な内容を含んでいるので、目標達成のためには、システム技術開発と要素技術開発、次世代技術開発の3つの研究開発項目とそこに含まれる個々のテーマの進捗状況を横断的に把握し、インターフェイスの部分で責任を持って管理することが極めて重要である。そのために強力なリーダーシップを持ったプロジェクトリーダーを設置することが望ましい。

また、個別の技術には成熟度の高いものも見られるが、2015年を目標とする水素供給インフラとしてのシステムの事業化という観点からは、事業化までの明確なシナリオが描けていない。

〈肯定的意見〉

- 目標を明確に設定し、実施体制も妥当である。研究成果の多くは評価できるレベルにあり、実用化の可能性を期待させるものである。
- 本プロジェクトは水素社会の構築を目指して、水素製造、輸送・貯蔵の実用化、普及のための技術開発に向けて精力的な取り組みが行われており、着実に成果を上げていると評価する。
- 水素の製造・輸送・貯蔵が水素エネルギー社会を構築のためのキーとなる技術であることは、周知の事実である。本プロジェクトではこれらを正面から取り上げ、2015年をターゲットに初期導入に対する供給インフラ基盤技術の確立を目指しており、我が国はもとより国際的にも波及効果のあるエネルギーイノベーションを実現するために非常に重要であると考えられる。担当者もこれを十分認識し緊張感を持って臨んでいる。
- NEDO という組織・活動はより重要性が高まっている。国際連携などを積極的に推進してほしい。
- 中間点における結果は、目標達成、成果等ほぼ順調に進んでいる。最終結果が楽しみである。
- エネルギー問題、温暖化問題、地域型環境問題に対応する水素エネルギー社会実現に向けてやらねばならない取り組みである。

- 国際的にも国内的にも重要な技術開発である。他の水素技術事業と連携して大きな成果が挙げられるものと期待できる。特に、ステーションあたり2億円という線が見えてきた点が評価できる。2015年に向けて産業界の設備投資が進むと思われる。
- 個別の研究開発成果については、高く評価できるものがある。

〈問題点・改善すべき点〉

- プロジェクト全体を管理するプロジェクトマネージャーがいないことは、この種の大規模な開発にとっては致命的である。個々の要素技術のインターフェイスの部分を誰が責任を持って管理するのか不明である。
- 以前から水素エネルギーに関するプロジェクトは、モビリティFCV関連に偏り過ぎているのではないかという疑問を持っている。都市再開発や公共機関の建て替えなどを利用して、あるいは家庭にまで、より面的な広がりエネルギー供給を将来目指しているのであれば、早い時期に着手すべきではないか？安全性に関する問題はあるだろうが、期待したい。これには、技術ばかりでなく社会科学の専門家による研究開発も必要となろう。特に周辺住民とのコンセンサスをどのように得るのかは重大問題。
- 重要性が高まっているからこそ、具体的な活動とその見直しをタイムリーに、また先見的に判断していくのかというのが重要である。
- ①実証ステーションのディスペンサーホースや緊急離脱弁のシールからの水素漏れの報告があったが、実際の車両へ充填中に発生しうることであり、事象そのものは非公開であってはならない。JHFC等に、即時連絡し、他の実証ステーションのホースやシールの点検や分解検査等、NEDOの指導で至急、水平展開をすべき内容である。②貯蔵材料のテーマは、水素貯蔵材料先端基盤研究事業で取組んでいるテーマとの研究の位置付けや進度等の違い等が判らない。水素貯蔵材料先端基盤研究事業のテーマの評価と同等で有るのかも不明。各事業の中のテーマ評価でなく、テーマを中心の評価にした方が良い。
- 水素ロードマップにおけるプロジェクト全体の考え方、さらに、今回のテーマでいえばシステム技術開発と要素技術開発、次世代技術開発の関係がより明確な形で示されるべきと考える。
- 世の中は電気自動車で沸いている。スマートグリッドとクラウドコンピューティングがそれに続いている。水素と水素自動車の優位性ないし相補性を正しく訴え、世論を正しい方向に導くべきである。
- 失敗は成功の基というように、やっていることはすべてチャレンジングであるので、失敗したらどうしようではなくそれをどのように生かすかを考えら

れるマネジメントをすることのほうが大事であると思う。

- 本プロジェクトは、非常に広範な内容を含んでいるので、目標達成のために3つの大テーマならびに大テーマに含まれる個々のテーマについて横断的に進捗状況を把握かつ整合することがきわめて重要であり、そのためには強力なリーダーシップをもったPLを選定することが望ましい。

〈その他の意見〉

- ・ 研究開発が多岐に渡っており、専門性の観点から評価のやり方に無理が有るように感じる。
- ・ 水素の製造はともかくとして、輸送・貯蔵で十分な収入を得ることのできる企業はおそらく皆無である。一方、サンシャイン計画以来、水素研究の歴史は長い。自社開発を続けてきた企業が今一步のところで息切れし、脱落することのないよう、十分なケアを望む。
- ・ NEDO で開発の進む他のプロジェクトの連携不足を感じる。
- ・ 技術の汎用性という観点から、定置型、車両などとの整合性も重要である。

2) 今後に対する提言

個々の技術開発のレベルが、基礎研究レベルから耐久性実証レベルまでばらばらであり、2015年という早期の実用化開始をめざす基幹となる技術構成が不明確である。当面はコスト低減も重要であるが、フィールドテストに移行できるだけの信頼性のある技術確立に注力すべきである。果たして社会システムとして成立するのかという観点から、例えば特区を設定して推進することも必要であろう。同時に、平成22年度からは本プロジェクトに基準・標準化研究が組み入れられているが、海外の強力な企業がしのぎを削る中、海外の動向も十分注視して国際標準に対応できる基準、標準化を進めるべきである。

さらに、副生水素をクレジットや税制として優遇することや、安全面は重視したうえで、高圧ガス保安法・消防法・建築基準法の規制緩和の検討が進むことを期待している。

〈今後に対する提言〉

- ①安全に関するものは、開発技術は非公開でも良いが、事象については広く情報公開と対応の水平展開をすべきである。
- ②貯蔵材料のテーマは、各事業（本事業と水素貯蔵材料先端基盤研究事業）の中のテーマ評価でなく、テーマを中心の評価にした方が良い。
- エネルギーイノベーションプログラムに関する非常に多くのプロジェクトがNEDOにおいて進行しており、それらの多くは水素に関する技術であるので、本プロジェクトの進行中あるいは終了後に、プログラムの分野横断的な評価を行なうことによって、本プロジェクトの位置づけを明確にし、さらにプログラムを整理することが必要である。また、本プロジェクトで得られた成果を世界に広く発信することによって、国際標準化をリードすることが必要である。
- 研究開発から実証へと技術評価を進めることも重要であるが、果たして社会システムとして成立するのか？という観点から特区を設定して推進することも必要ではないか？将来の想定コストを反映するために、副生水素をクレジットや税制として優遇することや、安全面は重視したうえで高圧法・消防法の規制緩和を検討。
- 2015年という目標年度は、今年5月の第18回国際水素エネルギー会議（エッセン）で、ドイツおよび日本の目標として国際的に広く紹介された。何が何でもなしとげるといふスタンスで進展させることを期待する。
- これらの提案を採用したときに既に評価内容の「研究開発成果」や「実用化、事業化の見通し」が掴めるから提案者に実施してもらったはずである。よって、採用した初期におのおののテーマで不確定要素すなわち心配事があった

はずである。それを示してくれると良かった。

- 1. 個々の技術開発のレベルが、基礎研究レベルから耐久性実証レベルまでばらばらであり、2015年という早期の実用化開始をめざす基幹となる技術構成が不明確である。当面はコスト低減よりも、フィールドテストに移行できるだけの信頼性のある技術実証に注力すべきある。
- 2. プロジェクト全体を整合性を持ってきちんと管理するプロジェクトマネージャーを配置すべきである。
- 海外事例はドイツ、フランス、アメリカに多く、海外の動向も十分注視すべきである。リンデ、エアリーキッド社等強力な企業がしのぎを削っているが、国際標準に対応できる基準、標準化を進めるべきであろう。加えて、海外に比べて非常に厳格な、規制の緩和にも着手すべきである。
- 水素社会構築に向けた本事業の研究開発は今後も継続すべきである。ただし、水素シナリオの中で設定されている開発ロードマップの目標値と、本事業で実施されている個々のテーマの目標値に整合性を持たせた開発を推進すべきである。

〈その他の意見〉

- この分野では時機尚早ではあろうが、トップランナー方式が技術開発の実用化に果たす役割は大きいように思う。トップランナーに重点的な援助、投資を考えられないのか？
- 技術評価とともに街づくりや社会システムの視点からの検討委員会も必要でないか？
- 本プロジェクトの評価には直接関係がないが、我が国のエネルギー資源状況が欧米とは大きく異なるものの、世界的に水素エネルギーの見直しが行なわれている現在、我が国の水素エネルギー政策そのものを見直す必要はないのか。
- ②手間がかかるが、評価テーマを分類した上で、評価を実施した方が良い。

1. 2 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

本プロジェクトは、水素社会を構築するために燃料電池自動車（FCV）の導入と普及を図ることを大前提として、水素製造・輸送・貯蔵システムなどの実用的な技術開発を目的としており、システム・要素技術の開発と事業化調査に傾注している。基礎的かつ萌芽的な研究要素も多く、産官学が一体となって NEDO が関与して開発を促進することは十分な意義がある。エネルギー供給の安全保障、低炭素社会の構築などを鑑みると、本事業の重要性は益々高まると考えられ、2030 年の時点では市場規模に対する開発投資という観点から、費用対効果は大きいものと考えられる。

〈肯定的意見〉

- 我が国が世界の先頭に立って進めるべき事業であり、妥当である。
- 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発は、日本のエネルギー政策、地球温暖化対策として意義があり、かつ必要な事業である。よって NEDO 事業として実施すべきものである。内外技術動向からみても先進性が高い。
- 今後燃料電池自動車が普及するのであれば、本研究開発は不可欠であり、リスクの高さを考えると、NEDO の事業として妥当である。
- 本プロジェクトは、水素社会を構築するために FCV の導入と普及を図ることを大前提として、水素製造・輸送・貯蔵システムなどの実用的な技術開発を目的としており、システム・要素技術の開発と事業化調査に傾注している。基礎的かつ萌芽的な研究要素も多く、開発レベルを考えると、現時点では企業単独で行なうよりも産官学が一体となって NEDO が関与して開発を促進することは十分な意義があると判断する。本プロジェクトの実施は、競合する欧米に対するわが国の独自性の差別化と実用化後の市場創出効果を勘案すれば妥当と考える。
- PPP（官民連携）は重要。新たな環境技術先進国となるべくチャレンジ、推進するための組織的活動はより重要になっている。
- (1)エネルギー問題、温暖化問題、地域型環境問題に対応する水素エネルギー社会実現に向けたやらねばならない取組みであるが、マーケット形成が明確ではない中の技術研究開発であり、NEDO の関与が必要とされる事業であることは明白である。各テーマに対して、メリハリの有る予算配分である。(2)事業目的は妥当、事業目的を成就するための個々のテーマの目標も概ね良い。
- エネルギー供給の安全保障、低炭素社会の構築などを鑑みると、本事業の重要性は益々高まるばかりであると考ええる。本分野では、開発された技術の出

来るだけ早い応用が大いに期待されており、そのためには民間のみでなく、公的機関が後援する必要性を感じる。2030年の時点ではあるが市場規模に対する開発投資という観点から、費用対効果は大きいものと考えられる。

- 世界的な水素エネルギー社会への大きな潮流のなかで、二次エネルギーとしての水素に係わる技術開発は公共性が高く、将来のエネルギー需給動向からも国家レベルで取り組むべき課題である。民間単独では取り組み難い技術開発に係わる研究を推進するためにも、NEDOの関与は必須である。

〈問題点・改善すべき点〉

- 水素社会実現のために必要な技術は新しい技術であり、その開発や確立、実用化、普及のためには想定以上の難しさや不確定さを伴うのが常である。プロジェクトとしての妥当性も重要であるが、国家ビジョン的視点から事業が推進されることも必要と考える。
- 韓国、中国、東アジアの猛追が今後考えられ、このためにも戦略的な知財管理、および技術の標準化を急ぐべきである。加えて、モビリティ、特にFCVばかりでなくより広範な面的利用にも目を向けるべきではないだろうか？
- 水素ステーションに特化させてまず実証しようという方針は納得できるが、同時に、なぜ水素なのかという位置づけを、エクセルギ解析も含めて確立する必要がある。他の水素技術事業との連携は大いに図るべきであるが、本事業の目的というよりは他の事業の目的に近いと思える研究開発が本事業の成果として一部含まれている。たとえば、水素貯蔵材料の設計指針の提出は水素貯蔵材料先端基盤研究の領域に近い。本事業で材料設計指針という場合、それは実験的な評価を伴ってはじめて意義があると銘記すべきである。
- 国民に対して、自信を持って正々堂々と事業内容を紹介してゆくことが必要である。国民を仲間に入れて推進することが少ないのではないか。
- 産業界が既得権者と一体の場合、産業界の開放は進みにくい。国際競争力、特長ある技術を持つ企業を積極的に評価する事も必要ではないか？
- 水素の供給源の見通しを明確にし、水素をステーションまで運搬するのか、ステーションで水素を発生させるのか、開発のターゲットをもっと絞り込むべきである。総花的な開発では、費用対効果が少なくなる恐れがある。

〈その他の意見〉

- ・ 実用化、事業化が期待されるプロジェクトであればこそ、海外メーカーの部品や機器を導入して何が何でも成功させるというオプションも考えられる。国産にどこまでこだわるのか、メーカーの養成もプロジェクトの意義として

掲げるのか、明確にすべきである。水素貯蔵材料の目標値は高すぎる。実現できるとして参加した人たちが全力を尽くすことを期待するが、その一方で、目標値が高すぎて参入を断念し、社業からその分野をはずす動きが出ていることに対するケアも必要だと感じる。水素関連産業の裾野を広げる必要があるのではないか。

- 低炭素社会の実現にも十分寄与するものと考えているが、特に水素製造においては、当面化石燃料の使用が残ってしまう可能性があり、この点に注意（注目）する必要があるだろうか？
- 欧州など再生可能エネルギーを水素源とするオフサイト型と化石資源を水素源とするオンサイト型の違いを認識する。日本方式の優位性についての評価がなされていない。
- 国際的に、貢献を惜しまず積極的に結果を開示してもらいたい。

2) 研究開発マネジメントについて

本プロジェクトは、開発が広範であるがゆえに多くの企業、大学が参画しており、研究開発の進展に応じて、計画の見直しも適切に実施されている。

しかしながら、主要テーマ毎に WG を設置し運営や実施状況を管理、確認している体制は見られたが、テーマ間の連携が具体的にどのようにおこなわれているのか明確でない。システム技術開発と要素技術開発の整合性を図るマネジメントを強力に推進する必要がある。

本プロジェクトは 2015 年頃の水素供給インフラ市場立上げに必要な一連のシステムや機器の技術確立にあるので、中間評価という観点から最終目標達成のための手段を明確にする必要がある。目標においては、経済性の面が強調されている。安全性と相反する面があり、費用対効果とともに安全性の確保も重要である。

これらの観点から、全体の整合性を図りながらプロジェクトを進めるプロジェクトリーダーが不可欠である。また、技術の普及への取り組みについては実証事業との連携、標準化についても基準・標準化の研究開発との連携を強化すべきである。特に、国際標準を目指す戦略が明確でなく、戦略策定が重要である。

〈肯定的意見〉

- 産官学が良くコーディネートされており、総じて研究開発のマネジメントは妥当であると判断される。また、研究開発の進展に応じて、計画の見直しが適切に実施されている。
- 内外の技術動向を踏まえ、我が国がトップランナーであり続けるための目標が的確に設定されている。
- マネジメントの計画は良くできていると思う。
- 設定した条件での技術的成熟、計画に対する研究開発マネジメントとしてはそれぞれ進展していて評価する。
- 事業立ち上がりから、現在までの所は概ね良い。
- 開発が広範であるがゆえに多くの企業、大学が参画している。JHFC や平成 19 年度に終了した水素安全利用等基盤技術開発から継続参加が多いように見受けられるが、2015 年をターゲットに着実に進行していると考えられる。開発目標や開発予算は費用対効果の観点から妥当であると思う。実施機関との連携は、ステアリングおよびワーキンググループで十分図られている。成果の実用化はもとより事業化による経済効果も大きい。
- 本プロジェクトにおける水素インフラ、システムや貯蔵容器など目標設定や実施計画、組織・体制、実用化へ向けたマネジメントは概ね妥当であると判

断できる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 可否判定が技術的成熟度なのか、市場適合性なのかが判断しにくい。
- 本事業は2015年頃の水素供給インフラ市場立上げに必要な一連のシステムや機器の技術確立に有るので、本中間評価では初心に帰って、個々のテーマの加速、減速、中止（他事業へ移管等含め）の判断をすべきだが、中間評価という観点から（今後最終年度に向けて実証に入るテーマは別として）最終目標達成のための手段をきちんと明示させる様、指導してほしい。
- どこまでが国産か、どこは海外メーカーに譲るか、という機器調達の仕分けが不明確である。既に終了したものを含め、次世代技術をどう位置づけるのか、コンセプトがはっきりしない。現在走っている技術開発が目標未達の場合の代替手段と位置づけているようには見えず、ただ革新的であるだけに見える。原理確認できた段階で大型化する、その時はコラボレーションを仕組む、「効率が10倍になれば」といった見通しのあいまいな企画は却下する、といったダイナミックな目標管理が必要である。
- システム技術開発と要素技術開発の整合性を図るマネジメントを強力に推進していただきたい。
- 3つの研究分野がそれぞれの特徴を生かした目標を設定していることが有効に機能しているが、一方で、それぞれの分野の相互の協力体制をさらに拡充することが一層の研究の進展につながると考えられる。
- 実施体制において推進助言委員会、技術動向調査、フィージビリティスタディは、ユーザー側からの意見聴取のために重要な位置にあるように思う。発言力の強化を期待したい。目標においては、経済性の面が強調されている。安全性と相反する面があり、費用対効果とともに安全性の確保も重要であると考えられる。
- プロジェクトの主要テーマ毎にWGを設置し運営や実施状況を管理、確認している体制は見られたが、テーマ間の連携が具体的にどのようにおこなわれているのか明確でなかった。「次世代技術開発」の中でのテーマ選定や既に終了したテーマについて、どのようなプロセスでそこに至ったかなど、プロジェクト全体の中での個々のテーマの位置づけなどが明らかでない。
- 1. 「システム技術開発」において、「ステーション機器システム技術開発」では目標充填圧力が70MPaに設定されているのに対して、「車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術」では、目標充填圧力が35MPaに設定されており、整合がとれていない。世界の大勢が70MPaの充填圧力を目標としていることから、「技術の標準化」の観点から、車載等水素貯蔵/輸送容器システムで

も目標充填圧力を 70MPa にすべきである。その場合、高圧化の技術的なメリットがないハイブリッド容器システムについては、実用化までの期間がより長い、じっくりと取り組むべき課題に位置付けを変更するべきである。逆に、35MPa のハイブリッド容器システムの早期の実用化が見込まれるのであれば、むしろ、70MPa のステーション開発を中止し、予算を 35MPa の充填システムに集中させ、世界標準を狙うべきである。2. この種の大型プロジェクトでは、全体の整合性を図りながらプロジェクトを進めるプロジェクトマネージャーが不可欠である。研究開発の体制を抜本的に見直す必要がある。

〈その他の意見〉

- プロジェクトリーダーを置くべきである。1社で参加している研究開発の中に、なぜ自社開発ではなく国家プロジェクトなのか、という問いに答えられないと思われるものが複数認められる。一方、多くの企業が参加しているプロジェクトにおいて、単なる寄せ集めであって総合効果が認められないものがある。また、技術内容がほとんど開示されていない研究開発も含まれている。プロジェクトリーダーの役割が求められる。WG が機能しているのなら、成果発表会の時に、WG としての活動も技術内容中心に開示するほうがよい。
- 早期に結果が判った方が良いので、契約期間にこだわらず、結果が出たら次年度まで踏み込んで進めるようなスケジュールを組み直しながら実施してほしい。
- 専門学会などで提案されている技術ロードマップなども中立的な立場からの考え方が反映されており、参考にされたらいかがか？
- 本プロジェクトから見た SOFC、純水素型 PEM などの燃料電池への評価が見えにくい。
- 開発テーマの中には、ホースやシールの漏れの発生が報告されているが、このような安全に関する情報は、JHFC やその他の水素ステーションにも速やかに情報が展開され、対応の水平展開をすべきである。また NEDO がそういったマネジメントをすべきである。

3) 研究開発成果について

中間目標については、システム技術開発、要素技術開発、及び次世代技術開発において概ね達成されており、最終的な成果は、新しい技術領域の創出につながるものであり、最終目標達成のための素地は十分できているものとする。特に、ステーションあたり2億円という線が見えてきたのは重要である。また、ホウ素系は2015年の実用化には困難も予想されるものの、世界最高水準の学術的成果を挙げている。

一方、個々のテーマのいくつかは、最終目標の達成が困難で有るように見受けられる。2015年頃までに事業化等も見通せないテーマに関しては、知財権取得をしっかりとすべき。特に、水素貯蔵材料の開発は、水素エネルギーシステムにおいて最も重要な要素技術であるが、質量貯蔵密度、水素放出温度、耐久性及び材料コストに関しては目標達成を見通せない状況にあるため、中長期の課題としての再考や見直しを含めて再検討も必要と考える。

また、水素の供給源の見通しを明確にし、水素をステーションまで運搬するのか、ステーションで水素を発生させるのか、開発のターゲットをもっと絞り込むべきである。総花的な開発では、費用対効果が少なくなる恐れがある。

〈肯定的意見〉

- 目標に対して、成果を求め着実に進んでいること判断できる。
- 中間目標は概ね達成していると評価できる。
- 中間目標はおおむね達成されていると判断できる。最終的な成果は、新しい技術領域の創出につながるものであり、各々の研究成果の市場創出効果も予測されており、評価できる。現時点では、一部を除いて、アウトプットとしての特許や論文による成果の公表がほぼ妥当と考えられる。
- 方針決定以降のプロジェクト推進としては妥当である。様々なケースから一つの仮説を立てて推進しているプロジェクトであり、企業単体では困難な開発を可能としている。
- 事業全体では、着実な技術の進化が見られる。
- システム開発技術、要素技術開発ともに順調に推移し、中間目標を達成している。最終目標達成のための素地は十分できているものとする。特許出願、論文講演発表も極めて多く、プレス発表等も順調である。次世代技術開発ファイビリティスタディにおいても着実に国際政策・技術動向を把握しており、これらの成果による国際的な優位性を、有効性を確認している。
- 目標の達成度については、(1)システム技術開発、(2)要素技術開発、(3)次世代技術開発において概ね達成されている。また、新たな成果も得られておりその波及効果も見逃せない。

- 成果は概ね良好で、ステーションあたり 2 億円という線が見えてきたのは重要である。ホウ素系は世界最高水準の学術的成果を挙げている。

〈問題点・改善すべき点〉

- 水素エネルギー社会の実現は、効率よりもコストを重視する必要がある。この事業は、初めて挑戦している開発が多い。そのためコスト追求することが困難な開発がある。まずは現実の可能性を見極めることを優先させるべきだ。
- 実施テーマの目標設定は実用化を睨んだもので概ね妥当と思われるが、水素貯蔵では重量・体積貯蔵密度や作動温度など残念ながら現状ではクリアすることはなかなか難しい。水素貯蔵材料の開発は、水素エネルギーシステムにおいて最重要な要素技術であるので研究開発は今後も継続して推進すべきと思う。ただ、6wt%以上、放出温度 150°Cなどは FCV への搭載仕様から出てくる設定値であるので将来的には必ずクリアすべきレベルと思うが、類似の目標を掲げておこなった先の「水素安全利用等基盤技術開発」から本事業へと展開してきたの現状を踏まえると、中長期の課題としての再考や見直しを含めて再検討も必要と考える。
- 特許出願に至らないのか？出願による技術公開を避けているのか知的財産戦略が不明確なプロジェクトがある。
- 技術の普及への取り組みが遅れており、標準化についてもほとんど取り組まれていない。特に世界標準をめざす技術戦略が明確でない。
- 個々のテーマのいくつかは、最終目標の達成が困難で有るように見受けられる。2015 年頃までに事業化等も見通せないと思われるテーマに関しては、知財権取得をしっかりとやるような指導をすべき。また外部発表を何十回とやっっているながら特許出願 0 もあり、(実施者個別の問題なのか不明だが) NEDO として何らかの対応を考慮すべきではなか。
- 唯一、水素貯蔵材料において一部未達成があるが、これについて述べる。10 数年前から吸蔵量 3mass%を目標としており、依然として大きな課題を抱えていると判断している。今回の最終目標はこの 2 倍であるが、全ての目標、特に材料コスト 1000 円/kg、耐久性に関しては目標達成を見通せない状況にある。開発はどちらかと言えば材料研究の原理原則に係る議論となっており、何らかのブレークスルーが必要であろう。特に他の事業や国際的な成果との連携も視野に入れるべき。
- 技術内容が全く開示されていない研究開発がある。特許の関係で開示できないとすれば、現物を持参するとか、別の機会に実験場を公開するとか、誠意ある対応を期待したい。問題がこじれて査察といった事態に陥らないことを祈る。世界最高水準のホウ素系水素貯蔵材料であるが、2015 年の実用化に

は間に合いそうもない。年次展開を明確に示し、関係者に失望感を与えない施策を望む。

〈その他の意見〉

- 目標成果が出なくても、その開発で経験したこと、学んだことが多くあればそれで良しとするべきである。そのようなマネジメントを望む。
- 水素吸蔵合金に関する国際会議（本年はモスクワ、2年後京都）等が開催されている。動向を調査されたい。
- ハイブリッドタンクの中味は水素吸蔵合金に限定されないはずなので、錯体系を含めた広い範囲の材料から最適なものを選ぶべきである。水素の改質技術も着実に前進し、安定感がある。オンサイト／オフサイトをどう使い分けるのか、オフサイトのみでまず離陸するのか、シナリオそのものの再点検を促す時期に来たと考えられる。成果の汎用性や波及効果を訴えるために、水素以外のガスを 70MPa にするという例が開示されたが、違和感がある。そう言うのなら、具体的な応用例とセットにしたほうがよい。

4) 実用化、事業化の見通しについて

初期の水素スタンド向け技術・製品のめどは立ちつつあるなど実用化に繋がる可能性のある研究成果も見られ、それによる波及効果も期待できる。

ただし、競合しかつ先行するであろう EV 車両に対する FCV の優位性の強調とユーザー側の評価が今後重要な視点となるであろう。

また、目標に到達していない実施項目については、ロードマップを見直すとともに、将来技術として可能性を検討するか、他の代替技術への展開も含めて再考することも必要がある。

水素供給インフラとしてのシステムの事業化という観点からは、事業化までの明確なシナリオが描けておらず、このままでは 2015 年を目標とする早期の事業化は困難である。特に、水素製造設備と燃料電池自動車の開発・普及との整合性が取れておらず、再度事業化のシナリオを練り直す必要がある。

〈肯定的意見〉

- 初期の水素スタンド向け技術・製品のめどは立ちつつある。海外の関係機関と NEDO が連携を図っているなどの協調は良い。
- アウトカムのイメージは明確であり、適切なマイルストーンに則って、研究開発が概ね順調に進められている。研究目標が達成され、さらにいくつかの実用化が行なわれた場合、関連分野への技術的な波及効果があることが期待される。
- 事業全体では、着実に事業化への進化が見られる。
- 2015 年に向けて産業技術の成熟化が期待される。ただし、FCV の普及開始が条件であって、競合しかつ先行するであろう EV 車両に対する優位性の強調とユーザー側の評価が今後重要な視点となろう。
- 実用化に繋がる可能性のある研究成果も見られる。また、それによる波及効果も期待できる。
- 実用化・事業化の見通しを見極めながら実施されていることが認められた。この調子で進めてもらいたい。
- 必要と思われる要素技術が漏れなく網羅されている。

〈問題点・改善すべき点〉

- 潜在的な問題に関する感度が不足している。今の進捗で順調に進めば目的を達成すると思えるが、潜在的な問題が出てきたらどうするのか。関係者による徹底的なシミュレーションが望まれる。
- JHFC 事業で実証するようになっていることは良いが、その具体的見通しが見えなかった（現時点では早期すぎるかも、よって仕方ないかも）

- 個別の技術には成熟度の高いものも見られるが、水素供給インフラとしてのシステムの事業化という観点からは、事業化までの明確なシナリオが描けておらず、このままでは2015年を目標とする早期の事業化は困難である。特に、前段に位置する水素製造設備及び後段に位置する燃料電池自動車の開発・普及との整合性が取れておらず、再度事業化のシナリオを練り直す必要がある。
- モビリティに偏らない広い意味での面的利用を推進すべきであると考えられる。FCV 車両は、経済性の面で壁がある。繰り返しになるが、都市再開発や公共機関の建て替えなどを利用して、あるいは家庭にまで、より面的な広がりエネルギー供給を将来目指しているのであれば、早い時期に着手すべきではないか？
- 目標に到達していない実施項目については、ロードマップを見直すとともに、将来技術として可能性を検討するか、他の代替技術への展開も含めて再考することも必要ではないか。
- 市場ととらえているのは日本国内なのか、海外なのか？欧州で売れる技術と評価する場合は、欧州の市場や政策との整合性を検討する必要がある。

〈その他の意見〉

- ・ 国民に対し、積極的に公開（HPを見ればよいではこまる）してほしい。こんなことが可能になったという積極的広報をしてほしい。主旨は、この事業に国民も巻き込むということである。
- ・ 成果は国際的にみてもトップ水準である。技術の標準化、加えて規制緩和への道筋をつける。
- ・ 実用化、事業化を第一に考えるのなら、海外メーカーの部品や機器を導入するオプションも考えられる。国産にどこまでこだわるのか、自社開発を積極的に進めようとしない企業をどこまでメンバーとして扱うのか、プロジェクト実施者の判断が待たれる。
- ・ CE マーキングの認証などについての支援も欲しい。新設スタンドと限らず、既設のガソリンスタンドの有効利用からの検討も必要。

2. 個別テーマに関する評価結果

2. 1 システム技術開発

① 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発

1) 成果に関する評価

中間目標はおおむね達成されており、順調に推移している。

動的解析モデルによる解析によって、直充填の見通しが得られそうなのは進歩と言える。また、試算の根拠はより明確にする必要があるが、建設コスト低減検討により、70MPa 級水素充填対応ステーション機器システム技術建設コストを 2.5 億円まで低減できたことは、最終目標である 2 億円の可能性が見えてきた。さらに、耐久性検証により、1 年間ノーメンテナンスの見通しを得たことは評価できる。今後はこの検証実験を基に、安全性を保証しながら特に厳しいといわれる我が国の規制緩和に寄与してほしい。

一方、故障予知技術実用化に関しては、複数の技術を連結した時に、ある段階で起った故障の原因が上流のどこにあったか、直ちに推定できるような、統合された予知技術を開発すべきである。

特にホースの漏れやシールの漏れ等、安全に関する課題は、今まで行ってきた試験の妥当性も含め検証すべき。実際の使用条件を良く調べた上で、単体試験条件を設定すべきである。

〈肯定的意見〉

- 中間目標はおおむね達成されており、順調に推移しているように見受けられる。
- コスト低減など全体をよくまとめた成果となっている。また実用モデルとしての検討がなされ有効な検証である。この先は運用ノウハウ・耐久評価・安全対策への検討を希望する。
- 少なくとも 2015 年頃の普及開始時期の初期の水素ステーションの規模とシステムとの姿と、現在、目標コストに 5500 万円ほど未達では有るがコストの見通しが出てきた。
- 参加企業および大学が目標に向かって緊張感を持って、開発を遂行中である。JHFC で建設したステーションを利用しつつ、検証実験を開始したことは大いに評価されよう。今後はこの検証実験を基に、安全性を保証しながら特に厳しいといわれる我が国の規制緩和に寄与していただきたい。コスト 50% 低減達成も見通しが得られている。
- 圧縮機、蓄圧器、ディスペンサーなど現状ではいずれも良く目標を達成して

いる。水素スタンド実用化に向け、各テーマは必要不可欠の要素技術であり、着実に成果が得られている。

- 直充填の見通しが得られそうなのは進歩と言える。汎用の動的解析モデルが信頼できるものであることを例示的な計測との対比で示すことができれば、成果の意義が更に高まる。
- 70MPa 級水素充填対応ステーション機器システム技術建設コストを 2.5 億円まで低減できたことは、最終目標である 2 億円の可能性が見えてきたと思われる。この 3 年間得られた成果は、今後の進展に大きく役立つと思う。
- 水素ステーションを完成させ、1 年間ノーメンテナンスの見通しを得たことは評価できる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 多くの企業で連携する場合、各社ごとの特許となっているのか特許出願数が予算の割に少ない。海外のステーションと技術的成果を比較することが出来ない。
- プレクールまでして、70MPa 級充填を行うことが、合理的か検討が必要であると思う。70MPa 充填には、それなりのエネルギーが必要である。ユーザーとしてはできるだけ安い水素燃料を使いたい。
- 建設コスト 2.5 億円削減については、必ずしも本研究開発の成果とは言えず、根拠が不明確。
- 実際の運転試験による課題が抽出されているが、特にホースの漏れやシールの漏れ等、安全に関する課題は、今まで行ってきた試験の妥当性も含め検証すべき。実際の使用条件を良く調べた上で、単体試験条件を設定すべきである。
- 「現状コスト約 6 億円を約 2.5 億円で低減可能、また特に設計費は約 50% 削減の見通しが得られた。」とあるが、事業原簿やプレゼンからは、その積算根拠が不明である。
- 6 億から 2.5 億へのコスト低減を達成したとしているが、個別の設備コスト低減の積算根拠を明確にしていきたい。また、国際的な競争力の確保の視点からも、海外の事例特にコストと安全性に着目した比較が必要であろう。コスト低減とリスクに関する何らかのアナリシスが必要か？一部に不安材料あり。熱交換器の着想問題、充填ホースからの漏えい問題など課題がる。更なる過酷な条件下での様々な影響を考慮すべきである。
- 動的解析モデルによる検討結果に蓄圧器の温度が明示的に示されていないのは問題である。環境温度の許容範囲はどうなのか、充填時の温度変化は無視できるのかなど、詳細な考察が必要である。1 年間ノーメンテナンスの見

通しを得たというが、判定手段が亀裂や磨耗の目視では信頼性が不足している。故障予知技術として挙げられている異物の FTIR 解析は、例示のものとしてハイレベルとは言えない。複数の技術を連結した時に、ある段階で起った故障の原因が上流のどこにあったか、直ちに推定できるような、統合された予知技術を開発すべきである。

〈その他の意見〉

- 設計段階で利用できる動的シミュレーションプログラムは、極めて有効であると考えられる。今後、どの程度公開されるのかあるいは計算機コードとして有料使用になるのか興味あるところである。
- 目標値までのコストダウンの寄与率を技術面と経済面で比較すると後者のほうが大きいという結果は衝撃的である。経済面の寄与はいわば贅肉と言わなければならない。これを明確化したのは前進と言えるが、中間の成果に加えるべきものとは考えられない。開発に着手した瞬間、あるいはその前からわかっていたことだ、というそしりを受ける可能性もある。着手時のコストを、(A)「贅肉」こみ、(B)「贅肉」なしの二通りで表示し、(B)からの進歩を成果として公表するほうが良い。
- もし、70MPa 充填対応ステーションが合理的であるのであれば、このシステムが、世界標準となるような活動をしてほしい。小生は、液体水素を利用したシステムも低コストステーションとして比較検討の対象として検討する価値があると思う。

2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

実用化に向けて、それぞれ着実に進行していると評価する。特に、目標値までのコストダウンが技術的に可能という結果が得られた点は特筆できる。本課題の成果は、実質的な水素エネルギー適用元年となるであろう 2015 年の普及開始につながる成果を達成しつつあり、大いに期待できる。基準作りが同時に進む興味ある事例であるが、実用化に向けた課題も明確で概ね道筋も完成している。

一方では、これを実際に市場に導入する際に水素貯蔵量による立地規制から、どのような区域に立地可能なのか、ガソリスタンドと同等のユーザー利便性を得るために、立地制限を受けないようにするために必要な安全技術開発等があるのかないかを示してほしい。また、実用化に必要な個別機器の耐久性の実証がまだ不足している。そして、この技術が完成した暁には、ユーザーは水素をいくらで購入できるかの試算を提示することも必要である。

〈肯定的意見〉

- 目標値までのコストダウンが技術的に可能という結果が得られた点は特筆できる。
- 事業化を踏まえた実用化研究が精力的に推進されており、総じて実用化が可能な印象を受ける。
- この3年間の開発で、成果の実用化可能性は見えてきたと思われる。産官学体制で、進めたことは良いことである。欲を言えば全体システム特にハード分野にも大学が噛んでゆけたらよかったのではないか。理由：これから社会に出る学生がハード開発に携わることは、重要なことである。
- 本課題の成果は、実質的な水素エネルギー適用元年となるであろう 2015 年の普及開始につながる成果を達成しつつあり、大いに期待される。開発と実証、基準作りが同時に進む興味ある事例であるが、実用化に向けた課題も明確で概ね道筋も完成している。
- 実用化に向けて、それぞれ着実に進行していると評価する。ただし、水素ステーションシステムの実用化を議論する際には、水素は二次エネルギーであることに留意して、水素製造から供給あるいは利用までのエネルギー収支の視点での評価も必要である。
- 2015 年の設定条件に対して設計・システム検討するプロジェクトとしてコストのめど、運用実績、課題の抜き出しを評価できる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 普及開始時期の初期の水素ステーションの姿が技術、コストの観点では見え

てきたが、これを実際に市場に導入する際に水素貯蔵量による立地規制から、どのような区域に立地可能なのか、ガソリスタンドと同等のユーザー利便性を得るために、立地制限を受けないようにする為に必要な安全技術開発等があるのかないのかを示してほしい。また、FCCJ シナリオに有る 2015 年、2000 台/ST の場合、即ち商用ベースに移行していく水素ステーションを考慮した場合、更に必要となる技術開発があるのか、ステーションコストはどの程度になるのか等、課題を示してほしい。

- やはり何度も指摘するように安全安心に対するリスクのコスト低減による増大はトレードオフの形で存在する。この評価が必要。事業化においては特に厳しいといわれる我が国の規制と、信頼性を確保した上でのこの緩和が経済性、国際競争力の面で必要となるか？70MPa なのか 35MPa なのかは、FCV 車両側の標準化とも関連するので早期の規格化が望ましい。自動車工業会などの意見も重要。
- プレクールによる氷結の問題が見つかったのはある意味で成果であるが、水素中の水分の問題は既に高松ステーションで検討済みだったはずである。実験に用いた水素の品位の問題なのか、システム上の問題なのか、今後詰めていく際、従来の知見を最大限活用すべきである。ホース水素漏れの原因解析が典型例であるが、故障の犯人探しをして部分最適の道を選ぶことにならないよう、トータルシステムとして完成させることを期待する。
- 事業化までのシナリオは、このまま行けばできると踏んでいるかもしれないが、申し訳ないが、小生はイメージが湧いてこなかった。
- 実用化に必要な個別機器の耐久性の実証がまだ不足している。
- 事業化へのシナリオが受け身に見えがちで、国際標準化・CE マーキングへの検討などより積極的に実施してほしい。

〈その他の意見〉

- ・ このことが完成した暁には、ユーザーは水素をいくらで購入できるかの試算を提示するともっとわかりやすくなると思う。
- ・ 成果を導入、実施する適用用途の汎用性も、より広い水素供給ニーズ開拓とともに重視する必要があるだろう。
- ・ 加工性が SUS316L と同等以上のものが見つかったのかどうか、「示唆」という表現では判定できない。何回テストして何回同等で何回それ以上だったのか、具体的に成果報告すべきである。

3) 今後に対する提言

我が国のエネルギー供給安全保障や CO2 エミッション削減等から、課題の緊急性が極めて高い。70MPa 級の水素インフラ全体としての FS を行い、運転効率、コスト、耐久性、安全性等の指針を与える必要がある。70MPa なのか 35MPa なのかは、FCV 車両側の標準化とも関連するので早期の規格化が望ましい。

また、最終年度までには、2015 年にユーザー数 2000 台の商用ベースに移行していく水素ステーションを考慮した場合に、更に必要となる技術開発があるのか、ステーションコストはどの程度になるのか等、課題を示してほしい。さらに、耐久性の判定手段として使用するセンサーの種類・使用法の開示、事業化されたときの状況想定、欧米での実施状況を視察するなどして、ノーメンテナンス適用可能性についての完成度の高い結論を導いて欲しい。

さらに、水素の供給源の見通しを明確にし、水素をステーションまで運搬するのか、ステーションで水素を発生させるのか、開発のターゲットをもっと絞り込むべきである。運用による課題抽出、先行地域との事例比較など客観的評価も必要であり、オフサイト方式に移行した時のスタンドの汎用性についても考慮してほしい。

〈今後に対する提言〉

- ・ 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術、35MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術、液体水素充填対応ステーション技術のそれぞれが、いくらの水素をユーザーに供給できるか、この研究開発完成の暁には試算していただくと良いと思う。
- ・ 我が国のエネルギー供給安全保障や CO2 エミッション削減等から、課題の緊急性が極めて高い。残された課題を解決しつつ、前進あるのみ。
- ・ 70MPa 級の水素インフラ全体としての FS を行い、運転効率、コスト、耐久性、安全性等の指針を与える必要がある。
- ・ 運用による課題抽出、先行地域との事例比較など客観的評価も必要。オフサイト方式に移行した時のスタンドの汎用性についても考慮されたし。
- ・ ホースやシールの漏れ、即ち安全に関する情報は、JHFC やその他の水素ステーションにも情報が即展開され、対応の水平展開をすべきである。また NEDO がそういった指導をすべきである。最終年度では、FCCJ シナリオに有る 2015 年、2000 台/ST の場合、即ち商用ベースに移行していく水素ステーションを考慮した場合、更に必要となる技術開発があるのか、ステーションコストはどの程度になるのか等、課題を示してほしい。
- ・ 1 年間ノーメンテナンスの達成は必須の課題である。見通しを得たという自己評価であるが、判定手段としてどのようなセンサーをどう使ったか、開示

されていない。事業化されたときの状況を想定したり、欧米での実施状況を視察するなどして、完成度の高い結論を導いて欲しい。

- 現状の研究開発の進捗はかなり評価できる水準にあると考えられ、最終目標に向けてのみならず、トータルなシステムとして実用化への次のステップにいかに関わり付けていくかを十分考慮して欲しい。

〈その他の意見〉

- 一般市民の水素エネルギーに対するコンセンサスを得るには、説得力のある成功事例の公開や技術の見える化を進めたうえで、戦略的な宣伝が必要。
- 産官学で研究開発を行っているが、もう少し大学がハードの面にふみ込んだ研究開発をしてゆくことが重要であると思う。そうでないと本当のエンジニアが育たない。

2. 2 システム技術開発

② 車載等水素貯蔵／輸送容器システム技術に関する研究開発

1) 成果に関する評価

車載用水素タンクとしては、水素吸蔵合金（MH）との組み合わせによるハイブリッド貯蔵容器や 70MPa 高圧水素容器が最も実用化に近いとされており、そのための要素技術をはじめ、実用化に向けた技術開発を行うことは重要である。

より低圧で車載水素量を増やす試みとして、中間目標値を超える性能のハイブリッド貯蔵タンクの開発に成功したことは評価できる。

ただし、水素吸蔵材料に関しては、基礎研究として可能性を示すことが出来ても実証や最終目標へのアプローチはかなり困難な状況であろう。特に耐久性や材料コストに対しては何らかのブレークスルーが必要である。車載用とした場合、貯蔵密度や充填速度の目標だけではなく、低温時の起動を含め温水回し等のシステムが成立するのか等十分な検討が必要である。

〈肯定的意見〉

- 水素吸蔵量と圧力損失係数に相関を認めたことは評価できる。合金の熱処理で水素容量アップが認められた点も進歩点である。
- MH を利用したハイブリッド水素貯蔵タンク（貯蔵圧力 35MPa）で 70MPa 軽量高圧水素タンクをシステム重量、容積で優れた水素貯蔵システムの挑戦は、素晴らしい。世界一の技術ができればよいと思う。
- 車載用水素タンクとしては、ハイブリッド貯蔵容器や 70MPa 高圧水素容器が最も実用化に近いとされており、そのための要素技術をはじめ、実用化に向けた技術開発を行うことは重要である。中間目標の達成度としては概ね良好である。
- 中間目標値については、体積貯蔵密度、重量貯蔵密度を達成している。
- 中間目標はおおむね達成されており、順調に推移しているように見受けられる。
- 中間目標値を超える性能のハイブリッド貯蔵タンクの開発に成功したことは評価できる。
- 車載用のタンクは、高圧化のみでは水素の圧縮係数（理想気体からのずれ）と強度維持のための重量化から目標を達成できず、MH と高圧両方による複合化によって達成できることが判明、MH の新規材料開発には不安を残すものの、十分な成果が得られていると考えられる。参加企業および大学が目標に向かって互いに協力を惜しむことなく、開発を遂行中である。
- 水素吸蔵合金との組み合わせによるハイブリッド容器の開発は、より低圧で

車載水素量を増やす試みとして、可能性を探る興味の深い開発である。

〈問題点・改善すべき点〉

- 現在、水素吸蔵合金が十分な性能を有するものが無いために、ハイブリッド容器の目標を達成するには至っていない状況で、2025年まで開発継続を提案しているが、車載用とした場合、貯蔵密度や充填速度の目標だけではなく、低温時の起動を含め温水回し等のシステムが成立するのか等十分な検討がされ、開発継続すべき価値があることを明示すべきである。
- 水素吸蔵量と圧力損失係数の間の相関が容器形状にどのように依存するか、熱伝導率とのトレードオフをどう克服するか、研究の筋道が見えない。
- 自動車は、動力源や燃料貯蔵容器の重量が重いことは、燃費上大変問題である。また、そのコストも多量普及の点から問題となる。70MPa 軽量高压水素タンクの性能（重量上、容積上）を上回る性能が得られても、充填時には貯蔵タンクを冷却する必要があるし、極低温下での使用時、放出時間がかかることは、MH貯蔵の欠点でもある。加えて、MHが水素を吸蔵・放出する時、MHの体積変化によりMHカートリッジが変形し、金属疲労も受ける。車載を考えると難しいと思われる。
- 耐久性の実証はこれからであり、本当に実用化に至るのか不明。
- MH吸蔵材料に関しては、依然材料研究の原理原則に関する議論にとどまっているように思う。従って、基礎研究として評価されても（つまり可能性を示すことが出来ても）実証や最終目標へのアプローチはかなり困難な状況であろう。特に耐久性や材料コストに対しては何らかのブレークスルーが必要である。
- ハイブリッド貯蔵容器では、水素吸蔵合金の貯蔵性能を如何に上げるかと、熱伝導を含めたエンジニアリングや耐久性に懸かっている。最終目標達成のためにもBCC相及びBCC+C14相合金でのより一層の高性能化を望む。
- 車載の場合、体積、重量のみならずタンク形状の自由度や保存効率が求められるが、本技術は万能を求めるより最大有利点を明確にした開発が必要と思われる。

〈その他の意見〉

- ・ Ti-V-Mn系に量産のメドをつけたことは評価できるが、合金自身は新規なものではない。細かい水素容量アップよりは大幅なコストダウンのほうが重要となる可能性が大きいので、Vのかわりに思い切ってフェロバナジンをうい、これをベースに組成を最適化するほうが意義深いのではないか。
- ・ 熱交換器のシミュレーションコードの確立と精度向上は極めて重要である

と考える。

- 車載に限定せず定置用（オンサイト水素貯蔵）や船舶などを含めて評価する場合に技術的成果が表面化しやすくなる。NEDO の中で吸蔵合金へのウェイトが変化しているならば反映する必要あり。

2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

MH合金を格納するMHカートリッジについての要素技術およびMH合金の開発が進んでいることは評価できる。従って、競合する複合容器との比較において、実用化のためには高性能なMH合金の開発が鍵となる。

ただし、今回開発しているTi-V-Mn水素貯蔵合金に使われているバナジウムは、地球上では戦略物質となっているため、安価で多量に生産する自動車用としては、使用に心配がある。さらに、世界の大勢が70MPaの充填圧力の水素ステーションの開発に向かっている中で、35MPaの充填圧力のハイブリッド貯蔵タンクが本当に実用化されるのか不透明である。

実用化のためには、水素吸蔵にともなう圧密化の回避や、これと連動する圧力損失上昇と熱伝導率上昇のトレードオフの克服が必要と考えられる。

〈肯定的意見〉

- ハイブリッド水素貯蔵容器は、水素吸蔵合金の高い体積貯蔵密度と高圧容器の高重量貯蔵密度を生かした貯蔵方式で、実用化の可能性が高い貯蔵システムとして期待される。
- システム目標値に近い成果。
- 本課題の成果は、水素供給のユーザー側であるFCV車両の標準化にも影響を持つ可能性があるとして評価したい。また、スタンドにおける供給圧力についても同様である。MH側の開発を急ぎ、強力で押し進める必要性はあるものの、実用化に向けた課題も明確で概ね道筋も完成している。
- 熱処理不要アルミの着想は良い。

〈問題点・改善すべき点〉

- MH合金を格納するMHカートリッジについての要素技術およびMH合金の開発が進んでいることは評価できる。しかし、競合する複合容器との比較において、実用化のためには高性能なMH合金の開発が鍵となる。
- 世界の大勢が70MPaの充填圧力の水素ステーションの開発に向かっている中で、35MPaの充填圧力のハイブリッド貯蔵タンクが本当に実用化されるのか不透明。
- やはり問題はMHであって、NEDOの目標値が極めて高いのではないかと云わざるを得ない。現状では、実験室的な基礎研究で可能性のみを言及することになる。システムとしての実用化はかなり難しいと思う。ロードマップ等の変更がともなうのではなかろうか？
- 目標未達であるため、実施者が2025年まで開発継続を提案しているが、車載ハイブリッド容器システムで車トータルの性能機能が成立する見通しを

十分検討した上で、開発継続を判断する必要がある。

- 微粉化の問題を避けるためにシート状に加工するという着想が示されたが、水素容量を上げるための熱処理と両立するのかどうか。いちど容量が上がってもそれが繰り返すとともに低下することは無いのか。実際のデータによる回答を急ぐべきである。
- MH 合金として使われているバナジウムは、地球上では戦略物質となっている。よって、社会情勢に振られてしまう可能性がある。よって、安価で多量に生産する自動車用としては、今回開発している **Ti-V-Mn** 水素貯蔵合金の使用に、心配がある。
- ハイブリッドタンクは現状では選択肢の一つである。それに適合できる合金系の開発のほか、合金系に限らず広く他の材料系を探索することも必要と考える。
- 車載時の熱媒体が具体的検討なされておらずシステムとして検討を要する。コストの中間目標から最終目標にむけての根拠が不明瞭。

〈その他の意見〉

- ・ 特に材料関連の開発では、他の **NEDO** 事業や国際的な成果との連携も視野に入れるべき。
- ・ 実用化のためには、水素吸蔵にともなう圧密化の回避や、これと連動する圧力損失上昇と熱伝導率上昇のトレードオフの克服が必要と考えられる。たとえばカーボン材料の添加によってこの問題を解決するといったトライアルを今のうちに開始しておくべきではないか。将来の市場規模を考えると、今のうちからアルミメーカーを巻き込み、既存品より優れた熱処理不要アルミを開発しておくべきではないか。そのための材料評価技術の確立を望む。
- ・ 体積貯蔵密度が最大の特徴であり、定置、スマートグリッドなど車載以外で効果的。車載とする場合 **70MPa** タンクとの比較優位。

3) 今後に対する提言

車載ハイブリッド容器システムに関しては、車トータルの性能機能が成立する見通しを十分検討した上で、開発継続を判断する必要がある。そして、最終目標の達成には、水素吸蔵合金の高容量化も必要条件であることから、本技術が早期（2015年）の実用化に間に合うのか再評価し、プロジェクトの位置付けを再検討する必要がある。

〈今後に対する提言〉

- ・ 先の課題と同様であるが、我が国のエネルギー供給安全保障や CO2 エミッション削減等から、課題の緊急性が極めて高い。残された課題を解決しつつ、前進あるのみ。
- ・ 今後とも、実用化を目指して、技術課題の解決に取り組んで欲しい。
- ・ まずは、車載ハイブリッド容器システムで車トータルの性能機能が成立する見通しを十分検討した上で、開発継続を判断する必要がある。そして、開発継続する価値があるならば、目標未達の主たる原因である水素吸蔵合金の性能が見えた時点で、再開発とすることでも良いのではないか。
- ・ 欧米では 70MPa 高圧容器が主流となっているが、35MPa ハイブリッド容器や高容量水素貯蔵材を用いた貯蔵技術を世界に先駆けて開発し貯蔵分野でのイニシアチブが取れることを期待する。
- ・ 今後の課題が見えていないなど、車載にとらわれた開発が整合しなくなっているのであれば、見直すか特長を生かした目標設定が必要。
- ・ 水素容器システムとして本当に車載用として意味があるのか、小生は疑問である。
- ・ 本技術が早期（2015年）の実用化に間に合うのか再評価し、プロジェクトの位置付けを再検討する必要がある。
- ・ 遷移金属水素吸蔵合金に強みを有する事業者が研究を進めていることは承知しているが、35 MPa のハイブリッドタンクの中で用いるのであれば、遷移金属アラネートのような新規錯体系水素貯蔵材料のほうが目的に合う可能性が大きい。水素吸蔵合金を用いるという当初計画を変更してでも錯体系に転ずるべきではないか。

〈その他の意見〉

- ・ 材料開発については、技術ロードマップの再検討が必要。

2. 3 要素技術開発 ① 水素製造機器要素技術に関する研究開発

①-1 水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発

①-2 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発

①-3 CO₂膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発

1) 成果に関する評価

全体として概ね中間目標を達成しており、今後の道筋も明確である。世界的に見ても技術水準は高く、国際競争力も獲得していると考えられる。水素ステーション用水素製造技術は水素インフラ構築のために必須の技術であり、水素スタンド整備に向け着実に成果が得られている。特に、水素分離型リフォーマーで目標を上回る耐久性が実証されたこと、および水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究で、改質器のサイズの大幅な小型化に成功したことは評価できる。

一方では、水素発生装置においてスケールアップした場合に、現検証機からのアナロジーが成立するかどうか、今後、シミュレーションなどによる検証が必要である。

また、水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化は、改質器の小型化に成功するなど成果がありながら特許出願がされていないのは問題である。CO₂膜分離法を用いた水素製造改質システムについては、技術内容の開示が不十分である。

〈肯定的意見〉

- 3つのテーマを総括的に評価することは難しいが、中間目標は概ね達成されており、順調に推移しているように見受けられる。
- ①-1 水素分離型リフォーマーは改良膜の開発、および耐久試験が高水準で成果を上げている。積極的な特許出願も評価。①-2 水素製造装置は商用機としての初期水準(効率・小型化)は満たされた。①-3 改質システムの開発は各年段階的に性能向上している。
- 水素ステーション用水素製造技術は水素インフラ構築のために必須の技術であり、水素スタンド整備に向け着実に成果が得られている。
- 水素分離型リフォーマーは、フィージビリティ確認段階のものと次世代のものが整合性よく計画されており、着実に進展していて安心感がある。
- 将来は化石燃料によらない水素製造にすることが必須であるが、化石燃料からの移行期間では、化石燃料から水素製造する製造装置の高性能化、低コスト化、コンパクト化に関する研究は必要である。中間目標の達成度、成果の意義、成果の最終目標の達成可能性の点では、概して問題がないと思われる。

- 水素分離型リフォーマーで目標を上回る耐久性が実証されたことは評価できる。また、水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究では、改質器のサイズの大幅な小型化に成功したことは評価できる。
- 1. 水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発：中間評価項目である耐久性、起動時間共に達成或いは達成が見込まれている。
- 2. 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発：改質器、PSAともサイズダウンと性能目標を概ね達成し、50Nm³/h 試作機製作に至っている。
- 3. CO₂ 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発：目標を達成し、CO 転化率の高く PSA への依存度を下げられる要素技術が得られた。
- 全体として概ね中間目標を達成しており、今後の道筋も明確である。世界的に見ても技術水準は高く、国際競争力も獲得していると考えられる。最終目標も達成できる見通しがついている。

〈問題点・改善すべき点〉

- 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化および CO₂ 膜分離法を用いた水素製造改質システムは、技術内容の開示が不十分である。
- 水素製造装置については三つのテーマで実施しているが、それぞれの意義や必然性がどこにあるのかを説明する必要がある。
- ①-1 水素分離型リフォーマーはパラジウム膜などコストに課題。①-2 水素製造装置は改質器の小型化に成功するなど成果がありながら特許出願が 0 とは理解しがたい。①-3 改質システムの開発は反応機サイズを大型化していくことが必要。
- ①-1 触媒一体化モジュールにおいてリークの発生を見ているが、的確な対応によって原因究明も速やかになされている。水素発生装置においては、収率の改善と PSA を中心とした小型化実現に可能性を見出しているがスケールアップした場合に、現検証機からのアナロジーが成立するかどうか不安材料もある。特にコストの面と真空ポンプの追加設置が気になる。
- ①-2 について、特許出願されていないのが気になる。

〈その他の意見〉

- ・ ①-3 改質システムの開発は多くの機関が連携する相乗効果に期待したい。
- ・ 開発中に知的財産権等の取得及び標準化を進めることができるものは、実施することも必要と思うが、事業終了までに実施すればよいと思う。成果の普及は特許を出してから行わないと問題なのでここで評価するべきものではないと思う。

- 水素純度の確保（水素精製）は PSA が最有力として採用されているが、他方式との比較、特にコスト面（ランニングも含んだ）に踏み込んだ優位性は？
- テーマ（①-2）では、成果の普及・還元という意味からも積極的に特許出願、論文、講演等の発表をお願いしたい。

2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

安全性を担保したうえでの低コスト化を実現して、早期の事業化を目指して欲しい。加えて、本成果の汎用性、より広い応用への波及効果に期待したい。水素分離型リフォーマーにおいて、分散型水素製造としては世界初の CO₂ 回収が実証されており、波及効果が大きい。今後は触媒一体型モジュールの性能向上に期待したい。

水素製造機器要素技術に関する 3 種類の研究開発が並行して進められているが、それぞれの技術の実用化までに要する期間がまちまちであり、早期の実用化のストーリーが明確ではない。水素分離型リフォーマー、および水素製造装置の高性能化については、これまでの NEDO の他のプロジェクトにおいても活発に行なわれており、それらの成果を十分に取り入れた研究開発が望まれる。

〈肯定的意見〉

- 要素技術の確立、小型試作機による実証と課題の抽出と、確実にステップアップしてきており、今後 2 年の事業期間で実用可能性の検証はもちろんのこと事業化のシナリオを具体化できるレベルになると思われる。
- 水素分離型リフォーマーにおいて、分散型水素製造としては世界初の CO₂ 回収が実証されており、波及効果が大きい。CO₂ 膜分離法を用いた水素製造改質システムという着想を開示したという点は、今後の研究開発を誘発するという意味で波及効果を有している。
- 問題も明らかになっているので、実用化、事業化の見通は、十分ある。
- ①-3 については、新規な試みであり、最終年度での目標達成にかかわらず、実用化に向けたさらなる進展を期待したい。
- やはり安全性を担保したうえでの低コスト化を実現して、早期の事業化を目指して欲しい。加えて、本成果の汎用性、より広い応用への波及効果に期待したい。この成果は、モビリティへの水素供給にとどまらず、より広範な水素エネルギーの面的利用拡大にも寄与できるものと思う。また他の用途（化学工業等）での水素製造にも、適用可能である。
- それぞれのテーマが着実に実用化へ向けて進捗している印象を受けた。
- ①-1 水素分離型リフォーマーの今後は触媒一体型モジュールの性能向上に期待。また世界に誇る技術としてより高みを目指されたい。①-2 水素製造装置は投資的 PJ には有効。

〈問題点・改善すべき点〉

- ①-2 水素製造装置は実証事業で長時間試験などの実績を期待する。商用機としての連続運転、PSA コストの低減が課題。①-3 改質システムの開発は基

礎的評価段階。

- CO₂ 膜分離法を用いた水素製造改質システムについては、技術内容が不明であるため肯定的な評価ができない。
- 3種類の水素製造技術の研究開発が並行して進められているが、それぞれの技術の実用化までに要する期間がまちまちであり、早期の実用化のストーリーが明確ではない。
- ①-1 と①-2 については、NEDO の他のプロジェクトにおいても活発に行なわれており、それらの成果を十分に取り入れた研究開発が望まれる。
- 特にないが、収率のさらなる改善。高効率化が重要であろう。
- FCV のための水素製造では、実用化のためには水素純度は重要で高純度な製造技術開発を望む。

〈その他の意見〉

- ・ 実用化、事業化の見通しについての評価項目は、現時点では判断が難しい。概して提案時に描いたストーリーが達成されると思う。万一、そうならなくても判っていることを行っているわけでもないので、大きな波及効果が得られると思っている。
- ・ 水素製造における CO₂ 排出は、その後の再生可能エネルギーとしての H₂ に疑惑の念を抱かせることとなろう。この点をどのように説明するか。上記の事柄は、この問題に反映されるが。
- ・ 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化は、自社の水素製造装置のラインナップの拡充でしかない印象を与える。オンサイトステーションにもオフサイトステーションに準ずるコスト目標が課された場合を想定して、技術内用を開示し、技術課題をオープンにすることを望む。

3) 今後に対する提言

技術活用の拡大のためにも、更なる技術の高度化に期待するが、水素製造のためのCO₂エミッションは極力避けるべきで、LCAを用いた評価も必要である。

水素スタンドを含めた水素インフラ全体としてのFSを行い、効率、コスト、大きさ等の指針を与えて、水素製造装置の開発目標に反映させるべきである。水素製造機器要素技術に関する3つの研究開発では、小型試作機については、システム規模(40、50、10Nm³/h)がさまざまであるため、その性能を横並びする等の指導を願いたい。そうすれば、将来、容易にテーマの合体、組合せ技術の成果が予測でき、NEDOならではの開発マネジメントの特長として打ち出せるのではないかと。

また、早期の実用化に耐える技術を選別し、重点投資すべきで、より実用化が遠い技術については、長期スパンの研究開発に位置付けを変えるべきである。

さらに、この成果は、モビリティへの水素供給にとどまらず、より広範な水素エネルギーの面的利用拡大にも寄与できる。また他の用途（化学工業等）での水素製造にも、適用可能である。

〈今後に対する提言〉

- ・ 粛々と、開発を行ってほしい。化石燃料を原材料とするものばかりではなく、自然エネルギーを利用した安価な水素製造にも人・もの・金を投入すべきである。
- ・ 今後も、実用化を目指して、技術課題の解決に取り組んで欲しい。
- ・ 水素分離型リフォーマーからの水素を精製してFCの仕様に合わせるステージについても情報を発信してほしい。PSAでいいのか、もう一段の膜分離を行うのか。特に後者の情報を発信し、プロジェクトを大きく展開させることを期待する。
- ・ 水素スタンドを含めた水素インフラ全体としてのFSを行い、効率、コスト、大きさ等の指針を与える必要がある。これを水素製造装置の開発目標に反映させるべきである。
- ・ ①-1 水素分離型リフォーマーは全体プロジェクト管理としては技術面の成果、課題の抜き出しは具体的に進展している。特許等の技術成果を生かしトップランナーとなりうる開発を期待する。①-2 海外のPJなど為替を含めたコスト競争力の検討をされたし。
- ・ 水素製造機器要素技術に関する研究開発では三つのテーマが紹介されたが、要素技術は別として、小型試作機については、40Nm³/h、50Nm³/h、10Nm³/hと、さまざまである。その性能を横並びする等の指導を願いたい。将来、容易にテーマの合体、組合せ技術の成果が予測でき、NEDOならではの

はこの開発マネジメントの特長として打ち出せるのではないか。

- 早期の実用化に耐える技術を選別し、重点投資すべき。より実用化が遠い技術については、長期スパンの研究開発に位置付けを変えるべき。
- 技術活用の拡大のためにも、更なる技術の高度化に期待する。先にも述べたが、水素製造のための CO2 エミッションは極力避けるべきで、LCA を用いた評価が必要ではないか？

〈その他の意見〉

- 水素分離型リフォーマー、水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化および CO2 膜分離法を用いた水素製造改質システムの 3 者を一体のものとして評価するのには無理がある。特に、CO2 膜分離法を用いた水素製造改質システムは、着想自身は革新的であるが、材料的な裏づけがないと空想に終わる危険もはらんでいる。未踏革新は国の領域であるが、そのためのマネジメントの開発自身も今後の課題と言えよう。

2. 4 要素技術開発 ②水素貯蔵材料・水素貯蔵/輸送機器要素技術に関する研究開発

②-1 ホウ素系水素貯蔵材料の開発

②-2 ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発

1) 成果に関する評価

いずれのテーマにおいても貯蔵の目標値にはまだ達していないが、高容量の水素貯蔵材料開発のためにチャレンジングな技術開発が行われていると評価できる。その中で、ホウ素系水素貯蔵材料において、再吸蔵可能な材料の開発指針が明確化されたのは特筆できる。複錯陰イオンという物質群に目を向けた着想も秀逸である。ホウ素系水素貯蔵材料およびラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の両者において、最新の解析技術の動員が進んでいる。

このように、ホウ素系、ラーベス合金ともに、基礎的な知見の集積が進んでいるが、目標達成には困難が予想される。実用レベルに至るまでには、反応速度の大幅な改善、反応温度の低下を図らねばならない。

貯蔵材料として合金系、無機系、有機系、炭素系などがあるが、今回のホウ素系やラーベス系合金が取り上げられる必然性がどこにあるのかをもっと明らかにする必要がある。

〈肯定的意見〉

- 合金開発には、材料設計、合成、評価・解析を三位一体で実施することを行い効率よく開発をすることが大事であるということからこれらの開発は、その良い例となる。
- ホウ素系水素貯蔵材料において、再吸蔵可能な材料の開発指針が明確化されたのは特筆できる。複錯陰イオンという物質群に目を向けた着想も秀逸である。ホウ素系水素貯蔵材料およびラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の両者において、最新の解析技術の動員が進んでいる。
- 1. ホウ素系水素貯蔵材料の開発：設定した中間目標は概ね達成レベルに有る。2. ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発：設定した中間目標は達成レベルにない。
- いずれのテーマにおいても貯蔵の目標値にはまだ達していないが、貯蔵技術の確立は水素エネルギーシステムの中で最重要課題として位置づけられる。高容量な水素貯蔵材料開発のためにチャレンジングな技術開発が行われていると評価できる。
- 両者とも吸蔵量に関しては、中間目標、最終目標を満足する可能性を示唆するに留まっている。今後の進展に期待するところ大である。

〈問題点・改善すべき点〉

- ホウ素系、ラーベス合金ともに、基礎的な知見の集積が進んでいるが、目標達成には困難が予想される。②-2 について、特許出願されていないのが気になる。
- ラーベス構造金属の水素含有が小さい理由、低温で吸蔵・放出する理由を解明してそれを新たな水素吸蔵合金開発に生かすとしているが、車載するためには、軽量、小型でなくてはならない。水素含有が小さい理由が判ったとして、それにより水素含有率を大きくすることが判る保証はないのではないか。
- 実用レベルに至るまでには、反応速度の大幅な改善、反応温度の低下を図らねばならない。また 2 段プラトーによる吸蔵、放出過程の複雑化も阻害要因となろう。先にも述べたとおり、NEDO の目標値が極めて高いのではないかと云わざるを得ない。現状では、実験室的な基礎研究で可能性のみを言及することになろう。システムとしての実用化はかなり難しいと思う。ロードマップ等の変更がともなうのではなかろうか？
- 個別の実施項目としてはある程度の成果も上がっているが、問題はこれらの研究成果をもとに、さらに最終目標（6 wt%、水素放出 150°C 以下）に繋がるように如何に研究を推進していくことができるかである。
- ホウ素系水素貯蔵材料において、たとえばカルシウムのホウ水素化物が可逆的に水素を出し入れしないことを、理論計算で示したという。理論計算は予言や設計のために使うべきであり、できない理由の説明には用いないほうが良いのではないか。何かを添加するとか、特別な中間相へ誘導するプロセス条件を提案するとか、そういう方向を期待する。ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金において、最新の解析技術によって得られた知見が必ずしも実用合金の提案に結びついていない点に不満がある。達成すべき目標が高すぎる点は認めるが、達成すると宣言した以上、設計指針の提示に留まらず実現可能性まで踏み込むべきである。
- まだ基礎研究段階の成果であり、開発に要した費用が妥当か疑問。
- どちらのテーマも開発が遅れている部分（150°C の水素放出温度、6wt. % 級の再水素吸蔵）について、今後の具体的な対応策が明示されていない。

〈その他の意見〉

- ・ 貯蔵材料として合金系、無機系、有機系、炭素系などがあるが、今回のホウ素系やラーベス系合金が取り上げられる必然性がどこにあるのかをもっと明らかにする必要がある。
- ・ コスト、耐久性の面はさらに課題である。

2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

現状では水素貯蔵材料の 2015 年頃の実用化は難しいと判断せざるを得ないが、実現すればその分波及効果も大きい。

しかしながら、実用化への指標として最も重要な 150℃の水素放出温度、6 wt%級の再水素吸蔵の目標を同時に達成することができておらず、2015 年頃に普及開始のインフラ技術確立を目指す本事業の目的と乖離が出てきている。ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金において、候補合金の組成を見た瞬間に 6 質量%の達成が不能というケースが多々見られる。設計指針が得られたとして、それをどう実用化と結びつけるのか、自らを厳しく問い詰める必要がある。実用化を議論する段階には至っていない。

〈肯定的意見〉

- ホウ素系水素貯蔵材料の設計手法および実験事実の蓄積は世界最高水準である。ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金において、合成困難な合金の製造技術が開発されたことは、今後の研究開発の持続の核ができた点で有意義である。
- 基礎的研究であるので、十分やってほしい。
- 実験室的な知見であっても、10 数年間、3mass%を目標としていた MH 吸蔵量を画期的に増大させたことは、大きな進展である。材料工学的な原理原則をさらに堅固なものとし、実用化に近づける努力を期待したい。
- 現状では水素貯蔵材料の実用化は難しいと判断せざるを得ないが、実現すればその分波及効果も大きくこれまで多くの材料系の開発が推進されてきたと理解する。あくまで貯蔵材料による貯蔵方式を追求し、今回の研究を通して新規な材料開発の可能性も含めて期待したい。

〈問題点・改善すべき点〉

- 実用化や事業化の議論を行えるレベルにはまだ到達しておらず、多様な水素ガス供給に対応できる材料の探索や材料開発が課題である。今後の進捗状況を見て材料系を整理する必要があると思われるが、実用化に向けてブレークスルーを期待したい。
- 実用化への指標として最も重要な 150℃の水素放出温度、6wt. %級の再水素吸蔵の目標が未達であり、2015 年頃を普及開始のインフラ技術確立を目指す本事業の目的と乖離が出てきている。
- ホウ素系については、「今後、さらなる温度低下、反応速度の大幅な改良のために、具体的に組成、添加物、および微細構造の最適化を行なう。」とあり、またラーベス合金についても、今後の種々の計画が予定されているが、

いずれも、実用化のためのブレークスルーとなりうるか疑問が残る。

- 先にも記述したが、特に材料関連の開発では、他の NEDO 事業や国際的な成果との連携も視野に入れるべきであろう。
- ハイブリッドタンクの内容物としてアラネート系材料が注目されている今、ホウ素系水素貯蔵材料がどこまで対抗できるのか、あるいはアラネート系を凌げるのか、今後解決すべき問題点とセットで今以上に情報開示することが求められていると思う。ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金において、候補合金の組成を見た瞬間に6質量%の達成が不能というケースが多々見られる。設計指針が得られたとして、それをどう実用化と結びつけるのか、自らを厳しく問い詰める必要がある。
- 実用化を議論する段階には至っていない。
- 実用化、事業化の見通しについての評価をする段階ではない。

〈その他の意見〉

- ・ 複合タンクへの採用に対しては時期をずらすことも視野に入れるべきであろう。

3) 今後に対する提言

ホウ素系水素貯蔵材料及びラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金は、基礎研究の段階であり、開発の位置づけを、「要素技術開発」から「次世代技術開発」に変更すべきである。あるいは、水素貯蔵材料先端基盤研究事業へ移管することを検討すべきではないか。

〈今後に対する提言〉

- ・ 基礎研究の段階であり、開発の位置づけを、「要素技術開発」から「次世代技術開発」に変更すべきである。
- ・ 水素貯蔵法やその技術、また貯蔵材料については、今後、水素の利用技術の展開の仕方によってすみ分けが必要になってくる。
- ・ 水素吸蔵材料の研究開発を本事業で進めることが妥当とは思わない。かえって水素吸蔵材料の研究開発を閉ざすことにならないとも限らないので、水素貯蔵材料先端基盤研究事業へ移管することを、NEDO が検討すべきではないか。
- ・ プロジェクトの実施によって明らかになった実用化の障害となる種々の問題点について、困難ではあるが、地道に解決を図っていただきたい。
- ・ ホウ素系水素貯蔵材料の従事者は、この分野の世界的なリーダーであることに疑いの余地は無い。しかし、それだけに、アラネート系のような他の錯体系水素貯蔵材料との比較にも踏み込み、貯蔵材料の全体図を関係者に示す役割を果たして欲しい。ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金と言うだけで、WE-NET 時代と目標が変わっていない、と思われてしまう。どこに革新性を盛り込むのか。たとえば、 AB_2H_4 組成を脱却して AB_2H_8 組成を目指す、と言えないのか。 AB_2H_8 組成の達成は難度が高く、達成不能となる可能性も高いが、 $150^{\circ}C$ 以下で 6 質量%という旗を掲げ続けるのなら、計画段階で意味のある案を示さないと、関係者の関心を引き続けることはできない。
- ・ せっかく基礎研究をしているので、十分やってほしい。
- ・ 複合タンクにおいては、現状最も信頼性の高い MH をまずは採用し、その後、本テーマの完成を待って採用する。2 段階での実用化が考えられよう。ロードマップにおける事業化時機の修正は伴うことになるだろうが、現実的ではないか？

〈その他の意見〉

- ・ ホウ素系水素貯蔵材料およびラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の両者をまとめて評価するというやりかたは、学術的な研究開発成果に大きな差があるため、良いとは言えない。実用化、事業化から比較的遠いというく

くりなら両者に共通点がある。学術的な研究開発成果を除いた、実用化および／または事業化のための研究開発成果を「真水」で比較評価するというやりかたもあり得るが、評価法の研究（Research on research）が必要だということになる可能性がある。

- 粒子状のそれも化学反応を伴う水素吸蔵・放出であるので、粉体の有効熱伝導率の確保も大きな問題である。実用化に当たっては、伝熱工学的な知見も大きく成否に影響を持つと思われる。

2. 5 要素技術開発 ③水素ステーション機器要素技術に関する研究開発

③-1 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発

③-2 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発

③-3 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発

③-4 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発

1) 成果に関する評価

ディスペンサー（流量計）、大型複合蓄圧器、その他機器、及び都市型ステーションの 4 つのテーマにおいて、総じて中間目標値を達成し、プロトタイプ機的设计製作、認証獲得等へ進展している。且つ、個々の要素についても、安全性の担保と低コスト化に努力している。特に、水素ステーション設置のための安全技術に関する研究成果は重要である。

また、低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発で、70MPa 用コリオリ型流量計開発の見通しを得られたことは、中間目標達成に対して大変に希望が持てる。また、70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器で破裂圧力 300MPa 以上を達成した意義は大きい。

ただし、ディスペンサーの開発について特許出願されていないのが気になる。また、蓄圧器の開発では、80MPa での水素透過の実施検討が必要である。さらに、水素ステーションにおける危険対策を施す重み付けをつけることが必要である。

水素ステーション機器要素技術の開発では、世界に先駆けて低コストの 70MPa 級充填対応ステーションを手がけているので、知的財産権等の取得及び標準化を世界の中心になって進めてほしい。

〈肯定的意見〉

- 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器で破裂圧力 300MPa 以上を達成した意義は大きい。鋼製蓄圧器との棲み分けまたは駆逐により、水素ステーションのコストダウンに大きく資すると期待できる。
- 70MPa 級水素ステーションに必要なディスペンサー、流量計や調節弁、高圧バルブ、蓄圧器等に係わる技術開発において着実な進展が見られる。また、水素ステーション設置のための安全技術に関する研究成果は重要である。
- FCV の 1 充填走行距離延長のために、低コスト型 70MPa 級充填対応ステーションを安く作る必要がある。中間達成目標に対して問題はないように思われる。成果の意義としては、難しい 70MPa 用コリオリ型流量計開発の見通しを得られたことは、大変に希望が持てる。

- 4つのテーマを総括的に評価することは難しいが、中間目標は概ね達成されており、順調に推移しているように見受けられる。
- ③-1 基礎評価の準備ができた。③-2 高圧・大型複合蓄圧機仕様のめどがあった。③-3 低コスト化の FS を反映した計画と具体的な検証が進められている。③-4 レイアウト、水素ガスへの安全対策の目標が達成された。
- いずれのテーマ、すなわちディスペンサー（流量計）、大型複合蓄圧器、その他機器、都市型ステーションにおいて、総じて中間目標値を達成し、プロトタイプ機の設計製作、認証獲得等へ進展している。個々の要素についても、安全性の担保と低コスト化に努力している。
- 1. 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発：さまざまな改善改良にて目標を達成している。2. 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発：製法に改良の余地があるものの中間目標は達成している。3. 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発：主要な機器の開発並びにステーション全体構成の最適化を検討し、大幅なコストダウンを達成、2015 年スタート仕様が明らかになってきた。4. 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発：安全性検証を着実に展開してほしい。

〈問題点・改善すべき点〉

- ③-1 について、特許出願されていないのが気になる。
- 都市部水素ステーションでは、コンパクトさと安全性を重視した開発が進んでいる。燃焼制御システムと反射圧低減壁、水素の不活性化に対して出来るだけ早い時期に目途をつけて安全性の確保に貢献いただきたい。
- 耐久性の実証が遅れており、早期の実用化が可能化どうか不透明。
- 開発の目標値やターゲットが明確でなかったり、技術水準の目標設定が具体的でない実施項目があって、定量的な評価を難しくしている。
- ③-1 物的成果物や特許が少ない。③-2 80MPa での水素透過の実施検討が必要。③-4 ST における危険対策を施すウェイト付けをつけること。
- 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発の成果の最終目標が 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発と重なっていて、研究開発内容の切り分けが不明である。低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発におけるダイナミックシミュレーションは、これでシステム評価できるレベルには達していないおそれがある。計測可能な量に対する計測結果とまず突き合せて、信頼性を確認するステップが必要である。

〈その他の意見〉

- 世界に先駆けて低コストの70MPa級充填対応ステーションを手がけているので、知的財産権等の取得及び標準化を世界の中心になって進めてほしい。
- 低コスト型70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発が総力結集型になっているのは良いと思えるが、自工程保証というか、自分の分担範囲の仕様確認というか、サブシステムをつなぐところがあいまいであり、総力を結集した割には単なる寄せ集めになっているきらいがある。
- 各要素でのコスト低減は、積算すると相当な値になろう。この積み上げと根拠を明確にしてもらいたい。
- ③-2 低コスト型とは開発結果として得られ特に低コスト型と呼ぶものか?
③-4 建設合理化検討の中に既STの水素ST化を含める。

2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

プロトタイプ的设计や試作の見通しが得られているので、システム技術開発に取り込み、更なる実証実験による信頼性確保と低コスト化を目指していただきたい。特に、70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器においては、原材料供給以外の全ての工程を一貫して扱っているため、確実な技術開発がなされている。

一方、個々の機器がバラバラに開発されており、最終的にシステムとしてどのような機器構成になり、各機器間のインターフェイスは誰が責任を負うのか不明確である。また、想定するステーションの目標とする仕様もバラバラであり、統一すべきである。他事業の燃料電池システム等実証研究事業（JHFC）で都市ガス以外にも灯油、LPG等の異なる燃料を扱うステーションも同時検討しており、JHFC 事業との更なる連携強化が必要である。

実用化のためには、都市部では特に、安全性に関する技術は重要である。

〈肯定的意見〉

- 若干のさらなる改良を必要とする機器もあるが、実用化の可能性は高いように考えられる。
- プロトタイプ的设计や試作の見通しが得られているので、システム技術開発に取り込み、更なる実証実験による信頼性確保と低コスト化を目指していただきたい。低コスト化にはキーとなる技術開発であり、期待度も高い。
- 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器においては、原材料供給以外の全ての工程を一貫して扱っているため、確実な技術開発がなされている。低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発における鋼製蓄圧器について、AE による診断結果が開示された姿勢は良い。
- 水素ステーションに係わる技術開発は水素インフラ整備に不可欠で、それぞれ着実に実用化へ向け進展している印象を受けた。
- ③-2 他事業と積極的な連携に期待。見える化に期待。③-3 事業化シミュレーションが具体的。課題の共有化によりチームのノウハウ。③-4 技術面からは十分妥当性有り。
- 実用化、事業化というよりは、低コストの 70MPa 級充填対応ステーションの試作の見通しが立てたと思う。

〈問題点・改善すべき点〉

- 開発3と開発4で、想定しているステーションの仕様に差があるようだが、統一すべきではないか。圧縮機能力は同じだが、開発3では充填能力5台/hr、開発4では充填能力4台/hr 且つピーク8台/hr (こちらの方が現実を踏まえ

た妥当な仕様設定と思うが)としている。これは蓄圧器の容量に違いが出てくるので、ステーションコストが違ってくる。このように目標とする仕様がバラバラで進められているので、統一すべきである。FCCJ シナリオの 2015 年、2000 台/ST の場合、即ち商用ベース（例えば充填ピークとなる時間帯を考慮する等）に移行していく水素ステーションを考慮した場合、ステーションコストはどの程度になるのか、ステーションコストが上昇する予想であれば、それを低減するために更に必要となる技術開発があるのか、課題を示してほしい。

- 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発における開発計画が、35MPa から 70MPa へ圧力が上がったことによるものと、プレクールすることによるものとの、明確には切り分けられていない。トータルシステムの中でどう位置づけるかをシミュレーションして、潜在的な故障要因を今のうちから洗い出しておかないと、事業化直前にあわてる局面が出てくるおそれがある。
- 個々の機器がばらばらに開発されており、最終的にシステムとしてどのような機器構成になり、各機器間のインターフェイスは誰が責任を負うのか不明確である。
- やはり特に都市部では、安全性に関する技術は重要であろう。開発の方向性は理解できるので、実績を早く示してもらいたい。
- ③-1 最終目標(24 年度)におけるコスト目標に根拠が無い。③-2 費用対効果をより高める。③-3 21 年度 WG コスト検討の精度が不明。③-4 水素専門 ST は地方向きではない。異なる燃料を扱う ST も同時検討が必要。

〈その他の意見〉

- ・ 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発における鋼製蓄圧器の AE 診断手法をアルミライナー型蓄圧器の診断にも援用し、総合力を発揮することを望む。都市型コンパクト水素ステーションにおける「水素の不活性化」は住民対策上の意味を有する可能性がある。積極的な情報開示を期待する。
- ・ ③-1 事業化は社会情勢を鑑みて判断するのではなく、2015 年と想定した準備をするべき。③-3 先行する PJ との相乗効果を期待する。③-4 初期はコストよりも安全対策を優先すべき。緑化などの意匠面の工夫。

3) 今後に対する提言

実用化に際しては、特に水素ステーションの安全性が大きな問題である。安全性を担保したうえでの低コスト化を実現して、早期の事業化を目指して欲しい。加えて、本成果の汎用性、より広い応用へ（特に水素の面的利用）の波及効果に期待したい。水素ステーションの全国展開を見込んだ場合、地域特性に配慮が必要であり、高度化、低コスト化にあわせて容易な操作性も考慮しておくべきである。

また、70MPa 級水素ステーションの開発全体に責任を負うプロジェクトマネージャーを置き、個々の機器の開発の整合性を図るべきである。

2015 年の FCV 本格普及については、ISO などの国際標準化活動を推進している本プロジェクトの他テーマとの連携が望ましい。

〈今後に対する提言〉

- ・ 安全性を担保したうえでの低コスト化を実現して、早期の事業化を目指して欲しい。加えて、本成果の汎用性、より広い応用へ（特に水素の面的利用）の波及効果に期待したい。
- ・ 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発におけるダイナミックシミュレーションが、システム評価以外に水素ステーション実用化の際のオペレーションモニタリングも意識して行われているとすれば、そのように二兎を追うべきではない。ステーションの現場用のモニタリング機器は、別途、低コストで開発すべきものである。
- ・ 実用化に際しては、特に水素ステーションの安全性が大きな問題である。2010 年 8 月 26 日に米国において、水素ステーションでトレーラトラックが圧縮水素ボンベ（畜圧器）の交換作業中に爆発・火災事故が発生したことが報じられていることでもあり、徹底した安全対策が必要とされる。
- ・ 70MPa 級水素ステーションの開発全体に責任を負うプロジェクトマネージャーを置き、個々の機器の開発の整合性を図るべきである。
- ・ ③-1 検討に多額な資金を運用することなく、技術の実用化と事業化を一体としてとらえ推進されたい。③-2 積極的な情報開示をし、水素ステーション設置への理解を高める事も必要。③-3 全国展開を見込んだ場合、地域特性に配慮が必要。高度化、低コスト化にあわせて容易な操作性も考慮。

〈その他の意見〉

- ・ 2015 年の FCV 本格普及がやはり気になるころである。この点については、ISO などの国際標準化活動を推進している水素社会構築共通基盤事業との連携が望ましい。

- 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーは着実な進捗を示していると思えるが、これがなぜナショナルプロジェクトなのか、なぜ自社開発ではないのか、理解に苦しむ。ドイツのメーカー（リンデ）などから購入する方式では水素ステーションのコスト目標が達成できないといった理由があるのなら、それを開示すべきだし、国家を挙げてやるというのなら一社任せにしないほうが良いと考えられる。都市型コンパクト水素ステーションについても同様。
- ③-3 国際標準を目指していただきたい。③-4 都市部の緊急発電所(FCVと連結)として必要性を提案。

2. 6 次世代技術開発・フーズビリティスタディ等

①革新的な次世代技術の探索・有効性検証に関する研究開発

①-1 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討

①-2 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発

①-3 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発

1) 成果に関する評価

水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討については、わが国の水素シナリオ推進のためにも重要な役割を担っていると評価できる。可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造、および高効率水素液化磁気冷凍は、直ちに実用化に至る技術ではないが、世界水準に比肩すべき成果が得られている。磁気冷凍による液化は、効率の面で他の液化技術と比較して優位性がある。液化以外の冷凍あるいは冷蔵法に適用できないか、汎用性を追究してほしい。

ただし、水素・燃料電池の調査検討については、NEDO 開発事業に提言できる具体的な技術動向に焦点を絞って纏めてほしい。また、水素技術についての単なる情報収集や動向調査で済ますことなく、水素エネルギーに係わるプロジェクト全体を戦略的、且つ効率的に推進させることができるよう国際的にイニシアチブが取れる活動が望まれる。

〈肯定的意見〉

- ①-1 は的確な調査を行い、情報を速やかに提供している。今後は、各プロジェクトにより大きな影響力を持つようになるであろう。技術開発では、概ね技術のシーズは完成し、有効性を確認できたことは、今後の展開に繋がると考えられる。
- ①-1 については、情報収集のみならず、我が国からの情報発信を積極的に行なうことによって、国際的なリーダーシップを発揮する必要があるが、概ね目標を達成している。①-2 と①-3 については、直ちに実用化に至る技術ではないが、世界水準に比肩すべき成果が得られている。
- ①-1 各国の進捗、特性を十分調査している。①-2 長期ビジョンに基づく重要な開発テーマ。積極的な特許出願。
- 2. 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発：技術評価はできないが、水素製造の選択肢の一つとして興味深い研究である。実現性を見定められるレベルまで研究継続がよい。3. 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発：液化水素製造エネルギーを低減する技

術として興味深いテーマである。

- テーマ「水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討」については、水素燃料電池やその関連技術についての動向調査や検討は、わが国の水素シナリオ推進のためにも重要な役割を担っていると評価できる。
- 水素の輸送、貯蔵、車載には、液体水素はその目的を行う媒体として群を抜く。また、日本は国土が小さい国であるので自然エネルギーだけでは、エネルギーがたりない。自然エネルギーが豊富で利用しきれない国から将来もエネルギーを輸入する国となる。その場合は液体水素を作りそのまま輸送する。よって①-3 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発は、国策としても実施する必要がある。ほかの液化器についても是非検討してほしい。①-2 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発も自然エネルギーを使うことで大いに評価される。①-1 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討は、燃料電池の開発、実用化は膨大なお金がかかる。かつ、FCVなどは、国際商品となる。国際関連機関等研究・政策動向の調査検討をやる価値は十分ある。
- 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向については、質の高い情報が集められている。可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造において、人工光合成システムを実現できるレベルの光触媒が見出された点は特筆できる。高効率水素液化磁気冷凍は、実技、解析とも抜きん出ていると思われる。

〈問題点・改善すべき点〉

- ①-1 調査後の検討や提案が比較的希薄で各国の特性を日本の特性と比較し提案することを求める。
- 1. 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討：NEDO 開発事業に提言できる具体的な技術動向に焦点を絞って纏めてほしい。
- 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向について、たとえば「ドイツはオフサイト限定」という場合に、その判断の背景にある技術内容を的確に開示して欲しい。たとえば、「欧州は回転機器が強い」という知見と整合するのかどうか。可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造において、多孔質というキーワードが掲げられているが、そのことがどう機能するのか、言及されていない。ポイントを絞りきれない印象を受ける。
- 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討」については、水素製造・輸送・貯蔵システムに関わる動向調査をもっと行う必要が

ある。最終的には、世界の技術動向の中で、本プロジェクトの意義を明確にすることが望まれる。

- ①-3 について、特許出願されていないのが気になる。
- 政策動向調査と将来の水素エネルギー技術の基盤研究が混在して評価しにくい。我が国の国際的戦略から、この調査は非常に重要であり、イニシアチブを獲得できるかどうか、今後プロジェクト全体と調査結果とのすり合わせ必要。
- 水素技術についての単なる情報収集や動向調査で済ますことなく、水素エネルギーに係わるプロジェクト全体を戦略的、且つ効率的に推進させることができるよう国際的にイニシアチブが取れる活動が望まれる。

〈その他の意見〉

- ・ 磁気冷凍による液化は、効率の面で他の液化技術と比較して優位性がある。液化以外の冷凍あるいは冷蔵法に適用できないか（汎用性の追究）？
- ・ ①-1 政策動向と合わせてもう少し企業動向について情報を得たい。

2) 実用化の見通しに関する評価

高効率水素液化磁気冷凍の研究開発については、冷凍試験機による効果の確認もされ、更なる研究で実用化の目途がたつものと期待する。本技術による液化水素製造に必要なエネルギーと 70MPa 圧縮水素製造に必要なエネルギーとの比較があると本技術の価値がわかり易くなる。

技術の有効性は確認できているので、競合他技術との比較の上にとって今後の展開を検討すべきである。特にランニングコストを中心にした経済性に関する検討は、競合他技術との比較の上で重要である。もちろんイニシャルコストにも言及してほしい。

一方、可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造においては、人工光合成システムを実現できるレベルの光触媒が見出されているが、実用には更なる効率向上が必要である。コスト試算ではなく効率の 6-10 倍の向上を第一に目指すべきではないか。

国際的な動向調査は、今後のプロジェクトの成否に大いに影響を与える可能性があるため、このテーマの発言力強化を期待する。

〈肯定的意見〉

- ①-1 国際情勢を客観的な評価。①-2 再生可能エネルギーの重要性が高まる中期待されるべき技術。①-3 実用材料の開発に成功した事が成果。
- 高効率水素液化磁気冷凍の小型のものは完成の域にある。
- ①-1 は、その課題内容から調査検討することにより、確度の高い情報が得られることから大きな波及効果がある。①-2 のようなものは、光光合成並みのエネルギー取得性能が得られれば、何億年経たずすぐ利用できるもので、とても有効である。①-3 は、利用価値が広く大きい。
- 3. 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発：冷凍試験機による効果の確認もされ、更なる研究で実用化の目途がたつものと期待する。本技術による液化水素製造に必要なエネルギーと 70MPa 圧縮水素製造に必要なエネルギーとの比較があると本技術の価値がわかり易くなる。
- ①-2 と①-3 については、将来的な実用化の可能性を秘めており、より一層の成果が得られれば、学術的かつ工業的に世界的な波及効果は大きい。
- 技術の有効性は確認できているので、競合他技術との比較の上にとって今後の展開を検討すべき。基本的には引き続き開発を継続すべきである。

〈問題点・改善すべき点〉

- 特にランニングコストを中心にした経済性に関する検討は、競合他技術との比較の上で重要である。もちろんイニシャルコストにも言及してほしい。

- まだ実用化を議論できる段階ではない。
- ①-1 他の機関の評価にとどまらず水素社会の先見者とした報告としてほしい。①-3 水素貯蔵期間を限定的にしても優位性ある商品像がほしい。
- 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解 水素製造において、「人工光合成システムを実現できるレベル」に達したと自己評価しつつ、「実用化のためには、効率を現状より 6-10 倍に向上する必要がある」という見通しを示しているため、人工光合成システムを実現できるレベルの光触媒が見出されてもなお実用には遠い、という失望感がおこる。今後計画を変更し、コスト試算ではなく効率の 6-10 倍の向上を第一に目指すべきではないか。

〈その他の意見〉

- ・ ①-2 この段階で問題を探す事よりも成果をいくつあげられたかが重要。
- ・ 国際的な動向調査は、今後のプロジェクトの成否に大いに影響を与える可能性がある。このテーマの発言力強化を。

3) 今後に対する提言

水素・燃料電池に関わる研究・政策動向の調査検討については、より一層、我が国からの情報発信を積極的に行なうことによって、国際的なリーダーシップを発揮し、国際標準化をリードして欲しい。次世代技術をどのような形で広報するのか、また周知させるのかは今後極めて重要であろう。水素技術については、常に日本がイニシアチブを取りリードする立場にあって、国際規格化や標準整備に向けて日本の立場をしっかりと確保して欲しい。

〈今後に対する提言〉

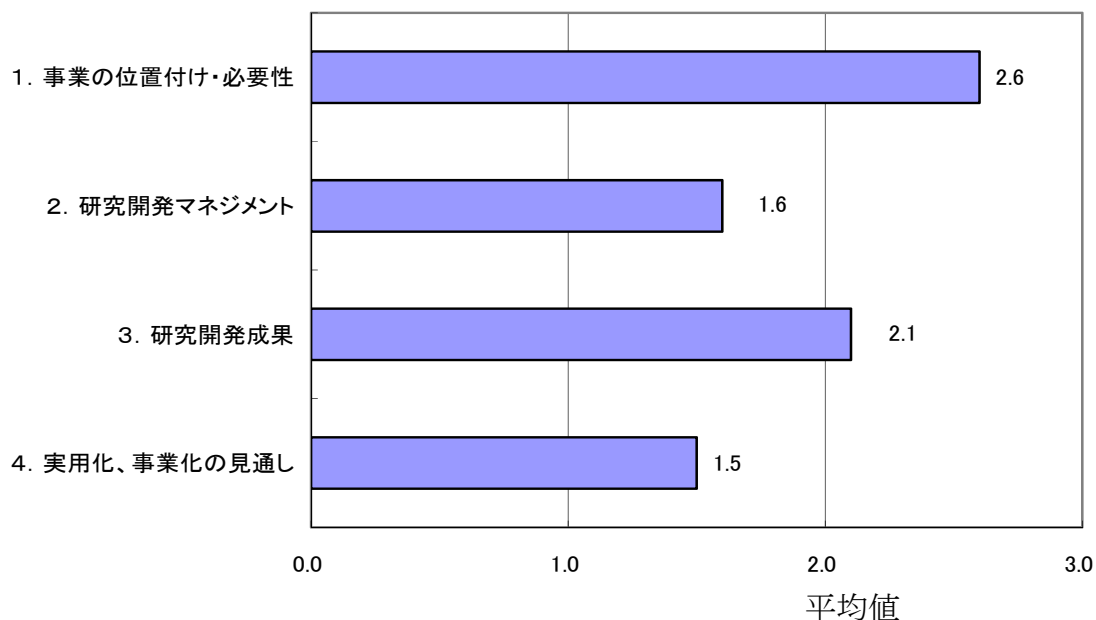
- ・ 水素技術については、常に日本がイニシアチブを取りリードする立場にあって、国際規格化や標準整備に向けて日本の立場をしっかりと確保して欲しい。
- ・ ①-1については、より一層、我が国からの情報発信を積極的に行なうことによって、国際的なリーダーシップを発揮し、国際標準化をリードして欲しい。①-2と①-3については、世界をリードするために今後ともブレークスルーが必要であり、そのためのチャレンジを積極的に行なって欲しい。
- ・ 光触媒－電解ハイブリッドシステムの着想はユニークである。実用化を目指す研究者とのコラボレーションを志向すべきではないか。高効率水素液化磁気冷凍の大型化を志向し、コラボレーション体制を構築するのが良い。
- ・ 失敗は成功の基とも言われるように、大事なことである。よって、可能性のあるものにこれからもチャレンジしてほしい。
- ・ 次世代技術をどのような形で広報するのか、また周知させるのかは今後極めて重要であろう。
- ・ ①-1 水素スタンド、FCVへの期待が脱化石資源（資源ナショナリズム）を前提に見直す機会になってきている。

〈その他の意見〉

- ・ シーズの確立なので特に意見はないが、早い時期に適用の汎用性を高めるのが重要だと思う。
- ・ この3者をまとめて評価するのは困難である。各々の評価の平均を示すが、意味があるのかどうか。

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	B	B	A	A	B	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.6	A	A	B	B	A	A	B	A
2. 研究開発マネジメントについて	1.6	C	B	D	B	B	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.1	C	A	B	B	B	B	B	A
4. 実用化、事業化の見通しについて	1.5	C	B	D	B	C	A	C	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。

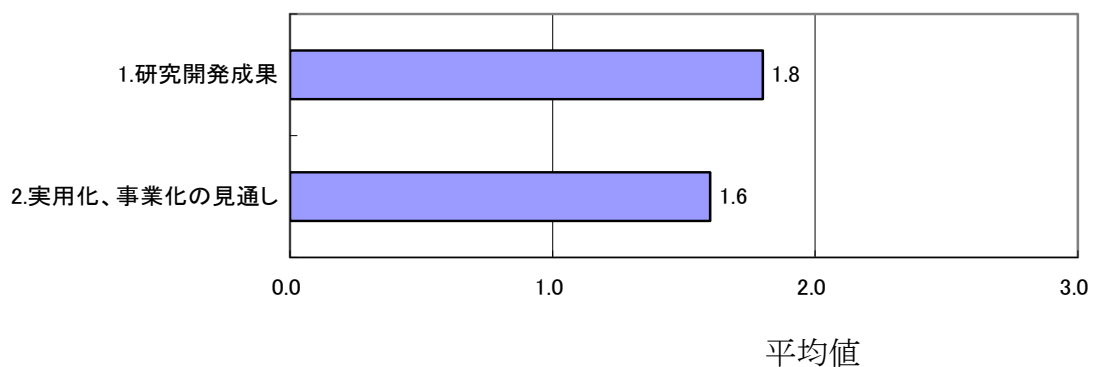
〈判定基準〉

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

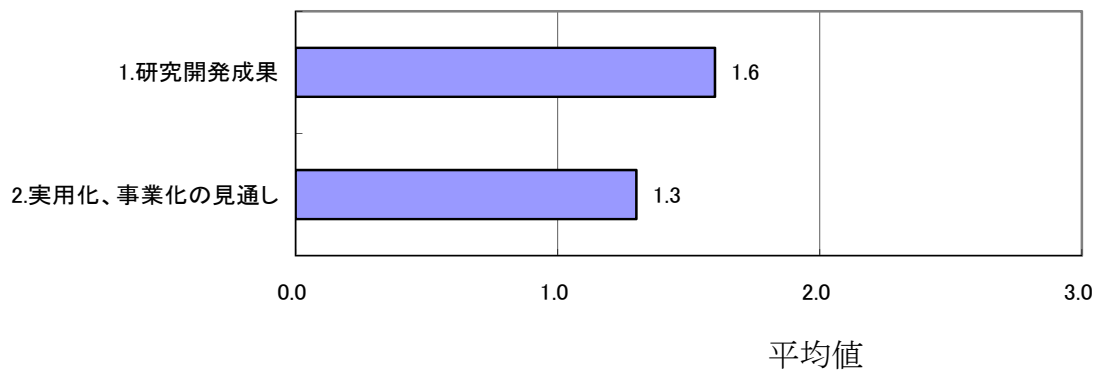
3. 2. 1 システム技術開発

① 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発



3. 2. 2 システム技術開発

② 車載等水素貯蔵／輸送容器システム技術に関する研究開発

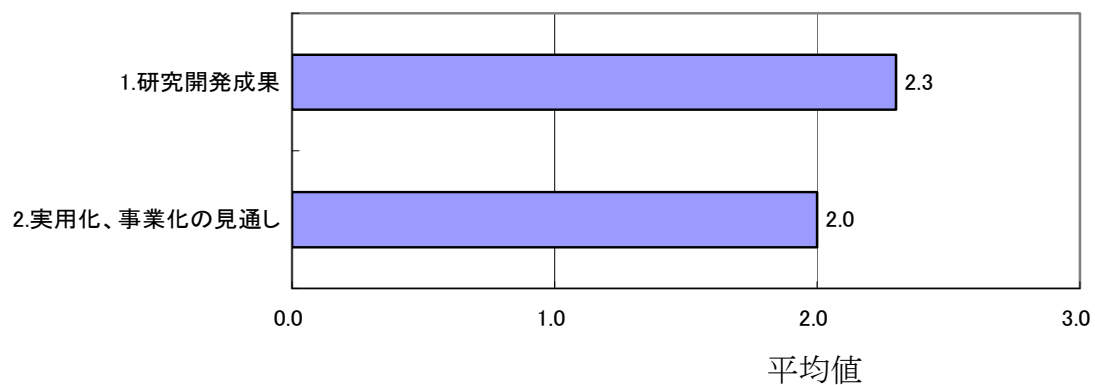


3. 2. 3 要素技術開発 ① 水素製造機器要素技術に関する研究開発

①-1 水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発

①-2 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発

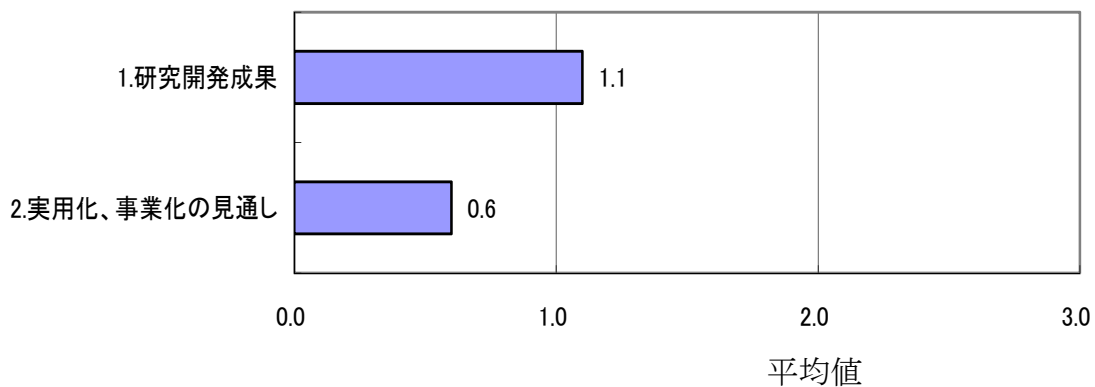
①-3 CO₂膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発



3. 2. 4 要素技術開発 ② 水素貯蔵材料・水素貯蔵/輸送機器要素技術に関する研究開発

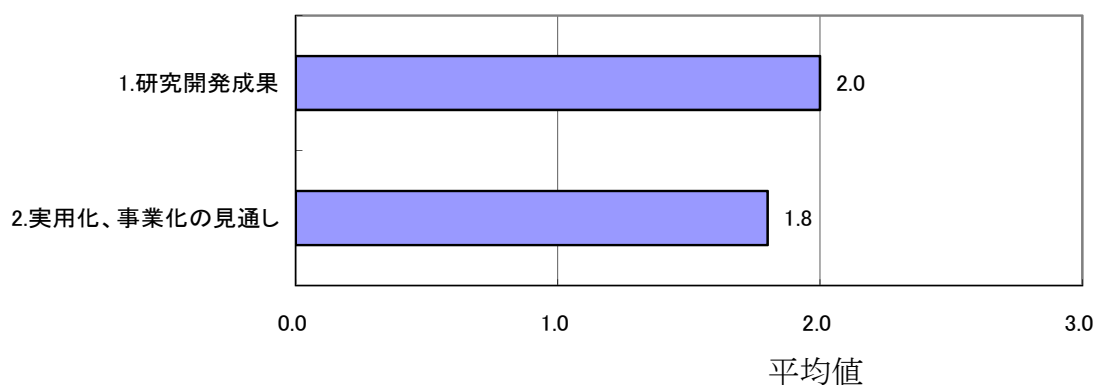
②-1 ホウ素系水素貯蔵材料の開発

②-2 ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発



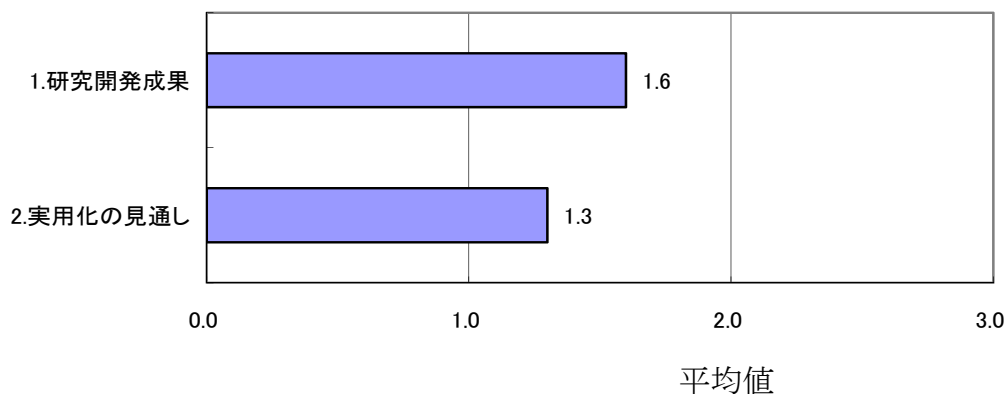
3. 2. 5 要素技術開発 ③水素ステーション機器要素技術に関する研究開発

- ③-1 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスプレイの開発
- ③-2 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発
- ③-3 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発
- ③-4 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発



3. 2. 6 次世代技術開発・フュージビリティスタディ等

- ①革新的な次世代技術の探索・有効性検証に関する研究開発
 - ①-1 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討
 - ①-2 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発
 - ①-3 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点（注）							
3. 2. 1 システム技術開発									
① 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発									
1. 研究開発成果について	1.8	C	A	B	C	C	B	B	B
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.6	B	B	C	C	C	C	B	A
3. 2. 2 システム技術開発									
② 車載等水素貯蔵／輸送容器システム技術に関する研究開発									
1. 研究開発成果について	1.6	B	B	B	C	C	B	B	C
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.3	B	A	D	C	D	C	B	C
3. 2. 3 要素技術開発 ① 水素製造機器要素技術に関する研究開発									
①-1 水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発									
①-2 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発									
①-3 CO ₂ 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発									
1. 研究開発成果について	2.3	B	A	B	B	B	B	B	A
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.0	C	A	C	B	B	A	B	B
3. 2. 4 要素技術開発 ②水素貯蔵材料・水素貯蔵／輸送機器要素技術に関する研究開発									
②-1 ホウ素系水素貯蔵材料の開発									
②-2 ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発									
1. 研究開発成果について	1.1	C	C	C	B	D	B	C	-
2. 実用化、事業化の見通しについて	0.6	C	C	D	C	D	C	D	-
3. 2. 5 要素技術開発 ③水素ステーション機器要素技術に関する研究開発									
③-1 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスプレイの開発									
③-2 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発									
③-3 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発									
③-4 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発									
1. 研究開発成果について	2.0	B	A	C	B	C	A	B	B
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.8	B	B	D	B	C	B	B	A
3. 2. 6 次世代技術開発・フィージビリティスタディ等									
①革新的な次世代技術の探索・有効性検証に関する研究開発									
①-1 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討									
①-2 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発									
①-3 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発									
1. 研究開発成果について	1.6	B	B	C	B	C	B	B	C
2. 実用化の見通しについて	1.3	C	B	D	C	C	B	C	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. 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 | →A |
| →B | ・妥当 | →B |
| →C | ・概ね妥当であるが、課題あり | →C |
| →D | ・見通しが不明 | →D |

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。

「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」

事業原簿【公開】

担当部	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部
-----	------------------------------------

- 目 次 -

概要

プロジェクト用語集

I. 事業の位置付け・必要性について

- 1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性…………… I-(1)
 - 1.1 NEDO が関与することの意義…………… I-(1)
 - 1.2 実施の効果（費用対効果）…………… I-(1)
- 2. 事業の背景・目的・位置づけ…………… I-(2)

II. 研究開発マネジメントについて

- 1. 事業の目標…………… II-(1)
 - 1.1 研究開発項目 I : 「システム技術開発」の目標…………… II-(1)
 - (1) 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発…………… II-(1)
 - (2) 車載等水素貯蔵／輸送容器システム技術に関する研究開発…………… II-(1)
 - 1.2 研究開発項目 II : 「要素技術開発」の目標
 - (1) 水素製造機器要素技術…………… II-(2)
 - (2) 水素貯蔵材料（同材料容器を含む）・水素貯蔵／輸送容器要素技術…………… II-(3)
 - (3) 水素ステーション機器要素技術…………… II-(5)
 - 1.3 研究開発項目 III : 「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」の目標…………… II-(7)
- 2. 事業の計画内容
 - 2.1 研究開発の内容…………… II-(13)
 - 2.1.1 研究開発項目 I 「システム技術開発」実施内容…………… II-(13)
 - 2.1.2 研究開発項目 II 「要素技術開発」実施内容…………… II-(14)
 - 2.1.3 研究開発項目 III 「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」
実施内容…………… II-(18)
 - 2.2 研究開発の実施体制…………… II-(24)
 - 2.3 研究の運営管理…………… II-(28)
 - 2.4 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性…………… II-(33)
- 3. 情勢変化への対応…………… II-(33)
- 4. 評価に関する事項…………… II-(34)

III. 研究開発成果について

- 1. 事業全体の成果…………… III-(1)
 - 1.1 研究開発項目 I 「システム技術開発」実施内容…………… III-(1)
 - 1.2 研究開発項目 II 「要素技術開発」実施内容…………… III-(1)
 - 1.3 研究開発項目 III 「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」実施内容…………… III-(2)
 - 1.4 事業全体の成果概要…………… III-(3)
 - 1.5 特許、論文、外部発表等の件数…………… III-(11)

1. 6	研究成果の最終目標の達成可能性について	Ⅲ-(11)
2.	研究開発項目毎の成果	Ⅲ-2.1
2. 1	研究開発項目Ⅰ「システム技術開発」	Ⅲ-2.1
2. 2	研究開発項目Ⅱ「要素技術開発」	Ⅲ-2.2
2. 3	研究開発項目Ⅲ「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」	Ⅲ-2.3
Ⅳ.	実用化、事業化の見通しについて	
	(実用化の見通しについて)	
1.	実用化、事業化の見通しについて	Ⅳ-(1)
1. 1	研究開発項目Ⅰ「システム技術開発」の実用化、事業化の見通しについて	Ⅳ-(2)
1. 2	研究開発項目Ⅱ「要素技術開発」の実用化、事業化の見通しについて	Ⅳ-(2)
1. 3	研究開発項目Ⅲ「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」 の実用化等の見通しについて	Ⅳ-(3)

(添付資料)

- ・イノベーションプログラム基本計画
- ・プロジェクト基本計画
- ・技術戦略マップ（分野別技術ロードマップ）
- ・事前評価関連資料（事前評価書、パブリックコメント募集の結果）
- ・特許、論文、外部発表、受賞リスト

「研究開発テーマ毎の成果部」目次

2.1 研究開発項目Ⅰ：「システム技術開発」	Ⅲ-2.1
Ⅰ-1 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発（実施体制： （財）石油産業活性化センター、東邦ガス（株）、トキコテクノ（株）、日立オートモティブシ ステムズ（株）、大陽日酸（株）、横浜ゴム（株）、（国）佐賀大学）	Ⅲ2.1-1(0)
Ⅰ-2 車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発（実施体制：日本重化学工業 （株）、サムテック（株）、（独）産業技術総合研究所）	Ⅲ2.1-2(0)
2.2 研究開発項目Ⅱ：「要素技術開発」	Ⅲ-2.2
Ⅱ-1 水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発（実施体制：東京ガス（株）、日 本特殊陶業（株））	Ⅲ2.2-1(0)
Ⅱ-2 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発（実施体制：三菱 化工機（株））	Ⅲ2.2-2(0)
Ⅱ-3 CO ₂ 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発（実施体制：（株）ルネッサンス・エ ンジー・リサーチ、（国）神戸大学、（国）京都大学、（独）産業技術総合研究所、（株）ミクニ）	Ⅲ2.2-3(0)
Ⅱ-4 ホウ素系水素貯蔵材料の開発（実施体制：（株）豊田中央研究所、（国）東北大学）	Ⅲ2.2-4(0)
Ⅱ-5 ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発（実施体制：日本重化学工業（株））	Ⅲ2.2-5(0)
Ⅱ-6 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発（実施体制：（株）タツノ・メ カトロニクス）	Ⅲ2.2-6(0)
Ⅱ-7 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発（実施体制：JX日鉱日石エネルギー （株）、サムテック（株））	Ⅲ2.2-7(0)
Ⅱ-8 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発（実施体制： （財）石油産業活性化センター、（株）キッツ、（株）山武、（財）金属系材料研究開発センター、 （株）日本製鋼所）	Ⅲ2.2-8(0)
Ⅱ-9 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発（実施体制：清水建設（株）、岩谷産業 （株））	Ⅲ2.2-9(0)
2.3 研究開発項目Ⅲ：「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」	
Ⅲ-1 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討（実施体制：（株）テク ノバ）	Ⅲ2.3-1(0)
Ⅲ-2 IEA/HIA 水素実施協定における国際技術開発動向の調査検討（実施体制：（財）エンジニア	

リング振興協会)	.....	Ⅲ2. 3-2 (0)
Ⅲ-3 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発 (実施体制：(独)産業技術総合研究所)	.....	Ⅲ2. 3-3 (0)
Ⅲ-4 非貴金属化合物を用いた水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計及び開発 (実施体制：(国)横浜国立大学)	.....	Ⅲ2. 3-4 (0)
Ⅲ-5 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発 (実施体制：(独)物質・材料研究機構、(国)金沢大学)	.....	Ⅲ2. 3-5 (0)
Ⅲ-6 水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発 (実施体制：(国)東京大学)	.....	Ⅲ2. 3-6 (0)
Ⅲ-7 超高圧水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発 (実施体制：(独)産業技術総合研究所、(国)東北大学)	.....	Ⅲ2. 3-7 (0)
Ⅲ-8 ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピルオーバー水素貯蔵に関する研究開発 (実施体制：(国)東北大学)	.....	Ⅲ2. 3-8 (0)
Ⅲ-9 Mg および Ti 系相分離型高容量水素吸蔵合金の設計と実証に関わる研究開発 (実施体制：(学)東海大学)	.....	Ⅲ2. 3-9 (0)
Ⅲ-10 水素エネルギーシステムの社会的便益に関する研究開発 (実施体制：(独)産業技術総合研究所)	.....	Ⅲ2. 3-10 (0)
Ⅲ-11 水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ (実施体制：(財)エネルギー総合工学研究所、岩谷産業(株)、川崎重工業(株)、関西電力(株)、清水建設(株)、三菱重工業(株)、千代田化工建設(株))	.....	Ⅲ2. 3-11 (0)

概要

		最終更新日	平成 22 年 7 月 30 日
プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム		
プロジェクト名	水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発	プロジェクト番号	P08003
担当推進部/担当者	<p>新エネルギー部 担当者氏名 橋本主研、青塚主査、中山主査、大河原主査、曾根主査、深江主査、伊藤主査（22年度7月）</p> <p>燃料電池・水素技術開発部 担当者氏名 橋本主研、青塚主査、山下主査、中山主査、大河原主査、山本主査、高橋主査、伊藤主査（21年度）</p> <p>燃料電池・水素技術開発部 担当者氏名 檜山主研、橋本主研、石原主研、川村主査、青塚主査、中山主査、大河原主査、山本主査、高橋主査、山下主査（20年度）</p>		
0. 事業の概要	<p>来るべき水素エネルギー普及のための水素供給インフラ市場立上げ（2015年頃を想定）に向け、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステムの技術開発、要素技術開発、次世代技術開発及びシナリオ策定、フィージビリティスタディ等を実施する。それにより水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術を確立する。具体的には、</p> <p>（1）システム技術開発：水素ステーション機器や車載等水素貯蔵/輸送容器について、低コスト化・コンパクト化開発及びそれら機器を組み合わせたシステムとして耐久性検証。</p> <p>（2）要素技術開発：水素製造・輸送・貯蔵・充填機器及びシステムに関する高性能化、軽量化、低コスト化及び長寿命化のための要素技術の開発・検証。</p> <p>（3）次世代技術開発・フィージビリティスタディ等：新規概念に基づく革新的な技術（例えば、化石燃料以外からの水素製造等）の開発及び水素社会実現に向けた技術開発シナリオの検討等</p> <p>を実施する。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>資源の乏しい我が国が、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「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。</p> <p>燃料電池及び水素技術は、上記の目的達成に向けたキーテクノロジーとして、その実用化への期待が高い。第3期科学技術基本計画（2006年3月）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」が戦略重点科学技術として選定され、エネルギー基本計画（2007年3月）、次世代自動車・燃料イニシアティブ（2007年5月）においても燃料電池及び燃料電池普及のために必要となる水素技術開発の重要性が述べられ、</p>		

	<p>さらには、Cool Earth 50—エネルギー革新技術に定置用燃料電池、燃料電池自動車及び水素製造・輸送・貯蔵が位置付けられている。従って、本事業は上記エネルギー施策・制度の目標達成に適合するものである。</p> <p>また、本分野における産業界の健全な育成については、産業界各社が自ら活動・対応するだけでなく産業界共有・共通の知的財産と成り得るものに対し、国費を元に研究開発・産業界支援を行い各社活動の重複を避け、短期集中的に仕上げることにより産業界全体として効率的な技術開発が可能となる。さらに、世界に先駆けて水素関連技術の実用化に先立ちシステム技術検証や要素技術開発を行うことは国際市場においても我が国産業界が先導的役割を果たすこととなり、さらに我が国経済力を向上させることに繋がる点で非常に有効である。</p>							
II. 研究開発マネジメントについて								
事業の目標	<p>「水素安全利用等基盤技術開発事業」（平成15年度～19年度）において、水素の安全性に係るデータの取得に基づく安全技術の確立、水素の製造・輸送・貯蔵・充填等に係わる技術開発を行い、関連する各機器について基本仕様を固め、性能において世界をリードできるレベルにまで到達させた。このような関連事業成果を踏まえながら、平成22年度末を目途に水素エネルギーの導入・普及に必要な低コスト、耐久性に優れた機器及びシステムを試作開発し、その試作開発結果を基に平成24年度までに耐久性評価等を行うことが事業の目標である。</p>							
事業の計画内容	主な実施事項	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy		
システム技術開発		低コスト化・コンパクト化・耐久性に繋がる開発・検証					→	
要素技術開発		低コスト化・耐久性等のための開発・検証					→	
次世代技術開発等		脱化石燃料による水素製造技術、シナリオ、FS等					→	
開発予算 (単位：百万円)	会計・勘定	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	総額	
一般会計		0	0	0			0	
特別会計 (需給)		1700	1360	1350			4410	
補正予算		180	0	0			180	
総予算額		1880	1360	1350			4590	
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課・燃料電池推進室						

	プロジェクトリーダー	なし
	委託先	<p>(財)石油産業活性化センター、東邦ガス(株)、トキコテクノ(株)、日立オートモティブシステムズ(株)、大陽日酸(株)、横浜ゴム(株)</p> <p>(国)佐賀大学、日本重化学工業(株)、サムテック(株)、</p> <p>(独)産業技術総合研究所、東京ガス(株)、日本特殊陶業(株)、三菱化工機(株)、(株)ルネサンス・エンジニア・リサーチ、(国)神戸大学、</p> <p>(国)京都大学、(株)ミクニ、(株)豊田中央研究所、(国)東北大学、</p> <p>(株)タツノ・メカトロニクス、JX日鉱日石エネルギー(株)、</p> <p>(株)キッツ、(株)山武、(財)金属系材料研究開発センター、</p> <p>(株)日本製鋼所、清水建設(株)、岩谷産業(株)、(株)テクノバ、</p> <p>(財)エンジニアリング振興協会、(国)横浜国立大学、</p> <p>(独)物質・材料研究機構、(国)金沢大学、</p> <p>(国)東京大学、(学)東海大学、(財)エネルギー総合工学研究所、</p> <p>川崎重工業(株)、関西電力(株)、</p> <p>三菱重工業(株)、千代田化工建設(株)</p>
情勢変化への対応	<p>本事業開始後、平成 20 年 7 月、燃料電池実用化推進協議会 (FCCJ) が「2015 年、一般ユーザーへの普及開始を目指す」とする『FCV と水素ステーションの普及に向けたシナリオ』を発表し、平成 21 年 3 月には、産業競争力懇話会も同様の発表を行い、2015 年に FCV・水素インフラを普及開始する合意が急速に形成されてきた。</p> <p>このような情勢変化に対応するため、</p> <p>(1) 平成 20 年度に実施した F S (単年度契約)のうち、「低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発」は、継続審査委員会を開催し、平成 21 年度以降も要素技術開発として継続することにした。</p> <p>(2) 平成 21 年 11 月に推進助言委員会を開催し、2015 年普及開始期に実用化が必要、且つ実用化が可能な技術開発に重点を当て、次世代技術開発・フィジビリティスタディ等の革新的技術、シナリオは平成 21 年度で終了するとの N E D O 案を示した。これに対し、委員からは研究開発にメリハリを付けることは賛成するが、次世代技術で「この芽は残しておきたい」という研究については継続する道をつくるべきとの意見が出された。</p> <p>(3) 平成 21 年 12 月に公開でワークショップを開催し、2015 年普及開始期に実用化が必要、且つ実用化が可能な技術開発に重点を当てること、燃料電池自動車、定置用燃料電池、水素インフラの基準・標準化に係わる「水素社会構築共通基盤整備事業」(平成 17~21 年度)の終了に伴い、2015 年普及開始期に必要な燃料電池自動車、水素インフラの基準・標準化を本事業に</p>	

	<p>取り込むことを報告し、追加公募することをアナウンスした。</p> <p>(4) 以上を踏まえ、平成 22 年 3 月に、次世代技術の継続審査委員会を開催し、2 件を平成 22 年度継続とし、また、基準・標準化等に係わる追加公募を実施し、本事業に取り込むとともに、2015 年普及開始期に実用化が必要、且つ実用化が可能な技術開発等に重点を当てた予算配分を行った。</p>													
評価に関する事項	事前評価	平成 19 年度実施 担当部 燃料電池・水素技術開発部												
	中間評価	平成 22 年度実施 担当部 研究評価部												
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>水素の製造・輸送・貯蔵・充填等に係わる技術に関して、性能向上、経済性、信頼性・耐久性向上、コンパクト化など研究開発を行った。これまでの関連事業成果を踏まえながら、平成 22 年度末を目途に水素エネルギーの導入・普及に必要な低コスト機器及びシステムを試作開発し、その試作開発結果を基に平成 24 年度までに耐久性評価等を行うことである。</p> <p>【研究開発目標と成果】</p> <p>●研究開発項目 I : システム技術開発</p> <p>(I-1) 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発</p> <table border="1" data-bbox="403 954 1425 1653"> <thead> <tr> <th>実施項目</th> <th>中間目標 (H22 年度)</th> <th>最終目標 (H24 年度)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ステーション建設コスト低減検討</td> <td>検討前提仕様作成、設計費 50%減</td> <td rowspan="4">設備コスト 2 億円以下、各機器メンテナンス回数 1 回以下/年に繋がる技術を開発・評価</td> </tr> <tr> <td>ステーションシステム運転技術開発検討</td> <td>水素ステーション完成、1 年以上の耐久性確認</td> </tr> <tr> <td>ディスプレイ機器コスト低減検討 機器耐久性検証 故障予知技術検討</td> <td>機器に関し 50%減 1 年以上耐久性確認 故障予知技術確立</td> </tr> <tr> <td>フレール設備開発検討</td> <td>初期改良型フレール設備製作、コスト低減方法立案</td> </tr> </tbody> </table> <p><成果></p> <ul style="list-style-type: none"> 動的解析モデルによるステーション圧力損失解析、流量解析を実施し、充填時間短縮するための設計指針提示を可能とした。 建設コスト低減検討を実施し、現状コスト約 6 億円を約 2.5 億円で低減可能の結果を得た。またそのための課題を整理した。特に設計費は 50%削減の見通しが得られた。 耐久性検証に供するディスプレイ、フレール設備を製作した。それらの機器を組み合わせ水素ステーション 		実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)	ステーション建設コスト低減検討	検討前提仕様作成、設計費 50%減	設備コスト 2 億円以下、各機器メンテナンス回数 1 回以下/年に繋がる技術を開発・評価	ステーションシステム運転技術開発検討	水素ステーション完成、1 年以上の耐久性確認	ディスプレイ機器コスト低減検討 機器耐久性検証 故障予知技術検討	機器に関し 50%減 1 年以上耐久性確認 故障予知技術確立	フレール設備開発検討	初期改良型フレール設備製作、コスト低減方法立案
実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)												
ステーション建設コスト低減検討	検討前提仕様作成、設計費 50%減	設備コスト 2 億円以下、各機器メンテナンス回数 1 回以下/年に繋がる技術を開発・評価												
ステーションシステム運転技術開発検討	水素ステーション完成、1 年以上の耐久性確認													
ディスプレイ機器コスト低減検討 機器耐久性検証 故障予知技術検討	機器に関し 50%減 1 年以上耐久性確認 故障予知技術確立													
フレール設備開発検討	初期改良型フレール設備製作、コスト低減方法立案													

システムを建設し1年間/メンテナンスの耐久性検証を実施した。

- ・また構成機器の耐久性を検証し、システム運転時の課題を抽出した。

(I-2) 車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術に関する研究開発

『中間目標』

- ・水素容積貯蔵密度は、28g/L 以上 (中間目標)、34.5g/L 以上 (最終目標)
- ・水素吸蔵合金の吸蔵量:2.7mass% (中間目標) , 3.0mass% (最終目標)
- ・水素充填時間は、90%/10min. 以内 (中間目標)、90%/5min. 以内 (最終目標)

<成果>

- ・中間目標である 28g/L を上回る 31g/L の体積貯蔵密度を有するハイブリッド貯蔵タンク的设计・製作を実施した。また、中間目標である 2.7 質量%を超える水素吸蔵量 3.2 質量%を有する Ti-V-Mn 系 BCC 合金を合成した。
- ・中間目標値 (28 g/L) を上回る体積貯蔵密度を有するハイブリッド貯蔵タンク的设计・製作を実施した。
- ・中間目標である 2.7 質量%を超える水素吸蔵量 (3.2 質量%) を有する Ti-V-Mn 系 BCC 合金を合成した。
- ・低コスト化を目的として、V系合金の量産性のトライをした。その結果、量産炉での溶解が可能であることを確認し、製造コストの点からは、中間目標値の¥10,000 以下の目処が立った。しかし、原料も含めたトータルのコストとして、安価な原料の使用について検討が必要。

●研究開発項目Ⅱ：要素技術開発

水素製造・輸送・貯蔵・充填機器及びシステムに関する高性能化、軽量化、低コスト化及び長寿命化のための要素技術を開発し、検証する。

(Ⅱ-1) 水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発

実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)
耐久性	モジュールレベルで 8000 時間以上	リフォーマーレベルで 8000 時間以上
起動時間	モジュールレベルで 3 時間未満	リフォーマーレベルで 3 時間未満
リフォーマー耐 久性	リフォーマーレベルで 耐久性検証・課題抽出	日常的なメンテナンスを除いて、8000 時間 の運転

概念設計	—	水素製造効率 \geq 80% 設備サイズ \leq 10m ³ 設備コスト \leq 30 万円/Nm ³ -h												
<p><成果></p> <ul style="list-style-type: none"> ・前事業で開発した従来膜の耐久性を向上した改良膜を開発し、目標の 8000 時間を大きく上回る 13000 時間の耐久性（製造水素純度 99.99%以上を維持）を確認した。 ・触媒一体化モジュールを用いて、目標の 3 時間未満（2 時間 27 分）で起動し、モジュールに「割れ」などの損傷がないことを確認した。 <p>（Ⅱ-2）水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発</p>														
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="405 698 874 779">実施項目</th> <th data-bbox="874 698 1423 779">最終目標（H22 年度）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="405 779 874 851">水素製造装置要求仕様の調査、検討</td> <td data-bbox="874 779 1423 851">装置仕様の確定</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 851 874 976">高性能反応器の開発</td> <td data-bbox="874 851 1423 976">改質効率：HHV85%以上 スチームカーボン比：2.5 以下</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 976 874 1102">高性能水素 PSA の開発</td> <td data-bbox="874 976 1423 1102">水素回収率：85% システムサイズ：現状比 1/3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 1102 874 1227">50Nm³/h 試作機の設計、製作、 検証運転</td> <td data-bbox="874 1102 1423 1227">改質効率：HHV82.5%以上 起動時間：1 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 1227 874 1352">50Nm³/h 試作機の設計、 検証運転のユーザ評価</td> <td data-bbox="874 1227 1423 1352">試作機設計、運転結果に対しユーザ視点で評価を行う。</td> </tr> </tbody> </table>			実施項目	最終目標（H22 年度）	水素製造装置要求仕様の調査、検討	装置仕様の確定	高性能反応器の開発	改質効率：HHV85%以上 スチームカーボン比：2.5 以下	高性能水素 PSA の開発	水素回収率：85% システムサイズ：現状比 1/3	50Nm ³ /h 試作機の設計、製作、 検証運転	改質効率：HHV82.5%以上 起動時間：1 時間	50Nm ³ /h 試作機の設計、 検証運転のユーザ評価	試作機設計、運転結果に対しユーザ視点で評価を行う。
実施項目	最終目標（H22 年度）													
水素製造装置要求仕様の調査、検討	装置仕様の確定													
高性能反応器の開発	改質効率：HHV85%以上 スチームカーボン比：2.5 以下													
高性能水素 PSA の開発	水素回収率：85% システムサイズ：現状比 1/3													
50Nm ³ /h 試作機の設計、製作、 検証運転	改質効率：HHV82.5%以上 起動時間：1 時間													
50Nm ³ /h 試作機の設計、 検証運転のユーザ評価	試作機設計、運転結果に対しユーザ視点で評価を行う。													
<p><成果></p> <ul style="list-style-type: none"> ・FCV 普及初期に向けた水素ステーション用水素製造装置の仕様を明確にした。 ・プロセス検討、改質器構造の概念検討、模擬改質器燃焼試験、改質触媒試験により、改質効率 85%、S/C2.5、改質器サイズ従来比 1/5 とする見通しを得た。 ・水素 PSA の検討により、PSA 回収率 90%、実規模システムサイズ従来比 1/2 とする見通しを得た。 ・ステーション運用者視点での評価を反映した 50Nm³/h 水素製造装置試作機の設計、機器製作を行った。 <p>（Ⅱ-3）CO₂ 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発</p>														
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="405 1845 625 1957">実施項目</th> <th data-bbox="625 1845 890 1957">中間目標（H22 年度）</th> <th data-bbox="890 1845 1423 1957">最終目標（H24 年度）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="405 1957 625 1957"></td> <td data-bbox="625 1957 890 1957"></td> <td data-bbox="890 1957 1423 1957"></td> </tr> </tbody> </table>			実施項目	中間目標（H22 年度）	最終目標（H24 年度）									
実施項目	中間目標（H22 年度）	最終目標（H24 年度）												

CO ₂ 選択透過膜の開発	170℃以上にて: $1 \times 10^{-4} \text{mol}/(\text{m}^2 \text{ s kPa})$ の CO ₂ 透過速度にて、CO ₂ /H ₂ 選択性が 200	
メンブレンリアクター用 CO 変成触媒の開発	160℃以下、SV2000 h ⁻¹ にてメタン生成が 1%以下、10%程度含まれる CO 0.1%以下に低減(メンブレンの効果を含む)	
メンブレンリアクターの開発	1m ³ /h 原理検証機での性能実証	10m ³ /h 用プラントでの性能実証
水素ステーショントータルシステムの最適化	次世代 H ₂ ステーションコンセプト確立。PSA 1/4, オガスタック不要化, S/C = 2, 効率 80%以上	改質系、PSA を含む 10m ³ /h の能力を持つトータルシステムを、実証するとともに、300m ³ /h トータルシステムの F/S 完了

<成果>

- ・ CO₂ 選択透過膜は 180℃で、目標レベルの安定した性能を有する膜の開発に成功した。
- ・ CO 変性触媒については、より高活性な触媒への改良、コストダウン、量産化の実現に近づいている。
- ・ 高性能化と加工性の向上・低コスト化を両立すべく、触媒の組み合わせやリアクター構造の検討を実施した。

(II-4) ホウ素系水素貯蔵材料の開発

実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)
複合化によるホウ素系水素化物開発 (H20-H22)	反応パスの理論解明と実験検証と、最適組み合わせ選定	—
中間相を用いたホウ素系水素化物開発 (H20-H22)	中間相の組成・構造の解明と、中間相の絞り込み	—
添加物・微細構造制御による反応速度支配因子の解明 (H21-H22)	添加物の選定、微細構造の評価および、反応速度の支配因子の解明	—
ホウ素系水素貯蔵材料としての最適化 (H22)	150℃以下の水素放出温度、6wt.%級の再吸	—

	蔵量を見極め	
反応サイクル時の劣化要因の 解明 (H23-)	—	劣化要因の解明とその対処 法の確立
実用化技術開発 (H23-)	—	材料系の最適化、大量合成技術 の開発、低コスト化の指針
実用性評価 (H23-)	—	耐久性評価、小型タンク評 価、実用化の課題抽出

<成果>

理論計算に基づく材料設計、合成、評価・解析を三位一体で展開することにより、新たなホウ素系水素貯蔵材料を開発した。

・複合化に関しては、水素貯蔵に有利な反応経路を理論計算により予測し、複合水素化物の貯蔵特性における複合比の効果なども検討し、それらの最適化を進めた。

・中間相に関しては、水素放出・再吸蔵過程で生成した中間相を解明し、水素貯蔵特性における中間相の役割を検討した。

・水素放出・再吸蔵反応ともに促進できる添加物を選定し、その促進機構を解明した。また、微細構造を調査することによって、反応速度の支配因子を抽出した。

これらの研究を通して、低温での水素放出ならびに再吸蔵が可能な新たなホウ素系水素貯蔵材料の開発指針を明確化することができた。

(Ⅱ-5) ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発

実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)
MgNi ₂ 系 C15 型 ラーベス合金	水素化物の構造を調べ、 合金組成改良による吸蔵 量の向上	3 質量%, 150°C, 1000 サイクルを満 たした合金の開発
RENi ₂ 系 C15 型 ラーベス合金	不均化の進行過程を各種 手法にて調査して挙動を 把握する	水素吸蔵による不均化反応のメカニズ ムの解明
CaMg ₂ 系 C14 型 ラーベス合金	水素化物の構造を調べ、 合金組成改良による放出 温度の低下	150°C以下でも 6 質量%を放出する合金 の開発

CaLi ₂ 系 C14 型 ラーベス合金	格子定数および原子半径 比を変えた合金の作製・ 評価	不均化等を抑制し、室温で 6 質量%を 吸蔵する合金の開発
-------------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

<成果>

- ・ 2 段のプラトーが出現することで水素吸蔵量がそれまでの 1.0 質量%から 1.7 質量%に増加した、MgPrNi₄ 組成の C15_b 型のラーベス構造を有した合金を開発した
- ・ 313K で 300 サイクルの水素吸蔵・放出を繰り返した後も、95%以上の水素吸蔵・放出量を維持することができる Mg_{1.4}Pr_{0.6}Ni₄ 組成の合金を開発した
- ・ C14 型のラーベス構造を有した CaLi₂ 組成合金および第 3 元素置換を行った合金を正確に作製することができる、ヘリウム雰囲気での浮遊溶解による手法を開発した

(Ⅱ-6) 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発

実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)
ディスペンサー 全体	基礎制御評価 防爆申請・コスト検証	低価格・高耐久性ディスペンサーの開発 コスト： 従来比 50% 耐久性： メンテ 1 回以下/年
コリオリ流量計 の開発	大流量用検出部、計測部の簡素化試作 基礎評価・防爆申請	
ディスペンサー 制御部開発	簡素化試作 基礎評価・ 防爆申請	

<成果>

- ・ ディスペンサーのプロトタイプを組み込み設計・試作が可能になった。
- ・ プレクール装置の仕様検討、評価装置を試作したことから、基礎評価の環境が整備できた。
- ・ 70MPa 大流量コリオリ流量計検出部、コアプロセッサータイプの計測部を設計、試作したことにより、性能評価が可能になった。

(Ⅱ-7) 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合容器の開発

実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)
常用圧力	80MPa	充填圧対応圧力
容量	200L	300L

重量	1000kg以下	1500kg以下
コスト	1000万円以下	1000万円以下

<成果>

- ・アルミライナーを用いた高圧（破裂圧力300MPa以上）複合容器のトウプリプレグ（TPP）を使用したDRY法による試作に成功し、アルミライナーの設計仕様が確定した。
- ・大型・長尺複合容器を製造する大型フィラメントワインディング（FW）装置の設計開発が終了し、大型複合容器の製造が可能となった。
- ・内部加熱法の問題点（加熱ムラ）を確認し、装置の改良および内部加熱法に適した樹脂の開発を行い、内部加熱法を有効に利用するFW手法に目処が立った。

（Ⅱ-8）低コスト型70MPa級充填対応ステーション機器に係わる研究開発

実施項目	中間目標（H22年度）	最終目標（H24年度）
全体	435百万円/システムの技術的見通し確認	2億円/システムに向けコスト低減策提示
総合的エンジニアリング	ステーション主要機器の最適構成提示	2億円/システム達成可能性提示
鋼製蓄圧器開発	材料評価、施工法、検査技術開発	本体価格、検査・更新費用低減
水素用高圧バルブ開発	ボールバルブ開発の技術的見通し確認	バルブ単価低減 圧力損失低減
高強度金属材料開発	金属材料候補絞り込	高強度耐水素性 金属材料開発
制御システム開発	制御システム 機器費用低減	制御システム設計費低減
流量調節弁開発	シール技術開発	動作保証回数達成 調節弁価格低減

<成果>

- ・70MPa級水素ステーション構成機器に対して技術、コスト両面から平成20年度分析したうえで、充填時間を考慮した最適化検討と、要素技術開発（以下）に取り組んだ。高容量鋼製蓄圧器 水素用高圧ボールバルブ 高強度金属材料 集中型制御システム 高耐久型

流量調節弁

・専門分野の異なる連名委託先が相互に連携し、ダイナミックシミュレーションを核とした総合的エンジニアリング技術と、これら要素技術を組合せることにより、低コスト型水素ステーションの技術的見通しを得た。

(Ⅱ-9) 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発

実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)
試設計	コンパクトした場合の課題抽出	課題解決(案)の提示
安全要素技術開発	安全性を担保する技術開発	開発技術の検証
水素ステーションの安全性評価	安全要素適用検討	標準設計に対する安全の検証
水素ステーションの経済性評価	建築試設計、コスト比較	建設合理化検討
モックアップ実験	実験計画策定	実験実施および評価
標準設計	—	標準設計(案)の提示

<成果>

- ・ステーションの試設計を実施し、キャノピー上機器設置化や地下化することで配置計画、コンパクト化(敷地面積 517m² 及び 390m²)を実現できることを確認した。
- ・反射圧低減壁の開発において、数値解析により反射波のピーク圧力を低減することが可能な壁(反射圧低減壁)の開発を行い、検証実験によりその性能を確認した。
- ・水素燃焼制御システムの開発にて、燃焼伝播の防止に必要な条件を確認した。また、水素の不活性化に関する研究では、着火に至らせない「安全濃度」を決定した。

●研究開発項目Ⅲ：次世代技術開発・フィージビリティスタディ等

(Ⅲ-1) 水素燃料電池に係る国際関連機関等研究・政策動向の調査検討

NO	目標
1	対応委員会の開催、動向レポートの作成
2	動向レポートの作成

3	政策動向レポート、公的研究機関、主要研究所の技術開発動向レポート
---	----------------------------------

<成果>

・専門家による「先端燃料電池実施協定対応委員会」を組織、AFCIA の各作業部会に専門家を派遣、あるいはテクノバで参加し、我が国の R&D 情報を提供した（NEDO の R&D の状況、日本の政策、大規模実証やそのほかの具体的な R&D プロジェクト）。このような情報提供を通じて、AFCIA に貢献した。

・IPHE の議論を分析、わが国の政策や技術開発への影響を分析した。また国内の関係者とも協力し、日本の取り組みを PR するとともに、米国、カナダ、ドイツ、欧州連合などの主要国のイニシアティブを支援した。IPHE に対する我が国の貢献を明確になるように各種の報告などや作業を滞りなく進めた。

(Ⅲ-2) IEA/HIA 水素実施協定における国際技術開発動向の調査検討

NO	目標
1	国際技術開発動向の把握
2	各 Annex(作業部会) の分析活動動向の把握
3	得られた情報の展開・普及及び共有化活動

<成果>

水素経済社会の実現に向けて国際協同研究開発を目的とする IEA/HIA (国際エネルギー機関/水素実施協定) に積極的に参加した。各作業部会にて、収集・交換した水素に関する技術開発動向・情報を国内に展開し、共有化を図った。

(Ⅲ-3) 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発

実施項目	目標
多孔質半導体光電極の高性能化	既存半導体光電極の改良で WO ₃ 光電極の性能を超える。
光触媒-電解ハイブリッドシステムによる水素製造	レドックス媒体を用いた効率的な酸素発生用光触媒の高性能化により太陽エネルギー変換効率の最高値を目指す。

新規可視光応答性半導体探索	高速自動半導体探索システムを用いてできるだけ多くの可視光応答性の新規半導体を探索する。
理論効率や将来性の試算	太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムより低コスト水素製造できるか検証する。

<成果>

・ WO₃ 光触媒の量子収率をセシウム表面処理で既報の 48 倍に向上できた。太陽エネルギー変換効率 (0.3%) は陸上植物並で、人工光合成実現可能レベルに達した。

・ BiVO₄ 光電極の光電流を炭酸塩電解液を利用することで従来の電解液より 6 倍向上できた。

高速自動半導体探索システムを活用し、新規半導体の特許を 5 件出願した。_

・ 光触媒-電解ハイブリッドシステムの小型実証試験を行った。太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムより将来低コスト水素製造が可能、という結論を得た。

(Ⅲ-4) 非貴金属化合物を用いた水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計および開発

実施項目	目標
触媒能評価	現行材料(貴金属系)に近い性能を有する非貴金属系酸素発生触媒の開発
電解試験	非貴金属系材料をアノード触媒に用いて、現行のアルカリ形水電解に匹敵する新規固体高分子形水電解セルの開発

<成果>

・ 評価法の確立し、比活性が IrO₂ を上回る Zr 及び Ta 系材料の触媒の作製に成功した。

・ Zr 及び Ta 系化合物は表面が酸化物であると酸素発生反応の活性が向上した。_

・ Zr 系化合物を電極触媒として電解試験を行い、水電解効率は 60%であった。

(Ⅲ-5) 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発

NO	目標
1	実用磁気冷凍磁性材料の開発
2	高効率水素液化機構の開発
3	蓄冷型磁気冷凍機の開発
4	測定技術要素研究

5

水素液化磁気冷凍システムの調査と解析

<成果>

- ・ AMR サイクルに適した希土類ガーネットと金属間化合物磁性材料の開発を進め、粒状化の実用材料製造技術を確立した。
- ・ 2つの駆動機構をもつ AMR 磁気冷凍サイクル試験装置を設計・作製し、AMR サイクルを実証した。
- ・ 水素液化サイクルの効率改善と高感度水素量の計測技術を開発した。

(Ⅲ-6) 水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発

実施項目	目標
水素脆性評価試験	水素濃度；2ppm 以下、負荷速度；準静的～5m/s
実大破壊強度試験	圧力；15MPa 程度、パイプ；X65 高強度鋼管、500mm 径、40m 長
高速き裂伝播計算モデル構築	き裂伝播限界圧力とき裂伝播停止長さを+/-20%で予測
外部からの指導及び協力	大学・企業の研究者・技術者からなる研究会を組織し、指導と協力を得る。

<成果>

- ・ 水素ガスパイプラインで想定される現実的な圧力・温度条件下では鋼中に拡散侵入する水素濃度は低く、準静的・動的条件ともに水素脆化は顕著ではない。
- ・ 水素ガスパイプラインの実大強度試験を実施し、き裂は長距離伝播することはないことを実証した。
- ・ 開発した高速き裂伝播数値計算モデルを用いて、天然ガスと同程度の靱性を有していれば、水素ガスパイプラインでき裂の伝播を防止できることを確認した。

(Ⅲ-7) 超高圧水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発

実施項目	目標
超高圧合成法による新規 Mg 合金系水素貯蔵材料の開発	「質量貯蔵密度 6 質量%以上、放出温度 100 °C以下、耐久性 1,000 回以上」を可能とする材料を探索する。
超高圧合成法による新規 Li 合金	「質量貯蔵密度 6 質量%以上、放出温度 100 °C以下、

金系水素貯蔵材料の開発	耐久性 1,000 回以上」を可能とする材料を探索する。
超高圧合成法による新規 Al 合金系水素貯蔵材料の開発	「質量貯蔵密度 6 質量%以上、放出温度 100 °C以下、耐久性 1,000 回以上」を可能とする材料を探索する。

<成果>

- ・ Mg-(V, Zr)-(Li, Na)-H 系水素化物において、可逆的に水素を吸蔵・放出する新規水素化物を見出すとともに、水素放出温度と結晶構造との相関を示し得た。
- ・ 7 種の Li-M-H 系新規水素化物 (M: 遷移金属元素) を見出し、Li-Y 系水素化物において、可逆的に水素を吸蔵・放出することを確認した。 _
- ・ Al 系共晶合金、アラネート、AlH₃ を原料として試みたが、適用条件下では新規水素化物相は得られなかった。

(Ⅲ-8) ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピルオーバー水素貯蔵に関する研究開発

実施項目	目標
細孔制御技術によるゼオライト鑄型炭素 (ZTC) の構造最適化	ZTC 表面積の増大 (目標 5000m ² /g) と細孔径の最適化 (範囲 0.65 nm~1.2 nm)
金属担持技術による「新たな相互作用」の導入とその最適化	Å、更には原子レベルの金属担持、及び貴金属以外 (Ni、Ti) の担持
ZTC の水素吸蔵性能評価	上記で得られた ZTC の水素貯蔵性能を評価する。

<成果>

- ・ スピルオーバー水素の貯蔵サイトを、炭素担体のエッジ、曲率をもつ部位、含酸素官能基、含窒素官能基に同定できた。
- ・ 炭素担体に担持する Pt の粒径が小さいほどスピルオーバー貯蔵量が増加することを見出した。また、安価な遷移金属 (Ni) による貯蔵にも成功した。 _
- ・ スピルオーバー水素貯蔵サイト候補である、含窒素官能基の大量ドーブ法の開発に成功した。

(Ⅲ-9) Mg および Ti 系相分離型高容量水素吸蔵合金の設計と実証に係る技術開発

実施項目	目標
Mg 基合金の開発	Mg 基合金に関する作製ノウハウを蓄積

Mg 基合金に関する熱力学的平衡反応特性の研究	Mg 基相分離型水素吸蔵合金の実証 6.0 質量%, 繰り返し 1000 回, 水素放出温度 100°C
Ti 基合金の開発	Ti 基合金に関する作製ノウハウを蓄積
Ti 基合金に関する熱力学的平衡反応特性の研究	Ti 基水素吸蔵合金の実証 6.0 質量%, 繰り返し 1000 回, 水素放出温度 100°C
Al 水素化合物の合成技術の開発	Al 水素化合物の物理的合成法を設計・開発

<成果>

- ・水素吸収・放出に伴う合金の「相分離」によって、 MgH_2 が熱力学的に著しく不安定化することが実証された（合金構成元素間の結合性に依存）。
- ・Ti 基を有する非固溶系 b. c. c. 合金の合成に成功し、室温で 3.5 mass % 以上の水素吸収・放出反応が実証された。
- ・Al 水素化合物の物理合成装置の設計・開発を行った。 $AlH_{2.5}$ 組成を得ており、物理的合成の可能性が実証された。

(Ⅲ-10) 水素エネルギーシステムの社会的便益に関する研究開発

実施項目	目 標
水素燃料電池自動車の導入に係る社会的便益に関する研究 (H20-21)	種々の FCV 導入シナリオの下で、既存の市場で経済価値として評価されていない、FCV 特有の便益を経済価値として評価すると共に、導入普及による経済的波及効果を評価する。
水素燃料電池自動車の社会的便益評価システムの構築 (H20-21)	FCV や水素インフラの導入施策は、エネルギー・環境を巡る情勢の変化や、技術開発の進捗などを反映して、ダイナミックに変化する可能性があるため、これらの情勢変化に対応したシナリオに対する便益評価を柔軟にするためのシステムを構築する。

<成果>

- ・FCV の導入普及初期の 5 年間 (H20 年度)、及び COGN の新導入シナリオ (H21 年度) をベースとし、環境便益の外部便益 (外部費用の削減)、および経済的波及効果を評価し、導入普及施策に対する示唆を得た。
- ・複数のシナリオに対する便益評価を柔軟に実施するため、これまでに開発してきた方法論に従った評価システムを構築した。

	<p>(Ⅲ-11) 水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ</p> <table border="1" data-bbox="405 241 1425 622"> <thead> <tr> <th data-bbox="405 241 571 322">NO</th> <th data-bbox="571 241 1425 322">目標</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="405 322 571 398">1</td> <td data-bbox="571 322 1425 398">前提条件の設定及び全体の評価を行う</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 398 571 474">2</td> <td data-bbox="571 398 1425 474">高圧水素供給フローの検討を行う</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 474 571 551">3</td> <td data-bbox="571 474 1425 551">液体水素供給フローの検討を行う</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 551 571 622">4</td> <td data-bbox="571 551 1425 622">有機ケミカルハイドライド法の検討を行う</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="405 638 501 667"><成果></p> <p data-bbox="405 689 1425 936">・平成27年(2015年)を想定した水素供給インフラ市場立ち上げに向け、各水素キャリア(高圧水素、液体水素、有機ケミカルハイドライド)を用いた、オフサイト型水素製造から水素ステーションにおける燃料電池自動車への充填までの一連のフローにおける、経済的成立性や実現性及び普及に向けた今後の技術開発課題について抽出・検討を行なった。また、課題の解決策についての提言も行った。</p> <table border="1" data-bbox="405 1003 1425 1146"> <tr> <td data-bbox="405 1003 619 1041">投稿論文</td> <td data-bbox="619 1003 1425 1041">「査読付き」38件、「その他」20件</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 1041 619 1079">特許</td> <td data-bbox="619 1041 1425 1079">「特許出願」43件、「PCT出願」3件(予定も含む)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 1079 619 1146">その他の外部発表(プレス発表等)</td> <td data-bbox="619 1079 1425 1146">「外部発表」219件</td> </tr> </table>		NO	目標	1	前提条件の設定及び全体の評価を行う	2	高圧水素供給フローの検討を行う	3	液体水素供給フローの検討を行う	4	有機ケミカルハイドライド法の検討を行う	投稿論文	「査読付き」38件、「その他」20件	特許	「特許出願」43件、「PCT出願」3件(予定も含む)	その他の外部発表(プレス発表等)	「外部発表」219件
NO	目標																	
1	前提条件の設定及び全体の評価を行う																	
2	高圧水素供給フローの検討を行う																	
3	液体水素供給フローの検討を行う																	
4	有機ケミカルハイドライド法の検討を行う																	
投稿論文	「査読付き」38件、「その他」20件																	
特許	「特許出願」43件、「PCT出願」3件(予定も含む)																	
その他の外部発表(プレス発表等)	「外部発表」219件																	
<p>IV. 実用化、事業化の見通しについて</p>	<p data-bbox="405 1167 1425 1624">燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)が平成22年3月に発表した「FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ」において、2015年がFCVの一般ユーザー普及開始を目指す年と位置づけられている。さらに、特出すべき内容は2025年がFCV・ステーションの自立拡大開始の年として、前提条件としてFCVユーザーのメリット(価格・利便性等)が確保されて順調に普及が進んだ場合、FCV累計200万台程度、水素ステーション1000箇所程度としている。これは、水素ステーション設置及び水素コストが目標に達し、水素ステーションビジネスが成立する時期として、1水素ステーション当たりFCV2000台という目標数値である。このようなシナリオに基づき、本研究開発も2015年をターゲットとして実用化とその後の事業化を睨んでいる。</p>																	
<p>V. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>平成20年3月 制定</p>																
	<p>変更履歴</p>	<p>平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。平成21年3月、中間目標等を追記して改訂。</p> <p>平成22年2月、研究開発項目Ⅱ、Ⅲの拡充、関連事業との連携を追記して改訂。</p>																

プロジェクト用語集

研究開発項目 I : 「70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発」

用語	説明
圧縮機	水素を圧縮する装置。本ステーションでは、圧縮機的主要仕様として、流量：300Nm ³ /h、常用圧力：82MPa。
緊急離脱カップリング	充填ホースに取り付ける車両誤発進時の安全装置。車両誤発進により一定の張力が両端にかけると、同装置が2つに分離し、かつ水素を安全に遮断する機能を有する。
試験充填容器	燃料電池車が無くとも水素の繰り返し充填試験が可能となるよう設けた容器（鋼製）。試験ステーションにおける主要仕様は、常用圧力：70MPa、容量：160L×2基
試験評価方法	耐久性、効率、使い勝手などの評価を目的として、圧縮機、蓄圧器、プレクーラなど機器毎および直充填方式、連続充填方式などの充填モード毎に、評価部位、測定項目、評価基準、試験条件、試験頻度をとりまとめたもの。
水素回収ライン	試験充填容器に充填した水素を、減圧して再利用するためのライン。試験充填容器に充填した水素を放散する必要がなく、効率的に繰り返し充填試験を進めることができる。
蓄圧器	燃料電池自動車に水素を差圧充填するため、水素を貯蔵する容器（鋼製）。試験ステーションにおける蓄圧器の主要仕様は、常用圧力：82MPa、容量：255L（日本製鋼製）×2本、100L（高圧昭和製）×2本、60L（住金機工製）×1本。
直充填	蓄圧器を介さずに、圧縮機から燃料電池自動車（または試験充填容器）に充填を直接行う方式。
ディスペンサー	高圧水素ガスステーションのうち、燃料電池自動車に燃料として高圧水素ガスを供給する装置。 筐体、ガス用流量計、バルブ、充填ホース、緊急離脱カップリング、充填カップリングで構成される。
燃料電池自動車試験車両	車載タンク内の温度などを計測する機能を持つ車両。
普及期前1年分に相当する充填回数	普及期前のポストJHFC（2011～2015年）期間における稼働率を、JHFC2と同様の0.9回/ステーション・日と想定し、1年分に相当する充填回数を270回と設定した。
プレクール設備	車載タンク内温度の上昇*を防止するため、高圧の水素を冷却する設備で、熱交換器と冷凍機から構成される。試験ステーションにおける仕様は、充填ノズル出口での水素温度が-20℃以下。 <*参考>高圧水素の充填においては、充填圧力が高いほど車載タンク内の温度上昇も高くなる現象がある。このため70MPa充填では、構成材料の許容温度85℃を超えないよう、水素を冷却して車載タンクに充填する必要がある。

平均充填流量	1回の充填における時間あたりの単純平均流量のこと。水素の総充填量(kg)を充填時間(min)で除して算出される。
遮断弁	ディスペンサー内の水素ガスの流れを遮断するバルブ。
充填カップリング	燃料電池自動車に水素ガスを移送するためにディスペンサーと燃料電池自動車のレセプタクルを接続する機器。
調節弁	ディスペンサー内の水素ガスの流量を調節するバルブ。
ディスペンサー	高圧水素ガスステーションのうち、燃料電池自動車に燃料として高圧水素ガスを供給する装置。 筐体、ガス用流量計、バルブ、充填ホース、緊急離脱カップリング、充填カップリングで構成される。
プレクール	水素ガスを燃料電池自動車に充填する前に冷却する工程。
流量計	各々の燃料電池自動車に充填した量を質量で計測する機器。
顕微赤外分光分析 (FTIR)	FT-IRとはFourier Transform Infrared Spectroscopyの略でフーリエ変換赤外分光法のこと。化合物分子の赤外線吸収を利用して化合物を定性・定量する測定法である。今回は、顕微鏡を組み合わせ、微細領域の分析を行った。
電子後方散乱像法	電子後方散乱像法 (EBSP: Electron Back Scattering Pattern)のこと。SEMに組み合わせ、ミクロな結晶方位や結晶系を測定する。結晶粒毎の情報が得られる。また、集合組織や結晶相分布を解析できる。
動的解析モデル	ある系において、時間と共に変化する圧力、流量といった物理量を、経験式や理論式に基づき計算により求める手法
Cv 値	弁の開度を一定にし、その前後差圧を 1psi に保ち、60° F の水が 1 分間に流れる量を US ガロンで表した値。この数値が大きいほど、弁を流体が流れやすい事を示す。

研究開発項目 I : 「車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発」

用語	説明
圧力損失係数	<p>充填層の圧力損失を求める Cozeny-Carman の式</p> $\frac{\Delta P}{L} = k \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \cdot \mu \cdot S_v^2 U$ <p>を下記の式に変換したときの α を圧力損失係数 [$1/m^2$] とした。</p> $\frac{\Delta P}{L} = \alpha \cdot v \cdot \frac{\dot{m}}{A} \qquad \alpha = k \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \cdot S_v^2$ <p>ΔP : 充填層の圧力損失, L : 充填層の長さ, ε : 空隙率 d : 粒子径, k : Kozeny 係数 (=5), $S_v = 6/d$</p>
アルミライナー	<p>アルミニウム合金でできた肉厚の薄い容器。加圧時の荷重はあまり分担せず、ガスバリアとして機能する。</p>
火炎暴露試験	<p>圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準 JARI S 001 に規定されている設計確認試験の一つ。</p> <p>装置すべきバルブ等を取り付け、最高充てん圧力まで水素ガスを充てんした容器を火炎の中へ曝す試験。</p> <p>合格基準は、容器が破裂することなく、容器内のガスが安全弁から排出されること。</p>
極端温度試験	<p>ANSI/NGV2 (アメリカ国家規格/圧縮天然ガス車両 (NGV) 用燃料容器に対する基本的要求事項) に規定されている試験の一つ。</p> <p>85°C (使用上限温度) で最高充てん圧力×125%を 4,000 回、-40°C (使用下限温度) で最高充てん圧力×80%を 4,000 回行う試験。</p> <p>合格基準は、加圧試験終了後に容器に漏れが無いこと。</p>
高圧水素圧力組成等温線または P-C 等温線	<p>水素圧力 (P) - 組成 (C) 等温線の呼称。水素貯蔵材料の一定温度下での水素吸蔵放出平衡特性を示す。</p>
固定端/自由端	<p>MH カートリッジは、容器にその両端を保持されている。そのうちの一方はアルミライナーに固定されていて、固定端と呼んでいる。他方は、口金部へ挿入しているプラグで支持され、長手方向に動くことができ、自由端と呼んでいる。</p>
質量貯蔵密度	<p>貯蔵システムの単位質量あたりに貯蔵できる水素質量。水素質量 / (容器質量+水素質量) の値。</p>
常温サイクル試験	<p>圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準 JARI S 001 に規定されている設計確認試験の一つ。</p> <p>2MPa 以下から最高充てん圧力×125%以上の圧力の間を往復させる試験。</p> <p>合格基準は、加圧回数が 11,250 回以下で、容器に漏れ及び破裂が無いこと。</p>
耐圧試験	<p>圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準 JARI S 001 に規定されている性能確認試験の一つ。</p> <p>最高充てん圧力の 150%以上の圧力に加圧し、30 秒以上保持し</p>

	<p>て容器を十分膨張させる試験。</p> <p>合格基準は、容器に漏れ又は異常膨張がなく、かつ、恒久膨張量が規定値を満足すること。</p>
体積貯蔵密度 (容器体積密度)	貯蔵システムの単位体積あたりに貯蔵できる水素質量。水素質量/容器外体積 の値。
バースト試験	<p>圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準 JARI S 001 に規定されている設計確認試験の一つ。</p> <p>容器が破裂するまで昇圧することによって行う試験。</p> <p>合格基準は、破裂圧力が最小破裂圧力(最高充てん圧力×225%以上、かつ、応力比 2.25 以上)以上でありこと。</p>
落下試験	<p>圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準 JARI S 001 に規定されている設計確認試験の一つ。</p> <p>水平落下、垂直落下、斜め 45° 落下を実施した容器について、2MPa 以下から最高充てん圧力×125%以上の圧力の間を往復させる試験。</p> <p>合格基準は、加圧回数が 11,250 回以下で、容器に漏れ及び破裂が無いこと。</p> <p>ただし、今回のハイブリッド貯蔵タンクの評価については、落下方法のみを参照した。</p>
BCC 相	体心立方 (Body Centered Cubic) 構造をもつ相。
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Plastics の略 炭素繊維にプラスチック材料を含浸した後、硬化させて成形した複合材料のこと。
C14 型ラーベス相	AB ₂ の組成式で表される金属間化合物のうち、MgZn ₂ 型の六方構造をもつもの。
FCC 相	面心立方 (Face Centered Cubic) 構造をもつ相。本研究の場合、Ti-V-Mn 系 BCC 合金相を水素化すると FCC 水素化物相が生成する。
MH	MetalHydride (水素吸蔵合金)
MH カートリッジ	熱交換用のフィン、配管などがついた水素吸蔵合金を入れておくための容器。
Ti-V-Mn 系合金	チタン、バナジウムおよびマンガンからなる合金。金属組成によって BCC 相および C14 型ラーベス相を生成する。

研究開発項目Ⅱ：「水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発」

用語	説明
オフガス (Off gas)	改質側ガスから、水素分離膜により水素を分離精製した残りのガスの呼称。
カーケンダルボイド (Kirkendall void)	異種元素が接し相互拡散する場合、各元素の拡散速度の差異が大きいために生じる空孔。
グラファイトフェルール (Graphite ferrules)	グラファイト製のフェルール（別途説明あり）。本事業では、触媒一体化モジュールの継手部に使用している。
フェルール (Ferrules)	配管の継手部の流体密封手段のひとつで、チューブ端近くの接続部に咬ませるリング状の部品。
触媒一体化モジュール	水素分離膜モジュール（別途説明あり）の一種。本事業のテーマのひとつで研究開発対象としている。水素分離膜を支持する多孔質支持体に触媒機能を持たせている。別置きの改質触媒を必要としないため、システムのコンパクト化が期待できる。
水素製造効率	水素製造のためのエネルギー効率。定義式は以下のとおり。 $\frac{F_p(H_2) \times Q(H_2)}{F_c(NG) \times Q(NG) + W(AUX)} \times 100 (\%)$ <p> $F_p(H_2)$: 製造水素流量(Nm³/h) $Q(H_2)$: 水素の熱量(J/Nm³) $F_c(NG)$: 消費される天然ガス流量(Nm³/h) $Q(NG)$: 天然ガスの熱量(J/Nm³) $W(AUX)$: 補機の消費エネルギー(J) </p>
水素分離型リフォーマー	水蒸気改質による水素生成と水素分離膜による水素精製を単一つの反応管内で行う水素製造システム。従来システムに比べて、高効率でシンプルかつコンパクトという特長を有する。
水素分離膜モジュール	水素分離型リフォーマー（別途説明あり）の構成要素のひとつ。水素分離膜とそれを支持する支持体からなる。反応管（別途説明あり）の中で使用される。
反応管	本事業では、水素分離膜モジュールを改質触媒（触媒一体化モジュールの場合は必要なし）とともに内蔵する高温耐圧容器を指す。この中で水素の生成と精製を同時に行う。
ホットモデル	本事業では、補機類（ボイラー、圧縮機、水処理装置等）を別置きした試験用水素分離型リフォーマーを、ホットモデルと称している。
膜モジュール	水素分離膜モジュール（別途説明あり）。
メンブレン (Membrane)	本事業では、水素分離膜を指す。
MOC	Membrane On Catalyst. 触媒一体化モジュールの英語略称。

研究開発項目Ⅱ：「水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発」

用語	説明
改質効率	水素製造装置に投入した原燃料の熱量に対する送出水素の熱量の比
製造効率	水素製造装置に投入した原燃料の熱量及び投入電力量の合計に対する送出水素の熱量の比
HHV	High-Heating Value 高位発熱量 水蒸気の凝縮潜熱を含んだ可燃性ガスの発熱量
起動時間	装置の起動開始から定格能力の30%程度で水素を送出するまでの時間
DSS	Daily Start-up Shut-down 装置を毎日起動、停止すること
ホットスタンバイ	反応器運転温度を維持するため最低負荷状態で運転し、待機した状態
水蒸気改質	原料（炭化水素）と水蒸気を反応させ、水素を主成分とする改質ガスを生成させる反応操作
脱硫	原料中の有機硫黄分を除去する反応操作
変成	改質ガス中の一酸化炭素と水蒸気を水素と二酸化炭素に変換する反応操作
S/C	Steam Carbon Ratio 水蒸気と炭素のモル比
PSA	Pressure Swing Adsorption 吸着剤への吸着量が成分によって差異があることを利用し、ガスを精製する装置。 水素 PSA は水素以外の成分を吸着除去し、高純度の水素を製造する。
VPSA	Vacuum Pressure Swing Adsorption PSA の一種で、真空下で吸着剤から吸着成分を脱離する方式。
水素回収率	水素 PSA で供給ガス中の水素量に対する製品水素量の比。
改質ガス	水素を主成分とし、一酸化炭素、二酸化炭素、メタンからなる。
変成ガス	改質ガスを変成器で処理した後のガス。改質ガスと比して、水素濃度、二酸化炭素が増加し、一酸化炭素が数%まで低下する。

オフガス	水素 PSA に供給される変成ガスのうち、製品水素以外のガス 改質器のバーナ燃料に使用される。
SV	Space Velocity 単位触媒量、単位時間に流体が触媒層を通過する流量
メタン転化率	原料中の炭素原子モル量に対する改質ガス中の一酸化炭素、 二酸化炭素モル量の比 同じ反応温度においてメタン転化率が高いほど触媒性能が 高い

研究開発項目Ⅱ：「CO₂膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発」

用語	説明
キャリア	運び手のこと。本研究では、膜内で物質（二酸化炭素等）を輸送する物質のことある。
パーミアンス	透過速度。本研究では、mol / (m ² skPa) という単位で評価している。
メンブレン	膜のこと
水蒸気改質反応	炭化水素と自ら、二酸化炭素と水素を得る反応。副生成物として一酸化炭素が発生する。
変性反応	一酸化炭素と水から二酸化炭素と水素を得る反応
CO転化率	変性反応において、一酸化炭素が反応する割合。
メンブレンリアクター	本研究で開発している、触媒とメンブレンを組み合わせ、CO変性反応を行う反応器
水素ステーション	燃料電池車に水素を供給するための施設。水素を輸送して貯蔵するオフサイト型と、都市ガスを改質して、水素をその場で製造するオンサイト型があり、水素製造装置(オンサイト型の場合)、貯蔵タンク、圧縮装置、注入装置から構成される。
PSA	pressure swing adsorption : 圧力変動吸着。吸着剤のガスに対する吸着特性の違いを利用して、加圧と減圧の操作を交互に繰り返しながら、目的とするガスを連続的に分離する装置

研究開発項目Ⅱ：「ホウ素系水素貯蔵材料の開発」

用語	説明
エリンガム図	標準生成自由エネルギー-温度図のことで、反応の進む方向をこの図から読むことができる。
ガスクロマトグラフィー	気化しやすい化合物の同定・定量に用いられる機器分析の手法である
赤外分光分析	物質に赤外線を照射し、透過（あるいは反射）光を分光することで得られるスペクトルから分子構造や状態を知る
μ SR零磁場測定	μ SR（下記参照）を外部磁場なしの状態で行う。本研究では、水素化物中の水素原子の内部磁場にのみに影響された μ SRスペクトルとなる。
第一原理計算	実験結果を含めて経験的パラメーター等を用いなくて、物質に関する計算を行う。本研究では、既知あるいはモデル構造を元に水素化物の熱力学的安定性などを理論的に予測する。
動径分布関数	ある原子のまわりに存在する原子の数が、平均の密度と比べて、どれくらいであるかをあらわす量で距離の関数となる。X線散乱実験などから求めることができる。
熱重量・示差熱分析	物質を恒温保持あるいは昇温・冷却することによって生じる、重量変化や熱変化を捉えることによって、相変態、分解・結合などの反応を分析する。
放射光	高エネルギーの電子等の荷電粒子が磁場中でローレンツ力により曲がるとき、電磁波を放射する現象であり、強力なX線や赤外線が得られ、各種の分析に用いられる。
ホウ素系水素化物	$M(BH_n)_x$ で表される水素化物である。Mはアルカリ、アルカリ土類、遷移金属元素からなる。B（ホウ素）は水素原子と共有結合して (BH_n) の陰錯イオンを形成し、Mの陽イオンと結合している。
密度汎関数法	物質の電子状態を求める方法のひとつで、多電子系の基底状態における電子密度分布は、電子密度分布関数の汎関数である全エネルギーを最小にするものとして一意的に与えられることを利用する。
ミリング処理	遊星ボールミリング装置等によって行われる物質の処理方法のひとつである。容器内に鋼等の球体と試料をいれ、回転運動を与えることによって、ボールや容器内壁面と試料、試料同士が衝突を繰り返して、粉碎加工される。
無機錯体系水素化物	$M(M'H_n)_x$ で表される一連の水素化物群の総称である。Mはアルカリ、アルカリ土類、遷移金属元素、M'はAl, B, Nなどの元素からなる。M'は水素原子と共有結合して $(M'H_n)$ の陰錯イオンを形成し、Mの陽イオンと結合している。

ラマン分析	物質にレーザのような単色光を照射し、散乱される光を分光器に通し観測して得られたスペクトルより、物質の微視的な構造や不純物の同定などを行う。
R H C (reactive hydride composite)	金属水素化物と MgB ₂ の混合物。ホウ素源として B のかわりに MgB ₂ を用いることで、水素化反応によるボロハイドライドの合成が促進される。
μ S R (muon spin rotation)	スピン偏極したミュオンを物質に注入し、ミュオンスピンの感じる内部磁場の大きさや揺らぎを実時間で捕らえることにより物質の様々な性質を明らかにする手法
マジック角回転法 (MAS)	MAS は、Magic Angle Spinning の略称である。試料を強い磁場の中に入れ、磁場の方向に対して 54.7 度傾いた軸の周りで高速回転する方法。固体試料の NMR シグナルは非常に線幅が広くスペクトルの分解能が低いですが、マジック角回転法を用いて測定することにより、線幅の狭いシグナルとなり、高分解能スペクトルが得られる。
核磁気共鳴分析 (NMR)	外部静磁場に置かれた物質中の原子核が固有の周波数の電磁波と相互作用する現象を利用した分析手法。原子核の内部構造、物質の分析、同定的手段として用いられる。
X A N E S 分析 (X-ray Absorption Near Edge Structure)	エックス線吸収端近傍構造分析を示す。吸収端の前後 50 eV 程度までの領域に見られるピーク構造を解析することで、X 線吸収原子の電子状態や局所構造に関する情報が得られる。

研究開発項目Ⅱ：「ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発」

用語	説明
原子半径比 (R_A/R_B)	AB ₂ 型のラーベス合金のA元素と、B元素の原子半径の比。2元素のC15ラーベス合金ではこの値が1.37以上であると、水素を吸蔵して非晶質化が起こるとされている。なお、理想的なラーベス構造では1.225程度である。
死蔵サイト	いったん水素を吸蔵してしまうと、数百℃以上に加熱し真空排気を行わないと水素を放出することができなくなるような水素吸蔵サイト。
水素吸蔵サイト	結晶格子内の水素を吸蔵することが可能な場所で、水素吸蔵合金を構成している金属原子4個で作る4面体等である。
水素化分解（不均化）	水素吸蔵合金が水素を吸蔵した後に水素化物と金属に分解すること。 一般に水素化分解が起こると可逆的な吸蔵放出が起こらなくなる。 例： $\text{CaNi}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CaH}_2 + 2\text{Ni}$ （水素化分解＝不均化） 例： $\text{CaNi}_5 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CaNi}_5\text{H}_6$ （水素吸蔵）
水素雰囲気での粉末X線回折測定（in Situ XRD測定）	水素圧下で粉末X線回折測定を行い、様々な水素吸蔵量での水素吸蔵合金の結晶構造を調べる。
水素誘起非晶質化（アモルファス化）、単に非晶質化	水素吸蔵合金が水素を吸蔵した後に結晶構造が崩れアモルファスの水素化物になること。一般に非晶質化が起こると可逆的な吸蔵放出が起こらなくなる。
不均化（水素化分解）	水素吸蔵合金が水素を吸蔵した後に水素化物と金属に分解すること。 一般に不均化が起こると可逆的な吸蔵放出が起こらなくなる。 例： $\text{CaNi}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CaH}_2 + 2\text{Ni}$ （不均化＝水素化分解） 例： $\text{CaNi}_5 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CaNi}_5\text{H}_6$ （水素吸蔵）
ラーベス構造	A原子とB原子の半径のサイズの比 (R_A/R_B) が1.225あるいはそれに近い値をもちAB ₂ の形の化学式で表される、緻密で安定な金属間化合物の結晶構造。C15型、C14型、C36型の3種に分類できる。結晶格子内に多数の水素吸蔵サイトが多数存在しており最大でAB ₂ H ₆ (H/M=2) まで到達する合金がある。
BCC（体心立方）構造 Body-Centered-Cubic	立方体の格子の頂点以外に中心にも格子点がある結晶構造。格子内に多数の水素吸蔵サイトが存在しており最大でMH ₂ (H/M=2) まで到達する。

C14 型ラーベス構造	3種類あるラーベス構造の内のひとつで、プロトタイプは $MgZn_2$ である。Zr や Ti 系の水素吸蔵合金が多数報告されている。 $CaMg_2$ や $CaLi_2$ 等の高容量が規定できる軽量の化合物が存在する。
C15 型ラーベス構造	3種類あるラーベス構造の内のひとつで、プロトタイプは $MgCu_2$ である。C14 型よりは少ないものの Zr や Ti 系の水素吸蔵合金が報告されている。 $(Mg, Ca)Ni_2$ 組成の室温で可逆的に吸蔵放出可能な合金が存在する。
C15 _b 型ラーベス構造	C15 型のラーベス構造の A サイトが 2 種類のサイトに規則化した構造。 C15 は AB_2 であるが C15 _b は $(A_{1.5}A_{2.5})B_2 = A_1A_2B_4$ で表される。具体的には $MgPrNi_4$ が相当している。またこの組成では Mg, Pr それぞれにそれぞれが置換固溶できるため、 $Mg_{1.4}Pr_{0.6}Ni_4$ や $Mg_{0.8}Pr_{1.2}Ni_4$ が存在する。最近この系の合金の特異的な水素吸蔵放出特性が明らかになってきている。
ΔH	水素分子 1 モルを水素吸蔵合金が吸蔵もしくは放出する反応時のエンタルピーの変化量。実用的な水素吸蔵合金では、 $-20 \sim -30$ kJ / mol H_2 程度である。
ΔS	水素分子 1 モルを水素吸蔵合金が吸蔵もしくは放出する反応時のエントロピーの変化量。理想的にはおおよそ、 -130 J/mol $H_2 \cdot K$ となる。実際には $-100 \sim -130$ 程度である。
H/M	水素吸蔵量を表す方法のひとつ。金属水素化物の金属原子 M と水素原子 H の比。例えば Mg_2NiH_4 では $H/M = 4/3 = 1.33$ (3.6mass%)。
PCT 曲線 Pressure-composition -Temperature curve	水素吸蔵合金の性能を表す最も重要な水素吸蔵量や水素吸蔵・放出温度および圧力を示している曲線。圧力-組成等温線図と呼ばれている。
2 段プラトー	PCT 曲線に低圧、高圧の 2 段のプラトー領域が存在していること。水素圧力あるいは水素量に依存した 2 種類の金属水素化物が存在しているために出現する。本事業で $MgPrNi_4$ で 2 段プラトーが存在している事を見出した。

研究開発項目Ⅱ：「低コスト型70MPa級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発」

用語	説明
圧力計	圧力を計測し表示する装置。(機械式)
圧力伝送器	圧力を計測し、結果を電気信号にて伝送する装置。
安全弁	高圧ガス機器の内圧が設計圧力以上にならないように圧力を逃がすための安全装置。
カウンター	充てんした水素量およびエラーなどを表示する装置。
ガス検知器	水素ガス検出装置。
気密試験	設計圧力以上の圧力で気体を使用して行う試験。
緊急離脱カップリング	水素充てん中に燃料電池自動車が発進したとき、ホース断裂前に離脱し水素の漏洩を防止する安全装置。
コアプロセッサ	コリオリ流量計で計測部と一体化したデジタル信号処理回路を内蔵する変換器。
コリオリ式流量計	振動するパイプ内を流体が流れるときに発生するコリオリ力を測定することにより質量流量を計測する流量計。
コントロールボックス	充てんおよびディスペンサーを制御する装置。
シーケンサー	リレー回路の代替装置として開発された制御装置。プログラマブルコントローラとも呼ばれる。
遮断弁	水素の供給、遮断を制御するバルブ。
充てんカップリング	燃料電池自動車の水素供給口と接続するディスペンサーからの水素供給の出口。
常用圧力	装置の使用状態での最高圧力。
設計圧力	機器の強度計算で基準となる圧力(=許容圧力) 常用圧力 \leq 設計圧力。
操作スイッチ	緊急停止、充てん開始・終了、脱圧などをおこなうためのスイッチ。
耐圧試験	設計圧力の1.5倍以上の圧力で水その他の安全な液体を使用して行う試験。 (液体の使用が困難な場合、設計圧力の1.25倍以上の圧力で気体を使用)
脱圧弁	ベントラインに接続され充てん終了時にディスペンサー内部配管から水素を抜くためのバルブ。
ディスペンサー	燃料電池自動車の水素タンクに水素を充てんする装置。

バリア	危険場所で使用する電気回路の安全保持回路。
ブライン槽	水素ガスを冷却するために使用する冷却液の容器。
プレクール	水素充てん時、車載タンクの温度上昇を抑制するために前もって水素ガスを冷却すること。
フローチューブ	コリオリ流量計で計測される流体が流通する振動管。
防爆ボックス	全閉構造で爆発性ガス（水素）の内部爆発の圧力に耐え、さらに内部爆発による火炎が外部の爆発性ガス（水素）へ引火を生じることがない容器。
ホース	充てん作業を容易にするためのフレキシブル性を持った水素の通路。
流量調整弁	水素充てん時に水素の流速を制御するためのコントロールバルブ。
レセクタプル	燃料電池自動車の充てんカップリング接続口。

研究開発項目Ⅱ：「低コスト型70MPa級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発」

用語	説明
キャノピー	(ガソリン、水素など) サービスステーションの充填場所の屋根部分。
ゲル化	液状の樹脂が流動性をなくし、固化すること。
樹脂	ここでは主にエポキシ樹脂を指す。加熱により硬化し繊維間に密着力を持たせる。一般には100℃~150℃の熱を加えて硬化させる。
蓄圧器	ここでは高圧水素を蓄えておくボンベ(容器)をいう。70MPaの車載タンクを備えた燃料電池車に差圧で水素を充填する場合には常用圧力80MPa以上の蓄圧器が必要となる。
ディスペンサー	液体・気体を充填する装置。充填量を計量する。
トウプリプレグ(TPP)	繊維の束(通常数万本)にあらかじめ樹脂を染みこませておいたもの。
内部加熱法	ライナーを内部から加熱しながらフィラメントワインディングを行う方法。加温により樹脂の粘度が下がり、繊維内に広がりやすい、樹脂を最後まで硬化させることが出来れば硬化工程を削減できるなどのメリットが期待できる。
複合容器	ライナーを繊維(主に炭素繊維やガラス繊維)で巻付け、樹脂で固めることによって強化した容器。
フィラメントワインディング(FW)	ライナーに樹脂を含んだ炭素繊維やガラス繊維を巻付ける複合容器の製造方法。
プレクール	水素を(燃料電池車に)高圧・高速に充填する場合、水素(および水素タンク)の温度が急激に上昇するため、あらかじめ水素を冷却しておくこと。またその装置を指すこともある。
フープバースト	フープ巻したFRPが破壊し、破裂する設計で容器を作製し、破裂試験を行うこと。あるいは、そのように破裂すること。
フープ巻	CFRP容器用ライナーの周方向(軸方向にほぼ90度)に巻きつける(フィラメントワインディングする)巻き方。
ヘリカルバースト	ヘリカル巻したFRPが破壊し、破裂する設計で容器を作製し、破裂試験を行うこと。あるいは、そのように破裂すること。
ヘリカル巻	フープ巻に比べ、軸方向に近い(例えば5~70度)角度で巻きつける(フィラメントワインディングする)巻き方。
ライナー	複合容器の内材。これに樹脂を含んだ炭素繊維やガラス繊維を巻きつけ(FW)した後、樹脂を一般には加熱硬化させて複合容器とする。
CF	carbon fiber。炭素繊維。
CFRP	carbon fiber reinforced plastics。炭素繊維強化複合材料。炭素繊維を樹脂の中に入れ、強度を向上させた複合材料。
DRY法	トウプリプレグを使用したフィラメントワインディング法。WET法に比べ、フィラメントワインディング時に液状の樹脂を塗布する工程がないためDRYという。
FRP	fiber reinforced plastics。繊維強化複合材料。

FW	filament winding。フィラメント・ワインディング参照。
PAN	Polyacrylonitrile。ポリアクリロニトリル。炭素繊維の原料となる。
WET法	繊維に樹脂を塗布しながらフィラメントワインディングを行う方法。一般に樹脂が均一に塗布しやすいように粘度の低い樹脂を使用する。

研究開発項目Ⅱ：「低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に関する研究開発」

用語	説明
アクチュエータ	自動弁に用いられる駆動機のこと。水素ステーション関連機器では主に空気圧を動力としたものを使用する。
固溶強化	窒素添加等により固溶体を作ることにより高強度化する手法。
自緊 自緊処理 (自己緊縮法 : autofrettage)	<p>製造工程中で、水圧などを利用して、容器内面に弾性限度以上になるような高い内圧を加えると、内圧をのぞいた後も変形は元に戻らず、図のように内層には圧縮応力、外層には引っ張り応力が残留し、容器内層が外層によって緊縛された状態になる。</p> <p>自緊により実効的なき裂進展力が低減されるので、蓄圧器の耐久性向上が見込まれる。</p> <div data-bbox="1037 448 1404 851" style="text-align: right;"> <p>充てん時の円周方向応力—無自緊との比較—</p> <p>最大応力: 大</p> <p>最大応力: 小</p> <p>水中でも疲労寿命の延伸が期待できる!!</p> </div>
靱性 (vE-30°C)	マイナス 30°Cにおけるシャルピー衝撃試験の吸収エネルギー。鋼の靱性はこの数値が高いほど高いとされる。
析出強化	炭化物の代わりに金属間化合物の微細な析出物粒子を熱処理により分散させ強度を高める手法。析出硬化系ステンレス鋼として SUS630 が知られている。
耐力 (0.2%耐力)	引張試験において 0.2%の残留ひずみを生じる荷重のこと。構造設計では 0.2%耐力の 75%を許容応力として用いることが多い。
ダイナミックシミュレーション	システムの微小時間の変化をあらゆる微分方程式を立て、数値解法を用いて解くことにより、対象とする流量、圧力等の時間変化を計算する予測計算手法
ナノインデンテーション試験 (超微小押し込み硬さ試験) 摩擦磨耗試験	<p>薄膜や微小領域の硬さとヤング率の測定を高精度で行う試験。圧子を材料や薄膜の表面に押し込み、表面硬さ等を求める。</p> <p>試験体の磨耗量、摩擦係数を求める目的で、実供用を模したボールとディスクとの間に荷重をかけ擦り合わせる試験</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="654 1545 909 1825" style="text-align: center;"> <p>図 X. 超微小押し込み硬さ試験機</p> </div> <div data-bbox="1037 1545 1372 1724" style="text-align: center;"> <p>図 X. 摩擦磨耗試験 (荷重増加式ボールオンディスク試験)</p> </div> </div>

引張強度 (UTS)	限界引張強さ (Ultimate Tensile Strength - UTS)
フェーズドアレイ UT (Ultrasonic Testing) 法	小さい振動子を多数配列し、そのうちの数個を同時または若干の時間の遅れを持たせて電氣的に制御して振動させ、超音波ビームの方向、集束点等を制御する技術である。フェーズドアレイ技術には従来の方法と比べて、超音波ビームの方向、集束点を任意に設定することが可能で、きずの検出能力が高く広範囲を一度に探傷できることと、その結果が断面画像で見ることができ、材料内部の詳細な情報が得られる。
ボールバルブ (手動弁、遮断弁)	バルブ構造の一つ。弁棒を90°回転させることにより開閉を行う。他構造のバルブと比較して、流量を大きくすることが可能である。
冷間加工	塑性変形を利用した常温で行う加工。オーステナイト系ステンレスは、熱処理により軟化し、冷間加工により硬化、高強度化する。
AE (Acoustic Emission) 法	材料に許容以上の外力などが加わると、材料に蓄えられていたひずみエネルギーは変形やき裂の発生や進展に費やされ、この時の、一部のエネルギーが音に変わる。これをアコースティック・エミッションと呼んでいる。この AE 信号を検出することで稼働中に異常を検出することができるため、装置を停止させることなく監視することが可能である。
Cv 値	バルブの持つ容量係数で、流体がある差圧でバルブを流れる時の流量を表した場合の数値。大きいほど流れやすい。
SA723 鋼	4%N i 低合金鋼。従来より超高压特認容器用材料として規定されている。
SNCM439 鋼	2%Ni 低合金鋼。高張力鋼として強靱性が要求される機械構造用部品に汎用される。高压水素用蓄圧器に使用されている事例あり。
SSRT (Slow Strain Rate Technique)	低ひずみ増加率による応力負荷により試料を強制破断させる遅れ割れ試験法。遅れ割れ特性の評価が短時間で可能であることから、本研究開発では耐水素性のスクリーニングに用いている。
TOFD → (Time of Flight Diffraction) 法	送信用探触子と受信探触子を一定の間隔で対向させ、探触子間を直接伝わる波を検出し表示する方法である。この時、き裂が内在しているとき裂の上端・下端で回折波が発生するので、き裂先端からの回折波の伝搬時間の差を利用して、検出または寸法測定を行なうことが可能である。き裂の高さ寸法の測定精度が良いという特徴がある。

研究開発項目Ⅱ：「都市型コンパクト水素ステーションの研究開発」

用語	説明
安全濃度	本研究ではCO ₂ を加えることによりある空間に水素が漏洩しても着火しないCO ₂ /空気の分圧比と、水素が漏洩した空間内の混合気を外部に排出しても着火の恐れが無いCO ₂ /水素分圧比を決定した。本研究ではこの両方の条件を満たすCO ₂ /空気/水素混合気の濃度を安全濃度と呼ぶ。
可燃濃度の境界	空気中で水素の可燃限界は下限が4%、上限が75%とされ、その間の濃度が可燃濃度である。空気にCO ₂ を加えるとCO ₂ の増加とともに下限が上昇、上限が下降して可燃濃度が狭まり、本研究の結果CO ₂ 75%で消滅する。CO ₂ 濃度を変化させて可燃限界を測定し、それを結んだ曲線が可燃濃度の境界である。
水素燃焼制御	水素混合気に水噴霧や不活性ガスを混合し、水素の燃焼を抑制すること。
水素の不活性化	本研究開発では不活性気体により漏洩した水素が着火・爆燃・爆轟に至らないようにすることを表す。(ハロン消火剤の場合には化学反応により燃焼を抑えるが、本研究のCO ₂ の場合には熱的影響により燃焼を抑制している(カッコ内は無くて良い))
パイロットバーナ	燃焼器では主たる燃料と空気の流れとは別に常に安定して燃焼する小さなバーナを備えて、最初の点火や条件変動の際の消炎防止に用いるものをパイロットバーナと呼ぶ。本研究では安定して燃焼する火炎(パイロットバーナ)の周囲にCO ₂ /空気/水素混合気を流通させて火炎が広がるか否かを調べた。
爆風圧エネルギー吸収壁	入射する圧力波が壁面で反射する時に、圧力波のエネルギーの一部を吸収して反射圧を低減する機構を取り入れた壁
反射圧低減壁	入射する圧力波が壁面で反射する時に、反射波のピーク圧力を低減する機構を取り入れた壁

研究開発項目Ⅲ：「水素燃料電池に係る国際関連機関等研究・政策動向の調査検討」

用語	説明
IPHE	International Partnership for Hydrogen Economy（水素経済のための国際パートナーシップ）の略。米国が2003年に設立した、水素・燃料電池に係る政策レベルの国際協力組織。議長国は、2003～2007年が米国、2007～2009年がカナダ、2009～2011年がドイツ。行政担当者間の連携と情報交換を行っている。2010年に名称をInternational Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economyに変更。
IEA 先端燃料電池実施協定	先端燃料電池実施協定（Advanced Fuel Cell Implementing Agreement）は、IEAの実施協定（タスクシェアによるR&Dと情報共有対象とする研究交流組織）の一つ。先端燃料電池実施協定傘下には現状で、Annex 22（PEFC）、Annex 23（MCFC）、Annex 24（PEFC）、Annex 25（Stationary）、Annex 26（Transport）、Annex 27（Portable）が設置されている。

研究開発項目Ⅲ：「可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水電解水素製造の研究開発」

用語	説明
可視光応答性	可視光は 400 nm(380 nm)から 800 nm までの波長領域の光である。代表的な光触媒である二酸化チタンはちょうど可視光領域の短波長側より短い波長の光を利用する紫外光応答性光触媒であるので、一般には二酸化チタンの吸収より長い波長の光を利用できる光触媒が可視光応答性光触媒とされる。
酸化タングステン	黄緑色の可視光応答性の半導体。調製法により異なるが、光吸収スペクトルの吸収端は 460~480 nm であり、それよりも短い波長の光を吸収できる。環境浄化利用分野でも銅やパラジウム助触媒を表面に担持することで高い有機物分解性能を示す。強酸性でも非常に安定。
人工光合成	研究分野によって定義は異なる。例えば錯体化学では、植物の光吸収用ポルフィリン錯体や酸素発生用 Mn 錯体の機能を部分的に模倣する研究自体を示す。反応で区分する場合は、光エネルギーを化学エネルギーに「直接」変換・貯蔵する反応（エネルギー蓄積型反応またはアップヒル反応）を起こすシステムを示す。本研究の水を酸素に分解して Fe^{3+} を Fe^{2+} に還元する反応もエネルギー蓄積型反応である。水を水素と酸素に完全分解する反応、炭酸ガスと水から有機物を合成する反応、窒素と水からアンモニアなどを合成する反応も典型的なエネルギー蓄積型の人工光合成反応である。（均一・不均一）光触媒反応や光電極反応がその範疇になる。太陽電池と電気分解を組み合わせた水素製造では、直接的な変換ではないので、人工光合成ではない。
スイッチグラス	イネ科・キビ属の永年性草本植物。米国では大統領の一般教書演説でバイオエタノールを生産するための有望燃料作物として言及されて有名になった。トウモロコシと同じ光合成能力が高い種類で、乾燥にも耐え、農地に適さない土地でも栽培容易なのが特徴。
太陽エネルギー変換効率	単位時間当たりの、入射する太陽エネルギーに対して、取り出したエネルギーの割合。本研究の場合、ソーラーシミュレーターからの疑似太陽光（ラジオメーターで調整）に対して、水を酸素に分解して Fe^{3+} を Fe^{2+} に還元する反応として蓄積されたエネルギーの割合を示す。農作物の場合は、年間の太陽エネルギー総量に対して、年間で収穫された作物の乾燥物から計算した蓄積エネルギーの割合を示す。
光触媒	光触媒は光吸収により励起され、酸化反応および還元反応を引き起こす触媒物質である。不均一系の半導体光触媒や均一系の色素光触媒などがあるが、本発表は前者。半導体触媒は伝導帯と価電子帯が禁制帯で隔てられたバンド構造を持つ。バンドギャップ以上のエネルギーを持つ光により、価電子帯の電子が伝導帯に励起され、伝導帯に電子が、価電子帯にその抜け殻の

	<p>正孔が生成する。伝導帯に励起された電子は価電子帯の電子よりも還元力が非常に強く、暗時では起こらない還元反応を起こすことができる。同様に、正孔も強力な酸化反応を起こす。今回の反応の場合、正孔により水が酸化されて、酸素が生成される。一方、伝導帯に励起された電子は Fe^{3+} を還元し、Fe^{2+} が生成する。</p>
光電極	<p>本多藤嶋効果で有名な酸化チタン半導体の単結晶を用いた水分解で用いられた。n型半導体による水分解では、照射によってその表面で酸素発生、対極で水素発生が起こる。この研究から原理が類似している酸化チタン光触媒の研究が盛んになった。</p>
量子収率	<p>本研究での量子収率は「外部量子収率」で表している。入射する光子の数に対して、反応に利用された光子の割合であり、見かけの量子収率とも言う。光子が反射または透過して吸収されなかった場合や、吸収されて電子-正孔対ができて再結合して熱になった場合、その量子収率は低くなる。一方、吸収された光子の数に対して、反応に利用された光子の割合の場合は内部量子収率と言う。外部量子収率は内部量子収率より低くなる。</p>
レドックス媒体	<p>酸化と還元を安定に繰り返す物質。二次電池材料にも用いられる。本研究については Fe^{2+} と Fe^{3+} のイオン。植物の光合成にも酸化や還元を起こす部分に電子移動を仲介する有機物のレドックス媒体が多数存在する。</p>

研究開発項目Ⅲ:「非貴金属化合物を用いた水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計および開発」

用語	説明
アノード (anode)	正電荷が電極相から溶液の方へ向かって移動する電極。電極反応が全体として酸化方向に進行している電極。
アルカリ形水電解 (alkaline electrolyte water electrolysis)	電解質にアルカリ溶液を用いて水の電気分解をおこなう方法ならびに装置。
カソード (cathode)	溶液側から電極相へ正電荷が移動していく電極。電極反応が全体として還元方向に進行している電極。
過電圧 (overvoltage)	電極と電解質界面でのただ1つの電気化学反応しか生じていない場合の平衡電位からの電極電位のずれのこと。過電圧は反応や電極の“遅さ”を表す。
固体高分子形水電解 (polymer electrolyte water electrolysis)	電解質に固体高分子膜を用いて水の電気分解を行う方法ならびに装置。
酸素発生電極 (oxygen evolution electrode)	水の電気分解(水電解)におけるアノードのこと。アノードにおいて酸素が発生する反応が起こるので、このように呼ぶ。
質量活性 (mass activity)	質量当たりの活性のこと。
定常分極 (steady state polarization)	十分に遅い電位走査速度で自然電位から電極電位をずらしていく操作ならびに測定法。
電解質 (electrolyte)	その内部をイオンが電荷担体として移動して、電流を流すことができるイオン伝導体のこと。
電気二重層 (electrical double layer)	電極を電解液に浸漬すると帯電し、それに液中のイオンが引き寄せられ、電極と電解液中にそれぞれ電荷層が形成される。この層を電気二重層という。
比活性 (specific activity)	実面積当たりの活性のこと。

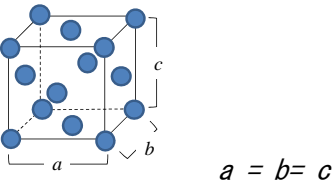
研究開発項目Ⅲ：「高効率水素液化磁気冷凍の研究開発」

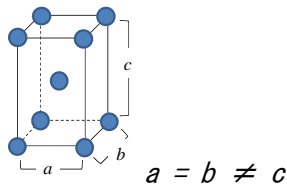
用語	説明
エントロピー変化	磁場により変化する磁性体のエントロピーのこと。これが大きいほど磁性体の冷凍能力が高い。磁性体の磁気相転移温度近傍でのみ大きいため、冷凍温度領域に転移温度を持つ磁性体を選択することが重要である。
カルノー型磁気冷凍	磁気冷凍サイクルの一種。熱機関のカルノーサイクルを磁気冷凍で実現するサイクル。原理的には熱力学最高効率が可能である。
球状化磁性体	磁気作業物質の充填率、熱交換効率を向上し、ガスの圧力損失を減少させるために用いられる球状化した磁性材料である。
磁気熱量効果	磁性体に磁場変化を与えると磁性体の温度が変化する。あるいは外部へ放熱、吸熱を起こす効果。磁気冷凍の原理となる物理現象。
磁性体駆動型磁気冷凍サイクル	磁気冷凍サイクルに必要な磁性体の磁場変化を与える方式の一つ。磁性体を駆動することで、超電導マグネットは永久電流モードで運転することができるため、効率的なサイクル運転が可能になる。
蓄冷型磁気冷凍	磁気冷凍サイクルの一種。外部熱交換器(蓄冷器)と熱交換することで、広い温度範囲での冷凍サイクルを可能とする。
ディスプレイサー	シリンダーとピストンによって熱交換ガスを駆動する機構のこと。一般のコンプレッサーと異なり、低温でガスを往復運動させることができる装置のことである。
AMR	Active Magnetic regenerator の略。能動型磁気蓄冷器。蓄冷型磁気冷凍サイクルの一種で、磁性体に蓄冷器と冷凍作業物質の二つの役割をさせることで効率的に蓄冷型冷凍サイクルを実現させる方式である。
%カルノー効率	熱力学的最高効率であるカルノー効率に対する実際のサイクルの効率の割合である。

研究開発項目Ⅲ：「水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発」

用語	説明
ガスパイプライン実大強度試験	天然ガスパイプラインで広く適用される試験で、他工事損傷などにより鋼管にき裂が発生した場合を想定して、所定の圧力下で初期き裂を強制的に与え、き裂が高速で伝播する挙動を計測する実験方法。
き裂伝播抵抗	延性破壊によりき裂が伝播する際の抵抗値を破壊力学パラメータで表わしたもの。パラメータとして、応力拡大係数やJ積分が使われる。
高速き裂伝播	材料中を高速でき裂が伝播する現象で、鋼の場合には、延性破壊と脆性破壊でき裂が伝播する。前者では、100~300m/s、後者では600~2000m/sの速度である。
水素脆性	鋼をはじめとする金属材料中に、水素が拡散侵入し、金属の破壊抵抗を弱める現象。同一の材料でも、水素濃度、試験温度、歪速度により水素脆性の感受性が異なる。
水素チャージ	材料の水素脆性感受性を評価するために、材料中に水素を拡散侵入させる方法。高温高圧水素環境下、電気化学的にチャージする方法がある。
TMCP プロセス	鋼管や厚鋼板を製造するプロセスで、Thermo-Mechanical Control Process の略。制御圧延・制御冷却からなる。結晶粒が微細化して強度と靱性が向上する。
TMR プロセス	鋼管や厚鋼板を製造するプロセスで、Thermo-Mechanical Rolling の略。制御圧延を適用する。結晶粒が微細化して強度と靱性が向上する。

研究開発項目Ⅲ：「超高压水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発」

用語	説明
FCC	Face-centred cubic (面心立方晶) の略。 
共晶合金 Eutectic alloy	共晶反応によって生成する凝固組織を共晶組織と呼び、そのような組織を持つ合金をいう。共晶組織は一般に2種類の板状結晶が交互に配列した層状であるが、稀に棒状、螺旋状をとる。いずれにせよ、数 μm 程度のレベルの微細な組織である。共晶合金が融解するときは、純粋な単体の結晶のように一定温度(共晶点)を保つ。
金属間化合物 Intermetallic compound	2種以上の金属元素から構成される化合物。元素の原子比は整数である。成分元素個々とは異なる、特有の物理的・化学的性質を示す。
空孔 Vacancy	格子欠陥の一種である点欠陥の一つ。原子空孔ともいう。原子が規則正しく配列した結晶格子において、原子が本来在るべき場所から欠落している格子点をいう。絶対零度(0K)でない限り、結晶は空孔が存在した方が安定である。
合金 Alloy	金属元素単体からなる純金属に対し、複数の金属元素あるいは金属元素と非金属元素から成る金属様のものをいう。形態としては、完全に溶け込んでいる固溶体や上述の金属間化合物等がある。また、必ずしも単相でなくてもよく、複数の相から構成されるものも含む。金属成分が各々微細に独立した結晶組織を構成している共晶も合金である。
サイト Site	結晶格子における格子点、あるいは複数の原子によって構成される多面体の重心位置を指す。
錯水素化物 Complex hydride	錯体系水素化物の略称。 $[\text{AlH}_4]^-$ 、 $[\text{AlH}_6]^{3-}$ 、 $[\text{BH}_4]^-$ など水素を含み負の電荷を持つ錯イオンと正の電荷を持つ金属イオンとから構成される塩。 LiAlH_4 、 NaAlH_4 、 Na_3AlH_6 、 $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ などが該当する。
水素化アルミニウム Aluminum hydride	化学式 AlH_3 。アランとも呼ばれる。質量水素密度 10.6 %。式量 30.01。密度 1.486 g/cm^3 。無色の固体。融点約 423K (150°C)。強力な還元剤で、熱力学的に非常に不安定である。 金属アルミニウムを直接水素化させる、所謂、気相-固相反応から得ることは平衡解離圧の関係から非常に困難であるが、有機溶媒中でのアラネートを原料としたメタセシス反応により比

	<p>較的容易に得ることができる。結晶構造が異なる 7 つの多形 (α、α'、β、γ、δ、ε、ζ) の存在が知られている。</p>
DSC	<p>Differential scanning calorimetry (示差走査熱量分析) の略。測定試料と基準物質との間の熱量差を計測することで、相変態温度 (融点、ガラス転移点、水素吸蔵・放出温度など) を測定する熱分析の手法である。</p>
TG-TDS	<p>Thermogravimetry-Thermal desorption spectroscopy (熱重量-昇温脱離ガス分析) の略。</p> <p>昇温過程で試料表面及び試料中から脱離するガス成分を分子量毎 (定性的) に質量分析計により検出するとともに、試料の質量変化を連続的に測定する。複数種類のガスの放出が並行して起きていなければ、脱離ガス成分毎の定量も可能である。</p>
熱力学的特性 Thermodynamic property	<p>熱伝導率、各種変態温度、エンタルピー、エントロピー、活性化エネルギー、比熱、潜熱、膨脹率、蒸気圧などの数値として表される。</p>
BCT	<p>Body-centred tetragonal (体心正方晶) の略。</p>  <p style="text-align: center;">$a = b \neq c$</p>
ミリング Milling	<p>ボールミリング、メカニカルアロイング、あるいはメカニカルグラインディングともいう。セラミック製や金属製の硬球と、材料の粉末を円筒形の容器 (材質は硬球と同じ) に入れて自転・公転させることによって、材料を磨り潰して均質な微粉末とする処理。</p>

研究開発項目Ⅲ:「ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピルオーバー水素貯蔵に関する研究開発」

用語	説明
エッジ	グラフェンの端の部分のこと。通常は水素で終端されているが、含酸素官能基で終端されることもできる。
含酸素官能基	グラフェンに付加可能な酸素原子を含む官能基。カルボキシル、フェノール性水酸基、ラクトン、カルボニル、エーテルなど様々な種類がある。
含窒素官能基	グラフェンに付加可能な窒素原子を含む官能基。4級炭素（グラフェンシート内の炭素原子1個が窒素原子1個に置換された形）、ピリジン、ピリドン、ピロール、ニトロ基など様々な種類がある。
グラフェン	炭素六角網面からなるシート状物質。グラフェンが規則正しく積そうすると、グラファイトになる。活性炭やゼオライト鑄型炭素などの炭素材料の基本的な構成要素であるが、これらの物質を構成するグラフェンには、大量の構造欠陥（ダングリリングボンド、5員環、7員環など）が存在する。
スピルオーバー	金属担持触媒において、気相中の水素分子が金属表面に解離吸着した後、原子状水素（H・）の状態ですべて担体へと流れ出す現象。
スピルオーバー水素	スピルオーバーによって担体へと移動した、原子状水素（H・）のこと
スピルオーバー貯蔵	スピルオーバー水素を可逆的に吸蔵／放出する、という方式の水素貯蔵
ゼオライト鑄型炭素	ゼオライトの細孔内部に炭素を充填し、ゼオライトを溶解除去することで得られる多孔性炭素。ゼオライトが鑄型となり、その規則構造が転写された炭素である。鑄型であるゼオライトと同じ長周期規則構造をもち、比表面積は最大で4000 m ² /gに達する。
物理吸着	静電相互作用の一種であるファンデルワールス力により、気体分子が固体表面に引き寄せられる現象。固体物質の比表面積が大きいほど、物理吸着量は増加する。

研究開発項目Ⅲ：「Mg および Ti 系相分離型高容量水素吸蔵合金の設計と実証に関わる研究開発」

用語	説明
圧力-組成等温線	金属-水素反応系は、水素平衡圧力と水素吸収量の関係を等温線として記述する。これより、最大水素吸収量や水素吸収・放出の可逆性、熱力学的安定性を知ることが出来る。
グロー放電発光分光分析	分析材料を陰極として異常グロー放電を起こさせ、発する光を分光することにより元素組成分析を行う方法。スパッタリングによって深さ方向にも分解能を持ち、水素のような軽元素も定量できる。
プラトー圧力	金属-水素反応系において、水素吸収・放出に伴って相変態が起こると、圧力-組成等温線上に圧力が一定となる領域が現れる。熱力学的には、この領域が現れる圧力が高いほど水素化合物の安定性が低い。水素貯蔵材料を水素供給源として考える場合、水素供給圧力はこのプラトー圧力によって支配される。

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

1. 1 NEDO が関与することの意義

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「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。

燃料電池及び水素技術は、上記の目的達成に向けたキーテクノロジーとして、その実用化への期待が高い。第3期科学技術基本計画（2006年3月）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」が戦略重点科学技術として選定され、新・国家エネルギー戦略（2006年5月）では燃料電池自動車に関する技術開発の推進が記され、経済成長戦略大綱（2006年7月）において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。エネルギー基本計画（2007年3月）、次世代自動車・燃料イニシアティブ（2007年5月）においても燃料電池及び燃料電池普及のために必要となる水素技術開発の重要性が述べられ、さらには、Cool Earth 50－エネルギー革新技術に定置用燃料電池、燃料電池自動車及び水素製造・輸送・貯蔵が位置付けられている。従って、本事業は上記エネルギー施策制度の目標達成に適合するものである。

本分野における産業界の健全な育成については、産業界各社が自ら活動・対応するだけでなく産業界共有・共通の知的財産と成り得るものに対し、国費を元に研究開発・産業界支援を行い各社活動の重複を避け、短期集中的に仕上げることにより産業界全体として効率的な技術開発が可能となる。また、世界に先駆けて水素関連技術の実用化に先立ちシステム技術検証や要素技術開発を行うことは国際市場においても我が国産業界が先導的役割を果たすこととなり、さらに我が国経済力を向上させることに繋がる点で非常に有効である。

1. 2 実施の効果（費用対効果）

当該事業を実施することにより、総合科学技術会議の「環境エネルギー技術革新計画」（平成20年5月）の技術評価において、2030年の市場規模：日本1兆円以上、世界3兆円以上と評価される燃料電池自動車と水素製造・輸送・貯蔵は「Cool Earth－エネルギー革新技術計画」（平成20年3月）において、世界全体の温室効果ガスの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達成するためのエネルギー分野における21の革新的技術開発の中に選定され、温室効果ガスの削減にも大きな貢献をもたらすことが期待されてい

る。

一方、民間団体である燃料電池実用化推進協議会（FCGJ）（次頁参照）が平成 22 年 3 月に発表した「FCV と水素ステーションの普及に向けたシナリオ」において、2015 年が FCV の一般ユーザー普及開始を目指す年、2025 年が FCV ・ステーションの自立拡大開始の年として、位置づけられており、2025 年には、FCV 累計 200 万台程度、水素ステーション 1000 箇所程度のシナリオが示されている。同シナリオでは、2015 年の普及開始に向けて 2006～2014 年までの間の技術課題の解決と規制見直しの推進が提示されており、本事業は正に当該シナリオに合致するものである。

このような研究開発投資がもたらす効果として、燃料電池の導入・普及は、省エネルギー効果、環境負荷低減効果、エネルギーの供給多様化、石油代替効果、分散型電源としての利用、産業競争力強化と新規産業・雇用の創出が期待される。

2. 事業の背景・目的・位置づけ

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）では、「水素安全利用等基盤技術開発事業」（平成 15 年度～19 年度）において、水素の安全性に係るデータの取得に基づく安全技術の確立、水素の製造・輸送・貯蔵・充填等に係わる技術開発を行い、関連する各機器について基本仕様を固め、性能において世界をリードできるレベルにまで到達させた。安全技術の確立は、「水素社会構築共通基盤整備事業」（平成 17 年度～21 年度）に引き継がれ、燃料電池の大規模な導入・普及や技術レベルの進展に対応した既存規制の見直し等に資するための安全確認データの取得、国際標準の提案並びに製品性能の試験・評価手法の確立を、産業界との密接な連携のもとで実施している。

また、「水素先端科学基礎研究事業」（平成 18 年度～24 年度）では、水素物性等に係る基礎的かつ高度な科学的知見の集積を行い、水素社会到来に向けた基盤整備に資することを目的に、液化・高圧化した状態における水素物性の解明並びに液化・高圧化による材料の水素脆化に関する基本原理の解明及び対策検討など、根本的な現象解析を実施中である。加えて、「水素貯蔵材料先端基盤研究事業」（平成 19 年度～23 年度）では、高性能かつ先端的水素貯蔵材料開発に必要な水素貯蔵に関する基本原理の解明及び材料の応用技術に必要な基盤研究を実施中であり、両事業から基礎固めを行うことにより、水素供給インフラを支える材料、機器及びシステム開発に関するブレイクスルーに繋がることを企図している。

本研究開発では、これらの動向や並行実施事業の進捗状況を踏まえ、来るべき水素エネルギー普及のための水素供給インフラ市場立上げ（平成 27 年／2015 年頃を想定）に向け、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステムの技術開発、要素技術開発、次世代技術開発及びシナリオ策定、フィージビリティスタディ等を行い、水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術を確立することを目的とす

る。また、技術開発の一翼を担いつつ、実証研究や基準・標準化に関する事業と連携を図りながら推進することにより、燃料電池の実用化・普及展開及び国際競争力の確保に資するものである。

また、世界に目を向けた場合のFCV・ステーション技術開発動向について日本の位置づけ、技術的な開発動向等については以下のような状況である。

○FCV 車載用水素貯蔵技術

- ・ 高圧水素ガス貯蔵が主流である。また、貯蔵圧力として、1 充填走行距離延伸のため、高圧化の方向（70MPa）となっている。
- ・ 水素貯蔵の目標値は、日本、米国でほぼ同じ状況である。具体的には以下のとおりである。
（重量／体積貯蔵密度：2015 年 5.5wt%/40g/L、究極 7.5wt%/70g/L）

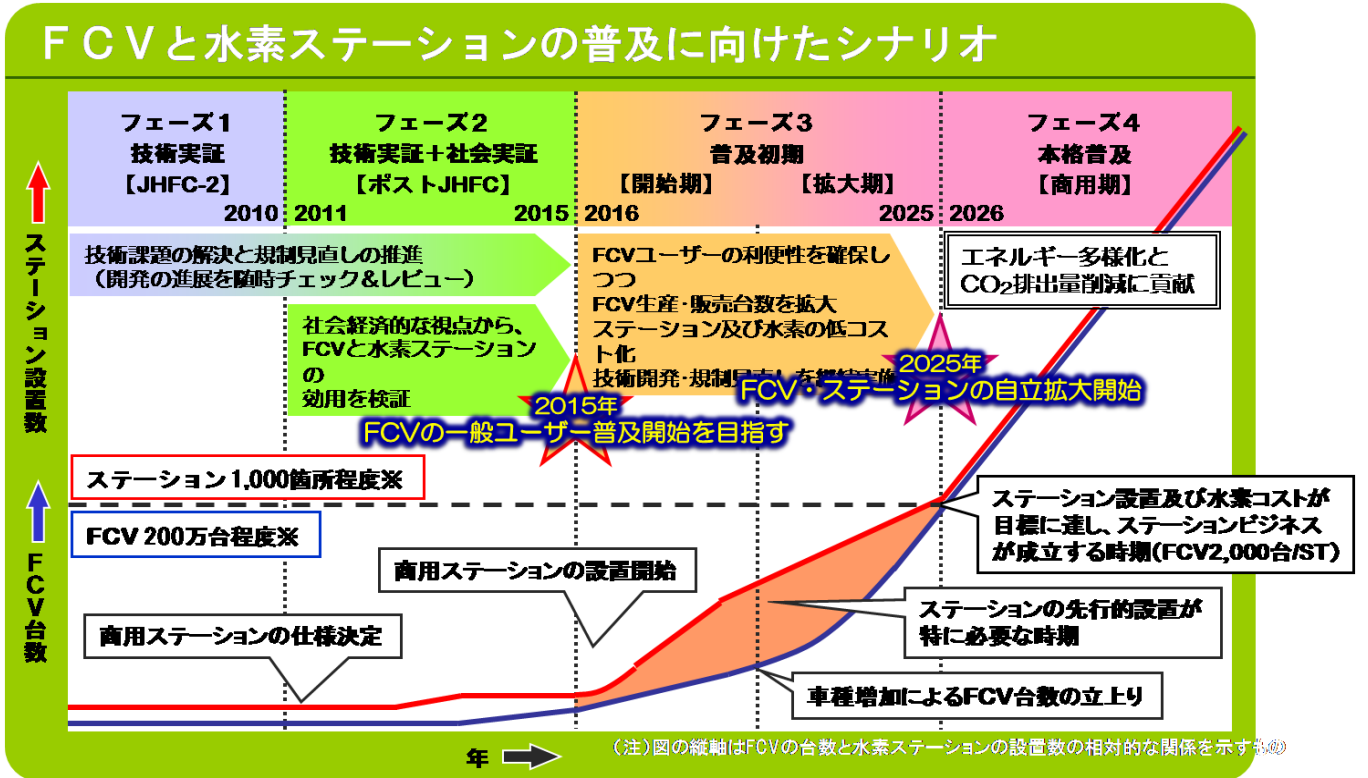
○水素供給インフラ技術

- ・ FCV の水素貯蔵の方向性に合わせ、水素ステーションも高圧ガス充填が主流であり、35MPa→70MPa へと移行する方向である。
- ・ 充填方式は、圧縮機から蓄圧器を介し充填する差圧充填方式と圧縮機から直接充填する直接充填方式がある。両方式ともコスト、技術課題があり実用化のためには検証が必要である。
- ・ 充填速度は、ガソリンスタンド並みの3分/5kg-H₂が要求されている。
※日本は、大容量圧縮機による直接充填、FCV の車載水素容器の状態をステーションに逐次伝えて充填する通信充填の開発には未着手。また、規制の面で厳しい状況である。

○各国の技術レベル

技術開発において、北米（特に米国）、欧州（特にドイツ）、日本が進んでいるが、今後、韓国、中国等も追い上げてくる状況である。

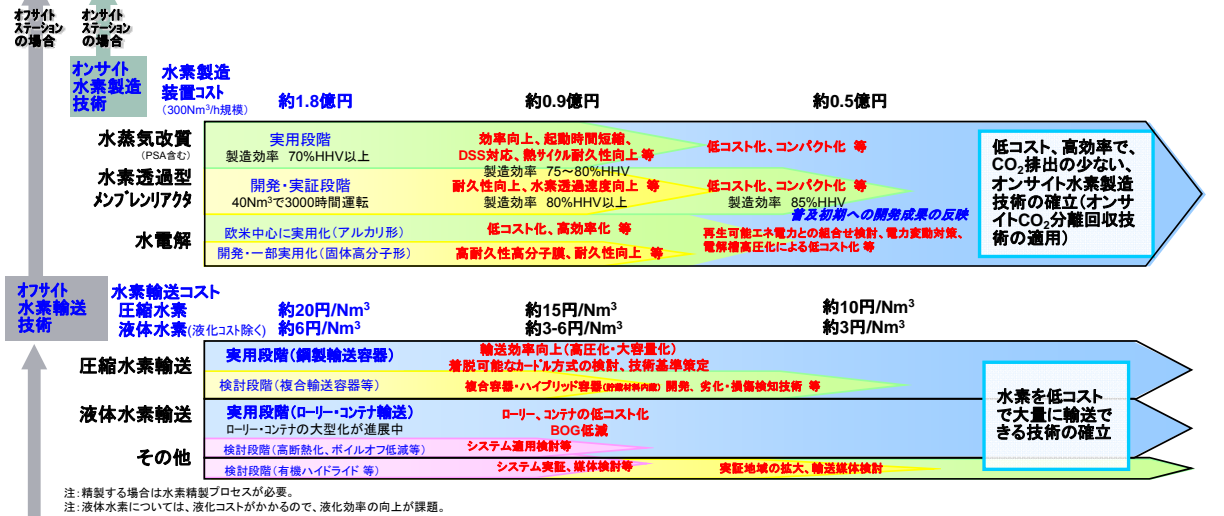
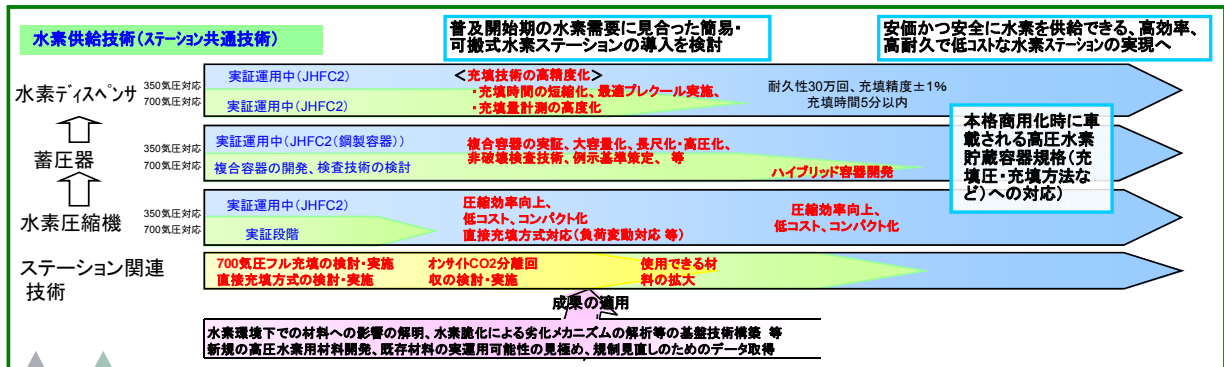
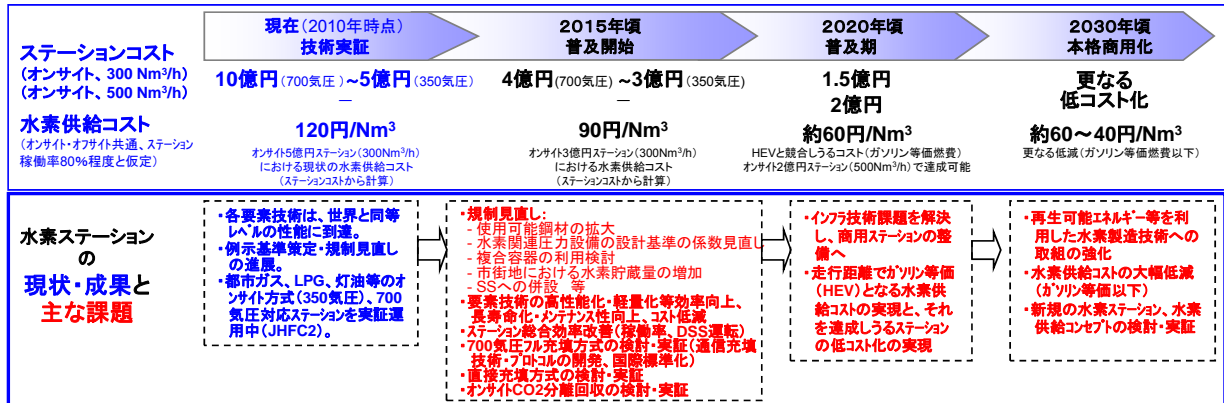
次頁以降に「燃料電池実用化推進協議会（FCCJ）」によるシナリオ、「NEDOロードマップ 2010 年度版 水素製造・輸送・貯蔵技術ロードマップ、水素貯蔵技術ロードマップ」を添付した。



※前提条件:FCVユーザーのメリット(価格・利便性等)が確保されて、順調に普及が進んだ場合

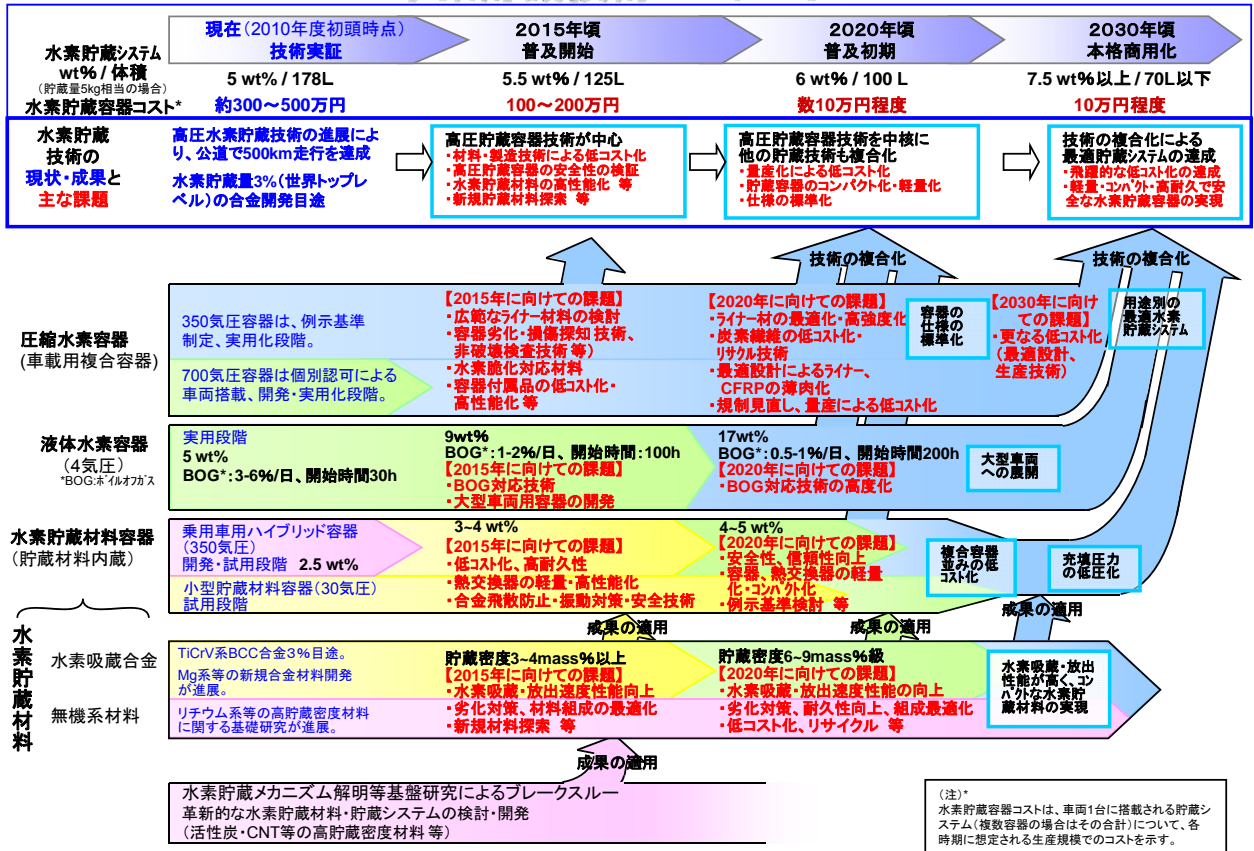
水素製造・輸送・供給技術ロードマップ

想定・原油価格 \$85/バレル(2010)→\$95/バレル(2020)
LNG価格 \$520/トン(2010)→\$805/トン(2020)



(注)
ステーション設備は、水素製造装置(わサイトのみ)、圧縮機、蓄圧器、ディスプレイ、フレックラ(70MPa充填)。なおわサイトステーションでは、ステーション設備としての稼働式水素供給装置の仕様・コスト検討が今後必要。

水素貯蔵技術ロードマップ



II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

これまでの「水素安全利用等基盤技術開発」（平成19年度終了事業）等の関連事業成果を踏まえながら、平成22年度末を目途に、水素エネルギーの導入・普及に必要な低コスト機器及びシステムを試作開発し、その試作開発結果を基に平成24年度までに耐久性評価等を行う予定である。以下の最終目標は、国内外の技術動向、市場動向を踏まえて策定したNEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップに沿った各機器仕様を満足すると共に、関係産業界の要望を反映し、水素インフラ市場立ち上げ・普及に必要な技術開発目標値を設定した。

1.1 研究開発項目Ⅰ：「システム技術開発」の目標

各研究開発テーマに関する達成目標は下記の通り。

(1) 70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発

2015年頃の市場立ち上げ時期に必要な70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器システムとして以下を満足する技術を確立する。

『中間目標』

「水素安全利用等基盤技術開発」にて開発した要素機器等に必要な改良を加えつつ、水素ステーションシステムとして構成配置し、延べ1年以上（DSS運転等を含む）の耐久性を検証する。

『最終目標』

低コスト化：設備コスト 2億円以下／システム

[300Nm³/h規模の場合、土地取得価格を除く]

高耐久性：各機器メンテナンス回数 1回以下/年

[日常的な簡易検査やメンテナンスを除く]

(2) 車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術に関する研究開発

水素ステーション機器システムと連動させたトータルシステムの中で、車載等水素貯蔵/輸送システムに水素をスムーズに充填できると共に、以下を満足する技術を確立する。

『中間目標』

低コスト化：水素貯蔵合金のコストを¥10,000/kg以下にする目処をつける。

高性能化：容器体積密度（外容積）=28（g-H₂/L）以上

（ハイブリッド容器システムの場合）

『最終目標』

低コスト化：20万円以下／容器システム

ハイブリッド容器システムの場合は、

圧力＝35 MPa

質量貯蔵密度（システム）＝3 wt%

水素量/容積/容器質量＝5 kg/100 L/165 kg

1.2 研究開発項目Ⅱ：「要素技術開発」の目標

達成目標は下記の通り。なお、いずれもシステム技術に適用できる要素技術であることから、システム技術開発で設定した達成目標を満たす内容とする。

(1) 水素製造機器要素技術

水蒸気改質方式に関して、

『中間目標』

小規模のパイロットプラントを設計・製作し、性能の検証を行う。

『最終目標』

改質効率＝80%以上

起動時間＝3時間未満

設備サイズ＝10m³以下

設備コスト＝30万円/Nm³・h

具体的には、以下の各テーマのとおりである。

(Ⅱ-1) 水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発

実施項目	中間目標 (H22年度)	最終目標 (H24年度)
耐久性	モジュールレベルで 8000時間以上	リフォーマーレベルで8000時間以上
起動時間	モジュールレベルで3 時間未満	リフォーマーレベルで3時間未満
リフォーマー耐 久性	リフォーマーレベルで 耐久性検証・課題抽出	日常的なメンテナンスを除いて、8000時間の運転

概念設計	—	水素製造効率 $\geq 80\%$ 設備サイズ $\leq 10\text{m}^3$ 設備コスト ≤ 30 万円/ $\text{Nm}^3\text{-h}$
------	---	--

(II-2) 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発

実施項目	最終目標 (H22 年度)
水素製造装置要求仕様の調査, 検討	装置仕様の確定
高性能反応器の開発	改質効率: HHV85%以上 スチームカーボン比: 2.5 以下
高性能水素 PSA の開発	水素回収率: 85% システムサイズ: 現状比 1/3
50Nm ³ /h 試作機的设计、製作、 検証運転	改質効率: HHV82.5%以上 起動時間: 1 時間
50Nm ³ /h 試作機的设计、 検証運転のユーザ評価	試作機设计、運転結果に対しユーザ視点で評価を行う。

(II-3) CO₂ 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発

実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)
CO ₂ 選択透過膜の開発	170°C以上にて: $1 \times 10^{-4} \text{mol}/(\text{m}^2 \text{s kPa})$ の CO ₂ 透過速度にて、CO ₂ /H ₂ 選択性が 200	
メタンリアクター用 CO 変 成触媒の開発	160°C以下、SV2000 h ⁻¹ にてメタン生成が 1%以下、10%程度含まれる CO 0.1%以 下に低減(メンブレンの効果を含む)	
メタンリアクターの開発	1m ³ /h 原理検証機での性能実証	10m ³ /h 用プラントでの性能実証
水素ステーション-タルシステムの 最適化	次世代 H ₂ ステーションコンセプト確立。 PSA 1/4, オガスタック不要化, S/C = 2, 効率 80%以上	改質系、PSA を含む 10m ³ /h の能力を持つト タルシステムを、実証するとともに、300m ³ /h トタ タルシステムの F/S 完了

(2) 水素貯蔵材料 (同材料容器を含む)・水素貯蔵/輸送容器要素技術

『中間目標』

材料系の探索と開発を実施し、そこから材料組成等を絞り込み、最終目標の質量水素密度 6 wt % 以上および水素放出温度 150°C 以下を達成する新規材料の開発の可能性を見

極める。

『最終目標』

貯蔵材料（同材料容器や関連部品を含む）に関しては、

質量貯蔵密度 = 6 wt% 以上、

水素放出温度 = 150 °C 以下、

耐久性 = 1000 回吸放出で初期貯蔵性能の 90% 保持、

材料コスト = 1000 円/kg

具体的には、以下の各テーマのとおりである。

(II-4) ホウ素系水素貯蔵材料の開発

実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)
複合化によるホウ素系水素化物開発 (H20-H22)	反応パスの理論解明と実験検証と、最適組み合わせ選定	—
中間相を用いたホウ素系水素化物開発 (H20-H22)	中間相の組成・構造の解明と、中間相の絞り込み	—
添加物・微細構造制御による反応速度支配因子の解明 (H21-H22)	添加物の選定、微細構造の評価および、反応速度の支配因子の解明	—
ホウ素系水素貯蔵材料としての最適化 (H22)	150°C 以下の水素放出温度、6wt.% 級の再吸蔵量を見極め	—
反応サイクル時の劣化要因の解明 (H23-)	—	劣化要因の解明とその対処法の確立
実用化技術開発 (H23-)	—	材料系の最適化、大量合成技術の開発、低コスト化の指針
実用性評価 (H23-)	—	耐久性評価、小型タンク評価、実用化の課題抽出

(II-5) ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発

実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)

MgNi ₂ 系 C15 型ラーベス合金	水素化物の構造を調べ、合金組成改良による吸蔵量の向上	3 質量%、150℃、1000 サイクルを満した合金の開発
RENi ₂ 系 C15 型ラーベス合金	不均化の進行過程を各種手法にて調査して挙動を把握する	水素吸蔵による不均化反応のメカニズムの解明
CaMg ₂ 系 C14 型ラーベス合金	水素化物の構造を調べ、合金組成改良による放出温度の低下	150℃以下でも 6 質量%を放出する合金の開発
CaLi ₂ 系 C14 型ラーベス合金	格子定数および原子半径比を変えた合金の作製・評価	不均化等を抑制し、室温で 6 質量%を吸蔵する合金の開発

(3) 水素ステーション機器要素技術

水素ステーション機器システムに適用される要素技術として、下記目標達成に繋がる技術として確立する。

『中間目標』

普及に向けた水素ステーションシステム及び機器に関するコストダウン検討を行い、その対策案を検証する。

『最終目標』

低コスト化：設備コスト 2 億円以下/システム

[300Nm³/h規模の場合、土地取得価格を除く]

高耐久性：各機器メンテナンス回数 1 回以下/年

[日常的な簡易検査やメンテナンスを除く]

具体的には、以下の各テーマのとおりである。

(II-6) 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発

実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)
ディスペンサー全体	基礎制御評価 防爆申請・コスト検証	低価格・高耐久性ディスペンサーの開発 コスト： 従来比 50%
コリオリ流量計の開発	大流量用検出部、計測部の簡素化試作 基礎評価・防爆申請	耐久性： メンテ 1 回以下/年

ディスペンサー制御部開発	簡素化試作 基礎評価・防爆申請	
--------------	-----------------	--

(II-7) 低コスト型70MPa級水素ガス充填対応大型複合容器の開発

実施項目	中間目標 (H22年度)	最終目標 (H24年度)
常用圧力	80MPa	充填圧対応圧力
容量	200L	300L
重量	1000kg以下	1500kg以下
コスト	1000万円以下	1000万円以下

(II-8) 低コスト型70MPa級充填対応ステーション機器に係わる研究開発

実施項目	中間目標 (H22年度)	最終目標 (H24年度)
全体	435百万円/システムの技術的見通し確認	2億円/システムに向け コスト低減策提示
総合的エンジニアリング	ステーション主要機器の最適構成提示	2億円/システム達成可能性提示
鋼製蓄圧器開発	材料評価、施工法、検査技術開発	本体価格、検査・更新費用低減
水素用高圧バルブ開発	ボールバルブ開発の技術的見通し確認	バルブ単価低減 圧力損失低減
高強度金属材料開発	金属材料候補絞り込	高強度耐水素性 金属材料開発
制御システム開発	制御システム 機器費用低減	制御システム設計費低減
流量調節弁開発	シール技術開発	動作保証回数達成 調節弁価格低減

(II-9) 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発

実施項目	中間目標 (H22年度)	最終目標 (H24年度)

試設計	コンパクトした場合の課題抽出	課題解決（案）の提示
安全要素技術開発	安全性を担保する技術開発	開発技術の検証
水素ステーションの安全性評価	安全要素適用検討	標準設計に対する安全の検証
水素ステーションの経済性評価	建築試設計、コスト比較	建設合理化検討
モックアップ実験	実験計画策定	実験実施および評価
標準設計	—	標準設計（案）の提示

1.3 研究開発項目Ⅲ：「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」の目標

具体的には、以下の各テーマのとおりである。

（Ⅲ-1）水素燃料電池に係る国際関連機関等研究・政策動向の調査検討

NO	目標
1	対応委員会の開催、動向レポートの作成
2	動向レポートの作成
3	政策動向レポート、公的研究機関、主要研究所の技術開発動向レポート

（Ⅲ-2）IEA/HIA 水素実施協定における国際技術開発動向の調査検討

NO	目標
1	国際技術開発動向の把握
2	各 Annex（作業部会）の分析活動動向の把握
3	得られた情報の展開・普及及び共有化活動

（Ⅲ-3）可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発

実施項目	目標
多孔質半導体光電極の高性能化	既存半導体光電極の改良で WO_3 光電極の性能を超える。
光触媒-電解ハイブリッドシステムによる水素製造	レドックス媒体を用いた効率的な酸素発生用光触媒の高性能化により太陽エネルギー変換効率の最高値を目指す。
新規可視光応答性半導体探索	高速自動半導体探索システムを用いてできるだけ多くの可視光応答性の新規半導体を探索する。
理論効率や将来性の試算	太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムより低コスト水素製造できるか検証する。

(Ⅲ-4) 非貴金属化合物を用いた水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計および開発

実施項目	目標
触媒能評価	現行材料(貴金属系)に近い性能を有する非貴金属系酸素発生触媒の開発
電解試験	非貴金属系材料をアノード触媒に用いて、現行のアルカリ形水電解に匹敵する新規固体高分子形水電解セルの開発

(Ⅲ-5) 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発

NO	目標
1	実用磁気冷凍磁性材料の開発
2	高効率水素液化機構の開発
3	蓄冷型磁気冷凍機の開発
4	測定技術要素研究
5	水素液化磁気冷凍システムの調査と解析

(Ⅲ-6) 水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発

実施項目	目標
------	----

水素脆性評価試験	水素濃度；2ppm 以下、負荷速度；準静的～5m/s
実大破壊強度試験	圧力；15MPa 程度、パイプ；X65 高強度鋼管、500mm 径、40m 長
高速き裂伝播計算モデル構築	き裂伝播限界圧力とき裂伝播停止長さを+/-20%で予測
外部からの指導及び協力	大学・企業の研究者・技術者からなる研究会を組織し、指導と協力を得る。

(Ⅲ-7) 超高压水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発

実施項目	目標
超高压合成法による新規 Mg 合金系水素貯蔵材料の開発	「質量貯蔵密度 6 質量%以上、放出温度 100 °C以下、耐久性 1,000 回以上」を可能とする材料を探索する。
超高压合成法による新規 Li 合金系水素貯蔵材料の開発	「質量貯蔵密度 6 質量%以上、放出温度 100 °C以下、耐久性 1,000 回以上」を可能とする材料を探索する。
超高压合成法による新規 Al 合金系水素貯蔵材料の開発	「質量貯蔵密度 6 質量%以上、放出温度 100 °C以下、耐久性 1,000 回以上」を可能とする材料を探索する。

(Ⅲ-8) ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピルオーバー水素貯蔵に関する研究開発

実施項目	目標
細孔制御技術によるゼオライト鑄型炭素 (ZTC) の構造最適化	ZTC 表面積の増大 (目標 5000m ² /g) と細孔径の最適化 (範囲 0.65 nm～1.2 nm)
金属担持技術による「新たな相互作用」の導入とその最適化	Å、更には原子レベルの金属担持、及び貴金属以外 (Ni、Ti) の担持
ZTC の水素吸蔵性能評価	上記で得られた ZTC の水素貯蔵性能を評価する。

(Ⅲ-9) Mg および Ti 系相分離型高容量水素吸蔵合金の設計と実証に係る技術開発

実施項目	目標
Mg 基合金の開発	Mg 基合金に関する作製ノウハウを蓄積
Mg 基合金に関する熱力学的平衡	Mg 基相分離型水素吸蔵合金の実証

反応特性の研究	6.0 質量%, 繰り返し 1000 回, 水素放出温度 100°C
Ti 基合金の開発	Ti 基合金に関する作製ノウハウを蓄積
Ti 基合金に関する熱力学的平衡 反応特性の研究	Ti 基水素吸蔵合金の実証 6.0 質量%, 繰り返し 1000 回, 水素放出温度 100°C
Al 水素化合物の合成技術の開発	Al 水素化合物の物理的合成法を設計・開発

(Ⅲ-10) 水素エネルギーシステムの社会的便益に関する研究開発

実施項目	目 標
水素燃料電池自動車の導入に係る社会的便益に関する研究 (H20-21)	種々の FCV 導入シナリオの下で、既存の市場で経済価値として評価されていない、FCV 特有の便益を経済価値として評価すると共に、導入普及による経済的波及効果を評価する。
水素燃料電池自動車の社会的便益評価システムの構築 (H20-21)	FCV や水素インフラの導入施策は、エネルギー・環境を巡る情勢の変化や、技術開発の進捗などを反映して、ダイナミックに変化する可能性があるため、これらの情勢変化に対応したシナリオに対する便益評価を柔軟にするためのシステムを構築する。

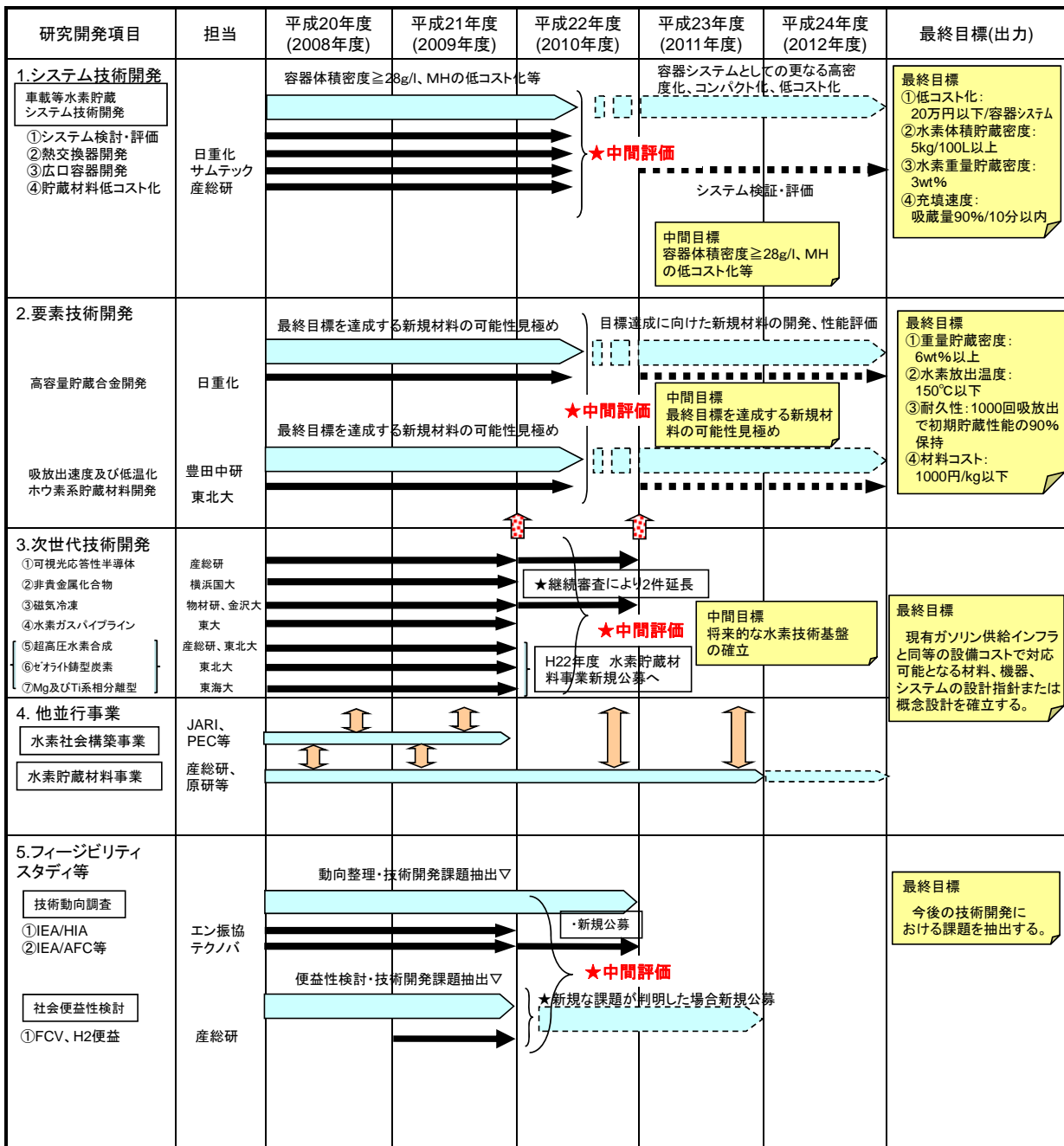
(Ⅲ-11) 水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ

NO	目 標
1	前提条件の設定及び全体の評価を行う
2	高圧水素供給フローの検討を行う
3	液体水素供給フローの検討を行う
4	有機ケミカルハイドライド法の検討を行う

「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(水素ステーションシステム・機器関連)」に関するマスタープラン

研究開発項目	担当	平成20年度 (2008年度)	平成21年度 (2009年度)	平成22年度 (2010年度)	平成23年度 (2011年度)	平成24年度 (2012年度)	最終目標(出力)
1.システム技術開発 70MPa級水素ステーションシステム技術開発 ①システム検討・評価 ②圧縮機 ③蓄圧器 ④プレクール ⑤ディスベンサー ⑥システム低コスト検討	東邦ガス他 東邦ガス 東邦ガス 大陽日酸 佐賀大 トヨタ/ノ 日立AMS 横浜ゴム PEC	要素機器の改良、ステーションシステムの構築、耐久性検証			耐久性検証の継続、システムとしての更なる低コスト化 ※JHFC等にも提供		最終目標 ①普及初期運用を想定した延べ1年間の耐久性検証・有効性確認 ②ステーションコスト低減のための技術的課題明確化、技術的課題解決によるコスト低減効果の評価 ※基本計画目標値 a.設備コスト: 2億円以下/システム b.耐久性: メンテナンス回数1回/年以下
2.要素技術開発 低コスト型70MPa級水素ステーション機器要素技術開発 [ディスベンサー開発] [大型複合蓄圧器] [低コスト型70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器] ①機器仕様検討 ②バルブ開発 ③コントロール弁 ④鋼製蓄圧器 ⑤材料開発 [コンパクト型水素ステーション検討] 水素製造機器(改質器低コスト化/高耐久性化) [水素分離膜方式] [改質器・PSA精製方式] [CO2分離膜方式]	タツノ JX、サムテック PEC キッツ 山武 JSW JRCM 岩谷 清水建設 東京ガス 日本特殊陶業 三菱化工機 ルネサンス、産総研 神戸大、京都大 ミクニ	各機器のコストダウン検討、その対応策の検討 コンパクト型システム仕様確立 小規模パイロットプラントの設計/製作、性能検証、最終目標達成の目処			目標仕様に基づく水素ステーション機器の製作、耐久性検証 目標仕様に基づく水素製造装置の製作、耐久性検証 ※中間評価		最終目標 コスト低減対策要素機器による実用上耐久性検証、及び普及期生産時のコスト低減目標(基本計画目標値)の達成可能であることを示す。 ※基本計画目標値 a.設備コスト: 2億円以下/システム b.耐久性: メンテナンス回数1回/年以下を支える機器 最終目標 ①改質効率:80% ②起動時間:3時間未満 ③設備サイズ:10m3以下 ④設備コスト:30万円/Nm3/h
3.他並行事業 燃料電池システム等実証研究(JHFC) 水素社会構築事業 水素先端科学事業	PEC, JARI, ENAA, JGA JARI, PEC等 産総研、九大						※進捗状況及び成果を技術開発へフィードバック
4.フュージビリティスタディ等 フュージビリティスタディ ①オフサイト型水素供給 ②液体水素供給 ③ケミカルハイドライド供給	エネ総工研 岩谷、川重、関電、清水、三菱重工 千代田化工		技術開発課題抽出・整理 ※経済性等評価基準を揃えるなど、連携実施				最終目標 今後の技術開発における課題を抽出する。 ※中間評価

「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(水素貯蔵システム関連)」に関するマスタープラン



2. 事業の計画内容

2. 1 研究開発の内容

事業の目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙のマスタープランに基づき、研究開発を実施する。

I. システム技術開発:

「水素供給システム」を構成する機器である、水素ステーション機器や車載等水素貯蔵/輸送容器について、低コスト化・コンパクト化に繋がる開発を行うと共に、複数機器を組み合わせた「水素供給システム」の全体として耐久性等の検証を行う。

II. 要素技術開発:

水素製造・輸送・貯蔵・充填機器及びシステムに関する高性能化、軽量化、低コスト化及び長寿命化のための要素技術を開発し、検証する。

III. 次世代技術開発・

フィージビリティスタディ等:水素エネルギーの導入・普及に関する新規の概念に基づく革新的な技術(例えば、化石燃料以外からの水素製造等)の開発(国外研究機関を活用した国際共同研究や国際協力を含む)及び水素社会実現に向けた技術開発シナリオの検討、水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ等を行う。

2. 1. 1 研究開発項目 I 「システム技術開発」実施内容

(1) 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発(実施体制:(財)石油産業活性化センター、東邦ガス(株)、トキコテクノ(株)、日立オートモティブシステムズ(株)、太陽日酸(株)、横浜ゴム(株)、(国)佐賀大学)

2015 年頃を想定した水素供給インフラ市場立上げに向け、低コストかつ耐久性に優れた水素ステーションを実現する必要がある、本研究開発では、それに向けたシステム技術開発を実施する。具体的には以下の内容を実施する。

①ステーション建設コスト低減検討

・ステーション仕様検討、建設コスト低減検討、材料物性評価支援(サーベランス試験)

②ステーションシステム運転技術開発検討

・ステーションシステム耐久性検討、運転技術検証

③ディスペンサ機器開発検討

・ディスペンサーコスト低減、耐久性検討

・故障予知技術開発、配管材料探索

・充填ホースコスト低減、耐久性検討

④プレクール設備開発検討

- ・初期改良型プレクール設備製作、プレクール設備コスト低減検討
- ・シミュレーション技術による開発支援

(2) 車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発（実施体制：日本重化学工業(株)、サムテック(株)、(独)産業技術総合研究所)

車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術の低コスト化、コンパクト化および高耐久性に関する機器および市場立ち上げ時期に必要なシステムの仕様検討、試作開発、性能検証・評価を実施すると共に、実際の充填や輸送を模擬した条件下における性能検証・評価を実施する。

具体的には、燃料電池車の燃料装置用容器として期待されている「水素吸蔵合金と高圧水素ガスによる水素貯蔵方式を組み合わせたハイブリッド貯蔵タンク」を対象に、70MPa の高圧水素容器以上の容器体積密度を有するハイブリッド貯蔵タンクの開発及び実用的なハイブリッド貯蔵タンク用水素吸蔵合金の開発を行い、その性能評価と安全性評価を実施する。具体的には以下の内容を実施する。

- ・ハイブリッド貯蔵タンク用 MH カートリッジの開発
- ・計算による熱伝導構造の最適化
- ・ハイブリッド貯蔵タンク用広口高圧タンクの開発
- ・ハイブリッド貯蔵タンク用水素吸蔵合金の開発

2. 1. 2 研究開発項目Ⅱ「要素技術開発」実施内容

(1) 水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発（実施体制：東京ガス(株)、日本特殊陶業(株)）

水素分離型リフォーマーは、従来のリフォーマーと比較して、最も高効率に水素を製造することが可能であるだけでなく、シンプルかつコンパクトという特長を有している。本事業は、実用的な燃料である天然ガスを用いた水素分離型リフォーマー技術に関するものであり、平成 24 年度末に社会実証試験に供試できるレベルの技術の確立する。具体的には、平成 17 年度～平成 19 年度までの前事業「水素安全利用等基盤技術／水素インフラに関する研究開発／高効率水素製造メンブレン技術の開発」において得られた成果を活用しつつ、水素分離型リフォーマーの高耐久化と低コスト化を目指して、以下の 2 テーマを実施する。

- ・水素分離型リフォーマーシステムの耐久性向上の研究開発

・触媒一体化モジュールの研究開発

(2) 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発（実施体制：三菱化工機(株)）

本研究開発では、FCV 普及初期（2015 年頃を想定）での事業化に対応した実用的な水素ステーション用水素製造装置に要求される性能、仕様をユーザの視点から調査、検討し、その結果により水素製造装置の仕様目標を明確にするとともに、改質器と水素 PSA の高効率化開発を軸とした研究開発を行い、50Nm³/h 規模試作装置による検証運転を実施し、その結果とユーザ視点での評価を商用水素製造装置の設計に反映させる。具体的には以下の内容を実施する。

- ・水素ステーション用水素製造装置に対する要求仕様の調査、検討
- ・高性能反応器の研究開発
- ・高性能水素 PSA の研究開発
- ・50Nm³/h 水素製造装置試作機の設計、製作、検証運転
- ・50Nm³/h 水素製造装置試作機のユーザ評価

(3) CO₂ 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発（実施体制：(株)ルネサンス・エネルギー・リサーチ、(国)神戸大学、(国)京都大学、(独)産業技術総合研究所、(株)ミクニ）

選択的、高効率に CO₂ 分離が可能な CO₂ 選択透過膜と高性能な CO 変成触媒を組み合わせたメンブレンリアクターを開発する。その完成度を高めるために、メンブレンリアクターを構成する CO₂ 選択透過膜、CO 変成触媒等の各種要素技術の耐久性、信頼性を確立するとともに、量産化検討、コストダウン研究等を実施する。さらに、1m³/Hr 規模のメンブレンリアクターシステム（原理検証装置）での性能実証、メンブレンリアクターの特長を活かした PSA の最適化検討を行ない、その成果を基に 10m³/Hr 規模の小型パイロットプラント（改質器、メンブレンリアクター、PSA を含むトータルシステムを想定）の設計を行なうとともに、実機(300m³/Hr 規模の能力)を想定した一次 FS を行う。

(4) ホウ素系水素貯蔵材料の開発（実施体制：(株)豊田中央研究所、(国)東北大学）

無機錯体系水素化物のうちホウ素系水素化物（以下 M-B-H）は、理論的には最大 18wt% もの水素を含有することができる。M-B-H の潜在能力を引き出し、車載用の水素貯蔵材料としての要求を満たすことができれば、燃料電池車の普及を大きく進めることが可能

である。しかしながら、M-B-H は熱力学的に安定であるため水素を取り出す際に高温にする必要がある。M-B-H を車載用水素貯蔵材料として実用化するには、最大の特長である水素密度を損なうことなく、室温～150℃程度の比較的低温において迅速に水素を吸蔵・放出可能な特性を付与する必要がある。本研究開発では、先の「水素安全利用等技術開発事業」において得られた M-B-H に関する知見を活かし、新しいコンセプト（複合化、中間相、添加物）に基づくホウ素系水素貯蔵材料の開発を推進する。具体的には以下の内容を実施する。

- ・ 複合化によるホウ素系水素化物開発
- ・ 中間相を用いたホウ素系水素化物開発
- ・ 添加物・微細構造制御による反応速度支配因子の解明
- ・ ホウ素系水素貯蔵材料としての最適化
- ・ 反応サイクル時の劣化要因の解明
- ・ 実用化技術開発
- ・ 実用性評価

(5) ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発（実施体制：日本重化学工業(株)）

本研究開発では、蒸気圧が高い Mg や Li および Ca 等の軽量な金属を主要な構成元素とするラーベス構造を有した合金の放出特性の改善や不均化反応のメカニズム解明を行い、その抑制を目指した組成の改良・設計を行うことで、6mass%級合金の開発を目指す。また放出特性の改善や不均化反応の抑制に関する開発指針を得るために、質量貯蔵密度は少ないが同じ C15 型ラーベス構造を有した Mg 系合金や希土類系合金の水素化物の詳細な調査を実施し、得られた開発指針を高容量な Ca 系合金に応用することを試みる。具体的には以下の内容を実施する。

- ・ Mg 系合金による水素吸蔵サイトの解析
- ・ 希土類-Ni系合金による不均化のメカニズム解析
- ・ CaMg_2 系合金の開発
- ・ CaLi_2 系合金の開発

(6) 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発（実施体制：(株)タツノ・メカトロニクス）

水素ディスペンサーは、ガス流路として遮断弁、流量調整弁、コリオリ流量計、ホース、緊急離脱カップリング、充てんカップリングなど多数のコンポーネントが組み合わされ、

またそれらをコントロールする制御部および充てん量を表示するカウンターで構成されている。これらの構成機器のうち、具体的には低コスト化に向けたコリオリ流量計の開発と、ディスペンサー制御部の開発（機器の簡素化、集約化）を行う。

プレクール装置は70MPa水素ガスを燃料電池自動車へ短時間に充てんする場合、水を冷却するためのシステムである。現時点ではディスペンサーとは独立機器として運用されているため、ディスペンサーとの最適化システムを低価格化と併せて検討する。コリオリ流量計のフローチューブは現時点では水素脆化の懸念が持たれているため、安全性、計測精度における問題有無確認のため従来フローチューブでの水素暴露試験を実施すると共に、水素に対して低感受性新素材のフローチューブによるコリオリ流量計製作を実施する。

(7) 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発（実施体制：JX日鉱日石エネルギー(株)、サムテック(株)）

現状の鋼製蓄圧器と比較して、コスト的にもスペース的にも有利な蓄圧器用大型炭素繊維強化複合材料（CFRP）容器の開発を行う。これにより、蓄圧器コストを50%以下とし、水素ステーション建設コストの6%以上を削減することが可能となる。また、蓄圧器重量が軽量化（目標30%以下）されることにより、蓄圧器をキャノピー上に設置するなどレイアウトの自由度が増し、余剰スペースの有効活用や耐震強度軽減によるコスト削減などが期待できる。

効率の面からも水素ステーション蓄圧器はFCV用容器よりも高容量（200L以上）のものが望まれるため、大型・長尺の容器の製造・評価技術の開発が必要である。

具体的には以下の内容を実施する。

①FW成形技術の開発

- ・ 高圧CFRP容器の作製の開発
- ・ 大型（長尺）CFRPの作製の設計開発

②内部加熱法の開発

- ・ 中型内部加熱装置の設計開発
- ・ 内部加熱装置の適用検討

③炭素繊維（CF）・トウプリプレグ（TPP）の開発

- ・ 等幅FW技術の開発と開織トウプリプレグの開発
- ・ 低温硬化型樹脂の開発

(8) 低コスト型70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発（実施体

制：(財)石油産業活性化センター、(株)キッツ、(株)山武、(財)金属系材料研究開発センター、(株)日本製鋼所)

70MPa 級水素ステーション構成機器に対して技術、コスト両面から分析したうえで、充填時間を考慮した最適化検討と、要素技術開発を実施する。専門分野の異なる連名委託先が相互に連携し、ダイナミックシミュレーションを核とした総合的エンジニアリング技術と、これら最先端、最高水準の開発要素技術を組合せることにより、低コスト型水素ステーション機器の研究開発を推進する。具体的には以下の内容を実施する。

- ・水素ステーションの設備、運用の最適化検討
- ・鋼製蓄圧器の開発
- ・水素用高圧バルブ開発
- ・低コスト・高強度材料開発に係わる F S 検討および開発
- ・コントロールシステム開発に係わる F S 検討および開発
- ・流量調節弁開発に係わる F S 検討および開発

(9) 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発 (実施体制：清水建設(株)、岩谷産業(株))

本研究開発においては、都市部での燃料電池自動車の普及のために必要となる安全でコンパクトな水素ステーションを提案し、その安全性・経済性について検証するものである。また、その普及については、既存のガソリンスタンドとの併設についても視野にいれ、実用化・事業化を図っていくものとする。具体的には以下の内容を実施する。

- ・コンパクト水素ステーションの試設計と課題の抽出
- ・水素ステーションの安全要素技術開発 (反射圧低減壁・爆風エネルギー吸収壁の開発、水素燃焼制御システムの開発、水素の不活性化技術の開発)
- ・開発した各安全要素技術を適用した水素ステーションの安全性評価、経済性評価
- ・上記開発成果を踏まえたモックアップ試験
- ・都市型コンパクト水素ステーションの標準設計

2. 1. 3 研究開発項目Ⅲ「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」実施内容

(1) 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討 (実施体制：(株)テクノバ)

IEA の先端燃料電池実施協定 (AFCIA) は 41 ある IEA の実施協定のひとつで、現在 19

カ国が参加しており、各種燃料電池や主要アプリケーション（自動車、定置、マイクロ）分野での研究協力を行っている。また水素経済のための国際協力（IPHE）は、2003年に米国エネルギー省の主導で設立した水素・燃料電池の政策面での国際コラボレーション組織であり、現在16カ国・1地域が参加している。IPHEでは政策面での情報交換、研究開発のプライオリティの決定、水素ロードマップ比較などの活動を行っているとともに、わが国の政策・研究開発にも影響を与えかねない基準・標準活動やFCVデモンストレーション評価活動も行っている。今後IPHEとAFCIAは、連携も深めつつ、水素のアプリケーションとしての燃料電池分野でも情報交換し、水素・燃料電池の両面で活動領域を広げていくことが予想される。

そのため、わが国の将来の水素・燃料電池政策、技術開発のために、IPHEとAFCIAの両面から情報を収集するとともに、その動向を調査・検討する。

(2) IEA/HIA 水素実施協定における国際技術開発動向の調査検討（実施体制：(財)エンジニアリング振興協会

IEA/HIA(国際エネルギー機関/水素実施協定)のビジョンである「経済のあらゆる分野の要となるクリーンで持続可能なエネルギー源による水素の未来」に向けて、現在、水素統合システムの評価、水素安全、水の光分解による水素製造、バイオ水素製造、基礎的・工学的な水素貯蔵材料開発、各水素供給用の小規模改質器、風力エネルギーと水素の統合を目標に掲げている。

本調査では、メンバーである我が国も積極的に参加して総合的な水素に関する技術開発動向の把握と分析活動動向の把握を行い、情報を関係者に共有する。

(3) 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発（実施体制：(独)産業技術総合研究所）

可視光応答性半導体を用いた光触媒及び多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発に関して、太陽光による水分解水素製造の実用化のための基礎要素技術を開発するとともに、理論効率、経済性・将来性の試算に必要な実験データを収集し、太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムの水素製造コストよりも大きく下回る新しい低コスト水素製造システムの実現可能性を検討する。具体的には以下の内容を実施する。

- ・多孔質半導体光電極の構造制御による高性能化
- ・レドックス媒体を用いた効率的な光触媒—電解ハイブリッドシステムによる水素製造

- ・高速自動半導体探索システムと計算化学を用いた新規可視光応答性半導体探索
- ・理論効率、経済性・将来性の試算

(4) 非貴金属化合物を用いた水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計及び開発（実施体制：(国)横浜国立大学

固体高分子形水電解(PEWE)は貴金属由来の材料が酸素発生電極として使用され、システムにおけるコストの割合が大きい。今後の商用化を考えると、貴金属材料の低減が必須であり、更には酸素発生における過電圧の低い材料の開発が望まれている。

本研究開発では、低コスト並びに高活性 PEWE 酸素極材料の創生を目指し、非貴金属化合物を用いて水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計および開発を行う。具体的には、以下の内容を実施する。

- ・触媒能評価として現行材料（貴金属系）に近い性能を有する非貴金属系酸素発生触媒の開発
- ・現行のアルカリ形水電解に匹敵する新規固体高分子形水電解セルの開発

(5) 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発（実施体制：(独)物質・材料研究機構、(国)金沢大学)

磁気冷凍によるエネルギー効率の高い水素液化・貯蔵に関する基盤技術の確立を行う。水素液化サイクルと蓄冷型サイクルとを組み合わせた高効率水素液化磁気冷凍実証システムの構築と検証を行い、液体水素製造プラントや水素貯蔵および輸送に関する磁気冷凍の実用技術へ発展させる。具体的には以下の内容を実施する。

- ・実用磁気冷凍磁性材料（酸化物系材料、金属間化合物系磁性材料）の開発
- ・高効率水素液化機構の検証
- ・蓄冷型磁気冷凍試験装置の開発
- ・液面測定技術の要素研究
- ・水素液化磁気冷凍システムの調査と解析

(6) 水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発（実施体制：(国)東京大学)

水素社会における大量の水素輸送をガスパイプラインによって実現するためには水素ガスパイプラインの信頼性に関する信頼性指針を確立する必要がある。平成18～19年度に

実施した「水素安全利用等基盤技術水素に関する共通基盤技術－国際共同研究水素ガスパイプライン高速破壊防止技術の研究開発」において小径のパイプを用いた破壊強度試験を世界で初めて実施して、水素ガスパイプラインの信頼性評価に関する研究を行った。上記を背景として、本研究開発では、高強度鋼管材料に対する水素脆化感受性の評価、大口径の鋼管を適用した水素ガスパイプラインの実大強度試験による高速き裂伝播の現象の調査、水素ガス漏出を想定した燃焼熱輻射に関する検討、ガスパイプライン高速延性き裂伝播の数値計算モデルの開発、水素ガスパイプライン大規模破壊を防止するための条件に関する試算を行った上で、これらを総合的に検討するとともに、水素ガスパイプラインの耐破壊信頼性指針を確立するために必要な検討課題を整理する。

(7) 超高压水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発（実施体制：(独)産業技術総合研究所、(国)東北大学)

本研究開発は、水素吸蔵合金を用いた自動車向けの水素貯蔵装置を成立させるため、また、燃料電池を熱源として水素を放出可能とするために、「質量貯蔵密度 6 質量%以上、放出温度 100 °C以下、耐久性 1,000 回以上」を可能とする革新的な水素貯蔵材料を探索し、同材料の有効性を検証・確認する。

具体的には、数 GPa（数万気圧）の水素雰囲気下で新規高密度水素化物の合成を行う超高压水素合成法を利用して、開発目標値を満たすことができる革新的な水素貯蔵材料の探索研究を実施する。水素貯蔵材料として、新規マグネシウム合金系材料、新規リチウム合金系材料、新規アルミニウム合金系材料の合成を行い、これら新材料の可逆的な水素吸蔵・放出特性評価を行うとともに、放射光などを利用しての精密構造解析を体系的に行い、高密度水素貯蔵材料の設計指針を確立する。

(8) ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピルオーバー水素貯蔵に関する研究開発（実施体制：(国)東北大学)

水素吸蔵材料として、活性炭、カーボンナノチューブ (CNT)、有機金属錯体等に代表される吸着系材料は、化学反応を一切伴わず物理吸着により水素を貯蔵するため、水素の吸蔵・放出に加熱は不要であり、しかも吸蔵・放出速度が大きく、繰り返し耐久性も極めて高い。しかし、吸着系材料の室温における水素吸蔵能は、我々が近年報告したゼオライト鑄型炭素による 2.2 wt% (30 °C、34 MPa)が最高値であり(J. Phys. Chem. C 113 (2009) 3189)、物理吸着だけを利用して同じ温度・圧力条件においてこれ以上の水素吸蔵能を達成することは極めて困難である。そこで近年着目されているのが、水素分

子 (H_2) の物理吸着に加え、スピルオーバーにより生成する原子状水素 ($H\cdot$) の可逆貯蔵も併用した新しい貯蔵方式である。

本研究開発では、室温・高圧における物理吸着量が極めて大きいゼオライト鑄型炭素をベースに、スピルオーバー水素の貯蔵も併用した高容量水素吸蔵材料の開発を行う。

具体的には、ゼオライト鑄型炭素をベースとし、「物理吸着+スピルオーバー」のメカニズムにより水素を高密度で貯蔵可能な吸蔵材料（水素貯蔵量 6 mass%以上）の開発を行う。

(9) Mg および Ti 系相分離型高容量水素吸蔵合金の設計と実証に関わる研究開発（実施体制：(学)東海大学）

本研究開発では、合金の相分離によって発現する「吸熱反応」を利用して、水素化合物の熱力学的な不安定化を実証することを目指すとともに、新しい「相分離型水素吸蔵合金」の開発として、Mg 基および Ti 基を有し、ⅢA 族、ⅣA 族元素との合金を作製し、水素吸蔵特性を明らかにする。また、Ti を中心に非固溶反応系の合金設計と水素吸収・放出反応についての検討、軽量な水素化合物の代表である AlH_3 の物理的合成法の実証を実施する。具体的には以下の内容を実施する。

- ・ Mg 基を有する合金の作製と熱力学的平衡反応特性
- ・ Ti 基を有する合金の作製と熱力学的平衡反応特性
- ・ Al 水素化合物の物理合成法の実証

(10) 水素エネルギーシステムの社会的便益に関する研究開発（実施体制：(独)産業技術総合研究所）

本研究開発は、特に、水素エネルギーシステム技術の導入と社会との関わりの側面から研究を実施し、本プロジェクトが目標とする、水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術の確立による新しいエネルギーシステムの構築を支援することを目的とする。

本研究は、このような基本的認識に基づいて、堅実な形での水素エネルギーシステムの社会導入を図るため、水素燃料電池自動車及び上記システムの導入に伴う社会的・経済的便益の分析評価を通じて、有効な施策を提言するものであり、燃料電池自動車の本格的導入普及に向けた水素供給インフラ市場立上げ時期を念頭において、堅実な形での水素燃料電池自動車の社会導入を図るための方策について、①水素燃料電池自動車の導入に伴う社会的・経済的便益の評価、及び②社会的便益評価システムの構築を通じて、燃

料電池自動車の有効な導入施策の検討などを行い、燃料電池自動車及び水素の社会的受容の拡大と導入普及の効率的な実現施策を支援するものである。

- (11)水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ（実施体制：(財)エネルギー総合工学研究所、岩谷産業（株）、川崎重工業（株）、関西電力（株）、清水建設（株）、三菱重工業（株）、千代田化工建設（株））

本研究開発は、各種水素キャリア（高圧水素、液体水素、有機ケミカルハイドライド）を用いた、オフサイト型水素製造拠点から水素ステーションにおける燃料電池自動車（FCV）への充填までの一連のフローにおける経済的成立性や実現性を検討・評価し、普及に向けた今後の技術開発課題を抽出することを目的とする。

本研究開発を実施するにあたっては、水素供給インフラ立上げの想定である 2015 年のほか、FCV の普及が始まると予想される 2020 年、本格的普及時期と予想される 2030 年における FCV の普及台数と水素供給ステーション設置数を想定し、各年における水素需要量、対象となる 3 種の水素キャリアに共通の前提条件を設定する。この前提条件に基づき、フィージビリティスタディは、始めに各水素キャリア毎に現状の技術を用いた場合の各年における水素供給コストを算出し、コスト構成を把握した上で技術開発が期待できる項目を抽出し、技術開発が達成された際の水素供給コストを集め求め、経済性、WtT のエネルギー効率、環境性（CO₂ 排出量）の評価を行うとともに、それらの検討を基に、各水素キャリア毎に普及に向けての技術開発課題を抽出するものである。

2. 2 研究開発の実施体制

本事業は、3分類され「水素ステーション機器システム、車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術」のシステム技術開発、「水素製造機器、貯蔵材料・輸送機器、水素ステーション機器」の要素技術開発、「技術開発シナリオ、革新的次世代技術」の次世代技術開発・フィージビリティスタディ等となっている。システム技術開発の最終目標に向けて要素技術開発の各テーマが個々の目標を設定し実施している。また、技術開発シナリオの調査結果等により研究開発の方向付けの微調整等も行える体制である。下記に実施者を記載したが、各実施者は各テーマの先駆的な実施者で技術力もあり、また将来の事業化に向けた企業規模を有する実施者である。

また、2.3 項の「研究の運営管理」で記載したように関連するテーマ毎にWGを立ち上げWG毎にリーダーを選出し情報の共有化等を図るためにWG体制を構築した。

2. 2. 1 研究開発項目Ⅰ「システム技術開発」の実施体制

- (1) 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発（実施体制：(財)石油産業活性化センター、東邦ガス(株)、トキコテクノ(株)、日立オートモティブシステムズ(株)、大陽日酸(株)、横浜ゴム(株)、(国)佐賀大学)
- (2) 車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発（実施体制：日本重化学工業(株)、サムテック(株)、(独)産業技術総合研究所)

2. 2. 2 研究開発項目Ⅱ「要素技術開発」の実施体制

- (1) 水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発（実施体制：東京ガス(株)、日本特殊陶業(株)）
- (2) 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発（実施体制：三菱化工機(株)）
- (3) CO₂ 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発（実施体制：(株)ルネサス・エネジー・リサーチ、(国)神戸大学、(国)京都大学、(独)産業技術総合研究所、(株)ミクニ）
- (4) ホウ素系水素貯蔵材料の開発（実施体制：(株)豊田中央研究所、(国)東北大学）
- (5) ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発（実施体制：日本重化学工業(株)）
- (6) 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発（実施体制：(株)タツノ・メカトロニクス）
- (7) 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発（実施体制：J X 日鉱日石エネルギー(株)、サムテック(株)）
- (8) 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発（実施体制：(財)石油産業活性化センター、(株)キッツ、(株)山武、(財)金属系材料研究開発セ

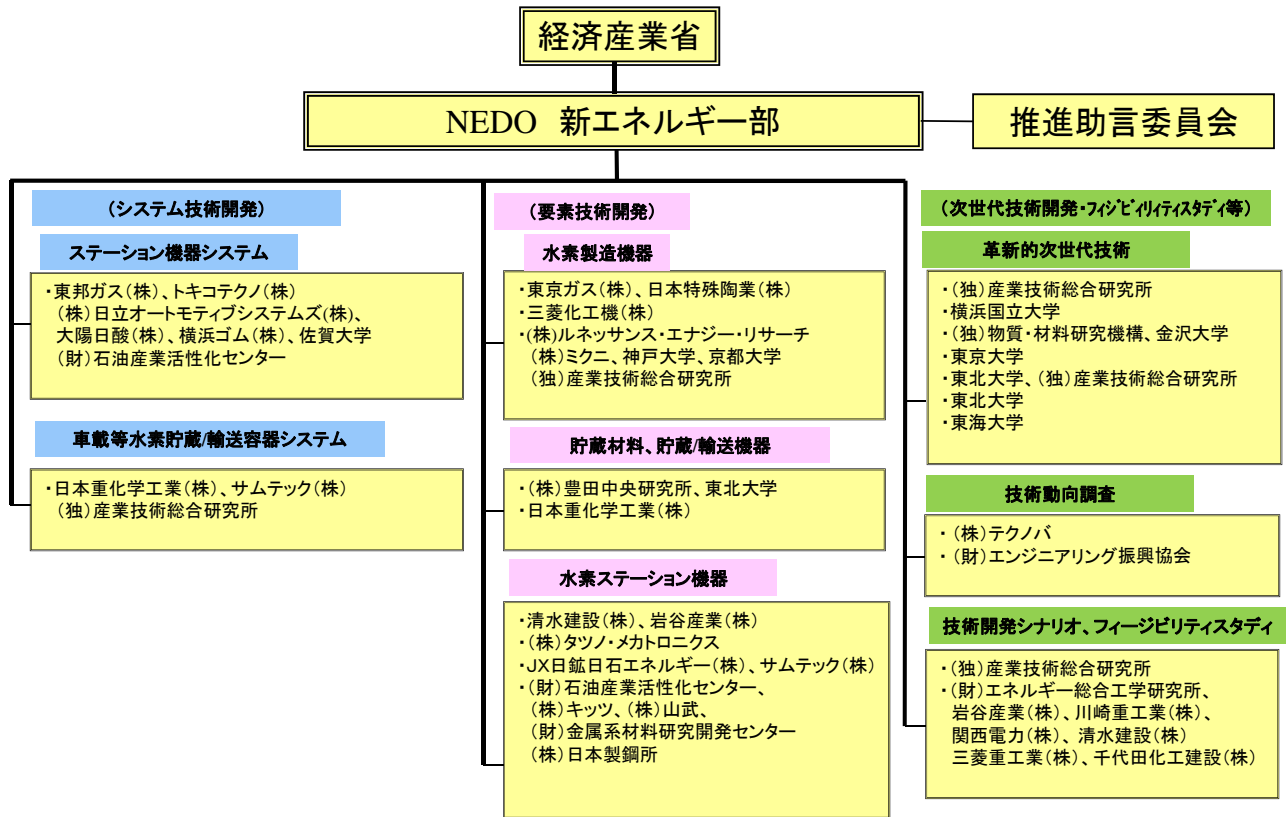
ンター、(株)日本製鋼所)

- (9) 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発 (実施体制：清水建設(株)、岩谷産業(株))

2. 2. 3 研究開発項目Ⅲ「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」の実施体制

- (1) 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討 (実施体制：(株)テクノバ)
- (2) IEA/HIA 水素実施協定における国際技術開発動向の調査検討 (実施体制：(財)エンジニアリング振興協会)
- (3) 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発 (実施体制：(独)産業技術総合研究所)
- (4) 非貴金属化合物を用いた水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計及び開発 (実施体制：(国)横浜国立大学)
- (5) 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発 (実施体制：(独)物質・材料研究機構、(国)金沢大学)
- (6) 水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発 (実施体制：(国)東京大学)
- (7) 超高圧水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発 (実施体制：(独)産業技術総合研究所、(国)東北大学)
- (8) ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピルオーバー水素貯蔵に関する研究開発 (実施体制：(国)東北大学)
- (9) Mg および Ti 系相分離型高容量水素吸蔵合金の設計と実証に関わる研究開発 (実施体制：(学)東海大学)
- (10) 水素エネルギーシステムの社会的便益に関する研究開発 (実施体制：(独)産業技術総合研究所)
- (11) 水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ (実施体制：(財)エネルギー総合工学研究所、岩谷産業(株)、川崎重工業(株)、関西電力(株)、清水建設(株)、三菱重工業(株)、千代田化工建設(株))

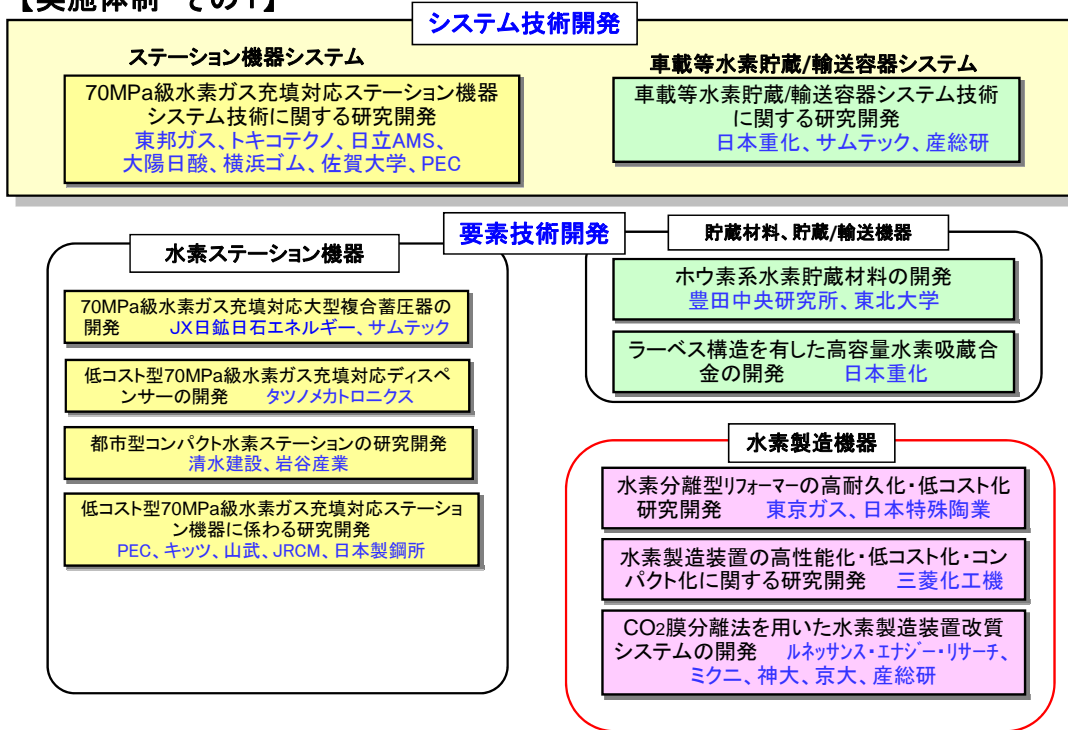
<事業実施体制の全体図>



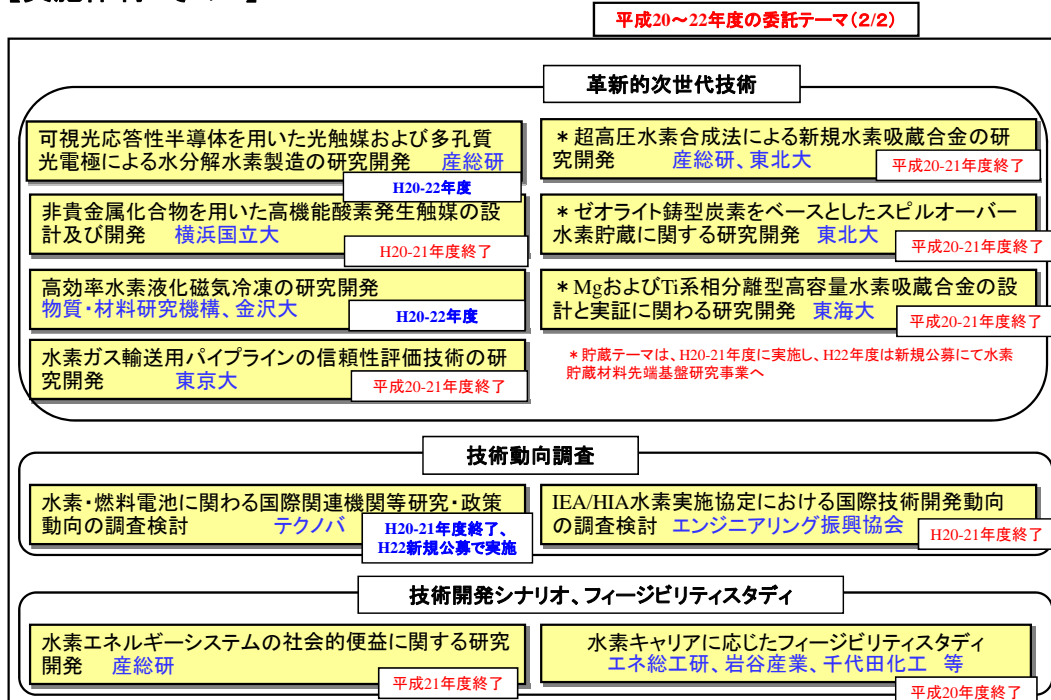
【実施体制 その1, その2】として各区分での実施テーマ名と実施者について下記に記す。

【実施体制 その2】では、実施年度についても記載した。

【実施体制 その1】



【実施体制 その2】



2.3 研究の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び研究開発責任者や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、必要に応じてNEDOに設置する技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、適時委託先からプロジェクトの進捗について報告を受けるなどを行う。また、事業を効率的に推進するために、本事業の実施者間での報告会を開催し、実施者間及び関係産業界等との情報の共有と共通認識を図ることとする。

水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発に関する外部有識者（関係産業界、学識経験者、関連事業関係者）による「推進助言委員会」を平成21年11月に開催し事業の進め方等について意見及び助言を頂き取り進めた。また、実施者間での意見交換等のため「水素ステーション関連WG」、（下部WGとして水素ステーション関連サブWG1、WG2）、「水素製造関連WG」、「水素貯蔵関連WG」、「水素キャリア委員会」を開催し各プロジェクトの目標の共有化、進捗状況等について報告を行い事業の推進を図った。下記に各WGの参加対象テーマと実施者の構成及び実施内容を示す。

【研究開発の運営管理（WGの目的、実施状況）】

WG名	実施者 リーダー	目的	実施状況
水素ステーション関連WG	(財)石油産業活性化センター	<ul style="list-style-type: none"> 各社進捗状況の紹介、意見交換 水素ステーション建設コスト2億円に向けた各社目標コストの設定、コスト低減策の討議・検討 	WGを4回開催（システム、機器に関するサブWGを各2回開催）
水素製造関連WG	東京ガス(株)	<ul style="list-style-type: none"> 各社進捗状況の紹介、意見交換 水素製造装置の効率等の定義、現状及び将来の技術水準の統一 補機類等共通機器のコスト低減策の検討・討議 	WGを3回開催（他に水素分離型リフォーマーの開発の外部助言委員会を4回開催）
水素貯蔵関連WG	日本重化学工業(株)	<ul style="list-style-type: none"> 各社進捗状況の紹介、意見交換 自動車メーカ等ユーザーとの意見交換によるユーザー・ニーズの研究開発への取り込み 	WGを3回開催（他に貯蔵容器システム技術は自工会と意見交換）
水素キャリア委員会	(財)エネルギー総合工学研究所	FSの前提条件、実施方針、評価方法、まとめ方等の討議・検討	委員会を2回開催

● 「水素ステーション関連WG」の参加対象テーマと実施者

(WGリーダー：(財)石油産業活性化センター)

- ・ 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発 (実施者：(財)石油産業活性化センター、東邦ガス(株)、トキコテクノ(株)、日立オートモティブシステムズ(株)、大陽日酸(株)、横浜ゴム(株)、(国)佐賀大学)
- ・ 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発 (実施者：(株)タツノ・メカトロニクス)
- ・ 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発 (実施者：JX日鉱日石エネルギー(株))
- ・ 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発 (実施者：(財)石油産業活性化センター、(株)キッツ、(株)山武、(財)金属系材料研究開発センター、(株)日本製鋼所)
- ・ 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発 (実施者：清水建設(株)、岩谷産業(株))
- ・ 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討 (実施者：(株)テクノバ))
- ・ IEA/HIA 水素実施協定における国際技術開発動向の調査検討 (実施者：(財)エンジニアリング振興協会)

さらに、サブWGによりテーマを絞り込んで「水素ステーション関連サブWG 1」はシステム技術テーマを中心に実施したサブWGであり、「水素ステーション関連サブWG 2」は要素機器技術テーマを中心に実施したサブWGである。

このWGでは、最終目標である設備コスト 2 億円以下/システム [300Nm³/h規模の場合、土地取得価格を除く] に向けて各機器メーカーと検討を行い、現時点で約2.5 億円程度の見通しを得ており、最終目標値へ向けて検討中である。また、耐久性に関しても各機器メンテナンス回数 1 回以下/年 [日常的な簡易検査やメンテナンスを除く] について各実施者が試験室レベルでデータ検証中であり、これに並行して各要素機器を組み合わせたシステムとして東邦ガス総合研究所でデータ検証試験中であり試験室レベルのデータとシステム実証データとを総合的に検討しながら最終目標値に向けて取り進めている。

● 「水素製造関連WG」の参加対象テーマと実施者

(WGリーダー：東京ガス(株))

- ・ 水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発 (実施者：東京ガス(株)、日本特殊陶業(株))
- ・ 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発 (実施者：三菱化工機(株))
- ・ CO₂ 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発 (実施者：(株)ルネサンス・エネジー・リサ-

フ、(国)神戸大学、(国)京都大学、(独)産業技術総合研究所、(株)ミクニ)

2015年のオンサイト型の水素ステーションの水素製造装置の低コスト化、高耐久性に向けて各実施間で実施内容、進捗状況を報告し共有化を図った。また、各実施者間で相違していた効率の定義、機器の稼働率の考え方について整理し目標値に対する整合性を図った。補機等の共通機器のコスト低減策の検討討議を実施した。また、実施者による外部助言委員会にNEDOも参加し本事業での位置づけあるいは方向付けについて助言を行った。

●「水素貯蔵関連WG」の参加対象テーマと実施者

(WGリーダー：日本重化学工業(株))

- ・車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発(実施者：日本重化学工業(株)、サムテック(株)、(独)産業技術総合研究所)
- ・ホウ素系水素貯蔵材料の開発(実施者：(株)豊田中央研究所、(国)東北大学)
- ・ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発(実施者：日本重化学工業(株))

水素貯蔵に関する情報交換を行い、熱処理時の温度履歴測定、スピニング時の温度変化測定について討議検討した。ハイブリッド貯蔵タンクに関する法令対応については高圧ガス保安法だけでなく、道路運送車両法についても検討する必要があることが判明した。熱処理工程、研究設備、破裂試験等の見学を行うと共に意見交換を実施し、情報の共有化に努めた。また、自動車メーカー等のユーザー・ニーズの研究開発への取り組みのためWGへの参加と意見交換を実施した。

●「水素キャリア委員会」の参加対象テーマと実施者

(WGリーダー：(財)エネルギー総合工学研究所)

- ・水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ(実施者：(財)エネルギー総合工学研究所、岩谷産業(株)、川崎重工業(株)、関西電力(株)、清水建設(株)、三菱重工業(株)、千代田化工建設(株))

本委員会では、実施者のみならず外部有識者、関係業界団体等も委員会の委員として参加し、ユーザー側での立場としての見解も網羅した。高圧水素、液体水素、有機ケミカルハイドライドによる供給フローについて検討し、各フローについて経済性等も検討した結果、普及初期では高圧水素供給が有利であることが判明した。これにより現在、高圧水素供給に集中した研究開発体制で実施している。

各「水素ステーション関連WG」、「水素ステーション関連サブWG 1」、「水素ステーション関連

サブWG2、「水素製造関連WG」、「水素製造プロジェクトで実施者独自の外部有識者による外部助言委員会」、「水素貯蔵関連WG」、「水素キャリア委員会」での会議実績表を頁 WG-(1)～(7)に提示した。

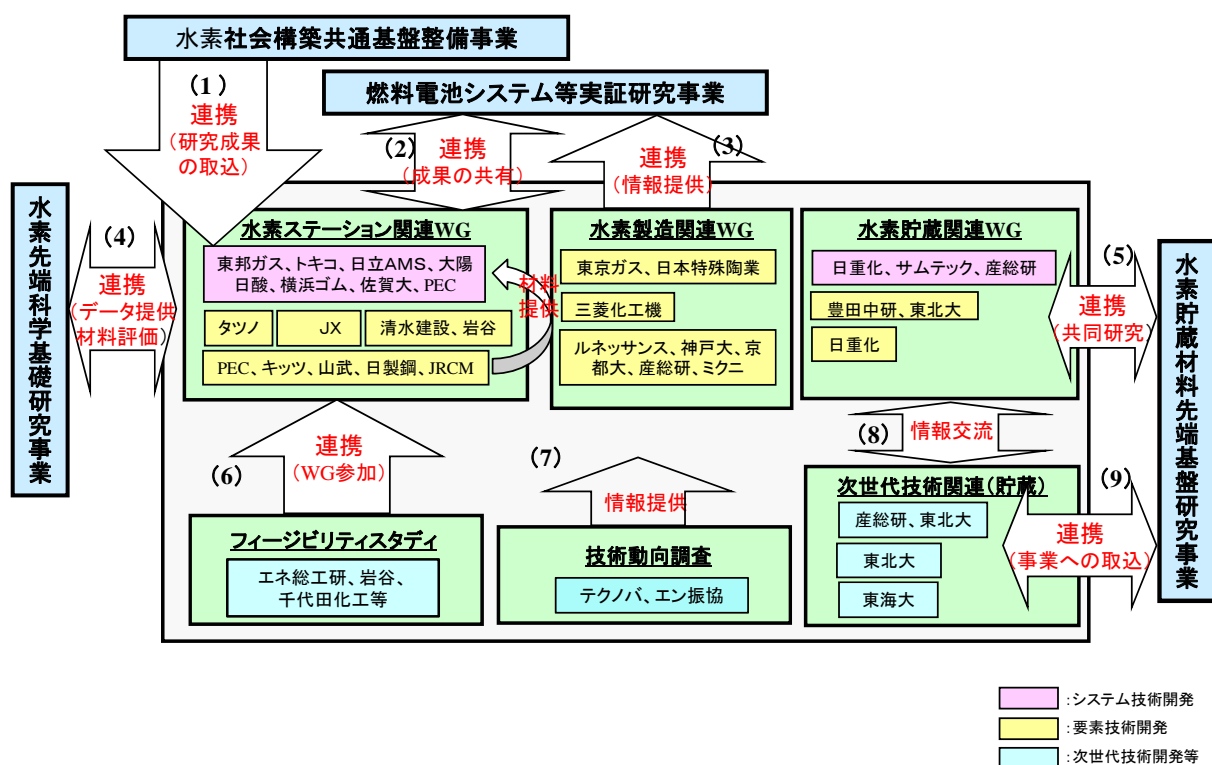
●NEDOと実施者との面談及び意見交換について

平成20年より開始した事業で約1.5年経過した時期である、平成21年度の間中期に各テーマの実施者との面談を約1～2時間程度を掛け行い「進捗状況の報告、予算執行状況、課題の抽出、今後の実用化に向けた見通し等」について聴取し状況把握と進言等を行った。これにより今後の各テーマの課題等を把握し適切な方向付けを実施した。

●他事業及び事業内のWGの連携体制について

基礎基盤研究である「水素先端科学基盤研究事業、水素貯蔵材料先端基盤研究事業」、技術実証である「燃料電池等システム実証研究」、また水素社会構築共通基盤整備事業（平成21年度終了）とも連携を図り取り進めている。

【研究開発の運営管理（他事業及び事業内の連携）】



上記の(1)～(9)までの連携については以下のとおりである。

(1) 水素インフラに関する安全技術研究において設計、製作した70MPa充填対応の蓄圧器を

- 東邦ガスに建設したステーションに設置し、耐久性を検証している。また、蓄圧器に使用した材料の水素脆化を評価するため同ステーションでサーベランス試験を実施している。
- (2) 水素ステーション関連WGで実施している低コスト化検討と JHFC で実施しているWG 1でのコスト評価分科会と連携し、ステーションの低コスト化に向けた検討を連携し実施している。また、水素ステーション関連WGで検討している東邦ガスステーションと JHFC の千住ステーションでの共通課題であるプレクール設備、充填速度等の検討について連携を図り検討を実施している。
- (3) JHFC インフラモデル検討会で検討している水素製造装置のランニングコストの資料について、水素製造関連WGで詳細を検討し数値の見直し等の助言を実施したりし情報の共有化を図った。
- (4) 本事業で開発した流量調整弁等の水素用機器の部材を水素先端科学基礎研究事業に提供し、水素環境下のトライボロジー評価研究の題材とすると共に、材料評価結果を本事業の機器開発にフィードバックした。
- 水素先端科学基礎研究事業で開発した水素物性データベースの情報を NEDO 関連事業関係者に公開する場(2009年10月)に参画し、機器設計等への成果活用を検討するとともに、データベースの改善提案を行った。
- JHFC 水素実証で用いた水素ステーションの解体材料を水素先端科学基礎研究事業に提供し、水素環境での長期間使用材料の特性評価を行った。ここで明らかになった蓄圧器材料における熱処理の重要性情報を、JHFC ワーキング G 会議にて報告し、安全な機器製造に関する情報の共有を図った。
- (5) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業へは開発中の貯蔵材料を提供する。代わりに開発・整備している先進的な解析技術等での解析データを受け取ることにより互いの目標達成に向けた連携を実施した。
- (6) 水素キャリアで検討した知見を水素ステーション関連WGのメンバーにも公表し情報の共有化を図るとともにWGへも参加し意見交換を図った。
- (7) 技術動向について実施者よりNEDOをはじめ、各関連WGのメンバーも参加してセミナーを実施し情報の共有化を図った。
- (8) NEDO主催の水素貯蔵材料フォーラム及び連携成果報告会等で開発の進捗に関する情報を共有化した。
- (9) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業へは先進的な技術により開発中の貯蔵材料を提供する。代わりに開発・整備している先進的な解析技術での解析データ、あるいは計算科学的手法による性能予測データ等を受け取ることにより互いの目標達成に向けた連携を実施した。
- 水素貯蔵材料に関しては、平成 22 年度より水素貯蔵材料先端基盤研究事業に新規公募により実施する。

2. 4 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

2015年をFCV、水素インフラの普及開始期としての位置付けである。

- (1) FCV、水素インフラの実証試験を行う「燃料電池システム等実証研究」の後継実証事業（2011～2015年度）を立ち上げ、本事業（2008～2012年度）により技術開発が完了したシステム、機器から順次、実使用条件下での実証試験に移行し、その技術が確立したことを検証する実用化、事業化への道筋を構築中である。
- (2) 技術開発が完了しても、実用化、事業化には現行の法規制等が支障となる場合がある。そのため、実用化、事業化に支障となるFCV、水素インフラの規制見直し、国際標準化に資するデータ取得等を2010年度より本事業に取込んで実施する予定である。（例えば、使用鋼種の拡大、複合容器の蓄圧器としての使用可、設計基準としての耐圧係数の見直し等）
- (3) 成果を上げた後の実用化、事業化を優位にするためにも特許出願等を積極的に出願し権利化するよう指導している。また、外部への成果のアピールのため、論文、プレス発表等を積極的に実施することも指導している。

3. 情勢変化への対応

「水素安全利用等基盤技術開発」（平成19年度終了事業）の後継事業として実施している「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」については、2015年頃の燃料電池自動車の普及に向け取り進めている。

本事業開始後、平成20年7月、燃料電池実用化推進協議会（FCCJ）が「2015年、一般ユーザーへの普及開始を目指す」とする『FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ』を発表し、平成21年3月には、産業競争力懇話会も同様の発表を行い、2015年にFCV・水素インフラを普及開始する合意が急速に形成されてきた。

このような情勢変化に対応するため、

- (1) 平成20年度に実施したFS（単年度契約）のうち、「低コスト型70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発」は、継続審査委員会を開催し、平成21年度以降も要素技術開発として継続することにした。
- (2) 平成21年11月に推進助言委員会を開催し、2015年普及開始期に実用化が必要、且つ実用化が可能な技術開発に重点を当て、次世代技術開発・フィジビリティスタディ等の革新的技術、シナリオは平成21年度で終了するとのNEDO案を示した。これに対し、委員からは研究開発にメリハリを付けることは賛成するが、次世代技術で「この芽は残しておきたい」という研究については継続する道をつくるべきとの意見が出された。
- (3) 平成21年12月に公開でワークショップを開催し、2015年普及開始期に実用化が必要、且つ実用化が可能な技術開発に重点を当てること、燃料電池自動車、定置用燃料電池、水素インフラの基準・標準化に係わる「水素社会構築共通基盤整備事業」（平成17～21年度）の

終了に伴い、2015 年普及開始期に必要な燃料電池自動車、水素インフラの基準・標準化を本事業に取り込みことを報告し、追加公募することをアナウンスした。

- (4) 以上を踏まえ、平成 22 年 3 月に、次世代技術の継続審査委員会を開催し、2 件を平成 22 年度継続とし、また、基準・標準化等に係わる追加公募を平成 22 年 3 月に実施し、本事業に取り込むとともに、2015 年普及開始期に実用化が必要、且つ実用化が可能な技術開発等に重点を当てた予算配分を行った。

4. 評価に関する事項

事前評価については、平成 19 年度に事前評価書にまとめ総合評価として、2015 年頃に期待される燃料電池自動車に不可欠な水素供給インフラ市場立ち上げに向け、必要な機器及びシステムに関する技術開発並びに実証であり、将来的に我が国の運輸部門のエネルギーの効率的な利用及び温室効果ガスの排出削減という困難な問題の解決に大きく寄与することが期待されることから、国の積極的な支援のもと NEDO が委託事業として実施することが意義があるとの評価であった。

また、平成 20 年 2 月 27 日～3 月 3 日 NEDO POST 3 においてパブリックコメントの募集を行い、ご意見を頂き基本計画に反映した。

水素ステーション関連WG 会議実績表

回数	実施年月日 会議場所	議題	決定事項等	出席者 (団体・会社・大学名等)
1	平成21年9月17日 13:30～15:30 NEDO日比谷オフィス	(1)水素ステーション 関連WGの実施 について (2)今後のスケジュール	(1)検討方針 ・検討体制 ・サブワーキングの設置 ・概略スケジュール (2)検討項目と最終成果の まとめ方	東邦ガス (2名) トキコテクノ (2名) 日立オートモティブシステムズ (1名) 大陽日酸 (1名) 横浜ゴム (2名) 佐賀大学 (1名) 新日本石油 (1名) タツノ・メカトロニクス (2名) 清水建設 (2名) 岩谷産業 (1名) 日本製鋼所 (2名) キッツ (2名) 金属系材料研究開発センター(2名) 山武 (2名) 千代田化工建設 (1名) エンジニアリング振興協会(1名) NEDO (4名) 石油産業活性化センター(9名) 合計出席者 38 名
2	平成21年11月9日 13:30～15:30 NEDO日比谷オフィス	(1)前回議事録確認 (2)検討要領について ・検討前提 ・実施体制 (3)コスト低減の検討 目標コストの設定	(1)前回議事録承認 (2)検討要領の承認 ・検討前提 ・検討の連携体制 (3)検討目標コスト	トキコテクノ (1名) 日立オートモティブシステムズ (1名) 横浜ゴム (1名) 新日本石油 (2名) タツノ・メカトロニクス (1名) 清水建設 (1名) 岩谷産業 (1名) キッツ (2名) 金属系材料研究開発センター(2名) 山武 (3名) エンジニアリング振興協会(1名) NEDO (3名) 石油産業活性化センター(6名) 合計出席者 25 名
3	平成22年1月14日 13:30～16:00 NEDO日比谷オフィス	(1)前回議事録確認 (2)中間報告 (3)検討目標コストの 見直し	(1)前回議事録承認 (2)個別中間報告内容 (3)検討目標コスト	東邦ガス (1名) トキコテクノ (1名) 大陽日酸 (1名) 横浜ゴム (1名) 新日本石油 (2名) タツノ・メカトロニクス (1名) 清水建設 (2名) 岩谷産業 (1名) 日本製鋼所 (1名) キッツ (2名) 金属系材料研究開発センター(2名) 山武 (3名) 千代田化工建設 (1名) エンジニアリング振興協会(1名) NEDO (2名) 石油産業活性化センター(8名) 合計出席者 30 名

4	平成22年3月19日 13:30～16:00 石油産業活性化センター	(1)前回議事録確認 (2)最終報告	(1)前回議事録承認 (2)個別最終報告内容 (3)最終コスト低減見込み	東邦ガス (1名) トキコテクノ (1名) 大陽日酸 (1名) 横浜ゴム (1名) 新日本石油 (2名) タツノ・メカトロニクス (1名) 清水建設 (2名) 岩谷産業 (1名) 日本製鋼所 (2名) キッツ (1名) 金属系材料研究開発センター(1名) 山武 (3名) 千代田化工建設 (1名) エンジニアリング振興協会(1名) NEDO (2名) 石油産業活性化センター(7名) 合計出席者 28 名
---	--	-----------------------	--	--

水素ステーション関連サブWG1 会議実績表

回数	実施年月日 会議場所	議題	決定事項等	出席者 (団体・会社・大学名等)
1	平成21年10月1日 14:00~16:00 航空会館	(1)サブWG1の検討 体制及び分担 (2)検討の前提モデル	(1)検討の体制及び分担 (2)検討前提モデルとして PECモデルを選定	東邦ガス (2名) 新日本石油 (2名) 清水建設 (1名) 岩谷産業 (1名) 千代田化工建設 (1名) エンジニアリング振興協会(1名) NEDO (1名) 石油産業活性化センター(4名) 合計出席者 13 名
2	平成21年10月16日 13:00~15:00 石油産業活性化センター	(1)前回議事録の確認 (2)PECモデルの説明 (3)検討の進め方	(1)前回議事録の承認 (2)PECモデルの承認と検討 前提へのコメント (3)検討目標の設定と今後の 予定	東邦ガス (1名) 新日本石油 (2名) 清水建設 (1名) 岩谷産業 (1名) エンジニアリング振興協会(1名) NEDO (2名) 石油産業活性化センター(6名) 合計出席者 14 名

水素ステーション関連サブWG2 会議実績表

回数	実施年月日 会議場所	議題	決定事項等	出席者 (団体・会社・大学名等)
1	平成21年10月7日 14:00~16:00 航空会館	(1)検討の進め方 (2)検討の前提モデル	(1)検討の体制及び分担 (2)検討前提モデルとして PECモデルを選定 (3)検討前提として考慮すべ き項目	トキコテクノ (1名) 日立オートモティブシステムズ(1名) 横浜ゴム (2名) タツノ・メカトロニクス(1名) キッツ (2名) 金属系材料研究開発センター(2名) 山武 (3名) エンジニアリング振興協会(1名) NEDO (1名) 石油産業活性化センター(6名) 合計出席者 20 名
2	平成21年11月5日 14:00~16:00 石油産業活性化センター	(1)前回議事録の確認 (2)検討前提の確認 (3)検討の進め方	(1)前回議事録の承認 (2)検討前提の承認 (3)検討目標の設定と今後の 予定	トキコテクノ (2名) 日立オートモティブシステムズ(1名) 大陽日酸 (1名) 横浜ゴム (2名) タツノ・メカトロニクス(1名) キッツ (2名) 金属系材料研究開発センター(2名) 山武 (4名) エンジニアリング振興協会(1名) 石油産業活性化センター(4名) 合計出席者 20 名

水素製造WG 会議実績表

回数	実施年月日 会議場所	議題	決定事項等	出席者 (団体・会社・大学名等)
1	平成21年4月27日 15:00 - 17:00 NEDO川崎 2101会議室	(1)各委託先進捗報告 (2)WGのあり方について	(1)効率の定義、補機の低コスト化 など共通の議題を議論する場 とする。	NEDO(5名) 東京ガス(3名) 日本特殊陶業(3名) 三菱化工機(3名) ルネッサンス・エネジー・リサーチ(1名) 合計出席者15名
2	平成21年9月25日 13:30 - 16:00 NEDO川崎 2303会議室	(1)水素製造WGのアンケート結果 について (2)水素製造装置の各社現状報告	(1)効率の定義について統一化 を目指す。 (2)東京ガス白崎氏をWGリーダー とする。	NEDO(2名) 東京ガス(1名) 日本特殊陶業(2名) 三菱化工機(2名) ルネッサンス・エネジー・リサーチ(2名) 合計出席者 9名
3	平成22年2月8日 13:30 - 16:30 NEDO川崎 2302会議室	(1)水素製造装置コスト低減に 向けた検討 (2)効率の定義、稼働率の考え方の 共有化 (3)水素製造装置の防爆基準について	(1)効率の定義、稼働率の考え方 について、WG内では東京ガス 案に統一する。	NEDO(3名) 東京ガス(2名) 日本特殊陶業(1名) 三菱化工機(2名) ルネッサンス・エネジー・リサーチ(1名) 合計出席者 9名

水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発 外部助言委員会 会議実績表

回数	実施年月日 会議場所	議題	主な発言・助言	出席者
1	平成20年11月4日 14:30～17:00 東京ガス(株)横浜研究所	(1)NEDO挨拶 (2)研究開発経緯の報告 (3)各テーマの実施計画報告 (4)その他事務連絡	(1)試験計画はかなり厳しい内容である。 (2)毎日ON/OFFする運転は、繰り返しクリーブが懸念される。	宇都宮大学(1名) 九州大学(1名) 東京大学(1名) NEDO(1名) 東京ガス(3名) 日本特殊陶業(4名) 合計出席者11名
2	平成21年3月9日 14:00～16:00 東京ガス(株)横浜研究所	(1)NEDO挨拶 (2)各テーマの実施計画報告 (3)その他事務連絡	(1)FeO付着試験を行なっているが、FeとFeOではメカニズムが違う。 (2)実証試験を行なう時期なので、予算面でもNEDOにぜひ支援して欲しい。 (3)モジュール中の流れが層流だとすると境界膜がしやすい。	宇都宮大学(1名) 九州大学(1名) 東京大学(1名) NEDO(1名) 東京ガス(4名) 日本特殊陶業(3名) 合計出席者11名
3	平成21年11月2日 13:30～15:00 九州大学 伊都キャンパス	(1)NEDO挨拶 (2)前回議事録確認 (3)各テーマの実施計画報告 (4)その他事務連絡	(1)難しい課題に取り組んでいるなか早く進捗している。 (2)最終目標であるリーク量に最初から拘らないこと。 (3)触媒の変化と水素分離膜の変化を切り離して評価すべき。 (4)触媒にセリアを添加するという方法もある。	宇都宮大学(1名) 九州大学(1名) 東京大学(1名) NEDO(2名) 東京ガス(4名) 日本特殊陶業(3名) 合計出席者12名
4	平成22年5月24日 14:00～16:00 東京ガス(株)横浜研究所	(1)NEDO挨拶 (2)前回議事録確認 (3)各テーマの実施計画報告 (4)その他事務連絡	(1)モジュール単体とシステムの違いを究明できれば実用化が見えてくる。 (2)Fe系異物が気相で飛来する可能性も調べるべき。 (3)2つのテーマそれぞれの位置づけを明確にすべき。	宇都宮大学(1名) 九州大学(1名) 東京大学(1名) NEDO(1名) 東京ガス(6名) 日本特殊陶業(3名) 合計出席者13名

水素貯蔵WG 会議実績表

回数	実施年月日 会議場所	議題	決定事項等	出席者 (団体・会社・大学名等)
1	平成21年3月16-21日 サムテックインターナショナル	(1)熱処理の影響調査 (2)スピニング時の熱影響調査 (3)熱処理工程の見学	(1)熱処理時の温度履歴測定 (2)スピニング時の温度変化測定	日本重化学工業 サムテック 産総研 佐賀大学 合計出席者 7名
2	平成21年7月8日 11:00-17:00 佐賀大学 理工学部	(1)情報交換 (2)秘密保持について (3)研究設備見学	(1)各グループの開発状況に関する報告	日本重化学工業 サムテック 産総研 佐賀大学 豊田中央研究所 東北大学 NEDO 合計出席者 14名
3	平成21年7月8日 10:00-12:00 NEDO川崎	(1)ハイブリッド貯蔵タンクの法令対応について	(1)法令対応について、高圧ガス保安法だけでなく、道路運送車両法についても検討する必要がある。	日本重化学工業 サムテック 産総研 佐賀大学 自動車工業会 NEDO 合計出席者 10名
4	平成22年3月9日 13:00-17:00 サムテックインターナショナル	(1)情報交換 (2)高圧容器の設備見学 (3)破裂試験の見学	(1)各グループの開発状況に関する報告	日本重化学工業 サムテック 産総研 佐賀大学 豊田中央研究所 NEDO 合計出席者 14名
5	平成22年5月10日 13:30-16:30 航空会館	(1)意見交換会	(1)水素貯蔵材料開発や、ハイブリッド貯蔵タンク開発に関して意見交換会を行い、ユーザーの立場から、多くの貴重な意見を頂いた。	燃料電池実用化推進協議会 日本重化学工業 サムテック 産総研 佐賀大学 豊田中央研究所 東北大学 NEDO 合計出席者 25名

水素キャリア委員会 会議実績表

回数	実施年月日 会議場所	議題	決定事項等	出席者 (団体・会社・大学名等)
1	平成20年12月19日 14:00～16:00 第1回水素キャリア評価 委員会 航空会館204会議室	(1)業務の概要説明 (2)前提条件の設定 (3)各水素キャリアの FSの進め方とこ れまでの結果 報告	(1)前提条件 (2)各水素キャリアのFSの 実施方針と方法 (3)FSの評価方法 他	委員(11名) 横浜国大・委員長 燃料電池実用化推進協議会 日本電機工業会 日本ガス協会 エンジニアリング振興協会 産総研 新日本石油 石油産業活性化センター 出光興産 経済産業省 2名 NEDO 3名 岩谷産業 川崎重工 関西電力 清水建設 三菱重工 千代田化工建設 エネルギー総合工学研究所 事務局(6名) 合計出席者 29名
2	平成21年2月23日 10:00～12:00 第2回水素キャリア評価 委員会 富国生命ビル 中会議室	(1)前回議事録確認 (2)前提条件(その2) (3)各水素キャリアの FS結果報告	(1)各水素キャリアのFS結果 に対する評価 (2)成果報告書のまとめ方 他	委員(10名) 横浜国大・委員長 燃料電池実用化推進協議会 日本電機工業会 日本ガス協会 エンジニアリング振興協会 産総研 新日本石油 出光興産 NEDO 3名 岩谷産業 川崎重工 関西電力 清水建設 三菱重工 千代田化工建設 エネルギー総合工学研究所 事務局(6名) 合計出席者 26名

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

中間目標に対して総じて達成したものと判断できる。本事業の最終目標はFCV、水素ステーションの普及であるが現在これらが実証段階の国は米国、独国そして日本である。世界的に見ても日本は先駆者であり最終目標を達成すれば地球温暖化防止等の対応のため、この成果は日本国内のみならず世界市場の拡大が期待できる。FCV、水素ステーションが普及すれば民間レベルで各機器の効率化、低コスト化等の技術開発の競争が促進されることが期待できる、また新たな周辺産業として例えば、定期メンテナンス、点検検査等の業務が立ち上げることも考えられる。

1. 1 研究開発項目Ⅰ「システム技術開発」

「70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発」では市場立上げ時期に必要な70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システムとして「水素安全利用等基盤技術開発」にて開発した要素機器等に必要な改良を加えつつ、水素ステーションシステムとして構成配置し、延べ1年以上（DSS 運転等を含む）の耐久性を検証することが中間目標であるが目標に対して十分な成果を達成しており、最終目標に向けて進捗中である。

「車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術に関する研究開発」では水素ステーション機器システムと連動させたトータルシステムの中で、車載等水素貯蔵/輸送システムに水素をスムーズに充填できると共に、中間目標に十分な成果を達成しており、上記と同様に最終目標に向けて実施中である。

各プロジェクトの詳細については、2.1 項の研究開発項目毎の成果を参照のこと。

1. 2 研究開発項目Ⅱ「要素技術開発」

要素技術については、いずれもシステム技術に適用できる技術であることから、システム技術開発で設定した達成目標を満たす内容となっている。水素製造機器要素技術での水蒸気改質方式に関して、小規模のパイロットプラントを設計・製作し、性能の検証をほぼ達成しており十分な成果を得ている。また、メンブレンタイプの研究開発に関しても中間目標に対して十分な成果を得ており最終目標に向けて進捗中である。水素貯蔵材料（同材料容器を含む）・水素貯蔵/輸送容器要素技術に関しても中間目標に対して一部未達成な部分もある。また、水素ステーション機器要素技術では、水素ステーション機器システムに適用される要素技術として、コスト低減に向けて検討をしており、システム技術へ適用できるよう実施している。

各プロジェクトの詳細については、2.2 項の研究開発項目毎の成果を参照のこと。

1. 3 研究開発項目Ⅲ「次世代技術開発・フイージビリティスタディ等」

水素エネルギーの導入・普及に対し、新規の概念に基づく革新的な次世代技術（たとえば、化石燃料以外からの水素製造等）の探索及び同技術の有効性確認・検証を行うと共に、水素社会実現のための技術開発シナリオの検討、水素キャリアに応じたフイージビリティスタディ、基準・標準化に資するデータ取得等を行うことが必要である。次世代技術開発について、平成 20 年、21 年を実施し成果を得ており、また技術開発シナリオについては、平成 20 年度に「水素キャリアに応じたフイージビリティスタディ」、平成 21 年度に「水素エネルギーシステムの社会的便益に関する研究開発」を実施し、他プロジェクトへ内容を反映し成果を上げている。

各プロジェクトの詳細については、2.3 項の研究開発項目毎の成果を参照のこと。

1. 4 事業全体の成果概要

1. 4. 1 事業全体

研究開発項目の中間目標に対して、下記の表のとおり概ね達成する見込みである。

達成度「◎：大幅達成、○：達成、△：一部達成、×：未達」

項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題
システム技術開発 (1)ステーション機器システム	要素機器の改良、ステーションシステムの構築、耐久性検証	・建設コスト2.5億円の見通しを得た。 ・ステーションを建設、検証試験開始。	○	更なるコスト低減、-40℃プレクール時の耐久性検証
(2)車載等水素貯蔵・輸送容器	容器体積密度 \geq 28g/l、MHの低コスト化等	中間目標を超える体積密度のタンクを開発	○	最終目標達成のための低コスト化、高性能化
要素技術開発 (1)水素製造機器	小規模パイロットプラントの設計・製作、性能検証、最終目標達成の目処	・50Nm ³ /h 試作機を設計・製作 ・改質効率 \geq 85%（製造効率 \geq 80%）の見通し得た。	○	最終目標達成のための低コスト化、コンパクト化、耐久性の検証
(2)水素貯蔵材料等	最終目標を達成する新規材料の可能性見極め	・ホウ素系貯蔵材料の中間相の役割を解明 ・ラーベス合金で2段プラトーにより吸蔵量が増加する合金を発見	△	・ホウ素系は、放出温度、反応速度改良 ・ラーベス系は、貯蔵密度改良等
(3)水素ステーション機器	各機器のコストダウン検討、その対応策の検討	総じて、要素技術の研究開発を進め、プロトタイプ的设计、試作の見通しを得た。	○	更なる低コスト化、耐久性の検証
次世代技術開発・フィージビリティスタディ（シナリオ）等	・将来的な水素技術基盤の確立 ・今後の技術開発課題の抽出	・総じて、技術としての有効性を確認 ・国際政策・技術動向を把握し、情報提供	○	・実用化を目指した技術開発への移行 ・国際的なリーダーシップの発揮

1. 4. 2 研究開発項目別の成果

各テーマについての成果概要は以下のとおりである。

研究開発項目Ⅰ：「システム技術開発」

中間目標	研究開発成果	達成度
(1)70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発 市場立上げ時期に必要な70	・動的解析モデルによるステーション圧力損失解析、流量解析を実施し、充填時間短縮するための設計指針提示を可能とした。	中間目標に対して達成。

<p>MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システムとして以下を満足する技術を確立する。</p> <p>『中間目標』</p> <p>「水素安全利用等基盤技術開発」にて開発した要素機器等に必要な改良を加えつつ、水素ステーションシステムとして構成配置し、延べ1年以上（DSS 運転等を含む）の耐久性を検証する。</p> <p>（参考）『最終目標』</p> <p>低コスト化：設備コスト2億円以下／システム [300Nm³/h規模の場合、土地取得価格を除く]</p> <p>高耐久性：各機器メンテナンス回数 1回以下/年 [日常的な簡易検査やメンテナンスを除く]</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・建設コスト低減検討を実施し、現状コスト約6億円を約2.5億円に低減可能の結果を得た。またそのための課題を整理した。特に設計費は50%削減の見通しが得られた。 ・耐久性検証に供するディスプレイ、フレール設備を製作した。それらの機器を組み合わせ水素ステーションシステムを建設し1年間メンテナンスの耐久性検証を実施した。 ・また構成機器の耐久性を検証し、システム運転時の課題を抽出した。 	
<p>（2）車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術に関する研究開発</p> <p>水素ステーション機器システムと連動させたトータルシステムの中で、車載等水素貯蔵/輸送システムに水素をスムーズに充填できると共に、以下を満足する技術を確立する。</p> <p>『中間目標』</p> <p>低コスト化：水素貯蔵合金のコストを ¥10,000/kg以下にする目処をつける。</p> <p>高性能化：容器体積密度（外容積） =28（g-H₂/L）以上 ハイブリッド容器システムの場合</p> <p>（参考）『最終目標』</p> <p>低コスト化：20万円以下／容器システム</p> <p>高性能化 ハイブリッド容器システムの場合は、 圧力=35MPa 質量貯蔵密度（システム）=3wt% 水素量/容積/容器質量 =5kg/100L/165kg</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・中間目標値（28g/L）を上回る体積貯蔵密度を有するハイブリッド貯蔵タンクの設計・製作を実施した。 ・中間目標である2.7質量%を超える水素吸蔵量（3.2質量%）を有するTi-V-Mn系BCC合金を合成した。 ・低コスト化を目的として、V系合金の量産性のトライをした。その結果、量産炉での溶解が可能であることを確認し、製造コストの点からは、中間目標値の¥10,000以下の目処が立った。しかし、原料も含めたトータルのコストとして、安価な原料の使用について検討が必要。 	<p>中間目標に対して達成。</p>

研究開発項目Ⅱ：「要素技術開発」

中間目標	研究開発成果	達成度
<p>(1) 水素製造機器要素技術 水蒸気改質方式に関して、 『中間目標』 小規模のパイロットプラントを設計・ 製作し、性能の検証を行う。</p> <p>(参考)『最終目標』 改質効率＝80%以上、起動時間＝ 3時間未満 設備サイズ＝10m³以下、 設備コスト＝30万円/Nm³・h</p>	<p><水素分離型リフォーマー></p> <ul style="list-style-type: none"> ・前事業で開発した従来膜の耐久性を向上した改良膜を開発し、目標の8000時間を大きく上回る13000時間の耐久性（製造水素純度99.99%以上を維持）を確認した。 ・触媒一体化モジュールを用いて、目標の3時間未満（2時間27分）で起動し、モジュールに「割れ」などの損傷がないことを確認した。 <p><改質器・PSA精製></p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロセス検討、改質器構造の概念検討、模擬改質器燃焼試験、改質触媒試験により、改質効率85%、S/C2.5、改質器サイズ従来比1/5とする見通しを得た。 ・水素PSAの検討により、PSA回収率90%、実規模システムサイズ従来比1/2とする見通しを得た。 ・ステーション運用者視点での評価を反映した50Nm³/h水素製造装置試作機の設計、機器製作を行った。 <p><CO₂膜分離法></p> <ul style="list-style-type: none"> ・CO₂選択透過膜は180℃で、目標レベルの安定した性能を有する膜の開発に成功した。 ・CO変性触媒については、より高活性な触媒への改良、コストダウン、量産化の実現に近づいている。 ・高性能化と加工性の向上・低コスト化を両立すべく、触媒の組み合わせやリアクター構造の検討を実施した。 	<p>中間目標はほぼ達成。</p>
<p>(2) 水素貯蔵材料（同材料容器を含む）・水素貯蔵/輸送容器要素技術 『中間目標』 材料系の探索と開発を実施し、そこから材料組成等を絞り込み、最終目標の質量水素密度6wt%以上および水素放出温度150℃以下を達成する新規材料の開発の可能性を見極める。</p> <p>(参考)『最終目標』</p>	<p><ホウ素系></p> <ul style="list-style-type: none"> ・複合化に関しては、水素貯蔵に有利な反応経路を理論計算により予測し、複合水素化物の貯蔵特性における複合比の効果なども検討し、それらの最適化を進めた。 ・中間相に関しては、水素放出・再吸蔵過程で生成した中間相を解明し、水素貯蔵特性における中間相の役割を検討した。 ・水素放出・再吸蔵反応ともに促進できる添加物 	<p>中間目標に対して一部未達</p>

<p>貯蔵材料（同材料容器や関連部品を含む）に関しては、 質量貯蔵密度＝6wt%以上、 水素放出温度＝150℃以下、 耐久性＝1000回吸放出で初期貯蔵性能の90%保持、 材料コスト＝1000円/kg</p>	<p>を選定し、その促進機構を解明した。また、微細構造を調査することによって、反応速度の支配因子を抽出した。 <ラーベス構造> ・2段のプラトーが出現することで水素吸蔵量がそれまでの1.0質量%から1.7質量%に増加した、MgPrNi₄組成のC15_b型のラーベス構造を有した合金を開発した。 ・313Kで300サイクルの水素吸蔵・放出を繰り返した後も、95%以上の水素吸蔵・放出量を維持することができるMg_{1.4}Pr_{0.6}Ni₄組成の合金を開発した。 ・C14型のラーベス構造を有したCaLi₂組成合金および第3元素置換を行った合金を正確に作製することができる、ヘリウム雰囲気での浮遊溶解による手法を開発した</p>	
<p>（3）水素ステーション機器要素技術 水素ステーション機器システムに適用される要素技術として、下記目標達成に繋がる技術として確立する。 『中間目標』 普及に向けた水素ステーションシステム及び機器に関するコストダウン検討を行い、その対策案を検証する。 （参考）『最終目標』 低コスト化：設備コスト 2億円以下/システム [300Nm³/h規模の場合、土地取得価格を除く] 高耐久性：各機器メンテナンス回数1回以下/年 [日常的な簡易検査やメンテナンスを除く]</p>	<p><ディスペンサー> ・ディスペンサーのプロトタイプを組み込み設計・試作が可能になった。 ・プレクール装置の仕様検討、評価装置を試作したことから、基礎評価の環境が整備できた。 ・70MPa大流量コリオリ流量計検出部、コアプロセッサタイプの計測部を設計、試作したことにより、性能評価が可能になった。 <大型複合容器> ・アルミライナーを用いた高圧（破裂圧力300MPa以上）複合容器のトウプリプレグ（TPP）を使用したDRY法による試作に成功し、アルミライナーの設計仕様が確定した。 ・大型・長尺複合容器を製造しうる大型フィラメントワインディング（FW）装置の設計開発が終了し、大型複合容器の製造が可能となった。 ・内部加熱法の問題点（加熱ムラ）を確認し、装置の改良および内部加熱法に適した樹脂の開発を行い、内部加熱法を有効に利用するFW手法に目処が立った。 <低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器> ・70MPa 級水素ステーション構成機器に対して技術、コスト両面から平成20年度分析したうえで、充填時間を考慮した最適化検討と、要素技術開発に取り組んだ。 （大容量鋼製蓄圧器、水素用高圧ボールバルブ）</p>	<p>中間目標に対してほぼ達成</p>

	<p>ブ、高強度金属材料、集中型制御システム、高耐久型流量調節弁)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・専門分野の異なる連名委託先が相互に連携し、ダイナミックシミュレーションを核とした総合的エンジニアリング技術と、これら要素技術を組合せることにより、低コスト型水素ステーションの技術的見通しを得た。 <p><都市型コンパクト水素ステーション></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ステーションの試設計を実施し、キャノピー上機器設置化や地下化することで配置計画、コンパクト化（敷地面積 517m² 及び 390m²）を実現できることを確認した。 ・反射圧低減壁の開発において、数値解析により反射波のピーク圧力を低減することが可能な壁（反射波低減壁）の開発を行い、検証実験によりその性能を確認した。 ・水素燃焼制御システムの開発にて、燃焼伝播の防止に必要な条件を確認した。また、水素の不活性化に関する研究では、着火に至らせない「安全濃度」を決定した。 	
--	---	--

研究開発項目Ⅲ：「次世代技術開発・フイージビリティスタディ等」

中間目標	研究開発成果	達成度
<p>(1) 革新的な次世代技術の探索・有効性検証 現有ガソリン供給インフラと同等の設備コストで対応可能となる（水素供給インフラを構成する）材料、機器、システムの設計指針または概念設計を確立する（平成21年度までの目標）。さらに、それまでの研究開発成果を評価し、更に1年間の継続可と判断する研究開発について、実用化のための詳細検討・検証等を行う（平成22年度までの目標）。</p>	<p><可視光応答性半導体 水分解></p> <ul style="list-style-type: none"> ・WO₃ 光触媒の量子収率をセシウム表面処理で既報の48倍に向上できた。太陽エネルギー変換効率(0.3%)は陸上植物並で、人工光合成実現可能レベルに達した。 ・BiVO₄ 光電極の光電流を炭酸塩電解液を利用することで従来の電解液より6倍向上できた。高速自動半導体探索システムを活用し、新規半導体の特許を5件出願した。 ・光触媒-電解ハイブリッドシステムの小型実証試験を行った。太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムより将来低コスト水素製造が可能、という結論を得た。 <p><非貴金属化合物を用いた水電解></p> <ul style="list-style-type: none"> ・評価法の確立し、比活性がIrO₂を上回るZr及びTa系材料の触媒の作製に成功した。 ・Zr及びTa系化合物は表面が酸化物であると酸素 	<p>ほぼ達成</p>

	<p>発生反応の活性が向上した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Zr 系化合物を電極触媒として電解試験を行い、水電解効率は 60%であった。 <p><高効率水素液化磁気冷凍></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ AMR サイクルに適合した希土類ガーネットと金属間化合物磁性材料の開発を進め、粒状化の実用材料製造技術を確立した。 ・ 2つの駆動機構をもつ AMR 磁気冷凍サイクル試験装置を設計・作製し、AMR サイクルを実証した。 ・ 水素液化サイクルの効率改善と高感度水素液量の計測技術を開発した。 <p><水素ガスパイプライン></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水素ガスパイプラインで想定される現実的な圧力・温度条件下では鋼中に拡散侵入する水素濃度は低く、準静的・動的条件下ともに水素脆化は顕著ではない。 ・ 水素ガスパイプラインの実大強度試験を実施し、き裂は長距離伝播することはないことを実証した。 ・ 開発した高速き裂伝播数値計算モデルを用いて、天然ガスと同程度の靱性を有していれば、水素ガスパイプラインでき裂の伝播を防止できることを確認した。 <p><超高压水素合成法></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Mg-(V, Zr)-(Li, Na)-H 系水素化物において、可逆的に水素を吸蔵・放出する新規水素化物を見出すとともに、水素放出温度と結晶構造との相関を示し得た。 ・ 7 種の Li-M-H 系新規水素化物 (M: 遷移金属元素) を見出し、Li-Y 系水素化物において、可逆的に水素を吸蔵・放出することを確認した。 ・ Al 系共晶合金、アラネート、AlH₃ を原料として試みたが、適用条件下では新規水素化物相は得られなかった。 <p><ゼオライト鑄型炭素></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ スピルオーバー水素の貯蔵サイトを、炭素担体のエッジ、曲率をもつ部位、含酸素官能基、含窒素官能基に同定できた。 	
--	---	--

	<ul style="list-style-type: none"> ・炭素担体に担持する Pt の粒径が小さいほどスピルオーバー貯蔵量が増加することを見出した。また、安価な遷移金属 (Ni) による貯蔵にも成功した。 ・スピルオーバー水素貯蔵サイト候補である、含窒素官能基の大量ドーブ法の開発に成功した。 <p><Mg およびTi系相分離型></p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素吸収・放出に伴う合金の「相分離」によって、MgH₂ が熱力学的に著しく不安定化することが実証された (合金構成元素間の結合に依存)。 ・Ti 基を有する非固溶系 b. c. c. 合金の合成に成功し、室温で 3.5 mass %以上の水素吸収・放出反応が実証された。 ・Al 水素化合物の物理合成装置の設計・開発を行った。AlH_{2.5} 組成を得ており、物理的合成の可能性が実証された。 	
<p>(2) 水素エネルギー導入・普及のための技術開発シナリオに関するフェジビリティスタディ等</p> <p>水素エネルギー導入・普及に向け、社会コストミニマムとなる展開シナリオ及び水素キャリア (有機ハイドライド、液体水素等) に応じたケーススタディやフェジビリティスタディを行い、今後の技術開発における課題を抽出する (平成21年度までの目標)。</p>	<p><IEA/AFCの動向></p> <ul style="list-style-type: none"> ・専門家による「先端燃料電池実施協定対応委員会」を組織、AFCIA の各作業部会に専門家を派遣、あるいはテクノバで参加し、我が国の R&D 情報を提供した (NEDO の R&D の状況、日本の政策、大規模実証やそのほかの具体的な R&D プロジェクト)。このような情報提供を通じて、AFCIA に貢献した。 ・IPHE の議論を分析、わが国の政策や技術開発への影響を分析した。また国内の関係者とも協力し、日本の取り組みを PR するとともに、米国、カナダ、ドイツ、欧州連合などの主要国のイニシアティブを支援した。IPHE に対する我が国の貢献を明確になるように各種の報告などや作業を滞りなく進めた。 <p><IEA/HIAの動向></p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素経済社会の実現に向けて国際協同研究開発を目的とする IEA/HIA (国際エネルギー機関/水素実施協定) に積極的に参加した。各作業部会にて、収集・交換した水素に関する技術開発動向・情報を国内に展開し、共有化を図った。 <p><水素エネルギーシステム便益></p> <ul style="list-style-type: none"> ・FCV の導入普及初期の 5 年間 (H20 年度)、及び COCN の新導入シナリオ (H21 年度) をベースとし、環境便益の外部便益 (外部費用の削減)、および経済的波及効果を評価し、導入普及施策に 	<p>達成</p>

	<p>対する示唆を得た。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・複数のシナリオに対する便益評価を柔軟に実施するため、これまでに開発してきた方法論に従った評価システムを構築した。 <p><水素キャリアに応じた></p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成 27 年（2015 年）を想定した水素供給インフラ市場立ち上げに向け、各水素キャリア（高圧水素、液体水素、有機ケミカルハイドライド）を用いた、オフサイト型水素製造から水素ステーションにおける燃料電池自動車への充填までの一連のフローにおける、経済的成立性や実現性及び普及に向けた今後の技術開発課題について抽出・検討を行なった。また、課題の解決策についての提言も行った。 	
--	--	--

1. 4. 3 研究開発成果の意義

(1) 成果の市場性

水素ステーションに係わるシステム、要素機器、水素製造装置の成果は、2015 年の FCV・水素インフラの普及開始期の市場の創造に繋がる。一方、車載等水素貯蔵・輸送容器、水素貯蔵材料等の成果は、水素の高圧水素貯蔵だけでは限界があり、複合化（高圧＋貯蔵材料）によるコンパクト化等が可能となり、2020 年以降の市場の創造に繋がることが期待されている。

(2) 成果の水準

成果は、水素製造装置等をはじめ技術的には世界トップ水準にある。ただし、欧米にコスト的に競合するためには、低コスト化の阻害要因になっている安全性を担保した規制見直しが必要である。今後、技術開発と規制見直しを両輪として推進することが重要である。

(3) 成果の汎用性

水素製造装置の成果は、水素ステーションに限らず他の用途の水素製造にも適用可能である。また、70MPa という超高圧の水素貯蔵・輸送・充填等に係る成果は、他のガス（天然ガス、工業ガス等）にも適用可能である。

(4) 他の競合技術と比較しての優位性

ガソリン・ハイブリット車と比較して、水素・FCVは Well to Wheel 効率において優位だけでなく、水素は再生可能エネルギー等あらゆる一次エネルギーから製造でき、エネルギーの多様化、CO2 削減の面からも優位である。ただし現時点では経済性が課題である。

1. 5 特許、論文、外部発表等の件数

本事業での特許、論文、外部発表等の件数は以下の表のとおりである。平成 20 年度に成果を上げ、その成果を平成 21 年度に反映したものであり特許、論文の件数が増加しており研究内容を踏まえ適切に発信した。また、外部発表について平成 20 年度は 61 件、平成 21 年度は 143 件の件数であり一般に向けて広く研究内容及び研究成果を情報発信した。また、平成 22 年度は 6 月末（4 月～6 月）までの集計であり年度末には平成 21 年度と同等あるいはそれ以上の件数になると想定している。

具体的な特許、論文、外部発表の内容については添付リストを参照のこと。

特許、論文、外部発表等の件数

区分 年度	特許出願			論文		その他外部 発表（プレ ス発表等）
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
H20 年度	9	0	2	10	6	61
H21 年度	25	0	1	25	13	143
* H22 年度	9	0	0	3	1	15

* H22 年度は 4、5、6 月までの集計数である。

1. 6 研究成果の最終目標の達成可能性について

最終年度である平成 24 年度末までにシステム技術開発、要素技術開発についての達成見通しは以下のとおりである。

項目	最終目標 (平成 24 年度末)	達成見通し
システム技術開発 (1)ステーション機器システム	<ul style="list-style-type: none"> ・設備コスト 2 億円以下/システム ・耐久性 メンテナンス回数 1 回/年以下 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備コストは、現状 2.5 億円までの見通しは得られており、更なる低コスト化に向けた検討、規制見直しの進展により、目標達成は可能。 ・耐久性は、現在の耐久性試験の進捗状況より、目標達成の見込み。但し、一部機器は更なる検証が必要。
(2)車載等水素貯蔵・輸送容器	低コスト化：20 万円以下／容器システム 高性能化：ハイブリッド容器システムの場合は、 圧力＝3.5 MPa 質量貯蔵密度（システム）＝3 wt% 水素量/容積/容器質量＝5 kg/100L/165kg	<ul style="list-style-type: none"> ・高性能化は、中間目標をクリアする評価用タンクを試作中であり、年度末までに得られた評価結果による改良を進めることによって、目標達成は可能。 ・低コスト化の目標達成は、今後の検討次第であるが、車載高圧貯蔵容器の現状コスト（数百万円）から類推すると難しく、2020 年以降の実用化を確実なものすべく、着実な進展が重要。

<p>要素技術開発 (1)水素製造機器</p>	<p>水蒸気改質方式に関して、 製造効率＝80%以上 起動時間＝3時間未満 設備サイズ＝10m³以下 設備コスト＝30万円/N m³・h以下</p>	<p>3方式の開発を実施。本年度までのPSA方式は、ほぼ目標達成の見込み。水素分離型リフォーマー方式は、設備コストが今後の検討に依るが、目標達成は可能。CO₂膜分離方式は、現状1Nm³/h規模の原理検証装置の試作段階であり、目標達成は見通せない。</p>
<p>(2)水素貯蔵材料等</p>	<p>貯蔵材料（同材料容器や関連部品を含む）に関しては、 質量貯蔵密度＝6wt%以上、 水素放出温度＝150℃以下、 耐久性＝1000回吸放出で 初期貯蔵性能の90%保持、 材料コスト＝1000円/kg</p>	<p>ホウ素系、ラーベス合金ともに、4つの目標値全てに亘っての目標達成を見通すことは難しい（例えば、ホウ素系は質量貯蔵密度、水素放出温度について目標達成は可能であるが、吸放出の可逆性が課題で耐久性について目標達成は見通せない）。 水素貯蔵材料先端基盤研究事業との連携を強化し、着実に進展させることにより、2020年以降の実用化を確実なものにすることが重要。</p>
<p>(3)水素ステーション機器</p>	<p>低コスト化：設備コスト 2 億円以下/システム 〔300Nm³/h規模の場合、 土地取得価格を除く〕 高耐久性：各機器メンテナ ンス回数 1回以下/年 〔日常的な簡易検査やメンテ ナンスを除く〕</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・設備コストは、水素ステーションWG等で設備コスト 2億円に向けて各要素機器の低コスト化を検討しており、量産効果、規制緩和等の前提条件はあるものの目標達成は可能。 ・耐久性は、今後の耐久性試験によるが、耐久性を設計、各種試験に反映しており、目標達成は可能。

2. 研究開発項目毎の成果

2. 1 研究開発項目 I 「システム技術開発」

- I-1 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発（実施者：（財）石油産業活性化センター、東邦ガス（株）、トキコテクノ（株）、日立オートモティブシステムズ（株）、大陽日酸（株）、横浜ゴム（株）、（国）佐賀大学）
- I-2 車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発（実施者：日本重化学工業（株）、サムテック（株）、（独）産業技術総合研究所）

(I-1) 70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発

委託先: (財)石油産業活性化センター、東邦ガス(株)、トキコテクノ(株)、日立オートモティブシステムズ(株)、大陽日酸(株)、横浜ゴム(株)、(国)佐賀大学

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

- ・動的解析モデルによるステーション圧力損失解析、流量解析を実施し、充填時間短縮するための設計指針提示を可能とした。
- ・建設コスト低減検討を実施し、現状コスト約6億円を約2.5億円に低減可能の結果を得た。またそのための課題を整理した。特に設計費は50%削減の見通しが得られた。
- ・耐久性検証に供するディスプレイ、プレール設備を製作した。それらの機器を組み合わせ水素ステーションシステムを建設し1年間ノーマンテナンスの耐久性検証を実施した。
- ・また構成機器の耐久性を検証し、システム運転時の課題を抽出した。

●背景/研究内容・目的

2015年頃を想定した水素供給インフラ市場立上げに向け、低コストかつ耐久性に優れた水素ステーションを実現する必要がある。本事業では、それに向けたシステム技術開発に取り組む。

●研究目標

実施項目	中間目標 (H22年度)	最終目標 (H24年度)
①ステーション建設コスト低減検討	検討前提仕様作成、設計費50%減	設備コスト2億円以下、各機器メンテナンス回数1回以下/年に繋がる技術を開発・評価
②ステーションシステム運転技術開発検討	水素ステーション完成、1年以上の耐久性確認	
③ディスプレイ機器コスト低減検討 機器耐久性検証 故障予知技術検討	機器に関し50%減 1年以上耐久性確認 故障予知技術確立	
④プレール設備開発検討	初期改良型プレール設備製作、コスト低減方法立案	

●実施体制及び分担等

NEDO	石油産業活性化センター	項目①
	東邦ガス	項目②
	トキコテクノ	項目③
	日立オートモティブシステムズ	項目③
	横浜ゴム	項目③
	大陽日酸	項目④
	佐賀大学	項目④

●これまでの実施内容／研究成果

- ・水素ステーション用動的解析モデルの検証から、充填時間短縮のための設計指針提示が可能となった。
- ・ステーション建設コスト2.5億円程度、設計費50%削減の見通しを得た。またコスト低減のための課題をまとめた。
- ・要素技術開発事業と連携し、材料物性評価支援(サーベイランス試験)を実施した。
- ・試験ステーションを設計・建設し、平均流量約1.7kg/min、冷却水素温度約-30℃の充填能力を確認。機器および運転モードの試験評価方法をとりとまとめた。
- ・普及期前の1年相当充填回数の耐久性試験実施、蓄圧器、圧縮機等主要設備の健全性確認。1年間ノーマンテナンス性の見通しを得た。また緊急離脱カップリングからの水素漏洩などの課題を抽出した。
- ・直充填方式の見通し、2台連続充填時の充填がラー操作性能を確認し、水素冷却の影響の評価開始。
- ・検証用ディスプレイ試作完成、事前評価試験を実施。充填精度は±1%以下。実証試験への適用確認した。
- ・ディスプレイについて、自社製作機器、他社開発品のコスト分析から、目標である50%コスト低減の検討を実施。
- ・故障予知技術として、ディスプレイにフィルタを装着し、異物付着の評価技術を確立した。
- ・加工性評価から、探索した材料はJIS SUS316L相当材と旋削性等が同等以上と示唆された。
- ・ホース耐久性評価にて、改善すべき課題が明らかとなった。またコストについては、20%低減見込みを得た。
- ・初期改良型プレール設備製作。設計仕様満足を確認。熱交換器小型化等で5百万円コスト低減目処を得た。

●今後の課題

／スケジュール(H24年度まで)

- ・更なるコスト低減仕様検討、動的解析モデル検証。
- ・普及期以降を想定した設備耐久性検証、課題抽出。及びそれに対する対策の検討と評価。
- ・ディスプレイ構成機器の耐久性検証、50%コスト低減検討。ディスプレイ、配管等材料探索。
- ・検証試験下での故障予知検証、材料脆化評価。
- ・ホース水素漏れ原因究明、安全性立証。
- ・過酷条件時プレール設備運転データ取得、設計。

●実用化・事業化の見通し

- ・主要設備の1年間ノーマンテナンス確認。水素ステーション事業適用可能性の見通しを得た。
- ・ディスプレイ実用化技術に目処。今後耐久性検証を通じ普及期実用化技術確立。
- ・故障予知技術実用化には長期運転実証必要。
- ・実用化に有望な金属材料あり。
- ・ホースは現状課題を早急解決、速やかな実用化を目指す。
- ・商用プレール設備仕様確立に目処。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
①	前提仕様作成、建設コスト2.5億円、設計費50%減の見通しを得た。	○
②	水素ステーションを完成させ、1年間ノーマンテナンスの見通しを得た。	○
③	コスト低減検討実施中、緊急離脱カップリング、ホースの耐久性の課題抽出、故障予知技術確立、金属材料探索。	△
④	初期改良型プレール設備を製作し、コスト低減方策を立案した。	○

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
1	1	6	0

70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発

実施者：(財)石油産業活性化センター、東邦ガス(株)、トキコテクノ(株)、

日立オートモティブシステムズ(株)、大陽日酸(株)、横浜ゴム(株)、(国)佐賀大学

1. 事業概要

2015年頃を想定した水素供給インフラ市場立上げに向け、低コストかつ耐久性に優れた水素ステーションを実現する必要がある。本事業では、それに向けたシステム技術開発に取り組む。なお本事業実施する研究テーマと担当については、表1にまとめた。

表1 研究テーマと担当

大項目	研究テーマ	担当
①ステーション建設コスト低減検討	ステーション仕様検討、建設コスト低減検討 材料物性評価支援(サーベランス試験)	石油産業活性化センター
②ステーションシステム運転技術開発 検討	ステーションシステム耐久性検討 運転技術検証	東邦ガス、トキコテクノ 大陽日酸
③ディスプレイ機器開発検討	ディスプレイコスト低減、耐久性検討	トキコテクノ
	故障予知技術開発、配管材料探索	日立オートモティブシステムズ
	ホースコスト低減、耐久性検討	横浜ゴム
④プレクール設備開発検討	初期改良型プレクール設備製作、プレクール 設備コスト低減検討	大陽日酸
	シミュレーション技術による開発支援	佐賀大学

2. 事業目標

2.1 ステーション建設コスト低減検討

検討前提ステーション仕様を、動的解析モデル検証を元に設定する。建設コスト2億円に向けたコスト低減検討を行い、その成果を評価する。要素技術開発事業と連携し、材料物性評価を支援する。

2.2 ステーションシステム運転技術開発検討

東邦ガス技術研究所に70MPa級水素ステーション(以下、試験ステーションと記す)を設計・建設する。実環境において圧縮機・蓄圧器など各設備をシステムとして運転試験を行い、日常点検・定期点検を通じて、圧縮機など各機器の課題を抽出するとともに、1年間ノーメンテナンスの耐久性検証などを行う。

2.3 ディスペンサ機器開発検討

1年間ノーメンテ相当の耐久性を確保する技術確立を目指す。また、コスト低減においては構成機器について、各々現状に対して50%のコスト低減のための課題の抽出とその対応技術の確立を図る。

ディスペンサ等の故障予知技術確立に向けて、定量的な評価技術を確立する。また配管材料として耐水素環境脆化性に優れ、加工性の良好な金属材料の探索、配管・弁類のコスト低減の可否を検討する。

ディスペンサホース耐久性検討においては、メンテナンス周期1年以上の性能を維持するための技術確立、および実用における解決すべき課題を明らかにする。また、コスト低減検討においては、現状コストに対し20%以上のコスト低減を目指す。

2.4 プレクール設備開発検討

これまでの検討事例等を踏まえ、初期改良型プレクール設備を製作する。また温度解析モデルにより定量化した最適冷却能力に基づき、コンパクトかつコスト低減(目標:20%)型次期プレクール設備を

設計する。またメンテナンス周期1年以上を満足する耐久性技術の確立を図る。

3. 事業成果

3.1 ステーション建設コスト低減検討

ステーション内任意位置の圧力、水素流量が推定可能な水素ステーション用動的解析モデルによる検証を実施し、ステーション仕様の検討を実施している。解析の一例を図1, 2に示す。図1は差圧充填システムにて充填した場合の充填状況を、図2は直充填2段型（ブースター型）システムにて充填した状況を、それぞれ示す。この解析モデルを活用し、ステーションの最適仕様検討を実施中である。

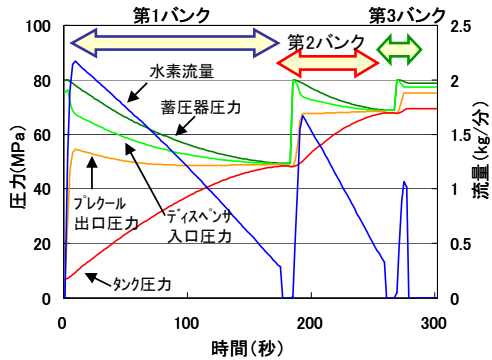


図1 差圧充填モデルの充填解析結果

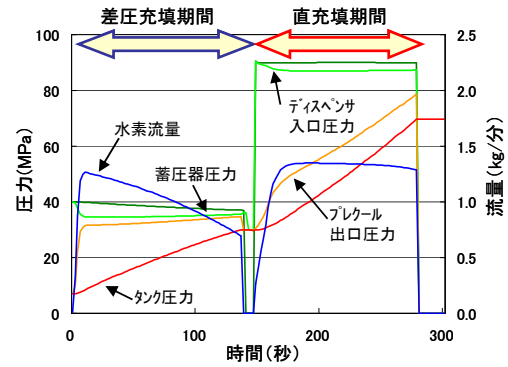


図2 ブースター型システムの充填解析結果

また水素ステーション関連 WG にてコスト低減検討を実施した。検討にあたっては設定した仕様に基づき機器毎に検討を実施し、現状6億円の建設コストが2.5億円程度まで低減可能であること、およびそれを実現するための課題をまとめた。特に設計費に関しては50%削減の見通しが得られた（表1, 2）。

表1 検討前提条件

項目	前提
全般	<ul style="list-style-type: none"> 70MPa差圧充填を基本（充填圧力7→70MPa） ブースター型（2段直充填）も検討 5台/時間を優先（充填時間を検討）
圧縮機	<ul style="list-style-type: none"> 100MPa級、300Nm³/h、1基
蓄圧器	<ul style="list-style-type: none"> 70MPa差圧充填を基本、容器の型式は検討
ディスベンサー	<ul style="list-style-type: none"> 1基/ステーション
プレクール設備	<ul style="list-style-type: none"> 熱交出口で水素ガス温度-20℃
配管、弁類	<ul style="list-style-type: none"> 配管サイズ9/16B 機械特性はSUS316冷間加工と同等
その他	<ul style="list-style-type: none"> 土地の取得価格は考慮しない ガソリンスタンド等との併設はなし 水素ガスは最大量での保有が可能とする 高圧ガス保安法（一般則第7条の3）に準拠 車両通信は含まない

表2 コスト低減検討結果

設備等コスト区分	担当	WG検討結果 (単位: 百万円)	
		現状精査	検討結果
1. 圧縮機(含む冷却、制御)	PEC	92	75
2. 蓄圧器	JSW、新日本石油	90	
3. ディスベンサーユニット	タツノメカトロニクス 横浜ゴム	40	15
4. プレクール設備	太陽日酸	40	24
5. 配管・バルブ類	キッツ、山武 日立AMS、JRCM	21	7
6. 計装・制御関連	山武	35	30
7. 土木・機器設置等工事	PEC	180	76
8. 設計費等	PEC	100	28
合計		598	255

さらに要素技術開発事業と連携し、試験ステーション蓄圧器に、遅れ割れ試験用金属材料試験片を挿入し、材料物性評価を支援した。

3.2 ステーションシステム運転技術開発検討

平成22年2月に試験ステーションを完成させ（図3）、平均充填流量約1.7kg/min（最大瞬間流量：約3.0kg/min）、充填ノズル出口水素温度約-30℃と国内最大級の充填能力を確認した（図4）。圧縮機など機器毎、直充填など運転モード毎に試験評価方法を策定した。また燃料電池車試験車両への充填試験を実施し、車載タンク内の温度上昇を含めた形でデータ取得し、次世代プレクール設備の仕様検討に資する充填流量、冷却水素温度などと車載タンク内温度上昇の相関を検証した。

耐久性検証を目的として、試験充填容器などへの繰り返し充填試験により、普及期前の1年分に相当する充填回数（270回）を達成した。また、運用・日常点検結果・定期点検時の機器内面の非破壊検査結果等から、蓄圧器、圧縮機など主要機器の健全性が確認でき、1年間ノーメンテナンスの見通しを

得た。さらに、システムとしての運転試験において、①緊急離脱カップリングからの水素漏洩、②プレクール熱交換器における充填回数の増加に伴う圧力損失の上昇（熱交換器内壁面での水素中水分の着霜によると推定される圧力損失の上昇が見られた）、③充填ホースからの水素漏洩の課題を抽出し、共同事業者にフィードバックした。

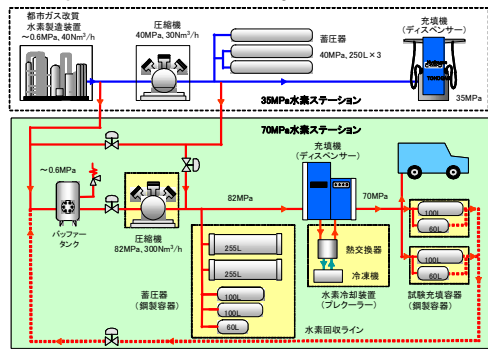


図3 試験ステーションフロー図

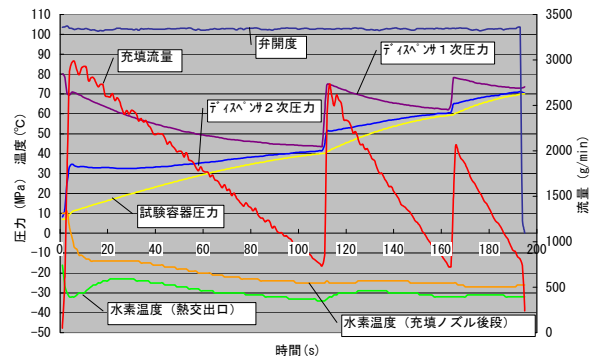


図4 最大充填能力確認試験

コスト低減を目的として、直充填方式における流量調整方法および充填制御シーケンスを検討し、作動確認試験により、圧力の脈動がなく制御シーケンスどおり安全に充填できることを確認した。また、水素冷却による低温影響の評価を目的として、2台連続充填試験後における充填カプラーの着霜状況（図5）や同カプラーの操作性が良好であることを確認し、年間を通じた低温影響の評価を開始した。



図5 充填カプラーの着霜状況

3.3 ディスペンサ機器開発検討

(1) ディスペンサ本体に関する検討

東邦ガスの検証サイトに設置する検証用ディスペンサーの試作を完成させ、事前評価試験を実施し、耐圧・気密試験、水素ガス充填精度（±1%以下）を確認した。また充填制御シーケンスの製作においては、先行事業で開発した充填制御方式を基に、JHFCステーション等の情報も参考にして実施した。



図6 検証試験サイト

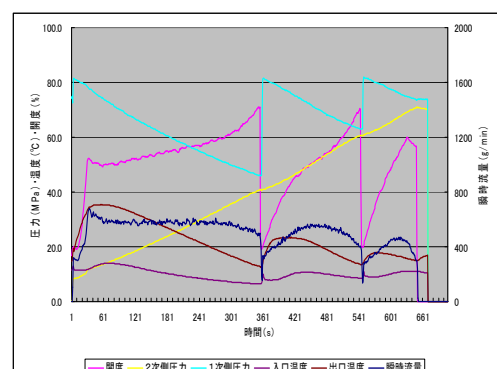


図7 充填試験結果（設定充填速度：500g/分）

2010年2月から実証充填試験を開始し、各種条件による試験を通じて6月の自主検査までの間に270回の充填を実施した。現在は弁体を始めとする要素機器について、分解調査を実施中である。

コスト低減については、自社製作分の流量計、緊急離脱カップリング、及び他社開発品の調節弁等の要素機器や製作工数について、量産効果を見込んだ分析を実施し、目標である50%低減検討を行った。

(2) 故障予知

高圧ガス用フィルターを使用し、フィルタ捕獲物に関して形態観察や元素・組成解析から、異物、樹脂成分等の識別が可能となった。この手法を用い、試験ステーション試運転後のディスペンサ中の異物を評価したところ、異物は確認されなかった。

(3) 材料探索検討

高圧水素ガス暴露の材料への影響や、合金開発の研究動向を調査した。また（財）金属系材料研究開発センター殿より候補材料の提供を受け、加工性、旋削性を評価した。評価結果の一例を以下に記す。表3は外形50mmの試料を外形8mm（加工長さ90mm）まで旋盤加工した際の加工後表面と加工に用いた工具刃先の状況を示す。加工部表面は有意な差は見られなかった。参照材については、刃先に金属が凝着しているのが認められるが、被験材では刃先の異常は見られなかった。

さらに市販配管（米国製）についてメーカー推奨曲率にて曲げ加工を行い、電子後方散乱回折像法（EBSP）による組織観察を行った。その結果マルテンサイトの形成はみられないとの知見を得た（表4）。

表3 加工性（旋削性）評価の結果

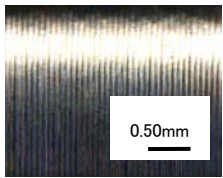
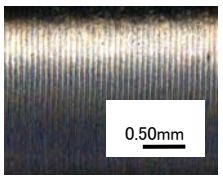
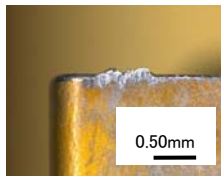
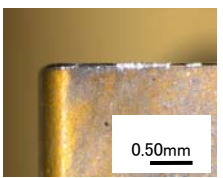
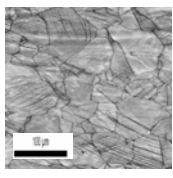
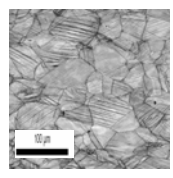

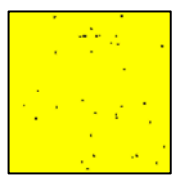


	試料A(参照材)	試料B(被験材)
仕上げ加工後の表面		
中仕上げ加工後の工具刃先の状況		

表4 曲げ加工した配管の組織観察結果

	未加工部	曲げ加工部
組織観察結果		
EBSP 観察イメージ		
凡例	オーステナイト  マルテンサイト 	

(4) ホースコスト低減、耐久性検討

ホース単体での耐久性評価を実施し、普及初期3年相当の低温水素耐久性（6,600回）および本格普及期1年相当の低温屈曲耐久性（30,000回）を確認した。また、ホース内面層材料の劣化評価試験を実施し、普及初期3年相当の水素浸漬時間において、材料物性の著しい変化等の劣化が無い事を確認した。上記評価を踏まえ、試験ステーションでの耐久性評価を開始したところ、充填165回にてホースからのガス漏れが発生した（なお短期間でここまでの回数の充填を行った例は、国内ではない）。ここで漏れ部近傍にて、内面層樹脂の疲労破断および、破断部周辺の樹脂層内部に微小な気泡の形跡が確認され、これらが漏れの原因と推定された。今後これらの原因究明を図るとともに、実用に向けた対策検討と安全性立証について検討を実施する。

また、コスト低減検討においては、現行ホース仕様のコスト分析および市場他社ホースの情報収集を実施し、材質、構成、サイズ等の仕様検討の結果、加締金具の材質・形状変更およびホースの材質構造変更により現状に対し約20%のコスト低減見込みを得た。また、コスト低減実現のために必要な検討課題を明らかにした。

3.4 プレクール設備開発検討

既設 JHFC ステーションプレクール設備の運転結果を基に改良点を検討し、初期改良型プレクール設備を開発した（図 9）。またプレクール装置及びディスペンサー部の水素温度及び圧力変化を求める解析モデルを作成し、プレクール設備内高圧水素配管の必要長を推定した。その結果、配管の短縮化、設備のコンパクト化による更なるコスト低減が期待できる結果を得た。さらに配管短縮化に必要な配管加工技術（螺旋径縮小）の目処をつけた。これらの検討により 5 百万円のコスト低減の目処を付けた。なお耐久性技術については、2010 年 6 月末の定期自主検査の結果から検討する。

3.5 特許、論文、外部発表等の件数

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT 出願	査読 付き	その他	
H20FY	0	0	0	0	0	なし
H21FY	1	0	0	0	0	70MPa ステーション完成発表(東邦ガス(株)) 第 6 回国際水素・燃料電池展「FC EXPO 2010」(横浜ゴム(株)) 日本機械学会長崎講演会((国)佐賀大学) 第 29 回水素エネルギー協会大会((国)佐賀大学)
H22FY	0	0	0	1	0	高圧水素ガス用ホース ibar HG70 開発に関するニュースリリース(横浜ゴム(株)) 日本ガス協会都市ガスシンポジウム(東邦ガス(株))

4. まとめ及び課題

4.1 まとめ

- ・水素ステーション用動的解析モデルの検証から、充填時間短縮のための設計指針提示が可能となった。
- ・ステーション建設コスト 2.5 億円程度、設計費 50%削減の見通しを得た。またコスト低減のための課題をまとめた。
- ・要素技術開発事業と連携し、材料物性評価支援（サーベイランス試験）を実施した。
- ・試験ステーションを設計・建設し、平均流量約 1.7kg/min、冷却水素温度約-30℃の充填能力を確認した。また機器および運転モードの試験評価方法を取りまとめた。
- ・普及期前の 1 年相当充填回数の耐久性試験実施、蓄圧器、圧縮機等主要設備の健全性確認。1 年間ノーマンテナンス性の見通しを得た。また緊急離脱カップリングからの水素漏洩などの課題を抽出した。
- ・直充填方式の見通し 2 台連続充填時充填カプラー操作性能を確認し、水素冷却の影響の評価開始した。
- ・検証用ディスペンサ試作完成、事前評価試験にて充填精度±1%以下、実証試験への適用を確認した。
- ・ディスペンサについて、自社製作機器、他社開発品のコスト分析から、目標である 50%コスト低減の検討を実施した。
- ・故障予知技術として、ディスペンサにフィルタを装着し、異物等の評価技術確立の目処を立てた。
- ・加工性評価から、探索した材料は JIS SUS316L 相当材と旋削性、穿孔性が同等以上と示唆された。
- ・ホース単体の耐久性は確認できたが、試験ステーションでの耐久性評価中に、実用における改善すべき課題が明らかとなった。またコストについては、20%低減見込みを得た。
- ・必要プレクール温度をシミュレーションから求め、初期改良型プレクール設備を設計、製作。さらに動的解析モデル検討からプレクール設備内必要配管長を推定し、熱交換器小型化等も併せ 5 百万円コスト低減目処を得た。

4.2 課題

- ・更なる建設コスト低減のためのステーション仕様検討、動的解析モデルによる検証。
- ・普及期以降を想定した設備耐久性検証、課題抽出。及びそれに対する対策の検討と評価。
- ・ディスペンサ構成機器の耐久性検証、50%コスト低減検討。
- ・検証試験下での故障予知検証、材料脆化評価。ディスペンサ、配管等材料探索。
- ・ホース水素漏れ原因の究明、実用化のための対策および安全性立証についての検討。
- ・過酷条件時（夏季）のプレクール設備運転データ取得し、プレクール設備全体設計を行う。
- ・より多くの系について計算を適用し、また管摩擦損失係数等を検討し、計算精度向上を狙う。

5. 実用化・事業化見通し

<実用化に関して>

- ・耐久性試験により、主要設備の1年間ノーメンテナンスを確認し、水素ステーション事業への適用可能性について見通しを得た。
- ・動的解析モデルによる解析を通じて得られた低コスト型ステーションに関する設計資料は、水素ステーションの設計、実用化に大きく貢献するものである。
- ・ディスペンサーについては、構成部品も含め機器開発及び信頼性評価を実施し、主要な実用化技術に目処をつけた。今後、これらの耐久性評価・検証を通して、故障予知技術も含め、普及期の実用化技術を確立する。
- ・充填用ホースについては、現状課題を早急に解決し、速やかな実用化を目指す。
- ・水素流量が最大時において、プレクール出口水素温度 -20°C が確認でき、商用プレクール熱交換器仕様の確立に目処が立ち、実用化の見通しが得られた。

<事業化に関して>

- ・本事業での研究開発項目の事業化については、水素供給インフラの普及に向け、水素ステーションの設置を全国展開する事が前提となる。そのため、今後の水素事業に関する国の施策や規制基準の見直し状況、また関連業界の動向について情報収集を行い、国の方針、業界団体としての意向に沿った形で、速やかな事業化が出来るように、準備を進めていく。

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

- ・中間目標値(28g/L)を上回る体積貯蔵密度を有するハイブリッド貯蔵タンクの設計・製作を実施した。
- ・中間目標である2.7質量%を超える水素吸蔵量(3.2質量%)を有するTi-V-Mn系BCC合金を合成した。
- ・低コスト化を目的として、V系合金の量産性のトライをした。その結果、量産炉での溶解が可能であることを確認し、製造コストの点からは、中間目標値の¥10,000以下の目処が立った。しかし、原料も含めたトータルのコストとして、安価な原料の使用について検討が必要。

●背景/研究内容・目的

近年、自動車メーカーにより燃料電池自動車の実証試験が実施されているが、水素の搭載方式としては、高压複合容器(Type-3, Type-4)が主流となっている。最近では1充填あたりの航続距離の伸長を目的として、充填圧力を35MPaから70MPaへ高压化した容器を搭載した燃料電池自動車の実証試験も実施されており、車載に適した、よりコンパクトな貯蔵方法が必要とされている。本研究開発では、70MPa高压容器以上の体積貯蔵密度を有し、かつ、より低压での水素貯蔵を可能とする水素吸蔵合金と高压複合容器を組み合わせたハイブリッド水素貯蔵タンクの開発を実施し、開発したハイブリッド貯蔵タンクの性能試験・安全性試験を実施する事を目的としている。

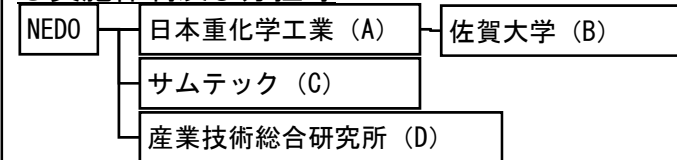
●研究目標

実施項目	中間目標 (H22年度)	最終目標 (H24年度)
(A)ハイブリッド貯蔵タンク用MHカートリッジの開発	MHカートリッジの設計・製作・MHの低コスト化	性能向上、安全性試験の実施
(B)計算による熱伝導構造の最適化	シミュレーションの精度向上	シミュレーションを用いた最適化
(C)ハイブリッド貯蔵タンク用広口高压タンクの開発	広口高压タンクの設計・製作	性能向上、安全性試験の実施
(D)ハイブリッド貯蔵タンク用水素吸蔵合金の開発	Ti-Mn-V系水素吸蔵合金の開発	性能向上、耐久性試験の実施

【ハイブリッド貯蔵タンクの開発目標】

- 1)水素容積貯蔵密度は、28g/L以上(中間目標)、34.5g/L以上(最終目標)
- 2)水素充填時間は、90%/10min.以内(中間目標)、90%/5min.以内(最終目標)
- 3)水素吸蔵合金の吸蔵量:2.7mass%(中間目標)、3.0mass%(最終目標)
- 4)水素吸蔵合金のコスト ¥10,000以下(中間目標)、¥3,000円/kg(最終目標)

●実施体制及び分担等

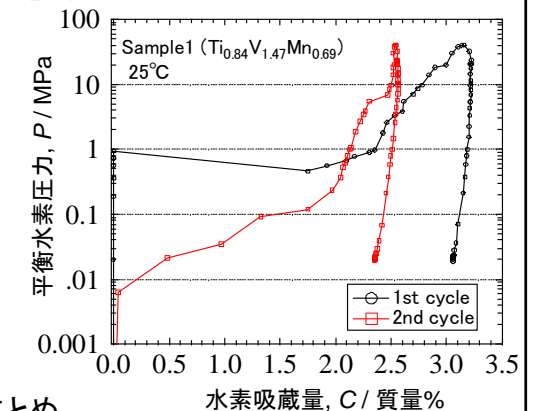


●これまでの実施内容／研究成果

高融点金属であるVを多く含むMHの量産性の検討のため、コールドクルーシブル炉での溶解をトライし、量産規模で溶解可能なことを確認した。2本のタンクで5kgの水素を貯蔵することを想定(現状のMHでは4kg)し、内容積を50L、車載を想定して全長を1m未満として、ハイブリッド貯蔵タンクを設計・製作した。水素吸蔵試験を今後、実施する予定であるが、容積貯蔵密度は70MPaの高压容器を上回るハイブリッド貯蔵タンクを開発した。今後、性能試験、安全性試験を実施する予定である。また、性能試験の結果、充填性能を向上させたハイブリッドタンクを今年度、製作し、中間目標値の90%/10min.を目指す。



新規容器のスペック	(一部は設計値)
内容積(L)	50.8(L)
外容積(L)	66(L)
高压容器質量	29.6(kg)
MHカートリッジ質量	68.2(kg)
水素重量(kg)	2.0(kg)
体積貯蔵密度	31(g/外容積-L)
質量貯蔵密度	2.0(%)



●今後の課題

／スケジュール(H24年度まで)

- ・性能試験の実施、熱交換器の改良
- ・安全性試験の実施
- ・体積貯蔵密度を追求したハイブリッド貯蔵タンクの設計・製作
- ・低コスト化・高性能化

●実用化・事業化の見通し

質量貯蔵密度は高压容器に劣るが、ハイブリッド貯蔵容器の利点である体積貯蔵密度の高さを生かした車両への適用が期待されている。今後も「技術課題」の解決に取り組み、実用化を目指し、FCVの2025年の自立拡大開始に間に合うよう開発を継続する必要がある。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
(A)ハイブリッド貯蔵タンク用MHカートリッジの開発	中間目標を超える体積貯蔵密度を有するタンクを開発	○
(B)計算による熱伝導構造の最適化	MH充填層の圧力損失係数の測定を実施した。	○
(C)ハイブリッド貯蔵タンク用広口高压タンクの開発	中間目標を超える体積貯蔵密度を有するタンクを開発	◎
(D)ハイブリッド貯蔵タンク用水素吸蔵合金の開発	中間目標を超える水素吸蔵量を有する合金を合成した。	◎

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
2	1	14	0

開発項目 「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発／システム技術開発／車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発」

実施者：サムテック（株）、日本重化学工業（株）、（独）産業技術総合研究所

1. 事業概要

本事業は、「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」を対象として、車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術の低コスト化、コンパクト化および高耐久性に関する機器および市場立ち上げ時期に必要なシステムの仕様検討、試作開発、性能検証・評価を実施すると共に、実際の充填や輸送を模擬した条件下における性能検証・評価を実施する。

具体的には、燃料電池車の燃料装置用容器として期待されている「水素吸蔵合金と高圧水素ガスによる水素貯蔵方式を組み合わせたハイブリッド貯蔵タンク」を対象に、70MPa の高圧水素容器以上の容器体積密度を有するハイブリッド貯蔵タンクの開発及び実用的なハイブリッド貯蔵タンク用水素吸蔵合金の開発を行い、その性能評価と安全性評価を実施する。

2. 事業目標

本事業の平成 24 年度の開発最終目標は基本計画に掲げられているとおり、システムの仕様として、水素量／容積（内容積）／容器質量＝5kg／100L／165kg を前提とする。この目標値に外容積基準値を追加すると、水素量／容積（内容積）／外容積／容器質量＝5kg／100L／145L／165kg となり、本開発対象システムの最大の特徴である容器体積密度（外容積基準）は約 34.5g-H₂/L となる（5kg／145L＝34.5）。これは、競合する技術である 70MPa 高圧容器の容器体積密度を上回る目標値である。なお、H22 年度の間目標としては、下記の目標を掲げ、開発を推進している。

（平成 22 年度：中間目標）

- (i) 容器体積密度（システム） 28(g-H₂/L)以上（最高使用圧力：35MPa）
容器体積密度＝定格水素貯蔵量(g)/ハイブリッド貯蔵タンクの外容積(L)
以下、容器体積密度は外容積を基準とする。
参考値：1)平成 17～19 年度、NEDO 事業でのハイブリッドタンクの実績値：26(g-H₂/L)
2)70MPa 高圧容器(35MPa 容器の 1.3 倍の貯蔵量と仮定し計算)：24(g-H₂/L)
- (ii) 水素充填時間（システム）
10 分間で定格水素貯蔵量の 90%以上の量を貯蔵できること
- (iii) 実用的水素吸蔵合金の水素貯蔵量
2.7mass%
- (iv) 水素吸蔵合金のコスト
10,000 円/kg 以下のめどを立てる（現状 30,000～40,000 円/kg）

3. 事業成果

2本のタンクで 5kg の水素を貯蔵することを想定（現状の MH では 4kg）し、内容積を 50L、車載を想定し、全長を 1m 未満として、ハイブリッド貯蔵タンクを設計・製作した。水素吸蔵試験を今後、実施する予定であるが、容積貯蔵密度は 70MPa の高圧容器を上回るハイブリッド貯蔵タンクを開発した。今後、性能試験、安全性試験を実施する予定である。



図 3.1 開発したハイブリッドタンク

表 3.1 新規試作容器スペック（一部は設計値）

内容積(L)	50.8(L)
外容積(L)	66(L)
高圧容器質量	29.6(kg)
MHカートリッジ質量	68.2(kg)
水素重量(kg)	2.0(kg)
体積貯蔵密度	31(g/外容積-L)
質量貯蔵密度	2.0(%)

I ハイブリッド貯蔵タンク用広口高压タンクの開発 (サムテック株式会社)

(1)性能向上開発

ハイブリッド貯蔵タンクの高性能化に焦点を絞り、広口高压タンクの開発を行った。新規試作容器の概要を図 3.1-2 に示す。今回の開発するハイブリッド貯蔵タンクは、中間目標である体積貯蔵密度 (外体積) 28[H₂-g/L]を達成でき、31[H₂-g/L]となる。

今回試作するハイブリッド貯蔵タンクは、70MPa 高压タンクよりも多くの水素を貯蔵できるため、破裂試験および常温サイクル試験の基準は、70MPa 圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準 (仮称) を参考にした。主要要素技術開発成果を以下に示す。

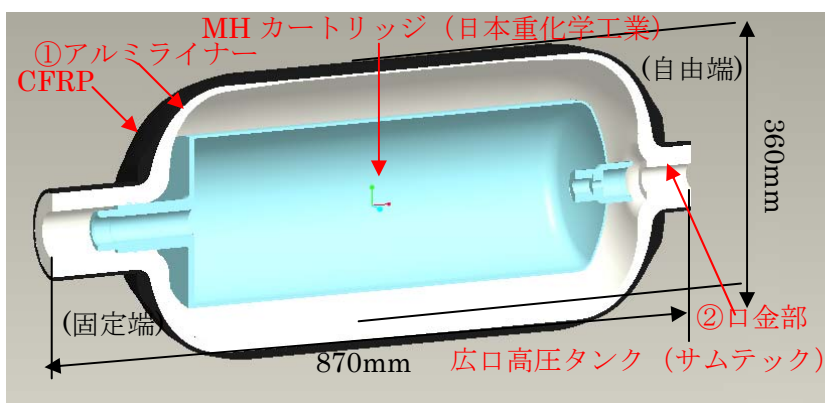


図 3.1-2 三次試作容器の概略図

①熱処理不要なアルミライナーの開発

ハイブリッド貯蔵タンクの性能 (充てん速度) 向上を図るために、MHカートリッジの設計自由度を向上できる熱処理不要なアルミ材料を用いた容器開発を行った。小型試験容器を用いた評価の結果、熱処理不要なアルミ材料をハイブリッド貯蔵タンクに適用する場合、応力設計は従来材料と比べ、1割程度低く設定する必要があるものの、ハイブリッド貯蔵タンクの性能としては、同等であることが確認できた。

②容器口金部の見直しによる軽量化

固定端側は、ライナーでMHカートリッジを保持しているが、自由端側は、プラグおよび口金部で保持するために、シールへの負担が大きいことがわかった。これより、三次試作容器においては、MHカートリッジの保持方法を見直すことにより、自由端側の口金部の径を小さくすることにより、シールへの負担を軽減し、軽量化を達成した。

(2)安全性確認・評価試験

前事業より、ハイブリッド貯蔵タンクの安全性について、車載用高压水素容器の技術基準 (JARIS 001) に基づく評価試験を進めてきた (バースト試験、常温サイクル試験、極端温度試験、火炎暴露試験は前事業で実施済み)。本事業では、JARIS001に基づいて落下した広口高压タンクと従来仕様のハイブリッド貯蔵タンクの損傷について、各容器を耐圧試験圧力まで加圧し、その際のひずみ測定から剛性の低下率を算出することで評価した。

この結果、図3.2-1のようにハイブリッド貯蔵タンクは広口高压タンクと比べて約2倍剛性が低下していることがわかった。これより、ハイブリッド貯蔵タンクの耐衝撃性の評価として、通常の高圧タンクと同じ評価方法の適用は困難であることがわかった。

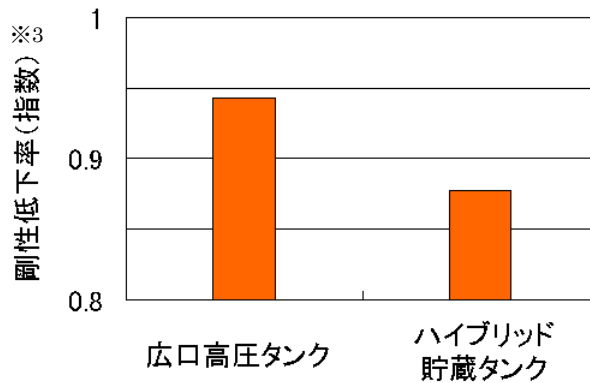


図 3.2-1 剛性低下比較

※3 剛性低下率(指数) = 各容器の損傷していない箇所の弾性率を1とした時の損傷した場所の弾性率の指数

II ハイブリッド貯蔵タンク用 MH カートリッジと水素吸蔵合金の開発

(日本重化学工業株式会社)

① ハイブリッド貯蔵タンクの基本諸元の策定

昨年度検討した結果、コストの観点からは低圧化することにより、FRP の肉厚の減少や熱交換器の材質の薄肉化等が可能となり、低コスト化が可能となるが、現状、室温で使用可能な水素吸蔵合金 (2.2~2.4mass%) を考慮すると、体積貯蔵密度、重量貯蔵密度の観点からは 35MPa が最適な圧力となる事を確認した。そこで貯蔵圧力を 35MPa とし、内容積を 100L とした場合、50L とした場合のアルミライナー+CFRP の設計を共同実施先であるサムテックにて設計し、その広口高压容器に対して、MH カートリッジの基本設計を実施した (図 3.2-1、2 参照)。中間目標である 28g/L を超える貯蔵密度とするには、100L タンクの場合には MH カートリッジの重量が 140kg 程度となる。100kg を超える MH カートリッジをハイブリッド貯蔵タンク内部に保持するためには、アルミライナーの肉厚を増加する必要があり、現時点の水素吸蔵合金の吸蔵量では、現実的でない設計となってしまう。そこで、ハイブリッド貯蔵タンクの基本諸元としては、充填圧力を 35MPa、内容積を 50L として、設計を実施することとした。

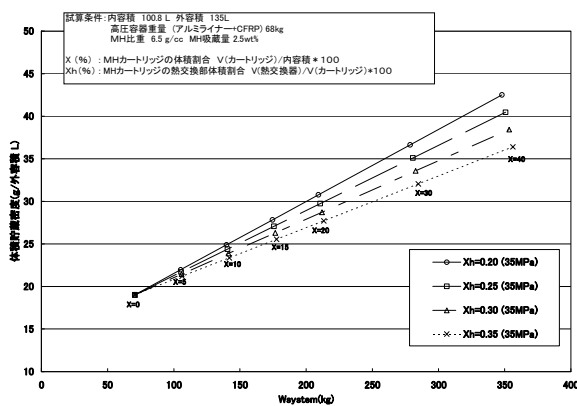


図 3.2-1 体積貯蔵密度 (内容積 100L)

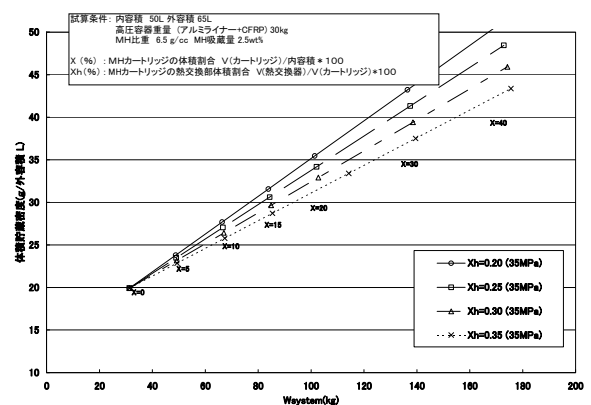


図 3.2-2 体積貯蔵密度 (内容積 50L)

② 小型フランジ容器による水素吸蔵特性評価

ハイブリッド貯蔵タンクに求められる性能の一つに水素スタンドでの急速充填性能があげられる。本プロジェクトでは、中間目標として 90%/10min の性能の達成を目標に MH カートリッジの熱交換器の検討を実施している。前事業では、MH の吸蔵反応時の反応熱を除去するため、熱媒管を MH カートリッジの外筒の周囲に溶接加工し、合金層の発熱を熱媒管へ伝えるために、合金層内部にアルミニウムフィンを設置した熱交換器を採用した。その結果、水素吸蔵特性は 81%/10min であり、目標を達成するためには、更なる伝熱効率の向上が必要とされている。そこで、MH の反応熱を直接、

熱媒管へ効率良く伝えるために、熱媒管を合金層内部に設置する構造について小型フランジ容器を用いて検討した。具体的には、熱媒管にアルミ製のエロフィン巻きつけた熱交換器を製作し水素吸蔵特性試験を実施した。実験結果より 10 分間に熱媒管の管壁からどの範囲まで反応が進んでいるかを熱電対の測定結果、水素吸蔵量から算出した。今後、これらの結果を元に、熱交換器を最適化した MH カートリッジの設計・製作を実施し、中間目標値の達成を目指す。

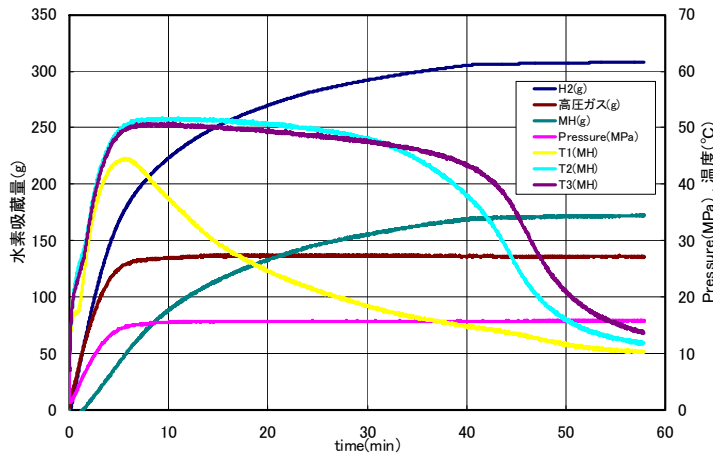


図 3.2-3 フランジ容器を用いた水素吸蔵特性評価



図 3.2-4 熱交換器（小型フランジ容器）

② 水素吸蔵合金の開発

MH カートリッジに、水素吸蔵合金を充填した状態で工程を進める場合、水素吸蔵合金にはアルミライナー加工時の熱負荷や、熱処理による熱負荷がかかる。その影響を調査するため、アルミライナーの加工工程における影響を調査した。その結果、ライナーのスピニング加工後に取り出した水素吸蔵合金の水素吸蔵量は、熱処理工程を経していない合金との差は無く、スピニング加工における熱影響は無かった。しかし、その後の T6 処理まで行うと、水素吸蔵量が減少した。水素吸蔵量の減少は、酸素濃度測定の結果、熱処理中に水素吸蔵合金の表面が酸化したことによるものと考えられる。熱処理の影響を排除するためには、スプレーでの急冷処理や熱処理の必要の無い材料の検討が必要である。

また、量産化技術の検討を行うため、V 等の活性な高融点金属の溶解に用いられているコールドクルーシブ炉での溶解をトライし、量産性の検討を実施した。溶解に用いた炉は鉄換算で 10 kg 規模の CCM 炉であり、溶解量を 7kg とし、溶解を実施した。CCM 炉による溶解は水冷銅るつぼ内にて実施するため、初回の溶解時にるつぼ底面に凝固相（スカル）が残存するが、化学分析の結果、ほぼ目標組成どおりに溶解できることを確認した。また、アーク溶解法では酸素濃度が 1000～2000ppm であったのに対し、CCM 炉の溶解では、原料の酸素濃度と同等の 400ppm 程度であった。量産試験の結果、量産炉での溶解が可能であることを確認し、製造コストの点からは、中間目標である ¥10,000 以下の目処が立った。しかし、原料も含めたトータルのコストとして、安価な原料の使用について検討が必要。

Ⅲ 計算による熱伝導構造の最適化（国立大学佐賀大学：日本重化学より再委託）

前事業において、模擬的な 3 次元モデルを用いた水素吸蔵特性のシミュレーションを実施し、熱交換器を設計したが、実験データとの差異があり、目標の吸蔵特性を達成することができなかった。その差異の要因として、合金層の圧力損失の影響を考慮していなかったことが原因の一つではないかと考えた。そこで、昨年度、圧力損失の影響を考慮したシミュレーション方法を検討した。そのシミュレーション手法から予

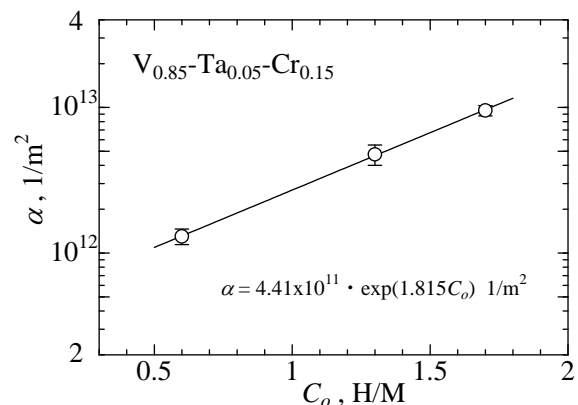


図 3.2-5 圧力損失係数の測定

測された圧力損失係数の値は $3.8 \times 10^{16} [1/m^3]$ であった。今年度は、水素吸蔵状態の圧力損失係数を実験的に求める装置を設計・製作し、シミュレーションで予測された値との比較を実施した。実験により観測された圧力損失係数の値は $10^{13} [1/m^3]$ のオーダーであった。この結果より、シミュレーションと実験結果との差異の原因を全て圧力損失の影響であるとは言えないことが確認できた。今後、その他の要因について調査し、シミュレーションコードの精度を向上し、熱伝導構造の最適化を実施する。

IV ハイブリッド貯蔵タンク用水素吸蔵合金の開発 (独立行政法人産業技術総合研究所)

現在ハイブリッド貯蔵タンクに用いられている水素貯蔵材料は、過去に産業技術総合研究所がトヨタ自動車との共同研究により開発した体心立方 (BCC) 構造をもつチタン系合金がベースとなっている。Ti-V-Mn 系 BCC 合金は水素化によって BCC 相および 2 つの面心立方 (FCC) 相の 3 種類の水素化物相を生成する。本研究では、これら 3 種類の水素化物間の水素吸蔵放出を利用することで高い水素貯蔵量を目指した。また、Ti-V-Mn 系合金は合金の組成によって BCC 相の他に C14 型ラーベス相を生成する。我々は本研究課題開始以前に BCC 相が C14 型ラーベス相に比べて高い水素貯蔵量をもつことを明らかにしており、平成 20 年度より BCC 相を主たる成分とする合金の開発を進めてきた。図 3.4-1 は $Ti_{0.84}V_{1.47}Mn_{0.69}$ 、 $Ti_{0.93}V_{0.93}Mn_{1.14}$ および $Ti_{0.63}V_{0.93}Mn_{1.44}$ 合金の 25°C における水素圧力 (P) - 組成 (C) 等温曲線を示したものである。 $Ti_{0.84}V_{1.47}Mn_{0.69}$ 合金は、25°C において中間目標である 2.7 質量%を越える 3.2 質量%の水素を吸蔵したが放出はほとんど観察されなかった。この合金は 120°C で水素を放出した後であれば再び 25°C において 2.6 質量%の水素を吸蔵することが分かった。他方、 $Ti_{0.93}V_{0.93}Mn_{1.14}$ 合金は吸蔵した水素の約 40%、 $Ti_{0.63}V_{0.93}Mn_{1.44}$ 合金はほぼ 100%の水素を 25°C において放出した。X 線回折実験により、 $Ti_{0.84}V_{1.47}Mn_{0.69}$ 合金は BCC 単相合金であることが、 $Ti_{0.93}V_{0.93}Mn_{1.14}$ および $Ti_{0.63}V_{0.93}Mn_{1.44}$ 合金は BCC 相および C14 型ラーベス相からなる 2 相合金であることが分かった。現時点ではその機構は不明であるが、C14 型ラーベス相が BCC 相に共存した合金では室温付近で水素放出が観察されることが分かった。

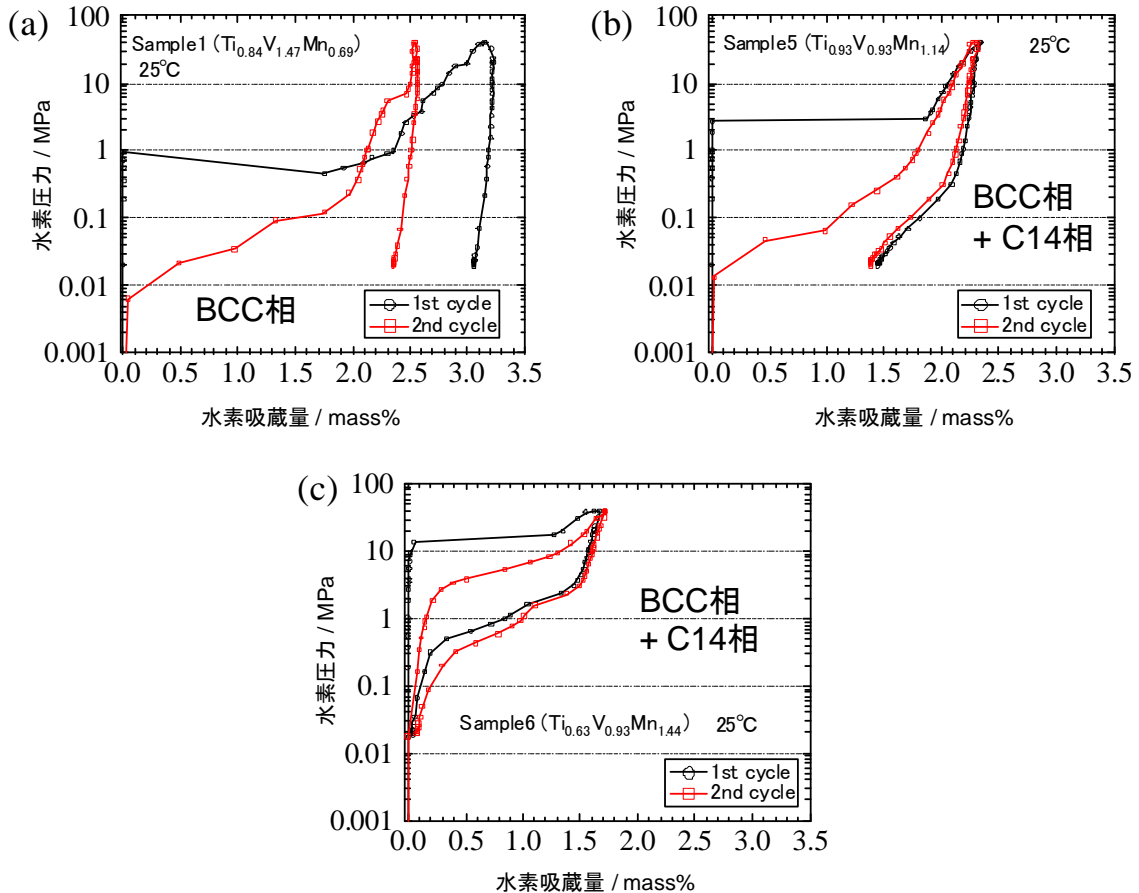


図 3.4-1 : (a) $Ti_{0.84}V_{1.47}Mn_{0.69}-H_2$ 、(b) $Ti_{0.93}V_{0.93}Mn_{1.14}-H_2$ および(c) $Ti_{0.63}V_{0.93}Mn_{1.44}-H_2$ 系の 25°C における PC 等温曲線。

特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT*出願	査読付き	その他	
H20FY	0件	0件	0件	件	0件	4件
H21FY	2件	0件	0件	1件	0件	9件
H22FY	0件	0件	0件	件	0件	1件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

ハイブリッド貯蔵タンクの開発では、2本のタンクで5kgの水素を貯蔵することを想定（現状のMHでは4kg）し、内容積を50L、車載を想定して全長を1m未満として、ハイブリッド貯蔵タンクを設計・製作した。水素吸蔵試験を今後、実施する予定であるが、容積貯蔵密度は70MPaの高圧容器を上回るハイブリッド貯蔵タンクを開発した。今後、性能試験、安全性試験を実施する予定であり、急速充填試験を実施し、性能を改善したタンクの設計・製作を今年度中に実施する予定である。

安全性については、落下試験後のハイブリッド貯蔵タンクと落下試験後の通常の高圧容器（Type-3）を耐圧試験圧力まで加圧し、その際のひずみ測定から剛性の低下率を算出したところ、ハイブリッド貯蔵タンクは広口高圧タンクと比べて約2倍剛性が低下していることがわかった。

水素吸蔵合金の開発に関しては、種々の組成をもつTi-V-Mn系合金を合成して、その水素吸蔵放出特性を明らかにした。その結果、水素貯蔵量の間目標である2.7質量%を上回る合金の合成に成功した。現時点では室温付近でのこの合金の水素放出は確認されていない。Ti-V-Mn系合金は組成を変化させることによりBCC（体心立方）相の他にC14型ラーベス相を生成させることができる。これまでに、BCC相およびC14型ラーベス相が共存した合金では室温付近での水素放出を観察できたため、今後はBCC相およびC14型ラーベス相からなる2相合金を合成して、水素貯蔵量および水素吸蔵放出圧力を最適化する予定である。特に、合金が室温付近で繰り返して水素を吸蔵放出することを目指して、水素放出過程の平衡水素圧力を上昇させることが課題である。

5. 実用化・事業化見通し

体積貯蔵密度に関して、70MPaの高圧容器を上回るハイブリッド貯蔵タンクを開発できたが、実用化へ向けての課題として、コスト低減や安全性評価方法の確立が必要である。コスト低減に関しては、高圧容器（Type-3, Type-4）の低コスト化の課題と共通するが、安価な炭素繊維の採用、製造コストの低減等があげられる。また、水素吸蔵合金の高容量化及び低コスト化も課題である。

安全性評価方法については、高圧ガス保安法や道路運送車両法への対応が必要となる。落下試験、水素吸蔵合金の膨張・収縮による影響、振動試験の影響等、従来の高圧容器の安全性評価だけでは評価できない項目について整理し、安全性に関するデータを蓄積する必要がある。

現時点では、重量貯蔵密度は複合容器に劣るが、ハイブリッド貯蔵容器の利点である体積貯蔵密度の高さを生かした車両への適用が期待されている。今後も「技術課題」の解決に取り組み、実用化を目指し、FCVの2025年の自立拡大開始に間に合うよう開発を継続する必要がある。

2. 2 研究開発項目Ⅱ「要素技術開発」

- Ⅱ－1 水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発（実施者：東京ガス(株)、日本特殊陶業(株)）
- Ⅱ－2 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発（実施者：三菱化工機(株)）
- Ⅱ－3 CO₂ 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発（実施者：(株)ルネッサンス・エネジー・リサーチ、(国)神戸大学、(国)京都大学、(独)産業技術総合研究所、(株)ミクニ）
- Ⅱ－4 ホウ素系水素貯蔵材料の開発（実施者：(株)豊田中央研究所、(国)東北大学）
- Ⅱ－5 ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発（実施者：日本重化学工業(株)）
- Ⅱ－6 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発（実施者：(株)タツノ・メカトロニクス）
- Ⅱ－7 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発（実施者：JX日鉱日石エネルギー(株)、サムテック(株)）
- Ⅱ－8 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発（実施者：(財)石油産業活性化センター、(株)キッツ、(株)山武、(財)金属系材料研究開発センター、(株)日本製鋼所）
- Ⅱ－9 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発（実施者：清水建設(株)、岩谷産業(株)）

(II-1) 水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発

委託先: 東京ガス(株)
日本特殊陶業(株)

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

- ・前事業で開発した従来膜の耐久性を向上した改良膜を開発し、**目標の8000時間を大きく上回る13000時間の耐久性**(製造水素純度99.99%以上を維持)を確認した。
- ・触媒一体化モジュールを用いて、**目標の3時間未満(2時間27分)で起動**し、モジュールに「割れ」などの損傷がないことを確認した。

●背景/研究内容・目的

将来の燃料電池自動車等の本格普及に向けては、先行して水素供給インフラの整備が必須である。本事業は、高効率かつシンプルでコンパクトな水素製造システム(水素分離型リフォーマー)技術に関わるものである。平成24年度末に社会実証試験に供試できるレベルの技術の確立を目的として、以下のテーマを実施している。

(i) 水素分離型リフォーマーシステムの耐久性向上の研究開発

前事業で開発した40Nm³/h級システムをベースとして、システムとしての耐久性の向上と課題を抽出する。

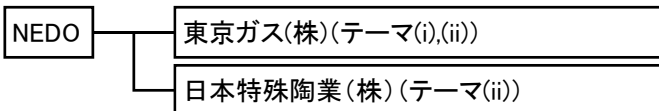
(ii) 触媒一体型モジュールの研究開発

一層のコンパクト化と低コスト化を見込んで、新コンセプトの水素分離膜モジュールを開発し、耐久性を向上させる。

●研究目標

実施項目	中間目標(H22年度)	最終目標(H24年度)
A. 耐久性	モジュールレベルで8000時間以上	リフォーマーレベルで8000時間以上
B. 起動時間	モジュールレベルで3時間未満	リフォーマーレベルで3時間未満
C. リフォーマー耐久性	リフォーマーレベルで耐久性検証・課題抽出	日常的なメンテナンスを除いて、8000時間の運転
D. 概念設計		水素製造効率 $\geq 80\%$ 設備サイズ $\leq 10\text{m}^3$ 設備コスト ≤ 30 万円/ $\text{Nm}^3\cdot\text{h}$

●実施体制及び分担等



●これまでの実施内容／研究成果

テーマ	実施内容	研究成果
(i)	改良膜を開発し、耐久(連続改質)試験。	13000時間後の製造水素純度は99.997%。
	改質機能を有する模擬モジュールで予備試験。	昇温後2時間40分での改質開始を確認。
	40Nm ³ /h級システムの運転を継続し、課題抽出。	補機の信頼性などの課題を明確化。
	オフガス中CO ₂ の分離回収実証試験。	分散型水素製造としては世界初のCO₂回収。
(ii)	モジュールでの耐久(連続水素透過、改質)試験	リーク発生要因を特定。対策の効果確認。
	電気炉を用いたモジュール急速起動試験。	2時間27分で水素(99.998%)製造開始。
	ガス燃焼式小容量リフォーマーを製作し、評価。	起動と初期性能に問題がないことを確認。

●今後の課題

／スケジュール(H24年度まで)

テーマ(i):

- ・膜モジュールでの3時間以内の起動確認(～H22年度)
- ・40Nm³/h級システム運転後のモジュール解体調査(～H22年度)
- ・40Nm³/h級システムの運転継続(～H24年度)

テーマ(ii):

- ・リーク対策を施した膜モジュールでの8000時間耐久性確認(～H22年度)

両テーマ共通:

- ・水素製造効率、設備サイズ、設備コストに関する概念設計(～H24年度)

●実用化・事業化の見通し

テーマ(i): 水素製造インフラの立ち上がりに合わせて、フラッグシップ機として市場導入。

テーマ(ii): 水素製造インフラの本格普及に向けて、より低コストなシステムとして導入を促進。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
A. 耐久性	テーマ(i): 13000時間のモジュール耐久性を確認。	◎ 目標以上
	テーマ(ii): リーク発生要因を解明。対策品で再試験中。	△ 達成見込
B. 起動時間	テーマ(i): 予備試験で2時間40分での改質開始を確認。	△ 達成見込
	テーマ(ii): 昇温後2時間27分での水素製造を確認。	○ 達成
C. リフォーマー耐久性	テーマ(i): 補機の信頼性などの課題明確化。	○ 達成
	テーマ(ii): 試験用小容量リフォーマーにより性能を確認。	○ 達成

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
11	5	19	9

「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発 水素製造機器要素技術に関する研究開発 水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発」

実施者： 東京ガス株式会社
日本特殊陶業株式会社

1. 事業概要

将来の燃料電池自動車等の本格普及に向けては、先行して水素供給インフラの整備が必須であり、2015（平成 27）年頃より、水素供給インフラの立上げが期待されている。水素供給インフラの立上げおよびその拡大に際しては、安定かつ低価格な水素製造法の早期の確立が求められているが、その最も有力な候補が、炭化水素系燃料を水蒸気改質する水蒸気改質法である。なかでも、水素分離型リフォーマーは、従来のリフォーマーと比較して、最も高効率に水素を製造することが可能であるだけでなく、シンプルかつコンパクトという特長を有している。

本事業は、実用的な燃料である天然ガスを用いた水素分離型リフォーマー技術に関するものであり、平成 24 年度末に社会実証試験に供試できるレベルの技術の確立を目的としている。具体的には、平成 17 年度～平成 19 年度までの前事業「水素安全利用等基盤技術／水素インフラに関する研究開発／高効率水素製造メンブレン技術の開発」において得られた成果を活用しつつ、水素分離型リフォーマーの高耐久化と低コスト化を目指して、以下の 2 テーマを実施する。

- (i) 水素分離型リフォーマーシステムの耐久性向上の研究開発
- (ii) 触媒一体化モジュールの研究開発

2. 事業目標

2.1 中間目標（平成 22 年度末）

下記①、②について、水素分離膜モジュール単体レベルで達成する。③については、リフォーマー（試験用小容量リフォーマーを含む）レベルで実施する。

- ① 高耐久性実証：メンテナンス回数を 1 回／年以下とするための長期耐久性を持つ水素分離膜モジュールを開発すること。（指標としては、膜モジュール単体レベルで 8000 時間以上の運転経過後においても、水素純度 99.99%以上を維持するものとする。）
- ② 起動時間実証：3 時間未満で起動し、かつ起動後も水素分離膜モジュールに損傷等が発生せず、水素純度 99.99%以上を維持していること。
- ③ 実使用環境下における耐久性検証と課題の抽出：リフォーマーを用いた耐久性試験に着手し、課題を抽出すること。

2.2 最終目標（平成 24 年度末）

下記①、②について、リフォーマー（リフォーマーホットモデル（～5 Nm³/h 級）を含む）レベルで達成する。③については、前事業で開発した 40Nm³/h 級システムを用いた長期運転試験により検証する。また、④～⑥については、普及機を想定した 100～300Nm³/h 規模ヘスケールアップしたシステムの概念設計による検証を目標とする。

- ① 高耐久性実証：メンテナンス回数を 1 回／年以下とするための長期耐久性を持つ水素分離膜モジュールを開発すること。（指標としては、リフォーマーホットモデルでの耐久試験を実施し、8000

時間以上の運転経過後においても、水素純度 99.99%以上を維持するものとする。)

- ② 起動時間実証：3 時間未満で起動し、かつ起動後も水素分離膜モジュールに損傷等が発生せず、水素純度 99.99%以上を維持していること。
- ③ システムの運転安定性：システムを構成する補機類について、メンテナンス回数を 1 回/年以下とするための耐久性を確認すること。(指標としては、日常的な簡易検査やメンテナンスを除いて、8000 時間以上の運転が可能であることを実証するものとする。)
- ④ 水素製造効率：水素製造効率が 80%以上可能であること。
- ⑤ 設備サイズ：設備サイズが 10m³ 以下を達成可能であること。
- ⑥ 設備コスト：設備コストが 30 万円/Nm³・h を達成可能であること。

3. 事業成果

3.1 (i) 水素分離型リフォーマーシステムの耐久性向上の研究開発

1) 高耐久性実証 (中間目標①) : 達成)

前事業において 5000 時間の耐久性を確認した膜モジュール 2 本を組み込んだ反応管を用いて、膜モジュール単体レベルでの連続改質試験を継続実施した。使用した膜モジュールは、前事業で開発した従来品から耐久性に悪影響を及ぼす膜材料中不純物を低減した改良品である。試験の結果、目標の 8000 時間を大幅に上回る 13000 時間にわたる試験後においても、リーク量はわずかであり、膜の高純度化によって大幅に耐久性向上がなされたことが確認された (図 1)。また、13000 時間後の製造水素純度は 99.9968% (不純物濃度は 32 ppm) であった (図 2)。

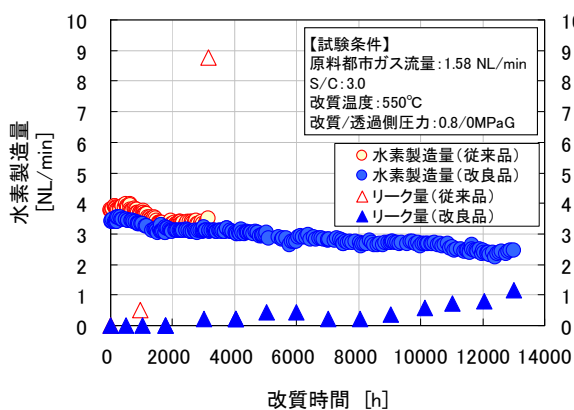


図 1 水素製造量およびリーク量の変化

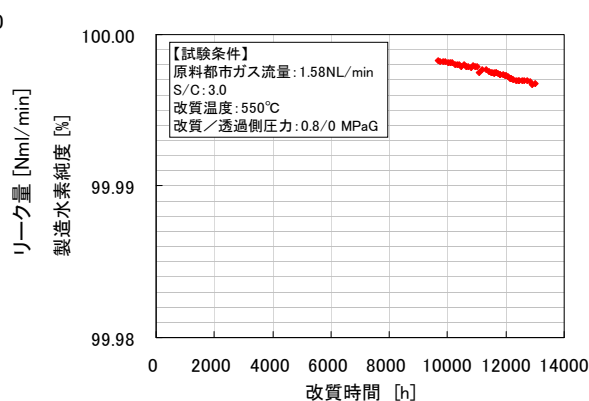


図 2 製造水素純度の変化

2) 起動時間実証 (中間目標②) : 達成見込)

予備試験として、改質器機能のみを有する反応管を用い、電気炉にて急速起動試験を実施し、コールド状態からの昇温開始後約 2 時間 40 分での改質開始を確認した。今後、反応管に水素分離膜モジュールを組み込んで急速起動試験を実施すれば、中間目標②は達成される見込みである。

3) 実使用環境下における耐久性検証と課題の抽出 (中間目標③) : 達成)

前事業にて水素製造効率 81.4%を達成した 40 Nm³/h 級システム (図 3) の運転試験を継続し、システムとして実使用環境下での耐久性を検証するとともに、オフガスに含まれる CO₂ 分離回収の実証試験も実施した。平成 22 年 7 月 1 日現在、総運転時間は 2339 時間、起動回数は 62 回を数えているが、水素製造量、水素製造効率とも安定しており (図 4)、製造水素純度も 99.99% 以上を維持していることが確認された。一方、システムの信頼性に関しては、一部補機類の運転信頼性に課題があることが明確となった。

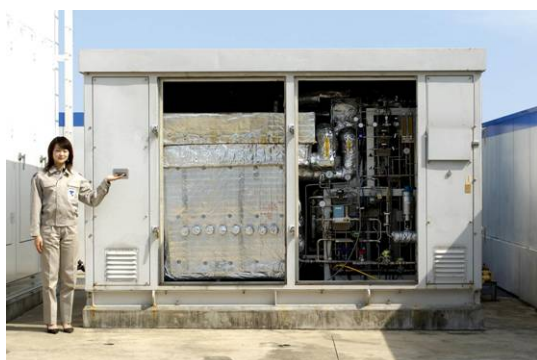


図 3 40 Nm³/h 級システム

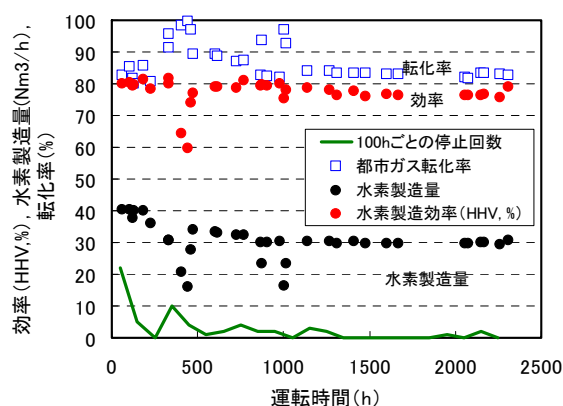


図 4 40 Nm³/h 級システム運転結果

3.2 (ii) 触媒一体化モジュールの研究開発

1) 高耐久性実証(中間目標①: 達成見込)

- ・水素製造性能に関わるモジュール耐久性の確認

触媒一体化モジュール(MOC: Membrane On Catalyst)について、膜モジュール単体での連続水素透過試験と連続改質試験を実施した。その結果、連続水素透過に対しては少なくとも 3000 時間にわたって水素透過性能が低下しないこと (図 5)、連続改質に対しては少なくとも 767 時間にわたって水素製造性能が低下しないこと (図 6) を確認した。

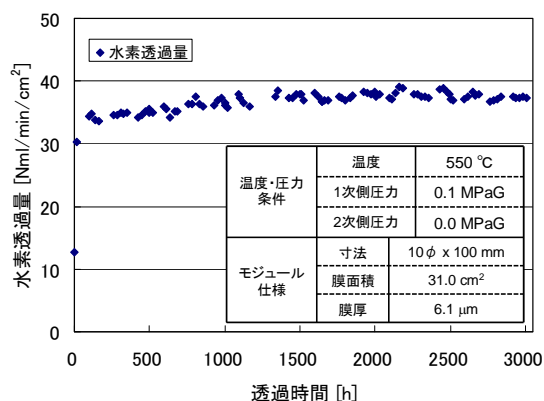


図 5 連続水素透過試験結果

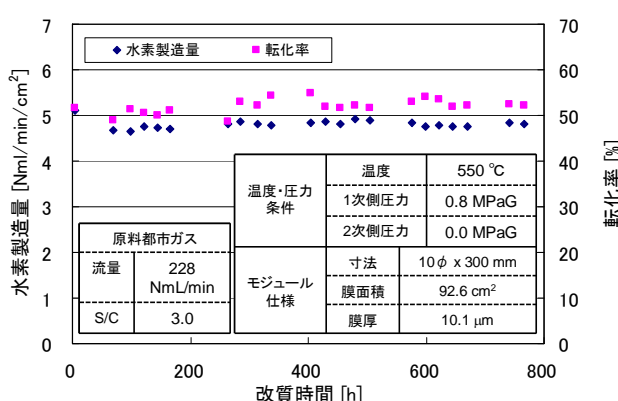


図 6 連続改質試験結果

・製造水素純度に関わるモジュール耐久性の検証

前述の連続改質試験では、製造水素純度が時間の経過とともに低下することがわかった。また、連続水素透過試験および連続改質試験の後の膜モジュールは、ともにリークが確認された。これらの試験により、製造水素純度に対しては課題があることが明らかになったが、すでに、詳細にリーク箇所を分析することにより、リーク発生要因を解明している（表1）。さらに、各要因ごとに表1に記載の対策を実施し、対策について個別にその効果を確認した（図7,8）。現在、すべての要因に対する対策を講じた膜モジュールで、改めて連続改質耐久試験を開始しており、中間目標①は達成される見込みである。

表1 リーク発生要因と対策

リーク発生箇所	リーク発生要因	対策
水素分離膜	<p><製造プロセスに起因する要因></p> <p>水素分離膜に膜中空孔が生じ、使用中にリークに発展することがある。</p>	<p>膜中空孔はめっき膜と支持体の密着性の悪いところに形成されることを見出したため、密着性が改善するよう、成膜条件を最適化した。</p>
	<p><使用条件に起因する要因></p> <p>外部からFe系の異物が膜に飛来・付着した結果、FeとPdの相互拡散を生じ、両者の拡散速度の違いにより、カーケンダルポイドを生じる。</p>	<p>試験用反応管内面からのFe系異物の飛来を防止するため、試験用反応管内面をめっき処理した。（対策効果を図7に示す）</p>
接合部	<p><製造プロセスに起因する要因></p> <p>支持体-グラファイトフェルール（GF）-継手間で熱膨張挙動の差が大きいこと、高温でGFの復元力が小さいことにより、使用中にリークが発生することがある。</p>	<p>GFにガラスを併用してシール性を向上し、リークフリー化を実現した。（対策効果を図8に示す）</p> <p>さらに、支持体部をYSZ緻密体とすることで接合部の強度も向上した。</p>

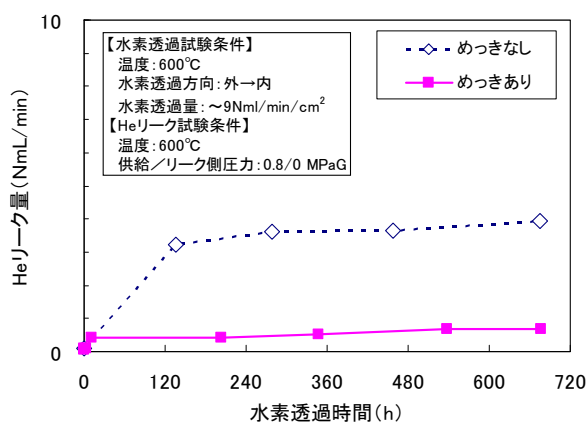


図7 反応管内面めっきの効果

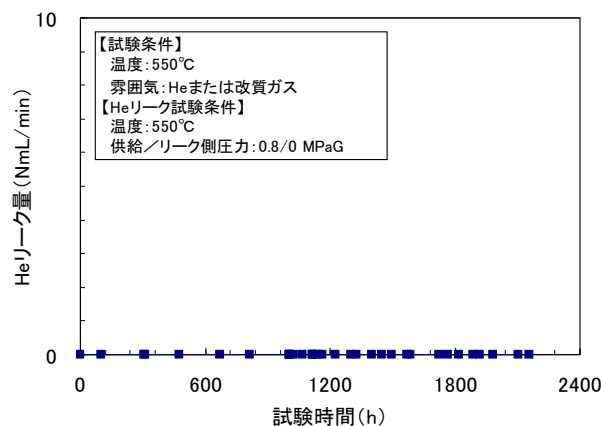


図8 ガラス併用継手のリーク量

2) 起動時間実証（中間目標②：達成）

急速起動試験の結果、コールド状態からの昇温開始後 2 時間 27 分で水素製造を開始し、昇温開始 3 時間後の製造水素純度は 99.9985%（不純物濃度は 15ppm）であることを確認した。なお、急速起動後の膜モジュールに割れなどの損傷はなかった。

3) 実使用環境下における耐久性検証と課題抽出（中間目標③：達成）

ガス燃焼式の試験用小容量リフォーマーを設計・製作し、この中に、4 本の膜 MOC モジュールを内蔵する反応管を設置して、実使用環境に近い状態での試験を行った。その結果、温度分布が小さい（モジュール内温度差<50℃，モジュール間温度差<20℃）リフォーマーが設計できたことを確認した。また、水素製造性能にも問題なく、試験終了後にもモジュールの損傷などはなかった。今後は、長期の耐久性が課題となる。

3.3 その他（テーマ(i)(ii)共通）

1) 技術調査

Fuel Cell Seminar & Exposition, NHA Hydrogen Conference and Expo, World Hydrogen Energy Conference など、多数の学会・国際会議に参加し、水素分離型リフォーマーに関する情報収集を行った。

2) 特許・論文・外部発表・プレス発表

本事業に関わる特許、論文、外部発表（講演発表）、プレス発表の件数は表 2 のとおりである。

表 2 特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
年度						
H20FY	2 件	0 件	0 件	1 件	1 件	3 件+プレス発表 9 件
H21FY	7 件	0 件	0 件	0 件	2 件	13 件
H22FY	2 件	0 件	0 件	0 件	1 件	3 件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

平成 22 年 7 月 1 日現在

3) 外部助言委員会

外部有識者として、伊藤直次教授（宇都宮大）、石原達己教授（九州大）、香川豊教授（東京大）を招き、外部助言委員会を計 4 回実施した。

4. まとめ及び課題

中間目標に対する達成度を表3および表4にまとめる。今後は、達成見込みとなっている課題の達成を確認するとともに、研究開発の主対象を膜モジュール単体からリフォーマーへと移し、最終目標の達成を目指す。

表3 テーマ(i)中間目標達成状況

中間目標	自己評価		備考
①耐久性	◎	目標を大幅に上回る達成	目標の8000時間を大幅に上回る13000時間の耐久性（製造水素純度99.99%以上）を確認した。
②起動時間	△	達成見込み	改質機能のみを有する反応管を用いた予備試験によって、2時間40分での改質開始を確認した。今後、水素分離膜モジュールを用いた試験を行なう。
③リフォーマー耐久性	○	達成	40Nm ³ /h級システムの運転を継続し、補機の信頼性などの課題を明確にした。

表4 テーマ(ii)中間目標達成状況

中間目標	自己評価		備考
①耐久性	△	達成見込み	連続水素透過試験で3000時間、および連続改質試験で767時間の水素製造性能に関する耐久性を確認した。 リークの発生要因を特定し、要因毎に対策の実施と効果確認を行った。現在、すべての対策を施した膜モジュールで耐久性試験を実施している。
②起動時間	○	達成	急速起動試験を実施し、昇温後2時間27分での水素製造開始と、製造水素純度99.9985%を確認した。
③リフォーマー耐久性	○	達成	ガス燃焼式試験用小容量リフォーマーを設計・製作して試験を行ない、性能を確認した。

5. 実用化・事業化見通し

5.1 (i) 水素分離型リフォーマーシステムの耐久性向上の研究開発

膜モジュール単体レベルとしては、既に1年以上の耐久性を実証している。また、システムとしては、運転実績も重ね、運転安定性に関わる課題を抽出している。本事業内に、この課題を改善して完成度を高め、実システムとして1年以上の耐久性を実証する。残る課題は低コスト化であるが、水素分離膜モジュール製造コストを中心にコスト低減を図り、本事業内に目処を立てる。本事業終了時には、実証試験に供試できるレベルでシステム技術を確立し、水素製造インフラの立ち上がりに合わせて、水素製造インフラのフラッグシップ機として市場導入を図る予定である。

5.2 (ii) 触媒一体化モジュールの研究開発

本事業内に、リフォーマレベルでの1年以上耐久を実証するとともに、実システムとしての原型を確立する。本事業終了後、早急にシステム試作機を製作してシステムとしての運転実績を重ね、水素製造インフラの本格普及に向けて、より低コストなシステムとして、水素製造インフラの導入を促進していく予定である。

(II - 2) 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発

委託先: 三菱化工機株式会社

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

- ・FCV普及初期に向けた水素ステーション用水素製造装置の仕様を明確にした。
- ・プロセス検討、改質器構造の概念検討、模擬改質器燃焼試験、改質触媒試験により、改質効率85%、S/C2.5、改質器サイズ従来比1/5とする見通しを得た。
- ・水素PSAの検討により、PSA回収率90%、実規模システムサイズ従来比1/2とする見通しを得た。
- ・ステーション運用者視点での評価を反映した50Nm³/h水素製造装置試作機的设计、機器製作を行った。

●背景/研究内容・目的

水素インフラの中心である水素ステーションを普及可能なものとするためには、水素製造装置の高性能化、低コスト化等に加えて、水素ステーションの運用に求められる起動時間の短縮化、首都圏等の狭小エリアへの設置等を想定した開発が必要である。FCV普及初期での事業化に対応した実用的な水素ステーション用水素製造装置を提供するため、水素製造装置仕様の明確化と装置仕様を満足する水素製造技術の確立を目的とする。

●研究目標

実施項目	最終目標(H22年度)
A.水素製造装置要求仕様の調査、検討	装置仕様の確定
B.高性能反応器の開発	改質効率:HHV85%以上 スチームカーボン比:2.5以下
C.高性能水素PSAの開発	水素回収率:85% システムサイズ:現状比1/3
D.50Nm ³ /h試作機的设计、製作、検証運転	改質効率:HHV82.5%以上 起動時間:1時間
E.50Nm ³ /h試作機的设计、検証運転のユーザ評価	試作機设计、運転結果に対しユーザ視点で評価を行う。

●実施体制及び分担等



●これまでの実施内容/研究成果

- A. ・ステーション運用者の視点から水素製造装置の仕様を明確化した。
- 1)装置能力 : 300Nm³/h
 - 2)装置コスト : 9000万円以下
 - 3)設置スペース: 5.5m×10m(周辺スペース含む)
 - 4)起動時間 : 1時間(DSS運用)
- B. ・改質器、バーナ構造の概念設計を行い改質器の小型化を図り、改質器サイズを従来比1/5とする見通しを得た。
- ・改質器、バーナ構造を模擬改質器燃焼試験で検証し、バーナ設計に反映した。
 - ・触媒試験により改質触媒の初期性能を確認し、比較的安価なNi系改質触媒にて S/C2.5以下での適用可能性を見出した。
 - ・水素製造装置のプロセス検討により改質効率85%の見込みを得た。
- C. ・吸着シミュレーション検討により真空再生の採用と再生サイクルの最適化により、水素回収率90%達成の見通しを得た。
- ・パイロット規模試験装置で操作パラメータが水素回収率、水素純度に及ぼす影響の傾向を把握した。
 - ・実規模システムの検討によりシステムサイズを従来比1/2とする見通しを得た。
- D. ・50Nm³/h水素製造装置試作機的设计、機器製作を行った。
- E. ・ステーション運用者の視点から試作機设计図書の検討、評価を行い設計に反映した。

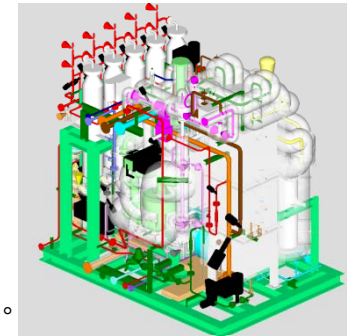


図8 試作機イメージ(メインスキッド)

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
A.	水素製造装置仕様の明確化	○
B.	改質効率85%(HHV基準) S/C=2.5 改質器サイズ従来比1/5	○
C.	水素回収率90% システムサイズ1/2	△
D.	50Nm ³ /h試作機的设计・機器製作の実施	○
E.	ユーザ視点から試作機設計を評価検討し、設計に反映	○

●今後の課題

／スケジュール(H22年度まで)

試作機の製作・設置工事完了後、連続運転、模擬DSS運転を実施し、装置機能、性能の検証を行う。

●実用化・事業化の見通し

試作機による検証結果を反映させた商用規模水素製造装置を2015年頃に市場投入する予定である。

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	0	0	0

水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発

実施者：三菱化工機株式会社

再委託先：東京ガスケミカル株式会社

1. 事業概要

現在、JHFC ステーションでは従来の工業用途向け水素製造装置を転用して実証中であるが、効率やコスト等未だ多くの解決すべき課題がある。水素インフラの中心である水素ステーションを普及可能なものとするためには、水素ステーション用として水素製造装置の高性能化、低コスト化等のための要素技術開発に加えて、水素ステーションの運用に求められる起動時間の短縮化、首都圏等の狭小エリアへの設置等を想定した開発が必要である。

本研究開発では、表1の研究開発を実施する。FCV 普及初期（2015年頃を想定）での事業化に対応した実用的な水素ステーション用水素製造装置に要求される性能、仕様をユーザの視点から調査、検討し、その結果により水素製造装置の仕様目標を明確にするとともに、改質器と水素PSAの高効率化開発を軸とした研究開発を行い、50Nm³/h規模試作装置による検証運転を実施し、その結果とユーザ視点での評価を商用水素製造装置の設計に反映させる。

表1 研究開発項目

研究開発項目	担当（再委託）
水素ステーション用水素製造装置に対する要求仕様の調査、検討	（東京ガスケミカル株）
高性能反応器の研究開発	三菱化工機株
高性能水素PSAの研究開発	三菱化工機株
50Nm ³ /h水素製造装置試作機の設計、製作	三菱化工機株
50Nm ³ /h水素製造装置試作機の検証運転	三菱化工機株
50Nm ³ /h水素製造装置試作機のユーザ評価	（東京ガスケミカル株）

2. 事業目標

2-1 商用水素製造装置の目標仕様

水素ステーション用商用水素製造装置の想定目標仕様を表1の通り設定したが、各数値は、要求仕様の調査、検討の結果を反映させ、見直しを図る。

表2 商用水素製造装置想定仕様

	想定目標仕様	現状（工業用途向け）
水素製造能力	300Nm ³ /h	～200Nm ³ /h
改質効率（HHV基準）	85%以上	75%程度
（製造効率（HHV基準））	（80%以上）	（70%程度）
装置サイズ	20m ³ 以下	80m ³ 程度
装置コスト	90百万円以下	180百万円程度
起動時間	1時間	4時間程度
原料	13A都市ガス	13A都市ガス、LPG等

2-2 開発項目の目標

本研究開発は、改質器と水素 PSA の高効率化開発を軸とした研究開発を行い、50Nm³/h 試作装置を設計、製作し、検証運転による成果の確認を実施する。各研究開発項目の目標は以下の通りである。

(1) 高性能反応器開発目標

- ①改質効率：85%以上（HHV 基準，300Nm³/h 相当商用機）
- ②S/C：2.5 以下（都市ガス原料では従来 3.0 程度）

(2) 高性能 PSA 開発目標

- ①水素回収率：85%以上（300Nm³/h 相当実用機）
- ②システムサイズ：現状の 1/3 以下

(3) 試作機開発目標

- ①水素製造能力：50Nm³/h
- ②改質効率：82.5%以上（HHV 基準）
- ③起動時間：1 時間

3. 事業成果

3-1 水素ステーション用水素製造装置に対する要求仕様の調査、検討
天然ガススタンドの建設・運転管理・設備管理の経験を元に装置サイズ、コスト、メンテナンス方法、起動時間、ステーション運営に応じた装置の運転方法につき仕様を検討し、表 2 の通り目標仕様を決定した。

表 3 水素製造装置目標仕様

	目標仕様
水素製造能力	300Nm ³ /h
設置面積	10m × 5.5m (周囲スペース含む)
装置コスト	90 百万円以下
装置運用	起動時間 1 時間 DSS 運用

(1) 水素製造能力

既存給油スタンドの需要実績を参考とし水素ステーションでの車両充填スケジュールを仮定し、供給量および稼働率の点から装置能力を検討した結果、300Nm³/h が妥当と判断した。

(2) 装置サイズ

FCV 普及初期は既存天然ガススタンドを水素ステーションに置き換えることが主流になるものと想定し、既存天然ガススタンドの敷地面積を調査した結果、単独設置型天然ガススタンドの 80~90%は、その敷地面積が 450m² 程度であった。この敷地面積に対し、水素ステーションのレイアウト検討を行った結果、キャノピー上に各装置が配置できるものとした場合、水素製造装置の設置面積としては、装置周囲歩廊、メンテナンスエリア等を含め 10m × 5.5m 程度になるとの結果を得た。

(3) 装置コスト

設備投資費による水素単価の影響を検討した結果、FCV 普及初期の水素価格を 70~80 円/Nm³ とするには装置稼働率を 100%としても、水素ステーション建設費は 3 億円程度とする必要があり、他の建設、設備コストを考慮すると水素製造装置は 90 百万円とする必要がある。

(4) 運用方法

既存のガソリンスタンド、天然ガススタンド、LPG スタンド等の調査結果を参考に、水素ステーションの営業時間と充填台数の時間帯別分布を想定し、要求される起動時間を検討した結果、開店準備時間内に起動する必要がある、1 時間以内の起動時間が求められると判断した。また DSS 運用と夜間ホットスタンバイ運用でのコスト比較の結果、DSS 運用が有利と判明した。

(5) メンテナンス

水素単価低減には、装置稼働率を高めることが必須であり、メンテナンスに伴うステーション休業日数は出来るだけ短期間にする必要がある。水素製造装置および付帯設備に関する法定検査及び定期修理項目別に実施内容を検討し、短縮化を図ることが必要である。

3-2 高性能反応器の研究開発

(1) 改質効率の向上

1) 水素製造装置プロセス検討

改質方式には高い改質効率を得られる水蒸気改質方式を採用し、水素製造装置のプロセス並びに装置構成を検討した。検討の結果、S/C=2.5、水素 PSA の水素回収 90%以上とすることで改質効率 85%を達成できる見通しを得た。最終的なプロセス、装置構成についてはコスト、装置サイズとのバランスより決定した。

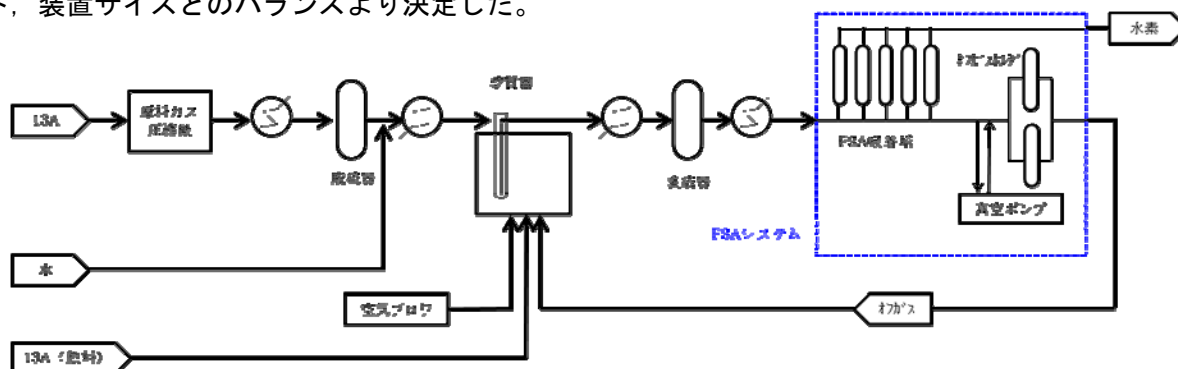


図1 水素製造装置概略フロー

2) 改質触媒の評価試験

マイクロ試験設備にて S/C=2.5 において十分な活性を有する改質触媒を探索するため、触媒試験装置にて Ni 系触媒と Ru 系触媒の短期性能試験を行った (図 2)。原料には 13A 都市ガスを用いた。300 時間程度の短期試験では触媒の違いによるメタン転化率の低下、改質ガス中に C2 以上の成分が検出されるなどの劣化兆候は見られなかった。また、使用済触媒の炭素量分析では S/C=1.5 では Ni 系触媒の炭素析出量が多い結果となったものの、S/C=2.0 では Ni 系と Ru 系での炭素析出に差異は見られなかった。

このことから、13A 都市ガス原料では Ni 系触媒を S/C=2.5 で使用できる可能性があると判断し、さらに長期連続試験にて適用可能性を追求した (図 3)。4000 時間経過後も触媒性能

劣化は認められなかったことから、比較的安価なNi系改質触媒をS/C=2.5の条件にて運転可能なことを確認し、水素製造装置試作機に採用し、実装置環境下で検証することとした。

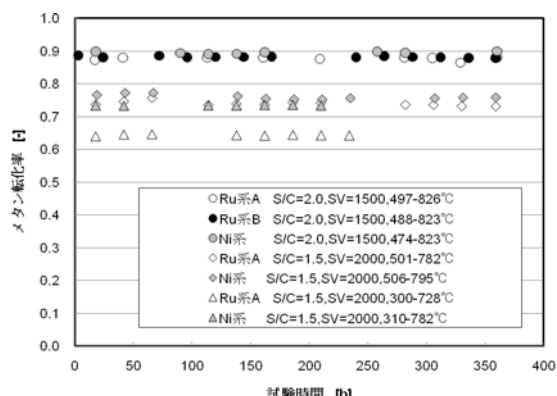


図2 改質触媒短期比較試験結果

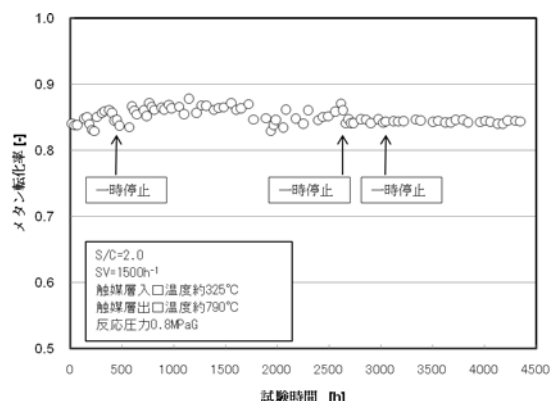


図3 Ni系改質触媒長期試験結果

(2) 小型化

1) 改質器構造の検討

従来装置では主要機器である改質器が多くのスペースを占有していることから、改質器の大幅な小型化を検討した。反応管の小径多管化、配置の極小化、バーナ構造を検討した結果、改質器の占有容積を従来装置の1/5程度まで低減可能との見通しを得た。

2) 模擬改質器による検証

改質器の反応管への改質反応熱を有効に伝達させるには改質器炉内の温度分布が均一になることが望ましく、改質器、バーナ構造の検証のため、熱流体解析と模擬改質器による検証を行った。水素製造量 50Nm³/h 相当規模の模擬改質器を製作し、バーナ燃焼試験を行った。バーナはパイロットバーナ、メインノズル、オフガスノズルを有した混焼バーナであり、各ノズル径、数量及び配置等を種々変更し、都市ガス単独燃焼、オフガス混合燃焼において良好な燃焼状態を確認し、改質器及びバーナ設計へ反映した。

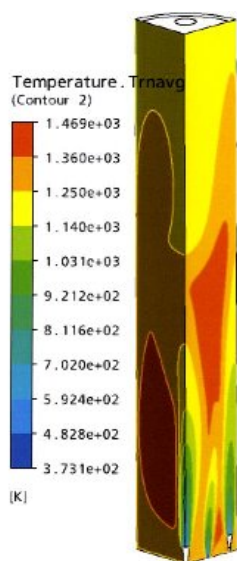


図4 模擬改質炉解析例



図5 模擬改質器

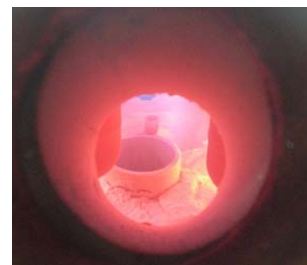


図6 模擬改質器炉内状況

3-3 高性能水素 PSA の研究開発

(1) パイロット規模検証試験

パイロット規模試験装置にて検証試験を実施した。試験設備規模の制約から吸着剤量に対し配管等のデッドスペースが過大なため、高純度での評価が困難であったが、システム各操作パラメータが水素回収率、水素純度に及ぼす影響の傾向を把握し、PSA システムのシーケンス設計データを入手した。

(2) 実規模システムの検討

パイロット規模検証試験結果と吸着シミュレーション検討結果を元に、実規模 PSA システムの検討を行った。真空再生方式の採用、高サイクル化により、吸着剤充填量およびオフガスホルダ容積が低減できることを確認し、最終的に従来に比して1塔当りの吸着剤量を1/3に、オフガスホルダについてはさらに2塔化による吸着塔脱圧工程の改良により、ホルダ容積を1/5に低減可能であることが分かった。なお、真空再生方式では常圧再生方式にはない真空ポンプが必要となるが、その占有容積を加味しても常圧再生方式 PSA システムと比較し占有機器容積で1/2に縮小出来ることが分かった。この結果を水素製造装置設計に反映した。

表4 PSA システム比較

	従来	本研究開発
方式	4塔常圧再生	5塔真空再生
サイクル時間比	1	0.33
水素回収率	75%	90%
吸着剤量比(1塔当り)	1	0.33
オフガスホルダ容積比	1	0.2
真空ポンプ	なし	あり
システム機器占有容積比	1	0.5

3-4 50Nm³/h 水素製造装置試作機の設計、製作

上記の各研究開発項目の検証として、300Nm³/h 商用機を考慮した50Nm³/h 水素製造装置試作機を設計した。現在機器製作を完了し、スキッド内組立工事を実施している。



図7 試作機改質器

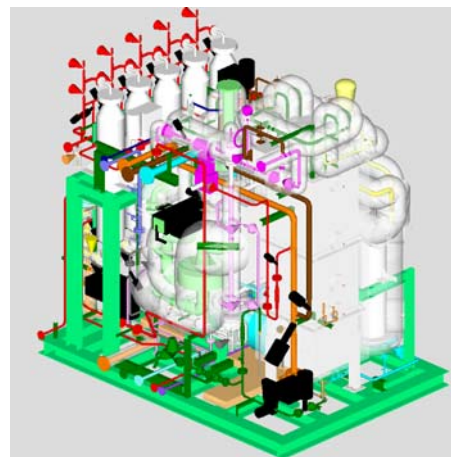


図8 試作機イメージ(メインスキッド)

3-5 50Nm³/h 水素製造装置試作機のユーザ評価

工業用途向け水素製造装置の運用経験を元に試作機の基本設計図書について評価、検討を行い、設計に反映させた。また、商用規模水素製造装置では一部機器が小型ボイラに該当する可能性があることから、水素ステーション運用上の問題点の有無につき検討し、運用上問題ないことを確認した。

3-6 特許、論文、講演、報道等の件数

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT*出願	査読付き	その他	
H20FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件
H21FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

(1) 水素ステーション用水素製造装置に対する要求仕様の調査、検討

- ・水素製造装置の目標仕様を明確化した。

(2) 高性能反応器の研究開発

- ・水素製造装置プロセス、機器構成を検討、決定した。
- ・改質器構造検討により従来の約1/5のサイズとした。
- ・模擬改質器燃焼試験結果をバーナ設計に反映した。
- ・低S/C下でも安価なNi系改質触媒が使用できる見通しを得た。

(3) 高性能水素PSAの研究開発

- ・パイロット規模試験装置にて実機設計データを取得した。
- ・PSAシステム検討により、システムサイズを従来の1/2に縮小可能なことを確認した。

(4) 50Nm³/h 水素製造装置試作機的设计・製作

- ・ユーザ評価を反映させた設計を実施し、一部機器の製作を行った。

試作機完成後、連続運転及びDSS模擬運転含めた検証試験を実施し、装置設計の妥当性の評価、改善点の抽出を行い、商用水素製造装置の設計に反映させる。

また、試作機製作の結果を元に装置コストの試算を行い、目標装置コスト達成のための方策を検討する。

また実用化に当たっては実環境下での長期運転による検証が必要であり、本事業の成果である50Nm³/h水素製造装置試作機について一定の成果が得られた場合は、平成23年度以降にJHFC水素ステーション等での実証試験に供することを提案する。実証結果を商用機設計に反映することで、より水素ステーション事業に適した水素製造装置の提供が可能となるものとする。

5. 実用化・事業化見通し

工業用途向け及びJHFC水素ステーション向け水素製造装置を多く納入しており、本研究開発で得られた成果を元に商用水素製造装置の設計を進め、2015年頃より市場投入の予定である。

(II-3) CO₂膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発

委託先: (株)ルネッサンス・エナジー・リサーチ、神戸大学、京都大学
(独)産業技術総合研究所、(株)ミクニ、再委託先: 大分大学

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

- ・CO₂選択透過膜は180℃で、目標レベルの安定した性能を有する膜の開発に成功した。
- ・CO変性触媒については、より高活性な触媒への改良、コストダウン、量産化の実現に近づいている。
- ・高性能化と加工性の向上・低コスト化を両立すべく、触媒の組み合わせやリアクター構造の検討を実施した。

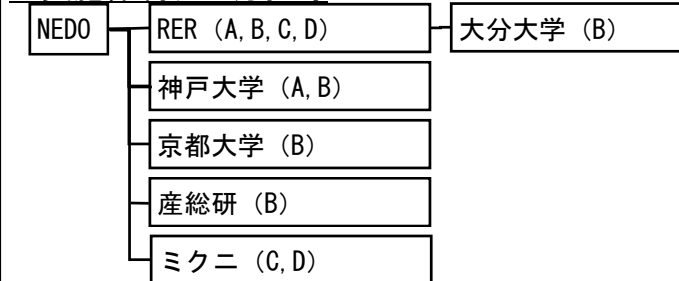
●背景/研究内容・目的

水素ステーションの小型化、低コスト化、高効率化を目的として、選択的、高効率にCO₂分離が可能なCO₂選択透過膜と高性能なCO変性触媒を組み合わせたメンブレンリアクターを開発する。その完成度を高めるために、メンブレンリアクターを構成するCO₂選択透過膜、CO変性触媒等の各種要素技術の耐久性、信頼性を確立するとともに、量産化検討、コストダウン研究を実施する。さらに、メンブレンリアクターを含む改質システムでの性能実証、メンブレンリアクターの特徴を活かしたPSAの最適化を行い、小型パイロットプラントを想定したFSを行う。

●研究目標

実施項目	中間目標(H22年度)	最終目標(H24年度)
(A) CO ₂ 選択透過膜の開発	170℃以上にて: 1x10 ⁻⁴ mol/(m ² s kPa)のCO ₂ 透過速度にて、CO ₂ /H ₂ 選択性が200	
(B) メンブレンリアクター用CO変性触媒の開発	160℃以下、SV2000 h ⁻¹ にてメタン生成が1%以下、10%程度含まれるCO 0.1%以下に低減(メンブレンの効果を含む)	
(C) メンブレンリアクターの開発	1m ³ /h原理検証機での性能実証	10m ³ /h用プラントでの性能実証
(D) 水素ステーショントータルシステムの最適化	次世代H ₂ ステーションコンセプト確立。PSA 1/4, オフガス tank不要化, S/C = 2, 効率80%以上	改質系、PSAを含む10m ³ /hの能力を持つトータルシステムを、実証するとともに、300m ³ /hトータルシステムのFS完了

●実施体制及び分担等



●これまでの実施内容/研究成果

(A) CO₂選択透過膜の開発

耐熱性の向上については、180℃においてCO₂/H₂選択性 ≥ 200 (mol比)、CO₂透過速度 $\geq 1 \times 10^{-4}$ mol/(m² s kPa)の性能を安定して示す膜を開発した(図1)。さらに、リアクターの高流量化への対応のため、円筒型メンブレンの開発を行った。製膜手法の検討の結果、外コート、内コートとも、平膜型メンブレンと同等の性能を有する円筒型メンブレンの開発に成功した(図2)。

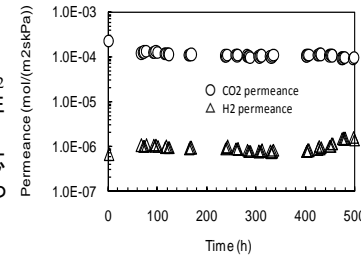


図1 180℃での性能試験結果

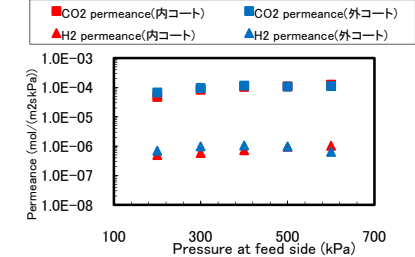


図2 円筒膜(外コート、内コート)の透過性能

(B) CO₂変性触媒の開発

Cu系触媒(Cu-ZnO-Al₂O₃触媒)の第4成分の添加方法の改善を試みることで、触媒性能(CO転化率)が向上することを見出した。貴金属触媒については、量産化を視野入れ含有貴金属量の低減を進めた結果、従来の1/3の貴金属量で同等の活性を有する触媒の開発に成功した。さらに、入り口用触媒(高濃度COで高活性)、と出口用触媒(低濃度COで高活性)を開発。リアクター各部で有効に機能する触媒の組合せの効果を確認。CO転化率を98%にまで向上できることを見出した(図3)

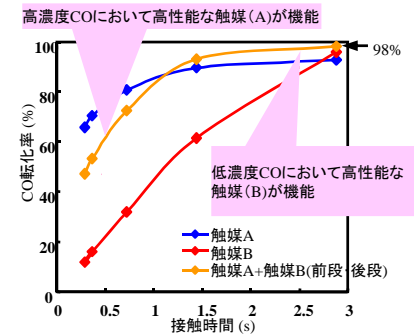


図3 触媒充填方法検討

(C) メンブレンリアクターの設計

平板型、円筒型などのリアクターの形状や加工性の検討を行った。また、円筒型メンブレンによるリアクター設計を検討している

●今後の課題

／スケジュール(H24年度まで)

課題
開発した要素技術を組み合わせてメンブレンリアクターとしての実証を行う。

スケジュール

22年度 1Nm³/Hr 規模の原理検証機による検証
23年度 上記システムによるエンジニアリングデータ取得
24年度 10Nm³/Hr 規模のパイロットプラント建設。トータルシステムにより検証。

●実用化・事業化の見通し

水素ステーションへの応用については、共同開発先の(株)ミクニが水素関連ビジネスの一環として実施予定。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
(A)	開発目標性能を達成。円筒型メンブレンの開発に成功。	◎
(B)	160℃で活性を有する貴金属系触媒を開発しさらに貴金属量を1/3に。CO転化率を向上させる触媒の組合せを見出した。	◎
(C)	性能面、コスト面での有利なリアクターの設計	○
(D)	シミュレーションにより、PSAの小型化を示唆	○

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
2	1	20	2

事業名：「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発／水素製造機器要素技術に関する研究開発
／CO₂膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発」

実施者：株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ

（再委託先：国立大学法人大分大学）

株式会社ミクニ

国立大学法人神戸大学

国立大学法人京都大学

独立行政法人産業技術総合研究所

1. 事業概要

水素ステーションの小型化、低コスト化、高効率化を目的として、選択的、高効率にCO₂分離が可能なCO₂選択透過膜と高性能なCO変成触媒を組み合わせたメンブレンリアクターを開発する。その完成度を高めるために、メンブレンリアクターを構成するCO₂選択透過膜、CO変成触媒等の各種要素技術の耐久性、信頼性を確立するとともに、量産化検討、コストダウン研究等を実施する。さらに、1m³/Hr規模のメンブレンリアクターシステム（原理検証装置）での性能実証、メンブレンリアクターの特長を活かしたPSAの最適化検討を行ない、その成果を基に10m³/Hr規模の小型パイロットプラント（改質器、メンブレンリアクター、PSAを含むトータルシステムを想定）の設計を行なうとともに、実機（300m³/Hr規模の能力）を想定した一次FSを行う。

2. 事業目標

2-1 研究開発の目標（本開発プロジェクト全体の目標）

従来の水素ステーション用改質システムの代替技術としてCO、CO₂を化学平衡の制約を越えて同時に低減できるメンブレンリアクターを開発し、メンブレンリアクターの特長を活かしPSAの小型化につながる吸着剤の最適化検討を行なう。また下記の性能・特長を有するメンブレンリアクターを1Nm³/Hr規模の原理検証装置を用いて耐久性、信頼性も含めて実証する。

2-2 全体の目標を達成するための開発項目毎の目標

1) CO₂選択透過膜の開発

前プロジェクトで得られた160°Cの操作でCO₂透過速度が $1 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s kPa})$ 、CO₂/H₂選択性が約100の性能を有するCO₂選択透過膜をベースに、耐熱性をさらに向上させると共に、長期耐久性の確認、量産化技術の検討を実施する。

開発目標： 耐熱性 170°C以上（前プロジェクトで160°Cを達成）

CO₂/H₂選択性 約200（前プロジェクトで100を達成）

CO₂透過速度 $1 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s kPa})$ 以上

2) 高性能CO変成触媒の開発

現状（断熱型変成器）：200°C、SV 1000 h⁻¹でCOを0.5～1.0%以下に低減

開発目標：動作温度 170°C以下（銅系触媒：ただし耐熱170°Cのメンブレンを前提）

SV 約2000 h⁻¹

メタン生成 1%以下

10%程度含まれるCOを0.1%以下に低減

(ただし前提となるCO₂透過速度 $1 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s kPa})$ 、メンブレンの効果を含む)メンブレンの耐熱性、長期耐久性の確保の観点から、より低温活性の優れた貴金属系触媒も平行して開発する。

開発目標：貴金属系触媒：動作温度目標160℃

(触媒の量産化手法の確立、貴金属濃度約1/2、コスト半減を目指す)

3) メンブレンリアクターの開発

開発目標： 出口CO濃度 0.1%以下 (従来のCO変成器は1.0~0.5%)

出口CO₂濃度 1.0%以下 (従来のCO変成器は20%以上)

メンブレンリアクター操作温度：170℃以下で使用可能

(従来のメンブレン耐熱性は160℃)

メンブレン・触媒複合(一体)化の効果を合せてSV2000 h⁻¹程度を達成

4) 水素ステーショントータルシステムの最適化

次世代H₂ステーションコンセプト確立。PSA 1/4, オガスタク不要化, S/C = 2, 効率80%以上

3. 事業成果

3-1 CO₂選択透過膜の開発研究成果

前プロジェクトで開発したCO₂選択透過膜をベースにキャリアや製膜方法の改良による耐熱性の向上を検討した結果を図-1に示す。図中の波線はそれぞれ本プロジェクトのCO₂パーミアンス、CO₂/H₂選択性の目標値である。図に示されるように160℃~200℃の範囲において、初期性能では目標値をクリアすることができた。図-2(a)に同膜を改良した膜の170℃での耐久性試験結果を示す。170℃において、CO₂パーミアンスは350時間以上経過後も $1 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s kPa})$ 以上の性能を安定して維持していることがわかる。また180℃での耐久性も図-2(b)に示すが、安定した性能を維持している。

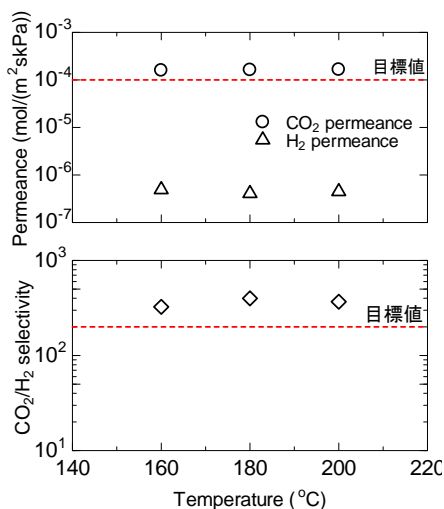


図-1 CO₂パーミアンス、H₂パーミアンス、CO₂/H₂選択性に対する温度の影響

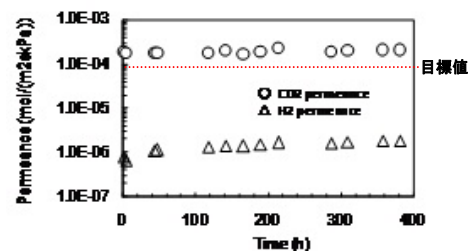


図-2(a) 170℃での耐久性試験結果

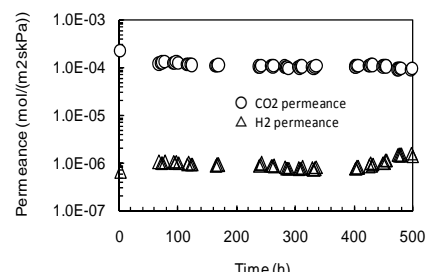


図-2(b) 180℃での耐久性試験結果

従来メンブレンは成膜が容易な平膜での研究を進めてきたが、本PJでは量産化が容易で、触媒との組み合わせにも自由度が大きい、円筒型支持体内側への製膜方法を検討した。図-3に円筒内コート膜、外コート膜の評価結果を示す。製膜方法の検討の結果、内コート膜、外コート膜共に、CO₂透過速度が $1 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s kPa})$ を超える性能を示す製膜法の開発に成功した。

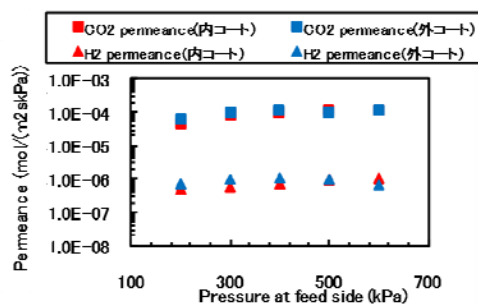


図-3 円筒内コート膜、円筒外コート膜の評価結果

3-2 高性能CO変成触媒の開発成果

①銅系触媒の改良

180°C以下でのCu系CO変成触媒の活性向上を目指し、Cu系触媒(Cu-ZnO-Al₂O₃触媒)をベースに調製法および第4成分の添加効果を検討した。その結果、特定の第4成分において触媒性能(CO転化率)が向上することを見出した。

②貴金属系CO変成触媒の改良

PJ前期までの開発成果として既存の銅触媒の180°Cの活性レベルを160°Cで発揮する貴金属触媒の開発に成功している。PJ中期はさらに貴金属濃度の低減を目的とした研究をおこない、貴金属担持方法の改良により従来の1/3程度の貴金属量で十分な性能を持たせることに成功した。

③メンブレンリアクターへの触媒充填方法の最適化

CO変成触媒の改良の過程で、高CO濃度領域で高活性を示す触媒と逆に、低CO濃度領域で高活性を示す触媒を見出した。前者はメンブレンリアクター入口部に適しており、後者はメンブレンリアクターの出口部に適している。その2種の触媒を組み合わせることで、より大きなCO低減効果があることを確認した。その結果を図-5に示す。

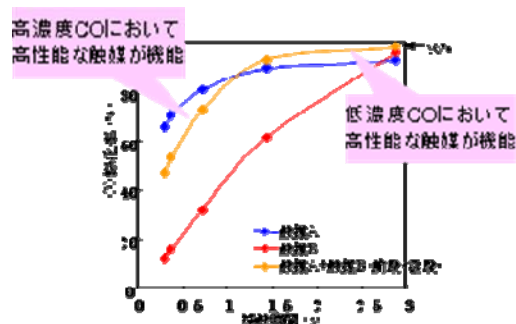


図-5 2種類の触媒の組合せ効果

3-3 メンブレンリアクターの開発成果

前プロジェクトの成果としてCO₂選択透過膜とCO変成触媒を組み合わせたメンブレンリアクターの実証に成功し、出口CO濃度は5ppm、CO₂も0.3%と、コンベンショナルなCO変成技術では原理的に不可能なCO、CO₂の低減が達成されている。本研究開発では、最終的なターゲットである300Nm³/Hr規模の水素ステーションを想定した時のスケールアップ手法を検討し、メンブレンのモジュール化を実施する。

本PJでは、メンブレンリアクターの試作研究成果を基に生産性を意識した構造および加工方法の検討を実施した。今年度は更なる量産性の向上を目指し、量産性の高いプレス加工を主体とした透過膜保持部の構造・加工方法検討、および小中規模生産に対応可能な積層シール構造のメンブレンリアクターの設計を行った。

図-6 に設計・試作したメンブレンリアクターの概略図を示す。図-6 (a) のような従来の方形のリアクターを、図-6 (b)、(c) のような円形のリアクターとすることで、円筒状の部品構成が可能となりコスト面及び強度面で有利となった。また、プレス加工、ヘム加工を可能とすることにより、従来のリアクターより、加工面での設計自由度やコストの優位性を高めることが期待できる。

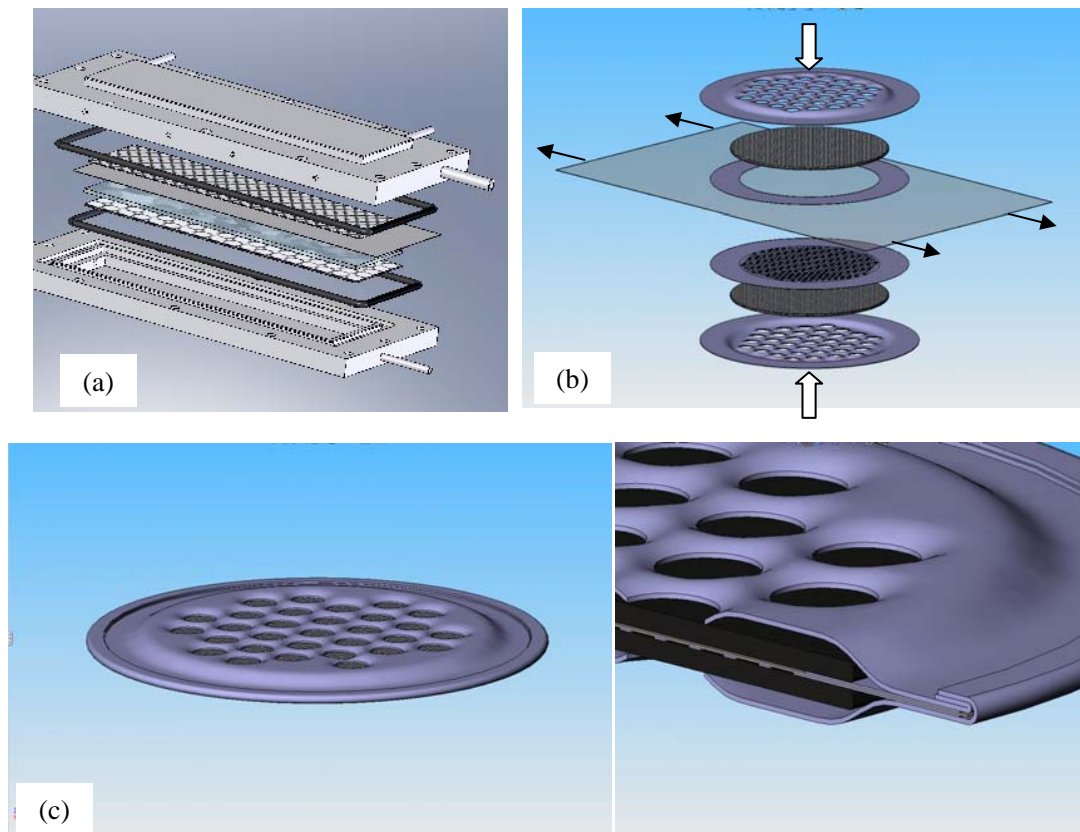


図-6 透過膜保持気密部概略図 (a) 従来のリアクタ構造, (b) 透過膜保持部の構造展開, (c) 透過膜保持部の外観および断面

3-4 水素ステーショントータルシステムの最適化の成果

本PJでは前PJに引き続き、改質器の効率、改質器出口ガス組成、PSAの設計、パージガス必要量、水素回収率等をパラメーターとした水蒸気改質器関連のプロセススタディを実施すると共に、最近のPSA吸着剤の進歩を調査し、メンブレンリアクター出口ガス組成が与える、PSA吸着剤必要量への影響をアップデートした。最新型のPSA吸着剤をもとにしたシミュレーションの結果では、COやメタンは0.1%程度の濃度でも吸着剤必要量に影響するが、CO₂濃度はある程度まで(1~2%)低減されていれば、全体のPSA吸着剤必要量(PSAサイズ)への影響はあまり大きくないことが分かった。このことはメンブレンリアクターの基本設計において、CO変性触媒量とCO₂選択透過膜の膜面積のバランスは、従来の設定よりもCO変性反応の進行に考慮した設計が有利なことを示唆している。

今後は、改質器、メンブレンリアクター、PSAを含む全体システムの最適化を高精度なプロセスシミュレータを作成して検討し、現在作成中のメンブレンリアクター原理検証装置で最適条件

での性能を確認するとともに、次のステップである本格的な水素ステーショントータルシステムでのパイロットテスト（10m³ クラスを予定）に必要なエンジニアリングデータ取得につなげる計画である、

3-5 成果の意義

本研究開発により得られるCO₂分離型メンブレンCO変性器は、COを既存のCO変性器と違い平衡の制約を越えて一桁低い0.1%レベル以下にまで除去できると共に、CO₂の除去も同時に行える。従って、水素ステーションに適用すれば、最大のコストを占めていたPSAの大幅な小型化と共に、低S/Cによる大幅な効率向上も可能となるため、水素ステーションの普及促進に貢献できると考えている。また自動車用および家庭用のPEFCシステム向けの新技術として大きなインパクトがあり、PEFCシステムの早期実用化、普及拡大に貢献できるものと考えている。

3-6 特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT [※] 出願	査読付き	その他	
H20	1件	0件	1件	0件	1件	6件
H21	0件	0件	0件	0件	0件	14件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

前PJで開発した促進輸送膜の更なる開発を行ない、170℃の高温で高いCO₂透過速度（目標：1×10⁻⁴mol/(m²s・kPa)以上)と高い対水素選択性（目標：200以上)を合せ持つCO₂選択透過膜の開発に成功した。促進輸送膜は、過去の研究ではもっぱら低温域で研究がなされ、100℃以上のデータは得られていなかったが、キャリアを含めた膜の製造方法を最適化することでこれらの目標を達成する事ができた。耐久性についても、当初は初期劣化が著しく、耐久性に問題があったが、製膜条件を改良することで、使用条件下で安定な性能を発揮する膜を開発し、長期耐久性の確立にメドをつけた。またガス透過選択性についても、既に述べたように、対水素選択性は既に目標であったCO₂/H₂のモル比で200以上の性能が達成できているが、最近では160℃で700を超える性能の膜の試作にも成功している。

本研究開発のベースとなるCO₂分離膜は、出来るだけ低温で操作する事が望ましく、前PJでは160℃で十分な活性を有するCO変性触媒の開発を目指し、Cu系触媒の180℃の活性レベルを示す貴金属系高性能触媒の開発に成功した。本PJでは、Cu系触媒の更なる性能向上と、貴金属系触媒の、量産技術の確立を進めてきた。その結果、Cu系触媒では第4成分の添加による活性向上を見出し、貴金属系触媒では、従来の1/3の貴金属量で十分な性能を持たせることに成功した。さらに、反応特性が異なる2種の触媒を組み合わせることにより、触媒だけでも出口CO濃度を0.1%未満とできることを見出した。

上記、CO₂選択透過膜の開発成果と、触媒の開発成果を組み合わせ、メンブレンリアクターに

より、従来のCO変性器の出口CO濃度および、出口CO₂濃度をそれぞれ、0.1%以下（従来のCO変性器は1.0～0.5%）、1.0%以下（従来のCO変性器は20%以上）という非常に高性能なCO変性器が可能となることが示唆されており、PSAの小型化による水素ステーションのコストダウン、サイズダウンが期待できる。今後、1Nm³/Hr規模の原理検証装置（メンブレンリアクターの1m³/Hr規模のシステムを想定、改質器、PSAは含まない）に組み込み、千時間以上の耐久性を確認し、1年以上のメンブレンリアクターおよび各要素技術の耐久性を見通す予定である。（平成23年度以降に10Nm³/Hr規模のパイロットプラントを建設し、トータルシステムで寿命を含めて実証する予定）

5. 実用化・事業化見通し

開発成果の実用化・事業化については、早期導入の望まれる水素ステーションへの応用については、共同開発先の（株）ミクニが水素関連ビジネスの一環として実施する。（株）ミクニは自動車部品メーカーであり、家庭用燃料電池の（改質器を始めとする）各種部品の開発・事業化を行っており、本開発成果についても水素ステーション用のみならず、燃料電池自動車や家庭用PEFCシステムのパーツとしてのCO₂分離型メンブレンリアクター単体での商品化も想定している。将来的には、メーカーの海外部門を通じて海外事業化展開も行う計画である。

今後の事業化計画としては、本研究開発成果であるCO₂メンブレンリアクターの完成度を高めると共に、コストダウンや信頼性向上を目的として、CO₂選択透過膜の長期耐久性の確立、選択性、動作温度の最適化、高性能CO変性触媒の長期耐久性の確立、コストダウン研究等を実施し、さらに改質器、メンブレンリアクター、PSAを含むトータルシステムでの性能実証を行ない、スケールアップのためのエンジニアリングデータを取得し、2015年での実用化を目指す。平成22年度以降の研究開発については、平成24年度に予定しているトータルシステムの実証の結果を踏まえ、長期耐久性の確認および商品化のための量産化・コストダウンのための検討を1年間程度行った後、国内外での事業化展開を考えている。

水素ステーションや燃料電池分野以外の一般化学分野や石油精製分野のCO変性器の省エネルギー技術としての事業化については、本プロジェクト終了後にスケールアップ、高圧対応の検討を必要があればエンジニアリング会社との連携により実施し、（株）ルネッサンス・エナジー・リサーチがライセンスビジネスとして国内外に展開する。

(II-4)ホウ素系水素貯蔵材料の開発

委託先: (株)豊田中央研究所、東北大学金属材料研究所

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

理論計算に基づく材料設計、合成・評価・解析を三位一体で展開することにより、新たなホウ素系水素貯蔵材料を開発した。
 ・複合化に関しては、水素貯蔵に有利な反応経路を理論計算により予測し、複合水素化物の貯蔵特性における複合比の効果なども検討し、それらの最適化を進めた。
 ・中間相に関しては、水素放出・再吸蔵過程で生成した中間相を解明し、水素貯蔵特性における中間相の役割を検討した。
 ・水素放出・再吸蔵反応ともに促進できる添加物を選定し、その促進機構を解明した。また、微細構造を調査することによって、反応速度の支配因子を抽出した。
 これらの研究を通して、低温での水素放出ならびに再吸蔵が可能な新たなホウ素系水素貯蔵材料の開発指針を明確化することができた。

●背景/研究内容・目的

背景: 地球環境およびエネルギー供給に関する問題解決の手段として燃料電池車の普及が重要であるが、そのためには実用的な走行距離を実現する必要がある。

目的: 車載可能な高容量新規水素貯蔵材料を開発して燃料電池車の走行距離を向上させ、その普及に貢献することを最終的なターゲットとする。

研究内容: 本事業では高水素密度を有するホウ素系水素化物(M-B-H)に着目し、理論計算・合成・評価・解析技術を結集した体制で、新しいコンセプト(複合化、中間相、添加物)に基づくホウ素系水素貯蔵材料の開発を推進する。

●研究目標

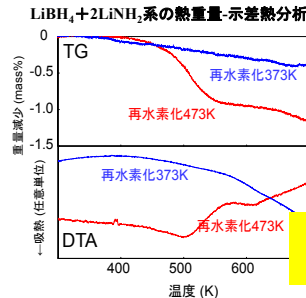
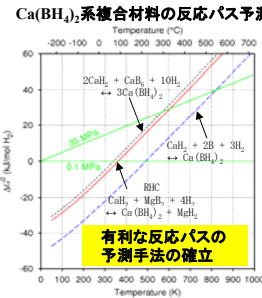
実施項目	目 標
1. 複合化によるホウ素系水素化物開発 (H20-H22)	反応パスの理論解明と実験検証と、最適組み合わせ選定
2. 中間相を用いたホウ素系水素化物開発 (H20-H22)	中間相の組成・構造の解明と、中間相の絞り込み
3. 添加物・微細構造制御による反応速度支配因子の解明 (H21-H22)	添加物の選定、微細構造の評価および、反応速度の支配因子の解明
4. ホウ素系水素貯蔵材料としての最適化 (H22)	150℃以下の水素放出温度、6wt.%級の再吸蔵量を見極め
5. 反応サイクル時の劣化要因の解明 (H23-)	劣化要因の解明とその対処法の確立
6. 実用化技術開発 (H23-)	材料系の最適化、大量合成技術の開発、低コスト化の指針
7. 実用性評価 (H23-)	耐久性評価、小型タンク評価、実用化の課題抽出

●実施体制及び分担等

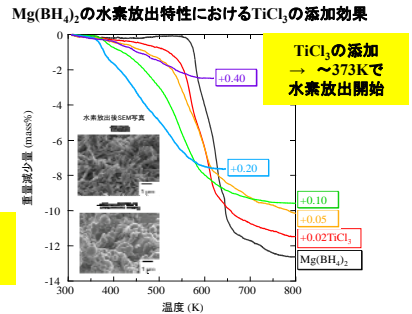
NEDO	(株)豊田中央研究所	実施項目 1, 2, 4, 5, 6, 7
	東北大学金属材料研究所	実施項目 2, 3, 4, 5, 6

●これまでの実施内容/研究成果

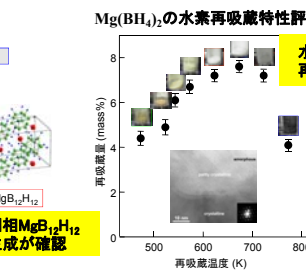
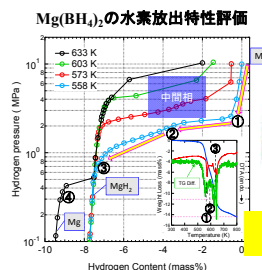
<複合化によるホウ素系水素化物開発>



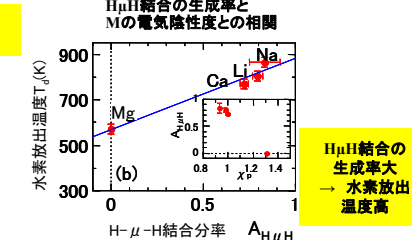
<添加物による反応活性化>



<中間相を用いたホウ素系水素化物開発>



<μSR解析>



●今後の課題

スケジュール(H24年度まで)

開発目標を達成するには、さらなる温度低下、反応速度の大幅な改良が必要である。今後、本事業で開発したLi-B-N-H系複合材料の組成、添加物、および微細構造等の最適化を行い、実用可能なホウ素系水素貯蔵材料の開発を推進する。

●実用化・事業化の見通し

ホウ素系水素化物は10mass%以上の水素を貯蔵可能である。本事業の開発により、100℃付近まで水素放出温度が低下し、再吸蔵反応が部分的に進行することを見出した。実用レベルまでには、さらなる温度低下、反応速度の大幅な改良が必要である。これらの課題を解決することにより実用化検討へ進むことが期待される。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
1. 複合化によるホウ素系水素化物開発	第一原理に基づく反応パスの予測手法を確立 M-B-N-H系複合材料を開発	○
2. 中間相を用いたホウ素系水素化物開発	水素放出・再吸蔵過程で生成した中間相を解明 および、貯蔵特性における中間相の役割を解明	◎
3. 添加物・微細構造制御による反応速度支配因子の解明	水素放出・再吸蔵反応を促進する添加物の選定 微細構造と反応速度の相関を検討 反応速度の支配因子を抽出	○
4. ホウ素系水素貯蔵材料としての最適化	200℃付近で水素放出・再吸蔵できるLi-B-N-H系複合材料を選定	△

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
2	16	45	0

ホウ素系水素貯蔵材料の開発

実施者：(株) 豊田中央研究所、(国) 東北大学 金属材料研究所

1. 事業概要

無機錯体系水素化物のうちホウ素系水素化物（以下 M-B-H）は、理論的には最大 18wt% もの水素を含有することができる。M-B-H の潜在能力を引き出し、車載用の水素貯蔵材料としての要求を満たすことができれば、燃料電池車の普及を大きく進めることが可能である。しかしながら、M-B-H は熱力学的に安定であるため水素を取り出す際に高温にする必要がある。M-B-H を車載用水素貯蔵材料として実用化するには、最大の特長である水素密度を損なうことなく、室温～150℃程度の比較的低温において迅速に水素を吸蔵・放出可能な特性を付与する必要がある。本事業では、先の「水素安全利用等技術開発事業」において得られた M-B-H に関する知見を活かし、新しいコンセプト（複合化、中間相、添加物）に基づく取り組みを活発に展開することによって目標達成を図る。

2. 事業目標

水素貯蔵材料（同材料容器や関連部品を含む）の開発目標は i) 質量貯蔵密度=6wt%以上、ii) 水素放出温度=150℃以下、iii) 耐久性=1000 回吸放出で初期貯蔵性能の 90%保持、iv) 材料コスト=1000 円/kg である。前期事業(平成 20-22 年度)では、M-B-H 系水素化物の探索と開発を実施し、そこから材料組成等を絞り込む。22 年度末の時点で、最終目標の質量水素密度 6wt%以上および水素放出温度 150℃以下を達成可能な新規材料の可能性を見極める。

3. 事業成果

理論・実験・解析の三位一体として研究開発を展開し実施計画の遂行に努め、下記の成果を得た。

(1) 複合化によるホウ素系水素化物開発

①MgB₂ をホウ素源として金属水素化物と混合することで、ホウ素系水素化物への水素化反応が促進されることが報告されており、このような混合体は Reactive Hydride Composite (RHC) と呼ばれている。この RHC の熱力学的安定性と水素化・脱水素化反応の可逆性について、密度汎関数法に基づく第一原理計算により解析した。

図 1 は Ca 系 RHC の水素化・脱水素化反応に対する温度と標準生成自由エネルギーの関係を示したエリンガム図である。水素平衡圧を一定とした場合、通常の水素化反応に比べ RHC の方が平衡温度は低いことから、RHC により水素化反応の熱力学的特性が改善されていることがわかる。ただし、RHC を水素化した後の脱水素化反応は Ca(BH₄)₂ 単体の分解反応と比べて、平衡温度がわずかに低い。すなわち Ca 系 RHC の水素化・脱水素化反応は可逆的ではない可能性が高い。

②Mg(BH₄)₂+xMg(NH₂)₂ は純粋な Mg(BH₄)₂ や Mg(NH₂)₂ に比べて水素放出温度が低い。このため、まず水素化反応に対する複合比 x の影響を調べた。熱重量・示差熱分析(TG/DTA) 曲線を図 2 に示す。723K までの各複合体の水素放出量は x の増加に伴い減少する結果となった(x=1, 1.5, 2 でそれぞれ 10.1, 8.2, 7.7 mass%)。623K で比較すると x=1.5 が最も水素放出量が多い。一方、x の増加に伴い水素放出ピーク温度(523K

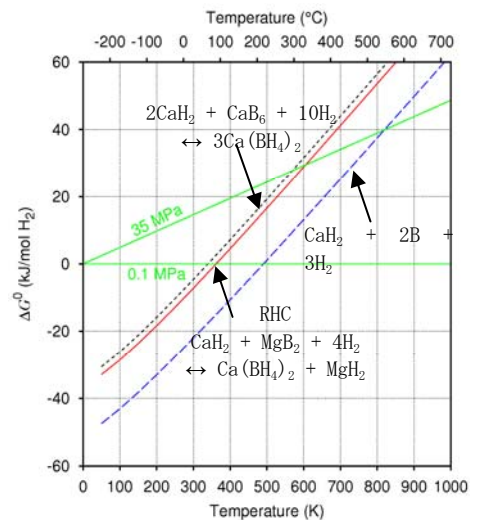


図 1 Ca 系 RHC に関するエリンガム図。

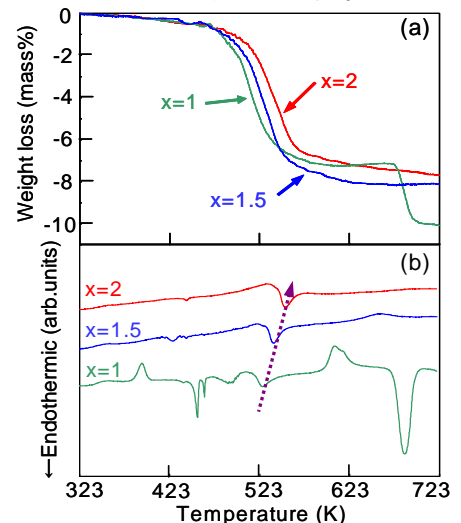


図 2 Mg(BH₄)₂+xMg(NH₂)₂ の (a) 熱重量分析結果と (b) 示差熱分析結果。

付近)は上昇する傾向を示した(図2(b)中に矢印で示す)。

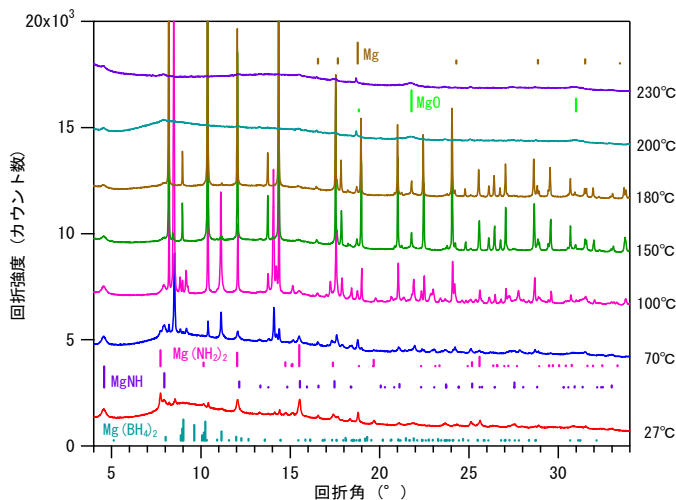


図3 Mg(BH₄)₂+Mg(NH₂)₂のXRD プロファイル

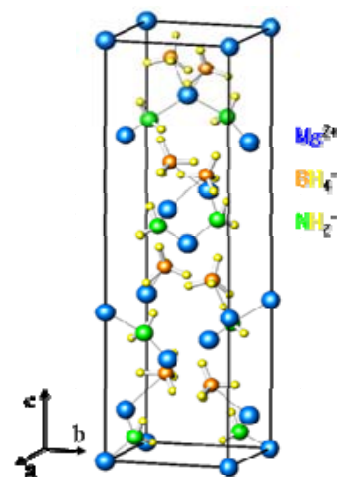


図4 Mg(BH₄)(NH₂)の結晶構造

次にMg(BH₄)₂+xMg(NH₂)₂(x=1, 1.5, 2)のミリング処理後(水素放出前)と水素中573Kで水素放出した試料について、放射光(SPring-8 BL19B2)によるX線回折測定および汎用XRD装置を改良した水素雰囲気中でのin-situ XRD測定(図3)を行なった。Mg(BH₄)₂+Mg(NH₂)₂は加熱に伴い、結晶相1→結晶相2(2Mg(BH₄)(NH₂))→非晶質相の過程を経て水素を放出する。結晶相2について、第一原理計算に基づく安定構造予測結果と比較しながら結晶構造を精密化した結果、図4に示すように、c軸方向にMg²⁺、NH₂⁻、Mg²⁺、BH₄⁻、Mg²⁺の順に陽イオンMg²⁺と陰イオンBH₄⁻、NH₂⁻が交互に積み重なる構造であることが明らかになった。この構造はLiBH₄+nLiNH₂(n=1~3)複合系の場合と同様に、性質の異なる2種類の陰イオンBH₄⁻とNH₂⁻が共存しており、この結果水素放出が低温化しているものと考えられる。

③LiBH₄+2LiNH₂混合体(5wt%NiCl₂添加)は423Kで9mass%以上の水素を放出する。本実験では再水素化の可能性について検討した。水素圧力0.1MPa、523Kで脱水素化した後、水素圧力50MPa、温度373Kまたは473K、24時間保持の条件で再水素化処理を行なった。図5にTGおよびDTA分析結果を示す。TG曲線から見積もると、473Kで再水素化処理した試料の水素放出量は1.2mass%であった。また、423K付近で水素の放出が開始していることから、本複合材料の一部が再水素化されていることが明らかになった。

④Ca(BH₄)₂にLiAlH₄と複合させた材料を合成し、その水素放出特性を評価した。ガスクロマトグラフによる水素検出では、各試料とも約130°C付近から水素の放出が開始した(図6)。Ca(BH₄)₂とLiAlH₄を複合させることで、水素の放出温度を下げる事が可能であることが明らかになった。

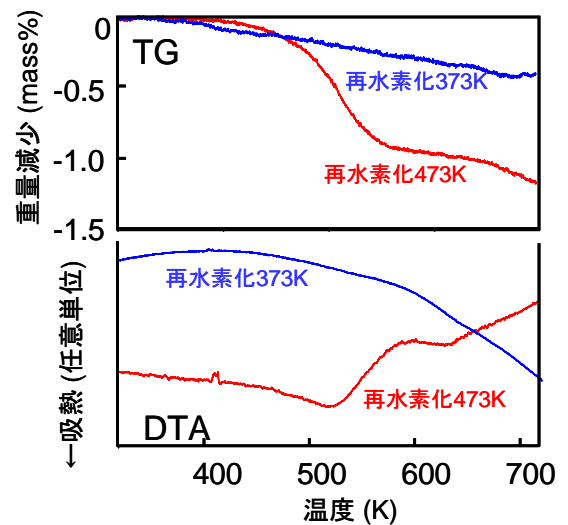


図5 LiBH₄+2LiNH₂再水素化試料のTG/DTA分析

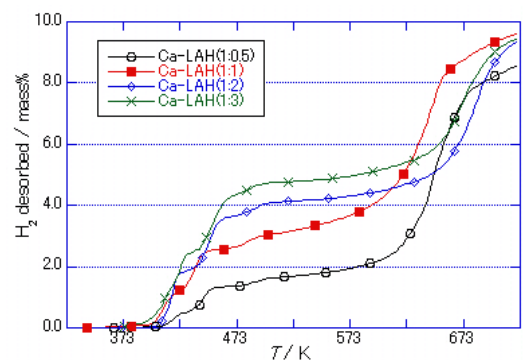


図6 TPD-GCによるCa(BH₄)₂+nLiAlH₄からの放出水素量(n=0.5~3)

(2) 中間相を用いたホウ素系水素化物開発

① 14.9 mass%もの高い水素貯蔵密度を有する $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ に着目して、水素放出反応の過程で生成する中間相に対して、水素放出条件（等温または昇温過程）が及ぼす影響について詳細に解析した。

図7に等温過程における $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ の水素放出特性を示す。633 K での2つのプラトーは、それぞれが $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ から MgH_2 まで、 MgH_2 から Mg までの水素放出に相当する。また558 Kにおけるプラトーの形状から、多段階反応で $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ の中間相が生成していることが示唆された。図7の挿入図に示す熱重量-示差熱分析の結果からは、昇温過程における水素放出反応でも等温過程と同様に多段階で進行し、中間相が生成することが判明した。ラマン・赤外分光分析および第一原理計算などの結果を総合すると、この中間相は $\text{MgB}_{12}\text{H}_{12}$ を中心とする B-H 系化合物であることが確認された。

② $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ の再水素化特性を調査するために、 $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ を 623K、6h で脱水素化処理後、473~773K の温度域（いずれも 40MPa、12h）で再水素化処理を行った。各温度で再水素化した試料の再水素化量を図8に示す。再水素化量は 673K 付近で最大値の 7.6mass%となることが分かる。即ち、再水素化温度の上昇に伴い、その反応が速度論的に促進されるために再水素化量が顕著に増加する。一方、再水素化温度が 700K を超える場合には、再水素化した試料が熱力学的に不安定となり逆に再水素化量が減少する。図9に示す再水素化した試料の ^{11}B マジック角回転法核磁気共鳴分析 (^{11}B MAS NMR) の結果から、 $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ および中間相 $\text{MgB}_{12}\text{H}_{12}$ の再生成が確認できた。これらの結果から、再水素化温度を制御することによって、 $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ および中間相 $\text{MgB}_{12}\text{H}_{12}$ の再生成が可能になることが示唆される。

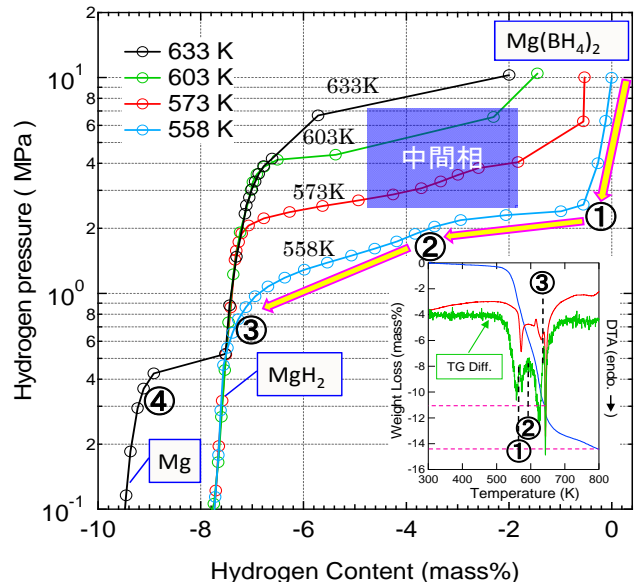


図7 $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ の水素放出特性（挿入図は昇温過程における熱重量-示差熱分析の結果）。

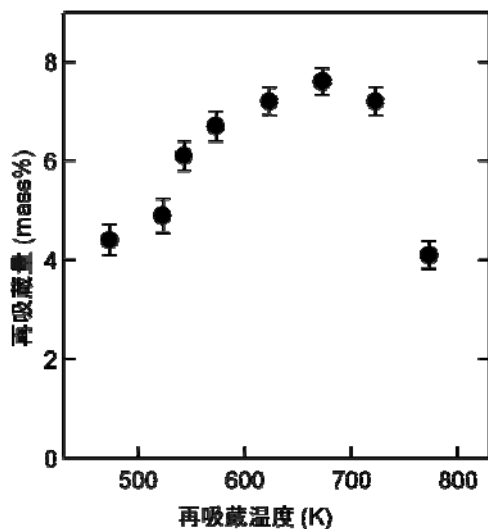


図8 $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ の各温度で再水素化（40MPa H_2 、12h）で再水素化処理した試料の水素含有量（=再水素化量）

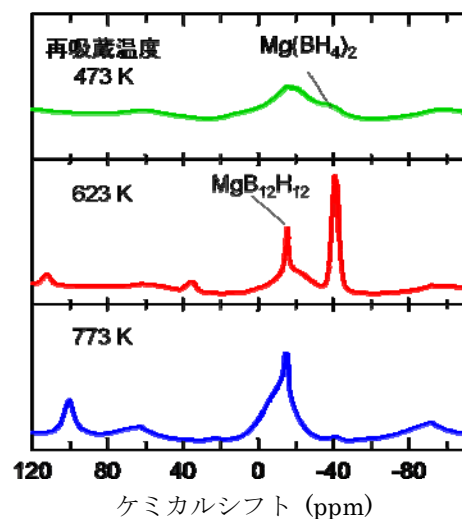


図9 再水素化した試料の ^{11}B MAS NMR 分析結果【共同研究先 東北大学 前川英己氏、高村仁氏】

③200°C付近での水素放出反応が期待される $Y(BH_4)_3$ に注目して、その合成条件を確立するとともに、水素放出反応や中間相組成を解析した。

YCl_3 と $LiBH_4$ を出発原料として、ジエチルエーテル中でのメタセシス反応と $LiCl$ 分離により高純度の目的化合物を合成した。粉末 X 線回折測定の結果、生成物である $LiCl$ の一部が残留しているものの、主成分は $Y(BH_4)_3$ であることを確認した。図 1 0 に昇温過程における熱重量一示差熱分析および質量分析の結果を示す。 $Mg(BH_4)_2$ と比較して水素放出量 (6.8 mass%) は少ないが、約 460K で水素放出反応が開始している。水素放出反応は $Mg(BH_4)_2$ と同様に多段反応であり、昇温に伴い 1) 相変態 (低温相 → 高温相)、2) 融解、3) $Y(BH_4)_3$ の中間相と YH_3 への分解、4) 中間相の分解、5) YH_3 の分解が順に起こることが明らかになった。

(3) 添加物・微細構造制御による反応速度支配因子の解明

① $Mg(BH_4)_2$ の水素放出特性における添加物効果を調査した。

図 1 1 に各種の化合物を添加した試料の熱重量分析の結果を示す。いずれの試料においても 14mass% 前後の水素放出量が確認される。また、各試料の水素放出開始温度を単独の $Mg(BH_4)_2$ (約 550K) と比較すると、C、TiC、 TiB_2 を添加した場合は明確な変化が見られないが、 $TiCl_3$ を添加することで約 370K から水素放出反応が開始することが明らかになった。また水素再吸蔵反応においても、 $TiCl_3$ はもっとも良い反応促進効果を示した。

$TiCl_3$ の促進効果を明らかにするために、XANES 測定により Ti の動径分布関数を解析、評価した。図 1 2 に 10mol% $TiCl_3$ を添加した試料を再吸蔵処理した試料、及びそれを 523K、773K まで加熱した試料の Ti の動径分布関数を示す。全ての試料において観測された Ti の動径分布関数は Ti が TiB_2 として存在していることを示唆している。このため、添加した $TiCl_3$ は $Mg(BH_4)_2$ と反応することで $Ti(BH_4)_3$ を形成し、この $Ti(BH_4)_3$ が分解することで TiB_2 が生成したと考えられる。このように生成した TiB_2 は、 $Mg(BH_4)_2$ の水素放出温度の低下および、再吸蔵反応の促進に寄与すると考えられる。

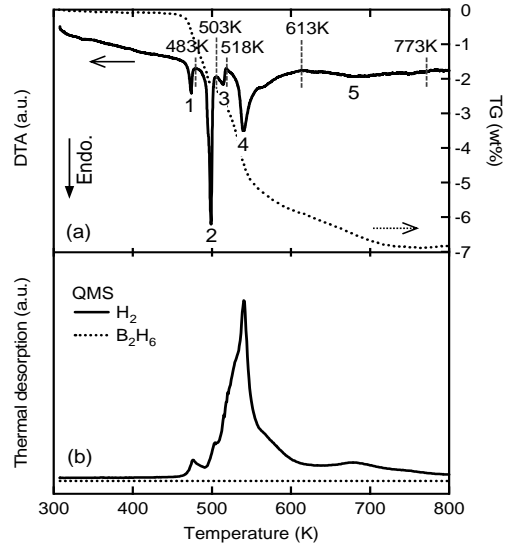


図 1 0 昇温過程における $Y(BH_4)_3$ の熱分析結果 ((a) 熱重量一示差熱分析、(b) 質量分析)。

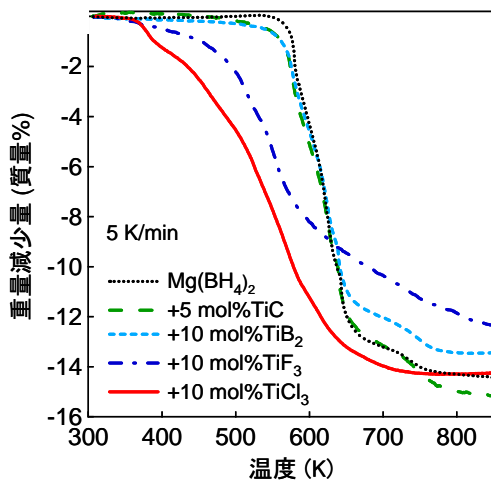


図 1 1 各種添加物を混合した $Mg(BH_4)_2$ 試料の熱重量分析結果

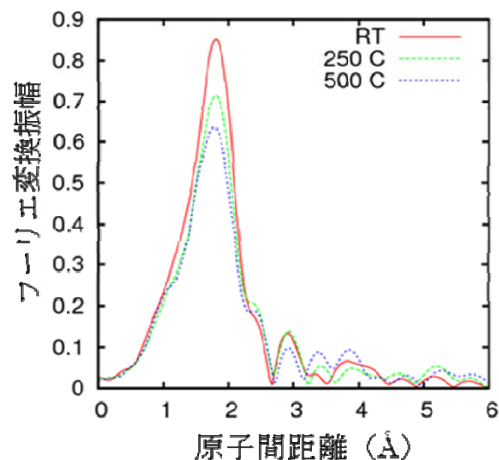


図 1 2 10mol% $TiCl_3$ を添加した試料を再吸蔵処理した後、及びそれを 523K、773K まで加熱した試料の Ti の動径分布関数【共同研究先 日本原子力研究開発機構 西畑保雄氏】

水素放出後試料の微細構造観察から、 TiCl_3 の添加により $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ の再吸蔵反応が促進されたもう一つの原因として、水素放出反応時における MgH_2 の析出の抑制であると考えられる。

図 1 3 に TiCl_3 無添加の $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ と TiCl_3 を 10mol% 添加した試料をそれぞれ水素放出処理した試料の SEM 像を示す。単独の $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ では試料表面に針状の MgH_2 の析出が観察される。一方で TiCl_3 を添加した試料では数 μm 前後の粒子が凝集しており、針状の MgH_2 の析出は確認できなかった。

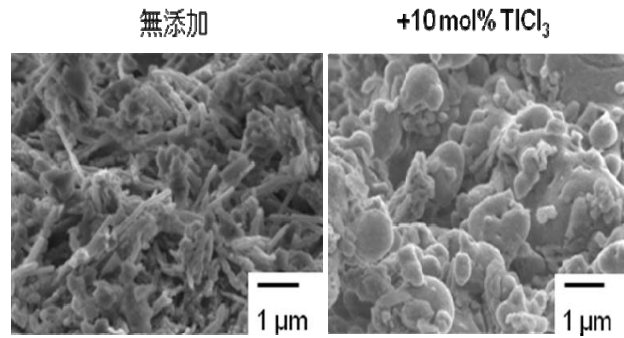


図 1 3 $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ および $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ に 10mol% TiCl_3 を添加した試料の水素放出後の SEM 像

TiCl_3 無添加試料では、水素放出後に試料表面に MgH_2 が析出するため、試料中の Mg と B 原子を偏在する結果となる。このため、水素を再吸蔵させるためには Mg と B 原子の長距離拡散が必要となり、結果として反応速度が低下したのと考えられる。 TiCl_3 を添加した試料では、 MgH_2 の析出が抑制され、水素放出後の試料中に Mg や B 原子が高分散状態を保つことで、拡散距離の短縮、さらには再吸蔵反応が促進されたと考えられる。

(4) μSR (ミュオン・スピン回転・緩和法) によるホウ素系水素化物の分析・解析

ホウ素系水素化物中に微量の不純物としてプロトンが存在したときのプロトンの占有サイト及び結合状態を調べるため、 μSR 実験を行った。正ミュオン (μ^+) は軽いプロトンの同位体 (質量はプロトンの 1/9) と考えられ、物質中の振舞いはプロトンとほぼ同様であるため、 μ^+ の状態を解析することにより、プロトンの状態を知ることができる。図 1 4 に結果の一例を示す。実験はカナダの TRIUMF 研究所の M20 ビームラインで行った。 LiBH_4 の零磁場測定では自発的な回転信号を観測した。これは、 μ^+ と核スピン 1/2 のプロトンが結合状態 ($\text{H}-\mu^+-\text{H}$ 結合) を形成していることに起因する。

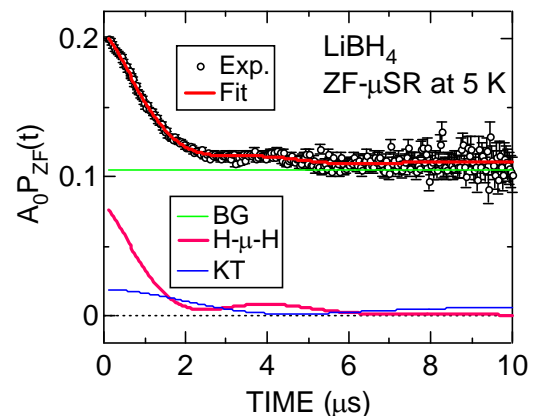


図 1 4 LiBH_4 中のミュオンスピン偏極度の時間変化

各種のホウ素系水素化物中のプロトンの状態を調べるため μSR 実験を行った。試料には LiBH_4 、 NaBH_4 、 KBH_4 、 $\text{Ca}(\text{BH}_4)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ 、 $\text{Sc}(\text{BH}_4)_3$ 6 種の粉末多結晶を用いた。零磁場測定 (図 1 5) では $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ を除く 3 種の試料で測定した全ての温度範囲で、回転信号

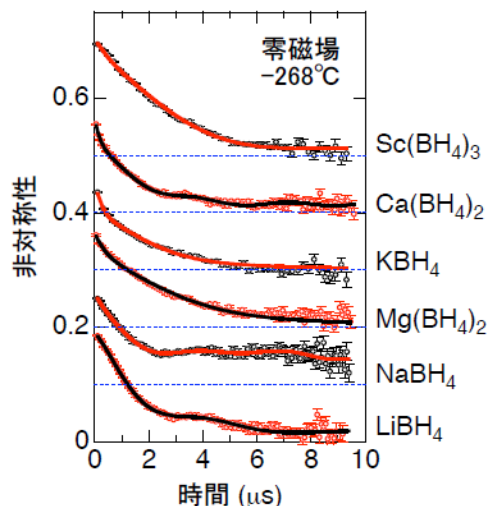


図 1 5 μSR プロファイル

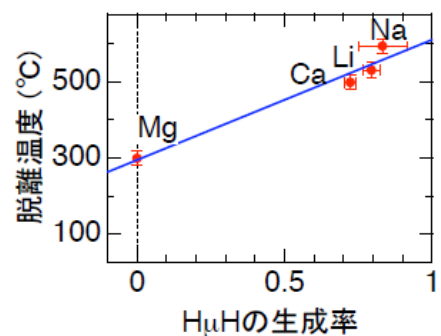


図 1 6 脱離温度と $\text{H}-\mu^+-\text{H}$ 生成率の関係

を観測した。磁性を持たない物質における零磁場ミュオンスペクトルの回転信号は、正ミュオン (μ^+) と水素 H が結合状態を形成していることに起因する。図 16 に零磁場スペクトルの解析結果を示す。横軸は試料中に打ち込んだ μ^+ が H- μ^+ -H 結合を形成する確率、縦軸は試料からの水素脱離温度 T_d である。 T_d と H- μ^+ -H 結合の生成率に明瞭な相関を見出した。

特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT*出願	査読付き	その他	
H20FY	0 件	0 件	0 件	3 件	3 件	13 件
H21FY	2 件	0 件	0 件	5 件	5 件	32 件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

理論計算・実験・解析チームが一体となって、ホウ素系水素貯蔵材料の研究開発を実施した。

(1) 理論計算では、ホウ素化物を用いた RHC (reactive hydride composite) の水素化・脱水素化の反応経路を予測し、複合化の方向性を示した。

(2) 種々の錯体水素化物の複合化を実施し、単体 BH_4 および NH_2 化合物よりも水素放出温度が低い複陰イオン錯体水素化物 Mg-B-N-H を開発した。同様の複陰イオン錯体水素化物である Li-B-N-H について、塩化物の添加と高温高圧水素化処理により、一部再水素化が可能であることを示した。一部の水素が $130^\circ C$ で放出可能な複陽イオン錯体水素化物 Li-Ca-Al-B-H を開発した。

(3) $Mg(BH_4)_2$, $Y(BH_4)_3$ のホウ素系水素化物を合成し、水素放出過程での中間相の生成を明らかにした。また、再水素化過程においても中間相は重要な役割を有していることが示唆された。

(4) $Mg(BH_4)_2$ の水素放出・再水素化反応への添加物効果を検討し、 $TiCl_3$ 化合物が水素放出・再水素化の両反応に極めて効果的であることを見出すとともに、その機構についても解析を進めた。また、添加物により水素放出後試料の微細構造を制御することで、構成元素の良好な分散状態を維持することが再水素化反応の速度向上に寄与することを示した。

(5) ホウ素系水素化物の微細構造解析技術として μSR を導入し、陽イオン種の違いによるホウ素系水素化物の熱力学的安定性と H- μ^+ -H 生成率との相関を見出した。

5. 実用化・事業化見通し

ホウ素系水素化物は 10mass%以上の水素を貯蔵可能である。本研究開発では、複合化、中間相、添加物等の最適化によって、水素放出温度が $100^\circ C$ 付近まで下がり、高温高圧ではあるが一部再水素化も可能であることを見出した。実用レベルまでには、さらなる温度低下、反応速度の大幅な改良が必要である。今後の研究開発によって、これらの課題を解決したうえで、実用化検討へ進むことが期待される。

(Ⅱ-5) ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発

委託先: 日本重化学工業株式会社

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

- ・2段のプラトーが出現することで水素吸蔵量がそれまでの1.0質量%から1.7質量%に増加した, MgPrNi₄組成のC15_b型のラーベス構造を有した合金を開発した
- ・313Kで300サイクルの水素吸蔵・放出を繰り返した後も, 95%以上の水素吸蔵・放出量を維持することができるMg_{1.4}Pr_{0.6}Ni₄組成の合金を開発した
- ・C14型のラーベス構造を有したCaLi₂組成合金および第3元素置換を行った合金を正確に作製することができる, ヘリウム雰囲気での浮遊溶解による手法を開発した

●背景/研究内容・目的

ラーベス合金ではZrV₂H₆のようにH/Mが2.0まで到達する合金が存在している。一方Mgを含んだ軽なラーベス合金では, H/M=0.7程度までしか水素を吸蔵しない。その理由を調べるために水素化物の構造等の情報を取得し, ZrV₂のそれらと比較・検討を行う。また得られた知見をもとにMg系ラーベス合金が, H/M=0.7程度までしか水素を吸蔵しない理由および常温常圧で可逆的に水素を吸蔵・放出できる理由を解明する。その結果をもとに, より高吸蔵量が期待できる合金系であるC14型のCaMg₂系およびCaLi₂系の合金が吸蔵・放出可能となるような改良へのフィードバックを行う。

●研究目標

実施項目	中間目標(H22年度)	最終目標(H24年度)
MgNi ₂ 系C15型ラーベス合金	水素化物の構造を調べ, 合金組成改良による吸蔵量の向上	3質量%, 150°C, 1000サイクルを満たした合金の開発
RENi ₂ 系C15型ラーベス合金	不均化の進行過程を各種手法にて調査して挙動を把握する	水素吸蔵による不均化反応のメカニズムの解明
CaMg ₂ 系C14型ラーベス合金	水素化物の構造を調べ, 合金組成改良による放出温度の低下	150°C以下でも6質量%を放出する合金の開発
CaLi ₂ 系C14型ラーベス合金	格子定数および原子半径比を変えた合金の作製・評価	不均化等を抑制し, 室温で6質量%を吸蔵する合金の開発

●実施体制及び分担等

NEDO — 日本重化学工業(株)

●これまでの実施内容／研究成果

右の図には2段目のプラトー領域が確認できたMgPrNi₄の各温度でのPCT曲線を記した。水素吸蔵量は0°C, 8MPaで約H/M=1.1, 1.7質量%であった。上段および下段のプラトー領域の水素放出の平衡圧力値からファントホッププロットにより求めたΔHおよびΔSはそれぞれ-19.6, -42.4kJ/molH₂および-98.2, -126.8kJ/molH₂・Kであった。また上段の水素化物は立方晶C15_b, 下段の水素化物は斜方晶であった。Mg_{1.4}Pr_{0.6}Ni₄組成合金では313Kで300サイクルの吸蔵・放出後も95%以上の水素移動量を維持していた。

RE系合金: 各種RE, 微量添加合金の試作・評価
Ca系合金: 第3元素を置換した合金の試作・評価

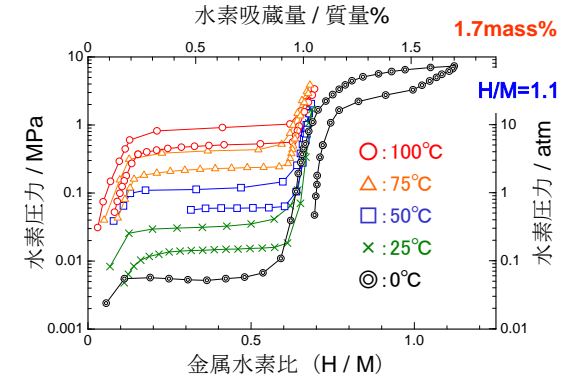


図. MgPrNi₄組成合金のPCT曲線

●今後の課題

／スケジュール(H24年度まで)

- MgおよびRE系
 - ・不均化の挙動解析によるメカニズムの解明および抑制方法の考案
 - 23年度まで: 不均化挙動の観察, 測定
 - 24年度まで: メカニズム解明および抑制方法の考案, 実証
- Ca系
 - ・改良した組成合金の水素化物の構造解析を行い, 死蔵水素の情報を取得し, 再度の組成設計に反映させる
 - 23年度まで: 水素化物の構造調査
 - 24年度まで: 再設計合金の試作・評価

●実用化・事業化の見通し

現状では, 2段プラトーによる吸蔵量の増加と断片的な不均化に関する情報の取得に留まっており, 今後これらを基にCa系の改良ができれば実用化の見通しがたつと考えている。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
MgNi ₂ 系C15型ラーベス合金	2段プラトーによる吸蔵量が増加する合金の発見および2種類の水素化物の構造解析	○
RENi ₂ 系C15型ラーベス合金	不均化挙動に関する情報を取得, 抑制案に基づいた試作の実施	△
CaMg ₂ 系C14型ラーベス合金	室温で水素化物の高真空による放出の有無の調査実施	×
CaLi ₂ 系C14型ラーベス合金	ヘリウム雰囲気での浮遊溶解炉を用いたCaLi ₂ 系合金の作製方法を開発	△

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	0	6	0

ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発

実施者：日本重化学工業（株）

1. 事業概要

高容量な水素貯蔵材料を開発するために重要なことは、軽量な元素で構成された材料を開発することである。Mg、Li および Ca 等は軽量であるためそれらの水素化物(MgH₂ 等)の水素含有量(水素貯蔵量)は高濃度(高容量)となる。しかしながらそれらの水素化物は通常、非常に安定であるため、大気圧力程度の水素放出圧力を得るためには、少なくとも 300℃以上の高温が必要になる。この課題を克服するために現在までに、さまざまな試みが行われてきたが、Mg、Li および Ca 等が室温程度の温度で可逆的に大気圧力程度の水素を速やかに放出するような改良は成功していない。

また様々な手法で Mg、Li および Ca を主要な構成元素とする合金を作製することで、室温程度の温度で可逆的に大気圧力程度の水素を速やかに吸蔵・放出することを目指した改良も試みられているが、満足のいく結果は得られていない。水素の吸蔵反応は室温程度の温度で開始するようにはなるものの、放出反応は依然として 300℃程度を必要とし、かつ可逆性や反応速度にも問題がある結果となっているのが現状である。反応速度に関しては通常の AB₅ 型の合金では、平衡状態に達するまでに要する時間が数分程度であるが、一部の Mg 系合金では数時間から数日かかるものがあり、大きな課題となっている。

また一部の Mg、Li および Ca 系の合金は水素を吸蔵した後に、合金の分解反応(不均化反応)が起こり、MgH₂ や CaH₂ および LiH 等の水素化物が生成してしまう。一旦これらが生成すると、大気圧力程度の水素の放出には MgH₂ や CaH₂ および LiH 等の分解反応に必要な、少なくとも 300℃以上の高温が必要になる。また上記のように、遅い反応速度、高温を要する放出特性および不均化反応等の問題のほかにも、Mg、Li および Ca 等を含有した合金を開発する際の問題点として、通常の溶解法では蒸発によって生成する Mg、Li および Ca の微粉末の危険性がある。このため、多種多様な合金を系統的に作製し研究することが困難であることが、この系の合金開発の進展を妨げている理由のひとつでもある。この問題に関しては、これまでの研究開発で、溶解時の雰囲気ガスの成分を変化させることや、融点が低い母合金を用いる 2 段階の溶解法で、Mg などの蒸気圧の高い金属群がチャンバ内壁に凝縮して微粉末となり、自然発火性の危険性が高くなる合金開発実験上の障害を取り除くことが可能であることを見出した。

当社では平成 15 年度～19 年度にかけて「水素安全利用等基盤技術開発—水素に関する共通基盤技術開発—高容量水素吸蔵合金と貯蔵タンクの開発」事業において(独)産業技術総合研究所殿と共同で Mg 系合金の開発および溶解作製法の改良を行ってきた結果、室温で可逆的かつ速やかに水素を吸蔵・放出することが可能な Mg 系 C15 型および C15_o 型ラーベス構造の合金を開発した。開発した合金は Mg を 30at%程度含有しており、質量貯蔵密度は 1.5mass%程度である。この Mg を多量に含有し室温で可逆的かつ速やかに吸蔵・放出する合金の開発は世界的にも注目を集めている。この系の合金の水素吸蔵量を増やす目的で新たに開発した Ca 系 C14 型ラーベス構造の合金は、Mg を 70at%程度含有しており、室温で速やかに 5mass%以上の水素を吸蔵する。またこの合金は水素吸蔵後でも不均化反応による MgH₂ を生成することなく、合金は分解せず、結晶構造を維持した状態で水素を吸蔵する。しかし大気圧力程度の水素を放出する反応は室温では起こらず、ターボ分子ポンプによる高真空までの減圧や 250℃程度の加熱によって、はじめて水素を放出する。この 250℃の加熱もしくは真空排気による水素放出反応を詳細に調べた結果、室温での水素吸蔵後では生成していなかった、MgH₂ からの放出が起こっていることが判明した。

これらの結果をふまえ、本事業の研究開発では蒸気圧が高い Mg や Li および Ca 等の軽量な金属を主要な構成元素とするラーベス構造を有した合金の放出特性の改善や不均化反応のメカニズム解明を行い、その抑制を目指した組成の改良・設計を行うことで、6mass%級合金の開発を目指す。また放出特性の改善や不均化反応の抑制に関する開発指針を得るために、質量貯蔵密度は少ないが同じ C15 型ラーベス構造を有した Mg 系合金や希土類系合金の水素化物の詳細な調査を実施し、得られた開発指針を高容量な Ca 系合金に応用することを試みる。

C15 型ラーベス構造を有する Mg 系や希土類系のメカニズム解析は、基本的には 6mass%が期待できる C14 型 Ca 系合金の高容量化のアプローチの手段である。

なお本研究に使用する合金の試作方法に関しては、先に記した開発した溶解方法を用いる予定である。

本事業では、以下のメカニズム解析と研究開発を実施する。

1) Mg 系合金による水素吸蔵サイトの解析

室温で可逆的に吸蔵・放出可能な C15 型ラーベス構造の Mg 系合金が、なぜ室温でも放出可能なのかを調べる目的で水素吸蔵サイトの情報を取得し、得られた情報をもとに、高吸蔵量型合金である C14 型の

CaMg₂系合金が、室温で水素を放出可能となるような改良にフィードバックを行う。

2) 希土類-Ni系合金による不均化のメカニズム解析

C15 型ラーベス構造の希土類-Ni 系合金の水素吸蔵による不均化反応のメカニズム解明を行い、得られた情報をもとに、高吸蔵量型合金である C14 型ラーベス構造の CaLi₂ 系合金の不均化反応抑制を目指した合金設計にフィードバックして 6mass%級合金の開発を行う。

3) CaMg₂系合金の開発

CaMg₂ 系合金の水素が吸蔵されているサイトおよび吸蔵されていないサイトの情報を取得し、その情報をもとに元素置換等によりサイトの構成元素を変化させることおよび C15 型ラーベス合金によるメカニズム解明の結果を応用することで放出特性を改善する。

4) CaLi₂系合金の開発

高吸蔵量の C14 型ラーベス構造の CaLi₂ 系合金では水素吸蔵後の CaH₂と LiH への不均化反応の抑制を目指し、不均化反応のメカニズムを解明することにより得られた情報および C15 型ラーベス合金での解析情報をもとに不均化反応抑制を目指した合金設計を行い、実用的な 6mass%級合金を開発する。

2. 事業目標

本事業は燃料電池自動車等の普及と水素エネルギーの導入・普及に向けて必要となる水素製造・輸送・貯蔵・充填等一連の機器およびシステムに関する要素技術開発のうち、高容量水素吸蔵合金を開発するために実施するものである。また本事業では、水素貯蔵技術に関する要素技術の開発として、ラーベス構造を有した新規高容量水素吸蔵合金の研究開発を実施し、水素貯蔵機器およびシステムの高性能化・軽量化等効率向上に繋がる技術を開発することを目的としている。

具体的には以下の性能を満たした水素吸蔵合金を開発することが事業の目標である。

- ・水素質量貯蔵密度が 6mass%を有すること
- ・0.1MPa 以上の水素圧力での水素放出温度が 150°C以下であること
- ・初期貯蔵性能の 90%を維持した吸蔵・放出回数としての耐久性が 1000 サイクル以上であること

また、実用化を考慮して-10°C~50°Cでの温度範囲での使用を想定した水素貯蔵タンクに合金を充填することを想定した結果、以下の数値に関しても目標とする。

- ・反応熱|ΔH|が 20~30kJ/molH₂ 程度(ただしΔSは-100J/molH₂・Kとする)
- ・水素の体積貯蔵密度が 0.25~0.10g/cm³ 程度
- ・水素の吸蔵・放出速度が 10 分で最大吸蔵量の 90%以上を吸蔵・放出
- ・材料コストが 1000 円/kg

3. 事業成果

3-1. Mg 系合金

以下の図 1 には Mg_{2-x}Pr_xNi₄ 組成の C15_b 型のラーベス合金の 0~100°Cで 0.01~8MPa までの範囲の PCT 曲線を示した。これらの結果から分かるとおり、PCT 曲線は、化学組成がわずかにかわることで大きく特徴が変化することが分かった。x=0.6 合金の PCT 曲線では平坦で幅が広

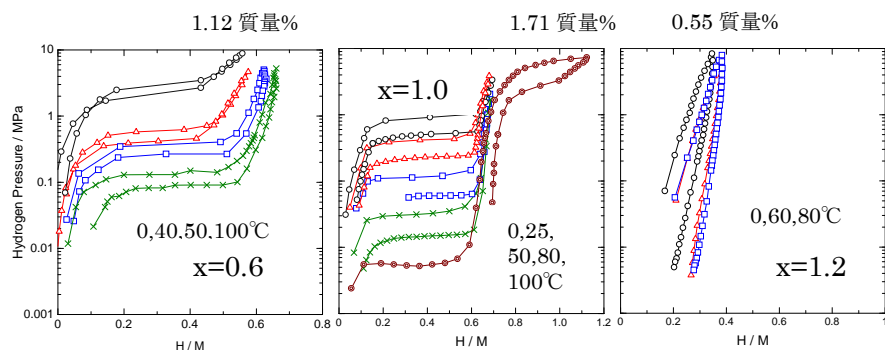


図 1. Mg_{2-x}Pr_xNi₄ の PCT 曲線 (x=0.6, 1.0, 1.2)

い1段のプラトー領域が確認できたが、化学量論組成である $x=1.0$ 合金での 0°C で 8MPa までの測定の結果では、高圧部分で2段のプラトー領域の出現が確認できた。その結果、水素吸蔵量は $\text{H}/\text{M}=0.6$ (1.0 質量%)から $\text{H}/\text{M}=1.1$ (1.7 質量%)まで増加した。下段のプラトー領域の水素放出の平衡圧力値からファントホッププロットにより求めた ΔH および ΔS は $x=0.6, 1.0$ 合金でそれぞれ $-39.2, -42.4\text{kJ}/\text{molH}_2$ および $-133.0, -126.8\text{kJ}/\text{molH}_2\cdot\text{K}$ であった。より高圧の水素を用いて $x=1.0$ 合金の上段プラトーの詳細を調べた結果、 ΔH および ΔS は $-19.6\text{kJ}/\text{molH}_2$ および $-98.2\text{kJ}/\text{molH}_2\cdot\text{K}$ であった。化学量論組成より Pr がリッチな $x=1.2$ 合金では、明確なプラトー領域が存在しておらず、吸蔵量も極端に少ない結果となっていた。

図2には、同合金の水素吸蔵時の構造の変化を調べた粉末X線回折測定結果を示した。測定領域は、水素固溶相(合金相)、プラトー領域(2相共存領域)および水素化物相の3つの領域である。 $x=0.6$ 合金では生成する水素化物の金属副格子はホストの合金と同じ C_{15} 型のラーベス構造であった。つまり水素吸蔵時に合金は等方的に膨張していた。一方 $x=1.0$ 合金は生成する水素化物は斜方晶系の結晶構造であった。つまり異方的に膨張していた。 $x=1.2$ 合金では水素吸蔵によって非晶質化が起っていた。また Mg, Pr の加重平均した原子半径と Ni の原子半径の比 ($R_{\text{Mg,Pr}}/R_{\text{Ni}}$) が、 $1.39(x=1.2)$ であり、2元素の C_{15} 型ラーベス合金で非晶質化が起こるとされている 1.37 以上の値となっている。よって本系でも「原子半径比が 1.37 以上で非晶質化が起こる」という経験則が有効であることが分かった。従って今後の実用合金の化学組成を設計する際には、非晶質化を抑制するために、この原子半径比を考慮する必要があると言える。

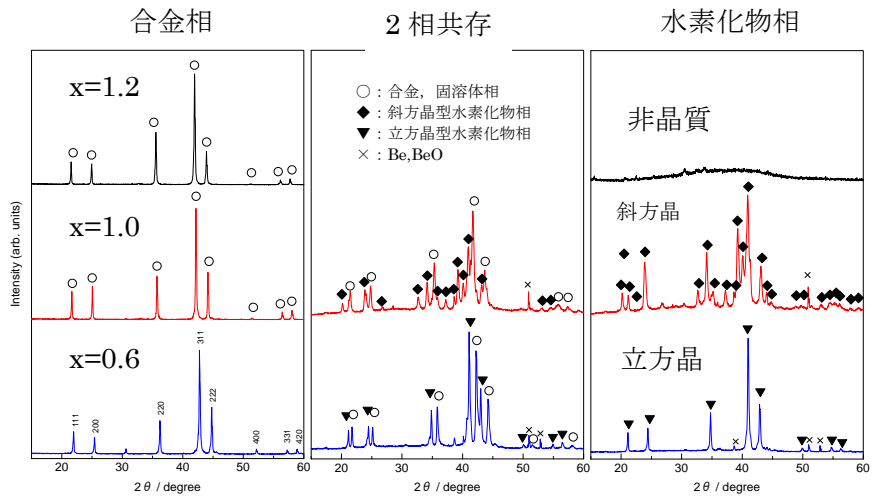


図2. $\text{Mg}_{2-x}\text{Pr}_x\text{Ni}_4$ の各状態での XRD プロファイル ($x=0.6, 1.0, 1.2$)

図3には、 MgRENi_4 合金 ($\text{RE}:\text{La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd}$) の PCT 曲線を示した。La, Ce 合金以外では明確にプラトー領域が確認できた。また Nd, Sm, Gd 合金では格子定数が Pr 合金より小さくなっており、そのため平衡圧力が上昇し、測定した温度、圧力範囲では2段目のプラトーが観察できなかったものと思われる。Nd, Sm, Gd 合金での ΔH および ΔS はそれぞれ、 $-43.9, -33.3, -34.5\text{kJ}/\text{molH}_2$ および $-133.5, -108.2, -120.8\text{kJ}/\text{molH}_2\cdot\text{K}$ であった。La 合金では、 1 質量%程度の水素の吸蔵・放出は確認できたが、プラトーは確認できなかった。Ce 合金では水素の吸蔵が確認できなかった。これらに関しては今後詳細を調べ明らかにしていきたいと考えている。

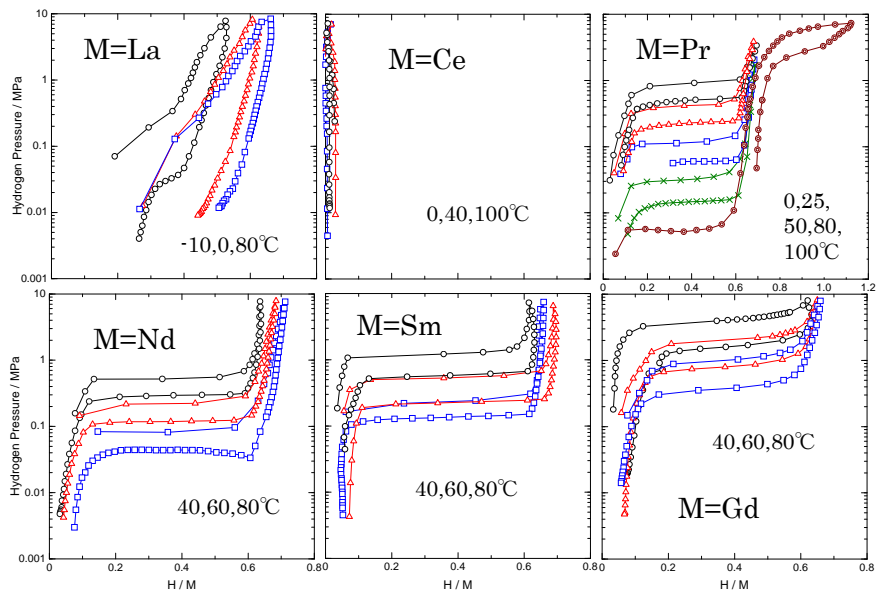


図3. MgRENi_4 の PCT 曲線 (RE : La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd)

下の図4には化学量論組成合金である MgRENi_4 ($\text{RE}:\text{Pr, Nd, Sm, Gd}$) の水素化物の水素雰囲気中での XRD 測定の結果を示した。この結果から分かるとおり、いずれの希土類元素を用いた合金でも MgPrNi_4 と同様に、水素化

物の金属副格子は◆印で示した元の合金と同様の C15_h 型の結晶構造を取ることが分かった。つまり水素化物は異方的に膨張していることが分かった。

また以前の研究で Mg_{1.4}RE_{0.6}Ni₄ (RE: Nd, Sm, Gd) 合金では Pr の場合と同様に1段のプラトー領域が確認でき、かつ水素化物が等方的に膨張した C15_h 型の構造を取ることが分かっている。これらのことと今回の結

果を合わせて考えると、Mg_{2-x}Pr_xNi₄ 合金で観られた x の値の違いでの水素化物が、①C15_h 型(等方的膨張, 1段プラトー)、②斜方晶化(異方的膨張, 2段プラトー有り)、③非晶質化と変化する傾向が、RE: Nd, Sm, Gd 合金でも観られるものと予想される。ただし非晶質化に関しては原子半径が Pr>Nd>Sm>Gd となっているため、それぞれの合金で非晶質化が起こる x の値は変化してくるものと思われる。またこの x の値は臨界値の 1.37 から逆算すると、x=1.1(RE: Nd)、x=1.2(RE: Sm)、x=1.3(RE: Gd)と予想される。

図 5 には MgPrNi₄ および Mg_{1.4}Pr_{0.6}Ni₄ 合金のサイクル特性を調べた結果を示した。測定は 313K で、約 3MPa の水素圧をチャージし 10 分間吸蔵させた後、ロータリーポンプで同じく 10 分間真空排気を行うサイクルを繰り返した。またサイクル測定の中で、313K で最高 8MPa までの条件で PCT 測定を実施した。その結果を図 6 に示した。図 5 の結果から明らかのように、Mg_{1.4}Pr_{0.6}Ni₄ 合金では非常にサイクル特性に優れており、300 サイクル後も 97% 程度の水素吸蔵量を維持していた。この値から推定すると目標の 1000 サイクルで 90% 以上を達成するものと思われる。一方 MgPrNi₄ 合金では、初期の 50 サイクルで 25% 以上吸蔵量が減少してしまう結果となっていた。同様の傾向が PCT 測定結果でも得られた。サイクル測定後の合金の XRD 測定および粒度分布測定を行った結果より、MgPrNi₄ 合金では XRD ピークのプロードニングが顕著に確認できた。一方 Mg_{1.4}Pr_{0.6}Ni₄ 合金では 300 サイクル後も XRD ピークはシャープなままであった。また、粒度の変化にも違いがみられ、MgPrNi₄ 合金に比べて Mg_{1.4}Pr_{0.6}Ni₄ 合金では微粉化が顕著に起こっていた。これらの結果からサイクル特性に影響を与えている要因を考察し、今後の特性の向上に向けての化学組成や構造の改良に反映していくことが重要であると思われる。

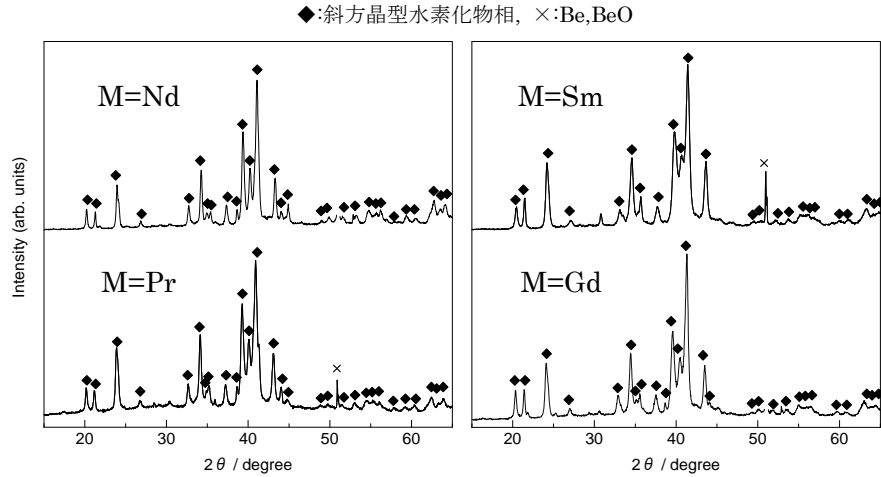


図 4. MgRENi₄ の水素化物の XRD プロファイル (RE : Nd, Pr, Sm, Gd)

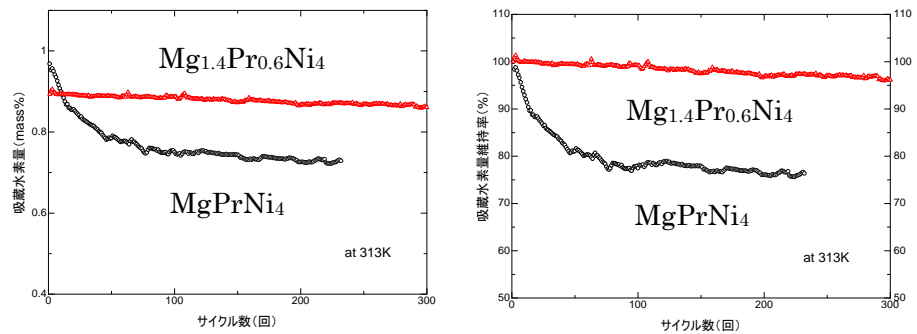


図 5. MgPrNi₄ および Mg_{1.4}Pr_{0.6}Ni₄ のサイクル特性

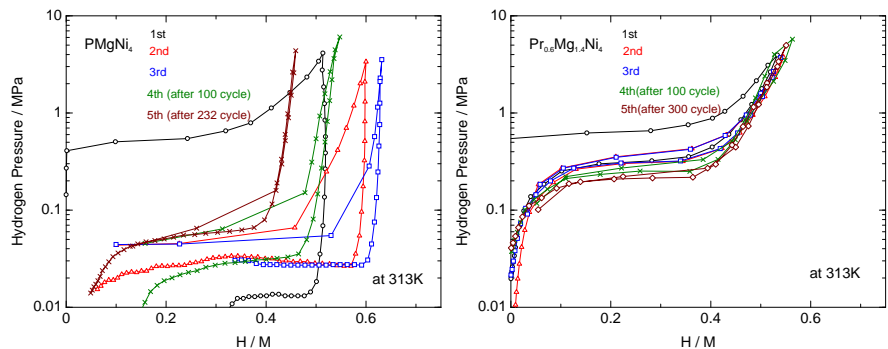


図 6. MgPrNi₄ および Mg_{1.4}Pr_{0.6}Ni₄ のサイクル試験途中の PCT 曲

3-2. 希土類 Ni₂ 系合金

CaNi₂ でみられた水素吸蔵による不均化を抑制するために、格子定数および原子半径比を減少させた RENi₂ 系合金の作製、評価を行った。RE が La, Pr, Gd 合金では不均化が確認できた。より格子定数および原子半径比を減少させた合金での不均化抑制効果を確認する目的で RE が Eu, Er, Yb, Lu での合金をアーク溶解法にて作製した。また第 3 元素添加による不均化反応の抑制効果を確認する目的で RENi₂B_{0.25} 合金 (RE:Ca, La, Pr, Gd, Eu, Er, Yb, Lu) を高周波誘導溶解およびアーク溶解法により作製した。

RENi₂ 合金 (RE:Pr, Gd) の RE サイトを 50% 以下の量で Mg で置換した合金では水素吸蔵による非晶質化が確認できた。この非晶質化は合金の化学組成に敏感に依存しており、置換量が 50% をこえると非晶質化が起こらなくなる事がわかった。また水素化時の温度が高いとより非晶質化しやすいことも分かった。

3-3. CaMg₂ 系合金

CaMg₂ 系の不均化の抑制ができた (Ca_{0.8}La_{0.2})Mg₂Ni_{0.1} 組成合金が C14 構造を維持しての 150°C 以下での放出が可能かどうかを確認するために、ターボ分子ポンプを用いて (Ca_{0.8}La_{0.2})Mg₂Ni_{0.1}H_{5.8} の真空排気を 100°C にて行った。実験手順は以下の通りである。

1. 水素化物作製
2. ターボ分子ポンプによる真空排気 (100°C、約 10 時間)
3. 室温、3MPa の水素チャージ (1 回目)
4. R.P. による真空排気 (80°C、約 10 時間)
5. 室温、3MPa の水素チャージ (2 回目)
6. 粉末 X 線回折測定 (大気中)

なお、ターボ分子ポンプによる最高到達真空度は約 3×10^{-3} Pa であった。1 回目の水素チャージでは、吸蔵量は 24 時間で約 1.7mass% であった。1 回目の水素チャージでは、70 時間で約 1.0mass% であった。粉末 X 線回折測定の結果、C14 相は観られず、Mg、Ca に分解していた。以上の結果のように、ターボ分子ポンプによる排気後では水素の再吸蔵は起こったつまり放出は起こったが、C14 構造を維持することができなかった。(Ca_{0.8}La_{0.2})Mg_{2.14}Ni_{0.11}H_{5.8} を不安定化させる目的で (Ca_{0.8}La_{0.2})Mg₂Ni_{0.1} の格子定数を小さくするよう La を Ce, Pr, Nd, Sm で置換した合金を作製した。また生成した C14 相の格子定数がわずかに小さくなっていることを確認した。

3-4. CaLi₂ 系合金

CaLi₂ の水素吸蔵による不均化を抑制するために、格子定数および原子半径比を変化させた合金の試作を試みた。具体的には高周波誘導溶解炉により B, C, Al, Mg, La, Ni の添加・置換合金の作製を試みた。しかし高温、長時間の溶解により、るつぼと熔融金属との反応が確認できた。様々な素材のるつぼでの溶解を試みたが、結果は同様であった。そこで、るつぼからの不純物の混入を防ぐため浮遊溶解炉での試作を試みた。その結果、最初に溶けた Li の液体が Ca 等の固体と良く反応し、均一な合金組成の湯が容易に作製できた。また雰囲気ガスを He にすることで Li や Mg の蒸発挙動を制御でき、安全に精度良く正確に目的組成の合金を作製することができた。以下の図 7, 8 には浮遊溶解中の CaLi₂ 系合金および凝固後のインゴットの写真を示した。なおインゴットは直径が 2~3cm で 5~10g 程度である。粉砕等の作業はグローブボックス内で行っている。



図 7. 浮遊溶解中の CaLi₂ 系合金の様子

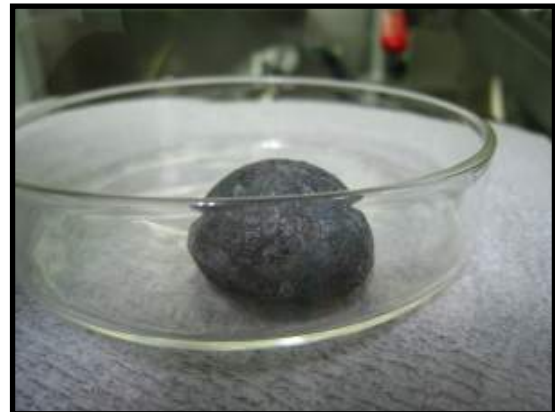


図 8. 作製した CaLi₂ 系合金インゴット

特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
H20FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件
H21FY	0件	0件	0件	0件	0件	3件
H22FY	0件	0件	0件	0件	0件	3件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

○Mg系 C15_b型合金 : MgRENi₄組成合金で2段のプラトー領域が出現し、水素吸蔵量が向上することを見出した。低圧および高圧で出現する2種類の水素化物の結晶構造は斜方晶および立方晶(C15_b型)であることがわかった。水素化特性は化学組成に非常に敏感であり、MgとREの量比がわずかにずれるだけで2段プラトーが消滅したりアモルファス化が起こったりする。サイクル特性ではMg_{1.4}Pr_{0.6}Ni₄組成合金が優れており300サイクル後でも95%以上性能を維持していた。

課題 : 2段プラトーの詳細およびMgCeNi₄およびMgLaNi₄組成合金でみられる他の希土類組成合金とは異なる挙動の調査を行う。

○希土類 Ni₂系合金 : 水素吸蔵による非晶質化(不均化)の挙動に関する情報を取得できた。また非晶質化の有無が合金の化学組成に敏感に依存していることがわかった。

課題 : 不均化の初期段階を各種手法で観察することで挙動の解析を行い、メカニズムを解明することで抑制方法を考案し、実際の合金組成に反映させ実証する。

○CaMg₂系合金 : C14型の結晶構造を維持した状態で生成する水素化物は150°C以下で高真空での排気により水素を放出するものの、不均化が起こってしまう。放出温度の低下を目指した格子定数が(Ca_{0.8}La_{0.2})Mg₂Ni_{0.1}より小さい合金を試作した。

課題 : 格子定数を小さくした合金の評価を行い、生成する水素化物の構造解析を実施する。また中性子回折等で死蔵水素の情報を取得し、不安定を目指した組成設計に反映する。

○CaLi₂系合金 : 格子定数や原子半径比を変化させた組成の合金を精度良く作製可能な、ヘリウムガス雰囲気中での浮遊溶解炉を用いた手法を開発し、CaLi₂のCaおよびLiサイトを第3元素で置換した合金を作製した。

課題 : 改良した組成合金の水素化物の構造解析を行い、死蔵水素の情報を取得し、更なる組成設計に反映させる。不均化抑制メカニズムを盛り込んだ組成合金の試作評価を行う。

5. 実用化・事業化見通し

現状では、Mg系合金での2段プラトーによる吸蔵量の増加、RE系合金での断片的な不均化に関する情報の取得およびCaLi₂系での試料作製手法の開発に留まっており、今後これらを基に高容量が期待できるCa系合金の組成設計により、不均化抑制や放出特性の改良ができれば実用化・事業化の見通しがたつものと考えている。

(II-6) 低コスト型70MPa級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発

委託先: (株) タツノ・メカトロニクス

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

- ・ディスペンサーのプロトタイプを組み込み設計・試作が可能になった。
- ・プレクール装置の仕様検討、評価装置を試作したことから、基礎評価の環境が整備できた。
- ・70MPa大流量コリオリ流量計検出部、コアプロセッサータイプの計測部を設計、試作したことにより、性能評価が可能になった。

●背景/研究内容・目的

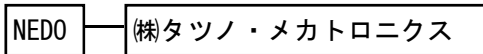
背景: 世界的な環境意識の高まりや、我が国エネルギー供給の安定化・効率化・地球温暖化、環境問題の解決および新エネルギーの開発等を図る目的の一環として水素社会構築の重要性が認識され、その早期実現が求められている。また、普及促進のためには安全性を担保した低価格、高耐久性の水素ステーションの早期実現が必須である。

目的: 水素供給インフラ立ち上げ(2015年頃)に向けた低コスト、高耐久性を実現した水素ディスペンサーを開発する。

●研究目標

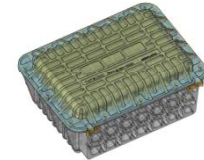
実施項目	中間目標(H22年度)	最終目標(H24年度)
ディスペンサー全体	基礎制御評価 防爆申請・コスト検証	低価格・高耐久性 ディスペンサーの開発 コスト: 従来比50% 耐久性: メンテ1回以下/年
コリオリ流量計の開発	大流量用検出部、計測部の簡素化試作 基礎評価・防爆申請	
ディスペンサー制御部開発	簡素化試作 基礎評価・防爆申請	

●実施体制及び分担等



●これまでの実施内容/研究成果

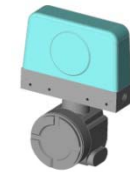
- ①ディスペンサー開発
 - ・ディスペンサー全体の仕様検討、構成機器の検討
現状のディスペンサーの仕様、構成機器を見直し、信頼性を考慮し、安全性、耐久性を十分確保した上で、コスト効果のあるプロトタイプ的设计、試作に目途がついた。
 - ・制御部の簡素化
ディスペンサー制御部の簡素化として、コリオリ流量計の計測部簡素化で開発した防爆ボックスを流用可能にした。また、簡素化に対応する電子基板の開発をおこなった。
- ②プレクール開発
現状のプレクール設備の仕様および構成を検討し、ヘリウムガスでの基礎評価設備の設計、試作を実施した。
- ③コリオリ流量計開発
 - ・検出部の開発
大流量を実現するチューブ材質の強度計算、管路形状を検討した結果、候補材としてSUH660を選択した。SUH660を使用してフローチューブの設計試作をおこなった。
 - ・計測部の開発
簡素化を実現するため、防爆ボックスを開発した。来年度の防爆申請の基礎評価(強度試験、ケーブル引留め機能試験など)を実施し申請用データを取得した。また、検出部を計測部と一体化したコアプロセッサータイプの仕様検討をおこない、設計・試作した。使用する電子デバイスについては、デバイス評価キットを利用して基本構想をまとめ、実用化回路の設計をおこない、基板設計まで実施した。



防爆ボックス



プレクール評価用設備



コリオリ流量計

●今後の課題

スケジュール(H24年度まで)

- ①ディスペンサーのプロトタイプ開発
組み込み設計、防爆申請、コスト検証
- ②ディスペンサー電子部簡素化
- ③プレクール装置の基礎評価
- ④コリオリ流量計の性能評価
コアプロセッサータイプの開発、防爆申請
- ⑤ディスペンサー実証試験

●実用化・事業化の見通し

実用化の目途が立ち、インフラ立ち上がり状況に合わせて事業化を予定。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
ディスペンサー全体	プロトタイプ的设计、試作に見通しを得た。	○
コリオリ流量計の開発	コアプロセッサータイプの性能評価が可能になった。	○
ディスペンサー制御部開発	簡素化実現に目途がついた	○

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	0	0	0

低コスト型70MPa級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発

委託先：(株)タツノ・メカトロニクス

1. 事業概要

本研究開発は、「水素製造・輸送・貯蔵システム等システム等技術開発」を対象として、「水素ステーション機器要素技術に関する研究開発」を行うこととし、研究開発項目「低コスト型70MPa級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発」を実施する。

燃料電池自動車へ高圧水素を供給する重要な機器である水素ディスペンサーは、ガス流路として遮断弁、流量調整弁、コリオリ流量計、ホース、緊急離脱カップリング、充てんカップリングなど多数のコンポーネントが組み合わされ、またそれらをコントロールする制御部および充てん量を表示するカウンターで構成されている。これらの構成機器のうち、具体的には低コスト化に向けたコリオリ流量計の開発と、ディスペンサー制御部（機器の簡素化、集約化）を行うと共に、同NEDO事業内の他のプロジェクトで開発予定の廉価版遮断弁、流量調整弁等の搭載および機器メーカーでの新規開発品の搭載によりコスト低減を図る。尚、各機器の開発時にはコスト低減のための製造手法（一体化、樹脂化、板金金型化等）について検討し、その手法による開発の有効性が顕著であれば実施する。

プレクール装置は70MPa水素ガスを燃料電池自動車へ短時間に充てんする場合、水素を冷却するためのシステムである。現時点ではディスペンサーとは独立機器として運用されているため、ディスペンサーとの最適化システムを低価格化と併せて検討する。

コリオリ流量計のフローチューブは現時点では水素脆化の懸念が持たれているため、安全性、計測精度における問題有無確認のため従来フローチューブでの水素暴露試験を実施すると共に、水素に対して低感受性新素材のフローチューブによるコリオリ流量計製作を実施する。

2. 事業目標

我が国エネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題・地球環境問題の解決および新エネルギーの開発等を図る目的の一環として、水素社会構築の重要性が広く認識され早期実現が求められている。水素インフラ立ち上げは2015年に燃料電池自動車の一般ユーザーへの普及開始を目指すとFCCJが表明しているが、その後の普及促進のためには安全性を担保した低価格、高耐久性の水素ステーションの早期実現が急務である。よって、本事業における低コスト型70MPa級水素ディスペンサーの研究開発（機器開発を含む、低コストおよび高耐久性機器開発）では、水素ステーションの普及促進、ひいては水素エネルギー社会の実現を図るため以下を目標とする。

①低価格ディスペンサーの開発（現行比50%）

②高耐久ディスペンサーの開発（メンテ周期1年以上）

また、その実施にあたり、各研究機関等で得られたデータを有効に活用する必要があるため、本事業の他分野の委託先（財団法人 石油産業活性化センター等）、他のプロジェクト（JHFC2）並びに車両メーカー、機器メーカーと各種W. Gなどへの積極的な参画により、緊密に連携して取り組むこととする。

3. 事業成果

3.1 ディスペンサー開発

(1) レイアウト設計

ディスペンサー全体の仕様・構成機器を検討した結果、遮断弁および脱圧弁について同NEDO事業で(株)キッツが開発中の安価なボールバルブの開発見込みが立ったので構成機器に採用した。概要仕様は以下のとおり。

①型式：EAIT1111（暫定）、シングル、両面カウンター、サイドカップリング掛け

②充てん圧力：70.0MPa

③常用圧力：上流側 80.0MPa 下流側 70.0MPa

④設計圧力：上流側 89.0MPa 下流側 78.0MPa

⑤計量範囲：0.25～5.0kg/min

⑥計量精度：±1.5%

⑦カウンター：液晶 6桁 0～999999g

⑧流量計：コリオリ式流量計

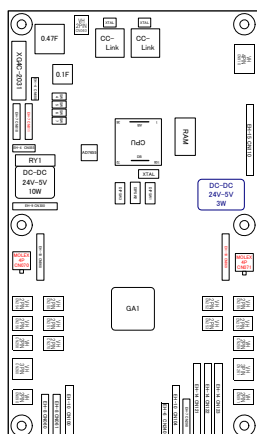
- ⑨遮断弁／脱圧弁：ボールバルブ
- ⑩流量調節弁：電空式制御弁
- ⑪安全弁：設定圧力 78.0MPa
- ⑫圧力伝送器：出力レンジ 0～120MPa
- ⑬圧力計：測定レンジ 0～120MPa

また、他のNEDO事業での規制見直しの観点から以下の仕様を考慮してディスペンサーの実用化モデル開発を実施する。

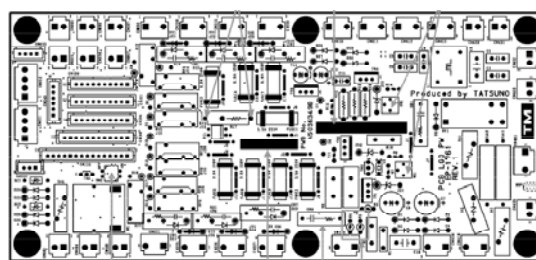
- ①ホース断裂保護のため、緊急離脱カップリングの設置
- ②安全弁元弁の未設置

(2) 制御部の簡素化

ディスペンサー制御部は充てん制御と各種エラーおよび警報を自身の表示装置に表示する機能と、水素ステーション全体を管理するシステム（制御盤）へ各種情報を発信する機能が必要である。現在のディスペンサーではそれらの機能の一部を独立したシーケンサーで実施している。制御部の簡素化、低コスト化として充てん制御、高圧ガス機器の制御、制御盤との信号授受など、その機能の全てを満足する制御部を検討した。さらにコリオリ流量計測部の表示操作の機能を統合、集約することによりディスペンサー内部機器を制御部にて一括制御を目指し、電子関係の高機能化、低価格化に目途をつけた。関連する電子デバイス検討、選定し電源基板、制御基板の設計、試作を実施した。



ディスペンサー制御基板



ディスペンサー電源基板

また、ディスペンサーにおいて機能統合を実現するためにソフトウェアの仕様検討をおこない、ハードウェア開発と同期しながら基本設計をすすめた。開発コストの削減、開発期間の短縮、開発したソフトウェアの信頼性を高めるべく、ソフトウェアの開発環境についても検討を重ねた。



ソフトウェア評価装置

3. 2 プレクール開発

燃料電池自動車へ70MPa水素ガスを充てんするときには、車両容器の温度上昇を抑えるため、水素ガスを冷却するプレクール装置が設置されている。現行のプレクール装置は独立した装置でディスペンサーとは連動して制御していない。充てんシステム全体の簡素化、低価格化の観点からプレクール機能を統合した充てんシステムを検討した。プレクールの機器構成を検討するため、ヘリウムガスでの基礎評価設備の設計、試作を実施した。



プレクール評価用設備



ブライン配管

3. 3 コリオリ流量計開発

(1) 検出部の開発

コリオリ流量計検出部の水素脆化の影響を確認するため試験装置の設計、基礎試験を実施しコリオリ流量計の大流量対応に向け、予備的データを取得した。基礎試験用に45MPa級大流量コリオリ流量計を開発し、大流量仕様におけるフローチューブの厚肉化やそれに伴う検出部回路の改善点等を確認、整理した。

①耐圧・気密試験

結果：耐圧試験 67.5MPa（水圧）にて問題なし。
気密試験 45.0MPa（ガス圧）にて問題なし。

②振動試験

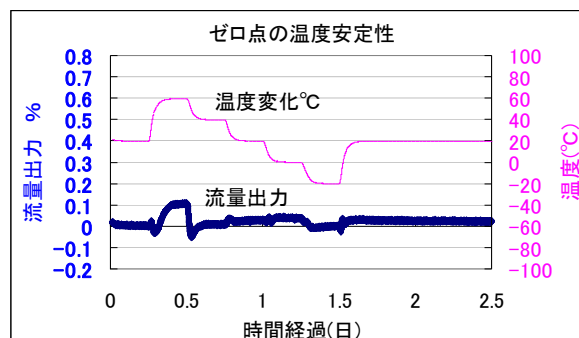
結果：検出部3方向（X、Y、Z）取り付け状態において、加振によるフローチューブの破壊がなく、正常信号の出力を確認した。

③ゼロ点安定性試験（温度試験）

結果：-20℃～40℃において安定性に問題なし。



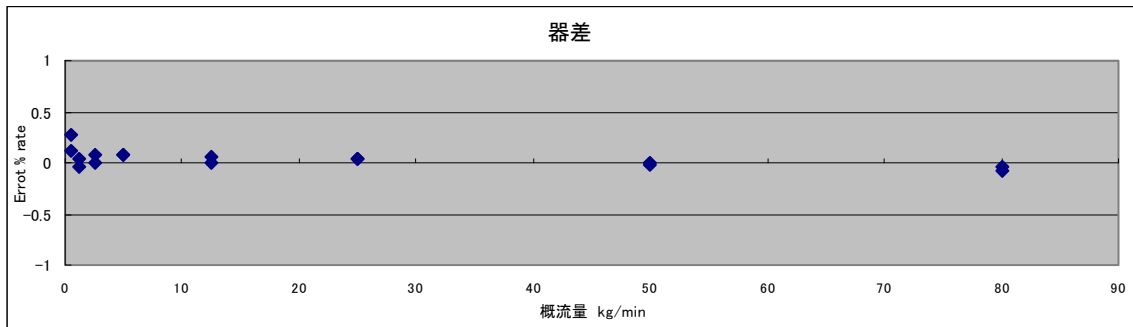
振動試験



ゼロ点温度安定性試験

④精度試験

結果：1Kg/min～80Kg/minの流量範囲で精度0.5%と良好。



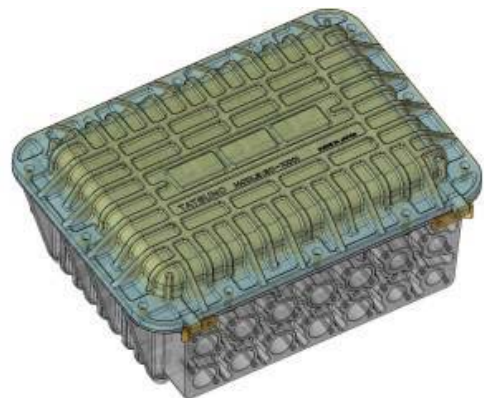
精度試験

大流量用フローチューブの材質検討、強度計算、性能を満足する形状などを検討し候補材料としてSUH660を選択した。SUH660は水素感受性が低く水素脆化が少なく、かつ高圧ガスに耐えうる強度を併せ持った材料で、現時点では最も有力な材料と考える。SUH660を使用してフローチューブの設計試作を実施した。

材質	許容応力	耐水素脆化	チューブ感度	選定結果
SUS316L	△	◎	×	
SUS310S	○	○	△	
NW0276	◎	△	◎	
SUH660	◎	○	◎	採用

(2) 計測部の開発

コリオリ流量計の計測部を簡素化するため、流量計測に用いるデータの設定機能、流量、エラー状態等の表示機能を、ディスペンサー制御部への機能移管実現に目途がついた。簡素化した計測部の電子部品、基板を収納する防爆ボックスを開発した。本防爆ボックスはディスペンサーのバリアや電源、制御基板などを収納するための耐圧ボックスとしても使用可能な設計とした。防爆申請のための基礎評価（強度試験、ケーブル引留め試験等）を実施し、申請用データを取得した。



防爆ボックス

①耐圧試験

耐圧試験装置を使用し、破壊圧力が要求性能以上であることを確認した。

要求性能： 容器が2000KPaの圧力にて破損なきこと。



耐圧試験装置

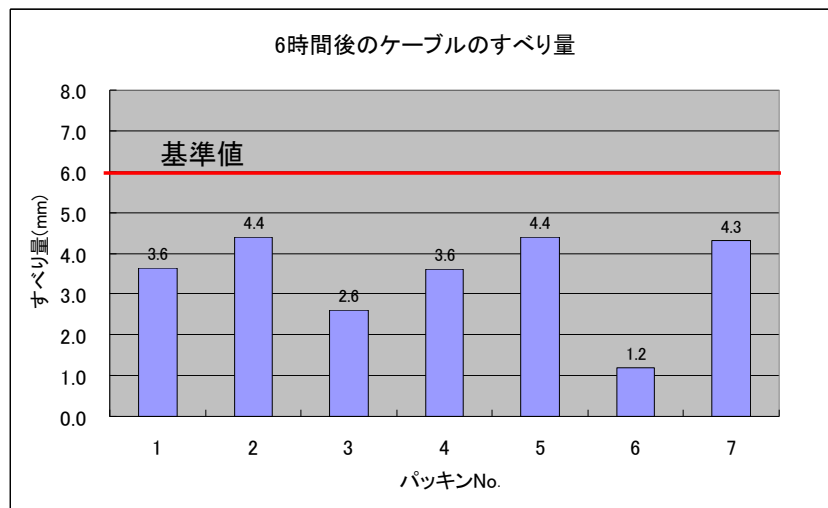
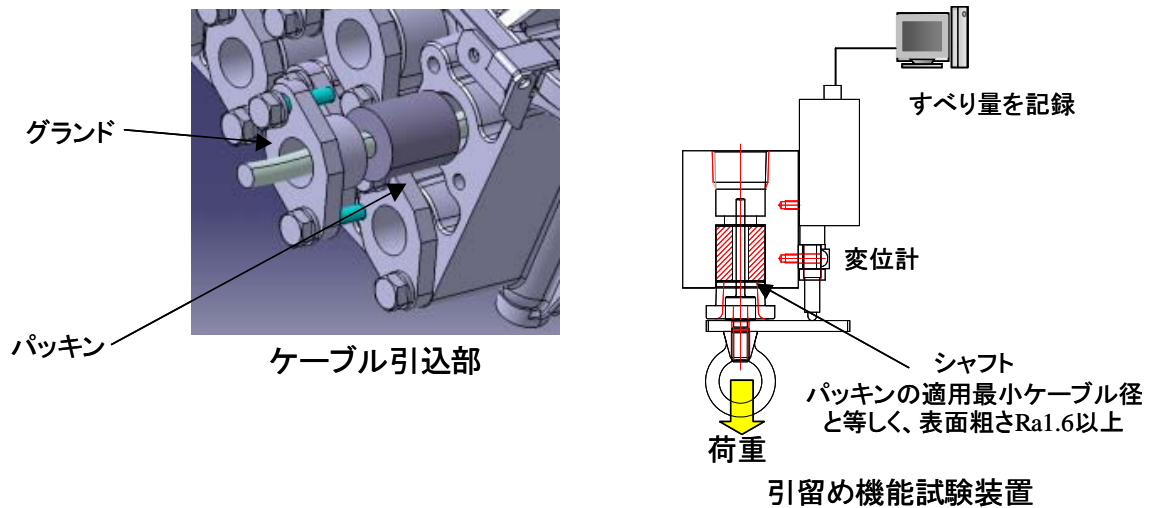
耐圧試験結果

供試品		破壊圧力 (KPa)	判定
コントロールボックス	ボックス	2200以上	良
	カバー	2030	良
ジョイントボックス		3030	良

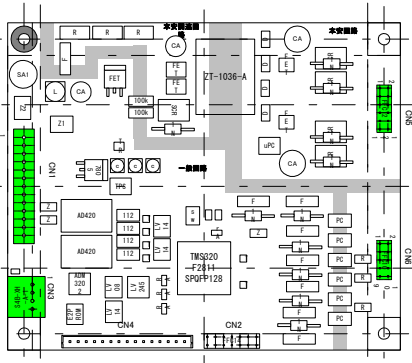
②ケーブル引留め機能試験

ケーブル引込み部の引留め機能試験を実施し、いずれのパッキンも要求性能を満たしていることを確認した。

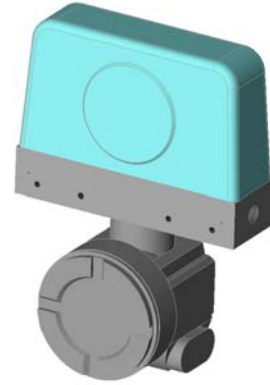
要求性能 : 引留めるケーブル直径 (mm) の20倍の力 (N) を6時間以上加えたとき、ケーブルのすべり量が6mm以下であること



さらに計測部機能を簡素化し、検出部と一体化したコアプロセッサタイプの仕様検討を行い、設計、試作を実施した。使用する電子デバイスについてはデバイス評価キットを利用して基本構想をまとめ、実用化回路の設計を行い、機能を集約した基板設計まで実施した。



計測部基板



コアプロセッサタイプ

3. 4 特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
H2 0FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件
H2 1FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

4. 1 まとめ

- ①ディスペンサー実用化モデルの組込み設計、試作の見通しを得た。
- ②ディスペンサー制御部の簡素化に目途がついた。
- ③プレカール装置の基礎評価環境が整備できた。
- ④70MPa大流量コリオリメータのコアプロセッサタイプの性能評価が可能になった。

4. 2 課題

- ①ディスペンサーのプロトタイプ開発
機能を集約化した制御基板、他のプロジェクト等で開発された新規高圧ガス機器を反映させた組込み設計を実施し、実用化モデルを開発する。実用化モデルにて防爆申請、コスト検証を行う。
- ②ディスペンサー電子部の簡素化
バリア、電源などの組込み設計、開発したソフトウェアの適合性検証を実施する。
- ③プレカール装置の基礎評価
試作した評価装置にて評価試験を行い、機器の性能確認、課題抽出を行う。
- ④70MPa大流量コリオリメータの性能評価
コアプロセッサタイプのコリオリメータの性能評価および防爆申請を行う。
- ⑤ディスペンサーの実証試験
実用化モデルにて実際の水素ステーションで燃料電池自動車への充てんを繰り返し、ディスペンサー全体の耐久性、信頼性等の検証が必要である。

5. 実用化・事業化見通し

実用化の目途がついたと判断ができる。事業化については社会情勢、インフラ立ち上がり状況を鑑みて判断したい。

(Ⅱ-7) 低コスト型70MPa級水素ガス充填対応大型複合容器の開発

委託先: JX日鉱日石エネルギー株式会社
サムテック株式会社

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

- ・アルミライナーを用いた高圧(破裂圧力300MPa以上)複合容器のトウプリプレグ(TPP)を使用したDRY法による試作に成功し、アルミライナーの設計仕様が確定した。
- ・大型・長尺複合容器を製造しうる大型フィラメントワインディング(FW)装置の設計開発が終了し、大型複合容器の製造が可能となった。
- ・内部加熱法の問題点(加熱ムラ)を確認し、装置の改良および内部加熱法に適した樹脂の開発を行い、内部加熱法を有効に利用するFW手法に目処が立った。

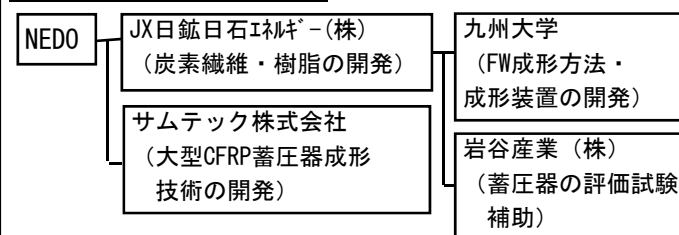
●背景/研究内容・目的

燃料電池自動車(FCV)の2015年度からの普及に向け、2013年度末までに水素供給インフラ整備の目処を立てる必要がある。現在、FCVに搭載されている圧縮水素用容器の圧力仕様は、70MPaが主流となっており、水素ステーションに必要な蓄圧器の常用最高圧力は80MPa以上となる見込みである。この高圧水素用蓄圧器用として、本研究では、現行の鋼製蓄圧器と比較して、コスト的にもスペース的にも有利な蓄圧器用大型炭素繊維強化複合材料(CFRP)容器の開発を行う。この開発により、水素ステーション建設コストを6%以上削減し、水素供給インフラの整備に貢献する。本研究では、従来のWET法に比べ、品質が安定し高速でFWすることのできるTPPとFW時の巻崩れや樹脂の加熱硬化工程時間の削減が期待できる内部加熱法を組み合わせた新規のFW手法によりコストダウンを目指す。

●研究目標

実施項目	中間目標(H22年度)	最終目標(H24年度)
常用圧力	80MPa	充填圧対応圧力
容量	200L	300L
重量	1000kg以下	1500kg以下
コスト	1000万円以下	1000万円以下

●実施体制及び分担等



●これまでの実施内容／研究成果

1. FW成形技術の開発

(1) 高圧CFRP容器の作製

FCV用70MPa車載タンク(破裂圧力200MPa以下)には適用可能なライナーであっても、本開発目標の水素ステーション用蓄圧器には対応できないことが判明し、ライナー口金・ネジ部の設計変更を行い、破裂圧力300MPa以上のCFRP容器の作製を可能とした。

(2) 大型(長尺)CFRPの作製

大型FW装置を設計開発し、6m、1600kgまでの大型容器の作製が可能となった。

2. 内部加熱法の開発

(1) 中型内部加熱装置の設計開発

既存FW装置に開発した内部加熱装置を設置した。コンプレッサーで空気をライナーに流し、ライナーへの流入直前にヒーターで空気を加熱する。CFRP容器の表面温度を解析し、温度調整を行う。

(2) 内部加熱装置の適用検討

内部加熱法によるCFRP容器の試作を行い、内部加熱法の問題点を確認した。厚巻時の加熱ムラ、温度伝達などの問題点に対し、装置改良、樹脂の新規開発などで対処していく。

3. 炭素繊維(CF)・TPPの開発

(1) 等幅FW技術の開発と開織トウプリプレグの開発

TPPが収束しないFW手法を開発するとともに、開織TPPを開発し、容器強度の向上を図った。

(2) 低温硬化型樹脂の開発

低温で短時間に硬化する樹脂を開発し、内部加熱法の問題点を改善する検討を開始した。

●今後の課題

／スケジュール(H24年度まで)

200Lより効率的なFW手法を確立(H22年度)し、300L級の容器を完成させるとともに、実証テスト用に特認取得を目指す。(H23、24年度)

●実用化・事業化の見通し

NEDO別事業で実施している水素ステーション用CFRP容器の技術基準策定と連携し、開発した容器の評価試験を行い、特認取得し水素ステーションでの実証テストを経て、実用化を目指す予定である。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
FW成形技術	高圧・大型CFRP容器の作製が可能となった	○
内部加熱法	中型装置を開発し改良検討中	○
TPP・樹脂	等幅FW技術、開織TPPの開発 低温硬化型樹脂の開発中	○

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
5件		2件	

低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発

委託先：JX日鉱日石エネルギー株式会社
サムテック株式会社

1. 事業概要

燃料電池自動車（FCV）の 2015 年度からの普及に向け、2013 年度末までに水素供給インフラ整備の目処を立てる必要がある。現在、FCV に搭載されている圧縮水素用容器の圧力仕様は、70MPa が主流となっており、その FCV に水素を供給する水素ステーションに必要な蓄圧器は、常用最高圧力が 80MPa 以上となる見込みである。この蓄圧器を既存の鋼製材料を用いて製造した場合には、かなり厚肉な容器となり、重量が過大になるばかりでなく、製造の困難さからコストも大幅に上昇してしまう。（250L の鋼製蓄圧器コスト：2500 万円、重量：3.8ton）

本事業では、現状の鋼製蓄圧器と比較して、コスト的にもスペース的にも有利な蓄圧器用大型炭素繊維強化複合材料（CFRP）容器の開発を行う。これにより、蓄圧器コストを 50%以下とし、水素ステーション建設コストの 6%以上を削減することが可能となる。また、蓄圧器重量が軽量化（目標 30%以下）されることにより、蓄圧器をキャノピー上に設置するなどレイアウトの自由度が増し、余剰スペースの有効活用や耐震強度軽減によるコスト削減などが期待できる。

FCV では、70MPa 級水素用 CFRP 容器の設計・製造・評価技術が確立されているが、水素ステーション蓄圧器に求められる技術基準¹⁾は、FCV 用 CFRP 容器の技術基準²⁾より厳しいものとなる見込みであり、炭素繊維（CF）を厚巻にすることによる技術的課題は大きい。また、効率の面からも水素ステーション蓄圧器は FCV 用容器よりも高容量（200L 以上）のものが望まれるため、大型・長尺の容器の製造・評価技術の開発が必要となる。

本事業では、この技術的課題をクリアし、より低コストの CFRP 容器を製造するために、以下の手法を用いて高圧大型蓄圧器の開発を進める。

- ①あらかじめ CF に樹脂を塗布したトウプリプレグ（TPP）を用いたドライ（DRY）法によりフィラメントワインディング（FW）を行う。これにより、従来の FW 直前に樹脂を塗布するウェット（WET）法に比べ、高速での FW が可能となり、量産化時のコストダウンが期待できる。
- ②ライナーの内部を加熱しながら FW を行う。（内部加熱法）この FW 手法により、FW 時に樹脂の硬化を開始させ、厚巻による内層の CF の巻崩れ防止、FW 後の樹脂硬化工程の時間短縮、厚巻樹脂硬化時の発熱による過昇温の低減などが期待できる。

- 1) 平成 22-24 年度 N E D O 事業「水素インフラ等に係る規制見直しのための研究開発」にて技術基準案作成を検討中。予想基準は、耐圧：設計圧力（90MPa）の 3 倍以上（270MPa 以上）、サイクル寿命：100,000 回程度
- 2) 耐圧：最高充填圧力の 2.25 倍以上（158MPa 以上）、サイクル寿命：11,250 回以上

2. 事業目標

2.1 平成 20-22 年度開発目標

- (1) 常用圧力 80MPa、200L の CFRP 容器の完成。コスト 1000 万円以下、重量 1000kg 以下。
- (2) 技術基準が確定していないため、容器性能として破裂圧力 300MPa 以上を目標とする。

2.2 平成 23-24 年度開発目標

- (1) 常用圧力 80MPa 以上³⁾、300L の CFRP 容器の完成。コスト 1000 万円以下、重量 1500kg 以下。
- (2) 別途 N E D O 事業で作成予定の技術基準案に沿った性能を目標とする。

- 3) カーメーカーから、FCV への水素充填圧を現在の温度に関わらず 70MPa 以下から、85°C、87.5MPa 以下とするよう要望がある。ディスペンサー、配管、プレクールなどの対応の可否を勘案しながら目標常用圧力を決定する必要がある。

2.3 その他事業との協力

- (1) 平成 23 年度末～平成 24 年度初に、「水素インフラ等に係る規制見直しのための研究開発」で

- 検討中の技術基準案に沿った CFRP 容器 (200L) を作製し、特認取得を目指す。
- (2)平成 24 年度、特認を取得した CFRP 容器でポスト JHFC 事業 (未定) において実証テストを行う。(疲労劣化のないこと、システムとして問題の起こらないことの確認)
- (3)「水素インフラ等に係る規制見直しのための研究開発」事業後の措置として、平成 26 年度までに例示基準化が計られる見込みである。これに対応し、300L の CFRP 容器を作製し、平成 27 年度からの FCV 普及開始に向けたインフラ整備に着手する。

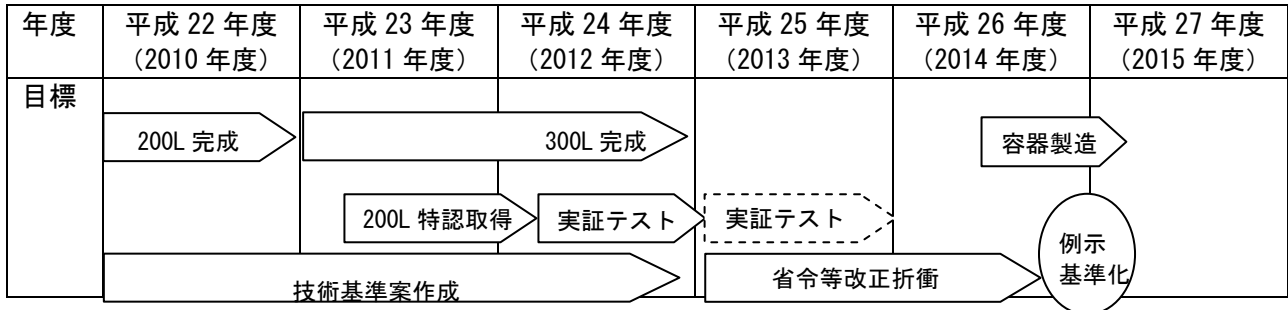


図 1 事業目標とスケジュール (案)

3. 事業成果

3.1 FW 成形技術の開発

(1) 高圧 CFRP 容器の作製

TPP を用いた DRY 法により設計破裂圧力 320MPa 以上の CFRP 容器を作製した。

7. (検討 1) 31L 容器試作 (既存中型 FW 装置を使用)

【容器仕様】

ライナー：アルミニウム合金 (T6061-T6)、容量 31.3L
 CF：ポリアクリロニトリル (PAN) 系炭素繊維
 樹脂：J X 日鉱日石エネルギー株式会社製 25MT-1
 設計破裂圧力：340MPa



図 2 試作した容器写真

【破裂試験結果】

シール部からのリークによりネジ部が破壊し、202MPa までしか昇圧できず。
 ⇒口金・ネジ部を改良し、検討 2 へ

4. (検討 2) 110L 容器試作 (新開発大型 FW 装置を使用)

【容器仕様】

ライナー：アルミニウム合金 (T6061-T6)、容量 110L
 CF：PAN 系炭素繊維、樹脂：J X 日鉱日石エネルギー株式会社製 25MT-1
 設計破裂圧力：320MPa



図 3 試作した容器写真

【破裂試験結果】

320MPa 以上

高圧 CFRP 容器の作製に成功した。

⇒大型 200LCFRP 容器の作製を行うとともに、内部加熱法の適用、樹脂・TPP の開発改良などの検討を行い、よりコストダウンを目指していく。

(2) 大型（長尺）CFRP 容器の作製

以下の仕様の FW 装置を設計開発し、運転を開始した。

最大 FW 可能長さ：6m、最大 FW 可能重量：1633kg、最高水平移動速度：従来機の 5 倍

7. (試運転 1) 長さ 1530mm 容器試作

大型 FW 装置の稼働を確認し、調整を行った。



図 4 1530mm 容器試作状況

4. (試運転 2) 長さ 2000mm 容器試作

2000mm、設計破裂圧力 320MPa 以上の CFRP 容器を試作し、大型（長尺）CFRP 容器の作製が可能であることを確認した。（上記 3.1(1)4. 参照）

今後、今年度の目標である長さ 2700mm（200L）容器の作製を開始する。

3.2 内部加熱装法の開発

(1) 内部加熱装置の設計開発

既存中型 FW 装置に開発した内部加熱装置を設置した。装置の構成を図 5、全体写真を図 6 に示す。

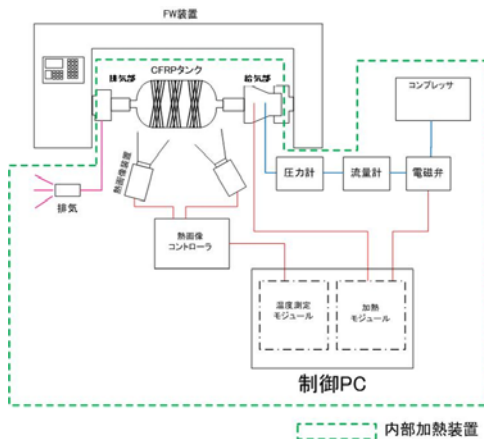


図 5 内部加熱装置構成図



図 6 内部加熱装置概要

本装置は、コンプレッサで圧縮した空気を、流量計を介して電磁弁で制御しつつ給気部へと流す。給気部の内部には空気を加熱するためのヒータが内蔵されており、流れてきた空気を加熱する。CFRP 容器温度は 2 つの熱画像装置（サーモグラフィ）によって PC へ転送し、リアルタイムでモニタリングを行い、ヒータ温度へとフィードバックし、温度調整を行う。

(2) 内部加熱法での CFRP 容器試作と破裂強度評価

従来の WET 法、DRY 法、DRY 法に内部加熱法取り入れた DRY+内部加熱法の 3 種の FW 手法で CFRP 容器を試作し、破裂強度を比較した。

7. 試作・FW 条件

ライナー：アルミニウム合金 (T6061-T6)、容量 73L

CF：PAN 系炭素繊維

樹脂：WET 法・・・市販エポキシ樹脂、DRY 法・・・J X 日鉱日石エネルギー株式会社製 25MT-1

内部加熱条件：外面を 80°C にコントロール、FW 終了後加熱炉で樹脂を硬化

1. 破裂試験結果

各 FW 手法での破裂強度比較結果を図 7 に示す。

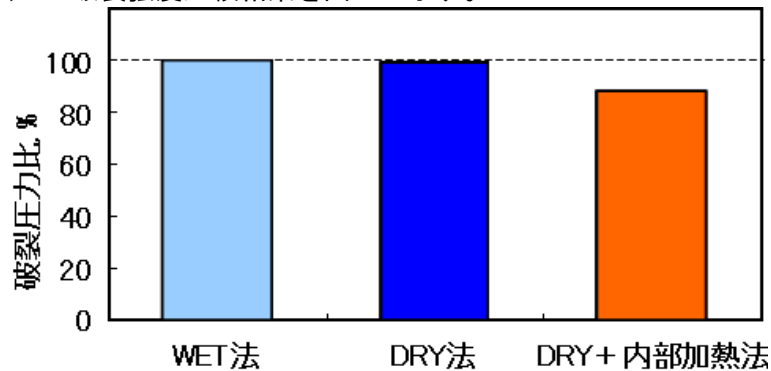


図 7 各 FW 手法での破裂強度結果

内部加熱法を用いた場合、破裂強度が低下する結果となった。

原因の一つとして、内部加熱温度が容器内で不均一であるため、樹脂が均一に硬化せず CFRP 層での強度が不均一になったことが考えられる。この対策として、温風の吹き出し口の形状を改良し、容器内での温度差を少なくする検討を開始した。また、従来よりも低温（内部加熱温度条件）でより早く硬化を開始する樹脂を開発することで、温度の影響を低減する。

ウ. 温風吹き出し口形状の改良検討

温風吹き出し口形状の改良を行った。その一例および改善効果を図 8、9 に示す。

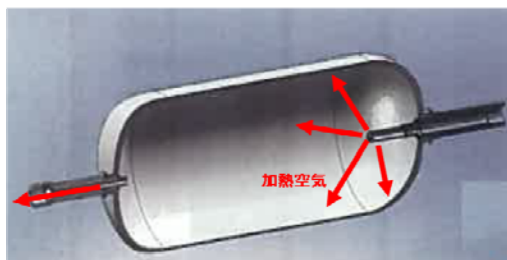


図 8 温風吹き出し口形状の改良例

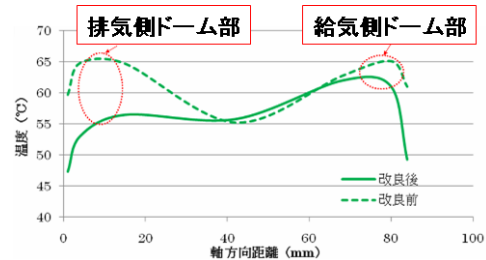


図 9 ライナー各部温度分布測定結果

温風が直接ドーム部に当たらず、できる限り分散して吹き込まれるように工夫することで、ライナーの局所的な高温化を防ぐことが出来ることを確認した。今後、ライナー形状に合わせた吹き出し口形状の改良と内部加熱法での破裂強度の改善を行っていく。

3.3 CF (TPP)、樹脂の開発

(1) WET 法と DRY 法のヘリカルバーストによる破裂強度比較

FW 手法による破裂強度への影響を確認し、より優れた TPP を開発するために、ヘリカル部分で破裂する設計で FW し、破裂強度を比較した。結果を図 10 に示す。

試作・FW 条件は 3.2(2)7. と同じ。

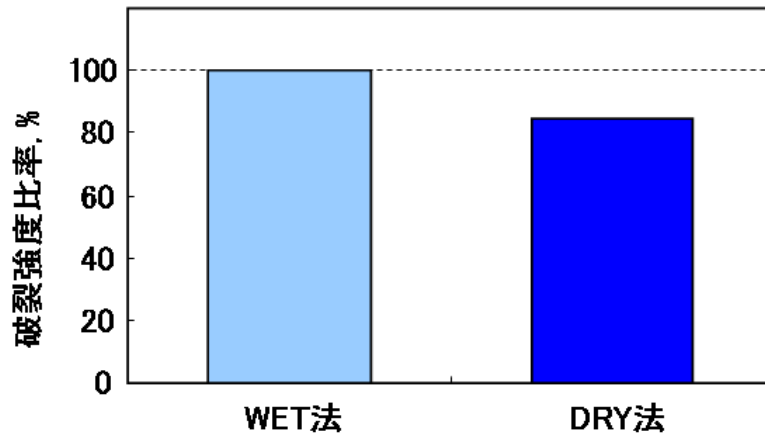


図10 ヘリカルバーストによる破裂強度比較

通常の破裂強度試験では、差が見られなかった(3.2(2)イ.)ものの、ヘリカルバースト試験においては、DRY法はWET法の85%の強度しか発現しなかった。

TPPには、可使時間の長い(室温で硬化しにくい)ことが求められるため、樹脂にはある程度の粘度を持たせることが必要である。そのため、DRY法ではWET法に比べ、FW時にトウが広がりやすく、また、FW工程中にトウが狭まってしまう傾向がある。これによってヘリカル巻時に、層間の密着性が低下し、ヘリカルバーストでの強度が低下するものと考えられる。

これを解決するために、トウが狭まらない等幅FW技術の開発および開織TPPの開発を行った。

(2) 等幅FW技術および開織TPPの開発

TPPを狭めることなくFWする技術を開発し、その技術を使用したDRY法でFWを行い、WET法と破裂強度を比較した。また、TPPそのものを開織する技術を開発し、その開織TPP(図12)を使った開織DRY法での破裂強度も同時に比較した。試作条件は(1)と同じであるが、容器は7.5Lのものを使用した。結果を図11に示す。

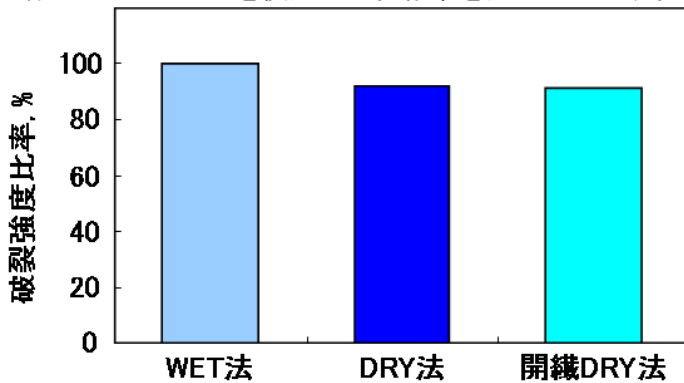


図11 等幅FW技術を使ったFW法での破裂強度比較
(ヘリカルバーストによる比較)

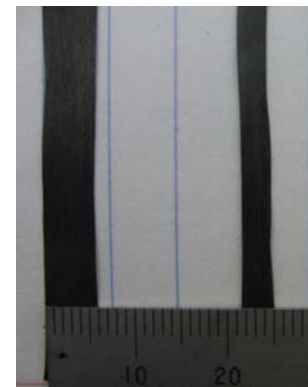


図12 開織TPP(左)

等幅FW技術を用いたDRY法では、破裂強度の向上(WET比85%⇒92%)が見られたが、開織DRY法では、通常DRY法に比べほぼ同等の結果となった。

開織で期待される効果は、トウの薄肉化にあると考えられており、薄くするほど容器強度は高くなると予想されるが、顕著な効果が確認されるには、まだ薄肉化が不十分だとも考えられる。しかし、薄肉化によりFW時間が延びるというマイナス面もあり、今後、巻効率も考慮しながら改善を継続する。

(3) 低温硬化樹脂の開発

3.2(2)イ.に記載したように、内部加熱法での破裂強度を改善するため、また、内部加熱法での効果的なFW(FW中に下層の樹脂がゲル化し巻崩れが起きない、加熱炉での硬化処理の時間を短縮するなど)を目指すために低温で硬化・ゲル化する樹脂の開発を行っている。

※ゲル化：樹脂に流動性がなくなること

大型容器での FW 時間を勘案して、目標ゲル化時間は、80℃で 60 分以内とした。図 1 3 に開発した樹脂の加熱温度とゲル化時間の関係を示す。目標のゲル化条件は達成できているが、現段階では、樹脂自体の強度が不足しており、改良が必要である。対応策はすでにできており、温風の吹き出し口の改良と並行して内部加熱法の有効利用を検討していく予定である。

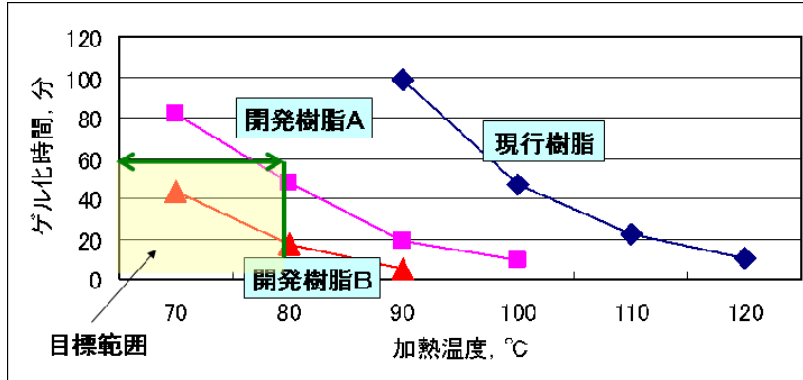


図 1 3 樹脂の加熱温度とゲル化時間

3.4 特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
年度						
H20FY	1 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
H21FY	3 件	0 件	1 件	0 件	0 件	1 件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

TPP を用いた DRY 法での高圧 (破裂圧力 300MPa 以上) 長尺 (2m 以上) CFRP 容器の製造が可能となった。DRY 法は生産効率的には WET 法に勝るものの、強度的には改良の余地がある。今後、更なる TPP の改良 (開繊 TPP、樹脂の改良)、DRY 法 FW 技術の向上を行いながら、内部加熱法を有効に活用することで、低コスト型蓄圧器の完成を目指していく。

5. 実用化・事業化見通し

NEDO 事業「水素インフラ等に係る規制見直しのための研究開発」およびポスト JHFC プロジェクトと協力し、実証化テストを行い、水素ステーションにおける CFRP 蓄圧器の技術基準の法制化を行い、実用化を可能とする。

実証化は、平成 22 年度で完成を予定している 200LCFRP 容器の製造技術を用いて、特認を取得し、実施する計画である。また、平成 26 年度からのインフラ整備に対しては、平成 23、24 年度で予定している本事業で開発する 300L 級の CFRP 容器を投入する予定である。

(Ⅱ-8) 低コスト型70MPa級充填対応ステーション機器に係わる研究開発

委託先:(財)石油産業活性化センター(PEC)、(株)日本製鋼所、(株)キッツ、(財)金属系材料研究開発センター(JRCM)、(株)山武

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

- ・70MPa級水素ステーション構成機器に対して技術、コスト両面から平成20年度分析したうえで、充填時間を考慮した最適化検討と、要素技術開発(以下)に取り組んだ。
高容量鋼製蓄圧器 水素用高圧ボールバルブ 高強度金属材料 集中制御システム 高耐久型流量調節弁
- ・専門分野の異なる連名委託先が相互に連携し、ダイナミックシミュレーションを核とした総合的エンジニアリング技術と、これら要素技術を組合せることにより、低コスト型水素ステーションの技術的見通しを得た。

●背景/研究内容・目的

・水素供給インフラ市場立上げ(平成27年/2015年頃を想定)に向け、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステムの技術開発につなげる。

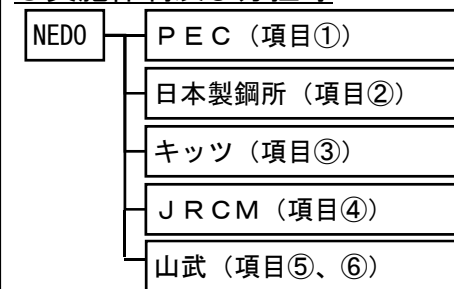
<最終目標> 低コスト化: 設備コスト2億円以下/システム

耐久性: 各機器メンテナンス回数1回以下/年

●研究目標

実施項目	中間目標(H22年度)	最終目標(H24年度)
全体	435百万円/システムの技術的見通し確認	2億円/システム向けコスト低減策提示
①総合的エンジニアリング	ステーション主要機器の最適構成提示	2億円/システム達成可能性提示
②鋼製蓄圧器開発	材料評価、施工法、検査技術開発	本体価格、検査・更新費用低減
③水素用高圧バルブ開発	ボールバルブ開発の技術的見通し確認	バルブ単価低減 圧力損失低減
④高強度金属材料開発	金属材料候補絞り込	高強度耐水素性金属材料開発
⑤制御システム開発	制御システム機器費用低減	制御システム設計費低減
⑥流量調節弁開発	シール技術開発	動作保証回数達成 調節弁価格低減

●実施体制及び分担等



●これまでの実施内容/研究成果

- (1)ステーション全体のコスト低減策候補の提案と総合的エンジニアリング技術の開発 (PEC)
 - ・コスト構造分析と課題抽出を行い、435百万円/システムのコスト構造に対する開発計画立案した(H20)。
 - ・ダイナミックシミュレーションを用いて充填時間の検討を行い、差圧充填での最適機器構成を検討した。
- (2)鋼製蓄圧器開発 (日本製鋼所)
 - ・高容量化、基数削減による蓄圧器設備コスト低減可能性を示し、候補材料としてSA723鋼を選定した(H20)。
 - ・SA723鋼の細粒組織が得られ、強度と耐水素性が得られる熱処理条件を明らかにした。
 - ・内圧疲労試験装置を用いて水素脆化き裂進展検出試験を行い、AE法による検出可能性を示した。
- (3)水素用高圧バルブ開発 (キッツ)
 - ・水素用高圧ボールバルブ開発による、バルブ単価の低減および圧力損失低減の可能性を示した(H20)
 - ・高圧水素環境下長期保持試験により、高圧水素下でシール材として使用可能な材料を選定した。
 - ・封止構造、重要部位構造、材質を検討、アクチュエータ搭載時のコンパクト化技術を検討し、手動弁、遮断弁のバルブ設計を完了した。
- (4)低コスト・高強度材料開発 (JRCM)
 - ・JIS SUS316L材と耐水素性が同等で、強度を30～50%向上することを目標とし、計画を立案した(H20)。
 - ・ラポレレベルの溶製、圧延を行い、機械的特性試験、SSRT試験により、候補鋼材を絞り込みした。
 - ・バルブ、調節弁メーカーへの試作材料提供による加工性評価を行ない、良好な結果を得た。
- (5)コントロールシステム開発 (山武)
 - ・ステーション制御集中化による制御機器費用低減、標準化によるソフト設計費低減可能性を示した(H20)。
 - ・制御システムのコンセプトを構築、ソフトウェア仕様を確定させ、制御機器費用の低減を確認した。
- (6)流量調節弁開発 (山武)
 - ・シール部の長寿命化および、JRCMと連携した調節弁本体小型化によるコスト低減を検討した。(H20)
 - ・摩擦摩耗試験等を通じ、高圧水素中における表面処理技術、パッキン材の選定を完了した。

●今後の課題

／スケジュール(H24年度まで)

平成22年度までの技術開発ではこれまでに得られた技術的知見を設計、施工法等に反映することにより、435百万円/システムの技術的見通しを固める。以降は、耐久性検証等、最終的な製品としての開発目標の達成に向けた技術開発を行う。

●実用化・事業化の見通し

水素ステーションの設置を全国展開することが前提となる。今後の水素事業に関する国の施策や規制基準の見直し状況、また、関連業界の動向について情報収集を行い、国の方針、業界団体としての意向に沿った形で、速やかに事業化ができるように、準備を進めていく。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
項目①	ダイナミックシミュレーション、最適化	○
項目②	高容量化材料評価	○
項目③	ボール弁設計	○
項目④	材料候補絞り込	○
項目⑤	ハードウェア集約化検討	○
項目⑥	シール技術開発	○

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
7	1	3	0

低コスト型70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発

実施者：財団法人石油産業活性化センター（PEC）、株式会社日本製鋼所、株式会社キッツ
財団法人金属系材料研究開発センター（JRCM）、株式会社山武

1. 事業概要

70MPa 級水素ステーション構成機器に対して技術、コスト両面から平成20年度分析したうえで、充填時間を考慮した最適化検討と、要素技術開発(以下)に取り組んでいる。専門分野の異なる連名委託先が相互に連携し、ダイナミックシミュレーションを核とした総合的エンジニアリング技術と、これら要素技術を組合せることにより、低コスト型水素ステーションの技術的見通しを得た。

大容量鋼製蓄圧器 水素用高圧ボールバルブ 高強度金属材料 集中型制御システム 高耐久型流量調節弁

2. 事業目標

平成20年度フィージビリティスタディ（FS）を実施し、ステーションの要求仕様を整理したうえで、検討前提のベースモデルを設定した。現状の技術に基づくコスト構造の検討を行い、6.6億円/システムとコスト試算した。

FS検討から、本事業での技術開発により4.35億円/システムに低減できる可能性を示したうえで、要素技術開発に取り組んでいる。(表1)

表1 コスト構造分析/低減策検討

設備等	低コスト型仕様	コスト (H20 FS)		H21 WG 検討結果
		現状推定	低減案	
1 圧縮機	・100MPa級、300Nm ³ /h、1基	100	70	7.5
2 蓄圧器	・450L×2基	100	50	
3 ディスベンダー	・別要素技術開発でコスト半減を目標に検討中	40	20	1.5
4 フレール設備	・システム技術開発で実証化段階である	40	40	2.4
5 配管・バルブ類	・SUS316Lに替わる高強度材料の採用 ・ボール弁の採用	50	35	7
6 計装・制御関連	・集中制御システムの採用 ・長寿命調節弁の採用	30	20	3.0
7 土木建設・機器設置等工事	・機器・設備のスキッド化 ・工事仕様の標準化	200	150	7.6
8 設計費等	・標準化設計(含む制御)	100	50	2.8
費用総額		660	435	25.5

赤字:ベースモデルからの変更を示す

3. 事業成果

3.1 水素ステーションの設備、運用の最適化検討（PEC）

ステーションの機器コスト、充填時間を考慮し、ステーション全体の最適機器構成を導出するため、国内で初めてダイナミックシミュレーションを用い解析を行った(図1、2)。その結果、差圧充填における最適機器構成として、蓄圧器450L×2基の結果を得た。

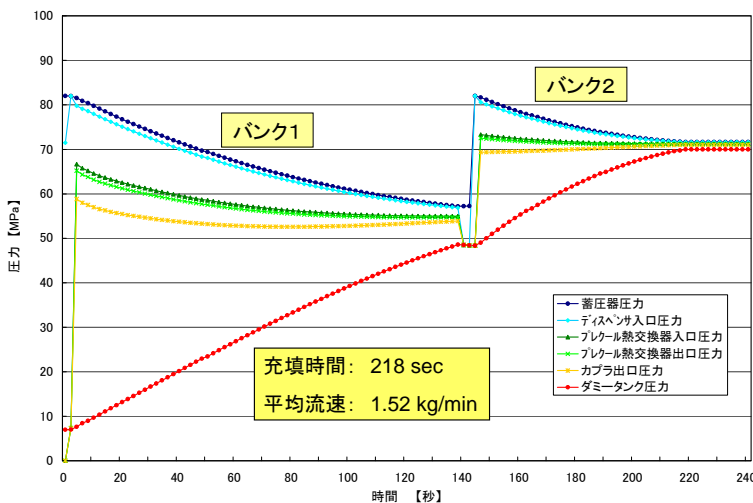


図1 ダイナミックシミュレーションによる検証結果

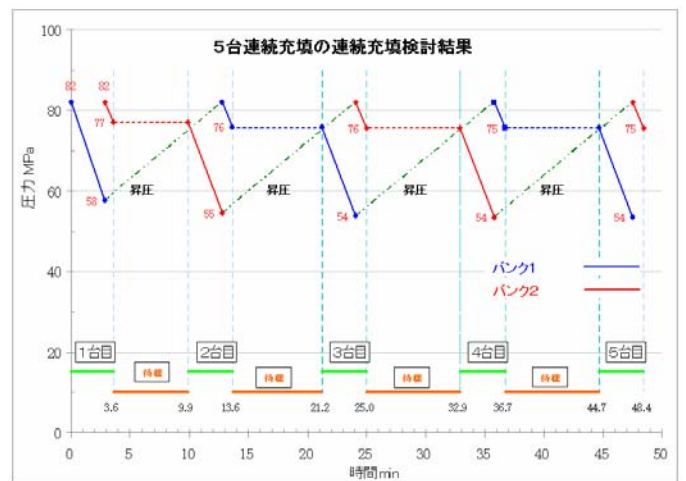


図2 5台連続充填の連続充填検討結果

3. 2 鋼製蓄圧器の開発（日本製鋼所）

蓄圧器の高容量化に最適な材料として選定した SA723 鋼について、化学成分や熱処理条件を検討し、組織や結晶粒径、強度、靱性について評価し、大型蓄圧器の実機冷却速度を模擬した熱処理条件において、中心部まで均質組織且つ微細な結晶粒を得ることが出来た。従来材である SNCM439 鋼と比較して、高い靱性:吸収エネルギーの値を示しており、高容量蓄圧器として世界トップレベルの強度と靱性を確保した(図3)。

高容量化蓄圧器の耐久性向上に有効と判断した自緊施工を SA723 鋼製の試験容器に施し、疲労予き裂進展試験により、高容量化蓄圧器の長期連続供用の可能性を今後確認する。稼動中の連続的な監視方法として AE 法による水素脆化による微小き裂の検出を検討した結果、き裂の発生信号の検出および AE 波形の特性を評価することが可能となった。図4に代表的な水素脆化によるき裂発生信号を示す。波形の1~2のピークがき裂発生となる。

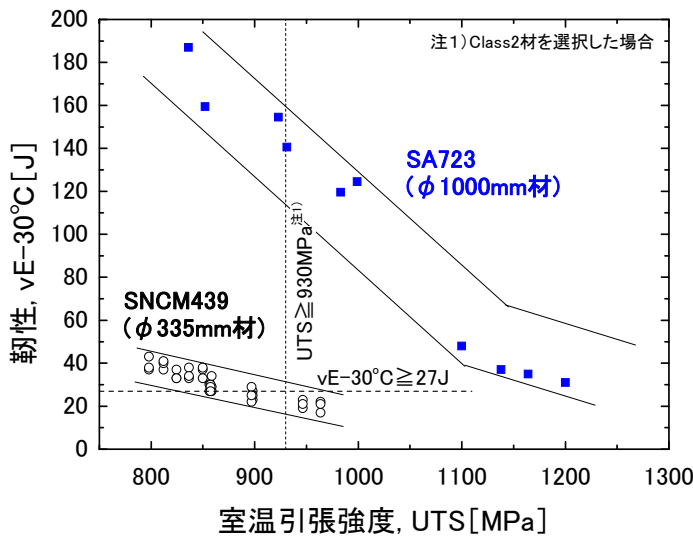


図3 SA723 鋼の強度と靱性の関係

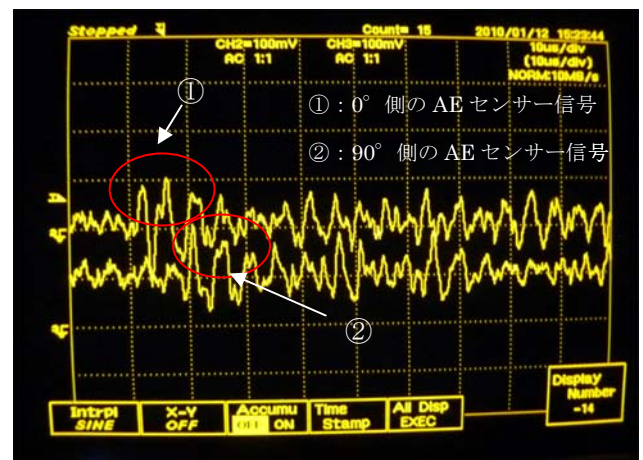


図4 AE 法による水素脆化き裂発生信号


3. 3 水素用高圧バルブ開発（キッツ）

既に確立したCNGステーション用ボールバルブの設計技術を基礎とし、加えてバルブ重要部位構造、材質に関する試験検討を行ったうえで、国内初の水素用高圧ボールバルブ開発の技術的見通しを得、設計を完了させた。現在バルブの試作中で、完了後、各種評価を予定している。

- (1) 非金属材料の高圧水素下繰返暴露、長期保持試験
軸、内部、外部のシール材候補材料 16 種(繰返暴露試験は 11 種)から、候補材料を絞り込んだ。評価項目は、寸法(体積)変化、表面観察(ブリストア、色等)、発泡試験(試料を石鹼水に入れ、放出ガスを確認)とした。
(図5)

<繰返暴露試験>
暴露圧力: 40MPa
暴露時間: 24h 以上
暴露温度: 常温
繰返し回数: 5 回

<長期保持試験>
暴露圧力: 90MPa
暴露時間: 168h
暴露温度: 80°C



評価試験容器

図5 繰返暴露試験・長期保持試験の試験条件

- (2) 手動弁、遮断弁のバルブ設計

CNGステーション用ボールバルブの設計技術を基礎とした0次構想設計に、FEM 解析を実施、結果をフィードバックすることで1次構想設計とした。更にバルブ重要部位構造毎に実施した部分試作・評価結果を反映させることで、手動弁、遮断弁の設計を完了させた(図6)。

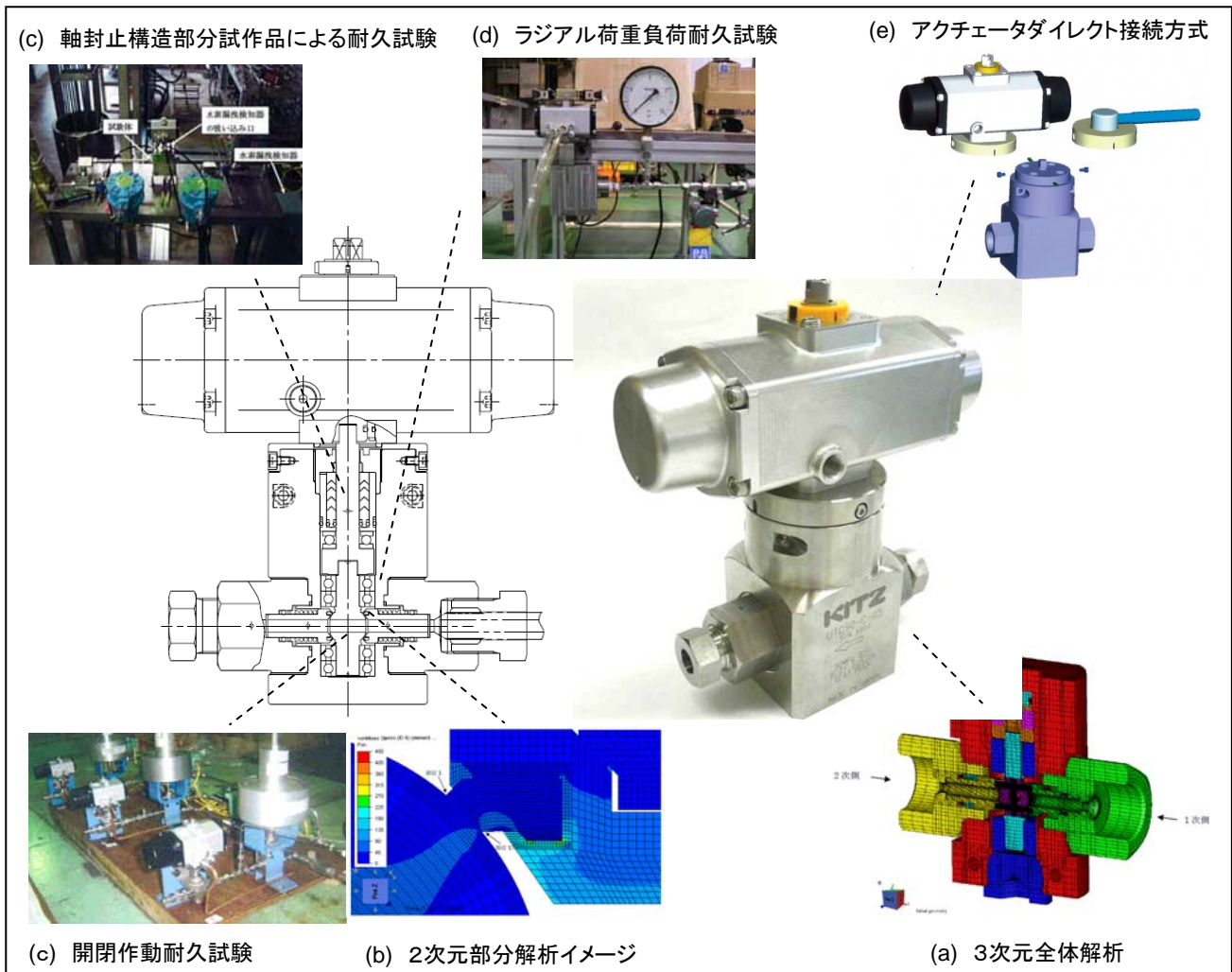


図6 開発ボールバルブ(遮断弁)の断面構造

- (a) 3次元全体解析 (抽出された問題及び方向性について設計へフィードバック)
全閉時のシール性能を評価するため、各部品の変位挙動や接触状況をFEM解析した。
- (b) 2次元部分解析 (抽出された問題及び方向性について設計へフィードバック)
全閉時のシール性能を評価するため、シール面の圧力分布をFEM解析した。
- (c) 部分設計及び部分試作評価によるバルブ重要部位構造及び材質の決定
内部封止構造: Heによる開閉作動耐久試験を実施し、内部封止構造及び材質を決定。
軸封止構造: 90MPaの水素による軸摺動耐久試験を実施し、軸封止構造及び材質を決定。
- (d) 軸摺動構造
繰返し揺動耐久試験を実施し、軸摺動構造及び材質を決定。
- (e) アクチュエータ搭載時のコンパクト化技術検討
バルブの作動トルクを計算により求め、作動トルクに合致した空気圧式スプリングリターンアクチュエータを設計し、ダイレクト接続方式を考案(特許出願中)

3. 4 低コスト・高強度材料開発に係わるFS検討および開発(JRCM)

(1) ラボレベルでの溶製→圧延による材料試作

水素ステーション用材料として世界最高水準の低コスト・高強度材料開発を目的として(表2)、特性評価用試験材の試作を実施した(表3)。比較材であるJIS SUS316L材の機械的強度(耐力)の30~50%向上を開発目標とした。材料の高強度化のため方策として固溶強化、析出強化、冷間加工等の方法を用いることで、試作する鋼種の成分を決定した。試作は、ラボレベルでの溶製、圧延、熱処理を行って、特性等の検討・評価のための試験片を作製した。

表2 開発目標

項目	開発目標
機械的強度(耐力)	比較材の30%~50%向上
耐水素脆性	比較材と同等

比較材：JIS SUS316L材

表3 試作鋼種の特徴

#1	SUS316L ベース (Ni:12.5%)
#2	Type316 ベース (Ni:12.5%)
#3	SUS316L + Mn + 高窒素添加
#4	高 Mn 低 Ni 鋼(高窒素添加)
#5	窒化物析出強化

(2) 試作材料の特性等の検討・評価及び絞り込み

(1)項で作製した試験片(試作試料)の機械的特性、耐水素特性の検討・評価を行った。特性評価としてSSRT(Slow Strain Rate Technique)試験や組織観察等を実施し、開発目標を達成した。試作材料の中で機械的特性、耐水素特性の優れた材料(#4)を絞り込み、今後の開発に供する候補材料とした(図7)。

(3) バルブ、調節弁メーカーへの試作材料提供と一次評価

(2)項で絞り込まれた試作材等を、(1)項で溶製した材料の一部から丸棒等に加工し、バルブ、調節弁メーカー等3社へ提供し、加工性の評価を実施した。その結果はいずれも問題なく、今後の開発に供する候補材はこの評価結果をもふまえて選定した。

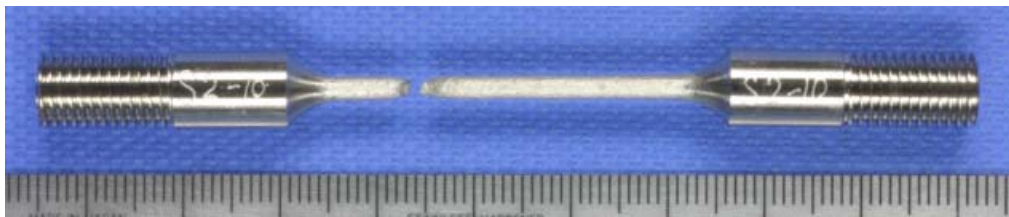


図7 SSRT 試験結果の例 (#4: 高圧水素ガス中(85MPa))

3. 5 コントロールシステム開発に係わるFS検討および開発 (株式会社山武)

(1) 室内設置制御盤のコンパクト化によるコスト低減

複数の設備メーカーの提供する制御盤を集中化し、計装制御盤の面数を低減することでコンパクト化と、コスト低減(コスト目標 2100 万円以下)を可能とする構成を検討し結果を得た。

(2) ソフトウェア、設計図書類の徹底的な再利用

各設備との入出力や実施する制御機能を標準仕様として定義しソフトウェア仕様書としてまとめた。22 年度に製作に向けた設計図書の製作と試作による再利用性検証を実施中である。

(3) FS 検討ベースモデルに対応する効率化制御機能の検討

ステーション全体へのコスト低減と運用上の効率化を目的とし、最大 4 台の圧縮機やディスペンサ、さらに充填方式の切替、将来の車両通信にも対応できる国内初の制御機能の検討を行っている。

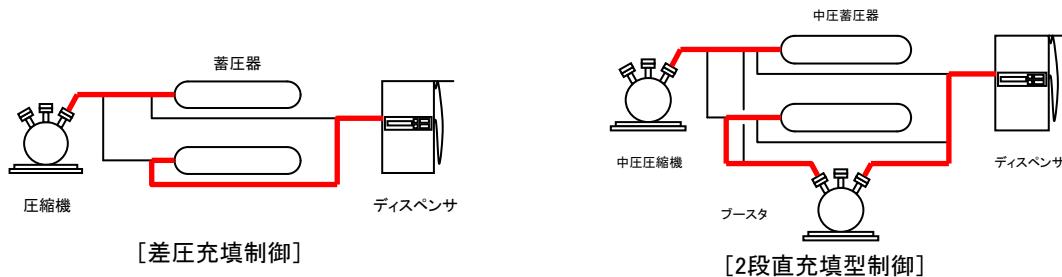


図8 効率化制御における充填方式例

3. 6 流量調節弁開発に係わるFS検討および開発（株式会社山武）

(1) シール寿命延長のためのステム表面処理技術の開発

世界最高水準である 30 万回以上のシール寿命を得るため、水素雰囲気においても剥離しないバルブステムの表面処理技術の開発を行った。いくつかの表面処理候補に対して、ナノインデンテーション試験及び水素雰囲気中における摩擦摩耗試験等を実施することで、水素に対して耐久性のある表面処理候補を得た。(図 10)

(2) シール寿命延長のためのグランドパッキン材料組合せの選定

水素充填時における調節弁内部の温度－圧力変化の状態を調査検討し、この状態変化に対して適応可能なグランドパッキン材料の候補の評価を行った(図 11)。

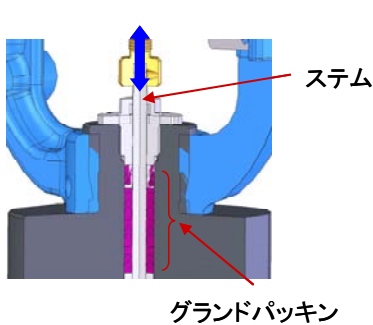


図9 流量調節弁シール構造

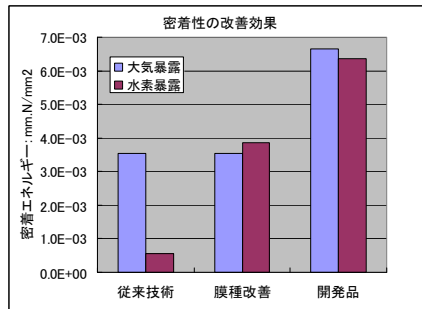


図 10 密着性の改善効果

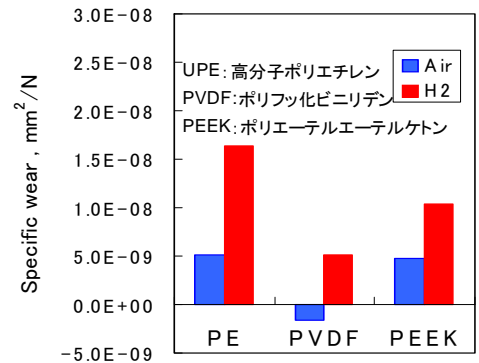


図 11 候補材料の比摩耗量

3. 7 特許、論文、講演、報道等の件数一覧（予定のものも含む）

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT 出願	査読 付き	その他	
H20FY	0	0	0	0	0	なし
H21FY	0	0	0	0	1	学術振興会第 129 委員会 ((株)日本製鋼所) Hydrogenius Tribology Symposium ((株)山武) 第 6 回国際水素・燃料電池展「FC EXPO 2010」 ((株)山武)
H22FY	7	0	0	0	0	なし

4. まとめ及び課題

以下に平成 21 年度の技術開発内容と、平成 22 年度の課題を示す。平成 23 年度以降は耐久性検証等、最終的な製品としての開発目標達成に向けた技術開発を行う。

項目	技術開発内容(H21)	課題(H22)
ステーション 全体(PEC)	・最適化検討を実施 蓄圧器、圧縮機の最適機器構成を検討 ・連名委託先の高強度配管、弁類を想定した場合の圧力損失低減を推定 (表4)	・スキッド化によるコスト低減検討 ・プレクールを含む最適化検討
蓄圧器 (日本製鋼所)	・高容量化候補材として SA723 鋼を評価 ・AE法が水素脆化き裂の検出に有効であることを確認	・施工方法(自緊法)の開発 ・き裂検出の精度向上

バルブ (キット)	・ボール弁設計の実施 非金属材料選定、封止構造検討、 重要部位試作評価	・ボール弁の試作、評価 ・金属材料開発(JRCM)と連携 した機器設計製作の検討
金属材料 (JRCM)	・高強度候補材の絞込みが完了 ・メーカーと連携した加工性評価を実施	・高強度候補材の試作、試供 ・さらなる高強度化の検討
制御システム (山武)	・コスト低減型集中型制御システムの開発 ・複数蓄圧器を活用した蓄圧器選択制御を検討	・充填時間を短縮する最適制御検討 ・ソフトウェア標準化検討
流量調節弁 (山武)	・流量調節弁シール方法の検討 表面処理技術、パッキン材を選定	・水素中でのシール性能の評価 ・金属材料開発(JRCM)と連携 した機器設計製作の検討

本事業開発成果が水素ステーションに及ぼす影響として、コスト面での直接的な効果は大きくないが、充填時の差圧解消、充填速度の増加に大きく寄与する。今回実施した最適化検討結果、及び現在開発中のバルブ開発&高強度材料の開発成果を考慮したダイナミックシミュレーション結果では、最適化検討により、ステーション差圧が36%低減し、平均ガス流速は28%増加し、バルブ開発&高強度材料の開発では、ステーション差圧が50%低減し、平均ガス流速が35%増加すると推定される(表4)。

表4 事業開発成果が水素ステーションの実用性能に及ぼす影響

	ベースケース (3バンク)	最適化検討 (2バンク) (レイアウト見直)	技術開発成果 ・バルブ開発 ・高強度材
ステーション差圧 (MPa) (流速 2,000g/min 時)	25.2 (-)	16.2 (64%)	12.6 (50%)
平均ガス流速 (g/min)	1,180 (-)	1,515 (128%)	1,589 (135%)

5. 実用化・事業化見通し

(1) 実用化について

- ・高容量蓄圧器用材料(SA723鋼)は、素材自体の靱性、耐水素性を確認した。今後耐久性を向上するための施工方法とともに常時監視方法を確立し実用化を図る。
- ・高強度金属材料については、SUS316Lより30~50%の高強度を有し、また耐水素特性は同等であることを確認し、加工性についても評価した。今後は、法規制対応に必要な技術データの整備と、配管・バルブメーカーと連携した実機に対する設計製作技術の確立を行う。
- ・高圧水素用ボールバルブは基本性能を確認のうえ製品設計を完了した。今後実流体試験等により耐久性を評価する。
- ・集中型制御システムは、基本コンセプトを完成し、実用化に向けた作動検証が必要である。
- ・流量調節弁は高耐久化のためのシール技術を完成した。今後製品バルブの設計、試作を行い、実流体試験等により耐久性を評価する。

(2) 事業化について

本事業での研究開発項目の事業化については、水素供給インフラの普及に向け、水素ステーションの設置を全国展開することが前提となる。そのため、今後の水素事業に関する国の施策や規制基準の見直し状況、また、関連業界の動向について情報収集を行い、国の方針、業界団体としての意向に沿った形で、速やかに事業化ができるように、準備を進めていく。

(II - 9) 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発

委託先: 清水建設(株)・岩谷産業(株)

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

- ・ステーションの試設計を実施し、キャノピー上機器設置化や地下化することで配置計画、コンパクト化(敷地面積517m²及び390m²)を実現できることを確認した。
- ・反射圧低減壁の開発において、数値解析により反射波のピーク圧力を低減することが可能な壁(反射波低減壁)の開発を行い、検証実験によりその性能を確認した。
- ・水素燃焼制御システムの開発にて、燃焼伝播の防止に必要な条件を確認した。また、水素の不活性化に関する研究では、着火に至らせない「安全濃度」を決定した。

●背景/研究内容・目的

都市部に水素ステーションを設置するには、人・建物が密集するため通常以上の安全性の確保が重要な課題となる。また、現行法規制下の一般的な水素ステーションの敷地面積が1000m²程度であるのに対し、都市部の既存ガソリンスタンドの2/3が敷地面積660m²以下となっていることから、都市部の狭い敷地に建設可能で安全なコンパクト水素ステーションの実現が必要である。

本研究開発では、このような背景を踏まえ、敷地面積500m²、さらには350m²といったコンパクトな70MPa水素ステーション(図1)の実現のため、機器配置計画を行い、建設合理化等も含めた低コスト化を図るとともに、多重防護の考えに基づく安全要素技術を開発し、安全性を確保することを目的としている。

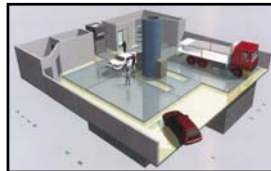


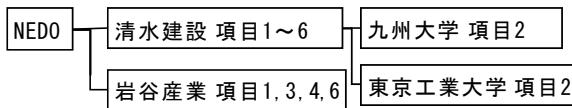
図1 都市型コンパクト水素ステーション(案)

さらに、これらの計画・設計・施工技術を統合して、コンパクト・低コスト・安全な70MPa水素ステーションを構築し、既存のガソリンスタンドとの併設も含め、水素ステーション建設促進につなげる。

●研究目標

実施項目	中間目標(H22年度)	最終目標(H24年度)
1. 試設計	コンパクトした場合の課題抽出	課題解決(案)の提示
2. 安全要素技術開発	安全性を担保する技術開発	開発技術の検証
3. 水素ステーションの安全性評価	安全要素適用検討	標準設計に対する安全の検証
4. 水素ステーションの経済性評価	建築試設計、コスト比較	建設合理化検討
5. モックアップ実験	実験計画策定	実験実施および評価
6. 標準設計	—	標準設計(案)の提示

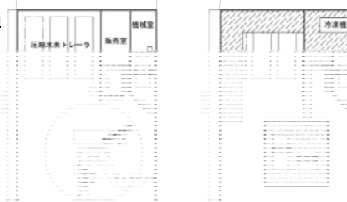
●実施体制及び分担等



●これまでの実施内容／研究成果

1. 試設計と課題の抽出

- 1) 試設計
機器配置を地下化、屋上化すること等で、配置計画、コンパクト化を実現できることを確認(図2)



地上階 屋上階
図2 敷地面積517m²の配置例

2. 安全要素技術の開発

- 2-1) 換気システム
漏洩水素の拡散解析を実施、可燃濃度以下に換気可能であることを確認(図3)
- 2-2) 反射圧低減壁及びエネルギー吸収壁
反射圧低減壁を提案し、低減性能を数値解析により確認(図4)

さらに検証実験を実施エネルギー吸収壁を提案し爆発実験によりその効果を検証

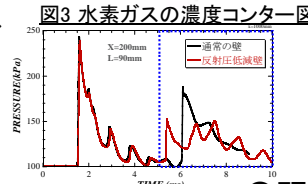


図3 水素ガスの濃度コンター図
図4 反射波の圧力の時刻歴波形

●今後の課題

／スケジュール(H24年度まで)

- ・安全要素技術の適用と検証(H22～24年度)
- ・経済性評価・建設合理化検討(H22～24年度)
- ・モックアップ実験(H23～24年度)
- ・70MPa水素ステーションの標準設計(H24年度)

●実用化・事業化の見通し

コンパクトな機器配置が実現され、安全要素技術の目的が立ったことから、H24年度までの検証により都市型コンパクト水素ステーションの実用化が可能である。燃料電池自動車等が普及開始するH27年度には、今後の低コスト検討・標準化により事業化できる見通しである。

2-3) 水素燃焼制御システム開発

燃焼伝播を防止するためには、水素濃度が16%の場合には水噴霧が8ノズル、二酸化炭素5%+ヘリウム50%あるいは窒素55%が適当であることを確認(図5)

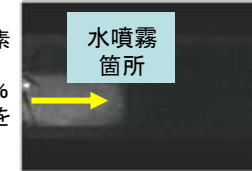


図5 炎が水噴霧筒所で消滅した実験結果

2-4) 水素の不活性化に関する研究

燃焼実験により安全濃度を示す2つのCO₂分圧比を決定(図6)

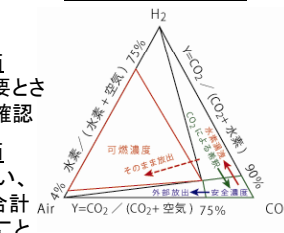


図6 CO₂による不活性化の概念

3. 水素ステーションの安全性評価

都市型水素ステーションに必要なとき安全レベルを確保できることを確認

4. 水素ステーションの経済性評価

建屋各形式別コスト比較を行い、土木・建築工事費と土地代の合計がベース配置の約半分になることを確認

機器設置等	地上式		地下式	
	ベース配置	緩和適用	機器地下設置 ¹⁾	低圧容器地下設置 ²⁾
敷地面積(m ²)	876	613	517	390
土木・建築工事費 ³⁾ (億円)	0.72	0.54	0.78	0.81
土地代(億円)	6.12	4.40	3.82	2.88

注: 斜体の数値は概算値を示す。地価は東京都区内の主たる駅から10km圏内とした。
1*) 機器とは、蓄圧器や圧縮機を指す。
2*) 蓄圧器、圧縮機に加え、低圧容器を地下設置する。
3*) 直接工事費

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価	
		達成度	評価
1. 試設計	地上式(631m ²)、高架式(517m ²)、および地下式(517, 390m ²)のレイアウト完成	○	達成
2. 安全要素技術開発	反射圧低減壁、水素燃焼制御システム、水素の不活性化の各技術の開発	○	達成
3. 安全性評価	周囲への影響度(人的被害等)を踏まえた建屋形式・安全要素技術適用検討	△	一部達成
4. 経済性評価	1の試設計に対する建築設計・コスト比較	△	一部達成

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
7	0	0	0

都市型コンパクト水素ステーションの研究開発

実施者：清水建設(株)・岩谷産業(株)

1. 事業概要

燃料電池自動車の実用・普及に伴って、水素ステーションの全国的な需要が高まると予想される。特に、都市部に水素ステーションを設置する際には、人や建物が密集するため通常以上の安全性が必要となるとともに、敷地の確保が重要な課題となる。図1-1に東京都の既存ガソリンスタンドの敷地面積に関する統計によると、全スタンドの2/3が敷地面積660㎡以下であるのに対し、従来の（現行法規制下で建設される一般的な）水素ステーションが1000㎡程度の敷地を要していることから、同程度のコンパクト化が必要と考えられる。

本研究開発においては、都市部での燃料電池自動車の普及のために必要となる安全でコンパクトな水素ステーションを提案し、その安全性・経済性について検証するものである。また、その普及については、既存のガソリンスタンドとの併設についても視野にいれ、実用化・事業化を図っていくものとする。

コンパクト化に関しては、現行法規制、前提条件を踏襲し、考え得る最小面積の水素ステーションの機器配置図を策定した。この基本配置案に基づいてさらに緩和規定を考慮し、地上式、キャノピー上機器設置式、地下式の3種類の機器配置図を提案した。例として図1-2に敷地面積390㎡の水素ステーション(案)を示す。さらには、これらの機器配置図を基に、ステーションの建築設計を行い、建設工事費等を算出して経済性評価を行い、低コスト化のための合理化検討の基礎とする。

安全性の検討に当たっては、多重防護の考えに基づいて、3つの安全要素技術の開発を進めている。3つの安全要素技術としては、「着火・爆発しても被害を低減する」技術として、反射圧低減壁・爆風エネルギー吸収壁の開発、「着火しても燃焼を制御する」技術として水素燃焼制御システムの開発、および「漏洩ガスに着火させない」技術として、水素の不活性化の研究を実施している。

今後は、これらの要素技術を組み合わせることにより、設定した安全レベルを達成する構造および設備を実現し、モックアップ試験を経て、都市型水素ステーションの標準設計の確立へと繋げていく。

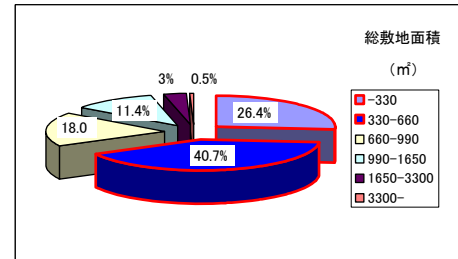


図1-1 東京都ガソリンスタンド総敷地面積統計
（「H17年度 給油所経営・構造改善等実態調査報告書」
H18.3(財)日本エネルギー経済研究所石油情報センター）

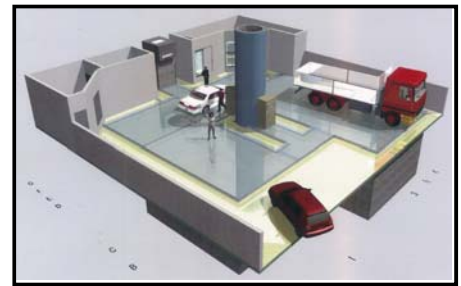


図1-2 都市型コンパクト水素ステーション(案)

2. 事業目標

本研究開発の事業目標は、水素ステーションのコンパクト化および安全性確保による都市型水素ステーションの標準設計の確立であり、燃料電池自動車の将来の普及に繋がる技術を確認することである。そこで、本研究開発においては、水素ステーションの「コンパクト化」および「安全性確保」を実現するために次のような要素技術の開発を行うこととした。

① 水素ステーションの試設計と課題の抽出

現行の法規制に則り、ベースとなる水素ステーションの機器配置を確定する。それと同時に、関連法規整理、機器仕様明確化を行う。さらにこの基礎配置に基づき、機器の地下設置、キャノピー上設置、地下とキャノピー上の分散設置などの配置検討を行うとともにそれぞれの課題を抽出する。

② 水素ステーションの安全要素技術開発

1) 反射圧低減壁・爆風エネルギー吸収壁の開発

「着火・爆発しても被害を低減する」ことを目標に、反射圧低減壁・爆風エネルギー吸収壁を開発する。ここでは、反射波のピーク圧力を低減すること、反射波のエネルギーを吸収して反射圧を弱めることを目標とする。

2) 水素燃焼制御システムの開発

「着火しても燃焼を制御する」ことを目標に、漏洩水素ガスに着火しても、その燃焼伝播を防止、あるいは被害を低減可能な水素燃焼制御システムを開発（確立）する。

3) 水素の不活性化技術の開発

「漏洩ガスに着火させない」ことを目標に、水素ステーション機器のある空間に対し、常時不活性気体を充満しておくことで、仮に水素が漏洩しても空間内で着火させず、さらに不活性気体と混合することで安全に外部に放出する安全技術を開発することを目標とする。

③ 水素ステーションの安全性評価

②で開発した各安全要素技術を水素ステーションに適用し、安全性の評価・検証を行なう。

④ 水素ステーションの経済性評価

経済性評価のデータとして、①で提案された機器レイアウトについて、設計・施工等の検討を行い、都市型水素ステーションのコスト評価を行う。さらに、このコストをベースとして、設計・施工合理化検討による低コスト化へと繋げる。

⑤ モックアップ試験

①～④の開発成果を踏まえ、適切な機器配置を模擬したモデルした実証実験を行う。実証実験では、安全性の検証を行う。そのデータを都市型水素ステーションの標準設計に反映させる。

⑥ 標準設計

①～⑤の成果を踏まえ、パイロットステーションの設計を行い、標準となる都市型水素ステーションを提示する。また、合理化検討では建設費と工期等が従来の水素ステーションの1/2とすることを目標とする。

3. 事業成果

1). コンパクト水素ステーションの試設計と課題の抽出

燃料電池自動車の導入・普及が先行されると目される都市部での水素ステーション設置に向けて、従来よりも設置面積の低減を目指したコンパクト水素ステーションの試設計を実施した。

燃料電池自動車への充填圧力は、一充填走行距離を延ばすことを目的として、従来の35MPaから70MPaへと高圧化する傾向にある。水素ステーションに適用される技術基準（一般高圧ガス保安規則第7条の3）もそれに合わせた改定が進められているが、70MPa級水素ステーションにおいては、35MPa級水素ステーションに比べ、離隔距離が延びることから大きな敷地面積が必要となるため更なるコンパクト化が必要となる。

敷地面積削減のひとつの方法として、高圧ガス設備の地下設置、屋上設置が考えられるが、これについては法文上記載がないため、こういった配置計画は国内では前例がない。そこで70MPa級水素スタンドにおいて、①一般高圧ガス保安規則第7条の3（離隔距離の緩和措置なし）に従った場合、②一般高圧ガス保安規則第7条の3（離隔距離の緩和措置あり）に従った場合、③高圧ガス設備を地下に設置した場合、④高圧ガス設備を屋上に設置した場合、について配置検討を行い課題の抽出を行った。

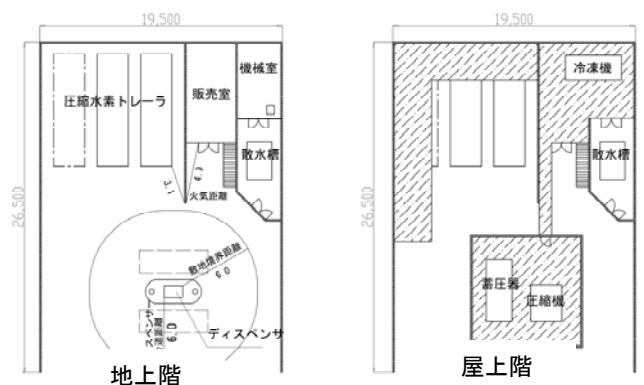


図 3-1 屋上設置の設計例

ここで、離隔距離については未制定のため、火気距離 8m、敷地境界距離、ディスプレイ公道距離 6m と仮定した。図 3-1 に屋上設置の設計例を示す。

これらの配置検討を行った結果、法整備がなされていない地下式、屋上式の安全面に対する課題としてあがった項目を表 3-1 に記載する。

表 3-1 安全面に対する課題

方式	課題
地下式	閉鎖空間となるため強制換気等の滞留防止措置を取る必要がある。
	爆発時の爆風圧が周囲・地上に与える影響を考慮する必要がある。
屋上式	着火時の火炎・輻射熱、爆発時の爆風圧が周囲に与える影響を考慮する必要がある。

2) 安全要素技術開発

2-1) 換気システム

提案された地下式コンパクト水素ステーションに対して、漏洩水素の拡散解析を実施し、必要換気量を確認した。現状の圧縮天然ガススタンドの法定換気量の 6 割程度の換気量があれば、直径 0.2mm のピンホール連続漏洩に対しては水素ガスの可燃濃度以下に換気可能であることを確認した。また、換気システムが停止した場合の水素ガス濃度の拡散性状を解析し、時間経過に伴い水素ガスの可燃濃度範囲がどの程度まで拡大して行くかを確認した。図 2-1 に水素ガスの濃度コンター図を示す。

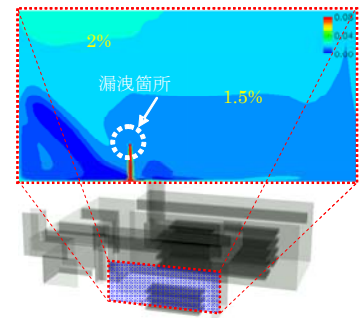


図 2-1 水素ガスの濃度コンター図

2-2) 反射圧低減壁及びエネルギー吸収壁

反射圧低減壁の材料および構造の検討を行い、効果的な反射圧低減壁を提案するとともに、提案された低減壁の低減性能、および低減メカニズムを数値解析により確認した。その結果、反射波のピーク圧力を 4 割程度低減できることが明らかになった。図 2-2 に反射波の圧力の時刻歴波形を示す。

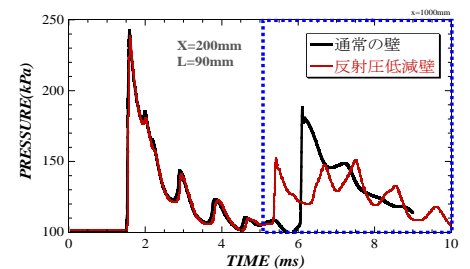


図 2-2 反射後の圧力の時刻歴波形

数値解析により開発した反射圧低減壁の低減効果を検証するために爆発実験を実施した (図 2-3)。数値解析同様、反射波のピーク圧が低減することが確認された。さらに、爆風圧のエネルギーを吸収するエネルギー吸収壁について提案し、その効果を検証した。本技術を機器室の壁に適用する際の設置イメージ図を図 2-4 に示す。

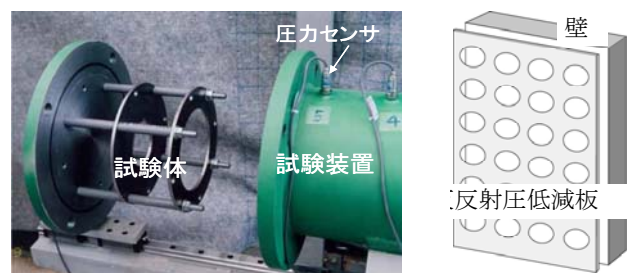


図 2-3 検証実験の様子

図 2-4 設置イメージ図

2-3) 水素燃焼制御システム

漏洩水素ガスの燃焼・爆発のリスクに対し、水噴霧と不活性ガスの効果により、水素の燃焼を抑制し、その空間の安全を維持するシステムを開発した (図 2-5)。

水噴霧はその粒径が重要であり、平均粒径が 16 ミクロンのものを用いた。不活性ガスとしては、ヘリウム、二酸化炭素、および窒素の様々な濃度の組み合わせを検討した。

実験の結果、水素濃度 8% および 16% いずれの場合でも、水噴霧と不活性ガスの効果により燃焼伝播の防止が可能であることが判明した (図 2-6)。結果の一部を表 2-1 に示す。

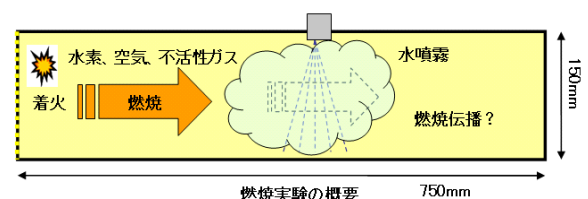


図 2-5 燃焼実験の概要

これらの結果から、水素濃度が8%の場合に、燃焼伝播を防止するためには、水噴霧が8ノズル、ヘリウム20%が適当である。水素濃度が16%の場合には水噴霧が8ノズル、二酸化炭素5%+ヘリウム50%あるいは窒素55%が適当である。

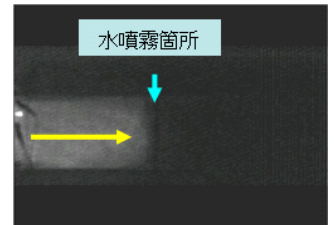


図 2-6 燃焼伝播の防止

表 2-1 水素濃度 8%、水噴霧 8 ノズルの場合の各ガスでの伝播限界濃度と燃焼速度

ガス	He	CO2	N2	CO2+He	CO2+He	CO2+N2	CO2+N2
伝播限界濃度 (%)	20	25	35	5+15	10+10	5+15 以上	10+10 以上
最少燃焼速度 (m/s)	0.127	0.094	0.141	0.113	0.102	0.132	0.105

* 伝播限界濃度は燃焼伝播を防止できる最少ガス濃度 (体積%)

* 最少燃焼速度は燃焼が防止できなかった実験条件のなかで、最も遅い燃焼速度である。

2-4) 水素の不活性化に関する研究

地下室のような半閉鎖空間に不活性気体を注入することにより、漏洩水素の着火を防止するのに加えて、排気筒から外気に放出した場合にステーションの近隣での着火を防止する安全濃度を保つという新しい概念の安全技術である。

図 2-7 に CO2 による不活性化の概念を示す。空気中における水素の可燃範囲は、水素濃度が燃焼の下限界 (4%) から上限界 (75%) であるので、H2、Air、CO2 混合気の可燃濃度は図に示す 3 角形に近い形状になる。

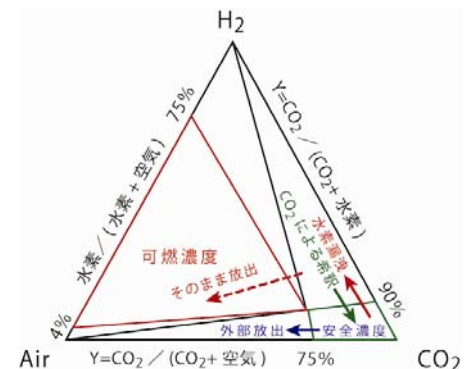


図 2-7 CO₂による不活性化の概念

この可燃濃度の境界 (いわゆる可燃限界) は測定装置、測定方法に依存する値であるが、ここでは特に厳しい条件として裸火が存在する場合の可燃限界を測定するために、パイロットバーナの周囲に H2、Air、CO2 混合気を流通させる燃焼器を制作した。本測定結果と従来の火炎伝播による測定結果 (途中まで伝播した場合も含む) から最も厳しい条件を可燃濃度とした。H2 および Air の頂点から可燃と判断された実験結果の外側に接する直線を引いて安全濃度を示す 2 つの CO2 分圧比を定義した。

$$Y = \text{CO}_2 / (\text{CO}_2 + \text{空気}) \geq 0.75 \quad (1)$$

$$Z = \text{CO}_2 / (\text{CO}_2 + \text{H}_2) \geq 0.9 \quad (2)$$

これら両方の条件を満たす領域が図の「安全濃度」と記された四角形であり、不活性化の対象空間を常にこの濃度範囲に制御することにより、水素が漏洩しても空間内が可燃濃度になることが避けられる。さらに、漏洩した水素が拡散混合により安全濃度になれば外部に放出してもステーション外の点火源により着火することが避けられる。

さらに、熱流体解析ソフト STAR-CD を用いて空間内に放出された水素の流動・拡散挙動を計算することにより、漏洩水素の流動・拡散の基本的特徴を明らかにし、水素ステーションにおける不活性化空間設計の指針を得た。

3) 水素ステーションの安全性評価

建設地点を (郊外-市街地-都市部) と分類した際の建屋形式、事故時の周囲への影響度、安全の要求について表 3-1 に示す。

この表は、都市部になるほど確保できる敷地は狭く、その結果建屋形式は重要機器のキャノピー上機器設置式や地下式を選択することとなる。都市部では周囲に人や建物が密集することから、事故時の影響度は大きく、高い安全要求となる。そのため、安全要素技術の適用には、反射圧低減壁、燃焼制御、ならびに水素不活性化技術を用いることが安全確保には必要となる。

表 3-1 周囲への影響度（人的被害等）を踏まえた建屋形式・安全要素技術適用レベル

建設地点	敷地	建屋形式	事故時の周囲への影響度	安全の要求	安全要素技術（本研究）の適用		
					反射圧低減壁	燃焼制御	水素不活性化
郊外	広	地上式	小	低	-	-	-
市街地	これをターゲット	地上式	大	高	-	○	-
都市部		キャンピー上設置式			○*1)	○	-
都市部		地下式			○	○	○*2)

注: *1) 蓄圧器等機器の周囲のフレームに設置する。

*2) 例: 蓄圧器等を防護壁で囲い、計器類は外部に集め、防護壁内に常時不活性ガスを充てん

4) 水素ステーションの経済性評価

表 4-1 に、各建屋形式別コスト比較を行った。土木・建築工事費は、ベース配置に対しほぼ同じである。土木・建築工事費と土地代の合計では、ベースの機器配置に比べ、約半分になることを確認した。

表 4-1 各建屋形式別コスト比較

機器設置等	地上式		高架式	地下式	
	ベース配置	緩和適用	キャンピー上機器設置	機器地下設置 ^{1*)}	低圧容器地下設置 ^{2*)}
敷地面積(m ²)	876	613	517	517	390
土木・建築工事費 ^{3*)} (億円)	0.72	0.54	0.56	0.78	0.81
土地代(億円)	6.12	4.40	3.82	3.82	2.88

注: 斜体の数値は概算値を示す。地価は東京都区内の主たる駅から 10Km 圏内とした。

1*) 機器とは、蓄圧器や圧縮機を指す。

2*) 蓄圧器、圧縮機に加え、低圧容器を地下設置する。

3*) 直接工事費

5) 特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT*出願	査読付き	その他	
年度						
H20FY	4 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
H21FY	3 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

(※Patent Cooperation Treaty : 特許協力条約)

4. まとめ及び課題

1) 水素ステーションの試設計と課題の抽出

一般高圧ガス保安規則第 7 条の 3 をベースに、高圧ガス設備を地下に設置した場合、屋上に設置した場合等のコンパクト化配置検討を行った。

試設計を実施した各配置案に関し、万一の漏洩・着火・爆発時の周囲に与える影響の評価ならびに安全対策の付与によるコンパクト化案の妥当性を検証する必要がある。

2) 安全要素技術開発

2-1) 換気システム

提案された地下式コンパクト水素ステーションを対象に必要な換気量を明らかにした。今後の課題として、地下室サイズと換気量および最適な給排気口の位置の関係を明らかにする必要があると考えられる。

2-2) 反射圧低減壁及びエネルギー吸収壁

数値解析により反射圧低減壁の開発を行い、検証実験によりその性能を確認した。さらに、エネルギー吸収壁について提案し、その効果を検証した。今後の課題として、水素ガスでの検証や実規模サイズでの性能確認が必要であると考えられる。

2-3) 水素燃焼制御システムの開発

漏洩水素ガスの燃焼・爆発のリスクに対し、水噴霧と不活性ガスの効果により、水素の燃焼を抑制し、その空間の安全を維持するシステムを開発した。今後、実規模に近いサイズでの燃焼制御実験、ならびに可能性としての水素の最強の濃度である30%程度での燃焼抑制実験が必要であると考えられる。また、水噴霧の定量的な表現方法、ならびに誤報の識別を含め、水素センサとの連動によるシステム化も検討する必要がある。

2-4) 水素の不活性化に関する研究

CO2による半閉鎖空間の不活性化の指標となる安全濃度については信頼性の高い値が得られたが、漏洩水素の流動・拡散挙動については空間内の機器の配置、水素漏洩場所、水素漏洩量に依存するので、ステーションの設計に当たっては実状に合った条件設定による流動・拡散挙動の計算が必要である。

3) 水素ステーションの安全性評価

都市部における水素ステーションの建設には、敷地が狭く人や建物が密集していることから、安全要素技術を適用することにより、都市型水素ステーションに必要とされる安全レベルを確保できることを確認した。さらには、H23年度に実施予定であるモックアップ実験により検証する。

4) 水素ステーションの経済性評価

各建屋形式別コスト比較を行った。都市部における水素ステーションの建設においては、その地代を考慮した場合、機器の高架設置式、地下設置式が低コストであることが確認できた。さらには、このコストをベースとして、合理化検討による低コスト化へと繋げる。

5. 実用化・事業化見通し

コンパクトな機器配置が実現され、安全要素技術の目途が立ったことから、H24年度までの検証により都市型コンパクト水素ステーションの実用化が可能である。図5-1に燃料電池自動車と水素ステーションの普及に向けたシナリオを示す。燃料電池自動車等が普及開始するH27年度には、今後の低コスト検討・標準化により事業化できる見通しである。

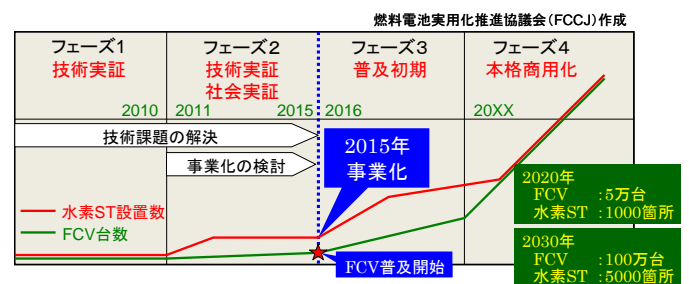


図5-1 水素ステーション普及シナリオ

水素ステーション以外にも水素供給インフラ全体、例えば水素製造プラント、および大量需要のための大・中規模水素貯蔵施設等の建設へ事業展開ができる。

2. 3 研究開発項目Ⅲ「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」

- Ⅲ－1 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討（実施者：(株)テクノバ
- Ⅲ－2 IEA/HIA 水素実施協定における国際技術開発動向の調査検討（実施者：(財)エンジニアリング振興協会）
- Ⅲ－3 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発（実施者：(独)産業技術総合研究所）
- Ⅲ－4 非貴金属化合物を用いた水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計及び開発（実施者：(国)横浜国立大学）
- Ⅲ－5 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発（実施者：(独)物質・材料研究機構、(国)金沢大学）
- Ⅲ－6 水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発（実施者：(国)東京大学）
- Ⅲ－7 超高圧水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発（実施者：(独)産業技術総合研究所、(国)東北大学）
- Ⅲ－8 ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピルオーバー水素貯蔵に関する研究開発（実施者：(国)東北大学）
- Ⅲ－9 Mg および Ti 系相分離型高容量水素吸蔵合金の設計と実証に関わる研究開発（実施者：(学)東海大学）
- Ⅲ－10 水素エネルギーシステムの社会的便益に関する研究開発（実施者：(独)産業技術総合研究所）
- Ⅲ－11 水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ（実施者：(財)エネルギー総合工学研究所、岩谷産業（株）、川崎重工業（株）、関西電力（株）、清水建設（株）、三菱重工業（株）、千代田化工建設（株））

(Ⅲ-1)水素燃料電池に係る国際関連機関等研究・政策動向の調査検討

委託先:株式会社テクノバ

2.3-1(0)

●全期間成果サマリ(実施期間:平成20年度～平成21年度)

・専門家による「先端燃料電池実施協定対応委員会」を組織、AFCIAの各作業部に専門家を派遣、あるいはテクノバで参加し、我が国のR&D情報を提供した(NEDOのR&Dの状況、日本の政策、大規模実証やそのほかの具体的なR&Dプロジェクト)。このような情報提供を通じて、AFCIAに貢献した。
 ・IPHEの議論を分析、わが国の政策や技術開発への影響を分析した。また国内の関係者とも協力し、日本の取り組みをPRするとともに、米国、カナダ、ドイツ、欧州連合などの主要国のイニシアティブを支援した。IPHEに対する我が国の貢献を明確になるように各種の報告などや作業を滞りなく進めた。

●背景/研究内容・目的

A. IEA AFCIAの動向の調査・検討・普及

AFCIAの情報を入手し、また作業部に専門家を派遣して最新動向、活動内容を入手してわが国の政策や技術開発への影響を分析する。

B. IPHEの動向の調査・検討・普及

IPHE委員会に参加し、最新動向、活動内容を入手し、わが国の政策や技術開発への影響を分析する。また関係者に情報を提供する。

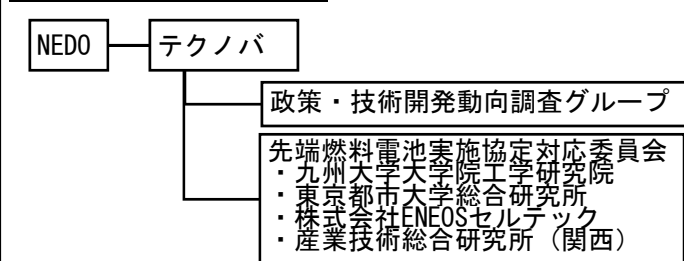
C. IPHE、AFCIAメンバー国やその主要関連研究機関の政策・技術開発動向の調査・検討

IPHE、AFCIAにおけるメンバー国の発言、プレゼンテーション、およびその他の情報から、参加メンバー国や、その国の主要関連研究機関の政策・動向を把握、情報を提供する。

●研究目標

実施項目	目標
A	対応委員会の開催、動向レポートの作成
B	動向レポートの作成
C	政策動向レポート、公的研究機関、主要研究所の技術開発動向レポート

●実施体制及び分担等



●全期間実施内容／研究成果

A. IEA AFCIAの動向の調査・検討・普及

・専門家による「先端燃料電池実施協定対応委員会」を組織した。
 ・AFCIAの各作業部会(PEFC、SOFC、定置用FC、ポータブルFC)に専門家を派遣、あるいはテクノバで参加し、我が国のR&D情報を提供した(NEDOのR&Dの状況、日本の政策、大規模実証やそのほかの具体的なR&Dプロジェクト)。このような情報提供を通じて、AFCIA参加国に対して日本の取り組みをPRし、学術的な情報による貢献を行った(FC・水素に着実に取り組んでいることを国際的にPRし、欧州・北米などの国に印象づけた)。

B. IPHEの動向の調査・検討・普及

・IPHEの各委員会に参加し、最新動向、活動内容を入手した。
 ・IPHEの議論を分析、わが国の政策や技術開発への影響を分析した。対応が必要な議論や動きに関しては、国内関係者と連携し、その対応を行った。
 ・特にIPHEの教育ワーキンググループやデモンストレーションワーキンググループ、規制・基準標準ワーキンググループでは、国内の関係者とも協力し、日本の取り組みをPRし、高い評価を受けた。
 ・IPHE委員会の場で、米国、カナダ、ドイツ、欧州連合などの主要国のイニシアティブを支援した。
 ・IPHEに対する我が国の貢献を明確になるように各種の報告や作業を滞りなく進めた。
 ・IPHE水素貯蔵ワークショップ(H21年10月、モスクワ)に参加し、国際的な水素貯蔵研究の動向を調査した。
 ・IPHEの水素インフラワークショップ(H22年2月、サクラメント)に参加し、水素ステーションをめぐる米国、ドイツ、欧州委員会の取り組みを調査した。

C. IPHE、AFCIAメンバー国やその主要関連研究機関の政策・技術開発動向の調査・検討

・IPHE、AFCIAにおける情報をもとに、政策情報をとりまとめ、関係者に提供した(米国、カナダ、ドイツ、ノルウェー、欧州委員会、など)。
 ・DOEの水素プログラムメリットレビューの情報を入手・分析し、関係者に提供した。
 ・欧州燃料電池水素ジョイントアンダーテイキング総会に参加し、その情報を入手・分析し、関係者に提供した。

●今後の課題

・IEAとIPHEはコラボレーションの動きもあり、わが国の水素燃料電池政策への影響を見極めるために、今後もその動きに注意が必要。
 ・日本の政策的取り組みや研究開発は高く評価されており、これらの組織を通じて情報を継続的に発信することで、国際的なリーダーシップを発揮することが重要。

●実用化の見通し

・調査(フィージビリティ調査の一環)であるため、実用化をめざした技術開発は行っていないが、調査による結果の情報提供を通じて、他の研究開発の実用化を支援できる。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
A	対応委員会の開催、動向レポートの作成	○
B	動向レポート、会議内容の報告、各種ワークショップの分析	◎
C	動向レポート、各種会議の分析	○

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	0	0	0

1. 事業概要

IEAの先端燃料電池実施協定(AFCIA)は41あるIEAの実施協定のひとつで、現在19カ国が参加しており、各種燃料電池や主要アプリケーション(自動車、定置、マイクロ)分野での研究協力を行っている(図1表1)。

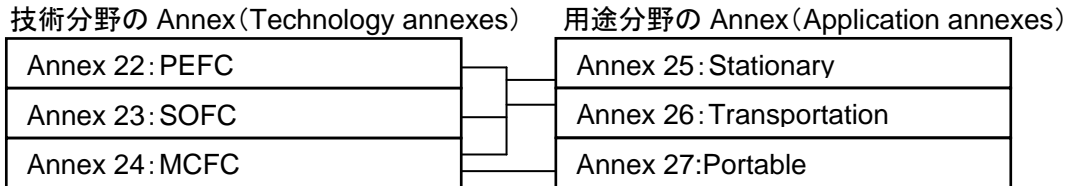


図 1. AFCIA の全体構成

表 1. Annex22、24、25、27 の概要

Annex(作業部会)	内容	参加国	OA(幹事)国
Annex 22	PEFC(固体高分子形燃料電池)	17カ国	米国
Annex 24	SOFC(固体酸化物形燃料電池)	14カ国	米国
Annex 25	定置用燃料電池システム	13カ国	スウェーデン
Annex 27	携帯用燃料電池	7カ国	ドイツ

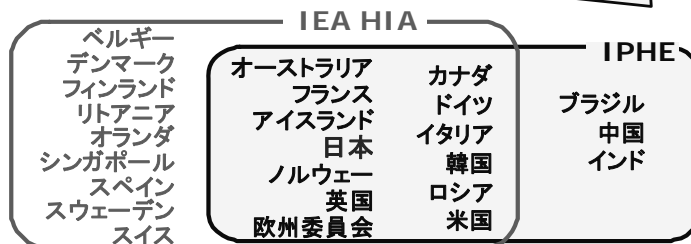
また水素経済のための国際協力(IPHE)は、2003年に米国エネルギー省の主導で設立した水素・燃料電池の政策面での国際コラボレーション組織であり、現在16カ国・1地域が参加している(図2)。IPHEでは政策面での情報交換、研究開発のプライオリティの決定、水素ロードマップ比較などの活動を行っているとともに、わが国の政策・研究開発にも影響を与えかねない基準・標準活動やFCVデモンストレーション評価活動も行っている。

● 水素経済のための国際パートナーシップ

- 2003年11月に設立。10年間の期限付き。
- 米国エネルギー省が提唱。水素・燃料電池に係る情報交換等を促進するための国際協力組織。
- 実際の参加者(実務担当者)は、IEAの水素実施協定(Hydrogen Implementing Agreement:HIA)と重なることが多い。



注 当時の日下一正資源エネルギー庁長官が中川大臣代理で署名



注:IEA HIAとは違い、IPHEにはファンド拠出がない

図 2. IPHE の組織

今後 IPHE と AFCIA は、連携も深めつつ、水素のアプリケーションとしての燃料電池分野でも情報交換し、水素・燃料電池の両面で活動領域を広げていくことが予想される。よってわが国の将来の水素・燃料電池政策、技術開発のためには、IPHE と AFCIA の両面から情報を収集するとともに、その動向を調査・検討した。

2. 事業目標

① AFCIA の動向の調査・検討・普及

AFCIA の執行委員会(ExCo)情報を入手するとともに作業部会に専門家(エキスパート)を派遣し、最新動向、活動内容を入手し、わが国の政策や技術開発への影響を分析する。さらに国内において先端燃料電池実施協定対応委員会を組織し、専門家や関係者間で情報交換を行うとともに、その対応を検討する。

② IPHE の動向の調査・検討・普及

IPHE の委員会に参加し、最新動向、活動内容を入手し、わが国の政策や技術開発への影響を分析する。また、関係者に情報を連絡・普及する。

③ IPHE、AFCIA メンバー国やその主要関連研究機関の政策・技術開発動向の調査・検討

IPHE、AFCIA におけるメンバー国の発言、プレゼンテーション、およびその他の情報から、参加メンバー国や、その国の主要関連研究機関の政策・動向を把握し、わが国の政策や技術開発への影響を分析する。また、関係者に情報を連絡・普及する。

3. 事業成果

事業の成果は以下のとおりである。

① IEA AFCIA の動向の調査・検討・普及

- ・専門家による「先端燃料電池実施協定対応委員会」を組織した。
- ・AFCIA の各作業部会(PEFC、SOFC、定置用 FC、ポータブル FC)に専門家を派遣、あるいはテクノバで参加し、我が国の R&D 情報を提供した(NEDO の R&D の状況、日本の政策、大規模実証やそのほかの具体的な R&D プロジェクト)。このような情報提供を通じて、AFCIA 参加国に対して日本の取り組みを PR し、学術的な情報による貢献を行った(FC・水素に着実に取り組んでいることを国際的に PR した)。

② IPHE の動向の調査・検討・普及

- ・IPHE の各委員会に参加し、最新動向、活動内容を入手した(表 2、表 3)。
- ・IPHE の議論を分析、わが国の政策や技術開発への影響を分析した。対応が必要な議論や動きに関しては、国内関係者と連携し、その対応を行った。
- ・特に IPHE の教育ワーキンググループやデモンストレーションワーキンググループ、規制・基準標準ワーキンググループでは、国内の関係者とも協力し、日本の取り組みを PR し、高い評価を受けた。
- ・IPHE 委員会の場で、米国、カナダ、ドイツ、欧州連合などの主要国のイニシアティブを支援した。
- ・IPHE に対する我が国の貢献を明確になるように各種の報告や作業を滞りなく進めた。
- ・IPHE 水素貯蔵ワークショップ(H21 年 10 月、モスクワ)に参加し、国際的な水素貯蔵研究の動向を調査した。

- ・IPHEの水素インフラワークショップ(H22年2月、サクラメント)に参加し、水素ステーションをめぐる米国、ドイツ、欧州委員会の取り組みを調査した(表4)。

表 2. IPHE の動向:タームと議長国

<p>第1期(2003～2005)・第2期(2005～2007):米国</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ブッシュ大統領の水素イニシアティブの「国際的プロモーション」組織としてスタート。米国 DOE(と DOT)が主導。 ・ 積極的にデータ共有や共同プロジェクトを推進。 ・ 欧州も水素プロジェクトをEU内で「通しやすい」ので積極活用。 ・ 国際的な水素ロードマップを作ることを目指したが、各国の反対が多く挫折。代わりに、R&Dの優先度を定めた「プライオリティスコアカード」などの活動を行った。
<p>第3期(2007～2009):カナダ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 天然資源省(NaturalResourcesCanada)と産業省(IndustryCanada)がリード。 ・ 初期には産業界との対話を重視。ステークホルダ会合などを実施。 ・ SoN(State of Nation:IPHE 施政方針)の策定、米国、カナダ、ドイツ、ノルウェーなどの提案による個別プロジェクト(Global IPHE Project)を実施。
<p>第4期目(2009～2011):ドイツ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ カナダで停滞したIPHEを立て直し。ドイツNOWが主導。 ・ SCとILCを統合して、1つの委員会とすることを提案。 ・ IPHEの名称を変更。 ・ 2009～2010年に、一連のワークショップを行う予定。 <ul style="list-style-type: none"> － インフラワークショップ(2010年2月) － デモンストレーションワークショップ(2010年9月) － 定置FCワークショップ

表 3. IPHE の最近の動向

<ul style="list-style-type: none"> ・ IEA HIA と IPHE 間で MoU 締結。 一定の制約の元、IPHE メンバーが IEA HIA のワークショップ、ExCo に参加できる。現在、以下の IEA HIA のタスクを対象にコラボレーションが実施中/検討中。 <table data-bbox="335 1579 1173 1724"> <tr> <td>Task 22(水素貯蔵)</td> <td>2008年にMoU締結。実施中</td> </tr> <tr> <td>Task 18(水素統合システムの評価)</td> <td>2009年にMoU締結。</td> </tr> <tr> <td>Task 19(水素安全に関する国際協力)</td> <td>検討中</td> </tr> </table> ・ 新規に南アフリカがメンバーシップを認められる ・ 進行中の国際連携プロジェクト:IPHE スチューデントコンペティション 高校生を対象にした教育コンペティション。日本、米国、ドイツ、アイスランド、ラトビアが参加。日本はNEDO/JHFCの教育活動の一環として実施。3月にJHFCで募集し、秋田工業高校を採択。2010年5月のWHECで表彰。 ・ IPHE アワード(2年毎に開催) 	Task 22(水素貯蔵)	2008年にMoU締結。実施中	Task 18(水素統合システムの評価)	2009年にMoU締結。	Task 19(水素安全に関する国際協力)	検討中
Task 22(水素貯蔵)	2008年にMoU締結。実施中					
Task 18(水素統合システムの評価)	2009年にMoU締結。					
Task 19(水素安全に関する国際協力)	検討中					

表 4. IPHE インフラワークショップ報告

(1) ワークショップの概要

日時: 2010年2月25～26日(26日は午前中のみ)
場所: カリフォルニア州サクラメント
参加者: 約100名
日本からの参加者: エンジニアリング振興協会、株式会社テクノバ

(2) ワークショップの概要

① 2020年へのパスウェイ: 主要 IPHE メンバー国からの報告

- ・ 米国: DOE (John Garbak)
- ・ 米国: CaFCP (Catherine Dunwoody)
- ・ 欧州連合 (FCH JU) : Total (Philippe Mulard)
- ・ ドイツ: Total (Philippe Mulard)
- ・ 日本: エンジニアリング振興協会 (戸室仁一)
- ・ 韓国: 現代自動車 (B. K. Ahn)

② 水素ステーションビジネスケース

- ・ ビジネスケースの紹介: Marc Melaina (National Renewable Energy Laboratory)
- ・ オンライン・フォーカスグループの紹介: Chris White (CaFCP)
- ・ 分科会に分かれてディスカッション (アイディアジェネレーション)

④ 総括



左から 戸室氏、Mulard 氏、Garbak 氏、Ahn 氏、Dunwoody 氏

(3) 所感

- ・ 本ワークショップに参加しているのは米国、ドイツ、日本、韓国、カナダのみである。参加者には、DOE やカリフォルニア州関係者などの政策立案者、ステーション関連企業 (Air Products、Linde、Air Liquide)、自動車メーカー (GM、Daimler、Toyota、Honda、Nissan)、石油会社 (Shell、Chevron) が一通り参加していたが、これは前日に CaFCP の運営チーム会合があったため、そのまま参加した人が多かったためである。
- ・ 実際に全参加者が分科会でのディスカッションに参加するという「ワークショップ」形式であったが、ディスカッションのテーマは「カリフォルニアで 2012 年までにいかにして 40 カ所のステーションを整備すべきか」というものであった。

③ IPHE、AFCIA メンバー国やその主要関連研究機関の政策・技術開発動向の調査・検討

- ・IPHE、AFCIA における情報をもとに、政策情報をとりまとめ、関係者に提供した(米国、カナダ、ドイツ、ノルウェー、欧州委員会、など)。
- ・DOE の水素プログラムメリットレビューの情報を入手・分析し、関係者に提供した。
- ・欧州燃料電池水素ジョイントアンダーテイキング総会に参加し、その情報を入手・分析し、関係者に提供した。

4. まとめ及び課題

IEAとIPHEはコラボレーションの動きもあり、わが国の水素燃料電池政策への影響を見極めるために、今後もその動きに注意が必要である。

また、日本の政策的取り組みや研究開発は高く評価されており、これらの組織を通じて情報を継続的に発信することで、国際的なリーダーシップを発揮することが重要である。

5. 実用化・事業化見通し

調査(フィージビリティ調査の一環)であるため、実用化をめざした技術開発は行っていないが、調査による結果の情報提供を通じて、他の研究開発の実用化を支援できると考えられる。

●全期間成果サマリ(実施期間 :平成20年度～平成21年度)

水素経済社会の実現に向けて国際協同研究開発を目的とするIEA/HIA(国際エネルギー機関/水素実施協定)に積極的に参加した。各作業部会にて、収集・交換した水素に関する技術開発動向・情報を国内に展開し、共有化を図った。

●背景

・OECD(経済開発機構)による国際エネルギー計画
・世界のエネルギー需給構造の改善が必要



OECDの傘下に代替エネルギー源の開発を目的にIEA(国際エネルギー機関)が設立
・IEAの中に水素に関する協同研究開発を目的にHIA(水素実施協定)が1977年に設立

●目的

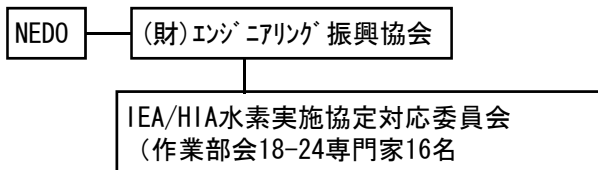
- (1) 水素経済社会の実現に向けて国際的協同研究開発を実施
- (2) 安全・環境を配慮した世界共通の水素技術関連情報の共有
- (3) 総合的な水素研究開発と分析活動の支援

●研究の概要と目標

概要: 水素に関する国際技術開発動向と分析活動動向の把握を行い、情報を関係者に発信する

実施項目	目標
A	国際技術開発動向の把握
B	各Annex(作業部会)の分析活動動向の把握
C	得られた情報の展開・普及及び共有化活動

●実施体制及び分担等



●全期間実施内容／研究成果

No.	研究開発項目	研究成果内容
18	水素統合システムの評価	●サブタスクB「実証プロジェクトの評価」は水素実証プロジェクトを既存の評価ソフトを利用してエネルギー効率、経済性等システム評価を行う。第2期(2007-2009)では水素ステーションを中心に新たに10システムの評価を実施した。2010より新たに「水素供給コミュニティ」が発足予定。
19	水素安全	●サブタスクA: リスク管理手法、B: 水素安全に関するテスト。C: 情報管理。水素安全に関する各国の安全実験が紹介・データベース化。日本からはJARIのHY-SEFを紹介。
26	水の光分解水素製造	●光電気化学的水電解用に効率と安定性に優れた光電極・光触媒材料の開発に向けてR&D。
21	バイオ水素製造(幹事:産総研/日本)	●バイオマスや太陽光等の再生可能エネルギーを原料にして発酵や光合成反応にて水素製造する。アジアにおけるこの分野での研究開発が期待される
22	水素貯蔵材料	●IPHE(水素経済の国際パートナーシップ)との合同がIPHE/DOEより提案され、双方合意。2008.3月カナダ及び2008.10月イタリアにて合同会議。
23	定置式小型改質器	●2006.6月のキックオフ会議にてサブタスク3(市場研究)のリーダーは日本(東京ガス)に選ばれた。
24	風力発電-水素	●サブタスクA: 風車、水電解装置のレビュー B: システムのインテグレーション、C: 市場研究、横浜国大から専門家登録。
28	大規模水素インフラ	●2009.11月のEx-Co会議にて新規タスクとして、承認された。

●今後の課題

- (1) 水素経済社会実現に向けてIEA/HIAへの積極的参加
 - 新規Annex 28(大規模水素インフラ)への参加
- (2) IEA/HIA国際会議にて得た情報の国内への展開と普及
 - 公開されたデータベース(Website)の利用
 - IEA/HIA国際協同研究開発の活動報告会の実施

●実用化の見通し及び特許等: なし

●研究成果まとめ

実施項目	自己評価
A	◎
B	○
C	○

1. 事業の概要

本事業は、「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」を対象として IEA/HIA(国際エネルギー機関/水素実施協定)のビジョンである「経済のあらゆる分野の要となるクリーンで持続可能なエネルギー源による水素の未来」に向けて下記のテーマを目標に掲げており、メンバーである我が国も積極的に参加して総合的な水素に関する技術開発動向の把握と分析活動動向の把握を行い、情報を関係者に共有する。

【IEA/HIA 水素実施協定専門作業部会と内容】

Annex(作業部会)	内容	日本の専門家
Annex 18	水素統合システムの評価	産総研(2名)
Annex 19	水素安全	日本自動車研究所(JARI) 石油産業活性化センター(PEC) (2名)
Annex 26(旧 20)	水の光分解による水素製造	産総研(2名)
Annex 21	バイオ水素製造	産総研他(2名)
Annex 22	基礎的・工学的な水素貯蔵材料開発	産総研他(4名)
Annex 23	水素供給用の小規模改質器	東京ガス他(2名)
Annex 24	風力エネルギーと水素の統合	横浜国大(1名)

2. 事業目標

1) 国際技術開発動向の把握

- ・ 日本からの専門家を派遣し、総合的な水素研究開発・分析活動の情報交換を行う。又、入手した水素関連情報を展開し、NEDO の推進する水素関連事業などに資する。
- ・ 各作業部会に派遣した日本の専門家を通して各作業部会で実施している実用化前の共同研究開発動向を把握する。分野としては、製造・貯蔵・統合システムなどがある。

製造: Annex 20(水の光分解による水素製造)、Annex 21(バイオ水素製造)、Annex 23(小規模改質器)

貯蔵: Annex 22(水素貯蔵材料開発)、Annex 24(風力エネルギーと水素の統合)

統合システム: Annex 18(水素統合システムの評価)、Annex 19(水素安全)

2) 分析活動動向の把握

IEA/HIA水素実施協定では独立した分析活動を行っており、既存のモデルを使って、参加国が実施する実証事業の成果と学習点を分析する。我が国も派遣する専門家が各Annex(作業部会)にて分担を持って分析活動を行なう。

3) 情報の展開・普及及び共有化活動

各作業部会で把握した技術開発動向及び分析活動動向ならびにIEA/HIA水素実施協定における各Annex（作業部会）のワークショップ（国際会議）や各Annex 毎に設けられたウェブサイトやIEA/HIA水素実施協定が発行する年次報告書やNews Letter等から得られた水素関連情報の展開・普及及び共有化を図る。具体的には下記が挙げられる；

- ・ エンジニアリング振興協会での成果発表会：年1回の成果発表会にてIEA/HIA水素実施協定における国際技術開発状況の情報を展開する。
- ・ 関連する団体・企業への情報展開：各Annexの技術開発項目に関連する団体・企業などへ技術開発状況の情報を展開する。（例：Annex 23「小型定置式改質器」⇒日本の「改質器」メーカー・団体などに情報の展開）
- ・ 出版物の展開・普及：IEA/HIA水素実施協定にて公開しているAnnual Report（年次報告書）やIEA/HIA News Letterなどを適宜、関連業界・団体へ情報を展開・普及する。

3. 事業の成果概要

1) IEA HIA(水素実施協定)専門会議へ専門家を派遣し、水素に関する国際的技術開発動向の把握と情報の共有化と展開を図る：

2) 分析活動動向の把握

IEA/HIA 水素実施協定では独立した分析活動を行っており、既存のモデルを使って、参加国が実施する実証事業の成果と学習点を分析する。

①Annex-18（水素実証試験の評価）：

- ・ 本 Annex は「水素システム社会への融合に関する情報を提供する」という全体目標の下に二つの Subtask より構成されてきたが、2006年11月に3年間の延長が承認され、2007年1月より2nd Phase に入る（2009年12月まで）。
- ・ 2008年は4月にアテネ、9月にコペンハーゲンにて Workshop 会議を実施。
- ・ 2nd Phase では下記三つの Subtask となった。
Subtask A: 情報データベースの構築
Subtask B: 実証プロジェクトの評価
Subtask C: 統合と研修（技術的側面のみならず社会的・経済的側面を考慮に入れて水素システム導入の障壁となっている原因を抽出し、その対策を検討する。）
- ・ 2009年10月ハワイにて国際会議：Annex 18 は2009年度にて終了予定。Final Report 概要を審議した。次期 Annex は「Distributed and Remote Energy Systems using H₂」（分散型水素システム）にて立上げ、OA（幹事）はトルコの UNIDO が予定。2010.5月のエッセン IEA/HIA Ex-Co 会議に Proposal を提出後、発足予定。

②Annex-19（水素安全）

以下三つの Subtask に分けて各 Subtask リーダの下で検討・議論されている。

Subtask A: Risk Management（危機管理）：A1 既存のリスクアセスメント手法の調査、
A2 水素システムと従来の炭化水素系燃料設備とのリスクアセスメント比較、A3 確立論的リスク評価

Subtask B: Safety Testing (安全試験): B1 既存の実験データの調査、B2 現在実施中の実験プログラムの調査、B3 リスクマネジメントの観点での既存データの十分性の調査及び不足項目の抽出

Subtask C: Information Dissemination (ステークホルダー向けの情報整理とその提供)

- 2008年3月カナダ、同8年9月オスロ及び2009年4月サンフランシスコ、同年9月に仏・コルシカにて国際会議を実施。Subtask A では日本から規制見直し様に実施したリスク評価も含めて評価事例の調査結果を整理(PEG/菊川氏)。又 JARI/HySEF における水素安全に関するデータや評価技術レベルについてのデータなどについて発表・報告した

③Annex 26 (旧 20)(水の光分解による水素製造)

- 2008.10.18 ハワイにて Annex26 のキックオフ会議、2009年4月サンフランシスコにてワークショップ会議が開催された。
- 旧 20 の水の光分解による水素製造の為の材料開発として半導体材料分野を各担当が分担して探索が進められている。
- 米国 DOE ではいくつかの機関にて鉄系酸化物半導体、酸化タングステン系半導体、非酸化物半導体、シリコン系半導体などを担当し探索中で今後データベース化予定。
- EU ではタンデム型光電極の水素製造、半導体光電極のナノ構造制御する水分解水素製造の2つのプロジェクトが進められている。
- 日本(産総研)の太陽光水素製造の位置づけについて紹介し、その後光電極及び光触媒を紹介。光電極については主に Fe_2WO_6 について、その性能向上の最適化、バンド構造の解析、ガス発生測定や長期安定性について紹介した。

④Annex-21(光生物学的水素製造):

- 産業技術総合研究所/三宅氏が OA(幹事)となりすすめられ、2008年8月にスペイン・マジョルカ島、2009年2月にスエーデン・ウマア、同年9月にフィンランド、2010年3月にイタリアにて国際会議が実施された。
- 本 Annex 21 は下記四つの Subtask に分けられる。
Subtask A: 光合成微生物(藻類や光合成細菌)や嫌気性細菌のバイオマス水素製造
Subtask B: 光合成微生物と光エネルギーを用いた水やバイオマスからの水素製造システムの高効率化技術
Subtask C: 微生物が有する酵素やタンパク質を利活用した生体模倣技術・分子ハンドリング技術による光水素生産デバイス・燃料電池システムの構築
Subtask D: 当該技術のフィージビリティスタディなどの可能性評価、社会生活・社会システムへの影響評価、生活の質の確保に関する評価など。
- バイオマスの利用技術に関しては中国、台湾の研究が活発化しているが、プロジェクトでは韓国、日本が優位に立っている。北欧では大型基礎研究プロジェクトが数件進行中であり、高度な基礎研究を行える環境を維持している。上記国際会議に各国のバイオ水素製造の研究の現状について意見交換が成された。
- 2008.11月の IEA/HIA Ex-Co 会議にて 2009年から第2期として2年の延長が承認さ

れ、2010.8月にAnnex 21 OA(三宅氏)→米国に交替予定。次回会議は2010.9頃

⑤Annex 22(固相及び液相水素貯蔵材料の開発):

- 2006年6月Ex-Co総会にてAnnex 17から22へ継続が承認され、2007年1月から3年間(2009.12.31まで)の継続。2010.1月よりAnnex22第2期(2年間)移行予定。
- Annex 22で設定されている目標は以下の通り。
 - A) 国際的な水素貯蔵目標に合致する可逆的 or 再生可能水素貯蔵媒体を開発する。
 - B) 目標Aに合致する可能性ある水素吸蔵媒体の基礎的及び工学的理解を深める。
 - C) 定置用途向けの水素貯蔵材料及び貯蔵システムを開発する。
- IEA/HIAとIPHEとの協同がMOU(覚書)により実現され、2008.3月のカナダWorkshop会議よりIPHEからの参加(ロシアを含む数名)があった。
- 2009.4月韓国済州島会議、同10月パリ会議が実施され、日本より専門家出席。
- 第2期からはサブタスクが増える見込みで「水素貯蔵技術のエンジニアリング及び応用セッション」が立上げ予定で日本から更に1名(日本重化学)の専門家を増員予定。

⑥Annex-23(オンサイト水素供給用小規模改質器):

- 2006年6月Annex 23キックオフ会議(ブラッセル)Subtask1/標準化とモジュール化、Subtask2/持続可能性と再生可能資源、Subtask3/市場調査から構成される活動行うことで合意。
- OAはノルウェーのSINTEF, Subtask1,2,3のリーダーは各1, 2をノルウェー、3を日本(東京ガス/安田氏、三菱化工機/小淵氏)が務めることで合意した。
- 2008年4月の東京会議、同年11月のパリ会議、2009年10月のイスタンブール会議(2009.5月のオスロ会議は豚インフルエンザによる海外渡航自粛令にて不参加)ではSubtask1では100/500Nm³級改質器の仕様比較作業を、ST2では小規模CCSについてCO₂削減の量的寄与について審議、ST3では日本のシナリオ研究から抽出したパラメータリストとステーション建設に関わる規制・基準について紹介した。

⑦Annex-24(風力発電-水素製造):

- OA(幹事)国はスペインで出席者は6カ国合計17名。各国の風力発電の現状、風力-水素製造に向けた研究など報告された。
- SubtaskはA) State of Art(現状の機器設備-風車、水電解装置、中間機器のレビューと水素製造能力・市場研究など)、B) Needed improvement & system integration C) Business concept developmentの三つに分けられる。
- 2008.4月にアテネ(Annex 18と併催)及び同年10月スイスでは水電解メーカーIHT社のホストによる工場視察を兼ねて会議開催され(日本から横浜国大/太田氏出席)風力から水電解による水素製造の技術課題が議論された。
- 2009.4月米国デンバー(NREL)会議ではNRELの実証(風力発電+水電解水素製造)の施設を視察した。又、同年10月のドイツOldenburg会議で、燃料電池サイトを視察。

⑧Annex 28(仮称)新規立上げ予定(大規模水素インフラと大容量水素貯蔵)

- 2009.2月アムステルダムにて定義付け会議が開催され、日本からENAA出席。(日本の水素インフラの現況-JHFC2を公表・報告

- ・ 本作業部会の展望は 2020-2025 年の水素インフラを焦点とし、大量貯蔵及び流通を含む最も実用的・経済的水素インフラを探索するものとして捉える。(OA オランダ)
- ・ 2009 年 11 月の IEA/HIA Ex-Co 会議 (セベリア)にて新規立上げの承認を受けた。(日本からの参加するとの意向を表明した。)キックオフ会議は 2010.5 月エッセン予定

3) 情報の展開・普及及び共有化活動

① IEA ExCo 会議への出席

- ・ 2008 年 6 月にブリスベンにて第 58 回、2008 年 11 月にギリシャ・アテネにて第 59 回、2009 年 11 月スペイン・セベリアにて第 61 回の Ex-Co 総会が実施され、日本から NEDO, ENAA+OA(Annex 21=産総研)が出席した。(第 60 回の 2009.5 月サンフランシスコ Ex-Co 会議は豚インフルエンザによる海外渡航自粛の為、不参加)
- ・ 日本からは我国の燃料電池、水素技術取組みの現状等、JHFC 水素ステーション状況等を報告。又 ExCo 総会出席の機会に、各国メンバーとの情報交換を行い水素エネルギー利用に関する各国の研究開発動向の把握に努めた。

② 国際会議出席による情報収集・交換などの実施

【WHEC 17(第 17 回世界水素エネルギー会議)】(2008 年 6 月豪州・ブリスベン)

- ・ 約 1000 名参加(日本から約 100 名)各国から水素技術開発に関する講演発表が 300 件、。他に約 250 件のポスター発表あった。各国の報告の項目骨子以下の通り。
- ・ 米国:水素社会への政策、水素貯蔵技術、自動車用燃料電池システム等
- ・ EU:課題=エネルギーセキュリティ、大気汚染、温室ガス低減、産業競争力の確保等。
- ・ 日本:水素ステーション、燃料電池、技術開発ロードマップ等

【ICH3 第 3 回国際水素安全会議】(2009 年 9 月フランス・コルシカ)出席

- ・ 約 200 名参加(日本から 5 名)IEA/HIA Annex 19 (水素安全)と併催。
- ・ 日本から青山学院大/山田氏、JARI/富岡氏、ENAA/宮下がプレゼンを行った。
- ・ ENAA/宮下から「Residential Fuel Cell Certification and Insurance in Japan」(日本における家庭用燃料電池の認証及び保険について)を発表した。

【特記事項】:IEA/HIA水素実施協定-各Annex活動報告会を実施

- ・ IEA/HIA水素実施協定の各Annexの専門家より平成20年度～21年度における活動報告会を平成22年2月9日(火)にNEDO日比谷オフィス国際ビル4階会議室にて実施。
- ・ 参加者は産学官における水素関連の研究開発・実証試験などに携わる研究者・技術者を対象に約40数名が参加され、専門家による報告に質疑応答が成された。
- ・ 今回初めての試みとして、広くオープンに声を掛けて、IEA/HIA水素実施協定における国際技術開発動向について、得られた情報を展開・発信したが、好評であったので、今後も継続して報告会を実施したい。

4. まとめ及び課題

1) まとめ

各国で水素エネルギー導入に向けての長期ロードマップが相次いで発表されたことを受けて、研究者、事業者の間でも水素技術、水素プロジェクトへの参加が急速に増加しており、この動きを受けて、IEAの水素実施協定活動も活発になってきている。

Annex (作業部会)19「水素安全」は、我国を含む12カ国の参加により水素安全に関する「リスク管理手法」「安全検証のためのテスト方法」など広範な内容を含む国際協力活動に取り組むことになった。「水素安全」の分野では、我国はWE-NET事業以来、種々の爆発実験など様々な分野で研究開発を進めてきた経緯があり、この分野での国際協力への貢献が大いに期待されている。又 Annex 21(バイオ水素製造)のOA (Operating Agent =作業幹事)を努める我国(産総研)は、積極的なリーダ活動を展開し、来る水素社会の実現に向けた研究開発においてプレゼンスを高めることに意義があった。又、Annex 23 (小規模改質器)においては日本はサブタスク3(市場研究)のリーダを務め、日欧米の「改質器-水素」のコスト調査など市場研究に貢献し、評価を得た。

特記事項として「IEA/HIA 水素実施 IEA/HIA 水素実施協定-各 Annex 活動報告会」を2010年2月9日に実施し、産学官における水素関連の研究開発・実証試験などに携わる研究者・技術者を対象に約40数名が参加し、専門家による報告に質疑応答が成された。今回初めての試みとして、広くオープンに声を掛けて、IEA/HIA 水素実施協定における国際技術開発動向について、得られた情報を展開・発信したが、好評であったので、今後も継続して報告会を実施したい

2) 課題

① 水素経済社会の実現に向けた国際技術開発の積極的参加

- ・ 新規 Annex 28(大規模水素インフラ&パイプライン及び大量貯蔵)への参加

② IEA/HIA 国際会議にて得た共有の水素関連研究開発 情報の国内への展開と普及

- ・ 公開された研究開発情報をデータベース(Website)の利用
- ・ 国内水素関連会議にてIEA/HIA 水素実施協定における国際協同研究開発紹介
- ・ IEA/HIA 水素実施協定国際協同研究開発の活動を通じた技術開発情報の発信

5. 実用化・事業化見通し

IEA/HIA 水素実施協定における国際技術開発は現状 R&D (研究開発)と未来の水素社会に向けた情報の共有であり、実用化・事業化の見通しはまだ立っていない。

以上

(Ⅲ-3) 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発

委託先: 産業技術総合研究所

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

- ・WO₃光触媒の量子収率をセシウム表面処理で既報の48倍に向上できた。太陽エネルギー変換効率(0.3%)は陸上植物並で、人工光合成実現可能レベルに達した。
- ・BiVO₄光電極の光電流を炭酸塩電解液を利用することで従来の電解液より6倍向上できた。高速自動半導体探索システムを活用し、新規半導体の特許を5件出願した。
- ・光触媒-電解ハイブリッドシステムの小型実証試験を行った。太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムより将来低コスト水素製造が可能、という結論を得た。

●背景/研究内容・目的

・可視光応答性半導体を用いた光触媒及び多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発に関して、太陽光による水分解水素製造の実用化のための基礎要素技術を開発するとともに、理論効率、経済性・将来性の試算に必要な実験データを収集する。

・太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムの水素製造コストよりも大きく下回る新しい低コスト水素製造システムの実現可能性を検討する。

●研究目標

実施項目	目標
①多孔質半導体光電極の高性能化	既存半導体光電極の改良でWO ₃ 光電極の性能を超える。
②光触媒-電解ハイブリッドシステムによる水素製造	レドックス媒体を用いた効率的な酸素発生用光触媒の高性能化により太陽エネルギー変換効率の最高値を目指す。
③新規可視光応答性半導体探索	高速自動半導体探索システムを用いてできるだけ多くの可視光応答性の新規半導体を探索する。
④理論効率や将来性の試算	太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムより低コスト水素製造できるか検証する。

●実施体制及び分担等

NEDO — 産総研(全項目)

●これまでの実施内容/研究成果

- ①BiVO₄光電極の光電流を炭酸塩電解液を利用することで従来の電解液より6倍向上できた。性能向上の反応機構として、中間体の炭酸ラジカルから半導体伝導帯への電子注入の可能性が推察され、量子収率が100%を超える(最大133%)可能性があり、理論限界効率の増大につながる成果である。450nm付近ではBiVO₄光電極の量子収率はWO₃光電極を大幅に上回った。
- ②光触媒-電解ハイブリッドシステムにおけるFe³⁺還元用光触媒の研究において、飛躍的に高性能で安定な光触媒(Cs等アルカリ表面処理WO₃)を開発した(特許出願済み)。この触媒を用いるとFe³⁺をすみやかにFe²⁺へ100%変換することで太陽エネルギーを貯蔵でき、小さな電解電圧(<0.8V)で水素を製造できるという小型実証試験も行った。その量子収率(可視光で19%)はこれまで論文報告値(0.4%)の48倍、太陽エネルギー変換効率(0.3%)はこれまで論文報告値で最も高い。この太陽エネルギー変換効率はバイオマスエタノール原料の高収量作物として注目されているスイッチグラスの値(0.2%)よりも高い。しかもバイオマスエタノール製造に必要な後工程(収穫や粉碎、糖化、発酵等)が不要である。つまり、バイオマスエネルギーよりも高効率且つ2次利用しやすい変換貯蔵形態を実現できたことで、本光触媒反応は自然のバイオマスを超えたことになる。まさに人工光合成システムを実現できるレベルに達したと言える。
- ③ロボットを用いた高速自動半導体合成・探索システムを活用し、Fe-Ti-X系(X=Sr,Ba,Ta,In,Sm)やFe-Zr-X系(X=Sr,Si,Al,Zn,Ta,In)など新規の可視光応答性半導体組成43種を見出し、特許5件出願した。
- ④光触媒-電解ハイブリッドシステムにおいて、太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムより低コスト水素製造が可能、という結果を得た。効率3%の光触媒プールを仮定し、電解ハイブリッドシステムにおける水素製造コストは、ハイブリッドしない場合に比べて約7割に低減できることが試算された。

●今後の課題

／スケジュール(H22年度まで)

実験としては効率の向上を更に目指すとともに、コスト試算の設定条件を幅広くし、資産精度を向上させることで将来性・実現可能性を明確にする。

●実用化の見通し

実用化のためには、効率を現状より6～10倍に向上する必要があるが、原理的には可能であることがわかった。効率を3倍の1%にできれば世界中で研究ブームが起り、日本はその先頭に立つことができる。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
①	従来法より効率は超えてないが量子収率では450nmで最高値	△
②	粉末系で最も高く、陸上植物並みの効率を達成	◎
③	新規組成で5件の特許出願	○
④	太陽電池-水電解法より低コストの試算	○

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
6	4	23	0

可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による 水分解水素製造の研究開発

独立行政法人 産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 佐山 和弘

1. 事業概要

太陽エネルギー利用の数少ない選択肢の一つとして、水を分解して水素と酸素を製造する「太陽光水素製造技術」は持続可能な水素社会実現のための理想的な技術である。本研究開発事業の目的としては、可視光応答性半導体を用いた光触媒及び多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発に関して、太陽光による水分解水素製造の実用化のための基礎要素技術を開発するとともに、正確なコスト計算に必要な実験データを収集することである。太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムや化石資源の接触改質による水素製造システムの水素製造コストよりも大きく下回る新しい低コスト水素製造システムの実現可能性を検討する。具体的には、多孔質半導体光電極の構造制御による高性能化、レドックス媒体を用いた効率的な光触媒—電解ハイブリッドシステムによる水素製造、高速自動半導体探索システムと計算化学を用いた新規可視光応答性半導体探索、理論効率、経済性・将来性の試算などの研究を進めて、上記事業目的を達成する。

2. 事業目標

(1) 多孔質半導体光電極の構造制御による高性能化：

既存半導体光電極の改良で WO_3 光電極の性能を超える。

(2) 高速自動半導体探索システムを用いた新規可視光応答性半導体探索：

レドックス媒体を用いた効率的な酸素発生用光触媒の高性能化により太陽エネルギー変換効率の最高値を目指す。

(3) レドックス媒体を用いた効率的な光触媒—電解ハイブリッドシステムによる水素製造：

高速自動半導体探索システムを用いてできるだけ多くの可視光応答性の新規半導体を探索する。

(4) 理論効率や将来性の試算：

太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムより低コスト水素製造できるか検証する。

3. 事業成果

(1) 多孔質半導体光電極の構造制御による高性能化

本研究では、既存の半導体を用いた多孔質半導体光電極についてその高性能化を行い、従来の WO_3 光電極の性能を上回る水分解効率を達成できるかどうか検討した。いくつかの半導体を検討した中では WO_3 よりも長波長まで吸収を示し、且つ比較的量子収率が高い $BiVO_4$ 光電極の高性能化を中心に研究した。この研究の過程で、炭酸塩電解液を利用することにより光電流値を従来の電解液に比べ著しく向上する効果を見出した。この反応機構を推察すると、量子収率が将来 100% を超える可能性があり、その興味深い現象を詳しく調べた。

図 1 に代表例として K_2SO_4 と $NaHCO_3$ 電解液での電流-電圧 (I-V) 特性を示す。 Na_2SO_4 に比べて $NaHCO_3$ や $KHCO_3$ 中の光電流が非常に高い。1.23V (RHE) と 1.9V で 1.7 と 2.6 mA/cm² であった。 Na_2SO_4 は緩衝液ではないので、光電流を過小評価する可能性がある。リン酸や硼酸は炭酸塩と同じ緩衝液であるが、リン酸や硼酸では光電流は低かった。つまり、炭酸塩の電流向上効果は緩衝効果と

は無関係と言える。Na₂SO₄ は高濃度でも性能はあまり変わらなかったが、炭酸塩では飽和溶液が最も良かった。似たような pH 領域で比較しても炭酸塩では効率が大きく向上しているので、光電流向上は pH の効果ではない。炭酸塩としては CO₂ を吹き込んで pH を低くした方が光電流が大きかった。KHCO₃ 以外はどれも Na 塩で統一比較し、炭酸塩では Na と K どちらも効果があるので、カチオンの効果でもない。以上の結果より、光電流の向上は炭酸アニオン、特に HCO₃⁻ イオンが直接影響していることが明確に言える。吸収および IPCE (見かけの量子収率) スペクトルを比較すると、スペクトル端はどちらも 520nm で単斜晶 BiVO₄ のバンドギャップ (2.4eV) と一致した。IPCE は電圧とともに向上し、最高で 420nm で 45% になった。この値は、BiVO₄ 光電極の報告例の中で最高値であり、可視光応答性半導体光電極の中で、WO₃ に次いで 2 番目に大きかった。また、440nm 付近では WO₃ の値を超え、酸化物半導体電極では最も高い量子収率になることがわかった。

次に、炭酸イオンの著しい効果について議論する。HCO₃⁻ イオンの著しい効果としては、UV 照射下での TiO₂ 光電極酸素発生において、二段階電流-電圧曲線および飽和光電流の向上が観測されている。さらに UV 照射下での TiO₂、Ta₂O₅、ZrO₂ などの光触媒による水の完全分解でも炭酸塩の活性向上効果が観測されている。ZrO₂ 光触媒上では Na₂CO₃ でも効果があるが、NaHCO₃ でより効果があった。光触媒上では助触媒の逆反応抑制とパーオキシカーボネート経由の酸素発生促進の 2 つの効果が考えられている。今回の BiVO₄ 電極での HCO₃⁻ イオンの著しい酸素発生促進効果では、まず 2 つの場合分け (HCO₃⁻ イオンと半導体との間に電子移動がある場合と無い場合) が考えられる。電子移動が無い機構の場合、酸素の吸着を抑制している可能性がある。電子移動が無い場合では、表面に吸着した HCO₃⁻ イオンが立体障害的に酸素の BiVO₄ 上の吸着を防ぎ、逆反応 (BiVO₄ 上の電子による酸素の還元) を妨げる機構が考えられる。しかし、暗時の BiVO₄ 電極上での酸素の電気化学的還元によるカソード電流を測定すると、NaHCO₃ 中ではリン酸や硫酸水溶液中よりも酸素還元電流が小さくなるのではなくむしろ大きくなり、HCO₃⁻ の存在は酸素還元を抑制しているという説明はできないことが明確に言える。

もう一方の説明は、電子移動がある機構の場合、つまり、炭酸ラジカルやパーオキシカーボネート経由の酸素発生促進の機構である。TiO₂ 光電極上では HCO₃⁻ イオン存在下で 2 段階の電流-電圧曲線の特異の形状から、炭酸ラジカルの生成とそのラジカルから FTO 近傍の TiO₂ の CB または FTO への電子注入の反応機構が推察された。2 段階目の光電流向上は 0.8V (NHE) 以上で観測された。一方、BiVO₄ 電極の場合は電流-電圧曲線は 2 段階ではなく、一般的な形状に見える。BiVO₄ のオンセット電位 (Voc) は TiO₂ より約 0.5V 正なのでその CB も正に大きいと推察される。そのため、炭酸ラジカルからの電子注入は BiVO₄ の Voc 付近の電位から既に起こっているため、全電位領域で他の電解液よりも光電流が大きかったと考えれば、このメカニズムとの整合性はある。炭酸イオン濃度が飽和まで高いほど光電流が高いこともこのメカニズムを支持している。この反応機構が正しいければ量子収率は最高で 133% まで大きくなる可能性があり、学術的にも実用的にも非常に興味深い現象である。将来性試算にも影響があるので、現在詳しく検討している。

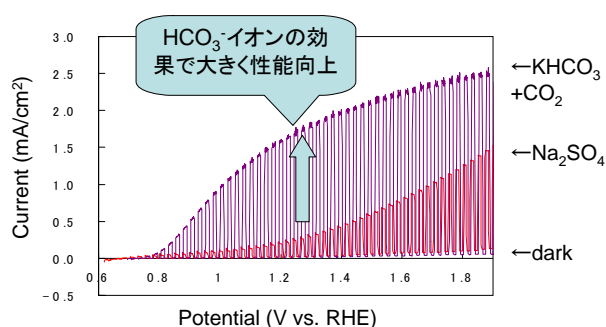


図 1 : BiVO₄ 電極の電流電圧特性
ライトチョッパーで断続光照射。
(AM-1.5,1Sun)

(2) 高速自動半導体探索システムを用いた新規可視光応答性半導体探索

複数の元素で構成される半導体はドーパ化合物や定比複合化合物、固溶体、結晶系などを考慮すると数万種類以上になる。これまでの新規可視光応答型半導体の探索は手作業で行われており、迅速に進んでいるとは言えない。効率よく探索を行うためには、経験とデータの蓄積に基づいた従来型の手法だけでなく、探索の高速自動化技術の開発も同時に必要である。そこで、汎用性の高い半導体膜ライブラリー合成手法としてMOD法を用いた高速自動合成探索システムを利用して様々な半導体の電荷分離効率の高速探索と高速評価を行った。昨年度までに11000個以上のサンプル評価を行った。その結果酸化鉄三元系、すなわちFe-Ti-X(X=Sr, Ba, Ta, In, Sm)系(図2)やFe-Zr-X(X=Sr, Si, Al, Zn, Ta, In, Sn, B, Y)系における特殊な組成で可視光応答性が向上することを見いだした。これ以外の三元系においても特異的に光電流が向上する組成を43種類見いだした。この成果をまとめて特許を5報出願した。3元系以上の複合酸化物のこのようなピンポイントに近い特異的な組成を手動による探索で見いだすのは困難であり、本自動半導体合成装置の有用性を示す例の一つである。鉄系の複合酸化物の開発は欧米で激しい競争が行われている。実施例の明確な材料特許戦略を推進する上でこのような高速自動探索装置の利用は重要である。

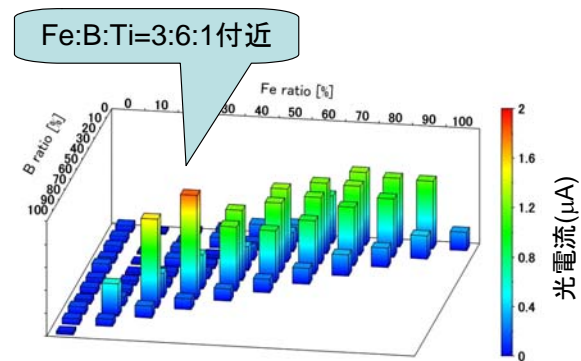


図2 : Fe-Ti-B系の光電流測定結果

(3) レドックス媒体を用いた効率的な光触媒—電解ハイブリッドシステムによる水素製造

太陽電池を用いた電気分解による水素製造法は、非常に高い効率で高純度水素が得られるという長所を持っているが、酸素生成のための大きな過電圧により、電気分解するためには1.6~2.0Vの外部バイアスが必要となり、非常に高コストである太陽電池を少なくとも3~4個以上直列した電圧が必要になってしまうという課題がある。このことから、大きく低コスト化できる技術の開発が望まれている。一方、光触媒による直接水分解法は、太陽電池と比べ非常に低コストかつシンプルであり、撒くだけで大面積化できるという魅力的な長所を持っている反面、反応の難易度が非常に高いために、現状の反応効率はまだまだ低い。そのため、大幅な効率向上が望まれている。このように、これら2つの技術は、それぞれの課題が克服できればもちろん理想的な水素製造技術となる可能性を秘めているが、どちらも解決しなければならない深刻な課題がある。そのため、それぞれの課題克服のみに焦点を絞って研究を進展させるだけでなく、それ以外の全く新しい基盤技術の開発、もしくは既存の技術をうまく組み合わせ、より理想的なシステムの開発も、近い将来この課題を必ず解決するためには重要である。我々は、この光触媒技術と太陽電池による直接電解技術の2つの技術をうまく組み合わせることで、どちらの課題も克服できる可能性のある水素製造システムを考案した。それが光触媒—電解ハイブリッドシステムである(図3)。レドックス媒体として鉄イオンを例に挙げてこのシステムを説明する。まず1段階目として、粉末光触媒を利用して Fe^{3+} イオンを Fe^{2+} イオンに還元しながら酸素を製造するエネルギー蓄積反応を進行させる。そして2段階目として Fe^{2+} イオンを Fe^{3+} イオンに再酸化しながら水素を製造する反応を電気分解技術により進行させ、全体で水を分解し水素を製造する。1段階目の光触媒を利用したエネルギー蓄積反応では、生成する気体は酸素のみであり、太陽光エネルギーは Fe^{2+} イオンとして溶液中に安定に蓄えられる。このことから、光触媒による直接水分解では

必要となってしまう、透明かつ水素を捕集できる大面積カバーが必要ないため、大面積化がより容易に行える。さらにこの Fe^{3+} の還元反応は、困難な水の分解反応と比べ熱力学的に求められる条件が非常に緩いため、より高効率に反応を進行できる材料を開発できる可能性がある。2段階目の Fe イオンを用いた電気分解技術は、別目的ではあるがすでにパイロットプラントとして確立した技術であり、 Fe^{2+} イオンさえ安定に供給することができれば、従来の直接水電解法の半分以下である 0.8V 以下の低い電圧で効率よく高純度水素を得ることができる。このことから、現段階の Fe イオンをレドックス媒体として利用した場合であっても電解コストを単純に半分程度まで下げることが可能となる。このように、このシステムにはどちらの課題も克服できる可能性がある。このシステムに残された当面の課題は、このシステムを高効率に駆動させるために、 Fe^{3+} イオンを高効率に還元できる光触媒を開発することである。そこで、この Fe^{3+} イオンの還元反応に対して活性を示すと報告されている WO_3 に着目し、その高性能化を検討した。

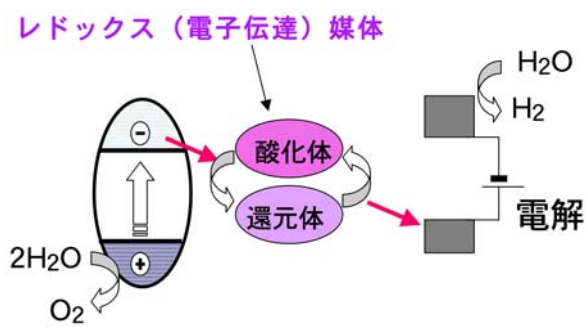


図3 光触媒-電解ハイブリット水分解システムの原理

水を酸化させながら Fe^{3+} イオンの還元を行う反応に対して、様々な金属塩を含む水溶液で WO_3 粉末に対する表面処理を行ったところ、セシウム塩水溶液で表面処理を行った WO_3 光触媒（以後 Cs- WO_3 と表記する）が非常に高い性能を示すことがわかった。ここで Fe^{2+} は、酸素生成量に比例して化学量論的に生成していることを確かめている。セシウム塩水溶液の処理前後で、 WO_3 光触媒粒子の表面積、粒子形状、光吸収、および内部構造はほとんど変化していなかったのに対し、活性向上した WO_3 光触媒表面には、水に溶解しない Cs 化合物が存在していることが確認できた。Cs 塩水溶液による表面処理方法としては、水熱処理溶液に Cs 金属塩を添加する方法、および炭酸セシウムを WO_3 粒子に含浸して $500\text{ }^\circ\text{C}$ 程度で焼成する方法のどちらも有効であった。この Cs 塩水溶液で表面処理した WO_3 光触媒は強酸性水で洗浄して表面の Cs イオンを強制的に除去することでさらに活性が向上した。なかでも、硫酸鉄 (FeSO_4) 水溶液で洗浄することで最も高い活性を示し、最終的には未処理の WO_3 光触媒 ($18\text{ }\mu\text{mol/h}$) に比べて 10 倍以上の活性 ($196\text{ }\mu\text{mol/h}$) になった。そこでこの Cs- WO_3 光触媒の劇的な活性向上メカニズムを詳細に調べた。その結果、 WO_3 表面に偏在した Cs を強酸性水で強制的に除去することで、通常の WO_3 表面には無かったイオン交換可能なサイトが形成されていることが明らかとなった。さらに、このイオン交換サイトにプロトン (H^+) と水が H_3O^+ の形で特異吸着したサイトでは、水の酸化による酸素発生が効率的に進行し、一部 Fe^{2+} が置換したサイトでは Fe^{3+} の Fe^{2+} への還元反応がすみやかに進行しているというメカニズムが実験的に推察された。

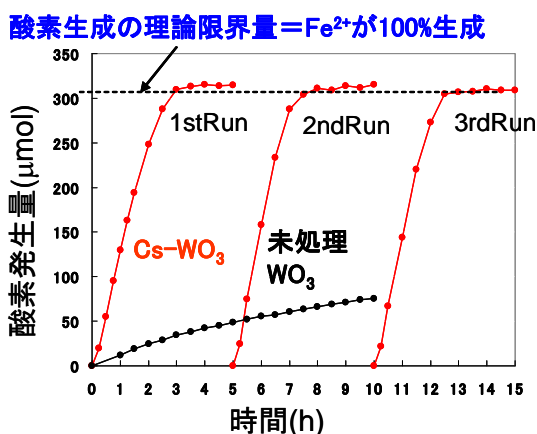


図4：光触媒反応での酸素発生の経時変化

最も活性が高い条件に最適化した光触媒の酸素発生の経時変化を図4に示す。実験の最初に添加した Fe^{3+} イオンがすべて Fe^{2+} に還元されるまで酸素発生反応が効率よく進行した。鉄塩水溶液

は硫酸塩でも塩化物でも 100 %化学量論的に反応が進行し、塩化鉄水溶液の方が高い活性 (256 $\mu\text{mol/h}$) を示した。繰り返し実験しても触媒の活性劣化は無かった。可視光での量子収率 19 % (420 nm) は、 Fe^{3+} イオンからの酸素発生 WO_3 光触媒に関するこれまでの報告値 0.4 % (405 nm) の 48 倍であった。太陽光のエネルギーが Fe^{2+} イオンという化学エネルギーに変換される太陽エネルギー変換効率は 0.3 % に達した。この値は、バイオ燃料の有望原料作物として有名なスイッチグラス (0.2 %) を超える値である。光合成のバイオマスを原料としてエタノールなどの二次利用しやすいエネルギー形態に変換するバイオ燃料製造では、収穫や運搬、粉碎、発酵などの処理工程が非常に複雑である。一方、光触媒—電解ハイブリッドシステムでは図 3 に示したように Fe^{2+} イオンを含む水溶液を低電圧電解することで直接水素製造ができる。今回の研究成果は安価な粉末光触媒システムを利用して、将来の水素エネルギー社会構築のための太陽エネルギーを用いた低コストによる水素製造の実現を目指す上で大きな進歩である。

(4) 理論効率や将来性の試算

鉄レドックスを利用した場合、様々な光触媒の理論限界効率を計算したところ、 WO_3 並 (~480nm) や BiVO_4 並 (~520nm) までの波長の光を全て利用できると仮定すると、太陽エネルギー変換効率は 2.4% および 3.6% になるので、2~3% の実現は将来可能と考えられる。簡便な試算であるが、光触媒プールと夜間電力 (8 円/kWh) の電解ハイブリッドシステムにおける水素製造コストは、ハイブリッドしない夜間電力水電解の水素コストに比べて将来的には約 3 割以上低減できることが試算された。電解電源に太陽光発電からの電力を用いた場合は、電力費の割合が多くなるので、これに光触媒とハイブリッドすると水素コストの削減割合は更に大きく、4 割以上低減できる。以上より、少なくとも太陽電池と電解を単純に組み合わせた水素コストよりはるかに安価であると結論できる。また、レドックス媒体として鉄イオン ($E=0.77\text{V}$) ではなくもっと負のレドックスポテンシャルの媒体を使えば、電解電圧は更に小さくなり、水素コストも大幅に削減できる。さらに、本システムは電力平準化にも大きく貢献できるので、太陽光発電や風力発電など変動の大きな再生可能エネルギーの導入推進に役に立つ。

特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出 願	査読付 き	その他	
H20FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	1 件
H21FY	6 件	0 件	0 件	3 件	3 件	19 件
H22FY	0 件	0 件	0 件	1 件	0 件	2 件 (予定も含む)

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

(1) 多孔質半導体光電極の構造制御による高性能化

炭酸塩電解液を利用することにより、既存の BiVO_4 光電極の光電流値を従来の電解液に比べ 6 倍向上することができた。440nm 以上の波長領域ではこの BiVO_4 光電極の量子収率は従来の WO_3

光電極を上回る値であった。この反応機構として、中間体の炭酸ラジカルからの電子注入の可能性が推察されたので、量子収率が100%を超える可能性があることが示唆された。

(2) 高速自動半導体探索システムを用いた新規可視光応答性半導体探索

自動高速半導体合成探索装置を利用して11000個以上のサンプル評価を行った。その結果酸化鉄三元系、すなわち Fe-Ti-X (X=Sr, Ba, Ta, In, Sm) 系や Fe-Zr-X (X=Sr, Si, Al, Zn, Ta, In, Sn, B, Y) 系における特殊な組成で可視光応答性が向上することを見いだした。これ以外の三元系においても特異的に光電流が向上する組成を43種類見いだした。この成果に関しては特許を5件出願した。

(3) レドックス媒体を用いた効率的な光触媒—電解ハイブリッドシステムによる水素製造

鉄レドックスを用いた系において、Cs 表面処理した WO_3 という飛躍的に高性能な光触媒を開発することが出来た。この成果に関して特許を1件出願し、プレスリリースを行った。この光触媒の活性は未処理触媒の約14倍であり、量子収率19%はこれまで論文で報告されていた値の48倍であった。これは太陽エネルギー変換効率0.3%という植物並みの効率を達成したものであり、人工光合成の実現可能性が見えてきた。

(4) 理論効率や将来性の試算

光触媒—電解ハイブリッドシステムにおいて、太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムより低コストで水素製造が将来的に可能という結果を得た。将来の効率3%の光触媒プールを仮定し、電解ハイブリッドシステムにおける水素製造コストは、ハイブリッドでない場合に比べて3割以上低減できることが試算された。今年度中にコスト試算精度を更に向上させる。

5. 実用化の見通し

太陽エネルギー利用の数少ない選択肢の一つである、光触媒及び多孔質光電極を用いて水を分解して水素と酸素を製造する「太陽光水素製造技術」は持続可能な水素社会実現のための理想的な技術である。Cool Earth-エネルギー革新技術計画にも将来の再生可能エネルギーを用いた革新的低コスト水素製造技術として記載がある。欧州7カ国では昨年からのユーロプロジェクト (FP7) が開始され、多孔質酸化物半導体光電極のナノ構造を精密に制御することで水分解太陽エネルギー変換効率の向上を検討し、太陽光発電—水電解を単純に組み合わせたシステムより大幅に水素コストを低減させることを目指している。米国でも DOE や NSF の Solar Hydrogen プロジェクトが進められ、さらに Solar Fuel のイノベーションバブ拠点の選定も進行している。このように太陽エネルギーを直接化学エネルギーに変換・蓄積する研究が世界的に盛り上がっている。このような状況の中で、本次世代技術開発・フィージビリティスタディの研究に関して、将来の効率がどこまで向上できるかなどの予測を行い、太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムより低コストで水素製造が可能というコスト試算を得たことは大きな前進である。目標値が明確になりロードマップも作成できるようになる。

実用化のためには、太陽エネルギー変換効率を現状より6~10倍に向上する必要があるが、原理的には可能であることがわかった。これまであまり研究資金を投資してこなかった分野であり、この成果を踏まえて、企業や大学とともにプロジェクト化をすればより実用化は加速される。短期的には5年以内に太陽エネルギー変換効率を現状の3倍の1%にできれば世界中で研究ブームが起これ、日本はその先頭に立つことができる。

(Ⅲ-4) 非貴金属化合物を用いた水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計および開発

委託先: 国立大学法人 横浜国立大学

●全期間成果サマリ(実施期間 : 平成20年度～平成21年度)

- ・評価法の確立し、比活性がIrO₂を上回るZr及びTa系材料の触媒の作製に成功した。
- ・Zr及びTa系化合物は表面が酸化物であると酸素発生反応の活性が向上した。
- ・Zr系化合物を電極触媒として電解試験を行い、水電解効率は60%であった。

●背景/研究内容・目的

固体高分子形水電解(PEWE)は貴金属由来の材料が酸素発生電極として使用され、システムにおけるコストの割合が大きい。今後の商用化を考えると、貴金属材料の低減が必須であり、更には酸素発生における過電圧の低い材料の開発が望まれている。

本事業では低コスト並びに高活性PEWE酸素極材料の創生を目指し、非貴金属化合物を用いて水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計および開発を行った。

●研究目標

実施項目	目標
(A) 触媒能評価	現行材料(貴金属系)に近い性能を有する非貴金属系酸素発生触媒の開発
(B) 電解試験	非貴金属系材料をアノード触媒に用いて、現行のアルカリ形水電解に匹敵する新規固体高分子形水電解セルの開発

●実施体制及び分担等

NEDO — 国立大学法人 横浜国立大学

●これまでの実施内容/研究成果

擬似反応表面積:
電気二重層領域の
アノード電気量(Q_A)

より有効な触媒能評価
のために

$$i^* = \frac{I}{Q_A}$$

(I: 電流)

定常分極
測定

定電位測定

面積あたりに規格化した酸素発生電流
 $i^* @ 1.6 \text{ V} \equiv i_{init}^*$ (初期比活性指標)

$i^*(0.5 \text{ h} @ 1.6 \text{ V}) \equiv i_{ss}^*$ (定常比活性指標)

酸化度(DOO)の定義
(X線回折より)

$$DOO = \frac{\text{Intensity}_{\text{Ta}_2\text{O}_5 \text{ or } \text{ZrO}_2}}{\text{Intensity}_{\text{Ta}_2\text{O}_5 \text{ or } \text{ZrO}_2} + \text{Intensity}_{\text{Ta}_{0.5}\text{N}_{0.5} \text{ or } \text{Zr}_{0.5}\text{N}_{0.5}}}$$

薄膜材料

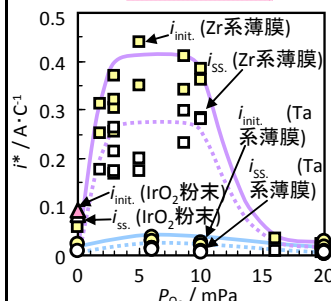


図1 i^* のTa及びZr化合物薄膜作製時の酸素分圧(P_{O_2})依存性。

粉末材料

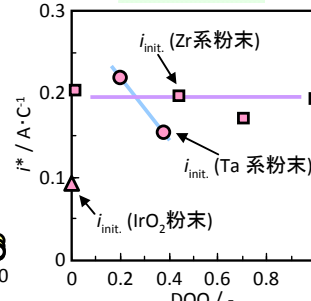


図2 i_{init}^* のZr及びTa化合物粉末のDOO依存性。

電解セル

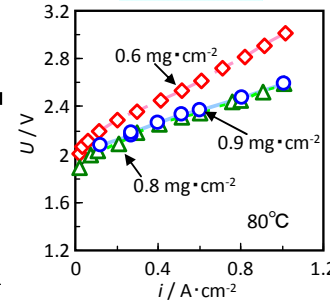


図3 水電解電流密度と水電解電圧の関係。

アノード*: Zr-CNO
(DOO=0.07) 粉末
電解質:
Nafion® 膜
カソード*: Pt

●今後の課題

- ・触媒の質量活性の向上
- ・Ta及びZr系触媒を用いた電解セルでの効率の向上

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
A	現行材料より高い酸素発生比活性触媒の作製	◎ 目標以上
B	非貴金属化合物でも水電解することを確認	△ ほぼ達成

●実用化の見通し

電極の作製及び塗布条件の最適化することで実用化へ見通し

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	1	3	0

非貴金属化合物を用いた水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計および開発

実施者: 国立大学法人 横浜国立大学

1. 事業目的

水電解は原理的に水素とともに酸素も発生するが、その酸素発生時の過電圧が高いと、それに伴うロスも大きくなり、商用化にとって障害となる。特に固体高分子形水電解 (PEWE) では電解質が強酸性であるため、酸素発生時の過電圧が多少大きくとも耐酸性を有する条件が優先され、貴金属由来の材料が酸素発生極として使用されており (図1)、コストに占める割合が大きい。今後の商用化を考えると、コストの面からは貴金属材料の低減が必須であり、更には酸素発生における過電圧の低い材料の開発が望まれている。そこで本事業の目的はその双方を満たすべく、非貴金属化合物を用いて水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計および開発を行った。

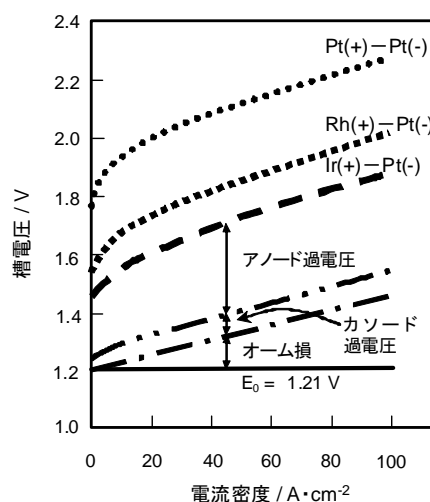


図1 固体高分子型水電解(SPWE)の電圧収支例(50°C)

2. 事業目標

本プロジェクトでは部分酸化技術を用いて、耐久性を備えた高機能酸素発生触媒の研究開発を行い、それを非貴金属化合物における酸素発生触媒能の開発設計に活かしていく。以下の二点が目標である。

- 1) 現行材料(貴金属系)に近い酸素発生触媒能を有する非貴金属系酸素発生触媒の開発
- 2) 非貴金属系材料をアノード触媒に用いて、現行のアルカリ形水電解に匹敵する新規固体高分子形水電解セルの開発

具体的には1)では薄膜及び粉末材料の双方からの開発を行った。PEWEに使用されている現行材料との比較を行うために、薄膜及び粉末の実表面積あたりの活性(比活性)を評価できる手法の開発を行った。その評価手法を基に電気化学測定を行い、非貴金属系材料と現行材料との比較を検討した。2)では非貴金属材料が果たして酸素発生電極として作用するのかを現行の電解セルのアノード電極触媒として組み込んで、電解試験を行い、電圧-電流の関係及び水電解効率を算出した。

3. 事業成果

3-1. 触媒活性評価法

電流に関して、 IrO_2 粉末 : Zr 化合物薄膜 = $1 : 4 \times 10^{-4}$ であるのに対して、表面積に関しては、おおよそ IrO_2 粉末 : Zr 化合物薄膜 = $1 : 5 \times 10^{-1}$ であった。表面積と電流密度が比例関係にない事がわかる。触媒能を幾何面積のみで比較する方法は必ずしも適切ではない。そこで、電気化学的実表面積を模擬できる指標を用いて両者を比較する。指標として電気二重層領域 (0.3 - 0.8 V) の CV からアノード電気量 (Q_A) を求めた。定常分極及び定電位測定から得られた電流を I とした。それをを用いて $i^* (= I Q_A^{-1})$ を算出し、 IrO_2 粉末触媒との比較可能な触媒比活性評価法とした。定常分極における 1.6 の i^* ($i^*_{\text{init.}}$) をこれまでの E_{OER} に替わる指標とし、初期比活性を評価した。また、定電位測定で得られた 0.5 h における i^* を i_{SS}^* とし、定常状態の比活性として評価した。

3-2. 薄膜触媒

3-2-1. 薄膜作成時の基板温度 ($\theta_{\text{Base.}}$) が触媒比活性 (酸素発生反応) に与える影響

Zr 及び Ta 化合物薄膜 ($P_{\text{O}_2} = 20 \text{ mPa}$) の i^* と $\theta_{\text{Base.}}$ の関係を図 2 に示す。比較として IrO_2 粉末の $i^*_{\text{init.}}$ 及び i_{SS}^* を併記した。どちらの化合物ともに温度が低いほど $i^*_{\text{init.}}$ が大きくなり、Zr 化合物薄膜は $\theta_{\text{Base.}} = 30^\circ\text{C}$ で Ta 化合物薄膜は $\theta_{\text{Base.}} = 50^\circ\text{C}$ で最大値を示した。その時の $i^*_{\text{init.}}$ は Zr 及び Ta 化合物薄膜においては IrO_2 粉末の値よりも 3 倍以上大きく、Ta 化合物薄膜においては IrO_2 粉末の値よりも 1.5 倍程度大きく、どちらの化合物ともに初期比活性は高いと考えられる。しかし、全ての Zr および Ta 化合物薄膜の i_{SS}^* は IrO_2 粉末の値よりも小さく、安定性が低かった。各 $\theta_{\text{Base.}}$ の $i^*_{\text{init.}}$ と i_{SS}^* を比較すると、温度が低いほど $i^*_{\text{init.}}$ と i_{SS}^* の差が開いている。温度が高いほど安定性が維持されると思われる。

3-2-2. 薄膜作成時の酸素分圧 (P_{O_2}) が触媒比活性 (酸素発生反応) に与える影響

Zr 化合物薄膜 ($\theta_{\text{Base.}} = 200^\circ\text{C}$) および Ta 化合物薄膜 ($\theta_{\text{Base.}} = 320^\circ\text{C}$) の i^* と P_{O_2} の関係を図 3 に示す。比較として IrO_2 粉末の $i^*_{\text{init.}}$ 及び i_{SS}^* を併記した。Ta 化合物薄膜については i_{SS}^* と $i_{\text{init.}}^*$ 共に $P_{\text{O}_2} = 6 \text{ mPa}$ において最大値を得た。このことから酸素分圧には最適値が存在することが考えられる。つまり高活性な触媒を得るための、酸素と窒素の最適な割合が存在する可能性があることがわかる。しかし結果から、 i_{SS}^* と $i_{\text{init.}}^*$ 共に IrO_2 の値より小さい値であった。一方、Zr 化合物薄膜においては 3-10 mPa で極大領域が見られた。この P_{O_2} 領域で作製した Zr 化合物薄膜の $i^*_{\text{init.}}$ は IrO_2 粉末の $i^*_{\text{init.}}$ と比較して 3 倍程度大きい。従って、Zr 化合物薄膜の比活性は IrO_2 粉末よりも高いと思われる。また、各 P_{O_2} の $i^*_{\text{init.}}$ と i_{SS}^* を比較すると、比活性が高い Zr 化合物薄膜ほど、全体として安定性は低いと思われる。しかし、この時の Zr 化合物薄膜の i_{SS}^* の IrO_2 の i_{SS}^* より大きいことから、安定性は良好であると言える。従って、 $\theta_{\text{Base.}} = 200^\circ\text{C}$ 、 $P_{\text{O}_2} = 3-10 \text{ mPa}$ で作製し

た Zr 化合物薄膜は IrO_2 を超える高比活性な酸素発生触媒であると思われる。

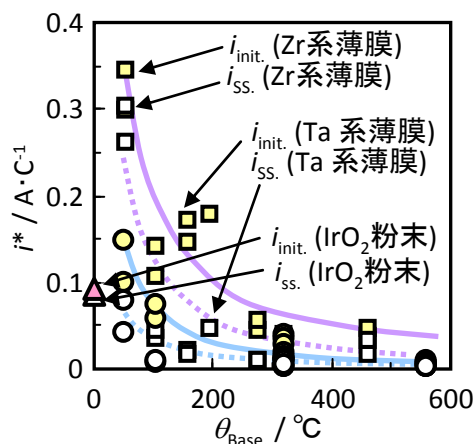


図2 i^* のTa及びZr化合物薄膜作製時の基板温度(θ_{Base})依存性。

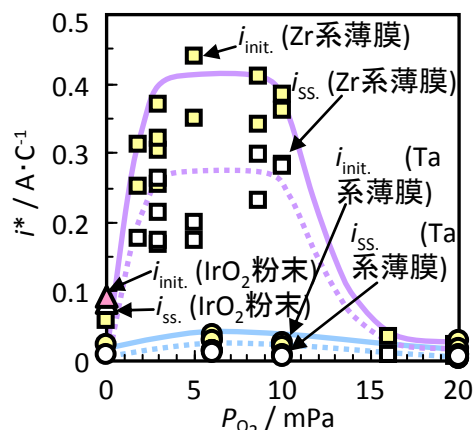


図3 i^* のTa及びZr化合物薄膜作製時の酸素分圧(P_{O_2})依存性。

3-3. 粉末触媒

資源量も比較的多く、酸性溶媒中で安定な Zr 及び Ta 化合物²⁻³⁾を非貴金属代替アノード材料として着目し、酸素発生反応(OER)の触媒能の検討および評価を行った。

3-3-1. 粉末の部分酸化時の温度が触媒比活性(酸素発生反応)に与える影響

図 1. 2-1 に Zr-CNO 粉末の i^* と θ_{Base} の関係を示す。比較として IrO_2 粉末の i^*_{init} 及び i^*_{ss} を併記した。Zr-CNO の i^*_{init} 及び i^*_{ss} は 700°C 以上で一定となり、その値の i^*_{init} 及び i^*_{ss} は IrO_2 粉末のそれと比較しても高い値となった。従って、Zr-CNO 粉末の比活性は IrO_2 粉末と同等であると思われる、特に初期比活性の i^*_{init} は IrO_2 粉末の i^*_{init} と比較して2倍程度高いものであった。従って、 $\theta_{\text{Base}} = 700^\circ\text{C}$ 以上で作製した Zr-CNO 粉末は IrO_2 を超える高活性 OER 触媒であることを示唆した。

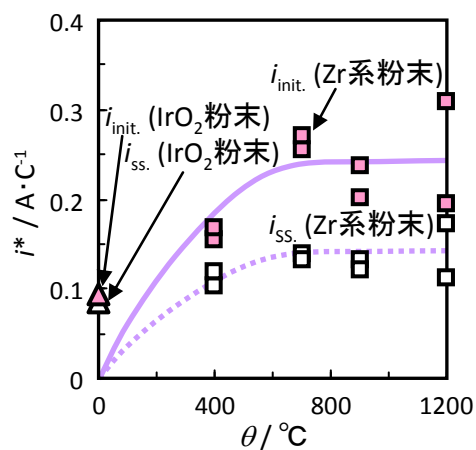


図4 i^* のZr化合物粉末触媒作製時の粉末作製温度(θ)依存性 ($0.1 \text{ M H}_2\text{SO}_4$, 30°C)。

3-3-2. Zr 化合物粉末の XRD 評価と酸化度

部分酸化処理の時間を変えることにより、酸化の程度を変化させた粉末試料を得た。図 5 に $\text{ZrC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ を出発物質として、部分酸化処理の時間を変化させた試料の XRD 回折パターンを示す。 $\text{TaC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ からの酸化の程度を表す指標として酸化度(DOO : Degree Of

Oxidation)を導入する。酸化度は $\text{TaC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ が $2\theta \cong 33.4^\circ$ となる最強のピーク強度 I [$\text{ZrC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$]と、 ZrO_2 monoclinic の $2\theta \cong 28.3^\circ$ のピーク強度 I [ZrO_2]を用いて、次式で定義した。

$$\text{D00} = I_{\text{mono. ZrO}_2} / (I_{\text{mono. ZrO}_2} + I_{\text{ZrC}_{0.5}\text{N}_{0.5}}) \quad (1)$$

3-3-3. D00 と Zr および Ta 化合物粉末の初期比活性評価

Zr および Ta 化合物粉末における D00 と $i_{\text{init.}}^*$ の関係を図 6 に示す。比較のために IrO_2 粉末の $i_{\text{init.}}^*$ も併記した。D00 に関わらず部分酸化することにより、酸素発生初期比活性は IrO_2 粉末の $i_{\text{init.}}^*$ よりも高い結果が得られた。また、Zr 化合物粉末の $i_{\text{init.}}^*$ は D00 に強く依存する結果にはならなかった。いずれにせよ、Zr 化合物の $i_{\text{init.}}^*$ は IrO_2 粉末の $i_{\text{init.}}^*$ より 2 倍程度高い結果となり、 IrO_2 を超える高比活性酸素発生触媒であることを示唆した。

一方、Ta 化合物粉末の $i_{\text{init.}}^*$ は D00 に依存する結果を示唆し、D00 が大きくなると $i_{\text{init.}}^*$ は小さくなった。今回の実験範囲では Ta 化合物粉末の $i_{\text{init.}}^*$ は IrO_2 粉末の $i_{\text{init.}}^*$ より高くなり、 $\text{D00} = 0.2$ においては IrO_2 粉末の $i_{\text{init.}}^*$ の 2 倍強高い結果となった。このことから Ta 化合物の $i_{\text{init.}}^*$ は条件によっては IrO_2 を超える高比活性酸素発生触媒であることを示唆した。

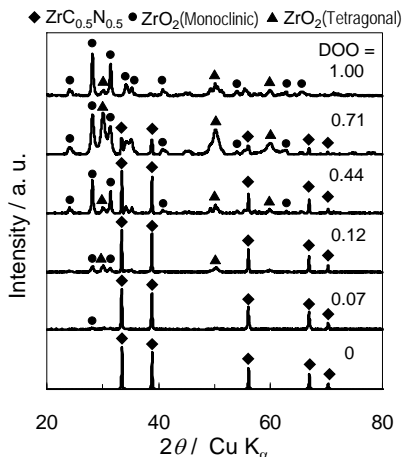


図5 焼成時間の異なるZr化合物粉末のX線回折パターン。

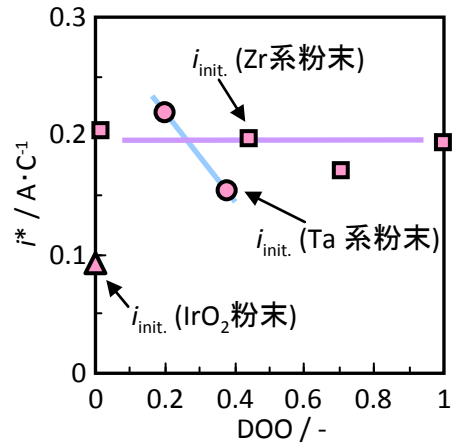


図6 $i_{\text{init.}}^*$ の Zr 及び Ta 化合物粉末の D00 依存性。

3-4. 電解セル試験

これまでに Zr や Ta の炭窒化物の OER 触媒能を評価してきたが、それが果たして PEWE アノードの電極触媒に用いた際に水電解を行うことができるのか、また、そのときの効率がどうであるのかを確かめる必要がある。そこで部分酸化した Zr 炭窒化物 (Zr-CN0) を PEWE のアノード電極触媒として用い、電解セルを試験して、その特性を評価した。

水素極(カソード)には白金触媒、電解質に Nafion®膜を用い、酸素(アノード)極の触媒

量を 0.6 -0.9 $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ で 3 段階に分けて調整して試験を行った。なお、アノード電極触媒には Zr-CNO (DOO = 0.07) を用いた。測定温度は 80°C で行った。

図6に水電解電流密度 ($\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$) と水電解電圧 (V) の関係を示す。触媒量の増加とともにその電解電圧は小さくなり、担持量が 0.8 $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 以降で 1 $\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ のとき 2.6 V であった。また、1 $\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ における新触媒担持量と水電解効率の関係を図7に示す。この結果より、担持量が 0.8 $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 以降でおよそ一定となり、0.9 $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ のとき、効率が 60% となり最も高かった。以上の結果より、担持量が 0.9 $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ のときに最も良好な電解特性を示し、またこの値が試験条件において最適であることがわかった。

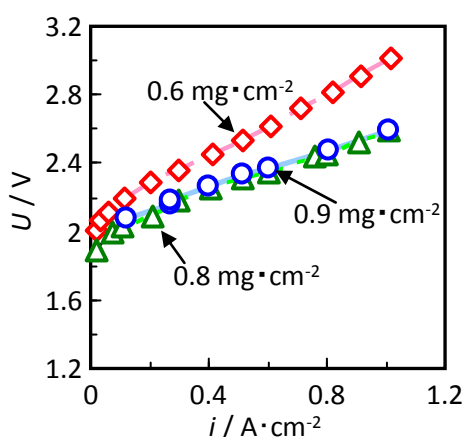


図6 水電解電流密度と水電解電圧の関係。

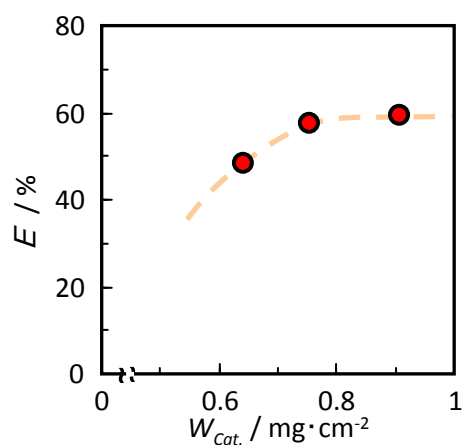


図7 セルの触媒担持量と 1 $\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ でのエネルギー効率の関係。

<参考文献>

- 1) L. A. da Silva, V. A. Alves, M. A. P. da Silva, S. Trasatti and J. F. C. Boodtst, *Electrochim. Acta*, **42**, 272 (1997).
- 2) Y. Ohgi, A. Ishihara, K. Matsuzawa, S. Mitsushima, and K. Ota, *J. Electrochem. Soc.*, **157**, B885 (2010).
- 3) M. Tamura, A. Ishihara, T. Tada, K. Matsuzawa, S. Mitsushima, and K. Ota, *ECS Trans.*, **16**(24), 125 (2009).

3-5. 特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT*出願	査読付き	その他	
年度						
H20FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件
H21FY	0件	0件	0件	0件	1件	3件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

(1) まとめ及び課題

まとめ

- 評価法の確立し、Zr 及び Ta 系材料で現行材料の IrO₂を上回る比活性を有する触媒の作製に成功した。
- Ta 及び Zr 系化合物における酸素発生反応は表面が酸化物であることが活性に寄与することがわかった。
- 遷移金属系材料を電極触媒として電解試験を行い、水電解効率 60%の性能を有することがわかった。

課題

- 触媒の質量活性の向上
Ta及びZr系触媒の更なる性能開発及び粉末の微細化(nmオーダーレベル)によりIrO₂に匹敵する質量活性を有する触媒材料の開発
- Ta及びZr系触媒を用いた電解セルでの効率の向上
材料及び担持量等の最適化により、現状のPEWEのエネルギー変換効率(80%以上)の達成及び1 Acm⁻²で電圧1.6 V以下の達成を目指す
- Ta及びZr系触媒の耐久性の評価
非貴金属材料を用いた電解セルを長時間運転し、寿命評価及び電気化学的手法を用いた材料劣化手法の確立

(2) 実用化の見通し

本プロジェクトで単極試験におけるZrおよびTa系薄膜および粉末材料の比活性は現行のIrO₂を上回る結果が得られた。TaおよびZrの資源量はIrO₂のそれと比較して、10倍および100倍以上あり、価格は1/10および1/100以下となる。従って、上記の成果は画期的なものであり、実用化に大きく寄与できるものと考えられる。本プロジェクトでは予算の関係で粉末材料を用いての電解セル試験しか出来なかったが、PEWEのアノードにはTi基板上にTa₂O₅膜、そしてその上にIrO₂膜によって形成されたDSA(Dimensionally Stable Anode)電極も使用可能である。事業化にむけては薄膜電極を用いて電解セルを作製することでその見通しが得られると考えられる。また、上記の課題をクリアできれば、世界的にも先進的な水素エネルギー社会を牽引する水電解セルが作製できると思われる。

(Ⅲ - 5) 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発

委託先: 物質・材料研究機構、金沢大学

2.3-5(0)

●進捗成果サマリ(平成20年度～平成22年度6月末)

- ・AMRサイクルに適合した希土類ガーネットと金属間化合物磁性材料の開発を進め、粒状化の実用材料製造技術を確立した。
- ・2つの駆動機構をもつAMR磁気冷凍サイクル試験装置を設計・作製し、AMRサイクルを実証した。
- ・水素液化サイクルの効率改善と高感度水素液量の計測技術を開発した。

●背景/研究内容・目的

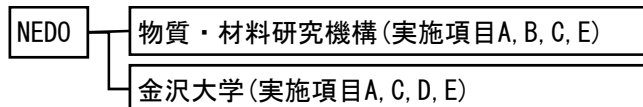
エネルギー密度の高い液体水素は貯蔵・輸送に有用であるが、極低温で液化する際には相当量の仕事が必要されるため、液化や貯蔵に最適化された冷凍システムの開発が不可欠となっている。磁気冷凍法は原理的にはカルノー効率を満足するため、世界的にも水素液化への応用が進められている。

磁気冷凍によるエネルギー効率の高い水素液化・貯蔵に関する基盤技術の確立を目的としている。水素液化サイクルと蓄冷型サイクルとを組み合わせた高効率水素液化磁気冷凍実証システムの構築と検証を行い、液体水素製造プラントや水素貯蔵および輸送に関する磁気冷凍の実用技術を大きく進展させる。

●研究目標

実施項目	目標
A	実用磁気冷凍磁性材料の開発
B	高効率水素液化機構の開発
C	蓄冷型磁気冷凍機の開発
D	測定技術要素研究
E	水素液化磁気冷凍システムの調査と解析

●実施体制及び分担等



●これまでの実施内容／研究成果

- 実用磁気冷凍磁性材料の開発
 - 酸化物系材料
鉄ガーネットにおける鉄原子間の強い相互作用を利用したGd-Fe-Ga ガーネット(GGIG)の開発に成功した。30K領域で使用可能であり、かつ水素化しない特長をもつ。
 - 金属間化合物系磁性材料
RT₂系(R:Dy, Gd, T:Al, Ni)強磁性体について、遠心力 casting 法により粒状化に成功した。広い温度で使用が可能であり、一次転移、二次転移による大きな熱量効果が発生できる。
- 高効率水素液化機構
粒状磁性体と板状磁性体のハイブリッド構成により水素液化効率を向上。
- 蓄冷型磁気冷凍試験装置の開発
2つの駆動機構をもつ試験装置を設計・製作し、磁場・熱交換を独立制御することに成功した。これによって本格的なAMRサイクルの駆動を行い、わずか1.8Tで12度以上の冷却温度幅を得た。
- 測定技術要素研究
超高感度・小型静電容量型水素液面計を開発し、十分な性能を持つことが確認された。
- 水素液化磁気冷凍システムの調査と解析
蓄冷型磁気冷凍サイクルのシミュレーションによる解析手法を確立した。特に、蓄冷器内での磁性体の多層化や多段化の解析を行ない、磁性体の選択や蓄冷器内への配分比等の指針を得た。

●今後の課題

／スケジュール(H22年度まで)

AMRサイクルの熱交換ガス駆動に、外部のディスプレイサーを用いる方式を開発中。これによって、駆動部分を小型化させ、5Tの有効磁場を用いることが可能となる。

●実用化の見通し

現在は冷凍サイクルの実証に注力しているが、最適化された専用のマグネットを使用することにより、5年以内に実機レベルの水素液化機を構築できる可能性。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
A	実用材料の開発に成功	◎
B	ハイブリッド化設計を終了	○
C	AMR冷凍サイクルを実証	○
D	超高感度・小型水素液面計を開発	○
E	シミュレーション手法を確立	○

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	10	33	0

高効率水素液化磁気冷凍の研究開発

実施者：物質・材料研究機構、金沢大学

1. 事業概要

水素の輸送・貯蔵・供給形態を考えると、エネルギー密度の高い液体水素はきわめて有用であるが、極低温液体であるがゆえに生成・保持の観点からは利用方法が限定されてしまう。また、常温の水素ガスを極低温で液化する際には相当量の仕事が消費されるため、有効エネルギー効率の低下は避けられない。したがって、液体水素を有効利用するためには、液化や貯蔵に最適化された冷凍システムの開発が不可欠となっている。磁性体の磁気熱量効果を利用する磁気冷凍法は原理的な冷凍効率がカルノー効率を満足するため、世界的にも水素液化への応用が進められている。

本事業はこれまでに蓄積してきた磁気冷凍による水素液化技術をもとに、エネルギー効率の高い水素液化・貯蔵に関する基盤技術の確立を目的としている。水素液化サイクルと蓄冷型サイクルとを組み合わせた高効率水素液化磁気冷凍実証システムを構築し、その検証を行い、液体水素製造プラントや水素貯蔵および輸送に関する磁気冷凍の実用技術を大きく進展させる。本事業は物質・材料研究機構と金沢大学との共同によって実施される。

2. 事業目標

水素磁気冷凍に関するこれまでの研究成果を継承しながら、冷凍システムへの飛躍を目指して、その基盤技術の開発と検討を行う。実施項目と目標を併記して以下に示す。

① 実用磁気冷凍磁性材料の開発（金沢大学、物材機構）

ガーネット系磁性材料、金属間化合物磁性材料、一次転移材料を取り上げ、熱交換効率の高性能化に不可欠な粒状化試料の作製・評価を行う。

【到達目標】球状試料（直径 0.3mm 以上）の製造法を確立し、ガーネット材料と金属系材料を組み合わせ、30K から 77K までの領域を AMR サイクルで駆動可能であることを示す。

② 高効率水素液化機構の開発（物材機構）

低圧の水素ガスを対流させ液化水素を効率的に取り出す機構や、高効率磁気冷凍水素液化機構に蓄冷型冷凍サイクルを結合したサイクルを用いることにより、磁気冷凍水素液化機構のさらなる高効率化を図る。

【到達目標】磁性体やシリンダー形状、ガスシールの工夫により、現状の液化効率を 10% 以上向上させる。

③ 蓄冷型磁気冷凍機の開発（物材機構）

大口径超電導マグネットに適合したクライオスタットを製作し、ガス駆動機構を有する

本格的な AMR サイクル試験機を構築する。これによって、20K から 77K までをカバーする水素液化温度領域における蓄冷型磁気冷凍サイクルの実証と実用化への可能性を調べる。

【到達目標】 ガスシールをピストンリング式へ変更し、冷凍周波数と効率を向上させる。排熱温度の制御を向上した試験冷凍により、プロトタイプシステムに必要な情報を得る。

④ 測定技術要素研究（金沢大学）

一般に市販されている水素液面計は本研究にはサイズの点から使用が困難である。MgB₂ を用いた超電導液面計や、液体水素の誘電率を利用した楕形や同軸型の静電容量式液面計の開発を行う。

【到達目標】 長さ 10cm 以下の極小サイズ水素液面計を磁気冷凍水素液化機構に用い、分解能 3%以上を達成する。

⑤ 水素液化磁気冷凍システムの調査と解析（金沢大学、物材機構）

磁気冷凍サイクルの熱解析、材料や冷凍システム構築の概念設計などを通じて、磁気冷凍システムの経済性等について検討を進める。また水素磁気冷凍開発の調査を実施する。

【到達目標】 海外で進められている磁気冷凍システムの比較を行い、現状の磁気冷凍における効率の到達点を示すと共に、国際技術交流を進める。

3. 事業成果

3.1 実用磁気冷凍磁性材料の開発

(1) 希土類鉄ガーネット材料

液化段及び予冷段低温側で有望な材料として期待される希土類鉄ガーネット材料の性能評価と磁性材料の球状化を行った。これまでに液化段に用いられていた希土類ガーネットは磁気特性、耐水素性に優れた性能を示しているが、高温側で磁気エントロピー変化が小さくなる。鉄ガーネットにおいては、鉄の強い相互作用により作られる内部磁場により希土類が受ける磁場を増強することができるため、高温でも大きなエントロピー変化が期待される。そこで本研究では Gd₃Ga₅O₁₂ の Ga を 30%, 40%, 50%鉄に置換した材料 (GGIG) を作成した。転動造粒法により、直径 0.4mm 程度の球状化したガーネットの作成も行った。この磁性材料の性能を磁化測定、断熱消磁実験によって行った。球状化した材料を塊状の材料と比較した場合、低磁場において若干磁気エントロピー変化が減少する傾向が見られたが、ほぼ同等の磁気特性を得ることができた。また、実際の蓄冷型磁気冷凍機に組み込み、冷凍試験を実施した。この結果、従来のガーネット材料を上回る効果が高温領域で確認された。

(2) 金属間化合物系磁性材料

予冷段高温側材料には強磁性体の材料が望ましい。金属間化合物系磁性材料で有望な RT₂

系(R:Ho, Dy, Gd, T:Al, Ni)の磁性体について、磁性材料の球状化について遠心力アトマイズ法により最適条件を見出すことができた。この結果、ほぼ球状に近い試料の作製に成功した(図1)。これらの試料は蓄冷型磁気冷凍機に実際に組み込まれ、冷凍試験によって優れた特性が確認された。



図1. 試作された球状化 GdNi₂ 試料

3.2 高効率水素液化機構の開発

低圧の水素ガスを磁性体シリンダー中に流し、カルノーサイクルによって液化水素を高効率で生成する機構を検討した。粒状の磁性体を用いると間隙に液体水素がトラップされるため、液体水素の取り出しが困難となる。しかし、熱交換面積は著しく増加するため、初期の液化過程における効率は板状に比べて50%以上大きい。本研究では両者を融合し、液体水素の流路を設置した磁性体形状を調べた。シミュレーションの結果、水素と磁性体との熱交換効率は流路の形状に大きく依存することがわかった。球状と板状とを組み合わせたハイブリッド化によって、効率の増加が見込めることがわかった。

3.3 蓄冷型磁気冷凍機の開発

物質・材料研究機構が所有している大口径超電導マグネットに適合した新しいクライオスタットの設計と製作を行った。これまでは蓄冷器が磁場中で移動することによる磁場変化と蓄冷器内の流体の流れが同時に起こり独立した制御が不可能であったが、本研究で開発する磁気冷凍機においてはマグネットの口径の大きさを利用し流体の流れを発生させるディスプレイサーを蓄冷器に内蔵することが可能になり、磁場変化と流体の流れを独立に制御できるシステムを完成させることができた(図2)。研究項目3.1で実施した試料を用い、AMR型蓄冷サイクル(Active Magnetic Regeneration)の実験を実施した。その結果、30Kから60K領域でのAMRサイクルの作動が実証された。駆動型磁気冷凍では初めてである。また、HoAl₂を用いた冷凍試験では、わずか有効磁場1.8Tのもとで磁性体ホルダー内部に

12 度以上の温度勾配が形成され、磁気冷凍による蓄冷サイクルが水素予冷に有効であることが実証された（図 3）。

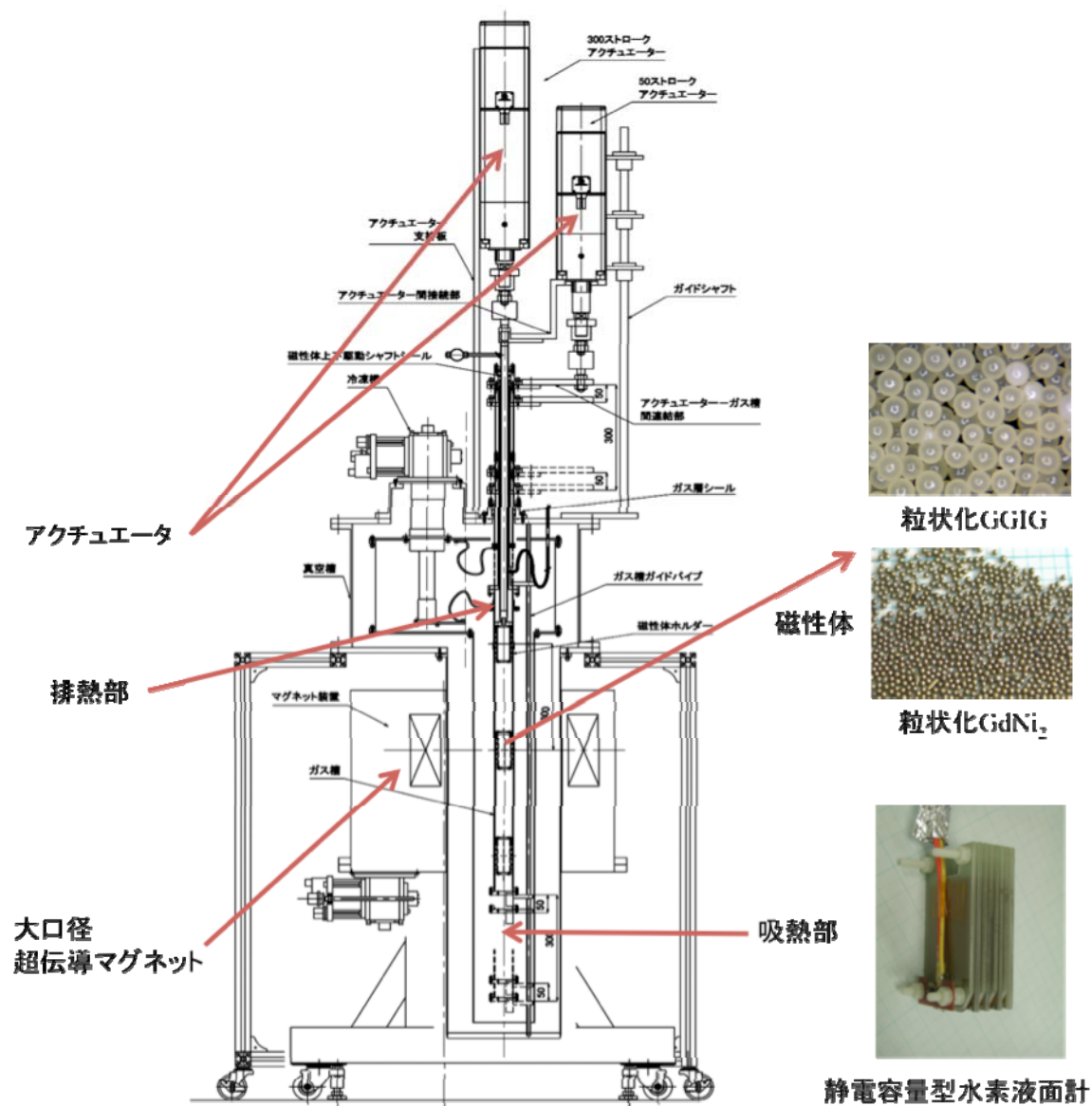


図 2. 試作された水素磁気冷凍用 AMR 試験装置

GGIG(ガーネット)とHoAl₂についての試験結果(有効磁場変化2T, 0.1Hz)
AMR効果を明確に実証し、25K~40K領域で10度以上の温度差発生に成功

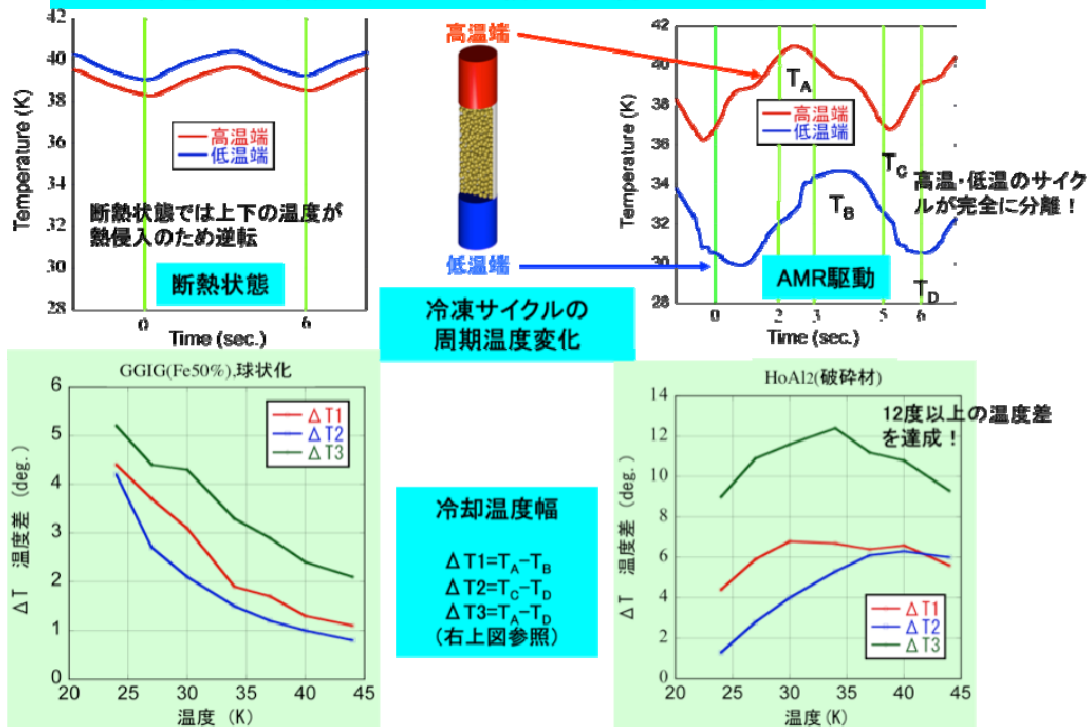


図 3. 水素磁気冷凍用 AMR 試験装置による取得データの一例

3.4 測定技術要素研究

本研究で開発される小型の磁気冷凍機に適合する、MgB₂を用いた超電導液面計と液体・気体水素の誘電率の差を利用した静電容量式の水素液面計を開発した。液体水素を用いた動作確認を校正が行われ、静電容量式では液面分解能 0.02mm (0.06%以上の分解能)を達成した。また、長さ 10cm 以下の小型化が可能であり、十分な性能を持つことが確認された。

3.5 水素液化磁気冷凍システムの調査と解析

水素磁気冷凍システムにおいて主要部である、蓄冷型 AMR 磁気冷凍サイクルのシミュレーションによる解析を進めた。特に、広い温度範囲での動作に必要な蓄冷器内での磁性体の多層化や AMR の多段化によるサイクルの冷凍能力や効率の解析を行ない、磁性体の選択や蓄冷器内への配分比等の指針を得ることができた。海外における磁気冷凍開発の調査によって、韓国等で試作が進んでいる磁気冷凍サイクルの実験に参加し、幅広い討論を行った。サイクル解析においては、水素温度領域と同様に磁性体の磁場変化と流体変化が同時に起こる場合の解析法について調べた。

3.6 特許、論文、講演、報道等の件数一覧

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
H20FY	0件	0件	0件	4件	0件	7件
H21FY	0件	0件	0件	4件	0件	9件
H22FY	0件	0件	0件	1件	0件	4件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

(1) まとめ

- ・ 鉄系希土類ガーネットを開発し、水素液化温度以上の領域でも使用可能となった。転動造粒法により、球状試料の大量生産技術を確立した。
- ・ RT_2 系の磁性体について、遠心力鑄造法により粒状化試料の作製に成功した。冷凍テストにより、その性能が確認された。
- ・ 高効率水素液化機構に蓄冷型冷凍サイクルを結合したハイブリッドサイクルの有効性を確認するとともに、流体流れの解析によって、高効率化への条件を明らかにした。
- ・ 2つのディスプレイサを使ったAMR蓄冷型冷凍サイクルを実現した。25K～60K領域での駆動に成功するとともに、有効磁場変化1.8Tで、12度以上の温度差発生を達成した。
- ・ MgB₂超伝導および静電容量型の2方式の磁気冷凍用小型水素液面の開発に成功。液体水素を用いた試験により十分な性能を確認した。

(2) 課題

- ・ 粒状化について製造企業との連携により実用技術開発を進める必要がある。
- ・ 熱交換ガスの駆動機構を磁性体と分離する方式を採用することにより、小型化と熱安定化を達成させる。
- ・ ハイブリッドサイクル(水素液化+AMRサイクル)の実証試験により、高温領域からの水素液化を試みる必要がある。

5. 実用化・事業化の見通し

磁気冷凍サイクルに最適化されたマグネットを用いれば、実用化への展望は大きく開けると考えられる。LNG熱源を利用可能な冷凍システムであり、事業化への魅力は大きい。

(III-6) 水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発

委託先:(国) 東京大学

●全期間成果サマリ(実施期間 :平成20年度～平成21年度)

- ・水素ガスパイプラインで想定される現実的な圧力・温度条件下で鋼中に拡散侵入する水素濃度は低く、準静的・動的条件下とも水素脆化は顕著ではない。
- ・水素ガスパイプラインの実大強度試験を実施し、き裂は長距離伝播することはないことを実証した。
- ・開発した高速き裂伝播数値計算モデルを用いて、天然ガスと同程度の靱性を有していれば、水素ガスパイプラインでき裂の伝播を防止できることを確認した。

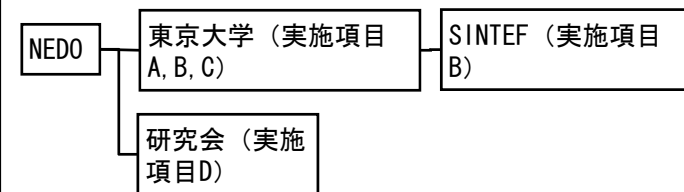
●背景/研究内容・目的

水素社会における大量の水素輸送をガスパイプラインによって実現するためには水素ガスパイプラインの信頼性に関する信頼性指針を確立する必要がある。高強度鋼管材料に対する水素脆化感受性の評価、水素ガスパイプラインの実大強度試験による高速き裂伝播の現象の調査、水素ガス漏出を想定した燃焼熱輻射に関する検討、ガスパイプライン高速延性き裂伝播の数値計算モデルの開発、水素ガスパイプライン大規模破壊を防止するための条件に関する試算を行った上で、これらを総合的に検討するとともに、水素ガスパイプラインの耐破壊信頼性指針を確立するために必要な検討課題を整理する。

●研究目標

実施項目	目標
A 水素脆性評価試験	水素濃度:2ppm以下、負荷速度:準静的～5m/s
B 実大破壊強度試験	圧力:15MPa程度、パイプ:X65高強度鋼管、500mm径、40m長
C 高速き裂伝播計算モデル構築	き裂伝播限界圧力とき裂伝播停止長さを+/-20%で予測
D 外部からの指導及び協力	大学・企業の研究者・技術者からなる研究会を組織し、指導と協力を得る。

●実施体制及び分担等



●全期間実施内容／研究成果

- (1)水素チャージ鋼管材のき裂伝播抵抗を計測し、水素ガスパイプラインで想定される現実的な圧力と温度の上限条件でも鋼中に拡散侵入する水素の濃度は高々0.01ppm程度以下と低く、準静的・動的条件下とも水素脆化はほとんど現れないことを確認した。(図1)
- (2)水素ガスパイプラインの実大強度試験を実施し、強制的に発生させた延性き裂は長距離伝播することなく、300～600mm程度で停止することを実証した(圧力:16MPa、鋼管:X65、550mm径、13.5mm厚)。(図2)
- (3)漏出水素ガス燃焼熱輻射に関する数値検討を行い、天然ガスパイプラインに比べて水素ガスパイプラインのほうが熱輻射が小さいという結果を得た。
- (4)開発した高速き裂伝播数値計算モデルにより、同一靱性(き裂伝播抵抗値)で比較すると、天然ガスパイプラインよりも水素ガスパイプラインのほうがき裂伝播距離が短く、天然ガスパイプラインと同レベルの靱性を確保しておけば、き裂が長距離伝播することを防止できることを確認した。

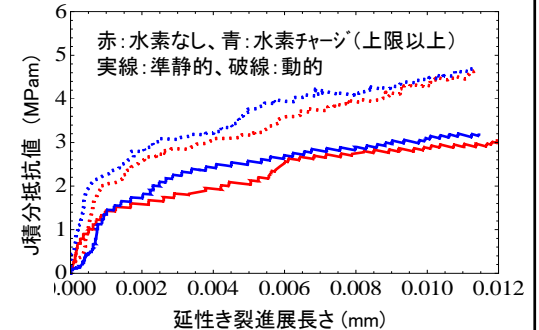


図1 き裂伝播抵抗に及ぼす水素の影響

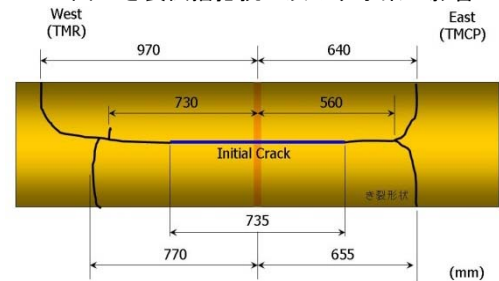


図2 実大強度試験におけるき裂伝播挙動

●今後の課題

- (1)広範な鋼管材料に対する水素脆化感受性の評価と限界条件の見極め
- (2)より広範な条件下における高速き裂伝播と停止に対する評価とこれに基づいた鋼管の必要靱性値の決定
- (3)漏出水素ガス燃焼熱輻射の実測と計算による影響度評価
- (4)上記検討結果を総合した水素ガスパイプラインの信頼性評価指針の確立

●実用化の見通し

我が国の製鉄会社で製造される高靱性鋼管を適用すれば高圧水素ガスパイプラインを実現することは技術的に可能である。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
A	現実的な条件下で水素脆化顕著でないことを確認。	○達成
B	実大強度試験により大規模破壊が発生しないことを実証。	○達成
C	き裂伝播距離推定精度20%を達成。	○達成
D	研究会により外部助言・指導実施	○達成

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	3	6	0

水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発

実施者：国立大学法人 東京大学
再委託先：SINTEF（ノルウェー）

1. 事業概要

水素社会における大量の水素輸送をガスパイプラインによって実現するためには水素ガスパイプラインの信頼性に関する信頼性指針を確立する必要がある。平成18～19年度に実施した「水素安全利用等基盤技術水素に関する共通基盤技術－国際共同研究水素ガスパイプライン高速破壊防止技術の研究開発」において小径のパイプを用いた破壊強度試験を世界で初めて実施して、水素ガスパイプラインの信頼性評価に関する研究を行った。

上記を背景として、本研究においては、高強度鋼管材料に対する水素脆化感受性の評価、大口径の鋼管を適用した水素ガスパイプラインの実大強度試験による高速き裂伝播の現象の調査、水素ガス漏出を想定した燃焼熱輻射に関する検討、ガスパイプライン高速延性き裂伝播の数値計算モデルの開発、水素ガスパイプライン大規模破壊を防止するための条件に関する試算を行った上で、これらを総合的に検討するとともに、水素ガスパイプラインの耐破壊信頼性指針を確立するために必要な検討課題を整理する。

2. 事業目標

本事業における各実施項目と目標は以下のとおりである。

①パイプ材料の水素脆性評価試験（東京大学）

高圧水素ガス環境下においてパイプ材料中に侵入する水素模擬し、実験室的に水素をチャージしたパイプ素材に対して準静的破壊靱性試験、及び、高速き裂伝播試験を行ない、水素脆性の定量的評価を行う。

(a) 落錘型の高速破壊試験機を用いた水素チャージ材き裂伝播抵抗測定法の確立

- ・試験条件：落錘質量；200kg以下、荷重負荷速度；7m/s程度以下、評価材料の板厚；12mm以下
- ・測定項目：荷重、変位、及び、き裂成長量の動的計測
- ・き裂伝播抵抗値：破壊力学パラメータ（J積分等）の抵抗曲線を適用

(b) パイプ材料のき裂伝播抵抗値に及ぼす鋼中水素濃度の影響の明確化

- ・J積分抵抗曲線の水素濃度依存性に関するデータ取得
- ・試験条件：水素濃度；2ppm程度以下、温度；0℃～室温の範囲、荷重負荷速度；準静的～5m/s程度の範囲

②水素ガスパイプライン実大破壊強度試験（東京大学・SINTEF）

口径が約500mmの鋼管を用いて実大破壊強度試験を実施する。き裂伝播挙動、パイプの歪、パイプ内圧等の動的計測を行う。パイプの全体的な破壊挙動を高速度カメラにより観察する。加えて、ガス漏出による周辺環境への影響を調査するために、燃焼輻射について検討する。

(a) 試験体の設計、作製、及び、試験条件の設定（東京大学）

- ・実大水素ガスパイプラインき裂伝播試験に供試する試験体を1体作製
- ・条件：圧力；15MPa程度に設定、パイプ；X65高強度鋼管、板厚12mm、口径500mm、長さ40m程度で設定

(b) 実大破壊強度試験の実施と動的計測（SINTEF）

- ・測定項目；き裂伝播速度、パイプの動的歪、パイプ内圧の動的変化、パイプ全体の動的変形挙動（高速度カメラ）

③水素ガスパイプライン高速き裂伝播計算モデルの構築（東京大学）

既開発の水素ガスパイプライン高速き裂伝播現象を再現する計算のプロトタイプモデルを拡張して、き裂伝播開始直後の挙動の記述ができるようにし、計算を適用できるパイプの口径の拡張を図る。このために、き裂伝播に伴う過渡現象を扱えるモデルに改良する。さらに、実大破壊強度試験との整合性をとり、計算可能な口径の範囲拡大を図る。

・き裂の発生から伝播、停止に至る動的なプロセスを計算するモデルを構築。ガスの減圧挙動とパイプの破壊挙動を連成。き裂伝播開始直後の過渡的挙動を計算可能とする。水素脆化の影響を考慮（材料の特性値として）。

・適用範囲：圧力；15MPa程度以下の水素ガス、及び、メタンガス（比較）、パイプ口径：200～500mm

・計算精度：実大破壊強度試験において、き裂伝播限界圧力とき裂伝播停止長さを $\pm 20\%$ で予測

・本モデルにより、口径が500mm程度までの水素ガスパイプラインにおいて、き裂非伝播（ガス漏洩）を実現するための必要条件（所与の圧力、口径、板厚、初期き裂寸法に対する材料の必要抵抗値）を計算可能とする。

④外部からの指導及び協力

本研究には、天然ガスパイプラインの破壊強度と信頼性に関する知見が参考となる。これまで、この分野で多くの知見を有しているガス事業者、パイプ製造鉄鋼会社等の研究者から指導と協力を得るために研究会を設置する。

・ガスパイプラインの強度に関する大学・企業の研究者・技術者からなる研究会を組織し、有意義な研究成果が出せるように、指導と協力を仰ぐ。

3. 事業成果

3-1 研究成果

(1) パイプ材料の水素脆性評価試験（実施項目①）

本試験では、次項で述べる実大試験に供試した鋼管材料に対して、水素チャージにより鋼中に水素を拡散侵入させ、落重試験による動的試験、及び、比較として準静的試験を行い、水素脆化の評価を実施した。

鋼管から長さ190mm、幅35mm、厚さ10mmの切欠き付曲げ試験片を採取した。繰返し荷重により約2mm長の疲労予き裂を導入した。水素チャージ条件は、条件(1)：45MPa \times 50 $^{\circ}$ C \times 48h、条件(2)：45MPa \times 95 $^{\circ}$ C \times 48h、及び、チャージなし、とした。チャージはオートクレーブにより行った。水素ガスパイプラインの上限圧力としては20MPa程度を想定すればよいが、安全側としてそれよりも高い45MPaとした（条件(1)）。条件(2)は水素脆化の影響を明確にするために、条件(1)よりもさらに高温にし（装置の上限条件）、水素濃度を高くすることとした。

既設の落重試験機を改造して本研究に適用できるように改造して動的試験を実施した。準静的試験には油圧サーボ試験機を使用した。図1に、落重試験における試験片の変形とき裂進展の様相（高速カメラ映像）の例を示す。

き裂進展を考慮したJ積分算式を用いて、計測データからJ積分抵抗曲線を求めた。図2に、水素チャージなしとチャージ条件(2)の結果を示す。ここで、横軸はき裂進展長さ、縦軸はJ積分値である。全体的に、準静的試験よりも動的試験のほうが抵抗値が大きい。これは歪速度が上昇したことにより強度が上昇したことが主な原因と考えられる。次に、準静的試験において、水素チャージの有無による抵抗曲線の勾配に差が現れた。一方、動的試験においては、抵抗曲線の若干の差はあるものの、水素チャージの有無によって抵抗曲線の勾配には有意な差は認められなかった。従って、

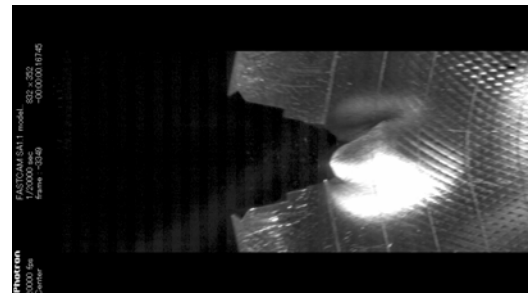


図1 落重試験中の試験片変形とき裂進展の様相（条件(2)）

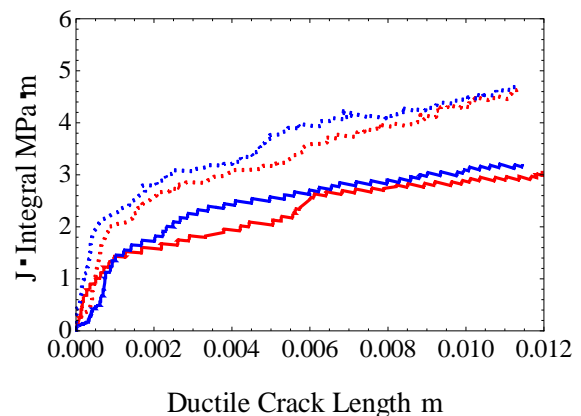


図2 J-R曲線に及ぼす水素チャージ有無と荷重速度影響（実線；準静的、破線；動的、青；無チャージ、赤；チャージ条件(2)）

き裂が動的に伝播する場合には、水素チャージの影響は少ないと言える。

試験後実施した水素昇温分析の結果、拡散性水素濃度は条件(1)で0.01ppm以下、条件(2)で0.14~0.18ppmであった。条件(2)は現実の水素ガスパイプラインで想定されるよりもはるかに高い温度と圧力であり、それでも動的試験において水素の影響は顕著ではなかった。条件(1)では、拡散性水素濃度は高々0.01ppmであり、この強度の鋼では準静的な条件でも水素脆化が顕著には現れないレベルであると考えられる。

以上の結果から、現実的な水素ガスパイプラインに条件を想定した場合には、X65程度の強度レベルにおいて水素脆化は顕著ではないと結論できる。ただし、より厳しい条件においては水素脆化が顕在化する可能性があるため、限界条件の見極めにはさらに詳細な調査が必要である。

(2) 水素ガスパイプライン実大破壊強度試験 (実施項目②)

本実験で供試した鋼管は、米国石油協会規格 API 5L-X65 の UOE 鋼管で、外径は 559mm、肉厚は 13.5mm である。TMCP プロセス、及び、TMR プロセスで製造された鋼管を用いた。実大バースト試験は 2009 年 8 月、ノルウェーの Giskas にて実施した。11m 長の 4 本の鋼管を溶接して全長 44m の試験体を作製した。図 3 に試験体のレイアウトを示す。中央には TMCP と TMR 鋼管を配置した。図 4 に試験体の設置状況を示す。試験体に純度 99.9% の水素ガスを封入し、圧力が 16.0MPa に達した時点で、長さが 700mm の初期き裂を瞬時に導入して、その直後のき裂伝播挙動を観察した。図 5 に、伝播したき裂の形状を示す。初期き裂を含めて、TMCP 鋼管側で 640mm、TMR 鋼管で 970mm の長さでき裂は停止した。き裂伝播速度の最大値は概ね、200m/s であった。図 6 に、ガス減圧挙動を示す。き裂発生直後に減圧が生じていることが確認された (破線は後述のモデル計算値)。

本試験により、水素ガスパイプラインにおいて、軸方向に伝播開始したき裂は早期に停止することが実証された。

水素ガスパイプラインにおいて、き裂が発生して開口部からガスが漏出することを想定し、漏出したガスの燃焼による輻射の影響を評価した。評価にあたり非定常の輻射モデルを構築し、上記の実大試験データからパラメータを設定した。計算結果の例を図 7 に示す。横軸は初期圧力、縦軸は火炎から 40m の

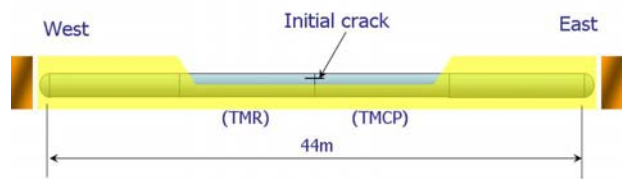


図 3 実大バースト試験体のレイアウト



図 4 実大バースト試験体の設置状況

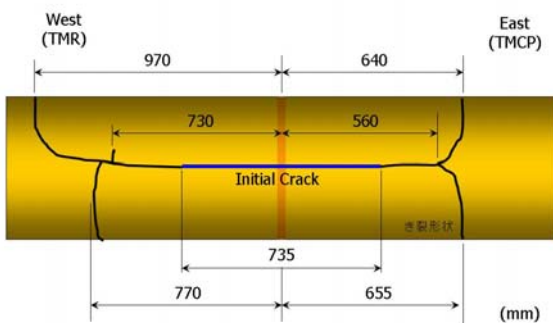


図 5 初期き裂から伝播したき裂の形状

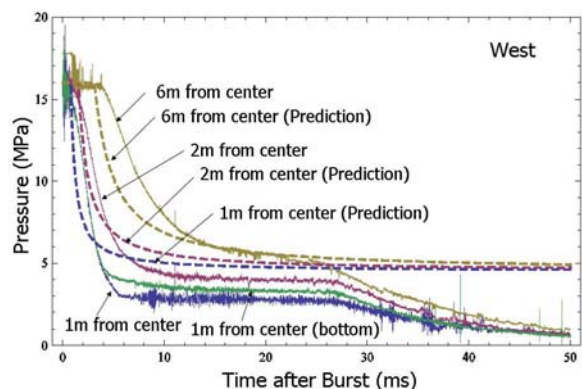


図 6 実大試験におけるガス減圧挙動

位置における輻射エネルギーである。同一の鋼管径と圧力で比較すると、天然ガスパイプラインよりも水素ガスパイプラインのほうが被害範囲は小さくなる結果が得られた。

(3) 水素ガスパイプライン高速き裂伝播計算モデルの構築 (実施項目③)

実施項目②で実施した水素ガスパイプラインの実大試験において、き裂は長距離伝播しないことが実証されたが、圧力や鋼管の形状・強度によって同様な信頼性が確保されていることを確認するためには、数値解析が必要である。このために、本研究では、水素ガスパイプラインにも適用可能な高圧ガスパイプラインの高速破壊現象を解析するプログラムを開発した。

本プログラムの特徴を以下に記す。(a) 鋼管の変形に対して大変形理論を適用することにより、大規模塑性変形状態でも精度の高い計算が可能、(b) 計算の高速化を図るために、変形状態を一次元の微分方程式で表現、(c) 開口したき裂からのガス漏出を考慮することにより、鋼管の変形・破壊とガス減圧を連成して解く、(d) ガス減圧は一次元の微分方程式により計算、(e) 系のエネルギー収支とき裂伝播抵抗の速度依存性の関係からき裂伝播速度を計算。

開発した計算プログラムの妥当性を検証するために、データが豊富な天然ガスパイプライン実大試験を中心に解析した。検証結果の例を図8、図9に示す。図8はき裂伝播長さに対するき裂伝播速度の変化、図9はき裂長さが約15mにおけるパイプの変形形状を示す。パラメータの合わせ込みをしていないにもかかわらず、き裂伝播速度の履歴とき裂伝播距離を精度よく推定できることが確認された。

実施項目②で実施した水素ガスパイプライン実大試験の結果を本計算プログラムで解析した。結果を図10に示す。

実測のき裂伝播速度の最大値は概ね200m/sであったのに対して、計算では約150m/sであった。また、き裂伝播距離はTMR鋼管よりもTMCP鋼管のほうが短かったが、計算でもこの傾向が再現できた。き裂伝播距離は20%以上の精度で予測ができた。この実験ではき裂発生直後の遷移域において早期に停止した。従来の高圧ガスパイプラインの高速き裂伝播を扱うモデルはどれもき裂が長距離伝播して定常状態に近い状況を扱うものであり、遷移域の高度に非定常な状態におけるき裂伝播・停止を扱うことができなかった。本計算モデルは経験則に基づいた従来モデルとは異なり、物理現象をモデル化したものであり、水素ガスパイプラインにおける短距離でのき裂停止による信頼性確保の評価を行う場合に特に威力を発揮することができると言える。

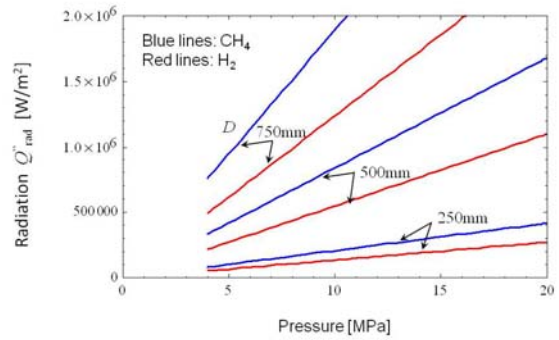


図7 輻射熱流速の計算結果 (水素ガス・天然ガスパイプライン)

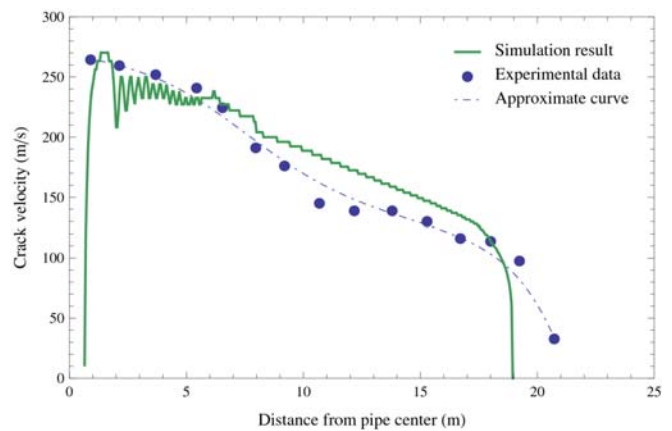


図8 き裂伝播速度の比較 (X70鋼管バースト試験 1980年)

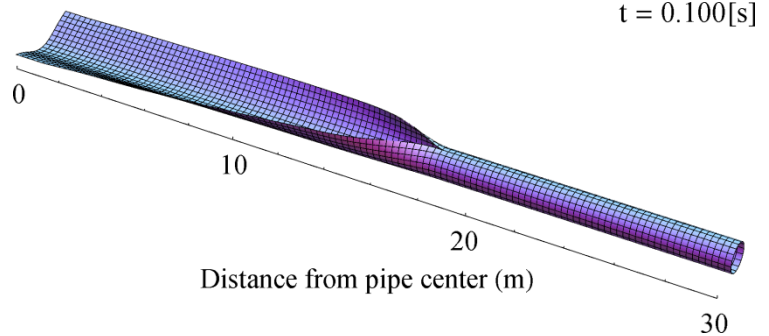


図9 鋼管の変形破壊状況の計算結果 (X70鋼管バースト試験 1980年)

図 11 に、水素ガスと天然ガスのパイプラインにおける高速き裂伝播挙動の計算による比較を示す（横軸は鋼管中央からの距離、縦軸はき裂伝播速度）。ここで、初期圧力を 15MPa、鋼管の直径を 254mm、厚さを 5.7mm とした。天然ガスパイプラインではき裂伝播抵抗が低い場合にき裂は長距離伝播するのに対して、水素ガスパイプラインではき裂は短距離で停止した。水素ガスのほうが早期に減圧が起きるためにき裂駆動力が低下してき裂は長距離伝播することができない。図 12 に、き裂伝播距離を水素ガスと天然ガスのパイプラインで比較した結果を示す（横軸はき裂伝播抵抗値、縦軸はき裂伝播距離）。水素ガスパイプラインでは抵抗値が低くてもき裂は早期に停止することが予測された。すなわち、天然ガスパイプラインと同程度の抵抗値を有する鋼管を使えば水素ガスパイプラインは高速き裂伝播を防止する観点からは安全性が確保できるということが出来る。なお、(1) の結果から、き裂の高速伝播抵抗に対する現実的条件での水素脆性の影響はほとんどないので、図 12 の結果とあわせて、水素脆性によるき裂の長距離伝播への影響は無視できると言える。

(4) 外部からの指導及び協力（実施項目④）

天然ガスパイプラインの強度に関する専門家からなる研究会を組織して、本研究に対する指導と助言をいただいた。(a) 実大試験の条件設定に際して、天然ガスパイプラインの同様な試験のデータを提供、(b) 実大試験における圧力や歪の動的計測に関する知見の提供、(c) 実験に供試する鋼管の選定に関する助言、(d) 実大試験の立会、(e) 水素脆化試験の方法と結果の考察に対する助言、(f) 漏出ガスの熱輻射のモデル化に関する助言。

3-2 成果の意義

(1) グレード X65 鋼管材料に対して延性き裂発生・成長における J 積分抵抗曲線に及ぼす水素の影響を調査した結果、水素ガスパイプラインで想定される現実的な圧力と温度の上限条件では鋼中に拡散侵入する水素の濃度は高々 0.01ppm 程度以下と低く、準静的・動的条件ともに水素脆化はほとんど現れないことを確認した。比較のために行った左記条件よりもさらに厳しいチャージ条件では、水素濃度は高々 0.2ppm 程度で、準静的条件において延性き裂抵抗曲線の勾配が低下したものの、その影響は大きくなく、また、動的な条件では水素の影響は顕著ではなかった。以上の結果から、今回調査した強度レベルの鋼管において現実的な条件（たとえば 20MPa 以下）では水素脆化は懸念する必要はないと考えられる。しかしながら、より厳しい条件では水素脆化が顕在化する可能性があるため、限界条件の見極めのためには、さらに詳細な調査が必要である。

(2) 水素ガスパイプラインの実大バースト試験を実施した結果、強制的に発生させた延性き裂は約 200m/s の速度で軸方向に伝播したが、300~600mm 程度伝播後、き裂分岐、または、周方向への逸脱

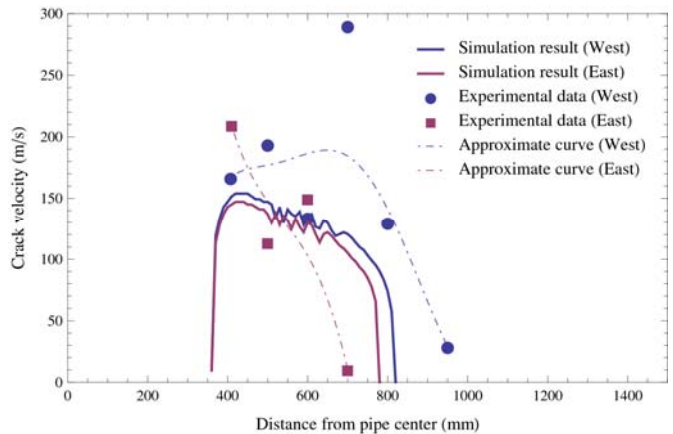


図10 本研究で実施した実大試験におけるき裂伝播速度の実測と計算の比較

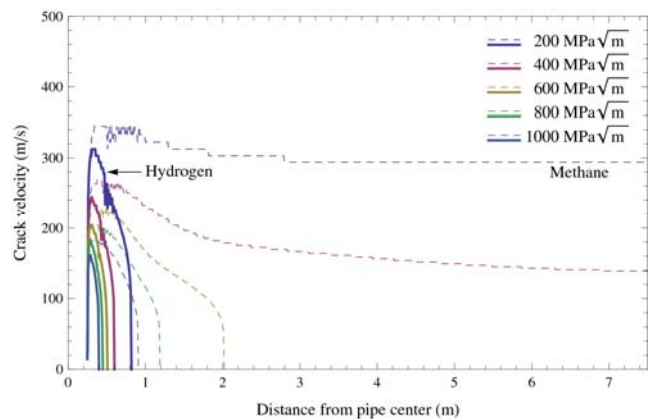


図 11 水素ガスパイプラインと天然ガスパイプラインのき裂伝播速度履歴の比較

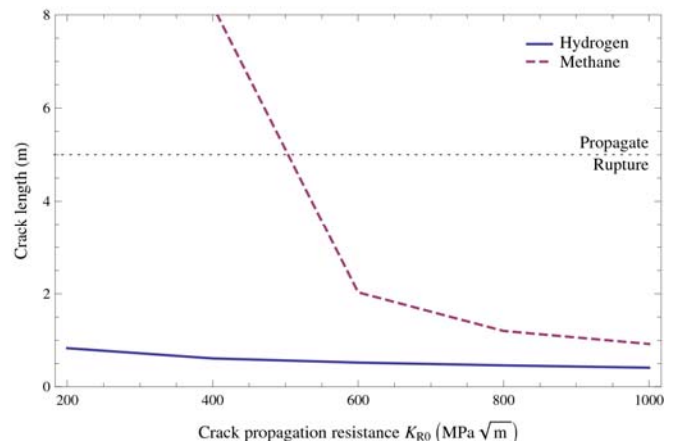


図12 水素ガスパイプラインと天然ガスパイプラインのき裂伝播距離の比較

によりき裂が停止した。水素ガスパイプラインにおいて、き裂は長距離伝播することはないことが実証された。

(3) 水素ガスパイプラインの損傷によりき裂開口部から水素ガスが漏出することを想定して、燃焼ガスの熱輻射に関する数値検討を行った結果、天然ガスパイプラインに比べて水素ガスパイプラインのほうが熱輻射が小さいという結果が得られた。ただし、詳細な検討を行うためには、熱輻射の実測とそれに基づいたモデルの高精度化が必要である。

(4) 水素ガスパイプラインにおける高速延性き裂伝播と停止をシミュレーションできる数値計算モデルを開発し、目標とする計算精度が得られることを確認した。水素ガスパイプラインと天然ガスパイプラインを本モデルで比較した結果、同一靱性（き裂伝播抵抗値）で比較すると、天然ガスパイプラインよりも水素ガスパイプラインのほうがき裂伝播距離が短く、調査した範囲では長距離伝播することはないことを数値計算でも確認した。高速延性き裂伝播現象に関する限り、天然ガスパイプラインと同レベルの靱性を確保しておけば、水素ガスパイプラインでき裂が長距離伝播することを防止できると考えることができる。

(5) 以上を総合して評価すると、現実的な条件では水素脆化は顕著に現れることはなく、既存の天然ガスと同程度の靱性を有している鋼管を用いれば、水素ガスパイプラインは技術的に可能であると考えることができる。ただし、その実現のためには、鋼管や溶接材料の選定基準、設計・製造基準、維持基準等を整備する必要がある。

3-3 特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (学会口頭発表)
	国内	外国	PCT*出願	査読付き	その他	
H20FY	0件	0件	0件	0件	1件	3件
H21FY	0件	0件	0件	2件	0件	3件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

4-1 研究成果のまとめ

水素脆化に関する実験室規模の再現試験、水素ガスパイプラインの実大破壊強度試験、高速き裂伝播の数値モデル開発と計算を実施した結果、既存の天然ガスパイプラインと同程度の靱性を確保しておけば、水素ガスパイプラインにおいて大規模な破壊を防止することが可能であると結論した。ただし、最終的な信頼性指針確立のためには、以下のような残された課題を検討し、総合的な評価が必要である。

4-2 残された課題

- (1) 広範な鋼管材料に対する水素脆化感受性の評価と、現実的な水素圧力と温度における限界条件の見極め
- (2) より広範な条件における高速き裂伝播と停止に対する評価とこれに基づいた鋼管の必要靱性値の決定
- (3) 事故を想定した漏出水素ガス燃焼輻射の実測と計算による影響度評価
- (4) 既存天然ガスパイプラインの各種安全基準の水素ガスパイプラインへの適合性の検討と上記検討結果を総合した水素ガスパイプラインの信頼性評価指針の確立

5. 実用化・事業化見通し

我が国の製鉄会社で製造される高靱性鋼管を適用すれば高圧水素ガスパイプラインを実現することは技術的には可能である。ただし、水素社会の初期段階において高圧水素ガスパイプラインを必要とする程度の水素輸送量が必要でない段階では、低圧・小径のパイプラインの敷設から開始すべきである。このためにも、各種規格類を整備しておく必要がある。

(Ⅲ-7) 超高压水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発

委託先: (独)産業技術総合研究所、東北大学

●全期間成果サマリ(実施期間:平成20年度~平成21年度)

- ・Mg-(V, Zr)-(Li, Na)-H系水素化物において、可逆的に水素を吸蔵・放出する新規水素化物を見出すとともに、水素放出温度と結晶構造との相関を示し得た。
- ・7種のLi-M-H系新規水素化物(M: 遷移金属元素)を見出し、Li-Y系水素化物において、可逆的に水素を吸蔵・放出することを確認した。
- ・Al系共晶合金、アラネート、AlH₃を原料として試みたが、適用条件下では新規水素化物相は得られなかった。

●背景/研究内容・目的

本研究開発は、水素吸蔵合金を用いた自動車向けの水素貯蔵装置を成立させるため、開発目標値である「質量貯蔵密度6質量%以上、放出温度100℃以下、耐久性1,000回以上」を可能とする革新的な水素貯蔵材料を探索し、同材料の有効性を検証・確認することを目的とする。

上記目標を満たすため数GPa(数万気圧)の水素雰囲気下で新規高密度水素化物の合成を行う超高压水素合成法を利用して、革新的な水素貯蔵材料の探索研究を実施する。また、これら新材料の可逆的な水素吸蔵・放出特性評価を行うとともに、放射光などを利用しての精密構造解析を体系的に行い、高密度水素貯蔵材料の設計指針を確立する。

●研究目標

実施項目	目標
A:超高压合成法による新規Mg合金系水素貯蔵材料の開発	「質量貯蔵密度6質量%以上、放出温度100℃以下、耐久性1,000回以上」を可能とする材料を探索する。
B:超高压合成法による新規Li合金系水素貯蔵材料の開発	「質量貯蔵密度6質量%以上、放出温度100℃以下、耐久性1,000回以上」を可能とする材料を探索する。
C:超高压合成法による新規Al合金系水素貯蔵材料の開発	「質量貯蔵密度6質量%以上、放出温度100℃以下、耐久性1,000回以上」を可能とする材料を探索する。

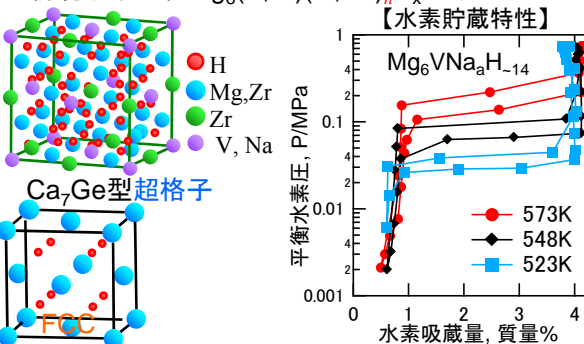
●実施体制及び分担等

NEDO	産業技術総合研究所 (実施項目A, C)
	東北大学 (実施項目B, C)

●全期間実施内容/研究成果

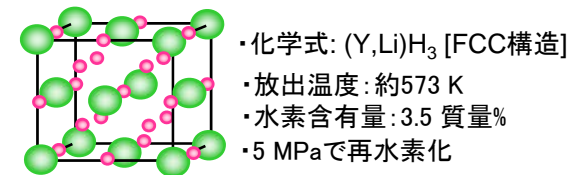
I. マグネシウム合金系新規水素吸蔵材料の探索

Ca₇Ge型超格子構造、または単純FCC構造を有する新規水素化物Mg₆(V,Zr)(Li,Na)_xH_xの合成に成功



水素化物の相分率70%を考慮すると、吸蔵量は5.4~5.7質量%

II. リチウム合金系新規水素吸蔵材料の探索



超高压水素とLiで、常圧で不安定な水素化物相が安定化し、可逆的に水素を放出・再吸蔵する。

- ◆7つのリチウム系新規水素化物の合成に成功
- 超高压法が強力な探索ツールであることを実証
- ◆水素化物高压相の安定化機構の解明に期待
- 高性能材料開発の新しい設計指針

III. アルミニウム合金系新規水素吸蔵材料の探索

産総研において、次の状態のAlを起点とした三元/四元系水素化物を探索したが、得られなかった。

Al基材料	Al基材料その態	検討した系	合成温度[K]	形成相
① Al-Si	過共晶合金	Al-Li-Si-H系	873	-
② NaAlH ₄	錯水素化物	Al-Na-Ti-H系	873	TiAl ₃ , Na ₃ AlH ₆
③ α AlH ₃	Et ₂ O和水素化物	Al-Si-(C-O)-H系	823	-

東北大において、6 GPaの超高压水素雰囲気において、Al-H-X系新規水素化物相を合成。

●今後の課題

- ・高水素吸蔵量を保持しつつ、水素放出温度を更に低減できる水素化物の組成・構造の探索。
- ・実用化を見据えた“穏和な”条件下での新規水素化物形成に向けたフィードバック

●実用化の見通し

超高压合成法は、水素貯蔵材料の探索に、有効的な手段である。今後も、継続的に本手法を用いて材料を探索することにより、目標を満足する材料を提案することが可能であると考え。また、量産法を検討することで、実用化が可能となる。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
A	523 Kで可逆的に水素を放出・吸蔵する新規水素化物の合成に成功した。	△
B	新規水素化物の合成に成功し、可逆的に水素を放出・吸蔵する。	△
C	新規水素化物は合成されたが、その他の詳細は未同定である。	△

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	5	21	1

「超高压水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発」

実施者：独立行政法人 産業技術総合研究所、国立大学法人 東北大学

1. 事業概要

本研究開発は、水素吸蔵合金を用いた自動車向けの水素貯蔵装置を成立させるため、また、燃料電池を熱源として水素を放出可能とするために、『NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ 2008』に掲げられた開発目標値である「質量貯蔵密度 6 質量%以上、放出温度 100 °C以下、耐久性 1,000 回以上」を可能とする革新的な水素貯蔵材料を探索し、同材料の有効性を検証・確認することを目的とする。

具体的には、数 GPa（数万気圧）の水素雰囲気下で新規高密度水素化物の合成を行う超高压水素合成法を利用して、開発目標値を満たすことができる革新的な水素貯蔵材料の探索研究を、この分野の世界的な研究拠点である独立行政法人産業技術総合研究所と国立大学法人東北大学が共同で実施する。具体的には、①新規マグネシウム合金系材料（産総研）、②新規リチウム合金系材料（東北大）、③新規アルミニウム合金系材料（産総研、東北大学）の合成を分担して行い、これら新材料の可逆的な水素吸蔵・放出特性評価を行うとともに、放射光などを利用しての精密構造解析を体系的に行い、高密度水素貯蔵材料の設計指針を確立する。

2. 事業目標

開発目標値である「質量貯蔵密度 6 質量%以上、放出温度 100 °C以下、耐久性 1,000 回以上」を可能とする革新的な水素貯蔵材料を①マグネシウム水素化物 (MgH_2 ; 7.6 質量%)、②リチウム水素化物 (LiH ; 12.6 質量%)、③アルミニウム水素化物 (AlH_3 ; 10 質量%) を原材料とし、超高压合成法により高容量水素吸蔵合金の研究として、i) 超高压合成による新材料創製、ii) 新材料の水素吸蔵・放出特性評価、iii) 新材料の精密構造解析を体系的に実施し目標値を満たすことができる世界初の革新的な水素貯蔵材料の開発を目指す。

3. 事業成果

3-1. 超高压合成法による新規マグネシウム合金系水素貯蔵材料の研究開発（産総研）

超高压合成による新材料創製

i) 超高压合成による新材料創製

- Mg-V-Li-H 系及び Mg-V-Na-H 系では、 $Mg:V:(Li, Na)=6:1:n$ ($n=0\sim 1.0$) で混合した原料に対して、合成圧力 8 GPa 以上、合成温度 823 K を適用することにより、新規水素化物が合成された。また、Li 若しくは Na の添加量が増加すると、新規水素化物の生成率が増加した。
- Mg-Zr-Li-H 系及び Mg-Zr-Na-H 系では、 $Mg:Zr:(Li, Na)=6:1:n$ ($n=0\sim 1.0$) で混合した原料に対して、合成圧力 8 GPa 以上、合成温度 823 K を適用することにより、新規水素化物が合成された。

ii) 水素吸蔵・放出特性評価

- Mg-V-Na-H 系新規水素化物は、水素雰囲気中の DSC 測定で、それぞれ 575 K、631 K において吸熱及び発熱ピークが確認され、合成した新規水素化物は、可逆的に水素を吸蔵・放出することがわかった。また、573~523 K において PCT 測定を行い、可逆的に約 4 質量%の水素を吸蔵・放出することが確認された。なお、試料中の水素化物の重量分率が 70%であることを考慮すると、新規水素化物は、5.4~5.7 質量%の水素を可逆的に吸蔵・放出することができる。
- Mg-Zr-Li-H 系及び Mg-Zr-Na-H 系新規水素化物は、水素雰囲気中の DSC 測定で、それぞれ 575 K、631 K において吸熱及び発熱ピークが確認され、合成した新規水素化物は、可逆的に水素を吸蔵・放出することがわかった。また、Li 若しくは Na の添加量が増加すると、水素放出温度が低下する傾向が確認できた。また、Mg-Zr-Li-H 系新規水素化物 573~523 K において PCT 測定を行い、可逆的に約 3 質量%の水素を吸蔵・放出することが確認された。また、試料中の新規水素化物の重量分率が 54%であることを考慮すると、新規水素化物は、5.5 質量%程度の水素を可逆的に吸蔵・放出することができる。

iii) 精密構造解析

- Mg-V-Na-H 系で合成された新規水素化物は、超格子型 Ca_7Ge 構造を有し、Na 添加量の増加に伴い、

格子定数が増加する傾向を呈した。また、新規水素化物の生成率も、Na 添加量の増加に伴い、増加する傾向であった。Rietveld 解析の結果、添加した Na 原子は、3 元系水素化物 Mg_6VH_x において原子空孔であった 4b サイトを選択的に占有することが分かった。図 1 に超格子型 Ca_7Ge 構造を有する Mg-V-Na-H 系水素化物の結晶構造モデルを示す。

- b. 超高压合成された Mg-Zr-Li-H 系新規水素化物は、3 元系水素化物 Mg_6ZrH_x と同じ単純 FCC 結晶構造を有することが分かった。これに対して、Mg-Zr-Na-H 系新規水素化物は、Na 添加量が増加すると、単純 FCC 構造から超格子型 Ca_7Ge 構造に変化することが分かった。図 2 に超格子型 Ca_7Ge 構造を有する Mg-Zr-Na-H 系水素化物の結晶構造モデルを示す。

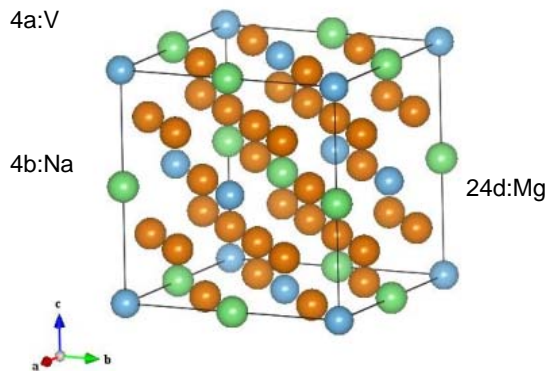


図 1 超格子型 Ca_7Ge 構造を有する Mg-V-Na-H 系水素化物の結晶構造モデル

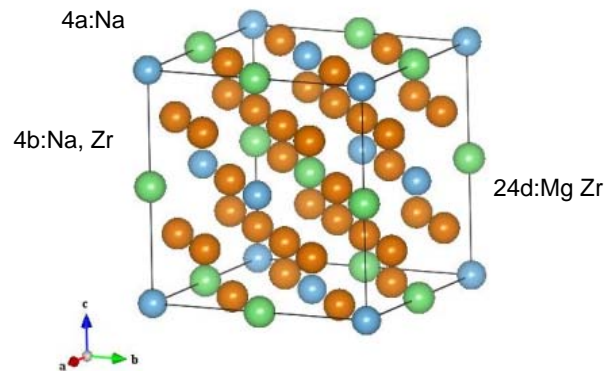


図 2 超格子型 Ca_7Ge 構造を有する Mg-Zr-Na-H 系水素化物の結晶構造モデル

3-2. 超高压合成法による新規リチウム合金系水素貯蔵材料の研究開発（東北大学）

i) 超高压合成による新材料創製

- a. Li-Y-H 系、Li-Gd-H 系及び Li-Dy-H 系では、LiH-90 mol% REH_3 ($RE = Y, Gd, Dy$) に対して合成圧力 2 GPa 以上、合成温度 1173 K を適用することにより、新規水素化物が合成された。
- b. Li-TM-H 系 ($TM = Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn$) の 6 GPa までの超高压における探索では、 $TM = Cr, Mn, Co$ 及び Ni の場合において、5 GPa- H_2 の圧力、973 K、973 K、973 K 及び 873 K の温度をそれぞれ適用することにより、新規水素化物が合成された。

ii) 水素吸蔵・放出特性評価

- a. Li-Y-H 系、Li-Gd-H 系及び Li-Dy-H 系新規水素化物は、Ar 気流中 DSC 測定で、それぞれ 575 K、631 K、651 K において吸熱を伴い分解することが確認された。更に、Li-Y-H 系で得られた新規水素化物については、水素放出後の試料を 5 MPa- H_2 、623 K の条件で処理することにより、元の Li-Y-H 系新規相に再水素化することが確認された。
- b. Li-Cr-H 系、Li-Mn-H 系および Li-Co-H 系新規水素化物はそれぞれ、Ar 気流中 DSC 測定により 420 K、396 K および 400 K において分解することが判明し、また TG-TDS 測定により、分解時に水素放出を伴うことが確認された。このうち、Li-Cr-H 系、Li-Mn-H 系では分解過程において中間相が確認された。Li-Cr-H 系新規 FCC 水素化物は水素放出に伴い結晶格子が等方的に収縮し、格子体積が 4.6 % 縮減した FCC' 相 ($a = 0.386$ nm) が得られた。また、Li-Mn-H 系新規 FCC 水素化物は水素放出に伴い c 軸方向に異方的に収縮し、体積が 3.3% 縮減した体心正方晶構造 ($I4$, No. 79) の BCT 相 ($a = 0.266420(6)$ nm、 $c = 0.3693(1)$ nm) が得られた。Li-Co-H 系新規水素化物では、Ar 気流中 DSC 測定の結果、506 K、564 K で吸熱を伴うピークが観測され、新規水素化物が分解することが確認された。

iii) 精密構造解析

- a. 得られた Li-Y-H 系、Li-Gd-H 系及び Li-Dy-H 系新規水素化物は、常圧・常温で不安定な FCC の BiF_3

型構造を有する FCC-REH₃ 高压相と類似の格子定数を有する (Li_{0.1}RE_{0.9})H_{3-δ} なる化学式で表すことのできる化合物であることが分かった。Li-Y-H 系新規水素化物は、Rietveld 解析の結果、Li と Y は出発組成比とほぼ同じ Li : Y = 0.09 : 0.91 (9) で同一サイトを占有していることが判明した。図 3 に FCC 構造を有する Li-Y-H 系新規相の結晶構造モデルを示す。

- b. 超高压合成された Li-Cr-H 系、Li-Mn-H 系及び Li-Ni-H 系新規水素化物は、FCC 構造の γ-TMH_x と同じ結晶構造を有することが分かった。これら新規水素化物の格子定数 *a* はそれぞれ 0.392733 (9) nm、0.37678 (1) nm 及び 0.37482 (1) nm と精密化された。これらの新規水素化物は、GPa オーダーの水素雰囲気下において γ-TMH_x 中の TM サイトに多量に生成された空孔に入り込んだ Li が水素と結合することにより、常圧・常温下で不安定な γ-TMH_x を安定化した構造であると考えられる。また、超高压合成された Li-Co-H 系新規水素化物は、LiH-16.7 mol% Co の組成において FCC 構造を有し、格子定数が *a* = 0.69530 (8) nm であることが分かった。図 4 に脱水素前後の LiH-80 mol%Mn 試料における新規化合物相の FCC 構造と BCT 構造の結晶学的関係を示す。

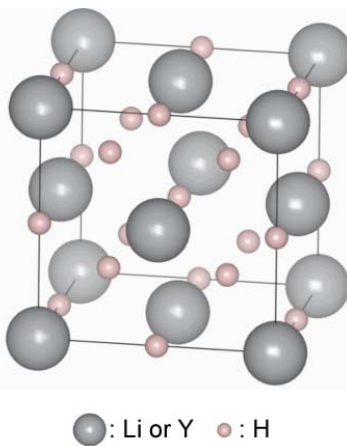


図 3 FCC 構造を有する Li-Y-H 系新規相の結晶構造モデル

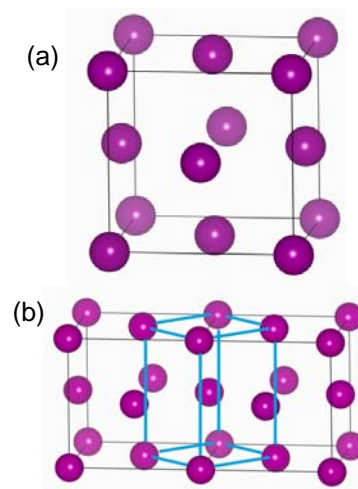


図 4 脱水素前後の LiH-80 mol%Mn 試料における新規化合物相の FCC 構造と BCT 構造の結晶学的関係
(a) 新規 Li-Mn 水素化物 (FCC 構造)
(b) 新規 Li-Mn 化合物 (BCT 構造)

3-3. 超高压合成法を用いた新規アルミニウム合金系水素貯蔵材料の研究開発

3-3-1. 超高压合成法を用いた新規アルミニウム合金系水素貯蔵材料の研究開発 (産総研)

i) 超高压合成による新材料創製

水素に対して極めて不活性であり、直接の水素化が困難であるアルミニウム及びその合金の多くに関しては、これまでに水素化物が得られた例さえ殆ど無いことから、超高压下での適切な水素化条件の設定が先ず必要である。そこで、本検討では、水素の拡散促進と反応活性化因子の究明が必要と考え、組織が微細な Al 基共晶合金 (a)、アラネート (b) 及び水素化アルミニウム (c) を各々出発原料に採用することで、三元乃至は四元の新規水素化物相を探索した。

- a. 過共晶合金 Al_{0.8}Si_{0.2} 及び LiH を原料とし、Al_{0.8}Si_{0.2}+LiH に対して十分な混合及び更なる組織微細化を図るためにミリング処理を施した。この前駆体に対して、8 GPa、873 K で 1 hr. の処理を施したところ、LiAlO₂ と Si が生成するのみであった。一方、Al と Si を独立に原料とした場合は金属 Al 相が独立して現れた。今回の合金を用いる試みでは新規水素化物は形成されなかったが、Al の水素化に関して単体 Al を出発物質とする場合とは異なる反応メカニズムを期する狙いとしては適切であったと考えられる。
- b. 錯水素化物 NaAlH₄ を出発物質に NaAlH₄+*x*TiH₂ (*x* = 0.10, 0.33) に対して、8 GPa、873 K で 1 hr. の処理を施した。Na₃AlH₆ 及び TiAl₃ が生成されたが、新規水素化物は生成されなかった。Na₃AlH₆ は NaAlH₄ が高温下で一部の水素を解離したものである (NaAlH₄ → (1/3)Na₃AlH₆ + (2/3)Al+H₂)。TiAl₃ は TiH₂ から水素が解離した Ti と前述の Al が金属間化合物を形成したもので、この相がエネルギー的に非常に安定であるがために、水素化物が形成されなかったと考えられる。

c. 水素化物 AlH_3 (ジエチルエーテル (Et_2O) 和物) を出発物質とし、仕込み組成 $8\alpha\text{AlH}_3+\text{Si}$ に対して 8 GPa、823 K で 1 hr. の処理を施した。しかし、原料である AlH_3 が Al に分解するのみで、新規水素化物相は得られなかった。ただ、溶媒和 Et_2O が及ぼす影響や、 AlH_3 と対となる原料に水素化物を使用しなかったこと (マグネシウム系の検討での経験では原料を全て水素化物としないと新規相を形成させるのは非常に困難であったが、アルミニウム系も同様か否かは不明) など、合成に際して検討・改善を要する要素が多い。

ii) 水素吸蔵・放出特性評価

新規水素化物相を示唆する結果が得られなかったことから、水素特性評価は行っていない。

iii) 精密構造解析

新規水素化物相を示唆する結果が得られなかったことから、精密構造解析は行っていない。

3-3-2. 超高压合成法を用いた新規アルミニウム合金系水素貯蔵材料の研究開発 (東北大学)

i) 超高压合成による新材料創製

Al-TM-H 系について超高压合成を通じて新規化合物の探索を行い、新規化合物を示唆する結果が得られた。

ii) 水素吸蔵・放出特性評価

水素特性評価を行ったが、新規相の単相化について検討を行い、精密な解析が必要である。

iii) 精密構造解析

結晶構造解析を行っているが、新規相の単相化について検討の余地があり、本研究計画中では結晶構造の決定には至らなかった。

特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
年度						
H20FY	0件	0件	0件	0件	0件	6件
H21FY	0件	0件	0件	5件	0件	15件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

4-1. 超高压合成法を用いた新規マグネシウム合金系水素貯蔵材料の研究開発 (産総研)

超高压合成法により、Mg-(V, Zr)-(Li, Na)-H 系において、新規 4 元系水素化物の合成に成功した。合成した水素化物は、単純な FCC 構造若しくは、超格子型 Ca_7Ge 構造を有している。また、これら水素化物は、反応速度も敏速であり、可逆的な水素吸蔵・放出ができることを実証できた。

超高压法により、多数の新規水素化物の合成に成功し、可逆的な水素貯蔵特性を呈しており、本手法が有効的な材料探索ツールであることを実証した。しかしながら、これら材料において、目標温度を満足するには至っておらず、高度な物性評価や結晶構造解析技術をもつ専門グループと連携し、水素貯蔵材料の探索を行う必要がある。また、実用化を念頭におき、穏和な条件下での新規水素化物形成に向けたフィードバック等を展開していく必要もある。

4-2. 超高压合成法を用いた新規リチウム合金系水素貯蔵材料の研究開発 (東北大学)

これまで Li と水素化物を形成しないと考えられていた希土類元素や遷移金属元素との組み合わせで新しい複合水素化物を形成することが判明し、従来型の試料作製装置では探索が困難なりチウム系においても超高压合成法が有力な探索ツールであることが実証された。特に、構成元素として Y, Gd, Dy, Cr, Mn, Co, Ni を含む系において、常圧下では安定に存在し得ない高压水素化物と同じ結晶構造、同程度の格子定数を有する新規水素化物が得られた。これらの結果は、高压で安定な水素化物に Li が存在することにより、高压相が常圧下でも安定化に存在できるようになったことを示唆している。

以上は、今後の水素貯蔵材料の設計指針となり得る結果であると考えられる。本研究では考察だけにとどまったが、今後更に高度な物性評価や結晶構造解析技術をもつ専門グループと連携または共

同で研究を進め、中性子回折実験等により結晶構造中での Li および H の存在位置、またその結合状態を詳細に調べ、安定化の要因を明らかにすることにより、新しい水素貯蔵材料の探索指針の創製が期待される。

4-3. 超高压合成法を用いた新規アルミニウム合金系水素貯蔵材料の研究開発（産総研）

Al-Si(-Li)-H 系及び Al-Na-Ti-H 系を対象に、アルミニウムを単体金属としての他、合金や水素化物の形で出発物質に採用するなどして探索を進めたが、新規水素化物を得るには至らなかった。今後は、適切な出発物質やその組織状態を選択し、それらの熱力学的特性や機械的特性、混合する材料との組成比、反応温度・時間などの試行錯誤を経ながら、水素化物が形成される条件を見極めていく必要がある。

5. 実用化・事業化見通し

5-1. 産総研担当分

超高压合成法により、超高压法を用いて、マグネシウム系およびアルミニウム系の新規水素化物の開発に着手し、マグネシウム系において新規 4 元系水素化物の合成に成功し、その水素特性や結晶構造の解析を行い、当初計画の成果はほぼ達成された。今後も、本手法を展開することにより、より低温度下で可逆的な水素吸蔵・放出が可能な材料を探索し、現在推進中の NEDO プロジェクト「水素貯蔵材料先端基盤研究事業」の放射光科学グループや計算科学グループなどと連携することによって、低温度化の機構等を解明できると考えている。また、穏和な条件下での新規水素化物形成に向けたフィードバック等を展開することで、実用化を目指せると考えている。

5-2. 東北大学担当分

超高压法を用いて、これまでは合成や探索が困難であったリチウム系およびアルミニウム系の新規水素化物の開発に着手し、それぞれの系において新規水素化物の合成に成功し、その水素特性や結晶構造の解析を行い、当初計画の成果はほぼ達成された。

Li-RE-H 系(RE= Y, Dy, Gd)においては、常圧では不安定な水素化物高圧相に Li を含有させて超高压合成することによって、常圧化でも安定化し、可逆的に水素吸蔵・放出することが分かった。これまでは高容量水素貯蔵材料開発のため Mg 系や Li 系などの水素化物を如何に不安定化（低温放出化）させるかが開発指針のトレンドであったが、今回の知見は水素貯蔵材料探索の範囲を大きく拡大させるものであり、その波及効果は大きい。

アルミニウム系の結晶構造などの解析については、複雑な回折データのため本研究で行った手法では限界があったが、今後は現在推進中の NEDO プロジェクト「水素貯蔵材料先端基盤研究事業」の放射光科学グループや計算科学グループなどと連携することによって、明らかにされと考えられる。

(Ⅲ-8)ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピルオーバー水素貯蔵に関する研究開発

委託先: 東北大学

●全期間成果サマリ(実施期間:平成20年度～平成21年度)

- ・スピルオーバー水素の貯蔵サイトを、炭素担体のエッジ、曲率をもつ部位、含酸素官能基、含窒素官能基に同定できた。
- ・炭素担体に担持するPtの粒径が小さいほどスピルオーバー貯蔵量が増加することを見出した。また、安価な遷移金属(Ni)による貯蔵にも成功した。
- ・スピルオーバー水素貯蔵サイト候補である、含窒素官能基の大量ドーブ法の開発に成功した。

●背景/研究内容・目的

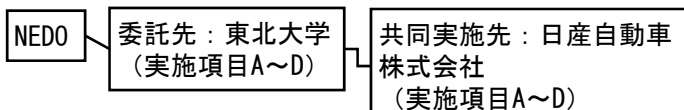
吸着系材料は、化学反応を一切伴わず物理吸着により水素を貯蔵するため、水素の吸蔵・放出に加熱は不要であり、しかも吸蔵・放出速度が大きく、繰り返し耐久性も極めて高い。しかし、吸着系材料の室温における水素吸蔵能は、我々が近年報告したゼオライト鑄型炭素による2.2 wt% (30 °C、34 MPa)が最高値であり(*J. Phys. Chem. C* **113** (2009) 3189)、物理吸着だけを利用して同じ温度・圧力条件においてこれ以上の水素吸蔵能を達成することは極めて困難である。そこで近年着目されているのが、水素分子(H₂)の物理吸着に加え、スピルオーバーにより生成する原子状水素(H[•])の可逆貯蔵も併用した新しい貯蔵方式である。

本研究開発では、室温・高圧における物理吸着量が極めて大きいゼオライト鑄型炭素をベースに、スピルオーバー水素の貯蔵も併用した高容量水素吸蔵材料の開発を行う。最終目標は、水素貯蔵量6 mass%を超える材料の開発である。

●研究目標

実施項目	目標
細孔制御技術によるゼオライト鑄型炭素(ZTC)の構造最適化	ZTC表面積の増大(目標5000 m ² /g)と細孔径の最適化(範囲0.65 nm～1.2 nm)
金属担持技術による「新たな相互作用」の導入とその最適化	A、更には原子レベルの金属担持、及び貴金属以外(Ni、Ti)の担持
ZTCの水素吸蔵性能評価	(1)、(2)で得られたZTCの水素貯蔵性能を評価する。

●実施体制及び分担等



●全期間実施内容/研究成果

1. 細孔制御技術によるゼオライト鑄型炭素(ZTC)の構造最適化

物理吸着量を最大化するため、ゼオライト鑄型炭素の比表面積の最大化を行った。その結果、4000 m²/gが現状の最大であると結論した。粒子外表面に存在するアモルファス炭素層を完全に除去し、かつ骨格内部に含まれる含酸素官能基を完全に除去できれば、比表面積5000 m²/gを超えるものも理論上は可能である。これらを実現するには今回の研究開発で調査した方法(水素処理、プラズマ処理、液相酸化、ゼオライト鑄型の変更)とは異なる新たな方法を用いる必要がある。細孔径制御については、ZTCを機械的に圧縮することによる細孔径可逆制御が可能であることがわかった。

2. 金属担持技術による「新たな相互作用」の導入とその最適化

Pt粒子の粒径が小さいほどスピルオーバー貯蔵量が増加することを見出した。粒径10～30 Åまでの減少化に成功した。スピルオーバー水素の貯蔵サイトを、炭素担体のエッジ、曲率をもつ部位、含酸素官能基、含窒素官能基に絞り込むことができた。そこで、貯蔵サイトとして有用である含窒素官能基の大量ドーブ法の開発を行った。その結果、窒素含有量をN/C = 0.09 mol/molまで増加させることができた。

Ni担持した試料においてもスピルオーバーによる水素吸蔵量の増加を確認できた。また、Niナノ粒子の粒径が小さい方がスピルオーバー効果が大きいことがわかった。

3. ゼオライト鑄型炭素の水素吸蔵性能評価

実施項目1. および2. に関し、水素吸蔵能の評価を行い、材料合成へフィードバックすることができた。

●今後の課題

- ・スピルオーバー貯蔵のメカニズム解明
- ・比表面積5000 m²/gの達成
- ・「物理吸着+スピルオーバー」による6 mass%の達成
- ・高表面積炭素の製造コストの削減

●実用化の見通し

スピルオーバー貯蔵のメカニズム解明に2年、「物理吸着+スピルオーバー」による6 mass%達成に1年、貯蔵材料の製造コスト削減に1年を要する。最短で、5年後(2015年)の実用化を目指す。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
細孔制御技術によるゼオライト鑄型炭素(ZTC)の構造最適化	4000 m ² /g越えには至らず。細孔径可逆制御の原理を確立。	△
金属担持技術による「新たな相互作用」の導入とその最適化	粒径10～30 Å達成、Ni担持達成	△
ZTCの水素吸蔵性能評価	評価結果を材料合成にフィードバックできた	○

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
3	1	6	1

「ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピルオーバー水素貯蔵に関する研究開発」

実施者：国立大学法人 東北大学

1. 事業概要

燃料電池自動車の実用化に向け、大容量の水素貯蔵容器の開発は極めて重要である。現在までに試作されている燃料電池自動車の多くは圧縮水素ボンベ（～70 MPa）を搭載しているが、その貯蔵量は十分とは言えない。このため、圧縮水素ボンベの中に水素吸蔵材料を充填し、貯蔵密度を更に増加させる必要がある。

水素吸蔵材料としては、水素吸蔵合金、化学水素化物、吸着系材料の3種類が検討されている。前者2つは吸蔵量が5 wt%を超えるものも多いが、水素放出時に加熱が必要、繰り返し耐久性が低い、オンボードでの充填および再生（再水素化）に長時間を要するといった多くの課題がある。一方、活性炭、カーボンナノチューブ（CNT）、有機金属錯体等に代表される吸着系材料は、化学反応を一切伴わず物理吸着により水素を貯蔵するため、水素の吸蔵・放出に加熱は不要であり、しかも吸蔵・放出速度が大きく、繰り返し耐久性も極めて高い。しかし、吸着系材料の室温における水素吸蔵能は、我々が近年報告したゼオライト鑄型炭素による2.2 wt%（30 °C、34 MPa）が最高値であり（J. Phys. Chem. C 113（2009）3189）、物理吸着だけを利用して同じ温度・圧力条件においてこれ以上の水素吸蔵能を達成することは極めて困難である。そこで近年着目されているのが、水素分子（H₂）の物理吸着に加え、スピルオーバーにより生成する原子状水素（H \cdot ）の可逆貯蔵も併用した新しい貯蔵方式である。

本研究開発では、室温・高圧における物理吸着量が極めて大きいゼオライト鑄型炭素をベースに、スピルオーバー水素の貯蔵も併用した高容量水素吸蔵材料の開発を行う。

本研究の目的は、ゼオライト鑄型炭素をベースとし、「物理吸着＋スピルオーバー」のメカニズムにより水素を高密度で貯蔵可能な吸蔵材料の開発を行うことである。最終目標は、水素貯蔵量6 mass%を超える材料の開発である。

2. 事業目標

本研究開発においては、以下の4つの項目を実施した。それぞれの項目について、開発目標および実施内容を記す。

研究開発項目1. 細孔制御技術によるゼオライト鑄型炭素（ZTC）の構造最適化

開発目標：ZTC表面積の増大（目標5000m²/g）と細孔径の最適化（範囲0.65 nm～1.2 nm）

実施内容：「物理吸着＋スピルオーバー」の貯蔵方式においては、物理吸着量の最大化とスピルオーバー貯蔵量の最大化の両方が重要である。特に前者は炭素の構造に大きく左右されるため、これを最適化する必要がある。そこで、様々な条件でゼオライト鑄型炭素を合成し、比表面積の測定を行った。また、機械的圧縮により、細孔径の可逆制御を試みた。

研究開発項目2. 金属担持技術による「新たな相互作用」の導入とその最適化

開発目標：Å、更には原子レベルの金属担持、及び貴金属以外（Ni、Ti）の担持

実施内容：スピルオーバー貯蔵のメカニズムはほぼ不明であるため、貯蔵メカニズムを解明し、貯蔵量を最大化するための材料設計の指針を立てることが必須である。金属粒子サイズおよび炭素構造が貯蔵に及ぼす影響について検討を行った。

窒素原子がドーピングされた炭素は、水素分子および原子状水素と強く相互作用すると予測されている。そこで、ゼオライト鑄型炭素へ大量の窒素原子をドーピングする手法の開発を行った。

スピルオーバー貯蔵に有用な金属として報告されているのはPtやPdなどの貴金属であり、材料コストが高い。実用化の観点からは、安価な遷移金属によるスピルオーバー貯蔵が望ましい。そこで、Ptの代替として、Niを担持したゼオライト鑄型炭素を合成し、スピルオーバー貯蔵量の測定を行った。

研究開発項目3. ZTCの水素吸蔵性能評価

開発目標：（1）、（2）で得られたZTCの水素貯蔵性能を評価する。

実施内容：ZTCの水素貯蔵能を評価し、材料合成へとフィードバックを行った。

3. 事業成果

研究開発項目 1. 細孔制御技術によるゼオライト鑄型炭素（ZTC）の構造最適化

水素物理吸着量を最大化するため、以下の2つの構造最適化を行った。

1. 合成条件の最適化

ゼオライト鑄型炭素の分子モデルを図1に示す。ゼオライト鑄型炭素はナノサイズのグラフェンシートが3次元的に連結した構造をもち、その比表面積はグラフェンのサイズおよびエッジの量、スタックの有無に大きく左右される。そこで、様々な合成条件を試し、比表面積を最大化する条件の探索を行った。

2. 外表面炭素層の除去

ゼオライト鑄型炭素はサブミクロンサイズの微粒子として得られるが、図2に示すように、その粒子外表面には約20 wt%もの無孔質炭素層が存在している。もしこの外表面炭素を除去できれば、表面積は5000 m²/gになるはずである。そこで、外表面炭素の無いゼオライト鑄型炭素の調製を試みた。

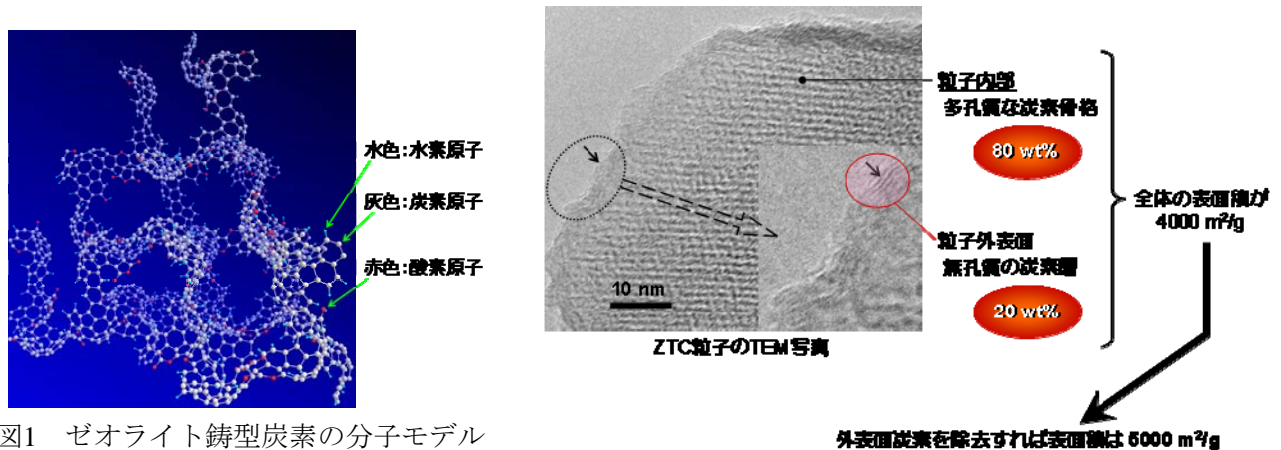


図1 ゼオライト鑄型炭素の分子モデル

図2 ゼオライト鑄型炭素の外表面炭素と表面積

1. 合成条件の最適化の結果

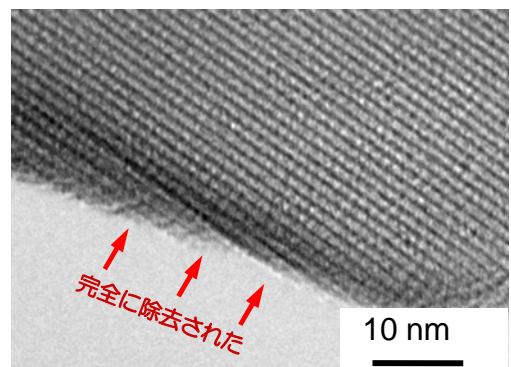
従来のゼオライト鑄型炭素の合成においては、NaY ゼオライトにフルフリルアルコールを含浸し、細孔内でこれを重合した後に700 °Cに昇温してこれを炭素化し、さらに700 °Cで1 hのプロピレンCVDを行い炭素充填を行う。最後に、HFによりゼオライト鑄型を除去してゼオライト鑄型炭素を得る。

プロピレンCVD前のポリフルフリルアルコール炭素化条件の最適化、プロピレンCVD条件の最適化、プロピレンCVDをアセチレンCVDに変更、炭素骨格に含まれる含酸素官能基の除去など、多くの合成条件について検討を行った。しかし、比表面積が従来の4000 m²/gを超えるものは得られなかった。ゼオライト鑄型炭素は図1に示した分子構造をしており、骨格を細くしてエッジの割合を増加させれば比表面積は増加すると考えられるが、骨格を補足すると機械的強度が低下し、グラフェン同士がスタックする部位が生じるため、比表面積が低下するものと考えられる。すなわち、従来の合成条件で得られていたゼオライト鑄型炭素が、最も比表面積を高くする、バランスのよい分子構造をもつことが判明した。

2. 外表面炭素層の除去の結果

上述したように、骨格を細くするアプローチでは比表面積の増加は困難であったため、別のアプローチとして、粒子外表面に存在する外表面炭素層の除去を検討した。

外表面炭素の除去方法として、炭素を充填したゼオライトへの、液相酸化とプラズマ処理を検討した。いずれの方法を用いても、処理後には外表面炭素層が除去されることを確認した。図3に、空気プラズマ処理後の炭素/ゼオライト複合体のTEM写真を示す。図2で見られていた外表面炭素層が除去されていることがわかる。外表面炭素層を除去後の炭素/ゼオライト複合体をHF処理し、得られたゼオライト鑄型炭素の比表面積測定を行った。その結果、いずれの試料も外表面炭素層を除去する前よりも比表面積が低下していた。XRDによる分析から、液相酸化



III 2.3-8(2)

図3 空気プラズマ処理後のTEM写真

およびプラズマ処理は、外表面炭素層だけでなく、ゼオライト内部に存在している炭素の構造も破壊してしまうことが示唆された。

結論として、ゼオライト鑄型炭素で達成可能な比表面積は現状では 4000 m²/g が上限である。これをベースにして、スピルオーバー貯蔵量の追加により高容量貯蔵を目指す。

ゼオライト鑄型炭素の粒子外表面に存在するアモルファス炭素層を完全に除去し、かつ骨格内部に含まれる含酸素官能基を完全に除去できれば、比表面積 5000 m²/g を超えるものも理論上は可能である。これらを実現するには今回の研究開発で調査した方法（水素処理、プラズマ処理、液相酸化、ゼオライト鑄型の変更）とは異なる新たな方法を用いる必要がある。

また、ゼオライト鑄型炭素の機械的圧縮による細孔径可逆制御を試みた。その結果、ゼオライト鑄型炭素は外力に対して弾性変形し、外力によってその細孔径を Åオーダーで制御可能であることが示された。

研究開発項目 2. 金属担持技術による「新たな相互作用」の導入とその最適化

「物理吸着+スピルオーバー」による水素貯蔵においては、物理吸着により水素分子が炭素表面に蓄えられるのと同時に、白金ナノ粒子から炭素へスピルオーバーした水素原子が貯蔵される。この貯蔵概念は、ミシガン大のグループにより提唱されたものである。これまでにいくつかのグループが、炭素に貴金属を担持することで水素貯蔵量が 10~300%増加することを報告する一方で、室温におけるスピルオーバー貯蔵を否定する結果も報告されており、そのメカニズムはよくわかっていないのが現状である。スピルオーバー水素による貯蔵量を増加させるためには、そのメカニズムの理解が重要となる。

まず、白金担持方法の比較を行った。KOH 賦活活性炭およびゼオライト鑄型炭素に種々の方法で白金担持した際の、担持前後の H₂ 吸脱着等温線の変化を図 5 および図 6 に示す。図 5 において、気相還元法によって調製した白金担持 KOH 賦活活性炭ではスピルオーバーは見られないが、液相担持法により調製した試料ではスピルオーバーが見られる。両者の違いは白金ナノ粒子の粒径である。図 5 においては、白金ナノ粒子の粒径が小さい方がスピルオーバー効果が大きい。また、図 6 においては、ゼオライト鑄型炭素においては気相還元法、液相還元法を問わず、全ての白金担持試料でスピルオーバーが生じている。これは、ゼオライト鑄型炭素を担体とした場合には、いずれの白金担持法によっても、極めて小さい Pt 粒子が大量に担持できたためと考えられる。結論として、粒径のごく小さい (< 3 nm) Pt 粒子のみがスピルオーバー貯蔵に関与している可能性が示唆された。

以上の結果より、室温における水素のスピルオーバー貯蔵に関しては、炭素の構造及び白金粒子の構造が大きく影響することが明らかとなった。スピルオーバー貯蔵を最大化するための炭素構造としては、比表面積が大きく、かつ大量のエッジ、グラフェン湾曲部、含酸素官能基および含窒素官能基をもつものが貯蔵材料として優れていると考えられる。また、白金粒子は粒径 3 nm 以下のものを高分散で担持することが重要であると考えられる。

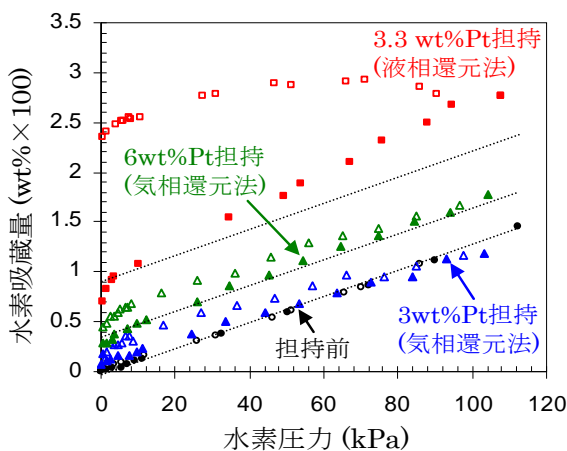


図5 種々の方法で調製したPt担持KOH賦活活性炭における、Pt担持前後のH₂吸脱着等温線 (25 °C) の比較。3本の黒色の点直線は、担持前の試料の傾きを示したもの。

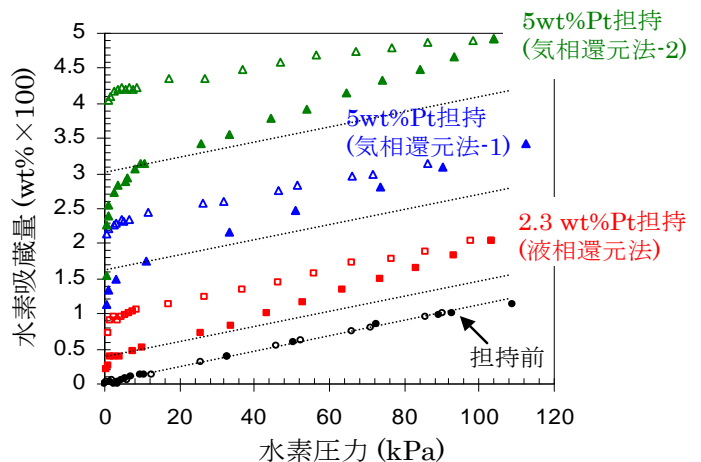


図6 種々の方法で調製したPt担持ゼオライト鑄型炭素における、Pt担持前後のH₂吸脱着等温線 (25 °C) の比較。3本の黒色の点直線は、MSC30の傾きを示したもの。

次に、種々の炭素に Pt を担持し、担持前後におけるスピルオーバー貯蔵量の比較を行うことで、炭素の構造が及ぼす影響について検討を行った。

図 7 に、白金担持前後の H₂ 吸脱着等温線を比較した。ゼオライト鑄型炭素、窒素ドーピングゼオライト鑄型炭素、KOH 賦活活性炭においては、等温線の傾きが担持前よりも増加しており、スピルオーバー貯蔵が生じているが、水蒸気賦活活性炭においてはスピルオーバー貯蔵は殆ど生じていない。これらの炭素構造の違いから、スピルオーバー貯蔵に重要な因子が下記の構造であることが示唆された。

- ・含酸素官能基の量が多い（ゼオライト鑄型炭素、窒素ドーピングゼオライト鑄型炭素、KOH 賦活活性炭）
- ・炭素を構成するグラフェンにおけるエッジの量が多い（ゼオライト鑄型炭素、窒素ドーピングゼオライト鑄型炭素、KOH 賦活活性炭）
- ・窒素官能基を含む（窒素ドーピングゼオライト鑄型炭素）
- ・グラフェンシートが湾曲している（ゼオライト鑄型炭素、窒素ドーピングゼオライト鑄型炭素）

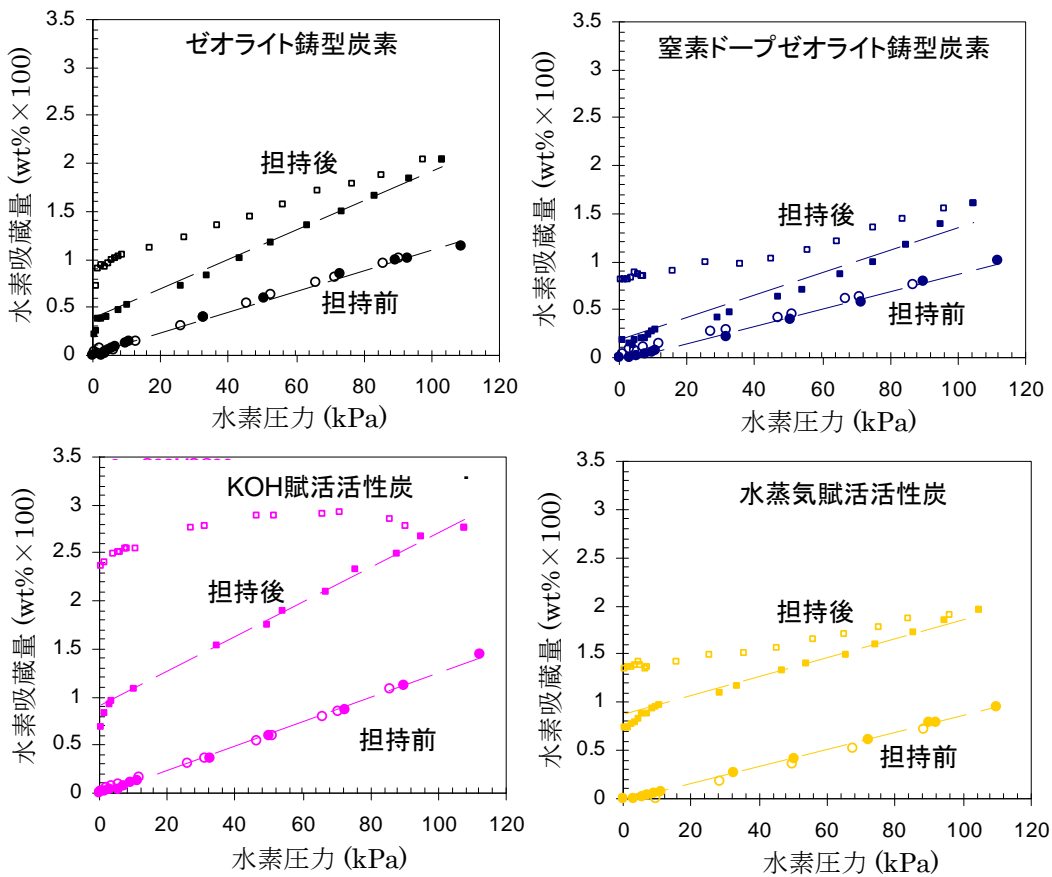


図7 各炭素における白金担持前後のH₂吸脱着等温線（25℃）の比較

含窒素官能基がスピルオーバー貯蔵サイトであることが示唆されたので、窒素の大量ドーピング法の開発を行った。具体的には、①ゼオライト鑄型の交換カチオンを従来の Na⁺から NH₄⁺へ変更、②ゼオライトに充填する炭素前駆体を従来のポリフルフリルアルコール (PFA) から 4,6-dihydropyrimidine (DHP) へ変更、の2つの方法を軸に、様々な条件で試料を合成した。合成した試料の BET 表面積、N/C、XRD の結果を表 1 に示す。①と②の方法を組み合わせた NH₄Y-DHP-An8(2)-H9(1) では、窒素含有量が N/C = 0.09 に達した。

窒素ドーピング試料の水蒸気吸着等温線を図 8 に

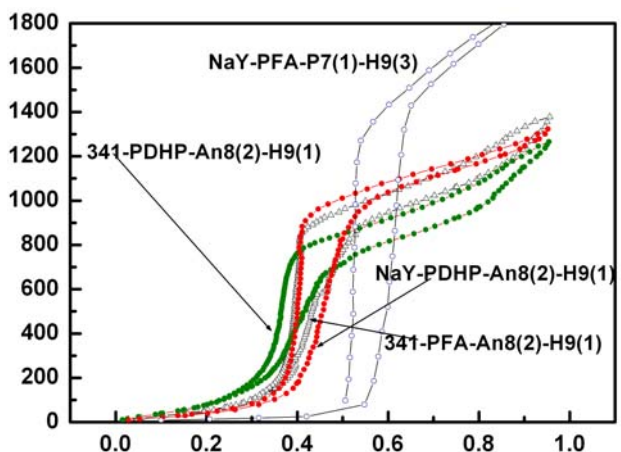


図8 窒素ドーピング試料の水蒸気吸着等温線（25℃）

示す。いずれの試料も相対圧が 0.3~0.6 の間で水蒸気吸着量が急激に増加することがわかる。細孔径が同一の場合、吸着量が急激に増加する相対圧が小さいほど材料表面は親水性である。図 8 より、窒素含有量が大きい試料ほど親水性が大きいことがわかる。すなわち、窒素含有量により材料表面の極性が大きくなり、H₂O 分子との相互作用が強化されたとは明らかである。窒素ドーブ試料は水素、特にスピルオーバーして生じた原子状水素との強い相互作用が期待できる。

表1 窒素ドーブ試料の合成条件、BET表面積、N/C、XRD結果のまとめ

試料名	ゼオライトのカチオン	炭素前駆体	BET表面積	N/C ^{※1}	XRD ^{※2}
			m ² /g	mol/mol	
NaY-PFA-An8.5(2)-H9(1)	Na ⁺	PFA	2900	0.058	○
NH ₄ Y-PFA-An8.5(2)-H9(1)	NH ₄ ⁺	PFA	2670	0.07	○
NH ₄ Y-PFA-An8(2)-H9(1)	NH ₄ ⁺	PFA	2650	0.07	×
NH ₄ Y-PFA-An8(2)-H9(3)	NH ₄ ⁺	PFA	3580	0.013	◎
NaY-DHP-H7(2)-An8.5(2)-H9(1)	Na ⁺	DHP	2010	0.077	△
NaY-DHP-H7(2)-An8(2)-H9(3)	Na ⁺	DHP	2420	0.079	○
NaY-DHP	Na ⁺	DHP	—	0.37	—
NaY-DHP-H7(2)	Na ⁺	DHP	—	0.13	—
NaY-DHP-An8(2)-H9(1)	Na ⁺	DHP	2840	0.05	○
NH ₄ Y-DHP	NH ₄ ⁺	DHP	—	0.43	—
NH ₄ Y-DHP-An8(2)-H9(1)	NH ₄ ⁺	DHP	2080	0.09	×
NH ₄ Y-DHP-An8(2)-H9(3)	NH ₄ ⁺	DHP	2100	0.084	×

※1 元素分析により求めた窒素と炭素の組成比

※2 XRDパターンにおける2θ = 6.4° 近辺の長周期規則構造を示すピークの強度。◎:非常に強い、○:強
三角:弱い、×:ほとんど無い

図 9 に Ni を担持したゼオライト鑄型炭素の H₂ 吸脱着等温線を示す。比較のために、Pt ナノ粒子を 0.2 wt%担持した試料のデータも示す。液相還元、気相還元のいずれの方法で調製した Ni 担持ゼオライト鑄型炭素も、表面積が担持前より大幅に小さいため、図 9a において、Ni 担持後の H₂ 吸蔵量は担持前に比べると小さくなるはずである。しかし、液相還元により調製した Ni 担持ゼオライト鑄型炭素は、担持前よりも大きな H₂ 吸蔵量を示している。さらに、図 9a に示した H₂ 吸蔵量をそれぞれの試料の BET 表面積で割り、表面積あたりの H₂ 吸着量で表現した図 9b を見ると、いずれの Ni 担持ゼオライト鑄型炭素も、担持前より H₂ 吸蔵量が増加していることがわかる。このように、安価な遷移金属である Ni 担持によっても、スピルオーバーによる水素貯蔵量の増加が確認された。

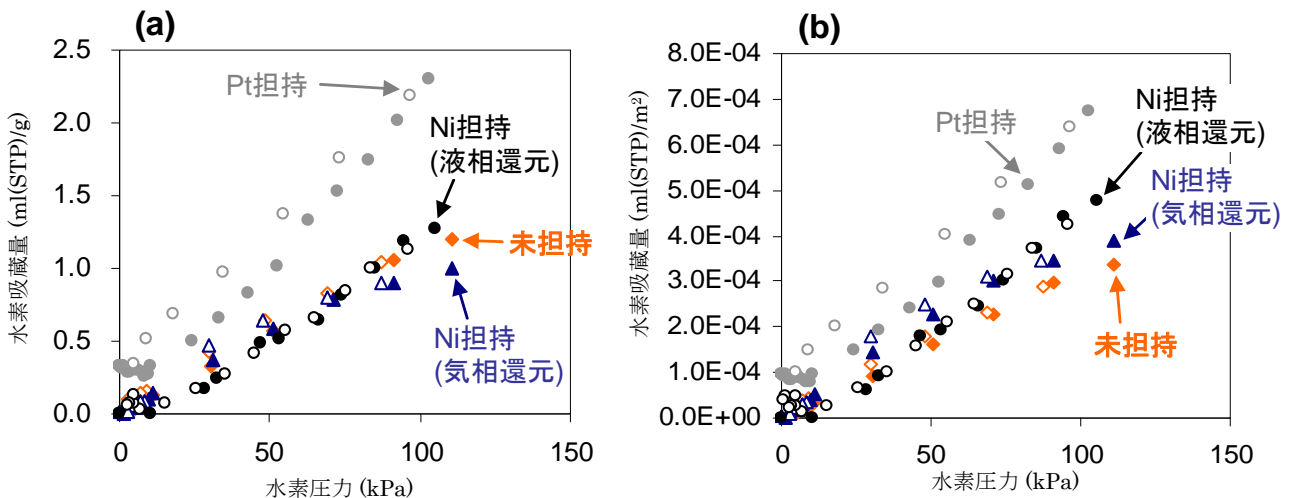


図9 NiおよびPtを担持したゼオライト鑄型炭素のH₂吸脱着等温線 (25 °C) ; (a) 試料の重量あたりのH₂吸蔵量、(b)試料の表面積あたりのH₂吸蔵量

特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
H20FY	1件	0件	1件	0件	0件	新聞2件
H21FY	1件	0件	0件	0件	1件	新聞1件、学会3件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

1. 細孔制御技術によるゼオライト鑄型炭素 (ZTC) の構造最適化

物理吸着量を最大化するため、ゼオライト鑄型炭素の比表面積の最大化を行った。その結果、4000 m²/g が現状の最大であると結論した。粒子外表面に存在するアモルファス炭素層を完全に除去し、かつ骨格内部に含まれる含酸素官能基を完全に除去できれば、比表面積 5000 m²/g を超えるものも理論上は可能である。これらを実現するには今回の研究開発で調査した方法（水素処理、プラズマ処理、液相酸化、ゼオライト鑄型の変更）とは異なる新たな方法を用いる必要がある。

また、細孔徑制御技術の原理は確立できたので、今後は実証試験を行う必要がある。

2. 金属担持技術による「新たな相互作用」の導入とその最適化

スピルオーバー水素の貯蔵サイトを、炭素担体のエッジ、曲率をもつ部位、含酸素官能基、含窒素官能基に絞り込むことができた。また、Pt 粒子の粒径が小さいほどスピルオーバー貯蔵量が増加することも見出した。

従来法で達成できる窒素含有量は N/C = 0.058 mol/mol に限られていた。今回、合成法を改良することで、従来を大幅に上回る N/C = 0.09 mol/mol の窒素含有量を達成できた。

Ni 担持した試料においてもスピルオーバーによる水素吸蔵量の増加を確認できた。また、Ni ナノ粒子の粒子径が小さい方がスピルオーバー効果が大きいことがわかった。安価な金属を用いたスピルオーバー貯蔵の可能が示されたことから、Pd, Ru, Fe, Co, Ni, Cu, V 等他の金属や、合金系における今後の進展が期待できる。

これまで、金属担持炭素系における室温でのスピルオーバー貯蔵を報告している例は世界でも少なく、その効果は半ば疑問視されていたが、今回の研究開発により、炭素担体の構造および金属の担持状態を適切に設計することで、スピルオーバー貯蔵が確実に起こることを明らかにできた。また、今まで全く不明であったスピルオーバー貯蔵のメカニズムに関する多くの知見が得られ、スピルオーバー貯蔵がいくつかのステップから成る複合的現象であることを明らかにした。それと共に、スピルオーバー貯蔵量を最大化するためには各ステップの効率化が必須であり、1つ1つのステップについて、適切な材料設計をする必要があることが判明した。今回は2年間という研究開発期間の中で、最終目標である 6 mass%の達成には至らなかったが、そこへ至るための道筋を示すことができた。今後の開発課題を以下に示す。

1. スピルオーバー効果を最大化する金属(および合金)種の探索
2. 金属種と担体との接合状態がスピルオーバー効果に及ぼす影響の解明
3. Å オーダーの金属超微粒子の担持技術の開発
4. 超高表面積をもち、かつ大量のエッジ、グラフェン湾曲部、酸素/窒素官能基をもつ炭素の開発
5. 高容量貯蔵サイトの更なる探索 (O, N 以外のヘテロ原子導入サイトなど)
6. スピルオーバーした原子状水素の炭素上における表面拡散機構の解明
7. スピルオーバー貯蔵された原子状水素の放出メカニズムの解明

5. 実用化・事業化見通し

スピルオーバー貯蔵のメカニズム解明に2年、「物理吸着+スピルオーバー」による 6 mass%達成に1年、貯蔵材料の製造コスト削減に1年を要する。最短で、5年後(2015年)の実用化を目指す。

(Ⅲ-9) MgおよびTi系相分離型高容量水素吸蔵合金の設計と実証に係る技術開発

委託先: 学校法人東海大学

●全期間成果サマリ(実施期間 : 平成20年度～平成21年度)

- ・水素吸収・放出に伴う合金の「相分離」によって、MgH₂が熱力学的に著しく不安定化することが実証された(合金構成元素間の結合力に依存)。
- ・Ti基を有する非固溶系b.c.c.合金の合成に成功し、室温で3.5 mass %以上の水素吸収・放出反応が実証された。
- ・Al水素化合物の物理合成装置の設計・開発を行った。AlH_{2.5}組成を得ており、物理的合成の可能性が実証された。

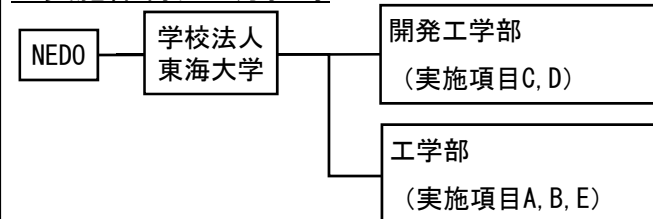
●背景/研究内容・目的

Mgを含む合金の水素化合物の物性は、Mgと水素の強い結合力に支配され、燃料電池用水素供給源としての適正供給圧力および速やかな水素吸収・放出を実現するためには、水素化合物の「熱力学的不安定化」が課題である。本研究開発では、合金の相分離によって発現する「吸熱反応」を利用して、水素化合物の不安定化を実証した。また、軽量な水素化合物の代表であるAlH₃の物理的合成法の開発に挑戦した。

●研究目標

実施項目	目標
A: Mg基合金の開発	Mg基合金に関する作製ノウハウを蓄積
B: Mg基合金に関する熱力学的平衡反応特性の研究	Mg基相分離型水素吸蔵合金の実証 6.0質量%, 繰り返し1000回, 水素放出温度100°C
C: Ti基合金の開発	Ti基合金に関する作製ノウハウを蓄積
D: Ti基合金に関する熱力学的平衡反応特性の研究	Ti基水素吸蔵合金の実証 6.0質量%, 繰り返し1000回, 水素放出温度100°C
E: Al水素化合物の合成技術の開発	Al水素化合物の物理的合成法を設計・開発

●実施体制及び分担等



●全期間実施内容／研究成果

- ・相分離型水素吸蔵合金により、MgH₂の顕著な熱力学的不安定化が実証された(A, B)。
- ・下表に示すとおり、合金系によってMgH₂の熱力学安定性がことなることが明らかとなり、これらは合金の構成元素間の電気陰性度差によって整理することが出来た(A, B)。
- ・TiMg系合金を開発し、常温で水素を吸放出することが明らかとなった(下図)。新たな合金設計手法として、軽量合金の開発に一定の目処を得た(C, D)。
- ・TiMgAl系合金を開発し、水素の吸収を確認した(C, D)。
- ・Al水素化合物の物理合成法を検討し、局部的に水素化合物を得ることが出来た(E)。

表 熱力学的特性および水素供給可能圧力

合金	ΔH _{H₂} [kJ/mol _{H₂}]	供給圧力@100°C [bar]
Mg	-38.6	3 × 10 ⁻⁵
Mg ₁₇ Al ₁₂	-35.8, -31.1	2 × 10 ⁻⁴ , 4 × 10 ⁻³
MgIn	-24.6	2 × 10 ⁻¹
Mg ₂ Ge	> -21.8	> 1.5
Mg ₂ Sn	> -21.8	> 1.5
Mg ₂ Si	> -21.8	> 1.5

↓ 適正值

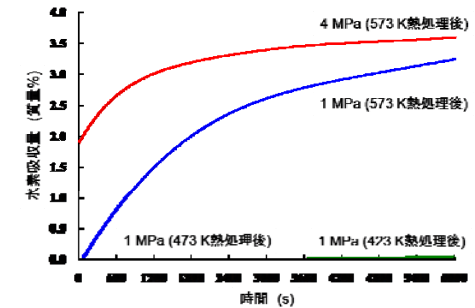


図 Ti₇₅Mg₂₅ の水素吸収特性(室温)

●今後の課題

- ・結合力の強い合金系による、MgH₂の更なる熱力学的不安定化(2 bar以上@100°C)
- ・実用化を見据えた耐久性の確認(1000回以上)
- ・Al水素化合物の大量物理合成法検討

●実用化の見通し

Mg系材料を燃料電池への水素供給源として実用化するためには、現在までに報告されている中で、適正な水素供給圧力を提供する唯一の手法(相分離型合金)であることが示唆される結果である。

●研究成果まとめ

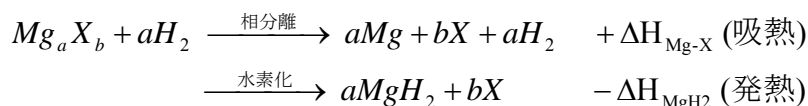
実施項目	成果内容	自己評価
A: Mg基合金の開発	Mg系合金を室温で合成	○
B: Mg基合金に関する熱力学的平衡反応特性の研究	相分離型合金の実証に成功 4.7質量%, 20回, 325°C	△
C: Ti基合金の開発	非固溶系Ti合金の合成成功	○
D: Ti基合金に関する熱力学的平衡反応特性の研究	室温で水素吸放出に成功 3.5質量%, 5回, 25°C	△
E: Al水素化合物の合成技術の開発	局部的AlH _x の物理合成	△

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	6	15	0

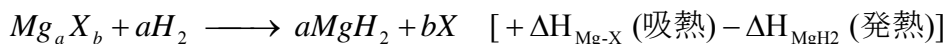
1. 事業概要

Mgは最大水素吸蔵量7.6質量%を示すことから、水素吸蔵材料として大きく期待されている一方で、イオン結合性に由来するMgと水素との結合が非常に強いなど、低温下における速やかな水素吸収・放出を実現するためには、水素化合物の熱力学的不安定化が課題である。しかしながら、他の元素と合金化させるなどの伝統的手法では、水素化合物の熱力学的安定性の指標である圧力-組成等温線図上のプラトー圧力にほとんど変化が見られず、Mg元素を含む合金の水素化合物の物性は、Mg元素の化学的性格に強く支配されていることが問題であり、実用的な水素供給能力には限界があった。

最近の研究開発動向では、触媒を利用することで水素吸収・放出温度の低下を目指す「反応速度論」的研究が主流であるが、Mgと水素の反応は発熱反応系であるため、可動温度の低下と共に水素放出圧力も著しく低下するのが現状である。実際、多くの研究報告において記述される水素放出温度の低下とは、真空に対して水素を放出することが可能となったことを意味している。しかしながら、燃料電池等への水素供給源として利用することを念頭に置くならば、適正な水素供給圧力を実現するための「化学平衡論」的な研究開発が同時に遂行されなければならない。本研究開発では、「相分離型」水素吸蔵合金という新たなコンセプトを提示し、合金の相分離に伴う「吸熱反応」を利用して、水素化合物の熱力学的な不安定化を実証することを目指した。従来、水素吸蔵合金の研究分野において、相分離とは不均化反応と呼ばれ、可逆的な水素吸収・放出反応を阻害する主な原因とされてきた経緯がある。本研究開発では、その反応をむしろ積極的に利用していることが大きな特徴である。新たに提唱する「相分離型」水素吸蔵合金の基本コンセプトは、合金の相分離に伴う「吸熱反応」を利用して、水素化合物の不安定化を狙うことである。化学的に合金化が可能なMg-X系合金(X:任意の元素)は、単体のMgと比べて熱力学的に安定であるため、MgとXに分解する際のエンタルピー変化は $\Delta H > 0$ (吸熱反応)である。同様に、合金 Mg_aX_b が相分離を伴って水素化合物を形成する反応を、次のような2段階反応として考えることができる。



系全体の反応は、



と表すことができ、合金の分解および水素吸収を含めた系全体の反応に伴うエンタルピー変化は、単体 Mg 水素化合物の形成エンタルピー $-\Delta H_{MgH_2}$ と比較して、 ΔH_{Mg-X} の分だけ負に小さくなることから、

「相分離を伴う」反応系では、水素化合物の熱力学的に不安定化されることが示唆される。本研究開発では、新しい「相分離型水素吸蔵合金」の開発として、Mg 基および Ti 基を有し、ⅢA 族、ⅣA 族元素との合金を作製し、水素吸蔵特性を明らかにすることを目的とした。

また、現在の水素吸蔵材料開発においては、ナノ構造化が例外のないキープロセスである。ボールミリングに代表される固相法（メカニカルアロイング法）では、材料のナノ構造化のみならず、化学的に合金化されない非固溶反応系においてさえ合金化が可能であるなど、新しい合金設計の重要なツールとなる可能性がある。本研究開発では、Ti を中心に非固溶反応系の合金設計と水素吸収・放出反応について検討を行った。

最後に、軽量の Al 水素化合物の利用方法として、使い切りカセット等が提案されているが、水素の再充填技術には全く目処が立っていないのが現状である。これは、Al と気体水素とが化学的には直接反応しないことに由来している。本プロジェクトでは、NEDO「微小試料内全元素分析用パルス同期マルチガスプラズマ分析装置の開発(産業技術研究助成事業)」において、東京工業大学の沖野晃俊教授らが開発した ICP 源プラズマを材料合成に応用し、Al 水素化合物の新しい物理的合成方法の開発を行った。

2. 事業目標

本研究開発では、新しい設計思想に基づいた Mg 基および Ti 基を有する合金の開発および実証を目標とした。具体的な数値目標としては、有効水素吸蔵量が 6 質量%以上、放出温度 100℃、耐久水素吸放出回数が 1,000 回である。

3. 事業成果

3.1. Mg 基を有する合金の作製と熱力学的平衡反応特性

Mg₁₇Al₁₂合金の水素吸放出反応を中心に検討を行った。Mg₁₇Al₁₂の水素吸収・放出反応は、下記2段階の相分離を呈する可逆的な反応であることが明らかとなった。



また、水素化合物を形成する際のプラトー圧力がMgのものと比較して明らかに上昇していることが確認された(図1)。熱力学的には、水素化合物形成に伴う相部分モルエンタルピー ΔH を算出し、Mgのもの比べて、一段階目の反応では $2.8\text{kJ}(\text{mol}_H)^{-1}$ 、二段階目の反応においては $7.5\text{kJ}(\text{mol}_H)^{-1}$ だけ不安定化したことが分かった。Mg-Al合金系の形成エンタルピー変化のデータから、水素化合物の熱力学的不安定化に対して相分離の寄与を計算したところ、実験結果と良い一致を示した。有効水素吸蔵量は約4.5質量%であり、相分離を伴う反応が有効水素吸蔵量を保持しながら水素化合物の不安定化を促すことが明らかとなった。

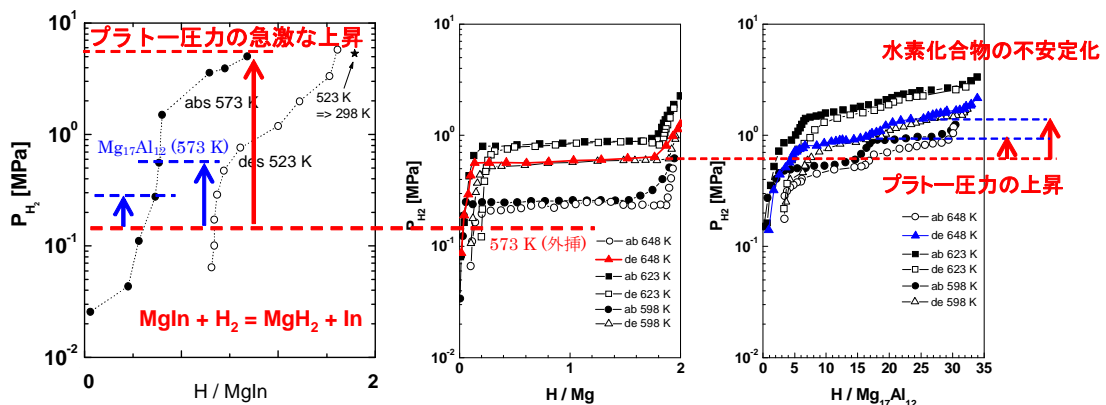
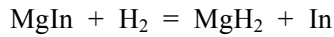


図1. Mg-H系, Mg₁₇Al₁₂-H系およびMgIn-H系の圧力-組成等温図. 相分離に伴うプラトー圧力の上昇(水素化合物の不安定化)が顕著に見られる。

相分離の効果を確認するために、MgIn水素化合物の合成と水素吸収・放出反応を測定したところ、下記1段階の相分離を伴う反応であることが分かった。



プラトー圧力はMg-H系と比較して約5MPa、Mg₁₇Al₁₂-H系と比較して4.5~4.8MPa上昇し、水素化合物の急激な不安定化が示された(図1)。電気陰性度の観点では、Mg-Al系と比べて、Mg-In系の結合力が大きいことから(図2)、合金の相分離に伴う「正の」エンタルピー寄与は、Mg₁₇Al₁₂合金と比べてMgIn合金の方が大きいことが予想される。これは、急激な水素化合物の不安定化が見られた実験結果と一致し、相分離型水素吸蔵合金の方向性を支持する結果となった。

他の系について、Mg-Sn系、Mg-Ge系、Mg-Si系およびMg-Pb系の合金化条件を検討し、全ての系について既に単相の合金を得ることに成功した。現在までの結果からは、10MPa以上の水素雰囲気においてさえも、プラトー圧力が現れておらず、MgIn-H系よりも更にプラトー圧力の上昇が期待される。これは、電気陰性度の観点からも予想される結果であり、今後も詳細について追求する予定である。

以上の結果を下の表にまとめた。実質的な水素供給可能圧力は、各合金系のプラトー圧力である。触媒等の研究成果によって水素吸収・放出速度が改善され、可動温度が100°Cにまで低下した場合のプラトー圧力を示している。相分離型合金では、Mg₁₇Al₁₂ではMgと比べて2桁、MgInでは4桁もの著しい水素供給圧力の上昇が予想できる。燃料電池用の水素供給源としては、2 bar以上の供給圧力が必要だとされていることから、他の合金系で更に1桁の圧力上昇が可能となれば、触媒開発の成果との組み合わせで実用化への展望が開けるのではないかと考えられる。事実、研究継続中である他の合金系の途中結果では、更なる水素化合物の熱力学的不安定化を示す結果が得られており、今後も継続的な研究開発を進める予定でいる。

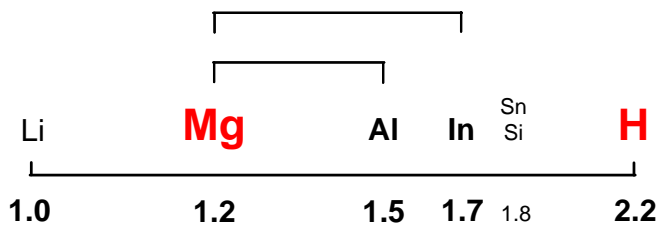


図2. 電気陰性度 (Paulingの値)から観た合金組合せ

表 熱力学的特性および水素供給可能圧力

合金	ΔH_1 [kJ/mol _{H₂}]	供給圧力@100°C [bar]
Mg	-35.8	3×10^4
Mg ₁₇ Al ₁₂	-35.8, -31.1	$2 \times 10^4, 4 \times 10^3$
MgIn	-24.6	2×10^1
Mg ₂ Ge	> -21.8	> 1.5
Mg ₂ Sn	> -21.8	> 1.5
Mg ₂ Si	> -21.8	> 1.5

適正值

3.2. Ti基を有する合金の作製と熱力学的平衡反応特性

Ti基を有する合金開発において、その組み合わせは軽量元素であることが望ましいが、常温における α -Tiとは化学的に非固溶な組み合わせも多く存在する。本研究開発では、 α -Tiに対してボールミリング法によって物理的なエネルギーを印加し、Tiの結晶構造を変化させて互いに非固溶な元素との親和性を向上させ、これを出発原料として新規合金を開発することを試みた。

図3にボールミリング法によってTiの構造が変化する様子を示した。10hのミリング時間から β -Ti相が出現しており、高温でしか存在し得ない相を室温で作製することが出来た。この β -Tiを原材料として非固溶な組み合わせであるTi-Mg系合金の作製を試みたところ、Ti75Mg25組成において単相を得ることが出来た。このことから、Ti基を有する合金開発においては、 β -Tiを原材料として使用することで、新たな軽量合金の組み合わせに対する許容幅が広がったことになる。図4では、Ti75Mg25合金の水素吸収特性を示している。合金作製直後では水素を吸収しないものの、熱処理を施すことによって、室温で3.5質量%の水素を吸収することが明らかとなった。また、この反応は可逆的であることも併せて明らかとなっている。

この他には、(Ti80Al20)80Mg20合金の作製にも成功し、定性的ではあるものの水素の吸収・放出反応が可逆的であることまで明らかとなっている。

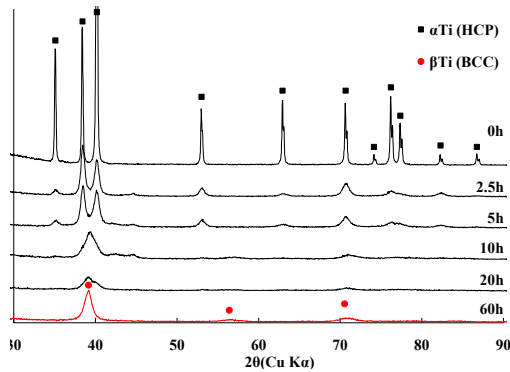


図3 ボールミリングによる α -Ti \rightarrow β -Ti相変態

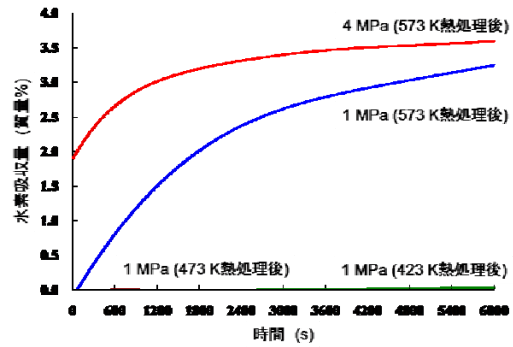


図4 Ti75Mg25 の水素吸収特性(室温)

3.3. Al 水素化合物の物理合成法の開発

Al と気体水素との反応系は、自由エネルギー変化が正であるため、ほとんど反応を示さず、これまでに理論的背景から作成された状態図によれば、常圧・室温雰囲気下において、Al 中に固溶する水素は僅か 10^{-4} ppb 以下に過ぎない。自由エネルギー変化が正である化学反応系では、化学エネルギーとは別に、過剰なエネルギーを印加することで、化合物を形成することが出来るとの報告がある。過剰なエネルギーとしては、プラズマ状態を形成する反応系が考えられる。特に、固相-気相反応系では、Ti-N 系において実績があり、最近では量産ラインにおいてもプラズマを利用する機会が増えている。本研究開発では、プラズマ状態によって気体水素を強制的に原子状水素へと解離させ、雰囲気中に Al を投入することによって水素化合物の形成を目指した。

作製した試料について、グロー放電発光分光分析 (GDS) により元素分析を行った。比較のために Al 試料を用い、Ar によるスパッタリングを行いながら、深さ方向に Al、O、および H 原子について分析を行った。図 5 に分析結果を示す。水素ラジカル反応によって作製した薄膜表面近傍では、高濃度な水素原子の存在が確認され、平均組成は $AlH_{2.5}$ であった。純 Al 薄膜では、表面近傍に水素原子が殆ど存在しないことから、表面に吸着している H_2O の寄与であるとは考えにくく、局部的に AlH_3 化合物相が形成されている可能性が示唆される。

Al-H 反応系では、自由エネルギー変化が正であるものの、Al 水素化合物の表面に Al_2O_3 不動態膜が形成されることで、Al 水素化合物の存在を可能にしていることが知られている。また、 $150\sim 200^\circ C$ の温度を印加すると、水素化合物の分解が生じ、固体内部から表面に向けて水素原子の拡散、および表面での再結合・脱離反応が起こる。当該試料では、表面付近に高濃度の水素原子が存在しており、反応プロセスの中で Al と水素の反応が起きたことは明らかである。しかしながら、均一な水素化合物相として得ることが出来なかったのには、不動態層の形成も伴う凝集過程にあるのではないかと考えられる。即ち、気相中において AlH_3 相が形成されたものの、その後の凝集過程において、冷却速度および不動態形成速度よりも AlH_3 化合物の分解反応速度の方が速いため、表面付近における水素濃度が顕著であったのではないかと示唆される。

以上より、プラズマ中に冷却部を設置することで、 AlH_3 化合物の分解反応の進行前に凝集・回収することが可能であるのではないかと考え、装置を改造して実験を行った直近の結果からは、試料内部に高濃度の水素原子が分布していることが明らかとなった。反面、酸素原子の分布量も増加しているため、現在は詳細な分析を行っているところである。

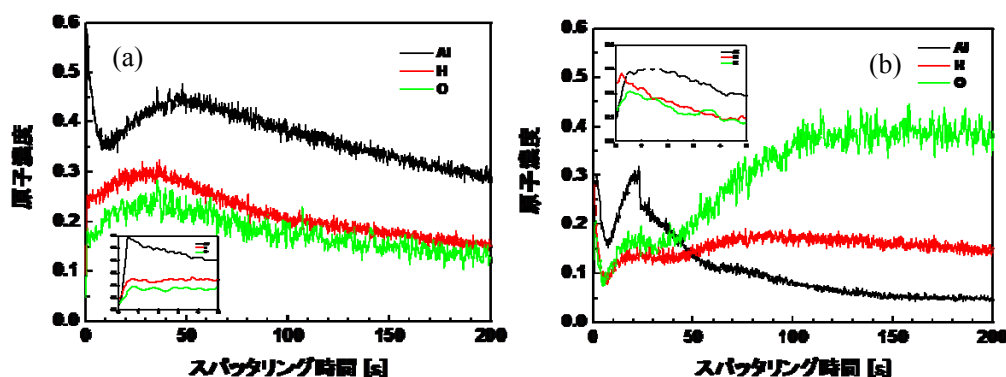


図5 (a) Al (b) AlH_x の GDS 測定結果

特許、論文、外部発表等の件数一覧

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT [※] 出願	査読付き	その他	
H20FY2008	0件	0件	0件	2件	0件	7件
H21FY2009	0件	0件	0件	4件	0件	8件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

本研究開発において得られた成果から、Mg系合金は、相分離型として設計すれば、燃料電池に対して適正な供給圧力を確保できる可能性を有する、現状では唯一の手段であることが実証された。しかしながら、水素吸収放出の動作温度の低下は必要不可欠であり、触媒の研究開発グループの成果との組み合わせを模索するなどの課題がある。

Ti系合金は、 α -Ti から β -Ti を経由・原材料にすることで、新しい軽量合金の合成が可能であることが実証された。非固溶系合金であっても、室温で可逆的な水素吸収・放出を示すなど、今後の合金設計に一定の目処がついたと考えられる。本研究開発では、水素供給圧力の指標となる圧力-組成等温度線のデータが未取得であり、今後の課題となる。

Al水素化合物は、プラズマを利用することでAl水素化合物の合成が可能であることが示唆され、合成条件の最適化によって、安定したAlH₃合成の可能性が見出された。歩留まりが不安定であり、合成条件等の見直し・最適化は必須である。

5. 実用化・事業化見通し

高容量水素貯蔵材料として期待されるMg系合金の中で、本研究開発で提案した相分離型水素吸蔵合金は、燃料電池に対して適正な供給圧力を確保できる可能性を有する、現状では唯一の手段である。合金系の組み合わせによって水素吸蔵量に差があるが、Mgの含有量を多くすることによって一定の吸蔵量を確保できる。相分離反応のみでは、期待される動作可能温度に至らないが、触媒開発の成果との組み合わせを条件に、実用化に大きな期待が持たれる。

本研究で開発されたTi系合金は、既に室温での水素吸収・放出が確認されており、水素吸蔵量も3.5質量%と実用化されている既存の水素吸蔵材料と比較しても期待以上の成果であった。非固溶系の組み合わせであるため、合金化可能な組成を予測することは困難であるが、組成の最適化によって更なる容量増加は十分に考えられる。水素放出温度の目標は達成しており、Mg系合金よりも実用化の可能性が大きいのではないかと考えられる。

Al水素化合物に関して、水素貯蔵材料としての考え方には各国で温度差があるものの、欧州や米国では継続的な研究・開発がなされている。日本においても、NEDOの事業内で開発を進めている他グ

ループが存在している。Al 水素化合物を実用化する上で障壁となる大きな課題は、Al 水素化合物の新しい製造方法である。10 質量%と高容量材料であるものの、可逆性に乏しいために使い捨て型の使用が提案されているが、水素の再充填には適当な方法が存在しない。本研究で目指したプラズマを利用した方法は、Al から直接 Al 水素化合物を合成するものであり、既存の数工程を経る手法とは一線を画す。また副生成物との分離も必要ないため、再充填方法としては理想的であると考えられる。実用化に関しては、量産を視野に入れた大型装置を考える必要があるため、現状の実績からは早期の実用化に至るとは考え難く、基礎的なデータの収集に時間が必要ではないかと考えられる。

(Ⅲ-10) 水素エネルギーシステムの社会的便益に関する研究開発

委託先: 産業技術総合研究所

●全期間成果サマリ(実施期間:平成20年度～平成21年度)

- FCVの導入普及初期の5年間(H20年度)、及びCOCNの新導入シナリオ(H21年度)をベースとし、環境便益の外部便益(外部費用の削減)、および経済的波及効果を評価し、導入普及施策に対する示唆を得た。
- 複数のシナリオに対する便益評価を柔軟に実施するため、これまでに開発してきた方法論に従った評価システムを構築した。

●背景/研究内容・目的

背景

FCVIは、走行時に大気汚染物質やGHGなどを排出しない車として、政府による技術開発が促進されている。市場メカニズムの活用が重視される社会の中で、政府がこのような技術開発に関与する理由は基本的に外部経済の存在に求められる。即ち、従来自動車の外部費用の削減(→外部便益)が期待できるということが施策実施の根拠になる。

研究内容・目的

FCVの本格的導入普及に向けた水素供給インフラの立上げ時期を含めたシナリオを念頭に、①FCVの導入に伴う社会的・経済的便益の評価、及び②社会的便益評価システムの構築を通じて、FCVの有効な導入施策の検討などを行い、FCV及び水素の社会的受容の拡大と導入普及の効率的な実現施策を支援する。

●研究目標

実施項目	目標
水素燃料電池自動車の導入に係る社会的便益に関する研究(H20-21)	種々のFCV導入シナリオの下で、既存の市場で経済価値として評価されていない、FCV特有の便益を経済価値として評価すると共に、導入普及による経済的波及効果を評価する。
水素燃料電池自動車の社会的便益評価システムの構築(H20-21)	FCVや水素インフラの導入施策は、エネルギー・環境を巡る情勢の変化や、技術開発の進捗などを反映して、ダイナミックに変化する可能性があるため、これらの情勢変化に対応したシナリオに対する便益評価を柔軟にするためのシステムを構築する。

●実施体制及び分担等

NEDO — (独) 産業技術総合研究所

●全期間実施内容／研究成果

水素燃料電池自動車の導入に係る社会的便益に関する研究

- FCVの導入普及初期の5年間(H20年度)、及びCOCNの新導入シナリオ(H21年度)をベースとし、環境便益の外部便益(外部費用の削減)、および経済的波及効果を評価した。主な結果は下記の通り:
 - ◆ 車種別にFCV1台導入あたりの外部便益を算出。また、競合シナリオの検討のため、電気自動車(EV)、プラグインハイブリッド車(PHEV)、ハイブリッド車に関しても外部便益を算出。
 - 4種類の代替次世代車の外部便益には大きな差はなく、ガソリン利用乗用車(自家用)を代替する場合は、1台あたり年間7000円前後の外部便益となる
 - FCVの各車種に対する外部便益評価の結果から、車種、つまり代替する燃料(ガソリン、あるいはディーゼル)や走行形態によって外部便益が異なり、水素燃料1Nm³あたりの外部便益は、ガソリン代替で17円/Nm³(15~31円/Nm³)、ディーゼル代替で8円/Nm³(1~27円/Nm³)となる
 - ◆ FCVの普及初期の経済的波及効果について、産業連関分析を行い下記の結果を得た:
 - 投資額合計は10年間累計で17,931億円、経済波及効果は51,599億円、投資額合計に対する比は2.88倍。また、投資額100万円あたり0.14人の雇用創出。GDP押し上げ効果は年平均0.043%

水素燃料電池自動車の社会的便益評価システムの構築

- 複数のシナリオに対する便益評価を柔軟に実施するため、これまでに開発してきた方法論に従った評価システムを構築した

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
水素燃料電池自動車の導入に係る社会的便益に関する研究	FCVの導入普及初期の5年間(H20年度)、及びCOCNの新導入シナリオ(H21年度)をベースとし、環境便益の外部便益(外部費用の削減)、および経済的波及効果を評価を実施した。	○
水素燃料電池自動車の社会的便益評価システムの構築	複数のシナリオに対する便益評価を柔軟に実施するため、これまでに開発してきた方法論に従った評価システムを構築	○

●今後の課題

- 技術進歩や新たなFCV導入シナリオに基づいた評価の実施、及び作業性を向上した評価ソフトの開発

●実用化の見通し

- 外部性評価手法は確立され、その過程で開発した分析ツールや、評価システムについては、操作性を向上すれば実用化可能

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
		2	

水素エネルギーシステムの社会的便益に関する研究開発

独立行政法人 産業技術総合研究所

赤井 誠

1. 事業概要

本研究開発は、特に、水素エネルギーシステム技術の導入と社会との関わりからの側面から研究を実施し、本プロジェクトが目標とする、水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術の確立による新しいエネルギーシステムの構築を支援することを目的とするものである。

プロジェクトの基本計画にも記載されている通り、燃料電池を核とした水素エネルギーシステムの構築は、長期的には我が国のエネルギー供給の安定化・効率化、地球温暖化問題（CO₂）や地域環境問題（NO_x、PM等）の解決、新規産業・雇用の創出に寄与するものと期待される。

本研究は、このような基本的認識に基づいて、堅実な形での水素エネルギーシステムの社会導入を図るため、水素燃料電池自動車及び上記システムの導入に伴う社会的・経済的便益の分析評価を通じて、有効な施策を提言するものである。

2. 事業目標（設定の理由も含め）

本研究開発を含む事業では、来るべき水素エネルギー普及のための水素供給インフラ市場立上げ（平成27年/2015年頃を想定）に向け、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステムの技術開発、要素技術開発、次世代技術開発及びシナリオ策定、フィージビリティスタディ等を行い、水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術の確立することを目的としている。また、技術開発の一翼を担いつつ、実証研究や基準・標準化に関する事業と連携を図りながら推進することにより、燃料電池の実用化・普及展開及び国際競争力の確保に資する。

本研究は、これらのうち、「シナリオ策定」の成果を反映した「フィージビリティスタディ等」の一環として、燃料電池自動車の本格的導入普及に向けた水素供給インフラ市場立上げ時期を念頭において、堅実な形での水素燃料電池自動車の社会導入を図るための方策について、①水素燃料電池自動車の導入に伴う社会的・経済的便益の評価、及び②社会的便益評価システムの構築を通じて、燃料電池自動車の有効な導入施策の検討などを行い、燃料電池自動車及び水素の社会的受容の拡大と導入普及の効率的な実現施策を支援することとし、以下の様な目標を設定して研究を実施した。

2-1 水素燃料電池自動車の導入に係る社会的便益に関する研究

最終目標

燃料電池自動車の本格的導入普及に向けた水素供給インフラ市場立上げ時期を念頭において、既存の市場で経済価値として評価されていない水素エネルギーシステム特有の便益及びコストに係る要素を抽出し、それらを経済価値として定量的に評価し、水素エネルギーシステムの外部性として評価することを最終目標とする。また、技術確立に伴う産業経済面での波及効果分析を実施する。

設定理由

FCVは、走行時に大気汚染物質や温室効果ガスなどを排出しない車として、政府による技術開発が促進されている。市場メカニズムの活用が重視される資本主義の社会の中で、政府がこのような技術開発に関与する理由は基本的に外部経済の存在に求められる。すなわち、従来自動車の外部費用の削減（□外部便益）が期待できるということが施策実施の根拠になる。一方、経済的影響（波及効果）は内部的影響の連鎖を通じてもたらされるため、一般的な外部性（技術的外部性）ではないが、経済面では重要な意味を持ち、経済的外部性と呼ばれることもある。これらの分析評価を通じて、FCVの導入意義を明らかにするのみならず、政府による研究開発施策の有効性・合理的根拠を示すことは施策の評価といった面でも極めて重要である。

2-2 水素燃料電池自動車の社会的便益評価システムの構築

最終目標

様々なシナリオに対する評価を柔軟に実施するため、これまでに開発してきた方法論に沿った評価システムを構築することを最終目標とする。

設定理由

FCVや水素インフラの導入施策は、エネルギー・環境を巡る情勢の変化や、技術開発の進捗などを反映して、ダイナミックに変化する可能性があり、また本研究と同時並行的に新たなシナリオが作成される可能性が大であるため、これらの情勢変化に対応したシナリオに対する便益評価を柔軟かつ迅速に実施できるシステムを整備しておくことが重要である。

3. 事業成果

図1に示すように、本研究は下記の二つのテーマから成る。

3. 1 水素燃料電池自動車の導入に係る社会的便益に関する研究

FCVの導入による、局所・地域・地域環境の改善などの外部便益を構成する要因を抽出し、大気排出物による環境や人体への影響を定量化するための暴露反応関数や、これらを経済価値に換算するための係数など、便益を定量的に評価するために必要なデータを収集・整備し、FCVの便益評価項目について検討した。

FCV導入による外部便益は、FCVがガソリンや軽油を使用する従来自動車を代替することによる、従来自動車のもたらす外部費用の削減分と考えることができる。主な外部便益の項目としては、①大気汚染物質（NO_x、SO_x、SPM等）の排出削減、②温室効果ガス（CO₂）排出削減、③石油資源消費削減、④エネルギーセキュリティ向上、⑤騒音減少が挙げられる。①～④は化石燃料消費に係るものである。これら化石燃料消費に係る影響の経済価値評価の試みは、主として欧米で行われてきたが、この内貨幣評価の手法がある程度確立しているのは①②である。⑤に関してはいくつかの経済価値評価の事例が見られるが、便益移転に困難な面があると考えられる。本研究では、①②⑤について、主要な健康影響を主な対象とし外部費用削減について評価を

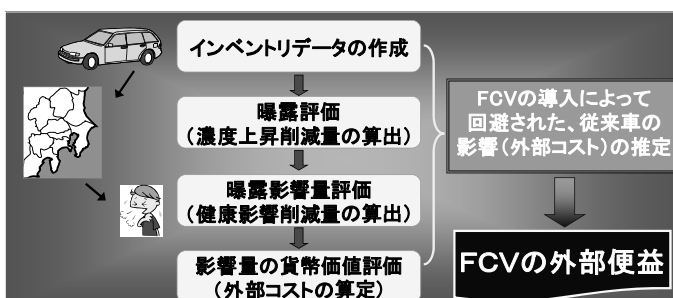


図1 外部便益算定手順（大気排出物による健康被害削減）

行った。大気汚染物質の削減による外部便益の評価手順を図1に示す。

まず、FCV 導入による大気汚染物質及び温室効果ガスの排出削減量（インベントリデータ）を推定した。走行時に関しては、FCV は当該物質の排出はゼロなので、代替される従来車の走行時の当該物質排出量を算出しそのまま削減量とした。インベントリに計上された大気汚染物質による影響に関しては被害経路評価アプローチを採用した。すなわち、産総研において別途開発した拡散シミュレーションモデル等を用いて大気汚染物質の濃度上昇の評価を行い、既存文献からの暴露反応係数を用いて、健康リスク削減量評価を行った。健康リスク削減量は、産総研における過去の研究成果などに基づいた統計的生命価値等を用いて経済的便益に換算した。また、自動車騒音は現在でも深刻な環境問題となっており、自動車騒音常時監視の対象となる地域では、夜間に2割程度の住居が環境基準を超過していること、及び、道路の延長、自動車の増加によって、対象地域は増加すると予測されていることから、現状の被害量と車種別の騒音データをもとに、FCV の導入による自動車騒音改善便益をも評価した。CO₂については、ダメージコストに関する既存研究およびコントロールコストのデータから、推定した。

これらの方法論は、本研究に先立つ研究においてほぼ確立したものであるが、本研究においては、さらに、(1)燃料の資源採掘、輸送・貯蔵、燃料製造、輸送・貯蔵、燃料供給を含めるように評価バウンダリを拡大し、(2)欧米を含めた排出規制や燃費達成目標の設定動向などを参照した排出係数の見直しや暴露評価などの分析・評価手法の再検討などを通じた便益評価精度の向上を図り、FCV の導入初期のシナリオ（NEDO/MRI（2008）、「水素経済社会移行シナリオ等研究」）や、産業競争力懇話会（COCN）によるシナリオをベースとしつつ、競合する次世代型自動車（電気自動車（EV）、プラグインハイブリッド自動車（PHEV）、ハイブリッド自動車（HEV））が導入される競合シナリオなど、種々のシナリオ下での便益評価を実施した。

今後のFCV普及施策選択肢の検討に資するデータの作成を目的として、車種別に1台導入あたりの外部便益を算出した結果を図2に示す。水素製造における都市ガス改質時および水素圧縮時における電力消費により、FCVでもある程度のCO₂を排出している。特に、ディーゼル代替普通貨物車は既存車に対する効率が1.25倍と高くないため、CO₂に関しては既存車よりやや多く排出しており、不確実性はあるものの中央値としては負の外部性を有するとの結果となった。それに関わらず、ディーゼル代替普通バス（営業用、外部便益29.4万円/年）に次ぐ18.3万円/年という大きな外部便益をもたらすのは、大気汚染物質削減による外部便益が大きいためであり、FCV導入が大気汚染対策

としても効果があることを示唆している。

これらの結果を水素1Nm³消費当りの便益として表したのが図3であるが、外部便益は、水素1Nm³あたりにすると年間走行距離の影響が相殺され、FCVのエネルギー効率が大きく影響する。

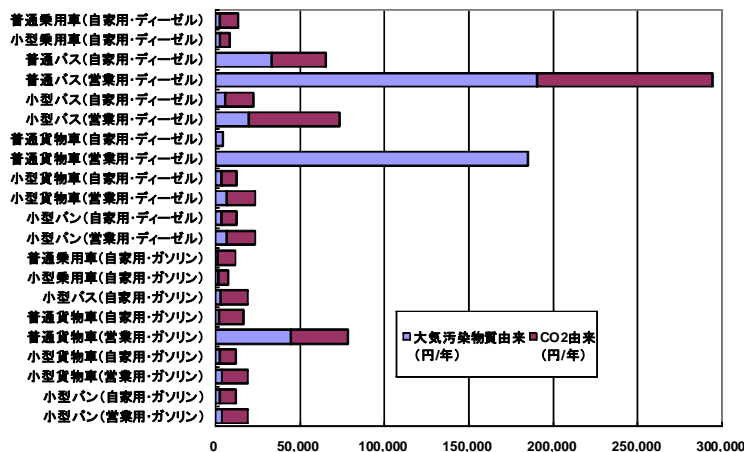


図2 FCVが既存車を代替した時の1台あたりの年間外部便益

ディーゼル代替普通貨物車（営業用、自家用）は FCV の効率が 1.35 倍と他の車（ガソリン代替車は 3.5 倍、普通貨物車以外のディーゼル代替車は 3.2 倍）よりも低いため、水素 1Nm³あたりの外部便益は低い結果となっている。

また、水素 1Nm³あたりの外部便益の低い普通貨物車（営業用、自家用）の水素消費量がディーゼル代替車の水素消費量の 76%を占めているため、ディーゼル代替車の水素 1Nm³あたりの平均外部便益はガソリン代替車よりも低くなる。年間水素消費量により加重平均した燃料ごとの外部便益は、ガソリン代替で 16.7 円/Nm³、ディーゼル代替で 8.0 円/Nm³である。

次に、FCV と競合する高性能ハイブリッド車（HEV）、プラグインハイブリッド車（PHEV）、及び電気自動車（EV）の年間外部便益を比較して図 4 に示す。この比較より次のような結果が導かれる：

- 代替車は、ガソリン利用乗用車（自家用）を代替する場合は、1 台あたり年間 6,200～12,500 円の外部便益を持つ。
- EV は、本分析の航続距離の想定（7,000km）では FCV、PHEV よりも外部便益は少ないが、他の代替小型乗用車と同程度の年間走行距離を想定すると 4 種類の代替車（小型乗用車）の中で最も大きい外部便益（8,241 円/年）を持つ。
- PHEV は夜間電力を用いた EV 走行による効果により、HEV より約 2,000 円高い外部便益を有する。HEV は 1.05 万円の外部便益であるが、現状普及している技術であり最も安い費用で導入できると考えられる。また、HEV、PEV はインフラ設置費用が必要ない。
- FCV は外部便益が大きく、大量導入による大きな外部便益（大気汚染物質および CO2 排出削減による外部便益）が期待できるが、車両価格が既存車に比べて高いことに加え、インフラの整備に大きな投資が必要である。

図 5 は、COCN シナリオに基づいて FCV の外部便益を評価した結果である。FCCJ の「FCV と水素ステーションの普及に向けたシナリオ」（2010 年 3 月）はこの COCN シナリオと整合している。

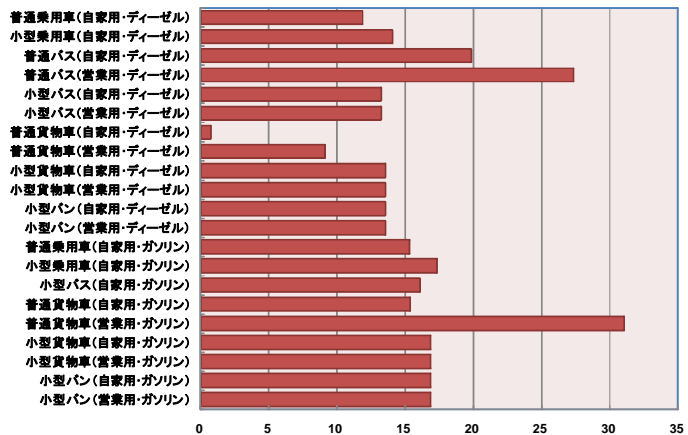


図 3 水素 1Nm³あたりの外部便益の比較

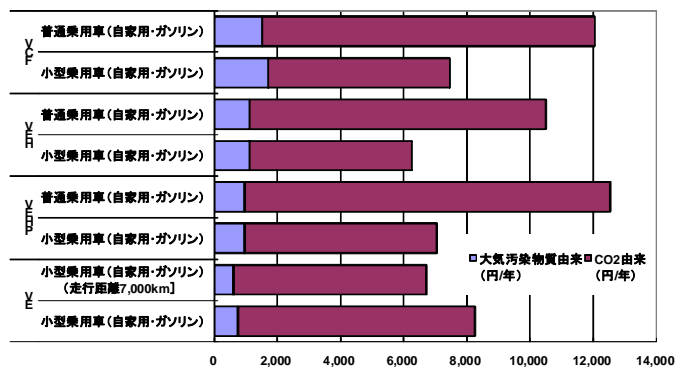


図 4 FCV と競合代替車 1 台あたりの年間外部便益の比較

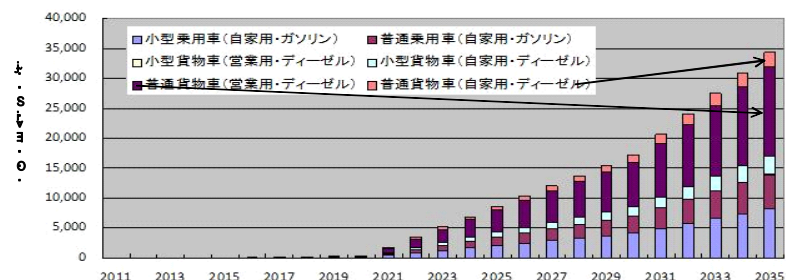


図 5 COCN シナリオによる FCV の外部便益

COCN では導入車種を乗用車（ガソリン普通車、小型車）および貨物（軽以外の貨物、乗合、特殊車）としており、それ以上の細分化は行われていない。外部便益は代替された既存自動車の車種や燃料に依存するため、本研究では、現在の車種割合を用いて、乗用車についてはガソリン代替自家用普通乗用車およびガソリン代替自家用小型乗用車、貨物に関してはディーゼル代替普通貨物車とディーゼル代替小型貨物車に区分して便益評価を実施した。

その結果、2015～2035年の累積便益は、全車種で2,332億円、乗用車のみで952億円となった。

一方、経済的影響（波及効果）は内部的影響の連鎖を通じても

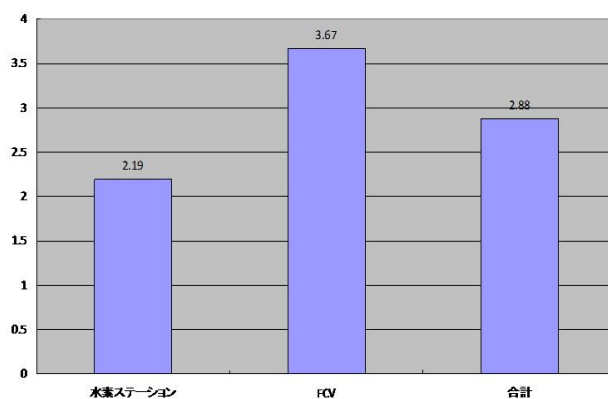
たらされるため、一般的な外部性（技術的外部性）ではないが、経済面では重要な意味を持ち、経済的外部性と呼ばれることもある。本研究では、NEDO/MRI（2010）のケース1（COCN 想定）を用いて、10年間でステーション1,312基、FCV保有台数が約110万台となった場合の経済的波及効果について「平成17年（2005年）産業連関表」を用いた分析を行った。結果を図6に示すが、投資額合計は10年間累計で17,931億円となり、経済波及効果は51,599億円、投資額合計に対する比は2.88倍となった。また、投資額100万円あたり0.14人の雇用創出効果が見込まれ、GDP押し上げ効果は年平均0.043%と推計された。一般的に全国レベルの事業の波及効果は1.9～2.6倍であり、水素ステーション整備まで含めたFCV普及事業は経済波及効果誘発比率の比較的大きい事業といえる。また、波及先の裾野が広いことも特長の一つである。

3-2 水素燃料電池自動車の社会的便益評価システムの構築

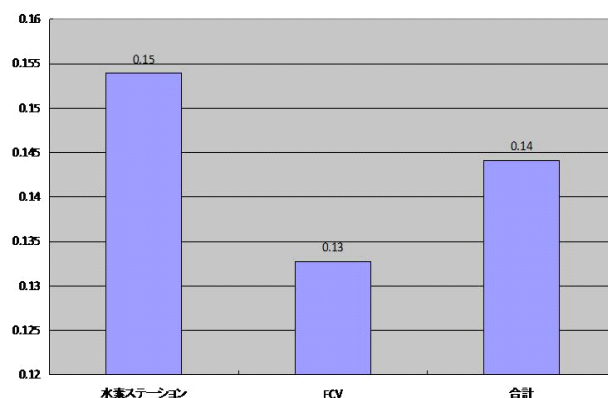
市販の数値分析ソフトウェア AnalyticaTM をベースとし、ExcelTM シートで計算条件・導入シナリオを入力し、自動的に Analytica で読み込み、外部コストおよび導入コストを計算し、エクセルに出力するモデルを構築した。また、主要パラメータに対して確率分布を設定し、モンテカルロシミュレーションにより感度分析も実施可能とした。

3-3 成果の意義

FCVの導入による社会的便益を評価した結果、得られる環境改善便益は水素供給価格目標と比較して有意な値となることが示された。また経済的波及効果が大きく、政府による研究開発投



(a) 累積追加投資額と経済波及効果の比



(b) 追加投資100万円あたりの雇用創出（単位：人／百万円）

図6 FCV導入による経済波及効果

資の意義も提示することができた。本結果は、今後のFCV導入に係る補助施策（例えば、外部便益の値を根拠とした水素燃料への補助金など）を検討する際の合理的根拠となる情報を提供するものである。

3-4 特許、論文、講演、報道等の件数一覧

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
H21FY	0件	0件	0件	0件	0件	2件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

4-1 成果のまとめ

研究に必要な方法論やモデルを開発し、分析評価を行った結果、以下のような成果を得た：

- FCVの導入普及による環境改善便益を評価した結果、水素の供給目標価格に比して有意な便益が存在することを明らかにした。
- FCVの導入は、大きな経済波及効果を有する事業であることを明らかにした。
- 複数のシナリオに対する便益評価を柔軟に実施するため、これまでに開発してきた方法論に従った評価システムを構築した。

4-2 情勢変化への対応（計画実施時の周辺状況変化等を記載。予算や計画の変更等も含む）

本研究の進捗と並行して、NEDO/MRI、CO2N、FCCJなどにおいて、FCVやインフラの導入普及シナリオの検討が行われてきたが、本研究ではこれらのシナリオ検討の経過を適宜反映して分析評価を行ってきた。

4-3 残された課題

本研究成果を発展させる方向性としては、①外部便益評価の不確実性の低減、②技術進歩や新たなFCV導入シナリオに基づいた評価、③作業性の向上のためのインターフェースの開発などを含めた便益評価用独自ソフトウェアの開発、などが挙げられる。

5. 実用化・事業化見通し

本研究は特定の技術（ハードウェア）開発を目指すものではなく、水素／燃料電池自動車の導入・普及シナリオの策定に関わる研究を通じて、水素エネルギー技術の開発計画立案と普及実現に貢献することを目的としているため、研究内容がそのまま実用化や事業化に結びつく性格のものではない。ただし、ここで開発した外部便益の評価手法や、評価用データ等は、先例のないものが多く、今後の同様な研究に大きく寄与するものと考えられる。また、本研究では、商用ソフトウェアを利用した便益評価システムを構築したが、独自ソフトウェアを構築することによる事業化の方向も考えられる。

(Ⅲ-11) 水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ

委託先: (財)エネルギー総合工学研究所、岩谷産業(株)、川崎重工(株)、関西電力(株)、清水建設(株)、三菱重工(株)、千代田化工(株)

●全期間成果サマリ

・平成27年(2015年)を想定した水素供給インフラ市場立ち上げに向け、各水素キャリア(高圧水素、液体水素、有機ケミカルハイドライド)を用いた、オフサイト型水素製造から水素ステーションにおける燃料電池自動車への充填までの一連のフローにおける、経済的成立性及び実現性及び普及に向けた今後の技術開発課題について抽出・検討を行なった。また、課題の解決策についての提言も行った。

●背景/研究内容・目的

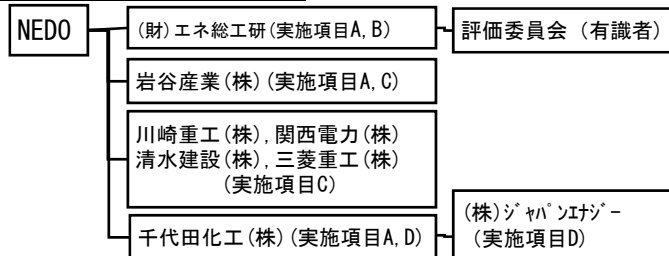
地球温暖化問題が国際的な課題として重要性を増す中、わが国では燃料電池自動車等の普及のための水素供給インフラ立ち上げに向けて各種研究開発が進められている。その中で、本研究開発は、各水素キャリアを用いた、オフサイト型水素製造拠点から水素ステーションにおける燃料電池自動車(FCV)への充填までの一連のフローにおける経済的成立性や実現性を検討・評価し、普及に向けた今後の技術開発課題を抽出することを目的に実施した。

本研究開発では、まず2015年、2020年、2030年時点でのFCVの普及台数と水素ステーションの設置数を想定し、その条件下で各水素キャリア毎の水素供給価格、エネルギー効率、環境性を検討し、技術開発課題を含め実現性を評価した。

●研究目標

実施項目	目標
A	前提条件の設定及び全体の評価を行う
B	高圧水素供給フローの検討を行う
C	液体水素供給フローの検討を行う
D	有機ケミカルハイドライド法の検討を行う

●実施体制及び分担等



●全期間実施内容/研究成果

●FCVと水素ステーションの普及状況想定

年	2015年	2020年	2030年
FCV台数	800	150,000	5,000,000
ステーション数	40	500	3,500

●経済性評価及びエネルギー効率

■いづれの水素キャリアにおいても、既存技術を用いた場合においては、水素供給コストは水素ステーションの建設費が高いため、各年及び35MPaと70MPaのいずれもNEDOロードマップの目標値を達成できないが、技術開発やコスト低減策により達成できる可能性がある。

■エネルギー効率は35MPa、70MPaともWtoTで50%以上であることが判明した。

●課題の抽出と対策提言

■高圧水素供給フロー

- ・普及初期には簡易な輸送・供給方法の検討が必要。
- ・本格普及期には、高圧水素を大量・安価に輸送するため輸送用複合容器の開発と法整備が必要。
- ・水素ステーション構成機器及び建設費の低コスト化が不可欠。

■液体水素供給フロー

- ・LNG冷熱を利用した低温圧縮技術等の採用による液化動力原単位の低減が必要。
- ・輸送、ステーションにおける移送・運転ロスを低減する70MPa用液水ポンプ等の開発が必要。
- ・ステーション構成機器の低コスト化並びに普及初期の移動式設備等の開発・投入が必要。

■有機ケミカルハイドライド法による

水素供給フロー

- ・水素ステーションにおける脱水素反応/水素精製の効率向上と低コスト化が必要。
- ・技術実証試験の早期実施が不可欠。
- ・ステーションの低コスト化。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
A	適正な条件設定と評価	○(ほぼ達成)
B	高圧水素供給フローの検討	○(ほぼ達成)
C	液体水素供給フローの検討	○(ほぼ達成)
D	有機ケミカルハイドライド法の検討	○(ほぼ達成)

●今後の課題

- ・「製造～充填」のトータルシステムとしての最適化検討。
- ・構成機器類の開発(高効率、低コスト)。
- ・技術/社会実証試験の早期実施。

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	1	1	0

水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ

実施者：財団法人 エネルギー総合工学研究所
岩谷産業株式会社
川崎重工業株式会社
関西電力株式会社
清水建設株式会社
三菱重工業株式会社
千代田化工建設株式会社

1. 事業概要

本研究開発は、「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」の一環として、各種水素キャリア（高圧水素、液体水素、有機ケミカルハイドライド）を用いた、オフサイト型水素製造拠点から水素ステーションにおける燃料電池自動車（FCV）への充填までの一連のフローにおける経済的成立性や実現性を検討・評価し、普及に向けた今後の技術開発課題を抽出することを目的としている。

本研究開発を実施するにあたっては、まず、水素供給インフラ立上げの想定である 2015 年のほか、FCV の普及が始まると予想される 2020 年、本格的普及時期と予想される 2030 年における FCV の普及台数と水素供給ステーション設置数を想定し、各年における水素需要量を設定した。また、対象となる 3 種の水素キャリアに共通の前提条件を設定した。

フィージビリティスタディは、始めに各水素キャリア毎に現状の技術を用いた場合の各年における水素供給コストを算出し、コスト構成を把握した上で技術開発が期待できる項目を抽出し、技術開発が達成された際の水素供給コストを集め求め、経済性の評価を行った。また、WtT のエネルギー効率と、環境性（CO₂ 排出量）についても計算を行った。

更に、今回の研究開発は各水素キャリアの比較が目的ではないため、各々の特徴が発揮できるケースについても検討を行った。

それらの検討を基に、各水素キャリア毎に普及に向けての技術開発課題を抽出した。

なお、研究開発の実施に際しては、外部有識者及びステークホルダーからなる「水素キャリア評価委員会」を（財）エネルギー総合工学研究所に設置し、検討の進め方や評価についての助言をいただいた。

また、本研究開発は以下に示す分担で実施した。

- ・ 前提条件、評価方法の設定：エネ総工研
- ・ 各キャリアのフィージビリティスタディ
 - ① 高圧水素：エネ総工研
 - ② 液体水素：岩谷産業、川崎重工、関西電力、清水建設、三菱重工
 - ③ 有機ケミカルハイドライド：千代田化工建設
- ・ 水素キャリア評価委員会の運営、他 WG との調整：エネ総工研

2. 事業目標

2.1 前提条件と評価法の設定

本研究開発では、高圧水素、液体水素及び有機ケミカルハイドライドという三種類の異なる水素キャリアのフィージビリティスタディを行うため、各キャリアに共通となる前提条件を設定した。具体例としては、水素製造コスト、水素ステーションの建設コスト、人件費、ユーティリティコスト等の原単位は共通の値を用いることとし、各キャリアに特有な条件についてはそれらに付加或いは削除することとした。また、エネルギー効率や、環境性評価のための CO₂ 排出量を求めるための原単位についても共通の値を用いることとした。

それらの前提条件を統一するとともに評価方法も合わせることにし、条件が変更となった際にも対応可能なスキームを構築することを目標とした。

なお、2015 年、2020 年及び 2030 年における FCV の普及台数や水素ステーションの設置数は、産業競争力懇談会等の他機関の検討結果を参考とした上で設定した。

高圧水素供給フロー

高圧水素による輸送はこれまでも産業ガス業界が長年に渡って事業を行っており、ある程度技術的にも確立されている。また、水素ステーションにおける水素供給コストについても、過去の NEDO プロジェクト等で検討されてきた。そのため、本研究開発においては、コスト面、技術面で如何にして NEDO ロードマップの目標値に近づけるかを目標にフィージビリティスタディを実施した。

また、水素供給コストやエネルギー効率等が、液体水素や有機ケミカルハイドライド法を用いた輸送方法を検討する上での基準となるようにした。

液体水素供給フロー

液体水素による輸送は宇宙開発用等ですでに実用化されており、技術的にもある程度は確立しているが、事業規模はまだ小さい。これは、まだ水素需要が少なく、液体水素の優位性である大量輸送のニーズが少ないことが理由の一つである。そこで、本研究開発においては将来の大量輸送を想定し、コスト面、効率面で高圧水素と同等以上になるように、LNG 冷熱を用いた水素液化の効率化やボイルオフ等によるロス低減等の技術開発課題を明確にし、今後の開発に繋げることを目標とした。

有機ケミカルハイドライド法による水素供給フロー

有機ケミカルハイドライド法による水素の輸送は、基礎研究開発は完了しているが、技術の実証はまだ行われていない状況である。この方法は大量・長距離輸送に適していると考えられているため、現状技術によるフィージビリティスタディを行った上で、更なるコスト低減及び効率向上のための課題抽出を行い、今後の技術実証に繋げることを目標とした。

3. 事業成果

3.1 前提条件の設定

表-1 FCVと水素ステーション数

年	2015年	2020年	2030年
フェーズ	～社会実証	～普及初期	本格商用化
FCV台数	800	150,000	5,000,000
ステーション数	40	500	3,500

① FCV普及台数とステーション数

表-1のように設定。

② FCV及びステーションの条件

- ・ FCV燃費・年間走行距離：
100km/kg-H₂、10,000km/年
- ・ FCVは満充填量の20%の残量で充填するものと仮定。
- ・ 水素ステーション供給能力：300Nm³/h（13時間/日、365日/年営業）

③ 水素ステーションの建設コスト

表-2のように設定した。

表-2 ステーション建設費（単位：百万円）

	現状コスト	2015年	2020年	2030年
35MPa級	189.1	162.1	147.4	141.8
70MPa級	435.0	376.5	344.2	415.7

- ・ 35MPa級水素ステーションの現状コストは「NEDO H17～18水素供給価格シナリオ分析等」の検討結果を引用した。
- ・ 70MPa級水素ステーションの現状コストは、「NEDO 水素製造・輸送・貯蔵システム等研究開発/低コスト型70MPa級水素ステーションに係る研究開発」中間報告（平成21年1月28日）の資料の「平成24年度末での期待効果」のコストを引用した。
- ・ この現状コストに、「NEDO H17～18水素供給価格シナリオ分析等」で採用した学習効果を各設備毎に適用し、各年の建設コストを算定した。

④ 原料水素

原料水素はナフサ改質の製油所水素を前提としたが、水素キャリアに応じて特徴が発揮できる原料を選定することとした。

⑤ 輸送距離

オフサイト型水素製造設備から水素ステーションまでの輸送距離は50kmと想定した。但し、長距離輸送にメリットが出る場合があるため、キャリアによって輸送距離を変えた検討も行った。

⑥ 検討のフロー

検討フローの一例を図-1に示す。

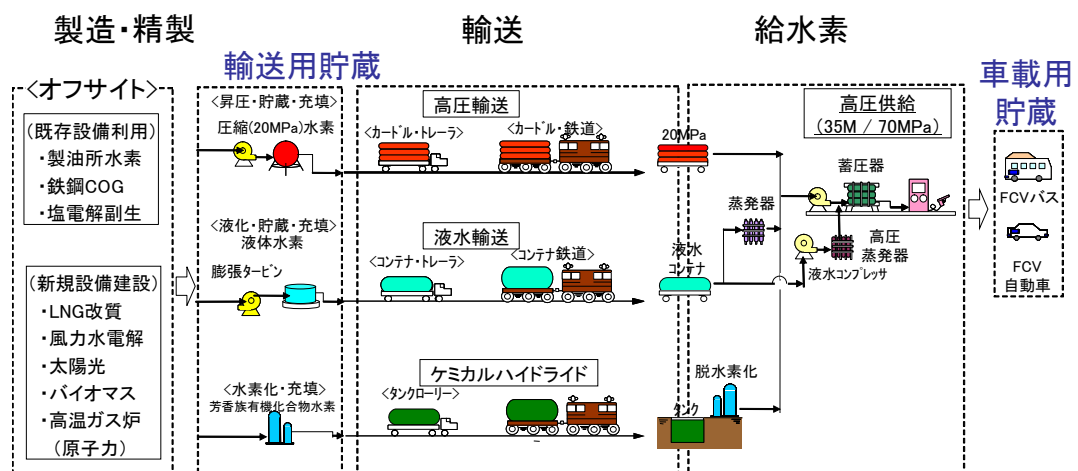


図-1 水素供給フローの例

検討は、途中に中継基地等を設けない「シングルパス」とした。

3.2 検討結果

フィジビリティスタディの結果の概要を表-3に示す。

表-3 検討結果の概要

		高圧水素		液体水素		有機ケミカルハイドライド ^①	
		35MPa	70MPa	35MPa	70MPa	35MPa	70MPa
水素供給コスト (円/Nm ³ -H ₂)	2015年	1,869	3,485	2,160(←)	3,944(←)	2,562	3,998
	2020年	141	245	148(147)(*3)	241(240)(*3)	175	267
	2030年	56(*1)	87(*1)	60(56)(*3)	83(79)(*3)	55(*4)	84(*4)
エネルギー効率 (%)	2015年	54.5	52.0	11.4	10.6	37.9	36.6
	2020年	58.3(*2)	55.7(*2)	50.8(*3)	48.8(*3)	38.4	37.0
	2030年	58.3(*2)	55.7(*2)	57.4(*3)	55.7(*3)	54.1(*4)	52.1(*4)
環境性(CO ₂ 排出量) (kg-CO ₂ /Nm ³ -H ₂)	2015年	1.78	1.87	6.04	6.45	2.02	2.12
	2020年	1.61(*2)	1.70(*2)	1.30(*3)	1.43(*3)	1.99	2.09
	2030年	1.61(*2)	1.70(*2)	1.14(*3)	1.16(*3)	1.62(*4)	1.72(*4)
2015年時点での 実用化の可能性	◎ ・初期経済性が相対的に優れている ・産業用ガス輸送で成熟している技術であり、 現状の技術で実用化が可能 ・輸送用複合容器の実用化は2015年以降と想定		◎ ・既プラントが稼働中であり、 現状の技術での実用化が可能 ・低温圧縮機の実用化は2015年以降と想定		◎ ・初期経済性と初期段階におけるエネルギー効率は劣るが、近い将来改善の見通しがある ・ 技術的には概ね確立されているので、2015年での実用化は可能		
主要技術開発課題	・ 水素輸送用大型複合容器の開発 ・現状輸送用容器は鋼製に限定されており、規制緩和が必要		・LNG冷熱を利用した低温圧縮技術等を用いた液化動力及び大型化による 液化コストの削減 ・ステーション構成機器の低コスト化 ・離隔距離等の規制緩和		・ 脱水素反応系の効率向上 (^{*4}) ・「危険物製造所」の保安距離等の規制緩和 ・ 実証試験が必要		

(*1): 約200Lで35MPa充填の複合容器が30万円/基で製作できた場合を想定

(*2): 製油所における水素製造に「高温空気燃焼技術 (High Temperature Air Combustion Technology)」を適用した場合を想定

(*3): 低温コンプレッサーが開発できた場合を想定

(「液体水素」の()内の数値は、製造・輸送段階に学習効果を加味した値を示す。)

(*4): 上記(*2)に加え、脱水素反応系の効率向上が成された場合を想定

① 経済性 (水素供給コスト)

三方式とも、2015年時点では水素の需要量が少なく水素ステーションの稼働率が低いので、大変割高となる。2020年時点では大分コストは下がるが、NEDOロードマップの目標値を達成することはできない。

2030年時点になれば、水素ステーションの稼働率も上がり、また水素ステーションの建設コスト等の低減や技術開発の成果も期待できるため、35MPa級水素ステーションでの水素供給コストはNEDO目標に近づく。但し、70MPa級ではまだ高いので、水素供給コストの約半分を占める水素ステーション建設費の更なる低減が必要である。

② エネルギー効率

高圧水素による供給フローでは、35MPa級、70MPa級ともにエネルギー効率は50%以上となることがわかった。

液体水素による供給フローでは、水素の需要が少ない2015年時点では、水素ステーションでの受入れロスや充填ロス等のために極端に効率が低くなり、インフラ立上げ時には有利とはならない。但し、水素の需要が増大し、低温コンプレッサーの開発が期待される2030年時点においては、高圧水素を上回る効率の実現が可能と思われる。

有機ケミカルハイドライド法による供給フローでは、現状技術のままではエネルギー効率は30%台と低いが、水素ステーションにおける脱水素反応の効率向上が成されれば、50%以上の効率が期待できる。

③ 環境性 (CO₂排出量)

環境性はCO₂の排出量で評価したが、エネルギー効率同様、液体水素及び有機ケミカルハイドライド法は高圧水素に比べ、ロスのみで単位供給水素当たりのCO₂排出量は多くなる。しかしながら、上記の技術開発が行われた場合には、高圧水素と同等以上の環境性が得られる可能性がある。

3.3 普及に向けての課題の抽出

① 高圧水素

- ・ 水素ステーションの建設コストの低減 ⇒ 今後のNEDOプロジェクトの成果に期待。
- ・ 水素供給フローの最適化の検討
⇒ 水素製造からFCVへの充填に至る一連の供給フローで、最適となる輸送圧力を検討する必要がある。
水素ステーションでのバンク構成の検討、一次圧変動に対応可能な圧縮機の開発等。
- ・ FCV普及初期における水素ステーション及び輸送方法の簡素化
⇒ 簡易ステーションや移動式ステーションの採用、小型ボンベカードルによる輸送等
- ・ 高圧水素の大量輸送の検討
⇒ 複合容器の材質、構造、製造方法等の検討が必要。
- ・ 規制緩和への期待
⇒ 高圧ガス保安法による「圧縮水素運送自動車用容器の認定ため、強度・耐久性等のデータを取得し、安全性の確保が必要。各機関における研究の成果に期待。

② 液体水素

- ・ LNG冷熱を利用した低温圧縮技術等の採用による液化動力原単位の低減 (0.97→0.40 kWh/Nm³-H₂) と、大型化技術 (36~70t/日) による液化コストの低減。
- ・ 輸送、水素ステーションにおける移送・運転ロスを低減する液水ポンプ (70MPa 用) 等の開発。
- ・ 水素ステーション構成機器の低コスト化並びに普及初期の移動式設備等の開発・投入。
- ・ 規制緩和への期待
⇒ 高圧ガス保安法 (液水貯蔵型ステーション技術基準の整備、留置の時間制限や規定の明確化、保安距離、耐震設計等)、消防法 (ガソリンスタンド併設ステーションの技術基準の整備)、道路運送車両法 (車両大型化)、建築基準法 (液水貯槽の地下埋設。用途地域での貯蔵量制限) 等。

③ 有機ケミカルハイドライド法

- ・ 本方式は、既に芳香族の水素化プロセスが大規模に工業化されており、これらの適用が可能。貯蔵輸送工程もガソリンの既存インフラの転用が可能。
⇒ 本供給フローに開発課題はないため、実用化には早期の実証試験が必要。
- ・ 水素輸送効率向上のために、脱水素触媒の転嫁率の向上が必要。
⇒ 現状95%から98%程度 (目標)。
- ・ 水素精製工程のエネルギーロス低減のため、膜分離プロセスの採用が不可欠。

- ・ 規制緩和への期待
 - ⇒ 消防法（高圧ガス設備との保安距離）、建築基準法（立地制限）等。

3.4 成果の意義

これまで各々の水素キャリア用いたフイージビリティスタディは NEDO プロジェクトを含め種々行われてきたが、時間軸と FCV 普及台数（＝水素需要量）を想定し、尚且つ、三種類の水素キャリアを同一条件の下に実施されたものはなかった。そのため、本研究開発により、各キャリアの特徴が発揮される実用化に向けた技術開発課題や開発目標を明確にできた。

また、2015 年の水素供給インフラ立上げに向けての課題も明らかになった。

3.5 特許、論文、講演、報道等の件数一覧

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
H21FY	0 件	0 件	0 件	1 件	0 件	1 件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

4. まとめ及び課題

高圧水素、液体水素及び有機ケミカルハイドライド法の三種類の水素キャリアについてフイージビリティスタディを実施した結果、2015 年に想定される水素供給インフラ立上げに向けては、技術的には何れも実現可能であるとの結果を得られた。但し、水素の需要量が少ない初期においては、経済性、エネルギー効率、環境性ともに高圧水素による供給が有利であることが判明した。液体水素、有機ケミカルハイドライド法による水素供給は大量輸送或いは長距離輸送に適しているため、今後の技術開発によっては、将来の水素需要量の増大に対し、高圧水素よりも有利になる可能性があることが示唆された。

本研究開発において提案した技術開発課題の実行、有機ケミカルハイドライド法については早期の実証試験の実施が課題である。

5. 実用化・事業化の見通し

本研究開発はフイージビリティスタディが主であるため、成果そのものが製品として実用化或いは事業化されるものではない。しかし、本研究開発の成果が、水素供給インフラの整備や FCV 普及のための検討や、今後の技術開発の一助となるものとする。

以上

IV. 実用化、事業化の見通しについて

(実用化の見通しについて)

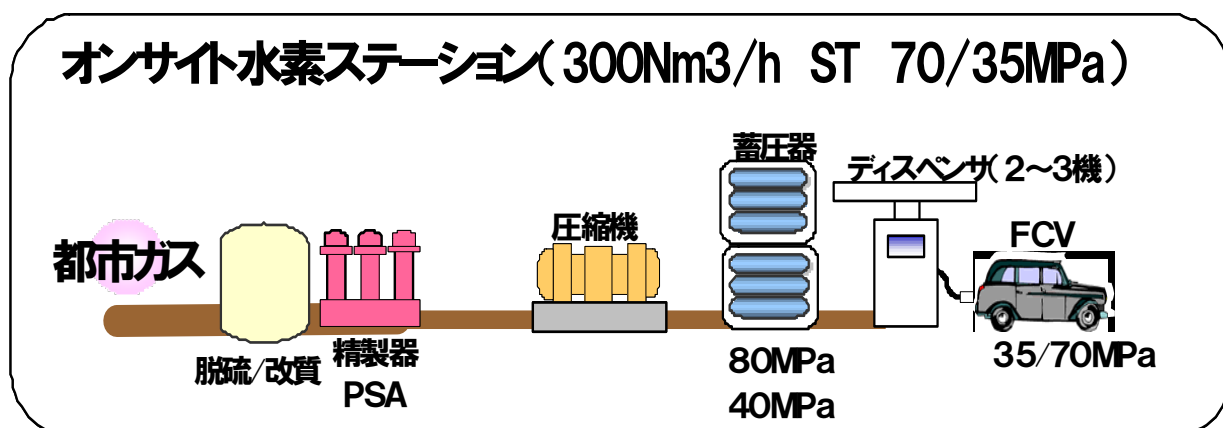
1. 実用化、事業化の見通しについて

NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップでは、水素製造・輸送・供給技術について2015年頃、2020年頃、2030年頃の水素ステーションコスト、水素供給コストの目標をはじめ各要素機器の事業化に向けた課題を明確化している。また、水素貯蔵技術について水素貯蔵システムの重量密度・体積密度、容器コストの目標をはじめ、各種容器、水素貯蔵材料の事業化に向けた課題を明確化した。前述した燃料電池実用化推進協議会（FCCJ）が平成22年3月に発表した「FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ」において、2015年がFCVの一般ユーザー普及開始を目指す年と位置づけられている。さらに、特出すべき内容は2025年がFCV・ステーションの自立拡大開始の年として、前提条件としてFCVユーザーのメリット（価格・利便性等）が確保されて順調に普及が進んだ場合、FCV累計200万台程度、水素ステーション1000箇所程度としている。これは、水素ステーション設置及び水素コストが目標に達し、水素ステーションビジネスが成立する時期として、1水素ステーション当たりFCV2000台という目標数値である。

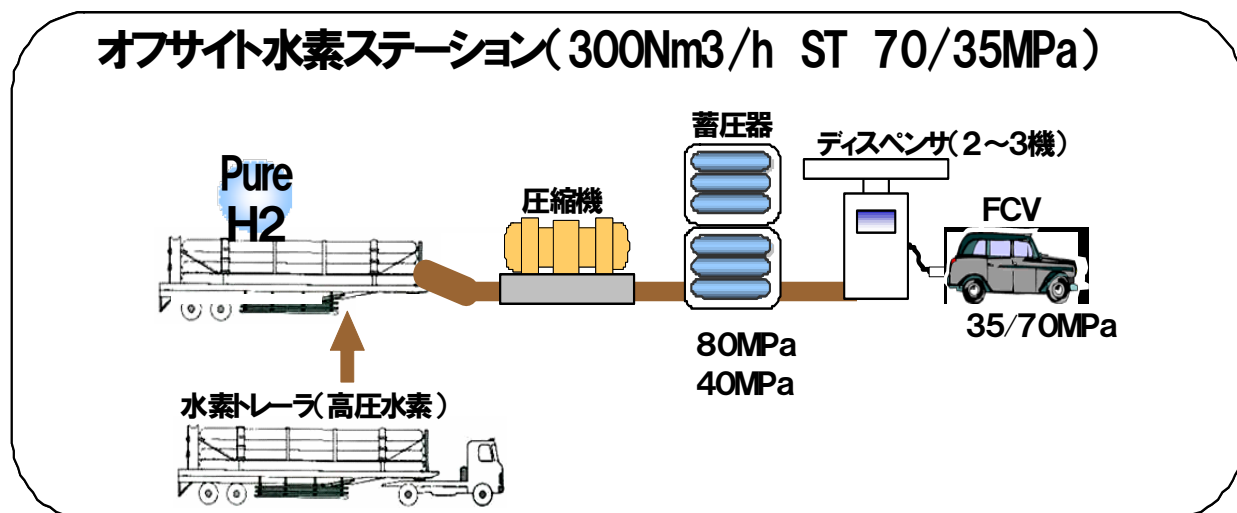
しかし、実用化に向けた課題もあり、主には要素機器等の低コスト化、高耐久性の検証でありこれらは本事業で解決に向けて取り組みことになる。今後、新たに取り組む項目として圧縮機直接充填、通信充填等の技術的課題であり来年度追加公募予定である。また、実用化のためには規制見直し、規制緩和が必要であり、また国際標準化のためのデータ取得についても実施予定である。

<実用化イメージ図（JHFCプロジェクトにおいて提示された資料）>

オンサイト水素ステーションは、現地の水素ステーションで都市ガス等から改質し水素を製造し圧縮機を介して蓄圧器に貯蔵し、ディスペンサよりFCVへ供給するものである。



オフサイト水素ステーションは、製鉄所、製油所等からの副生水素を水素トレーラにより水素ステーションまで運搬し、圧縮機を介して蓄圧器に貯蔵し、ディスペンサよりFCVへ供給するものである。



1.1 研究開発項目Ⅰ「システム技術開発」の実用化、事業化の見通しについて

水素供給インフラ市場立上げ（2015年頃を想定）のためには、水素ステーション及び水素貯蔵・輸送容器に関し、低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステムを市場投入する必要がある。複数機器を連結した「水素供給システム」として、70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器や車載等水素貯蔵容器の低コスト化・コンパクト化に繋がる開発を行うと共に、水素供給システム全体としての必要性がある。

システム技術開発は、総合的な検証を通して実用化に向け対応している。また、2025年頃のFCV・ステーションの自立拡大開始年には事業化へと取り進んでいるものと考えられる。

1.2 研究開発項目Ⅱ「要素技術開発」の実用化、事業化の見通しについて

複数機器を連結した「水素供給システム」として、70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器や車載等水素貯蔵容器のシステム技術開発を支える要素機器として、水素製造装置、圧縮機、蓄圧器、ディスペンサー、渦流防止弁、緊急離脱コブラー、車載高圧水素ガス容器、複合容器、水素貯蔵材料、熱交換機等々がある。これらの要素機器についても70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器や車載等水素貯蔵容器の低コスト化に向け検討中である。

上記1.1項の研究開発項目Ⅰ「システム技術開発」の実用化、事業化の見通しと同様に進捗するものと考えられる。これらの要素機器を製作する実施者のすそ野は大きく、またこれらの要素機器のメンテナンス、定期検査等の関連分野への波及効果も大きくものと考えられる。関連分野の拡大

により技術的な進歩、経済的な効果も期待出来る。

1.3 研究開発項目Ⅲ「次世代技術開発・フィージビリティスタディ等」の実用化の見通し等について

研究開発項目Ⅲは、2つのテーマがあり一つは次世代技術開発のテーマでは、水素エネルギーの導入・普及に関する技術開発において、ブレイクスルーを見出すためには、化石燃料以外からの水素製造など、新規の概念に基づく革新的な次世代技術の探索及び同技術の有効性確認・検証を常に行うことが不可欠である。

このような観点において、2025年FCV・ステーションの自立拡大開始の年に向け様々な技術を模索することも今後の水素事業関連の発展のためには必要である。2025年頃の実用化を目指して基礎的研究開発も実施することは必要である。

もう一つは、早期に水素社会を実現するためには、開発技術が反映される水素エネルギー導入・普及のための技術開発シナリオの設定・技術開発動向に対応した適時見直し、及び国内規制の見直し、国際標準化が不可欠である。

このようにフィージビリティスタディ等を通しての知見を有効活用するため研究開発項目Ⅰ「システム技術開発」、研究開発項目Ⅱ「要素技術開発」の内容について適宜見直し等を行い実用化、事業化へ向け計画の微調整を実施している。

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、長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

エネルギー安全保障の確立や、世界全体の温室効果ガスを 2050 年までに半減するという長期目標を達成するため、以下に政策の柱毎に目的を示す。

1-1. 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。

1-2. 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。

1-3. 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。

1-4. 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 CO₂ 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。

1-5. 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

低炭素社会づくり行動計画（2008年7月閣議決定）

2008年6月の福田総理（当時）のスピーチ「福田ビジョン」等を受け、我が国が低炭素社会へ移行していくための具体的な道筋を示すため、国全体を低炭素化へ動かす仕組みや革新的な技術開発、国民一人ひとりの行動を促すための取組について策定。

「環境エネルギー技術革新計画」や「Cool Earth - エネルギー革新技術計画」等に示された革新的技術の開発に5年間で300億ドル程度を投入するという具体的な目標が示された。

環境エネルギー技術革新計画（2008年5月）

温室効果ガスの大幅な削減を目指すだけでなく、エネルギー安全保障、環境と経済の両立、開発途上国への貢献等を考慮し、以下の戦略等を策定。

1. 低炭素社会実現に向けた我が国の技術戦略
2. 国際的な温室効果ガス削減策への貢献策
3. 革新的環境エネルギー技術開発の推進方策

Cool Earth - エネルギー革新技術計画（2008年3月）

2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受け、世界全体の温室効果ガスの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達成するため、エネルギー分野における革新的な技術開発について検討をおこない、21の技術を選定。

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 - 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「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、GDP当たりのエネルギー消費指数を２０３０年度までに少なくとも３０％改善することを目指す。

３ - 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 - 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 - 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 - 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) 省エネルギー革新技术開発事業(運営費交付金)

概要

テーマ公募型事業として、「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」に基づき、「先導研究」、「実用化開発」及び「実証研究」の3つの技術開発フェーズに加え、「挑戦研究」フェーズを追加し、革新的な省エネルギー技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比べて2050年までに半減するという長期目標を実現するための「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」の主旨に基づき、大幅な省エネルギー効果を発揮する革新的なエネルギー使用合理化技術について研究開発・実用化を推進する。

研究開発時期

2003年度～2013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) 新エネルギー技術実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

(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)(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CO₂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) 資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発 (運営費交付金)

概要

高品位な製鉄材料(鉄鉱石・石炭等)の入手が困難になってきていることから、原料使用量の低減及び、比較的入手が容易な低品位原料の使用拡大を図ることが喫緊の課題となっている。本技術開発では、還元剤として低品位な石炭と鉄鉱石の塊成物を開発し、炉内反応の高速化・低温化を実現することにより、省エネルギーで高効率な革新的製鉄プロセスを開発する。

技術的目標及び達成時期

2011年度までに、革新的塊成物の組成・構造条件の探索、革新的塊成物の製造プロセス、革新的塊成物による高炉操業プロセスを開発する。これらによる効果は、年産400万トン規模の中型高炉に適用した場合の炭材使用量のうち高品位炭使用量が約80%から50%程度に削減可能となるとともに、革新的塊成物を高炉に使用する操業技術の改良による還元材比の低減により、新開発のプロセスを含めた製鉄プロセスでの投入エネルギーは約10%削減される。

研究開発期間

2009年度～2011年度

(3) 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。

なお、本事業は、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。

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

(4) 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。

なお、本事業は、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。

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

(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物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。

なお、本事業は、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。

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) 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

(7) 低品位鉱石・難処理鉱石に対応した革新的製錬プロセス技術の研究開発

概要

世界的な鉱石品位の低下、不要元素等の不純物の増加に対応するため、我が国非鉄金属業においては、低品位鉱石の利用拡大による我が国の鉱物資源の安定供給確保の強化が喫緊の課題となっているため、低品位・難処理鉱石の革新的な省エネルギー型の製錬プロセスを開発する。

技術目標及び達成時期

低品位鉱石及び難処理鉱石から効率的に銅等有用な非鉄金属を回収するため、低品位鉱石・難処理鉱石に対応した省エネルギー型プロセスによる新たな選鉱技術、製錬技術及び不純物対策技術の研究開発を行う。

(1) 高品位精鉱回収技術

低品位鉱石・難処理鉱石から高品位の精鉱を得る選鉱技術の開発。

ハンドリングが難しい極微細鉱等難処理鉱を処理する製錬技術の開発。

(2) 有用金属の抽出等回収技術

低品位精鉱から含有金属を高効率に回収する製錬技術の開発。

(3) 高濃度不純物の除去等対策技術

不要な元素(ヒ素、ビスマス、アンチモン等)等を多く含む精鉱からの不純物除去、分離、安定化等技術の開発。

上記要素技術を開発し、将来的にエネルギー消費原単位の悪化が予測される非鉄金属製錬について、省エネルギー見込み量、原油換算約2.6万KLを達成。

研究開発期間

2009年度～2012年度

(8) 環境調和型水循環技術開発

概要

我が国が強みを持つ、膜技術を始めとする水処理技術を強化し、省水型・環境調和型の水循環システムの開発に資する省エネ・省水型の要素技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2013年度までに、以下の技術を開発する。

● 革新的膜分離技術の開発：

従来法に比べ膜透過加圧エネルギー等を50%以上削減。

● 省エネ型膜分離活性汚泥法（MBR）技術の開発：

従来法に比べ膜洗浄の曝気（空気気泡）エネルギー等を30%以上削減。

● 有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発：

従来法に比べ汚泥の削減により汚泥処理・処分エネルギーを80%以上削減。

● 高効率難分解性物質分解技術の開発：

従来法に比べ窒素処理に係るエネルギーを50%以上削減。

オゾン酸化法等のエネルギーを50%以上削減。

研究開発期間

2009年度～2013年度

(9) 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

(10) 省エネルギー型化学技術創成研究開発補助事業

概要

化学企業が有する技術シーズの中で、省エネルギーのポテンシャルが大きいにもかかわらず民間だけで事業を進めるには開発リスクが大きいこと等がネックになって十分な研究開発費が投じられていない技術に対して、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、各種最終製品や他産業において抜本的なエネルギー効率の改善を促進するものである。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、将来の発展が有望な技術に関する研究開発の実施とその実用化と普及を通し、化学産業のみならず他分野も含めた我が国省エネルギー対策への一層の寄与を目標とする。

研究開発期間

2004年度～2010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

2010年度までに、以下の開発を行う。

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

研究開発期間

2005年度～2009年度

(12) 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CO₂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_x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

(13) エネルギー使用合理化高効率パルプ工程技术開発(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、CO₂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

(14) 革新的省エネセラミックス製造技術開発(運営費交付金)

概要

小型炉設備で生産可能な小型セラミック中空ユニットを複数組みあわせること

で、これまでその製造が難しかった複雑な形状を持つ大型セラミックス部材を省エネで製作することができる革新的なセラミック部材製造技術を開発する。

なお、本事業は、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。
技術目標及び達成時期

2013年度までに、高機能化された小さな精密ブロックを立体的に組み上げ、高効率で接合、一体化をし、複雑な形状の部材や大型の部材を製造可能とする革新的なプロセス技術の基盤を確立し、高耐性部材、高温断熱部材及び高比剛性部材の試作を行う。

研究開発期間

2009年度～2013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

高純度、高密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、これを用いた従来よりも格段にパワー(電力)と蓄電量が大きなキャパシタを開発する。

なお、本事業は、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。
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)
- (5) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (6) 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)
- (7) 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)
- (9) 固体酸化物形燃料電池実証研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (10) 大規模電力供給用太陽光発電システム安定化等実証事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (11) 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)
- (12) 革新型蓄電池先端科学基礎研究(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

情報化社会の進展に伴うIT機器の消費電力の大幅な増大に対応し、抜本的な省エネを実現するため、サーバ、ネットワーク機器等の各装置の省エネに加え、省エネ型の巨大コンピューティング技術(グリーン・クラウドコンピューティング技術)、パワーエレクトロニクス技術を開発する。

技術目標及び達成時期

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、それをブレイ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認する。

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持つ壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造や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。

なお、本事業は、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。

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

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。

なお、本事業は、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。

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

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。

なお、本事業は、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。

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) 次世代光波制御材料・素子化技術（運営費交付金）

概要

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。

なお、本事業は、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。

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

(9) 次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業

（運営費交付金）

概要

ゼロ・エミッションハウスによる生活の大幅な省エネの実現に向け、家屋内直流配電システムや、電力需給の状態に応じた太陽電池等の分散型電源の制御、電力ネットワークを活用した家電の制御等、住宅全体としてエネルギーの最適制御

を行うシステムの開発・実証を行う。

技術的目標及び達成時期

2011年度までに、直流給電・配電に関する規格の標準化、直流配電の電流・電圧の規格化、蓄電池設置に係る安全規制の改正に対する提案が可能となる技術を確立する。

研究開発期間

2009年度～2011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CO2削減効果評価方法の確立を図るとともに、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) 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(CFRTP)の開発を行う。

なお、本事業は、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。

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、高速成形技術、接合技術及びリサイクル技術を開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(3) 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

(4) 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

(5) 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、耐雷対策の容易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、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容易に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

(6) 燃料電池システム等実証研究(運営費交付金)(4 - - 参照)

(7) 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 - - . 次世代省エネデバイス技術

(1) 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、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、重要なデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減への貢献を期待されている。このため、従来の半導体材料では実現出来ない領域で動作可能なハイパワー・超

高効率の電子素子、超高速電子素子等の作成に必要な窒化物系化合物半導体先進技術の国際競争力を強化すべく、高品質かつ大口径単結晶基板、高品質かつ大口径エピタキシャル成長技術等の開発を行う。

なお、本事業は、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。
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。

1) 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。

2) 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

(2) 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

(3) 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、情報通信機器、特に、情報家電(車載を含む)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

(4) 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、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以細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

(5) 半導体機能性材料の高度評価基盤開発(運営費交付金)

概要

情報通信機器の高機能化や低消費電力化等の要求を満たす半導体集積回路を実現するため、新たな機能性材料開発に貢献する評価基盤技術を開発し、さらに開発した機能性材料の半導体及び半導体集積回路への適用を可能とする統合的なソリューション技術を開発する。

なお、本事業は、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。

技術的目標及び達成時期

2011年度までに、半導体デバイス性能に直結する接合素子の性能性及び信頼性等、半導体製造プロセス全体を俯瞰しつつ、機能性材料開発が可能となる評価基盤技術を開発し、開発した機能性材料を用いた統合的なソリューションが提案できる材料評価基盤を構築する。

研究開発期間

2009年度～2011年度

4 - - . その他

(1) 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、準天頂衛星システム(利用者に対し、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、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等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)の開発を実施し、宇宙空間での技術実証を行う。

研究開発期間

2003年度～2010年度

4 - . 運輸部門の燃料多様化

4 - - . 共通

- (1) 新エネルギー技術実用化補助事業(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)
- (5) セルロース系エタノール革新的生産システム開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

4 - - . G T L 等の合成液体燃料

- (1) 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) 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)
- (4) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (5) 水素社会構築共通基盤整備事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (6) 燃料電池システム等実証研究(運営費交付金)(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)
- (2) 革新型蓄電池先端科学基礎研究(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発掘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) 新エネルギー技術実用化補助金(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

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(SSPS)の中核的技術として応用可能なマイクロ波による太陽光発電無線送受電技術の確立に向け、安全性や効率性等の確保に不可欠な精密ビーム制御技術の研究開発を行う。

技術目標及び達成時期

2012年度までに複数のフェーズドアレイパネル間の位相同期を行い、パイロット信号の方向にマイクロ波を電送するレトロディレクティブ技術を活用した精密ビーム制御技術の確立を目指す。

研究開発期間

2008年度～2012年度

4 - - . 電力系統制御・電力貯蔵

(1) 革新型蓄電池先端科学基礎研究(運営費交付金)

概要

電池の基礎的な反応原理・反応メカニズムを解明することで、既存の蓄電池の性能向上及び革新型蓄電との実現に向けた基礎技術の確立を目指す。

技術目標及び達成時期

世界最高レベルの放射光施設を用いた評価装置により、蓄電池の反応メカニズムを解明するとともに、2030年に電気自動車の航続距離500km、コスト1/40を実現すべく、新材料の開発を行う。

研究開発期間

2009年度～2015年度

(2) 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)

(3) 大規模電力供給用太陽光発電システム安定化等実証事業(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な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) セルロース系エタノール革新的生産システム開発（運営費交付金）

概要

大規模安定供給が可能で、かつ食料と競合しない、草本系、木質系のセルロース系バイオマス原料の栽培からバイオエタノール製造までの一貫生産システムを構築し、環境負荷、経済性等を評価する。加えて、大規模生産に当たり危惧されている、生態系破壊、森林破壊、ライフサイクルでの環境負荷増大等の負の影響についての適切な評価、認証等、持続可能なバイオ燃料の生産拡大を担保する社会システム整備のあり方についても調査研究を行う。

技術目標及び達成時期

2015年までに、製造コスト40円/L以下、エネルギー回収率35%以上を達成するための技術開発を行う。

研究開発期間

2009年度～2013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) 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

(4) セラミックリアクター開発（運営費交付金）

概要

低温域かつ高効率なエネルギー変換を可能とする次世代型セラミックリアクターの実現のため、世界最高効率の燃料電池マイクロセルの集積構造技術等の開発を行う。

なお、本事業は、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。

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/L等）を行う。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(5) 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

(6) 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

(7) 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理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理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

(8) 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

(9) 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

(1 0) 燃料電池システム等実証研究 (運営費交付金)

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

(1 1) 将来型燃料高度利用技術開発 (4 - - 参照)

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)

< 軽水炉使用済燃料再処理技術の高度化 >

(2) 使用済燃料再処理事業高度化

概要

再処理施設で用いられるガラス固化技術について、より多くの白金族元素等を含む高レベル廃液を溶融可能な新しい性状のガラスを開発するとともに、これに対応しうる新型の溶融炉を開発することにより、我が国の使用済燃料再処理技術の高度化を図る。新型ガラス溶融炉の開発に際しては、六ヶ所再処理工場の運転経験を反映する研究もあわせ行う。

技術目標及び達成時期

より多くの白金族元素等を含む高レベル廃液を溶融可能なガラス及び溶融炉の開発等によって、より高品質のガラス固化体を製造可能なガラス固化技術を開発する。

また、本事業によって開発されたガラス固化技術を、5年程度で更新が計画されている日本原燃株式会社六ヶ所再処理工場のガラス溶融炉及び同工場のガラス固化施設の運転に反映させる。

研究開発期間

2009年度～2011年度

< プルサーマルの推進 >

(3) 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 >

(4) 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 >

(5) 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胨遠心分離機の約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 >

(6) 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的设计を確定する。

研究開発期間

2008年度～2015年度

< 共通基盤技術開発 >

(7) 革新的実用原子力技術開発

概要

第4世代原子力システムに関する国際フォーラム（GIF）や国際原子力エネルギー・パートナーシップ（GNEP）等の国際協力枠組みにおいて国際連携による研究開発が提案されている技術分野や、近年希薄化が懸念される原子力を支える基盤技術分野について、産業界の参画やニーズ提示のもと、大学等が実施する研究活動への支援や将来の原子力人材の育成を実施しており、各分野の目的に沿った革新的な技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度まで、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。

研究開発期間

2000年度～2011年度（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・補修技術、大型構造物製作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）地層処分技術調査等

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1

4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) 管理型処分技術調査等

) 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調査等

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SME 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

革新的な高効率送電技術を確立して高温超電導ケーブルの実用化を促進するため、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(DI-BSCCO等)を活用し、首都圏の系統に接続する実証試験及び評価を行う。

なお、本事業は、発電用施設による電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである。

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～2012年度

4 - - . その他電力供給安定化技術

(1) 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

(2) 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(FCEV)・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)。たま、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

(3) 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

超高純度金属材料を発電設備の蒸気配管等に実用化することを目指し、高純度金属材料の高度化に向けた低コスト・量産化製造技術を開発し、実使用環境における超高純度金属材料の耐久性試験等を行う。

なお、本事業は、発電用施設における電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

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/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

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、発熱量が低いものの低灰分、低硫黄といった特徴を有する低品位炭の有効利用を目的として、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開発する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、3500～5000kcal/kgの発熱量の低品位炭を瀝青炭並みの6000kcal/kg以上に改質する低品位炭改質技術を開発し、600t/d大型実証プラントでの製造技術を確立する。

研究開発期間

2006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

PALSAAR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、CO₂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(COセンサ・メタンセンサ)を開発する。

なお、本事業は、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。

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及び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CO₂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CO₂を多く含むガス田からの天然ガスが利用可能、CO₂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製造技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(7) 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)

(8) 高効率ガスタービン実用化技術開発(4 - - 参照)

4 - - .メタンハイドレート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

2016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

2001年度～2016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の開発実証及び化学吸収法によるCO₂の分離・回収技術の実証
- ・石炭ガス化発電からCCSまで一貫したトータルシステムの設計等
- ・次世代IGCC(石炭ガス化複合発電)など革新的な石炭ガス化技術にかかる先進基盤研究

を行う。

技術目標及び達成時期

2009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CO₂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。

研究開発期間

2007年度～2012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CO₂の削減技術について諸外国との実証事業等を実施し、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、海外において取り組みが進められているゼロエミッション型石炭火力発電の石炭ガス化・発電技術、CO₂分離回収技術、

CO₂ 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。

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CO₂を分離する装置が不要であることから、比較的lowコストで極めて大きなCO₂削減効果が期待できる。

石炭火力発電原油増進回収国際共同事業では、2008年5月の日中首脳会談で合意された「日中間でのCCS-EOR（二酸化炭素の回収・貯留、石油増進回収法）協力」に係る日中共同事業として、中国における石炭火力発電CCS-EOR事業の事前調査としてCCS-EORの有効性確認、CCS-EORの経済性・事業実現性等を検討する。これらにより、多量のCO₂排出削減を実現するモデルの構築、世界のCO₂排出削減への貢献が期待出来る。

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ー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)

概要

環境適合的な石炭利用の拡大を図るため、石炭利用プロセスにおける環境影響を低減させる手法の開発等、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

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(戦略的炭化ガス化・燃焼技術開発)。

研究開発期間

1995年度～2011年度

- ・ 戦略的炭化ガス化・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

(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) 資源対応力強化のための革新的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) 新エネルギー技術実用化補助事業 (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) 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)
- (6) 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)
- (7) 水素貯蔵材料先端基盤研究 (運営費交付金) (4 - - 参照)
- (8) 水素社会構築共通基盤整備事業 (運営費交付金) (4 - - 参照)
- (9) 水素先端科学基礎研究事業 (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) 燃料電池システム等実証研究 (運営費交付金) (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 - ．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 - ．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 - ．新エネルギー等の開発・導入促進

- 補助金等による導入支援
- 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 - ．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 - ．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。
- (6) 平成21年4月1日付け制定。エネルギーイノベーションプログラム基本計画(平成20・03・25産局第5号)は廃止。

(エネルギーイノベーションプログラム)
「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」基本計画

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

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「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。

燃料電池及び水素技術は、上記の目的達成に向けたキーテクノロジーとして、その実用化への期待が高い。第3期科学技術基本計画(2006年3月)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」が戦略重点科学技術として選定され、新・国家エネルギー戦略(2006年5月)では燃料電池自動車に関する技術開発の推進が記され、経済成長戦略大綱(2006年7月)において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。エネルギー基本計画(2007年3月)、次世代自動車・燃料 イニシアティブ(2007年5月)においても燃料電池及び燃料電池普及のために必要となる水素技術開発の重要性が述べられ、さらには、Cool Earth 50—エネルギー革新技術に定置用燃料電池、燃料電池自動車及び水素製造・輸送・貯蔵が位置付けられている。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、「NEDO技術開発機構」という。)では、「水素安全利用等基盤技術開発事業」(平成15年度～19年度)において、水素の安全性に係るデータの取得に基づく安全技術の確立、水素の製造・輸送・貯蔵・充填等に係わる技術開発を行い、関連する各機器について基本仕様を固め、性能において世界をリードできるレベルにまで到達させた。安全技術の確立は、「水素社会構築共通基盤整備事業」(平成17年度～21年度)に引き継がれ、燃料電池の大規模な導入・普及や技術レベルの進展に対応した既存規制の見直し等に資するための安全確認データの取得、国際標準の提案並びに製品性能の試験・評価手法の確立を、産業界との密接な連携のもとで実施している。

また、「水素先端科学基礎研究事業」(平成18年度～24年度)では、水素物性等に係る基礎的かつ高度な科学的知見の集積を行い、水素社会到来に向けた基盤整備に資することを目的に、液化・高圧化した状態における水素物性の解明並びに液化・高圧化による材料の水素脆化に関する基本原理の解明及び対策検討など、根本的な現象解析を実施中である。加えて、「水素貯蔵材料先端基盤研究事業」(平成19年度～23年度)では、高性能かつ先端的水素貯蔵材料開発に必要な水素貯蔵に関する基本原理の解明及び材料の応用技術に必要な基盤研究を実施中であり、両事業から基

礎固めを行うことにより、水素供給インフラを支える材料、機器及びシステム開発に関するブレイクスルーに繋がることを企図している。

本研究開発では、これらの動向や並行実施事業の進捗状況を踏まえ、来るべき水素エネルギー普及のための水素供給インフラ市場立上げ(平成27年/2015年頃を想定)に向け、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステムの技術開発、要素技術開発、次世代技術開発及びシナリオ策定、フイージビリティスタディ等を行い、水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術を確立することを目的とする。また、技術開発の一翼を担いつつ、実証研究や基準・標準化に関する事業と連携を図りながら推進することにより、燃料電池の実用化・普及展開及び国際競争力の確保に資する。

(2) 研究開発の目標

これまでの関連事業成果を踏まえながら、平成22年度末を目途に、水素エネルギーの導入・普及に必要な低コスト機器及びシステムを試作開発し、その試作開発結果を基に平成24年度までに耐久性評価等を行う。

研究開発項目毎の目標(中間目標、最終目標)は、別紙の研究開発計画に示す。

(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、研究開発を実施する。

〔委託事業、共同研究事業(NEDO負担率:2/3)〕

- I システム技術開発:「水素供給システム」を構成する機器である、水素ステーション機器や車載等水素貯蔵/輸送容器について、低コスト化・コンパクト化に繋がる開発を行うと共に、複数機器を組み合わせた「水素供給システム」の全体として耐久性等の検証を行う。
- II 要素技術開発:水素製造・輸送・貯蔵・充填機器及びシステムに関する高性能化、軽量化、低コスト化及び長寿命化のための要素技術を開発し、検証する。
- III 次世代技術開発・フイージビリティスタディ等:水素エネルギーの導入・普及に関する新規の概念に基づく革新的な技術(例えば、化石燃料以外からの水素製造等)の開発(国外研究機関を活用した国際共同研究や国際協力を含む)及び水素社会実現に向けた技術開発シナリオの検討、水素キャリアに応じたフイージビリティスタディ、燃料電池自動車および水素インフラ等に係る基準・標準化のためのデータ取得等を行う。

平成22年2月に実施する研究開発項目 II、IIIに関する追加公募については、(i)実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業、又は(ii)試験・評価方法、基準・プラットフォームの提案等、国民経済的には大きな便益がありながらも、民間企業の研究開発投資に見合うものが見込めない「公共財の研究開発」事業であり、原則、委託事業として実施する。ただし、(i)については、上記以外のもの(※1)は、共同研究事業[NEDO負担率:2/3]として実施する。

※1 民間企業単独、民間企業のみでの連携、大学等の単独等、産学官連携とならないもの

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、単独ないし複数の原則、本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関(原則、本邦の企業等で日本国内に研究開発拠点を有していること。なお、国外の企業等(大学、研究機関を含む)の特別な研究開発能力、研究施設等の活用または国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な部分を、国外企業等との連携により実施することができる。)から公募によって研究開発実施者を選定後、委託により実施する。

また本研究開発の参加企業等が保有する研究開発ポテンシャルを最大限に活用するなど効率的な研究開発の推進を図る観点から、技術分野ごとにワーキンググループ(WG)等を設置して分野間の連携を図り効率的な研究開発を実施する。

(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責任者や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、必要に応じてNEDO技術開発機構に設置する技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、適時委託先からプロジェクトの進捗について報告を受けるなどを行う。また、事業を効率的に推進するために、年に一回程度、本事業の実施者が一堂に会する報告会を開催し、実施者間及び関係産業界等との情報の共有と共通認識を図ることとする。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は平成20年度～平成24年度の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22年度、事後評価を平成25年度に実施する。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) 研究開発成果の取扱い

① 成果の普及

得られた研究開発の成果は、NEDO技術開発機構、実施者とも普及に努めるものとする。

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、知的基盤整備事業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提供、標準技術情報(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25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

④関連事業との連携

「水素社会構築共通基盤整備事業」及び「燃料電池システム等実証研究事業(水素・燃料電池実証プロジェクト)」等の成果や進捗状況を踏まえ、安全性に配慮した、低コストな材料や要素技術を本研究開発で採用すると共に、産業界が中心となって進める基準・標準化整備に沿った機器・システムの試作開発及び耐久性の検証に努めるものとする。また、「水素先端科学基礎研究事業」及び「水素貯蔵材料先端基盤研究事業」と連携し、水素用材料に発生した劣化に関する基礎的メカニズムや水素貯蔵材料中の水素貯蔵に関する基本原理解明等の成果も活用しながら水素環境下にて耐久性に優れる機器またはシステムの試作開発及び検証を行うものとする。また、「固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発」等、燃料電池に係わるプロジェクトの成果も活用しながら事業を進めるものとする。

(2)基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、研究開発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、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、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項第一号ハに基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1)平成20年3月、制定。

(2)平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1)研究開発の目的」の記載を改訂。

(3)平成21年3月、中間目標等を追記して改訂。

(4)平成22年2月、研究開発項目Ⅱ、Ⅲの拡充、関連事業との連携を追記して改訂。

(別紙)研究開発計画

研究開発項目 I :「システム技術開発」

1. 研究開発の必要性

水素供給インフラ市場立上げ(2015年頃を想定)のためには、水素ステーション及び水素貯蔵・輸送容器に関し、低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステムに関する技術を確立する必要がある。

2. 研究開発の具体的内容

これまでに開発した要素技術及び機器をベースに、複数機器を連結した「水素供給システム」として、70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器や車載等水素貯蔵容器の低コスト化・コンパクト化に繋がる開発を行うと共に、水素供給システム全体としての耐久性等を検証する。

(1)70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発

低コスト化、コンパクト化及び高耐久性に関する機器及び市場立上げ時期に必要なシステム仕様の検討、試作開発、性能検証・評価を実施すると共に、複数機器を連結させた水素供給システム全体としての性能評価を実施する。実施に際しては下記の技術課題に留意する。

①圧縮機、蓄圧器、ディスペンサー等主要部品に関し、

- ・ 低コスト・耐水素脆化材料の採用
- ・ 高圧シール(70MPa 級対応)の工夫・検証・評価
- ・ 耐久性・メンテナンス性・製造加工性を考慮した構造・仕様の検証・評価
- ・ 省スペース化のための工夫・検討
- ・ カプラー、接続継ぎ手部、溶接部の耐久性・信頼性の確認
- ・ 部品の定期的検査方法(非破壊検査を含む)の検討・検証
- ・ 複合容器、バルブ、配管等燃料電池自動車部品の供用・活用
- ・ (圧縮機について)振動・騒音対策、遠隔監視等の検証・評価
- ・ (ディスペンサーについて)プレクール機能の検証・評価

②過流防止弁、緊急離脱カプラー等水素取扱にて安全確保上必須部品に関し、上記①に掲載した項目に加え、

- ・ 国内における製造技術の確立

③水素供給システム全体としての性能評価

- ・ 市場立上げ・普及に対応したシステム仕様の最適化
- ・ 連動性・制御性・負荷追従性確認・評価
- ・ 性能評価結果を元にした機器システム開発へのフィードバック

(2) 車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術に関する研究開発

低コスト化、コンパクト化及び高耐久性に関する機器及び市場立上げ時期に必要なシステム仕様の検討、試作開発、性能検証・評価を実施すると共に、水素ステーション機器システムと連動させたトータルシステムとしての性能評価を実施する。実施に際しては、下記技術課題に留意する。

① 車載高圧水素ガス容器、ハイブリッド容器、運送用複合容器等に関し、

- ・ 低コスト・耐水素脆化材料の採用
- ・ 高圧シールの工夫・検証・評価
- ・ 耐久性・メンテナンス性・製造加工性を考慮した構造・仕様の検証・評価
- ・ 省スペース化のための工夫・検討・評価
- ・ 溶接、接続継ぎ手部の耐久性・信頼性の確認
- ・ 部品の定期的検査方法(非破壊検査を含む)の検討・評価

② 水素貯蔵材料、熱交換器、容器を組み合わせた貯蔵システムに関し、

- ・ 低コスト・高耐久性水素貯蔵材料の採用
- ・ 水素吸放出に伴う温度制御性(熱交換機能)の工夫・検証・評価
- ・ 用途に応じた最適容器形状やシステム構成の検討・評価
- ・ 水素貯蔵材料及び収納容器を含む水素貯蔵システムとしての性能評価・材料開発へのフィードバック

③ 水素ステーション機器システムと連動させたトータルシステムとしての 性能検証・評価

- ・ 市場立上げ・普及に対応したシステム仕様の最適化
- ・ 連動性・制御性・負荷追従性確認・評価
- ・ 性能評価結果を元にした機器開発へのフィードバック

3. 達成目標

各研究開発テーマに関する達成目標は下記の通り。

(1) 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発

市場立上げ時期に必要な70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システムとして以下を満足する技術を確立する。

『最終目標』

低コスト化：設備コスト 2億円以下/システム

[300Nm³/h規模の場合、土地取得価格を除く]

高耐久性：各機器メンテナンス回数 1回以下/年

[日常的な簡易検査やメンテナンスを除く]

『中間目標』

「水素安全利用等基盤技術開発」にて開発した要素機器等に必要な改良を加えつつ、水

素ステーションシステムとして構成配置し、延べ1年以上（DSS 運転等を含む）の耐久性を検証する。

(2) 車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術に関する研究開発

水素ステーション機器システムと連動させたトータルシステムの中で、車載等水素貯蔵/輸送システムに水素をスムーズに充填できると共に、以下を満足する技術を確立する。

『最終目標』

低コスト化：20万円以下/容器システム

高性能化：圧縮水素容器システムの場合は、

圧力=70MPa

質量貯蔵密度（システム）=6.5wt%

水素量/容積/容器質量=5kg/120L/75kg

ハイブリッド容器システムの場合は、

圧力=35MPa

質量貯蔵密度（システム）=3wt%

水素量/容積/容器質量=5kg/100L/165kg

『中間目標』

低コスト化：水素貯蔵合金のコストを¥10,000/kg以下にする目処をつける。

高性能化：容器体積密度（外容積）=28（g-H₂/L）以上

（ハイブリッド容器システムの場合）

研究開発項目Ⅱ：「要素技術開発」

1. 研究開発の必要性

水素エネルギーの導入・普及のためには、機器単体及び要素技術レベルにおいて高性能化、軽量化等効率向上を行っておくことが不可欠である。

2. 研究開発の具体的内容

水素製造・輸送・貯蔵・充填機器及びシステムの高性能化・軽量化等効率向上に繋がる要素技術について、ユーザーの立場を考慮した高性能化、低コスト化・長寿命化・メンテナンス性向上のための要素技術開発を行う。

(1)水素製造機器要素技術に関する研究開発

高性能化に関する機器仕様検討、試作開発、性能評価を実施すると共に、ユーザーの立場を考慮した低コスト化・長寿命化・メンテナンス性向上に関する仕様検討、試作開発、性能検証・評価を実施する。実施に際しては下記の技術課題に留意する。

たとえば、水蒸気改質方式に関して、

- ・ 改質反応温度の低温化のための材料探索・メンブレン構造仕様検討・試作開発
- ・ 低温高活性改質触媒の探索・試作開発
- ・ 耐久性向上のためのメンブレン製造加工方法の工夫・検討
- ・ 起動時間短縮のための機器構造・システム仕様検討・試作開発
- ・ 省スペース化のための工夫・検討
- ・ 遠隔監視、通報・診断機能の工夫・検討

(2)水素貯蔵材料・水素貯蔵/輸送機器要素技術に関する研究開発

高性能化に関する機器仕様検討、試作開発、性能検証・評価を実施すると共に、ユーザーの立場を考慮した低コスト化・長寿命化・メンテナンス性向上に関する仕様検討、試作開発、性能検証・評価を実施する。実施に際しては下記の技術課題に留意する。

①水素貯蔵合金、無機系貯蔵材料等に関して、

- ・ 水素貯蔵密度の向上
- ・ 水素吸放出温度低温化
- ・ 耐久性・製造加工性を考慮した材料組成・仕様の検討・試作開発
- ・ 低コスト材料の採用
- ・ 材料性能評価方法の検討

②上記水素貯蔵材料を収納した容器(低圧、高圧)等に関し、

- ・ 水素吸放出に伴う温度制御性の向上(熱交換機能の工夫)
- ・ 用途に応じた最適容器形状の検討(省スペース化のための工夫を含む)

(3)水素ステーション機器要素技術に関する研究開発

高性能化に関する機器仕様検討、試作開発、性能検証・評価を実施すると共に、ユーザーの立場を考慮した低コスト化・長寿命化・メンテナンス性向上に関する仕様検討、試作開発、性能評価を実施する。実施に際しては、下記の技術課題に留意する。

①圧縮機、蓄圧器、ディスペンサー等主要部品に関し、

- ・ 低コスト・耐水素脆化材料の採用
- ・ 高圧シール(70MPa 級対応)の工夫・検証・評価
- ・ 耐久性・メンテナンス性・製造加工性を考慮した構造・仕様の検証・評価
- ・ 省スペース化のための工夫・検討
- ・ カプラー、接続継ぎ手部、溶接部の耐久性・信頼性の確認
- ・ 部品の定期的検査方法(非破壊検査を含む)の検討・検証
- ・ 複合容器、バルブ、配管等燃料電池自動車部品の供用・活用
- ・ (圧縮機について)振動・騒音対策、遠隔監視等の検証・評価
- ・ (ディスペンサーについて)プレクール機能の検証・評価
- ・ 機器開発加速のための材料開発および国内規制見直しに資する材料データ取得

②過流防止弁、緊急離脱カプラー等水素取扱にて安全確保上必須部品に関し、上記①に掲載した項目に加え、

- ・ 国内における製造技術の確立

3. 達成目標

達成目標は下記の通り。なお、いずれもシステム技術に適用できる要素技術であることから、システム技術開発で設定した達成目標を満たす内容とする。

(1) 水素製造機器要素技術

水蒸気改質方式に関して、

『最終目標』

改質効率 = 80%以上

起動時間 = 3時間未満

設備サイズ = 10m³以下

設備コスト = 30万円/Nm³・h

『中間目標』

小規模のパイロットプラントを設計・製作し、性能の検証を行う。

(2) 水素貯蔵材料(同材料容器を含む)・水素貯蔵/輸送容器要素技術

『最終目標』

(ア) 貯蔵材料(同材料容器や関連部品を含む)に関しては、

質量貯蔵密度 = 6wt%以上、

水素放出温度 = 150℃以下、

耐久性＝１０００回吸放出で初期貯蔵性能の９０％保持、

材料コスト＝１０００円/kg

(イ) 圧縮水素容器に関しては、

圧力＝７０MPa

質量貯蔵密度（システム）＝６．５wt%

水素量/容積/容器質量＝５kg/１２０L/７５kg

コスト＝２０万円以下/容器

(ウ) ハイブリッド容器に関しては、

圧力＝３５MPa

質量貯蔵密度（システム）＝３wt%

水素量/容積/容器質量＝５kg/１００L/１６５kg

コスト＝２０万円以下/容器

『中間目標』

材料系の探索と開発を実施し、そこから材料組成等を絞り込み、最終目標の質量水素密度 6wt%以上および水素放出温度 150℃以下を達成する新規材料の開発の可能性を見極める。

(3) 水素ステーション機器要素技術

水素ステーション機器システムに適用される要素技術として、下記目標達成に繋がる技術として確立する。

『最終目標』

低コスト化：設備コスト ２億円以下/システム

[300Nm³/h規模の場合、土地取得価格を除く]

高耐久性：各機器メンテナンス回数 １回以下/年

[日常的な簡易検査やメンテナンスを除く]

『中間目標』

普及に向けた水素ステーションシステム及び機器に関するコストダウン検討を行い、その対策案を検証する。

研究開発項目Ⅲ：「次世代技術開発・フイージビリティスタディ等」

1. 研究開発の必要性

水素エネルギーの導入・普及に関する技術開発において、ブレイクスルーを見出すためには、たとえば化石燃料以外からの水素製造など、新規の概念に基づく革新的な次世代技術の探索及び同技術の有効性確認・検証を常に行うことが不可欠である。また早期に水素社会を実現するためには、開発技術が反映される水素エネルギー導入・普及のための技術開発シナリオの設定・技術開発動向に対応した適時見直し、及び国内規制の見直し、国際標準化が不可欠である。

2. 研究開発の具体的内容

水素エネルギーの導入・普及に対し、新規の概念に基づく革新的な次世代技術(たとえば、化石燃料以外からの水素製造等)の探索及び同技術の有効性確認・検証を行うと共に、水素社会実現のための技術開発シナリオの検討、水素キャリアに応じたフイージビリティスタディ、基準・標準化に資するデータ取得等を行う。

①革新的な次世代技術の探索・有効性検証に関する研究開発

(ア) 国内外技術開発動向の調査(国際研究協力を含む)

(イ) 革新的な次世代技術(たとえば、化石燃料以外からの水素製造等)の探索・有効性検証

②水素エネルギー導入・普及のための技術開発シナリオに関するフイージビリティスタディ等研究開発

(ア) 技術開発シナリオの調査・検討

(イ) 技術開発動向を踏まえたシナリオ見直し

(ウ) 水素キャリア(有機ハイドライド、液体水素等)に応じたフイージビリティスタディ

(エ) 燃料電池自動車および水素インフラに係る基準・標準化のためのデータ取得等

3. 達成目標

(1)革新的な次世代技術の探索・有効性検証

現有ガソリン供給インフラと同等の設備コストで対応可能となる(水素供給インフラを構成する)材料、機器、システムの設計指針または概念設計を確立する(平成21年度までの目標)。さらに、それまでの研究開発成果を評価し、更に1年間の継続可と判断する研究開発について、実用化のための詳細検討・検証等を行う(平成22年度までの目標)。

(2)水素エネルギー導入・普及のための技術開発シナリオに関するフイージビリティスタディ等

水素エネルギー導入・普及に向け、社会コストミニマムとなる展開シナリオ及び水素キャリア(有機ハイドライド、液体水素等)に応じたケーススタディやフイージビリティスタディを行い、今後の技術開発における課題を抽出する(平成21年度までの目標)。

また、国際標準に関しては、取得したデータを基に、水素燃料仕様等の国際標準化において日本が主導的にIS化を進め、期限内に完了する。国内規制見直しに関しては、水素エネルギー導入・

普及に向け、使用可能鋼材の拡充、耐圧安全係数検討等に資するデータを取得し、産業界主導で見直しを完了する(平成24年度までの目標)。

エネルギー分野

資源に乏しいわが国が、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。

また、「新・国家エネルギー戦略」や「エネルギー基本計画」においても、エネルギー技術戦略策定の必要性が明記されており「新・国家エネルギー戦略」が想定する2030年という長期の時間設定の中、超長期エネルギー技術ビジョン（2005年10月策定）を参考にしつつ、2006年11月策定のエネルギー技術戦略マップ2006をベースにし、技術戦略マップ2007（エネルギー分野）を作成した。技術戦略マップ2008は2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受けて策定された「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」（2008年3月策定）をもとに、足下の2030年頃までの見通しに変更があったものについて修正を行ったものである。

技術戦略マップ2009の策定に当たっては主に下記の3項目の内容について見直しを実施し、改訂を行った。

- ・省エネルギー技術戦略との整合【参考資料：省エネルギー技術戦略2009】
- ・既存ロードマップに最新技術を反映
- ・個別技術の統廃合（235技術→178技術（新2技術））

エネルギー分野の技術戦略マップ

I. 検討の手順

技術戦略マップは、政策目標を実現するために必要な技術を要素技術を含めて抽出した技術マップ、技術開発の進展を時間軸に沿って示した技術ロードマップ、及び技術開発とそれ以外の関連施策を併せて示した導入シナリオから構成されている。

本技術戦略マップの作成にあたっては、2006年に策定した「新・国家エネルギー戦略」における政策の柱を踏まえ、①総合エネルギー効率の向上、②運輸部門の燃料多様化、③新エネルギーの開発・導入促進、④原子力の利用、そして、⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーン利用、の5つの政策目標を設定した上で、これらに寄与する主なエネルギー分野の技術を抽出した。

①総合エネルギー効率の向上

②運輸部門の燃料多様化

③新エネルギーの開発・導入促進

④原子力利用の推進と その大前提となる安全の確保

⑤化石燃料の安定供給確保と 有効かつクリーンな利用

次に、抽出した技術を時間軸展開することによりロードマップの作成を行い、技術開発及びその成果が導入されるにあたって必要となる関連施策を整理した導入シナリオの作成を行った。

II. 技術の特徴付けについて

エネルギー技術分野全体を俯瞰するため、有識者にアンケート調査を行い、5つの政策目標に対する寄与について定性的な評価を行った。

評価項目	内容
政策目標に関する指標	
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「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」など、GDPあたりの最終エネルギー消費指数を向上することに寄与する技術
②運輸部門の燃料多様化	バイオマス由来燃料、GTL (Gas to Liquid)、BTL (Biomass to Liquid)、CTL (Coal to Liquid) などの新燃料、EV (電気自動車) やFCV (燃料電池自動車) など、運輸部門の石油依存度を低減することに寄与する技術
③新エネルギーの開発・導入促進	太陽、風力、バイオマス等を起源とするエネルギーに関連する技術の開発・導入促進に寄与する技術。また、再生可能エネルギーの普及に資する新規技術、エネルギー効率の飛躍的向上に資する技術、エネルギー源の多様化に資する新規技術など「革新的なエネルギー高度利用技術」も含む。
④原子力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原子力発電の比率を30～40%程度以上とすることに寄与する技術。負荷平準化等、原子力利用の推進に資する技術や安全確保に資する技術も含む。
⑤化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用	化石資源の開発・有効利用技術、CCT (クリーン・コール・テクノロジー) などのクリーン利用や、資源確保に資する技術

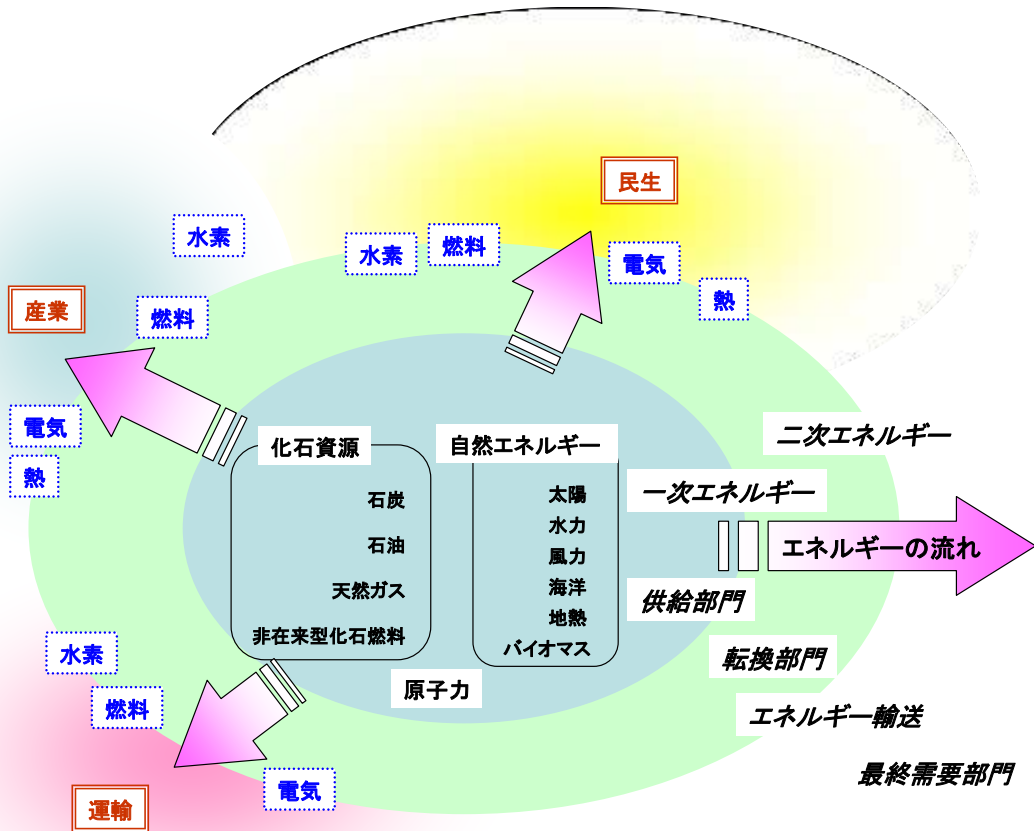
III. エネルギー技術全体の俯瞰図について

評価結果を基に、5つの政策目標に対する寄与を示したエネルギー技術全体を俯瞰するマップを作成した。

IV 技術マップ・技術ロードマップ・導入シナリオの見方

○技術マップ

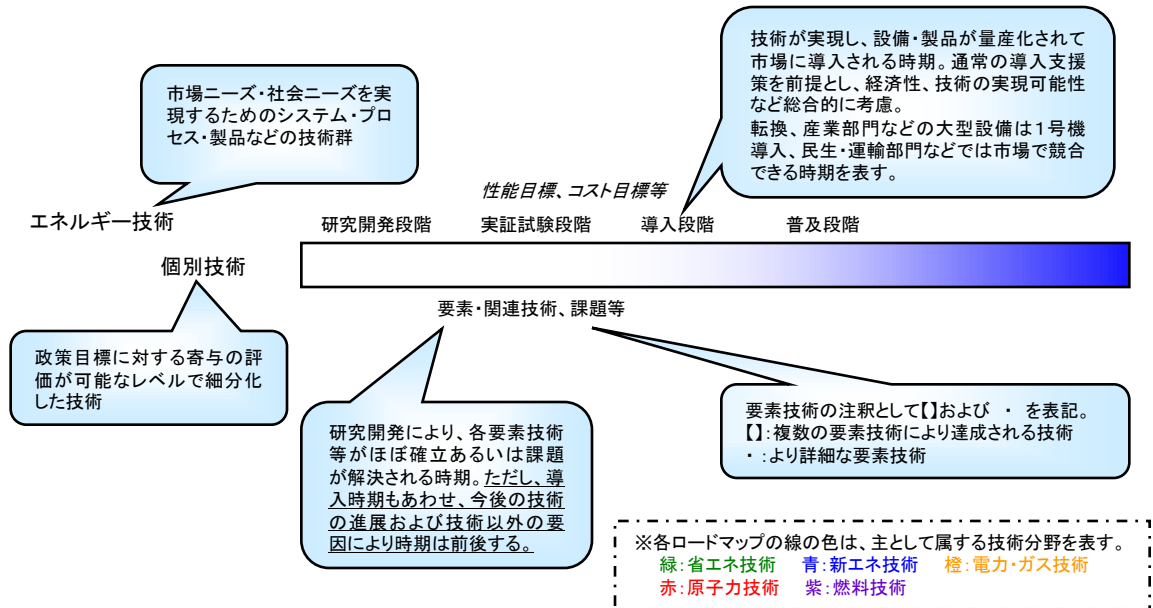
エネルギー分野全体から2030年頃までに実用化され、5つの政策目標に寄与すると思われる178個の技術を洗い出し、それぞれの政策目標の達成に寄与する技術別に、分類・整理してリストとして示すとともに、下図のように一次エネルギー／二次エネルギー／最終エネルギー消費のエネルギーの流れ、電気／熱／燃料等のエネルギーの形態、産業／民生／運輸の需要部門別に整理を行い図示した。



○技術ロードマップ

それぞれの政策目標達成に寄与する技術について、技術開発を推進する上で必要な要素技術・課題、求められる機能等の向上、技術開発フェーズの進展等を時間軸上にマイルストーンとして展開した

また、技術スペックの記載にあたっては、分野別推進戦略や他分野のロードマップを参考とした。



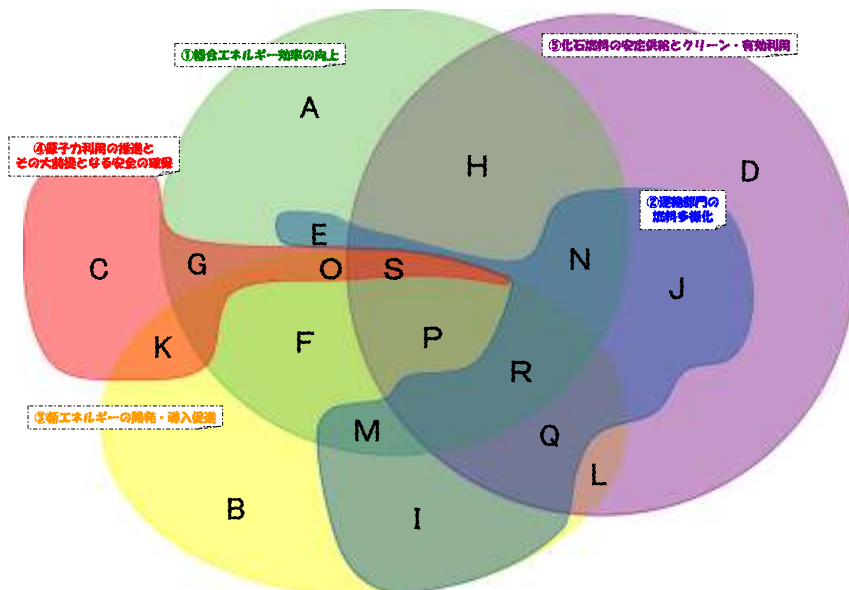
個別技術No. は次の考え方で区分した。

1桁目 : 「新・国家エネルギー戦略」における5つの政策目標のうち一番関連が強い政策目標を表す。

2, 3桁目 : エネルギー技術を指す。

(4桁目 : 個別の番号)

5桁目 : 俯瞰図における位置を指す。



○導入シナリオ

5つの政策目標毎に、国内外の背景、エネルギー政策の動向、主な技術開発及び関連施策、その政策目標を達成するための共通関連施策について整理した。

V. 改定のポイント

- 省エネルギー技術戦略との整合【参考資料：省エネルギー技術戦略2009】
- 既存ロードマップに最新技術を反映
- 個別技術の統廃合（235技術→178技術（新2技術））

VI 政策目標に寄与する技術の

「技術マップ」・「技術ロードマップ」・「導入シナリオ」

i. 総合エネルギー効率の向上

(i-1) 目標と将来実現する社会像

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相当程度の成功を収めてきた。今後約30年においても、「新・国家エネルギー戦略」に掲げるこれまでと同程度の成果（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ことが不可欠である。

(i-2) 研究開発の取組み

関連技術を5つ分類した。

- 燃料を省く、または効率的に利用することによる製造プロセスの抜本的な効率化を図るための「超燃焼システム技術」
- 余剰エネルギーを時間的・空間的な制約を超えて利用し、エネルギー需給のミスマッチを解消するための「時空を超えたエネルギー利用技術」
- 生活スタイルの変化に伴う民生部門でのエネルギー消費量の増加に対応し、高効率機器とITとの融合により省エネルギーを図るための「省エネ型情報生活空間創生技術」
- 運輸部門のエネルギー消費量の削減に向け、輸送機器の効率化とモーダルシフト等利用形態の高度化により省エネルギーを図るための「先進交通社会確立技術」
- 幅広い分野で使用される半導体等のデバイスの高性能化により省エネルギーを図るための「次世代省エネデバイス技術」

また、電力貯蔵技術等の電力安定供給に資する技術、送電ロスを大幅に低減する技術等は、「時空を超えたエネルギー利用技術」に分類した。

(i-3) 関連施策の取組み

- 事業者支援補助金による初期需要創出（高効率機器の補助導入など）
- セクター別ベンチマークの導入によるエネルギー消費原単位改善
- 省エネ評価制度の国際的整備
- 国際標準化・規格化による国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

ii. 運輸部門の燃料多様化

(ii-1) 目標と将来実現する社会像

ほぼ100%を石油に依存する運輸部門は、わ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30%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していくことが必要である。

(ii-2) 研究開発の取組み

○バイオマス由来燃料

地域における実証的な取組が進みつつあるが、供給インフラの未整備や、燃料利用の際の利便性に関する制約等の課題が存在する。このため、こうした課題の解決に向け、バイオマス由来燃料の導入促進に向けた実証実験の推進や供給インフラの整備に加え、低コストなエタノール製造技術等の技術開発を推進することが必要である。

○天然ガスを起源とするGTL (Gas to Liquid)

ディーゼルエンジンでの活用が可能であり、また、硫黄分等を含まないため環境面で優れた新たな形態の燃料として注目されている。今後、バイオマス由来のBTL (Biomass to Liquid) や石炭由来のCTL (Coal to Liquid) とともに、これら合成液体燃料の製造技術の早期確立を図ることが必要である。

○燃料電池自動車関連

走行距離の拡大、燃料電池本体の抜本的低コスト化や耐久性の向上等の技術の確立とともに、水素供給に係わるインフラの整備及び水素製造、並びにそれらの安全対策の確立が不可欠である。

○電気自動車等

近年急速に普及しているハイブリッド自動車の技術をさらに進め、搭載する電池の性能を向上させることにより、プラグインハイブリッド自動車、さらには電気自動車の技術開発を推進することが必要である。

(ii-3) 関連施策の取組み

○公共的車両への積極的導入

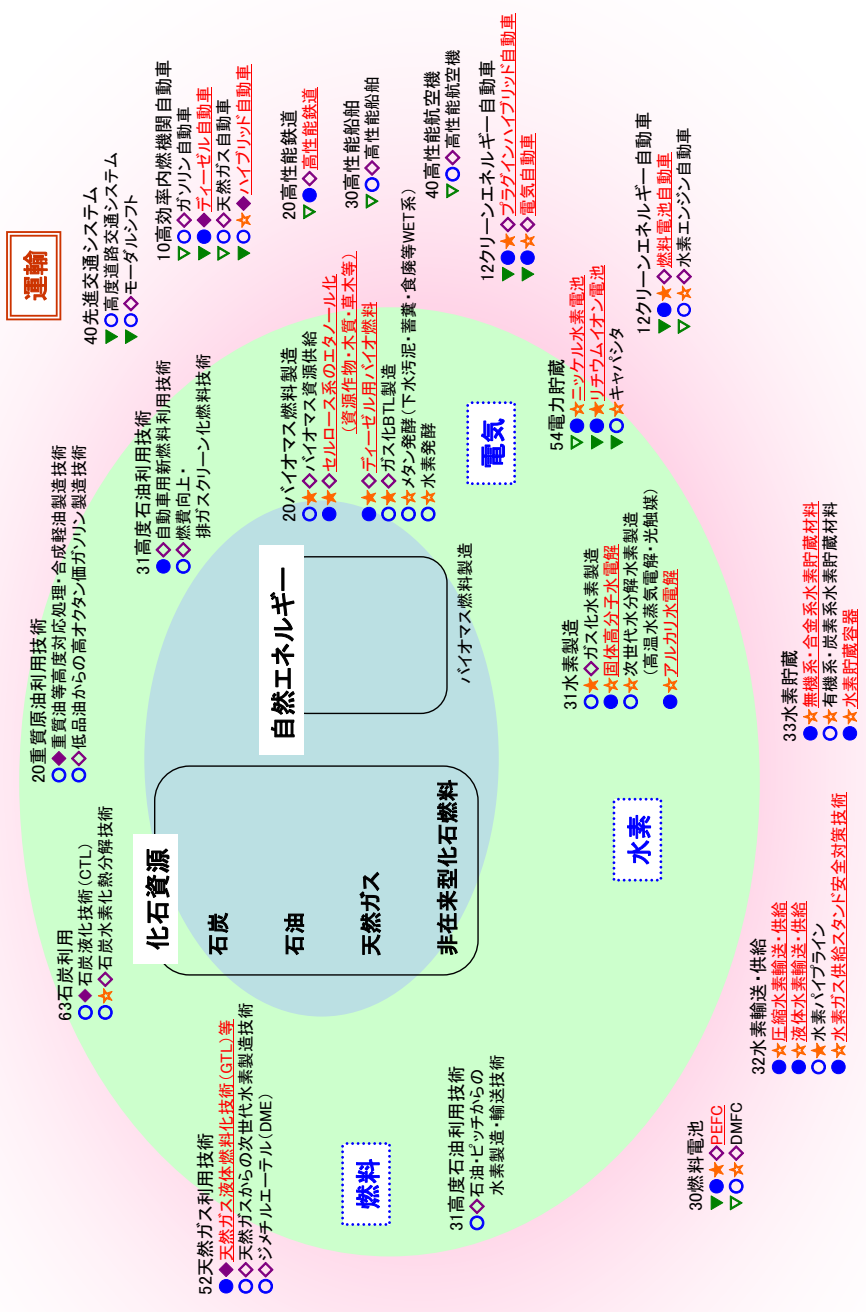
○燃料基準の策定・改定

○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

(ii-4) 改訂の主たるポイント

- 技術の目的、方向性が同一の技術であるものを統廃合し、45の技術とした。
 - 具体的には、
 - ・「天然ガス等からのLPガス合成技術」は同じ天然ガスからの液化技術である5521「天然ガス液体燃料化技術（GTL）」に統廃合した。
 - ・「LPG/DME混合燃料利用技術」は、同じDMEの製造・利用技術である5524J「ジメチルエーテル（DME）」に統廃合した。
 - ・水素貯蔵材料は、貯蔵メカニズムや水素との反応速度など基礎的なメカニズムが解明され、新材料の開発などのステージにある3331I「無機系・合金系水素貯蔵材料」と、基礎的なメカニズムがまだ完全に解明されていない3332I「有機系・炭素系水素貯蔵材料」に分別した。
 - ・「石油からの水素製造・輸送技術」、「石油残渣コークス・ピッチからの水素製造・輸送技術」は同じ製油所から副生、製造される水素の製造・輸送技術であることから5311J「石油・ピッチからの水素製造・輸送技術」に統合した。
 - ・船舶管理システムである「高効率海運システム」は、2301N「高性能船舶」に統廃合した。
 - ・「バイオマス等非在来石油高度利用活用技術」、「GTL等新燃料、石油の共利用技術」は、同じ新燃料利用技術であることから5312J「自動車用新燃料利用技術」に統合した。
 - ・「環境負荷低減オフロードエンジン技術」、「自動車燃費向上・排ガスクリーン化燃料技術」は同じクリーン化技術であることから5313J「燃費向上・排ガスクリーン化燃料技術」に統合した。
- 2008年6月の燃料電池・水素ロードマップの改定に伴い、2123S「燃料電池自動車」等の改定を行った。
- 新エネルギーに定義されているクリーンエネルギー自動車（2121S「プラグインハイブリッド自動車」、「2122S電気自動車」）に、次世代自動車用蓄電池の技術動向を中心に要素技術、マイルストーンの改定を実施した。
- 2101N「ガソリン自動車」、2102N「ディーゼル自動車」に省エネ技術戦略の要素技術を加味すると共に、最新の技術動向を追加した。
- バイオ燃料、GTL等新燃料の混合技術である5312J「自動車新燃料利用技術」は燃料の多様化に欠かせない技術であることから政策寄与度が大きいと思われる技術に位置づけた。

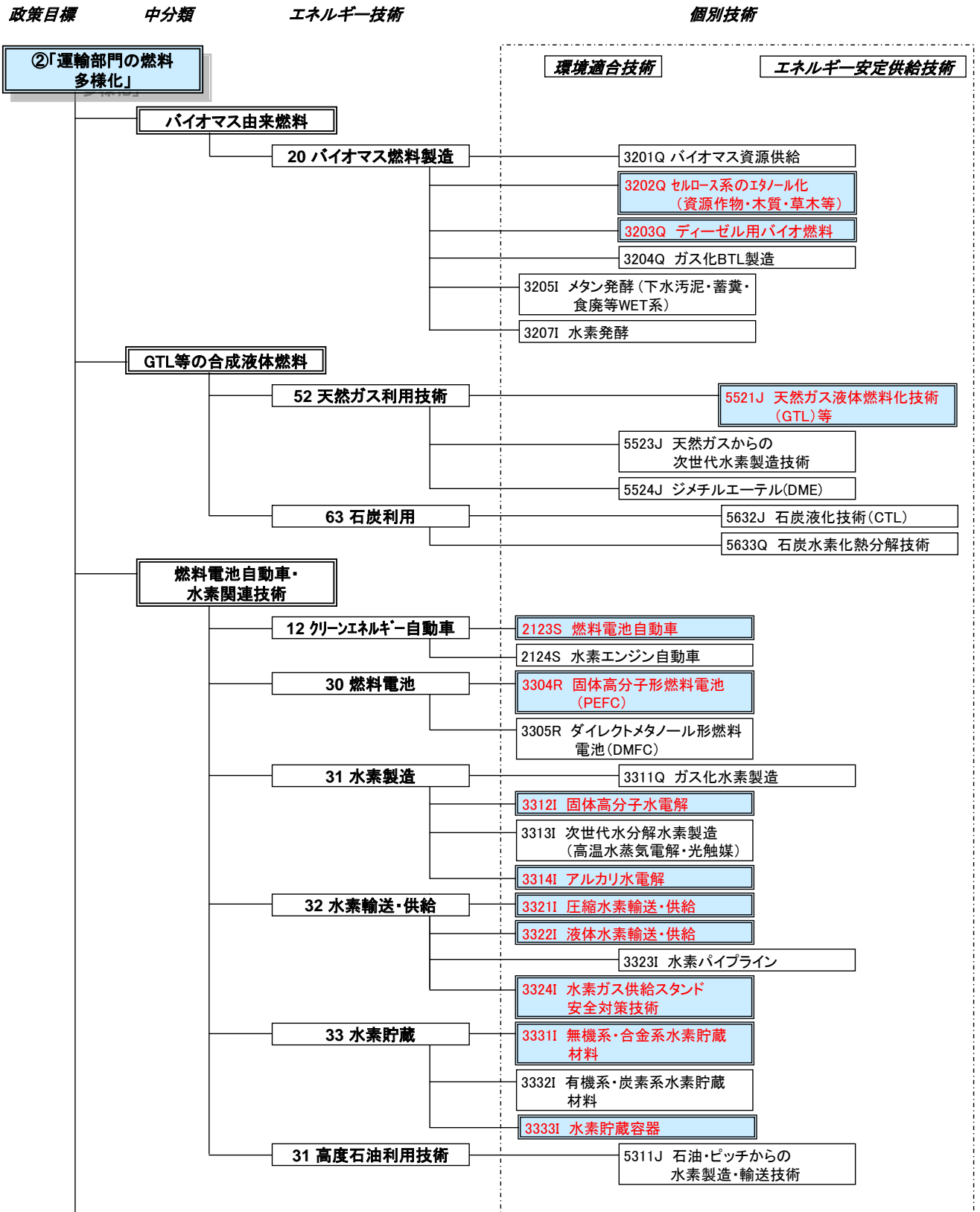


②「運輸部門の燃料多様化」に寄与する技術の技術マップ(整理図)

● 技術名の前に記した色括弧の記号(▽○☆◇)は、その技術が寄与する政策目標を示す(▽:総合エネルギー効率の向上、○:運輸部門の燃料多様化、☆:新エネルギーの開発・導入促進、◇:原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保、◇:化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。
 ● 「運輸部門の燃料多様化」への寄与が大きいと思われる技術名を、色塗りの記号(●、赤字・下線付き)で記載した。

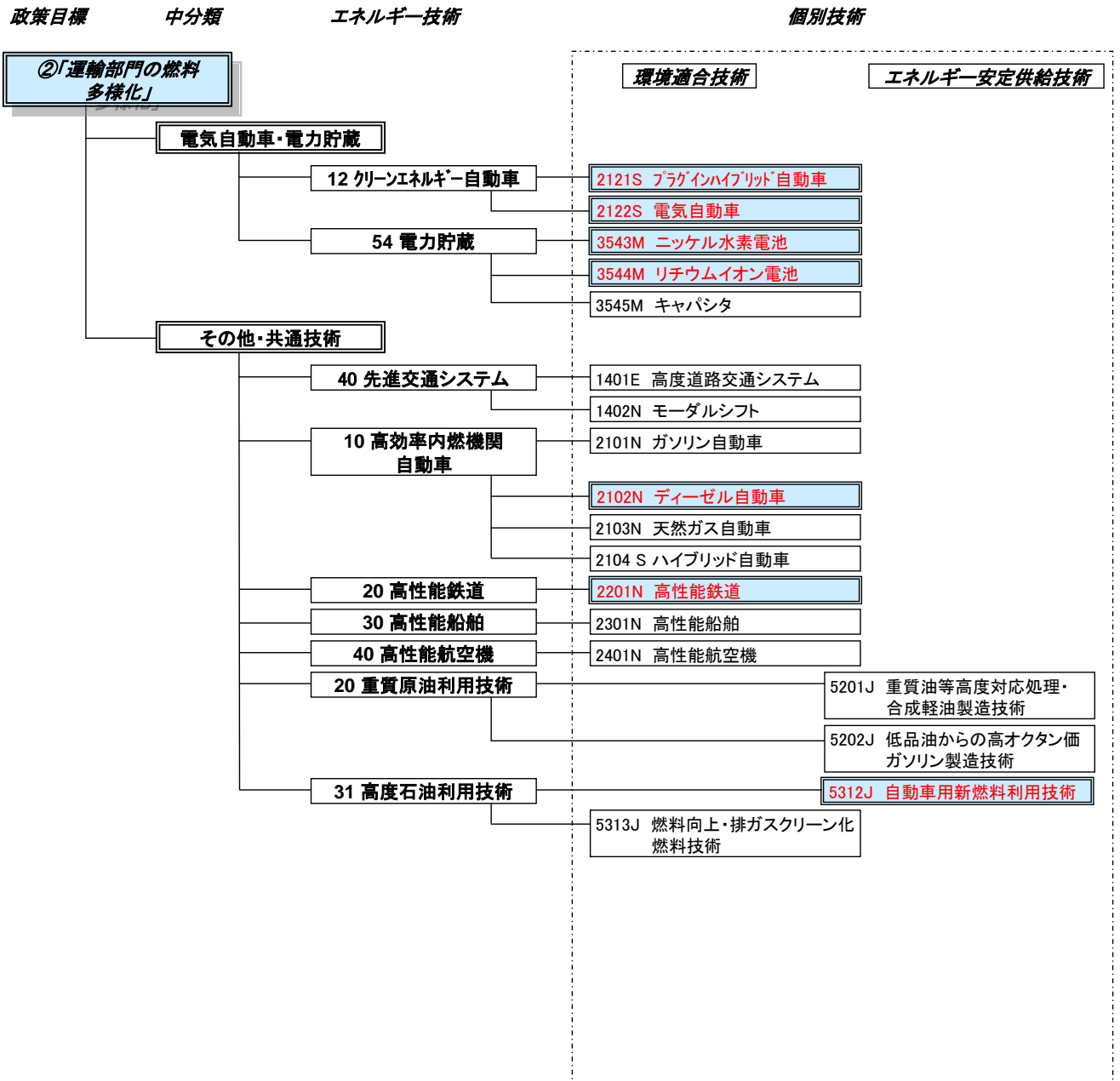
②「運輸部門の燃料多様化」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(1/2)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



②「運輸部門の燃料多様化」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(2/2)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



②「運輸部門の燃料多様化」 に寄与する技術の技術ロードマップ(1/7)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3201Q	20.バイオマス燃料製造 バイオマス資源供給					
				バイオマス原料用植物の選抜・育成 遺伝子組み換え技術 栽培技術の開発・実証 収穫・乾燥・圧縮・運搬技術 機器・画像技術の低コスト化 基盤技術(ゲノム情報の整備、ミネラルの回収・再利用技術など)		
3202Q	20.バイオマス燃料製造 セルロース系の エタノール化 (資源作物・木質・ 草木等)	ETBE安全性確認 ETBE導入	100円/L(木質・林地残材等から) 40円/L(資源作物等から)			
				大規模エタノール製造技術 製造コスト低減 糖分解酵素の開発 酵母機能改変等によるバイオプロセス効率化 バイオマス燃料(エタノール)精製処理技術(エタノールの膜分離精製など) バイオマス熱分解液化燃料製造技術		
3203Q	20.バイオマス燃料製造 ディーゼル用バイオ燃料					
				水素化バイオ軽油 地産地消型BDF利用 連続エステル化製造 高品質化・製造コスト削減 グリセリン等バイオプロ有効利用 自動車用バイオマス燃料利用技術 石油とバイオマス燃料の共利用技術		
3204Q	20.バイオマス燃料製造 ガス化BTL製造					
				BTL製造技術 バイオマス/廃棄物ガス化技術 水電解水素による収率向上 低コスト化 効率的廃棄物収集システム		BTL製造効率の向上
3205I	20.バイオマス燃料製造 メタン発酵 (下水汚泥・畜糞・ 食廃等WET系)					
				大規模施設・工場導入 中小規模施設・工場導入 発酵効率向上 可溶性技術 発酵菌改良 プロセス最適化 都市ガスとの混焼		都市ガスへの混合供給 直接燃焼との組合せシステム 下水処理場内の電気・熱利用 設備低コスト化
3207I	20.バイオマス燃料製造 水素発酵					
				嫌気性水素発酵技術 二段発酵(水素+メタン)技術 高効率化・低コスト化		光合成細菌による光水素生産技術 水素生産菌株(高温耐性)探索・育成 高効率フォトバイオリアクター 水素発酵微生物の高密度化
5521J	52.天然ガス利用技術 天然ガス液体燃料化 技術(GTL)等					
				パイロットプラント実証 7 bbl/d 500 bbl/d実証 液体燃料(GTL)製造 FT合成技術(コバルト系触媒の高生産、安定的生産) 天然ガス・石炭・CO2等からのLPG合成技術 スケールアップ手法、運転技術 合成ガス製造技術(累積6,600時間の安定的運転)		

②「運輸部門の燃料多様化」 に寄与する技術の技術ロードマップ(2/7)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5523J	52.天然ガス利用技術 天然ガスからの次世代 水素製造技術	水蒸気改質+PSA	水素透過型メンブリアクタ	CO2分離型水素製造 CO2分離膜		
5524J	52.天然ガス利用技術 ジメチルエーテル(DME)	間接DME合成法	直接DME合成法			
5632J	63.石炭利用技術 石炭液化技術(CTL)	設備規模(国内) 設備規模(中国) 1 t/d試験装置(PSU)(インドネシア)	3,000 t/d 3,000 t/d	6,000 t/d 6,000 t/d		
5633Q	63.石炭利用技術 石炭水素化熱分解技術	実証試験 パイロット試験				
2123S	12.クリーンエネルギー自動車 燃料電池自動車	車両効率(HHV) 約50% 耐久性 3,000時間 始動・作動温度 -30～約90℃ スタック製造原価 約5～6万円/kW	60% 5,000時間 -30～約90-100℃ 約1万円/kW		5,000時間以上 -40～約100-120℃ 約4000円/kW未満	
2124S	12.クリーンエネルギー自動車 水素エンジン自動車	ロータリーエンジン レシプロエンジン		水素直噴・ターボ過給システム		
3304R	30.燃料電池 固体高分子形 燃料電池(PEFC)	発電効率(HHV) 約33% 耐久性 約4万時間	約34% 約4～9万時間		>36% 9万時間	

②「運輸部門の燃料多様化」 に寄与する技術の技術ロードマップ(3/7)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3305R	30.燃料電池 ダイレクトメタノール形 燃料電池(DMFC)	PC・携帯用 (出力密度(W/kg)、 耐久性(時間)) 小型移動体用 (出力密度(W/kg)、 耐久性(時間))	>15 >1,500時間 >5千時間 >28(低速)、>52(中速・高速) >1,200時間 >1,500時間	>20 >5千時間 >33(低速)、>54(中速・高速) >2,500時間	>40 >1万時間	
		低コスト化 耐久性向上		PC、PDA、携帯用実用化・普及 小型移動体(車いす、スクーター等)実用化・普及 超低クロスオーバー膜 低膨潤膜 高活性触媒		
3311Q	31.水素製造 ガス化水素製造	水素価格(水素製造全体) 150円/Nm3	80円/Nm3 5 t/d パイロットプラント	40円/Nm3		
		ケミカルループ利用ガス化技術 吸収剤リサイクル技術 部分酸化改質 水蒸気改質 オートサーマル改質		CO2回収技術	水素分離膜技術	
3312I	31.水素製造 固体高分子水電解	電解効率(HHV) 70%(3A/cm2)・80%(2A/cm2) 設備費 約1億8千万円/Nm3/h(300Nm3/h)	75%(3A/cm2)・85%(2A/cm2) 約1億2千万円/Nm3/h(300Nm3/h)			
		セパレータの低コスト化 MEA製造方法改良 高電流密度化によるコンパクト化 酸素過電圧抑制触媒 貴金属削減	更なる低コスト化 耐久性向上			
3313I	31.水素製造 次世代水分解水素製造 (高温水蒸気電解・ 光触媒)					【高温水蒸気電解】 高温水蒸気電解運転圧力の高圧化 高温水蒸気電解大電流密度化技術 インターコネクタ技術 高温水蒸気電解シール技術 【光触媒】 可視光応答型光触媒 格子欠陥の少ない光触媒調製法 活性化エネルギーの低い 水素生成サイトの構築 光触媒反応装置基礎検討
3314I	31.水素製造 アルカリ水電解	設備費 40万円(Nm3-H2@500Nm3/h)	25万円(Nm3-H2@500Nm3/h)			
		低コスト化 総合効率の向上 高電流密度化 大型化				
3321I	32.水素輸送・供給 圧縮水素輸送・供給	水素輸送コスト 10円/Nm3		7円/Nm3		
		高強度金属材料技術 軽量化 高圧水素圧縮機技術 圧縮効率向上 圧力・容量最適化	高圧水素ディスベンサ技術 高速充填技術 耐久性向上 低コスト化 大型CFRP容器技術 高圧大型圧縮機			
3322I	32.水素輸送・供給 液体水素輸送・供給	水素輸送コスト 6円/Nm3		3円/Nm3		
		内槽タンク支持構造技術 タンク断熱法改善 高効率液化システム技術 磁気冷凍技術 液水容器断熱性能向上	液体水素ディスベンサ・流量計技術 耐久性向上 低コスト化			

②「運輸部門の燃料多様化」 に寄与する技術の技術ロードマップ(4/7)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3323I	32.水素輸送・供給 水素パイプライン	<p>パイプラインの技術基準策定 短距離(周辺・家屋)</p> <p>工業用水素輸送</p>				
		炭素鋼鋼管と溶接部の材料検討 施工条件の確立 漏洩検知技術の確立 摺動部・可動部の保持方法・シール材	水素配管方法 水素計測技術 高圧輸送技術	メタン・水素混合輸送・供給		
3324I	32.水素輸送・供給 水素ガス供給スタンド 安全対策技術	<p>基準・規格の見直し 安全性検討と例示規準作成</p>				
		ステーション安全計装システム 高速充填への対応(通信、ブレーク) ポイルオフ低減	低コスト化 ステーション総合効率の改善 予防保全システム			
3331I	33.水素貯蔵 無機系・合金系 水素貯蔵材料	<p>【合金系材料】 材料の劣化機構の解明と対策案検証 水素吸蔵・放出速度の向上技術 水素放出温度の低温化 合金系材料新規探索</p>				
		アラネート系 アミド・イミド系 ポリハイドライド系 複合系 など	【無機系材料】 有望材料の探索と材料組成最適化 ハンドリング技術の確立 吸蔵・放出温度低温化 反応速度・耐久性向上 副反応生成物等の放出抑制	合金系材料	無機系材料	
3332I	33.水素貯蔵 有機系・炭素系 水素貯蔵材料	<p>有機系水素貯蔵材料</p> <p>炭素系水素貯蔵材料</p>				
		【有機系水素貯蔵材料】 高性能水素放出触媒 ステーション用水素発生装置 水素ステーション用輸送・回収技術 有機ハイドライド貯蔵技術		【炭素系水素貯蔵材料】 高水素吸蔵量材料の構造設計 または合成指針の確立・適用 (新規形状、化学修飾、元素置換、複合化など)		
3333I	33.水素貯蔵 水素貯蔵容器	<p>水素貯蔵容器コスト (車1台あたり)約300～500万円</p> <p>水素単量 5kg 約5～7kg 約7kg</p> <p>圧縮水素容器 高強度材料 液体水素容器 耐久性向上 ハイブリッド(高圧水素貯蔵材料容器) 軽量・コンパクト化 断熱性能向上</p>				
5311J	31.高度石油利用技術 石油・ピッチからの 水素製造・輸送技術	<p>灯油等改質オフサイト水素製造技術 灯油改質等オンサイト水素製造技術 ピッチの粘結材利用技術</p> <p>水素製造触媒技術 水素製造プロセス技術</p>				
		灯油脱硫・改質技術 膜分離技術	SOFC用熱自立型改質器システム技術 自動車オンボード改質技術 水素貯蔵・輸送・供給技術	灯油吸着脱硫技術 灯油改質触媒技術		
2121S	12.クリーンエネルギー自動車 プラグインハイブリッド 自動車	<p>バッテリー性能 2,000W/kg 出力密度 1,800W/kg エネルギー 70Wh/kg 密度 コスト 約20万円/kWh 約10万円/kWh</p> <p>2,500W/kg 200Wh/kg 約3万円/kWh 約2万円/kWh</p>				
		モータ効率向上 高性能二次電池(高エネルギー密度化・長寿命化・低コスト化) 最適走行制御技術	電力供給システム	小型・軽量化		

②「運輸部門の燃料多様化」 に寄与する技術の技術ロードマップ(5/7)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
2122S	12.クリーンエネルギー自動車 電気自動車	バッテリー性能 エネルギー密度 100Wh/kg コスト 約10万円/kWh 走行距離 80 km(/80kg)	150Wh/kg 約3万円/kWh 120 km(/80kg)	250Wh/kg 約2万円/kWh 200 km(/80kg)		500Wh/kg 約1万円/kWh 400 km(/80kg)
			一般ユーザー型EV 本格的EV モーター効率向上 高性能二次電池(高エネルギー密度化・長寿命化・低コスト化) 軽量化 電力供給システム				パーソナルビークル(コンパクトシティ対応) インホイールモーター
3543M	54.電力貯蔵 ニッケル水素電池	サイクル寿命 10年 風力・太陽光発電の安定化 ハイブリッド車用				20年 負荷変動補償
		高出力化 高エネルギー密度化 自己放電特性改善				
3544M	54.電力貯蔵 リチウムイオン電池	サイクル寿命 10年 モバイル用 ハイブリッド車用		プラグインハイブリッド車、電気自動車用		20年 革新型蓄電池
		高出力化 高エネルギー密度化 安全性向上 低コスト化	風力・太陽光発電の安定化			
3545M	54.電力貯蔵 キャパシタ	エネルギー密度 4 Wh/kg(モジュール) 出力密度 1.5 kW/kg(モジュール)	20 Wh/kg(デバイス) 10 kW/kg(デバイス)			
		民生用 電力品質維持用	運輸用			
1401E	40.先進交通システム 高度道路交通システム (ITS)	交通流改善技術 ・最適出発時間予測システム(プローブ情報利用) ・異常事態検知システム(プローブ情報利用) プローブ情報利用信号制御		自動運転・隊列走行(高速道路) 信号連携エコドライブ		自動運転・ 協調走行 信号連携グリーンウェアブ走行
		リアルタイム燃費計 最適経路誘導システム 駐車場対策システム ETC カーナビ活用エコドライブ制御システム VICSシステム エコドライブルート情報システム ナビゲーションシステム	サグ渋滞等対策システム	合流支援システム		
1402N	40.先進交通システム モーダルシフト	インテリジェント集配システム 汎用標準化送配システム(ICタグの高度利用)		デュアルモードトラック		バイモーダル物流システム(道路→鉄道、船舶)
		新交通システム 軽量軌道交通(LRT) ガイドウェイバス デュアルモードビークル(DMV)		コミュニティEVバス		走行車両への給電技術
2101N	10.高効率内燃機関自動車 ガソリン自動車	バイオマス等代替燃料・混合燃料利用エンジン技術 部分負荷効率向上のための気筒停止 最適傾斜機能鍛造軽量部材		超高強度CFRP製造技術 HCCIエンジン		
		低摩擦材料表面制御 リーンバーン技術	高負荷領域におけるノック抑制 可変圧縮(膨張)比 連続可変バルブ/可変気筒 軽量化 オクタン価向上 MgCo(OH)系利用実証試験			

②「運輸部門の燃料多様化」 に寄与する技術の技術ロードマップ(6/7)

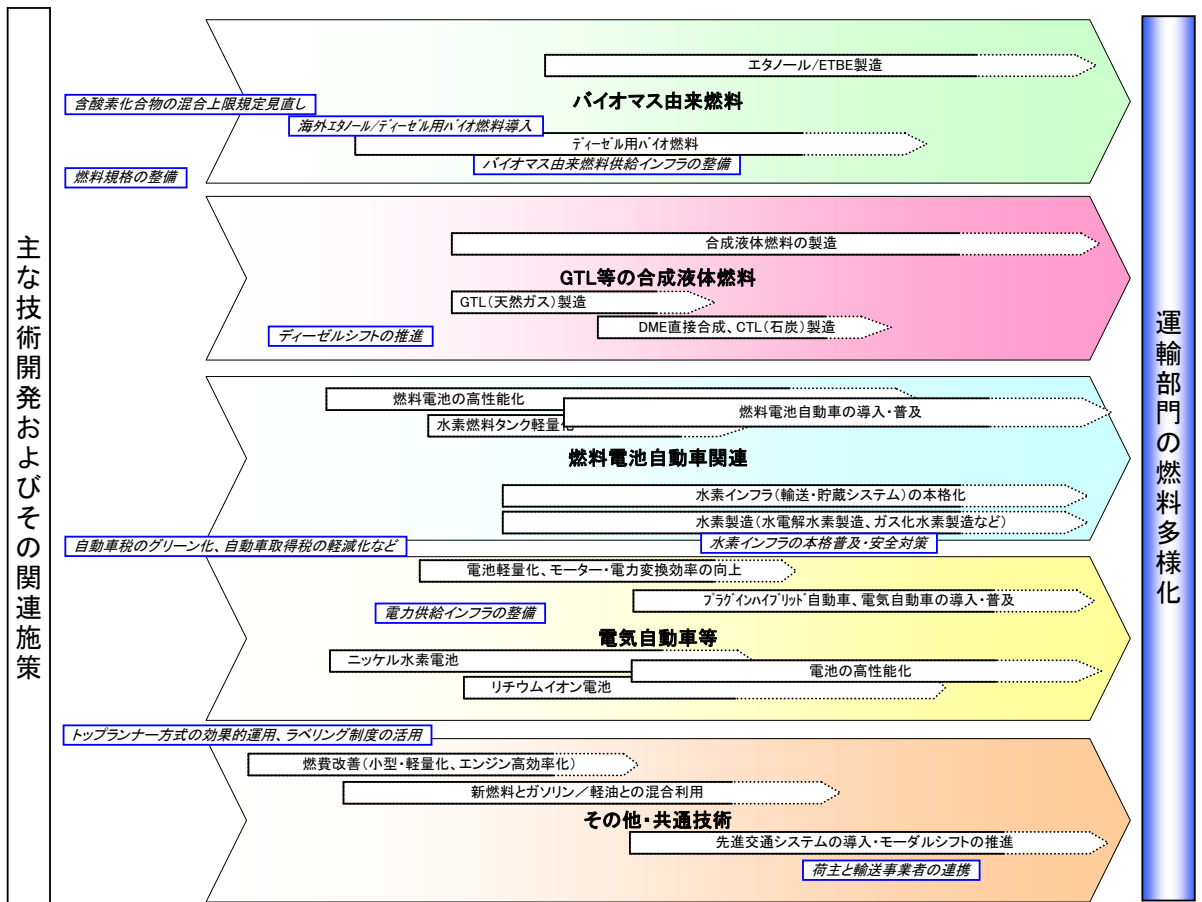
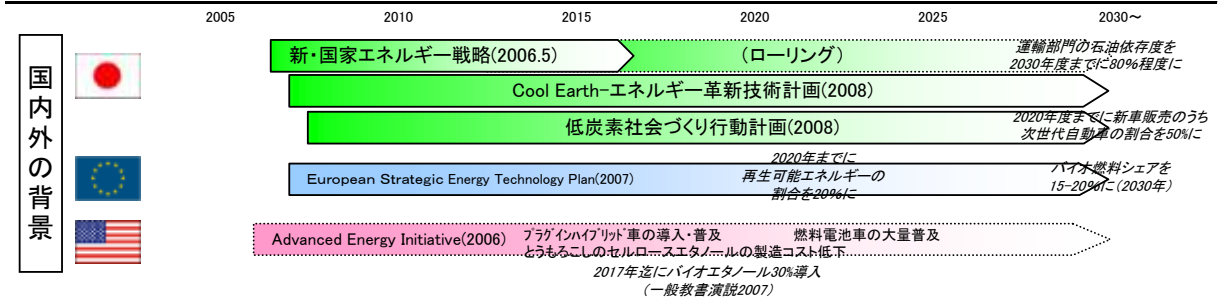
No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
2102N	10.高効率内燃機関自動車 ディーゼル自動車					バイオマス等代替燃料・混合燃料利用エンジン技術 低エミッション後処理技術(尿素SCRなど) 高効率・低エミッション燃焼技術 HCCIエンジン
						最適傾斜機能鍛造軽量部材 低摩擦材料表面制御 乗用車用噴射系の向上(超高压化)・小型高過給化 MgCo(OH)系利用実証試験 超強度CFRP製造技術 小型・軽量化 天然ガスエンジンの高効率化(小型化、ハイブリッド化等) ガス供給インフラの拡充
2103N	10.高効率内燃機関自動車 天然ガス自動車					ガソリンとのバイフューエル車 燃料タンクの長寿命化 天然ガス吸蔵材料 MgCo(OH)系利用実証試験 充填インフラの低コスト化 天然ガスエンジンの高効率化(小型化、ハイブリッド化等) ガス供給インフラの拡充
2104S	10.高効率内燃機関自動車 ハイブリッド自動車					バッテリー性能 2,000W/kg 出力密度 1,800W/kg コスト 約20万円/kWh 約10万円/kWh 2,500W/kg 約2万円/kWh 次世代HEV 動力回生システム エンジン効率向上 高性能二次電池(高エネルギー密度化・長寿命化・低コスト化) 低摩擦材料表面制御 軽量化
2201N	20.高性能鉄道 高性能鉄道					高速鉄道 ハイブリッド鉄道車両 燃料電池鉄道車両 車体軽量化 車体傾斜システム 遺伝アルゴリズムによる空力解析
2301N	23.高性能船舶 高性能船舶					ディーゼル発電/電動モータ推進 電動ポッド推進 航行支援システム 超電導モーター推進船 高信頼度知能化船 陸運との連携 燃料電池 軽量化 エンジン廃熱回収 摩擦抵抗低減技術 ハブ港ネットワーク化 船型等省エネ機器技術 性能評価シミュレーション技術
2401N	24.高性能航空機 高性能航空機					炭素系複合材利用拡大などによる軽量化 ジェットエンジンの高効率化 更なる省エネ化 環境性、経済性、安全性等の一層の向上
5201J	20.重質原油利用技術 重質油等高度対応処理 合成軽油製造技術					HSFCCプロセス開発技術 分解軽油水素化分解触媒技術 分解ガス成分異性化触媒技術 重質油対応直接脱硫触媒技術 残油分解触媒技術 重質油からの合成軽油製造技術(ATL) FT合成技術 水素化分解技術 重質油のガス化技術 組成制御型高度石油精製技術

②「運輸部門の燃料多様化」 に寄与する技術の技術ロードマップ(7/7)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5202J	20.重質原油利用技術					
	低品油からの 高オクタン価 ガソリン製造技術	<p>低級ナフサ有効利用技術</p> <p>新規ナフサ異性化触媒技術 高オクタンガソリン製造流動接触分解触媒技術 高オクタンガソリン製造触媒技術</p> <p>高度脱硫(サルファーフリー)技術 ・高度脱硫触媒 ・高度脱硫プロセス</p>				
5312J	31.高度石油利用技術					
	自動車用新燃料 利用技術	<p>バイオ燃料・GTL等新燃料とガソリン・軽油との混合の燃料技術</p> <p>GTLとの混合利用 石炭液化油との混合利用技術 混合燃料対応自動車技術</p> <p>高度脱硫(サルファーフリー)技術 ・高度脱硫触媒 ・高度脱硫プロセス</p>				
5313J	31.高度石油利用技術					
	燃費向上・排ガス クリーン化燃料技術	<p>超低セタン価対応技術 定置式・汎用ディーゼルエンジン用低セタン価燃料開発技術 低セタン価対応エンジン技術</p> <p>最新ディーゼル車対応燃料技術 自動車燃費向上技術 HCCI等の次世代自動車対応燃料技術 アンテック性向上技術</p> <p>高度脱硫(サルファーフリー)技術 ・高度脱硫触媒 ・高度脱硫プロセス</p> <p>燃料多様化対応技術 排ガス等高精度大気シミュレーション技術</p>				

②「輸部門の燃料多様化」に向けた導入シナリオ

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。



共通関連施策

- 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

事前評価書(案)

	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">作成日</td> <td style="padding: 2px;">平成19年12月26日</td> </tr> </table>	作成日	平成19年12月26日
作成日	平成19年12月26日		
1. 事業名称 (コード番号)	水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発		
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>我が国の運輸部門における石油依存度は依然高く、地球温暖化対策の一環として、エネルギーの効率的な利用及び温室効果ガスの排出削減は一段と重要視されており、水素エネルギーに支えられた社会の構築、即ち 燃料電池自動車等の導入・普及が期待されている。</p> <p>そこで本研究開発では、来るべき水素エネルギー普及のための水素供給インフラ市場立上げ(2015年頃を想定)に向け、これまでに開発してきた要素技術や機器をベースに、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステム(ステーション及び車載貯蔵)開発並びにシステム技術検証を実施し、システムに関する技術を完成させることを目的とする。また、水素エネルギーの普及に関するシナリオ策定等調査研究を行うとともに水素インフラ機器の更なる効率向上を狙った要素技術開発、及び飛躍的水素供給コスト低減技術や脱化石燃料等を目指した次世代技術開発を実施する。</p> <p>① システム技術開発</p> <p>水素ステーション機器や車載等水素貯蔵容器の低コスト化・コンパクト化に繋がる開発・検証を行うと共に、トータルシステムとしての耐久性等の確認・検証を行う。</p> <p>② 要素技術開発</p> <p>水素製造・輸送・貯蔵・充填機器及びシステムに関し、低コスト化及び長寿命化を考慮した上で高性能化・軽量化等効率向上等に繋がる要素技術開発及び検証を行う。</p> <p>③次世代技術開発・調査研究・フィージビリティスタディ</p> <p>脱化石燃料に繋がる革新的水素製造技術や現水素供給チェーンにおいて飛躍的な効率改善等をもたらす技術開発(国外研究機関を活用した国際共同研究や国際協力を含む)、及び水素社会実現に向けた技術開発シナリオの調査・検討やフィージビリティスタディを行う。</p> <p>開発のポイントは</p> <ul style="list-style-type: none"> ・これまでの事業(水素安全利用等基盤技術開発、水素社会構築共通基盤整備事業、水素・燃料電池実証プロジェクト[JHFC]等)成果、進捗状況及び産業界が中心となって進めている基準・標準化整備状況を踏まえた、安全かつ低コストな材料や要素技術を採用した機器・システムの試作開発及び耐久性検証 ・並行した基礎研究(水素先端科学基礎研究事業、水素貯蔵材料先端基盤研究事業)と連携のもと、水素環境下における材料 		

	<p>劣化・不具合発生時の課題解決が可能となる機器、水素貯蔵材料またはシステムの試作開発・検証</p> <p>(2)事業規模:総事業費約100億円 (予定:委託) 平成20年度 約17億円</p> <p>(3)事業期間:平成20年度～24年度(5年間)</p>
<p>4. 評価の検討状況</p> <p>(1)事業の位置付け・必要性</p> <p>燃料電池・水素技術は、地球環境問題の解決や新規産業・雇用の創出に資するためのキーテクノロジーとして、その実用化への期待が高い。第3期科学技術基本計画(2006年3月)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」が戦略重点科学技術として選定され、新・国家エネルギー戦略(2006年5月)では燃料電池自動車に関する技術開発の推進が記され、経済成長戦略大綱(2006年7月)において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。エネルギー基本計画(2007年3月)、次世代自動車・燃料イニシアティブ(2007年5月)においても燃料電池技術開発の重要性が述べられ、さらには、Cool Earth - エネルギー革新技術計画に定置用燃料電池、燃料電池自動車及び水素製造・輸送・貯蔵が位置付けられている。</p> <p>これに対し、NEDO技術開発機構では、これまでに、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する機器について要素技術開発を推進し、世界をリードできるレベルにまで達することができた。ただし、水素社会の構築・実現を目指し、水素供給に必要なインフラに関する市場を立上げ、燃料電池の円滑な導入・普及を推進するためには、該当機器の、より一層の高耐久性や低コスト化が必要である。また、環境ニーズの急速な高まりによる、将来的な究極の次世代クリーン自動車としての燃料電池自動車への社会的期待も大きくなってきているところである。</p> <p>そこで、本研究開発では、上記情勢を踏まえ、現在推進中の水素関連事業と連携しながら燃料電池自動車の本格的普及のための水素供給インフラ市場立上げに必要な一連の機器及びシステムに関する技術を完成させることを目的に、特に水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステムの技術開発を実施するものである。</p>	

(2) 研究開発目標の妥当性

2015年頃から立ち上がると想定する水素供給インフラ市場に備え、本事業では、これまでの水素関連事業の成果を踏まえながら、平成22年度末を目処に、同市場の立上げ・普及に必要な低コスト機器及びシステムを試作開発・検証すると共に、同試作開発結果を元に、平成24年度末までに耐久性検証・評価等を行う。

具体的な研究開発目標は以下に示す通りであり、いずれも水素エネルギーの初期導入・普及に対し、有効な目標値であり、妥当と判断される。

① システム技術開発等最終目標(平成24年度末)

水素エネルギーの普及のための水素供給インフラ市場立上げに必要な機器及びシステムについて、2006燃料電池・水素技術開発ロードマップに沿った各機器仕様を満足すると共に、関係産業界要望を反映し、当該市場の立上げ・普及に必要な技術開発目標値を具体的に設定する。

1) 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム

低コスト化: 設備コスト 1.5~2億円/システム[300Nm³/h規模、土地取得価格を除く]

(現行水素ステーション機器システムコストの約1/2以下)

耐久性: 各機器メンテナンス回数 1回以下/年

(現行の各機器メンテナンス回数は2回程度以上/年)

2) 車載等水素貯蔵/輸送容器システム

低コスト化: 15~20万円/容器

(現行の高圧水素容器[TYPE3]のコストは約70万円/容器)

高性能化: ア. 圧縮水素容器(2010年目標)

・圧力: 70MPa

・質量貯蔵密度(システム): 6.5wt%

・水素量/容積/容器質量: 5kg/120L/75kg

イ. ハイブリッド容器(2010年目標)

・圧力: 35MPa

・質量貯蔵密度(システム): 3wt%

・水素量/容積/容器質量: 5kg/100L/165kg

② 要素技術開発における分野毎の目標

1) 水素ステーション機器

上記、最終目標達成に繋がる要素技術毎の目標(実施計画書に定める)

2) 車載等水素貯蔵/輸送容器

上記、最終目標達成に繋がる要素技術毎の目標(実施計画書に定める)

3) 水素製造機器(水蒸気改質等)

・改質効率等: 80%以上

・起動時間: 3時間未満

・設備サイズ: 10m³(100Nm³/h規模)

・設備コスト: 30万円/(Nm³/h)

4) 水素貯蔵材料(貯蔵材料システムとして:2010年目標)

- ・質量貯蔵密度:5.5wt%以上
- ・水素放出温度:150℃以下
- ・耐久性:2000回吸放出で初期貯蔵性能の90%保持
- ・材料コスト:1000円/kg

③次世代技術開発・調査研究・フィージビリティスタディ

1) 革新的技術の探索・有効性検証

脱化石燃料による水素製造技術あるいは現水素供給チェーンにおいて効率等の面で飛躍的な改善が図られること。

2) 調査研究・フィージビリティスタディ

水素エネルギー導入・普及に向け、社会コストミニマムとなる展開シナリオ及び水素キャリア(有機ハイドライド、液体水素等)に応じたケーススタディを行い、今後の技術開発における課題を抽出すること。

(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、技術分野ごとにワーキング(WG)(必要に応じてNEDO技術開発機構が指名するプロジェクトリーダーを置く)を構成し、その下で研究開発グループ間の連携を図り効果的な研究開発を実施すると共に、並行実施中の水素関連事業(水素社会構築共通基盤整備事業、水素先端科学基礎研究事業、水素貯蔵材料先端基盤研究事業及び水素・燃料電池実証プロジェクト[JHFC])と連携して、研究開発を推進する。

また必要に応じて、NEDO技術開発機構に技術委員会等を設置し、外部有識者らの意見・助言を受けながら運営管理に反映させると共に、適時委託先から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、本事業の実施者が一堂に会する報告会を開催し、実施者間及び関係産業界等と情報の共有化を図る予定であり、マネジメント体制として妥当と考える。

(4) 研究開発成果

経済省の「新産業創造戦略」によれば、燃料電池(燃料電池自動車も含む)の市場規模は2020年で8兆円と試算されているおり、本研究開発の実施により、燃料電池自動車を一般社会へ導入・普及させるための水素供給インフラ整備に必要な技術が完成し、燃料電池の実用化・普及展開及び国際競争力の確保に大きく貢献できるものとする。

また、2015年頃と想定される水素供給インフラ市場立上げに向け、必要となる機器及びシステム技術を、この時期に完成させることは有効かつ妥当と考える。

(5) 実用化・事業化の見通し

平成24年度末までに水素供給インフラ整備に必要な技術が確立すると、平成27年(2015)度頃からの水素供給インフラ市場立上げ・普及展開に大きく貢献することができる。

このインフラ整備により、燃料電池自動車用の水素ステーション等が多数建設されることで燃料電池自動車の普及進展にも大きく貢献することが期待される。

(6) その他特記事項

特になし。

5. 総合評価

本研究開発は、2015年頃に期待される燃料電池自動車に不可欠な水素供給インフラ市場立上げに向け、必要な機器及びシステムに関する技術開発並びに実証であり、将来的に、我が国の運輸部門のエネルギーの効率的な利用及び温室効果ガスの排出削減という困難な問題の解決に大きく寄与することが期待されることから、国の積極的な支援のもと、NEDO技術開発機構が委託事業として実施する意義は大きい。



研究テーマ名 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発

研究目的

○背景

我が国運輸部門における石油依存度は高く、地球温暖化対策の一環として、エネルギーの効率的な利用及び温室効果ガスの排出削減は一段と重要視されており、国民にとって安全かつ安心な水素エネルギーに支えられた社会の構築、即ち燃料電池自動車や定置用燃料電池システム等の導入・普及が期待されている。

○目的

水素供給インフラ市場立上げ(2015年頃を想定)に向け、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステム(ステーション及び車載貯蔵)開発を実施し、水素関連技術を完成させると共に水素インフラ機器の更なる効率向上を狙った次世代技術の基礎固めを行う。

○必要性

NEDOはこれまで、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する機器について要素技術開発を推進し、世界をリードできるレベルにきている。ただし、水素社会の構築、燃料電池の円滑な導入・普及を推進するには、より一層の高耐久性や低コスト化が強く望まれる。

プロジェクトの規模

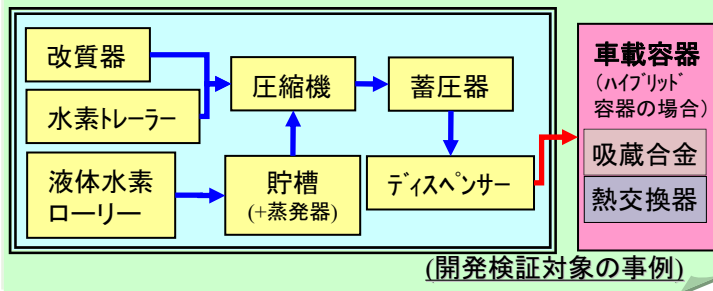
○事業費と研究開発期間(目安として)

平成20年度事業費:約17億円、研究開発期間5年

技術戦略マップ上の位置付け

技術戦略マップ「エネルギー分野」の「運輸部門の燃料多様化」等に重要技術として位置付けられている。

その他関連図表



研究内容概略

○研究開発課題(目的達成のための技術課題)

①システム技術開発

水素供給インフラ市場立上げ(2015年頃を想定)に向け、必要となる水素ステーション機器や車載等水素貯蔵容器の低コスト化・コンパクト化に繋がる開発・検証を行うと共にトータルシステムとしての耐久性等確認・検証を行う。

②要素技術開発

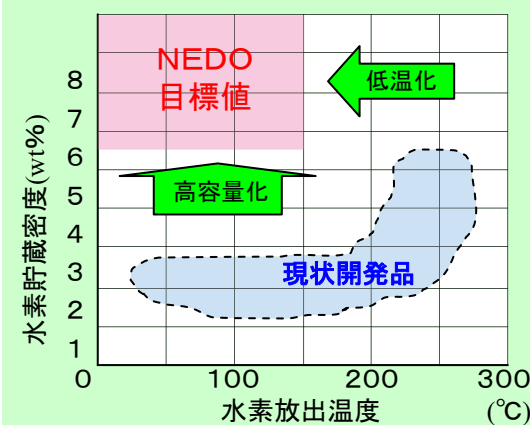
水素供給インフラ市場立上げ・普及(2015年頃及びそれ以降)に向け、必要となる水素製造・輸送・貯蔵・充填機器及びシステムの高性能化・軽量化・低コスト化等効率向上に繋がる要素技術開発を行うと共に、長寿命化・メンテナンス性向上のための要素技術開発検証を行う。

③次世代技術開発・フィージビリティスタディ等

脱化石燃料による水素製造技術あるいは現水素供給チェーンにおいて効率等の面で飛躍的な改善が可能な技術の探索・開発、及び水素社会実現に向けた技術開発シナリオの調査検討やフィージビリティスタディを行う。

○キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント、オリジナリティ(課題解決のポイント)

・これまでの事業(水素安全利用等基盤技術開発、水素社会構築共通基盤整備事業等)成果及び産業界が中心となって進めている基準・標準化整備状況を踏まえた、安全かつ低コストな材料や要素技術を採用した機器・システムの試作開発及び耐久性検証
・並行した基礎研究(水素先端科学基礎研究事業、水素貯蔵材料先端基盤研究事業)と連携のもと、水素環境下における材料劣化・不具合発生時の課題解決が可能となる機器、水素貯蔵材料またはシステムの試作開発・検証



(例)水素貯蔵合金の開発領域

○目標値(例)

①システム技術開発
70MPa級充填対応水素ステーション機器システムとして[300Nm³/h規模の場合]
-1.5~2億円/施設、
-メンテナンス(簡易検査を除く)
1回/年以下

②要素技術開発
2006燃料電池・水素技術開発ロードマップ記載の目標値
(例 水素貯蔵密度6%以上、水素吸放出温度150°C以下)

③次世代技術開発
現有ガソリン供給インフラと同等の設備コストで対応可能となる材料、機器、システムの設計指針が確立できること。

「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発 基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成20年3月24日
NEDO技術開発機構
燃料電池・水素技術開発部

NEDO POST 3において標記基本計画(案)に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。
お寄せいただきましたご意見を検討し、別添の基本計画に反映させていただきました。
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間
平成20年2月27日～平成20年3月3日
2. パブリックコメント投稿数＜有効なもの＞
計3件
3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画・技術開発課題への反映
全体について		

<p>[意見1](1件)</p> <p>移動体や携帯できるコンパクトで安全な水素貯蔵を実現する方法として、水素貯蔵材料しかない状況である。しかし、水素貯蔵材料の質量あたりの貯蔵量やコストに対して市場の要望を満足するのは困難な状況である。想定されるシステムごとに水素貯蔵材料の仕様が異なる一方で、それぞれの材料開発に必要なベースは共通することが多い。従って、このプロジェクトにおいて、水素貯蔵材料を一つのカテゴリーにまとめ、システムごとに目標値を設定したことは適切と思われる。一方で、どのシステムに対する目標値も、ブレークスルーなしには得られる見込みがない状況である。そこで、研究対象をなるべく広く捉えられるようにすることが重要である。そのため、研究開発対象を限定しすぎることがない目標値の設定が必要と考えられる。(例えば、6 mass%の材料の目標値(1000円/kg)は極めて高く、対象とする材料系がごく狭い範囲に限定される)今回、掲げられたどの特性も基本的なもので、どれも不可欠なものである。ハイブリッドタンク用の合金など、合金系が特定されつつある。このような場合、水素安全利用等基盤技術開発でも、耐久性のみに着目した研究があったように、ある特定の特性のみを開発するテーマもあってよい。また、実用可能なサイズや重量で水素供給装置ができるであれば、基本計画の目標値に沿わないものでも受容されるのが適当である。以上のように、プロジェクトのテーマ設定に対して柔軟に運用が図られることにより、広い範囲の力が結集されるのを望みます。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>1) 本事業では、これまでの研究成果等を踏まえ、来るべき水素供給インフラ市場立上げ(平成27年/2015年頃を想定)に向け、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステムの技術開発等を行い、水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術を確認することを目的としており、本技術開発の成果の反映先及び該当技術課題を明確にして取り組んでいくことが重要と考えております。また効率的・効果的な技術開発のためには、並行実施研究にて、相互補完の上、スケ無きように推進することが不可欠と考えております。</p> <p>2) 開発技術の効果的な普及・定着のためには、当該技術開発の進捗に応じた具体的な課題設定(必要に応じ目標値再設定も含む)が不可欠であり、本事業推進の中で柔軟に対応していきたいと考えます。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし</p>
---	---	---------------------------------

<p>[意見2](1件)</p> <p>「2015 年頃に水素供給インフラマーケットを立ち上げる」とターゲットを明確化することが、「取組む技術課題を安易に絞り込む」ことに繋がらぬよう御考慮を御願いたします。期間を決めてその時期までに商品レベルにまで技術を引き上げることのみ注目すると、化石燃料をベースとした水素社会構築が最有力となろうと考えられるのですが、その先の時代を考えた場合、化石燃料から離れた水素社会の構築も念頭においた技術開発は必須と考えます。化石燃料に因らない水素社会の構築には、高い技術と開発期間が必要です。現時点より継続して取組まねば、本国技術が他国から遅れを取るばかりでなく、エネルギーセキュリティ問題が深刻化してしまうことに成りかねないと考えます。もちろん、水素社会の構築の起爆剤として、化石燃料から高効率で水素を製造する技術を早期に確立することは重要と理解します。ただ、水素社会構築には世論の盛り上がりと参加するプレイヤーの拡大も必要です。取り上げる技術を過度に絞り込み、参加プレイヤーが減少することなきよう御考慮を御願いたします。実施テーマは、基本計画に記載された「具体的な技術課題例」に限定されることなく審査御検討いただけるよう御願いたします。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>1) 本事業では、これまでの研究成果等を踏まえ、来るべき水素供給インフラ市場立上げ(平成27年/2015年頃を想定)に向け、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステムの技術開発等を行い、水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術を確立することを目的としており、本技術開発の成果の反映先及び該当技術課題を明確にして取り組んでいくことが重要と考えております。また効率的・効果的な技術開発のためには、並行実施の研究にて、相互補完の上、ヌケ無きように推進することが不可欠と考えております。</p> <p>2) また中長期的な技術開発や将来を見据えた技術探索も必要との認識から、「次世代技術開発」として取り上げ推進していく予定です。こちらでは、該当研究の意義、独創性・新規性、成果反映先(実用化を図るまでの道筋等)、波及効果等を事前評価した上で、取り組むことが不可欠と考えております。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし</p>
---	--	---------------------------------

[意見3](1件)	[考え方と対応]	[反映の有無と反映内容]
<p>水素社会実現に向けた技術開発シナリオの調査検討やフイージビリティスタディ(FS)の一環として、下記の調査・FSには大きな意義があると考えます。</p> <p>(1) 水素社会に向けてのシナリオ・技術調査 FS</p> <ul style="list-style-type: none"> ・競合技術も含む技術課題整理および技術開発シナリオの調査検討 ・国内版エネルギー技術モデルの構築とそれに基づく水素普及展望の調査 ・磁気冷凍技術による水素液化プロセスの技術評価と経済性評価 ・水素システム(水素コミュニティー)の成立性の技術評価と経済性評価 <p>(2) CO2 低排出の水素製造技術調査・評価および経済性評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各種の規模のCO2 回収隔離技術の技術評価および経済性評価 ・バイオマス由来の水素製造の技術調査・評価および経済性評価 ・光触媒による太陽光利用水素製造技術の技術評価および経済性評価 <p>(3) CO2 低排出水素の国内利用システム調査 FS</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国内における低炭素排出水素システムの技術評価および経済性評価 ・国内の風力水素の技術調査および経済性評価調査 <p>(4) CO2 低排出水素のグローバル水素システム調査 FS</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素を媒体する海外再生可能エネルギー利用システムの技術評価および経済性評価 	<p>[考え方と対応]</p> <p>1) 開発技術の効果的な普及・定着のためには、当該技術開発の進捗に応じた具体的な課題設定(必要に応じ目標値再設定も含む)が必要であり、同設定のためにも、該当技術が社会に及ぼす効果や影響を継続的に評価した上で、該当開発にフィードバックすることが不可欠との認識から、本事業の中でも技術開発シナリオ調査検討やフイージビリティスタディとして取り上げ、継続的に推進していく予定です。</p> <p>2) 今回のフイージビリティスタディでは、これまでに並行して技術開発や検討が進められてきた複数の水素キャリア(高压水素ガス、液体水素、有機ハイドライド等)に着目し、製造・輸送・貯蔵・充填等水素社会インフラ全体を見据えた観点から、経済性評価や今後の普及に向けた課題抽出等を行う予定です。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし</p>

以上

【特許リスト】

70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	横浜ゴム(株)	特願 2010-021658	国内	2010/2/2	公開	水素充填用ホースと ホース金具のアッセン ブリ品の製造方法	大倉美恵

車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	サムテック (株) 日本重化学 工業(株)	特願 2010-080035	国内	2010/3/31	出願	熱処理容器、それを用 いた水素貯蔵タンクの 製造方法、それを用い て製造された水素貯蔵 タンク、並びに、それ を用いた酸化処理物の 製造方法	阪口善樹、西 脇秀晃、高橋 和也、東條千 太、角掛繁、 布浦達也
2	サムテック (株)	特願 2010-079949	国内	2010/3/31	出願	スピニング加工装置	原田敦、田中 慎一

水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	東京ガス(株) 日本特殊陶 業(株)	特願 2008-268672	国内	2008/10/17	公開	水素製造装置	梶谷昌弘他
2	東京ガス(株) 日本特殊陶 業(株)	特願 2008-270173	国内	2008/10/20	公開	水素製造装置	田中裕之他
3	東京ガス(株) 日本特殊陶 業(株)	特願 2009-273573	国内	2009/12/01	公開	水素製造装置	彦坂英昭他
4	東京ガス(株) 日本特殊陶 業(株)	特願 2009-273574	国内	2009/12/01	公開	水素製造装置	三矢耕平他
5	東京ガス(株) 日本特殊陶 業(株)	特願 2009-277080	国内	2009/12/04	公開	円筒形水素分離型改質 器における水素分離膜 用保護膜及びその形成 方法	黒川英人他
6	東京ガス(株) 日本特殊陶 業(株)	特願 2010-004982	国内	2010/01/13	出願	水素分離装置及び水素 分離装置の製造方法	彦坂英昭他
7	東京ガス(株) 日本特殊陶	特願 2010-061419	国内	2010/03/17	出願	水素製造装置	西井匠他

	業(株)						
8	東京ガス(株) 日本特殊陶業(株)	特願 2010-061561	国内	2010/03/17	出願	水素製造装置	西井匠他
9	東京ガス(株) 日本特殊陶業(株)	特願 2010-061679	国内	2010/03/17	出願	水素製造装置	西井匠他
10	東京ガス(株) 日本特殊陶業(株)	特願 2010-116959	国内	2010/05/21	出願	ガスシール複合体及び 該ガスシール複合体を 備えた装置	三矢耕平他
11	東京ガス(株) 日本特殊陶業(株)	特願 2010-116960	国内	2010/05/21	出願	ガス分離装置及びその 製造方法	彦坂英昭他

CO₂膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	(株)ルネッサ ンス・エナ ジー・リ サーチ	特 願 2009- 012353	国内	2009/1/22	公開	二酸化炭素分離装置	岡田 治 外 5 名
2	(株)ルネッサ ンス・エナ ジー・リ サーチ	PCT/JP2009/0 51000	PCT	2009/1/22	公開	CO ₂ 促進輸送膜及び その製造方法	岡田 治 外 5 名

ホウ素系水素貯蔵材料の開発

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	(株)豊田中央 研究所	特願 2009-156394	国内	2009/06/30	出願	水素化物複合体及び水 素貯蔵材料	松本満 他
2	(株)豊田中央 研究所	特願 2009-168302	国内	2009/07/16	出願	水素化物複合体及び水 素貯蔵材料	松本満 他

低コスト型70MPa級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	新日本石油(株) 国立大学法 人九州大学 サムテック (株)	特願 2009-067786	国内	2009/3/19	出願	複合容器の製造方法 及び複合容器の製造 装置	鬼鞍宏猷他
2	新日本石油(株) 国立大学法 人九州大学	特願 2009-268616	国内	2009/11/26	出願	複合容器の品質判定 装置および方法	鬼鞍宏猷他
3	新日本石油(株) 国立大学法 人九州大学	特願 2009-268617	国内	2009/11/26	出願	複合容器の製造試験 用ライナー、及び、 製造試験方法	鬼鞍宏猷他
4	新日本石油(株) 国立大学法 人九州大学 サムテック (株)	特願 2009-198238	国内	2009/12/28	出願	複合容器の製造方法	鬼鞍宏猷他
5	新日本石油(株) 国立大学法 人九州大学	PCT/JP2010/ 54858	PCT	2010/3/19	出願	複合容器の製造方法 及び製造装置	鬼鞍宏猷他

低コスト型70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	(株)日本製鋼 所	出願手続き中	国内	出願手続き 中	公開	高圧水素環境中き裂進 展評価装置	石垣良次他
2	(株)キッツ	6/30 出願済	国内	2010/06/30	出願	トラニオン型ボール弁	中崎幹雄
3	(株)キッツ	6/30 出願済	国内	2010/06/30	出願	高圧用回転弁の軸封止 構造	五味健 渡辺統
4	(株)キッツ	6/30 出願済	国内	2010/06/30	出願	バルブ作動機取付構造	五味健 他
5	(株)キッツ	6/30 出願済	国内	2010/06/30	出願	ボールバルブ	五味健 渡辺統
6	(株)山武		国内	予定	出願	水素ステーションの流 量調節弁(仮)	木原、林、中 村
7	(株)山武		国内	予定	出願	水素ステーションの制 御システム(仮)	石川、小幡、 吉田

都市型コンパクト水素ステーションの研究開発

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	清水建設(株)	特願 2008-194576	国内	2008/7/29	公開	水素関連施設	酒井喜則 他
2	清水建設(株)	特願 2008-329975	国内	2008/12/25	公開	水素燃焼制御システム	井上雅弘 他
3	清水建設(株)	特願 2009-028939	国内	2009/2/10	公開	爆風圧エネルギー変換 装置	尾熊紘而 他
4	清水建設(株)	特願 2009-036932	国内	2009/2/19	公開	水素関連施設	酒井喜則 他
5	清水建設(株)	特願 2009-123111	国内	2009/5/21	公開	水素取扱施設における 安全設備	吉澤善男 他
6	清水建設(株)	特願 2010-014269	国内	2010/1/26	公開	水素関連施設における 壁面構造	酒井喜則
7	清水建設(株)	特願 2010-112322	国内	2010/5/14	公開	爆風圧低減構造体	野津 剛 他

可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	(財)産業技術総合研究所	特願 2009-116118	国内	2009/05/13	出願	可視光応答性組成物と これを用いた光電極、 光触媒、光センサー	草間 仁他
2	(財)産業技術総合研究所	特願 2009-128700	国内	2009/05/28	出願	可視光応答性組成物と これを用いた光電極、 光触媒、光センサー	草間 仁他
3	(財)産業技術総合研究所	特願 2009-128704	国内	2009/05/28	出願	可視光応答性組成物と これを用いた光電極、 光触媒、光センサー	草間 仁他
4	(財)産業技術総合研究所	特願 2009-128711	国内	2009/05/28	出願	可視光応答性組成物と これを用いた光電極、 光触媒、光センサー	草間 仁他
5	(財)産業技術総合研究所	特願 2009-128709	国内	2009/05/28	出願	可視光応答性組成物と これを用いた光電極、 光触媒、光センサー	草間 仁他
6	(財)産業技術総合研究所	特願 2009-203596	国内	2009/09/03	出願	表面改質処理により高 性能化された半導体光 触媒及びその製造方法 並びに該光触媒を用い た水素製造方法	三石 雄悟他

ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピロオーバー水素貯蔵に関する研究開発

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	(株)日産自動車 東北大 (株)新日鐵化学	特願 2008-269764 国内優先 2009-127456	国内	2009/5/27	公開 特 開 2010- 120836	マイクロポーラス炭素系材料、マイクロポーラス炭素系材料の製造方法、吸着材及びマイクロポーラス炭素系材料を用いた水素吸蔵方法	伊藤仁, 京谷隆, 西原洋知, 侯鵬翔, 李莉香, 秦恭平, 水内和彦
2	(株)日産自動車 東北大 (株)新日鐵化学	特願 2008-45069 特願 2008-268753 国内優先 2009-40932 PCT/JP2009/53450	PCT	2009/2/24		マイクロポーラス炭素系材料、マイクロポーラス炭素系材料の製造方法及びマイクロポーラス系炭素材料を用いた水素吸蔵方法	伊藤仁, 京谷隆, 西原洋知, 侯鵬翔, 李莉香, 秦恭平, 水内和彦
3	(株)日産自動車 東北大 (株)新日鐵化学	特願 2008-45069 特願 2008-268753 国内優先 2009-40932	国内	2009/2/24	公開 特 開 2010- 115636	マイクロポーラス炭素系材料、マイクロポーラス炭素系材料の製造方法及びマイクロポーラス系炭素材料を用いた水素吸蔵方法	伊藤仁, 京谷隆, 西原洋知, 侯鵬翔, 李莉香, 秦恭平, 水内和彦

【論文リスト】

70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	田中誠一 門出政則	佐賀大学	高圧水素充てん過程の決定パラメータとその推定式の提案	自動車技術会論文集	無	2010/5

車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	渋谷直哉, 中村仁, 榎浩利, 秋葉悦男	産総研	High pressure hydrogenation properties of Ti-V-Mn alloy for hybrid hydrogen storage vessel	Journal of Alloys and Compounds, 475 (2009) 543-545.	有	2009/5

水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	白崎義則	東京ガス(株)	膜反応器を用いる高効率水素製造技術	クリーンエネルギー Vol.17, No.11 (2008) 1-6	無	2008/11
2	白崎義則	東京ガス(株)	Development of Membrane Reformer System for Highly Efficient Hydrogen Production from Natural Gas	International Journal of Hydrogen Energy 34 (2009) 4482-4487	有	2009/3
3	黒川英人	東京ガス(株)	CO ₂ 回収を伴う都市ガスからの高効率分散型水素製造	燃料電池 (夏号), Vol. 9, No. 1 (2009) 88-92	無	2009/7
4	黒川英人	東京ガス(株)	CO ₂ 分離回収を同時に行う高効率水素製造技術の実証	クリーンエネルギー Vol.18, No.1 (2009) 23-27	無	2009/11
5	黒川英人	東京ガス(株)	分散型水素製造におけるCO ₂ 分離回収の検討	FC Report (夏号), Vol. 28, No. 3 (2010)	無	2010/7

CO₂膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	K. Shimada, K. Kuzushita, E. Kamio, H. Matsuyama, N. Ohmura, S. Nishiyama, K. Mae, T. Maki, K. Fujiwara, S. Terada, T. Umegaki and O. Okada	(学)神戸大学、(株)ルネッサンス・エナジー・リサーチ	DEVELOPMENT OF ADVANCED REFORMING SYSTEM FOR H ₂ STATION USING CO CONVERTER EQUIPPED WITH CO ₂ SELECTIVE MEMBRANE II	2008 Fuel Cell Seminar & Exposition, P100	無	2008/10

ホウ素系水素貯蔵材料の開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	T. Noritake M. Aoki M. Matsumoto S. Towata	(株)豊田中央研究所	Crystal structure analysis of mixed complex hydrides for the hydrogen storage material development	SPring-8 User Experiment Report	無	2008/10
2	則竹達夫 青木正和 松本満 砥綿真一	(株)豊田中央研究所	水素貯蔵材料開発のための混合水素化物の結晶構造解析	SPring-8 重点産業利用課題報告書	無	2009/2
3	H.-W. Li T. Sato Y. Yan S. Orimo	東北大学金属材料研究所	Formation of intermediate compound with B ₁₂ H ₁₂ cluster: Experimental and theoretical studies on magnesium borohydride Mg(BH ₄) ₂	Nanotechnology 20 204013-1-7	有	2009/4
	K. Miwa N. Ohba S. Towata	(株)豊田中央研究所				
	T. Fujita M. W. Chen,	東北大学 WPI-AIMR				
4	H. Tanaka T. Kiyobayashi N. Kuriyama	産業技術総合研究所	Hazard assessment of complex hydrides as hydrogen storage materials	Int. J. Hydrogen Energy 34 (7) 3210-3218	有	2009/4
	K. Tokoyoda	太平洋セメント(株)				
	M. Matsumoto	(株)豊田中央研究所				
	Y. Suzuki	(株)日本カーリット				
5	T. Noritake S. Towata	(株)豊田中央研究所	The development of hydrogen	SPring-8 User	無	2009/7

	S. Orimo	東北大学金属材料研究所	storage materials by crystal structure analysis of light element hydride	Experiment Report		
6	Y. Yan H.-W. Li N. Umeda S. Orimo	東北大学金属材料研究所	Dehydriding and rehydriding properties of yttrium borohydride $Y(BH_4)_3$ prepared by liquid-phase synthesis	Int. J. Hydrogen Energy 34 (7) 5732-5736	有	2009/4
	T. Sato	東北大学 WPI-AIMR				
	K. Miwa S. Towata	(株)豊田中央研究所				
7	Z. Z. Fang X. D. Kang P. Wang	Shenyang National Laboratory for Materials Science, Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences	Unexpected dehydrogenation behavior of $LiBH_4/Mg(BH_4)_2$ mixture associated with the in situ formation of dual-cation borohydride	J. Alloys Compd. 491 L1-L4	有	2010/2
	H.-W. Li S. Orimo	東北大学金属材料研究所				
8	T. Noritake M. Aoki M. Matsumoto K. Miwa S. Towata	(株)豊田中央研究所	Crystal structure and charge density analysis of $Ca(BH_4)_2$	J. Alloys Compd. 491 57-62	有	2009/11
	H.-W. Li S. Orimo	東北大学金属材料研究所				
9	J. Sugiyama Y. Ikedo T. Noritake K. Miwa S. Towata	(株)豊田中央研究所	Microscopic indicator for thermodynamic stability of hydrogen storage materials provided by μ +SR	Phys. Rev. B 81 092103	有	2010/3
	O. Ofer T. Goko E. J. Ansaldo J. H. Brewer	TRIUMF				
10	M. Månsson	Laboratory for Neutron Scattering, Paul Scherrer Institut, ETH Zürich	Microscopic indicator for thermodynamic stability of hydrogen storage materials provided by muon-spin spectroscopy	J. of Physics. Conference Series In press	有	2010
	K. H. Chow	Department of Physics, University of Alberta				

	J. Sugiyama Y. Ikedo T. Noritake K. Miwa S. Towata	(株)豊田中央研究所				
	O. Ofer T. Goko E. J. Ansaldo J. H. Brewer	TRIUMF				
	M. Månsson	Laboratory for Neutron Scattering, Paul Scherrer Institut, ETH Zürich				
	K. H. Chow	Department of Physics, University of Alberta				
11	青木正和 高橋直子 野中敬正 野崎洋 松本満 砥綿真一 李海文 折茂慎一	(株)豊田中央研究所 東北大学金属材料研究所	水素放出に伴う Mg(BH ₄) ₂ 中のBの化 学結合状態変化	九州シンク ロトロン光 研究セン ター成果報 告書	無	2010/5
12	則竹達夫 青木正和 松本満 砥綿真一 李海文 折茂慎一	(株)豊田中央研究所 東北大学金属材料研究所	高容量水素貯蔵材 料の結晶構造解析	SPring-8 重 点産業利用 課題成果報 告書	無	2010/2
13	T. Noritake M. Aoki M. Matsumoto K. Miwa S. Towata H.-W. Li S. Orimo	(株)豊田中央研究所 東北大学金属材料研究所	Crystal structure change in the dehydrogenation process of the Li-Mg-N-H system	J. Alloys Compd. In press	有	審査中
14	池田一貴 李海文 折茂慎一	東北大学金属材料研究所	高密度水素貯蔵を 目指した水素化物 の材料設計と特性 評価	化学工業 60 51-55	無	2009/12

15	折茂慎一	東北大学金属材料研究所	燃料電池と水素貯蔵材料	金属材料の最前線 近未来を拓くキー・テクノロジー 第8章 241-259	無	2009/7
16	砥綿真一	(株)豊田中央研究所	ホウ素系水素貯蔵材料	水素貯蔵・吸蔵・貯蔵・輸送材料と安全化	無	2010/8 予定
	李海文 折茂慎一	東北大学金属材料研究所				

低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	木原、 中村、 山本	(株)山武	省エネ・環境と安全に貢献する調節弁のシール技術	トライボロジスト (日本トライボロジ学会誌) 特集号	無	2011/2

可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	Kazuhiro Sayama 他	産総研エネルギー技術研究部門	Effect of Carbonate Ions on the Photo-oxidation of Water over Porous BiVO ₄ Film Photoelectrode under Visible Light”	<i>Chem. Lett.</i> , 39 (2010) 17.	有	2010/1
2	H. Kusama, 他	産総研エネルギー技術研究部門	Combinatorial Search for Iron/Titanium-Based Ternary Oxides with a Visible-Light Response	<i>J. Comb. Chem.</i> 12 (2010) 356	有	2010/7
3	Yugo Miseki 他	産総研エネルギー技術研究部門	Highly efficient WO ₃ photocatalysts modified by alkaline ion for water splitting	<i>J. Phys. Chem. Lett.</i> , 1 (2010) 1196	有	2010/3
4	Yugo Miseki 他	産総研エネルギー技術研究部門	Significant Effects of Anion in Aqueous Reactant Solution on Photocatalytic O ₂ Evolution and Fe(III) Reduction	<i>Chem. Lett.</i> , in press.	有	2010/8

非貴金属化合物を用いた水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計および開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	Koichi Matsuzawa, Chikako Igarashi, Shigenori Mitsushima, Ken-ichiro Ota	Yokohama National University	Non-precious metal electrocatalyst for oxygen evolution in polymer electrolyte water electrolysis	ECS Trans., 25 (23) 119-124	無	2010/1

高効率水素液化磁気冷凍の研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	松本宏一	金沢大	High sensitive capacitive liquid hydrogen level meter	Cryogenics	有	2010/11 予定
2	松本宏一	金沢大	Magnetic Refrigeration For Hydrogen Liquefaction	Proceeding of International Cryogenic Engineering Conference	有	2010/12 予定
3	中山祐介	大阪大	Experimental study of Active Magnetic Regenerator (AMR) composed of spherical GdN	Cryocoolers [投稿済み]	有	2010
4	李晶	NIMS	Numerical modeling on a reciprocating Active Magnetic Regenerator Refrigeration	Cryocoolers [投稿済み]	有	2010
5	松本宏一	金沢大	Magnetocaloric effect, specific heat and entropy of iron-substituted gadolinium gallium garnets $Gd_3(Ga_{1-x}Fe_x)_5O_{12}$	Japanese Journal of Applied Physics, vol. 48, no. 11 (2009) 113002.	有	2009
6	松本宏一	金沢大	Magnetic refrigerator for hydrogen liquefaction	Journal of Physics: Conference Series, vol. 150 (2009) 012028.	有	2009/11
7	松本宏一	金沢大	Numerical analysis of active magnetic regenerators for hydrogen magnetic refrigeration between 20 and 77 K	Journal of Physics: Conference Series, vol. 150 (2009) 012028.	有	2009/3
8	李晶	NIMS	Numerical modeling on an Active Magnetic Regenerator Refrigeration	Cryogenics [投稿済み]	有	2009

9	沼澤健則	NIMS	Development of a Magnetic Refrigerator for Hydrogen Liquefaction	Advances in Cryogenic Engineering, vol. 53 (2008) 1183-1189.	有	2008/3
---	------	------	--	--	---	--------

水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	栗飯原周二	東京大学	Coupled Numerical Model of Gas- Decompression and Unstable Ductile Crack Propagation in High-Pressure Gas Pipelines	Pipeline Technology 2009, Ostend, Belgium, Oct. 12-14, 2009, Paper No. Ostend2009-009.	無	2009/10
2	栗飯原周二	東京大学	Full-Scale Burst Test of Hydrogen Gas X65 Pipeline	International Pipeline Conference IPC2010, Sept. 2010, Calgary Canada, IPC2010-31235, ASME.	有	2010/9
3	栗飯原周二	東京大学	A New Model for Dynamic Crack Propagation and Arrest in Gas Pipelines	International Pipeline Conference IPC2010, Sept. 2010, Calgary Canada, IPC2010-31475, ASME	有	2010/9

超高压水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	Riki Kataoka Atsunori Kamegawa Hitoshi Takamura Masuo Okada	東北大学大学院 工学研究科	High Pressure Synthesis of Novel $Mg(Ni_{1-x}Cu_x)_2$ Hydrides ($x=0-0.2$)	Mater. Trans., 50(5), 1179-1182.	有	2009/5
2	Masatsugu Kawakami Takahiro Kuriwa Atsunori Kamegawa Hitoshi Takamura Masuo Okada	東北大学大学院 工学研究科	Optimum Hydrogen Desorption Properties in LiH-LiOH Composites	Mater. Trans., 50(7), 1855-1858.	有	2009/7

	Tomohiro Kaburagi	日産自動車				
3	Riki Kataoka Takahiro Kuriwa Atsunori Kamegawa Hitoshi Takamura Masuo Okada	東北大学大学院 工学研究科	High Pressure Synthesis of Hydride in Li-Y System	Mater. Trans., <u>50</u> (8), 2069-2072.	有	2009/8
4	Yasutaka Kamata Takahiro Kuriwa Atsunori Kamegawa Masuo Okada	東北大学大学院 工学研究科	Effect of Cu or Ti Substitution in MgNi on Crystal Structure and Hydrogen Absorption-Desorption Properties	Mater. Trans., <u>50</u> (8), 2064-2068.	有	2009/8
5	Xiao Yang Nobuhiko Takeichi Kenji Shida Hideaki Tanaka Nobuhiro Kuriyama Tetsuo Sakai	産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門	Novel Mg-Zr-A-H (A = Li, Na) hydrides synthesized by a high pressure technique and their hydrogen storage properties	J. Alloys Comp.	有	2010/3 投稿

ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピルオーバー水素貯蔵に関する研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	西原洋知 京谷隆	東北大	ゼオライト鑄型炭素による水素吸蔵	燃料電池, 9, 37-42 (2009).	無	2009/7
	伊藤仁 内山誠	日産				

Mg および Ti 系相分離型高容量水素吸蔵合金の設計と実証に係る技術開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	久慈俊郎	東海大 開発工	Synthesis of Mg-Al Alloys by Bulk Mechanical Alloying and Their Hydrogen Solubility	Materials Transactions 49, 2679-2685	有	2008
2	久慈俊郎	東海大 開発工	Improvement of MgAl alloys for hydrogen storage applications	International Journal of Hydrogen Energy 34, 1937-1943	有	2009
3	佐藤正志	東海大工	Effect of H ₂ Flow Rate on the Plasmatic Synthesis of Al Hydride	<i>Proc. 10th International Symposium on Sputtering & Plasma Processes</i>	有	2009
4	佐藤正志	東海大工	Phase separation assists the destabilisation of MgH ₂ : Mg ₁₇ Al ₁₂ -H system.	to be published in American Journal of Chemical Society	有	投稿準備中
5	佐藤正志	東海大工	Nano-crystalline growth of Mg-Al intermetallics	to be published in Nanotechnology	有	投稿準備中
6	村上貴洋	東海大工	ボールミリング法により作製した BCC-TiAlMg 合金の水素親和性	to be published in Trans. JIM	有	投稿準備中

水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	國分裕一	(財) エネルギー総合工学研究所	高圧水素の輸送にかかわるコストとエネルギー効率	水素エネルギーシステム VOL. 34 NO. 4	有	2009/12

【外部発表リスト】

70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	舘 勇希	東邦ガス(株)	70MPa 水素ステーションの建設と技術開発の取り組みについて	都市ガスシンポジウム（主催：日本ガス協会）	2010/6/8
2	田中誠一	佐賀大学	高圧水素急速充填中の容器内水素の熱的特性	日本機械学会長崎講演会	2009/10/10
3	田中誠一	佐賀大学	高圧水素貯蔵容器における水素放出中の熱特性	第 29 回水素エネルギー協会大会	2009/12/3
4	大倉美恵	横浜ゴム(株)	超高压充填用ホースの展出 (※NEDO および岩谷瓦斯ブースでの展出)	第 6 回国際水素・燃料電池展「FC EXPO 2010」	2010/3/3-5
5	梅田良人 ほか	東邦ガス(株)	70MPa ステーション完成発表	■新聞社 日本経済新聞 朝日新聞、読売新聞 毎日新聞、日刊工業新聞 中部経済新聞、電気新聞 岐阜新聞、伊勢新聞 北海道新聞	2010/3/16
				中日新聞	2010/3/19
				ガスエネルギー新聞	2010/3/24
				日経産業新聞	2010/4/5
				■テレビ NHK	2010/3/15
6	-	横浜ゴム(株)	高圧水素ガス用ホース 1bar HG70 開発に関するニュースリリース	重化学工業会記者クラブへのプレス発表	2010/4/22
				ゴム報知新聞 ゴムタイムス	2010/4/26
				ゴム化学新聞 ガスエネルギー新聞	2010/5/5
				工業ガス専門誌ガスレビュー	2010/5/15

車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	秋葉悦男, 中村仁, 岩瀬謙二, Chai Yujun, 榎浩利, 榎浩司, 浅野耕太, 中村優美子	産総研	Crystal Structures and Hydrogenation Behaviors of the RMn (3<n<5) (R=La, Mg; M=Ni, Co) ``Superlattice'' Alloys	口頭発表 2009MRS Fall Meeting (ボストン, 米国)	2008/12
2	秋葉悦男	産総研	新しいMetal Hydridesの探索あるいは創製	口頭発表 日本金属学会 春期大	2009/3

				会 (東京工業大学)	
3	秋葉悦男	産総研	高性能な水素貯蔵材料の実現に向けて	口頭発表 日本金属学会 春期大会 (東京工業大学)	2009/3
4	上條亮毅, Leng Haiyan, 秋葉悦男	産総研	Ti-V-Mn 三元系合金の水素吸蔵特性	口頭発表 日本金属学会 春期大会 (東京工業大学)	2009/3
5	秋葉悦男	産総研	水素の貯蔵輸送と水素貯蔵材料	総説 伝熱, 48 (2009) 20-25.	2009/4
6	秋葉悦男	産総研	水素吸蔵合金および水素吸蔵技術の現状と課題	総説 触媒, 51 (2009) 287-291.	2009/6
7	布浦達也, 角掛繁, 寺下尚克	日重化	水素吸蔵合金と高圧複合容器によるハイブリッド貯蔵タンク	Semiconductor FPD World 2009. 8	2009/7
8	浅野耕太, 榎浩利, 秋葉悦男	産総研	Mg-Ti 系合金および水素化物の合成	口頭発表 材料における水素有効利用研究会 (北海道北見市)	2009/8
9	秋葉悦男	産総研	水素貯蔵材料	総説 工業材料, 58 (2010) 42-43.	2010/1
10	秋葉悦男	産総研	Investigation of hydrogen storage alloys and their application to on-board storage tank	口頭発表 4th Symposium Hydrogen & Energy (Wildhaus, スイス)	2010/1
11	角掛繁	日重化	HEV 用電池材料から燃料電池用水素タンクの開発まで	日本粉体工業技術協会 第3回 電池製造技術分科会	2010/1
12	秋葉悦男, 浅野耕太, 角掛繁, 布浦達也, 坂口善樹, 門出政則	産総研, 日重化, サムテック, 佐賀大	Development of hybrid tank system and investigation of hydrogen absorbing alloys	口頭発表 Materials Innovations in an Emerging Hydrogen Economy 2008 (フロリダ, 米国)	2010/2
13	角掛繁	日重化	高容量水素吸蔵合金とハイブリッド水素貯蔵タンクの開発	日本化学会第 90 春季年会 依頼講演	2010/3
14	浅野耕太, 中島典行, 榎浩利, 秋葉悦男	産総研	Ti-V-Mn 系合金中の BCC 相の格子定数と C14 相の生成が水素吸蔵性に及ぼす影響	口頭発表 日本金属学会 秋期大会 (北海道大学)	2010/9

水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	発表年月
1	白崎義則	東京ガス(株)	水素分離型改質器の開発	化学工学会 第40回秋季大会	2008/9
2	西井 匠	東京ガス(株)	Development of Highly Efficient Hydrogen Production Module with Membrane On Catalyst	2008 Fuel Cell Seminar & Exposition	2008/10
3	西井 匠	東京ガス(株)	触媒一体化モジュールの開発	第28回 水素エネルギー協会大会	2008/12
4	白崎義則	東京ガス(株)	Development of Distributed Highly-efficient Hydrogen Production System based on Membrane Reformer with CO ₂ Capture	HYPOTHESIS VIII	2009/4
5	黒川英人	東京ガス(株)	CO ₂ 回収を伴う都市ガスからの高効率分散型水素製造	第16回燃料電池シンポジウム	2009/5
6	黒川英人	東京ガス(株)	CO ₂ 回収を伴う都市ガスからの分散型水素製造	2009年都市ガスシンポジウム	2009/6
7	西井 匠	東京ガス(株)	Reforming Performance of Hydrogen Production Module Based on Membrane On Catalyst	9th International Conference on Catalysis in Membrane Reactors	2009/6
8	黒川英人	東京ガス(株)	分散型水素製造におけるCO ₂ 回収	第18回日本エネルギー学会大会	2009/7
9	黒川英人	東京ガス(株)	CO ₂ 回収を伴う高効率水素分離型リフォーマーの開発	化学工学会 第41回秋季大会	2009/9
10	黒川英人	東京ガス(株)	Highly Efficient Distributed Hydrogen Production from Natural Gas with CO ₂ Capture	2009 Fuel Cell Seminar & Exposition	2009/11
11	黒川英人	東京ガス(株)	分散型水素製造におけるCO ₂ 分離回収	第29回 水素エネルギー協会大会	2009/12
12	西井 匠	東京ガス(株)	触媒一体化モジュールの改質性能	第29回 水素エネルギー協会大会	2009/12
13	黒川英人	東京ガス(株)	分散型水素製造におけるCO ₂ 回収の検討	JFCA テクノフェスタ	2010/1
14	西井 匠	東京ガス(株)	水素製造用触媒一体化モジュールの改質性能[第一報]	化学工学会第75年会	2010/3
15	西井 匠	東京ガス(株)	水素製造用触媒一体化モジュールの改質性能[第二報]	化学工学会第75年会	2010/3
16	白崎義則	東京ガス(株)	メンブレンリフォーマーによる分散型水素製造とCO ₂ 回収の検討	日本鉄鋼協会 第159回春季講演大会	2010/3
17	井関孝弥	東京ガス(株)	A Compact Hydrogen Production Module with Membrane on Catalyst	NHA Hydrogen Conference & Expo	2010/5
18	黒川英人	東京ガス(株)	Demonstration of Highly-Efficient Distributed Hydrogen Production from Natural Gas with CO ₂	18 th World Hydrogen Energy Conference 2010	2010/5

			Capture		
19	高木保宏	日本特殊陶業(株)	Reforming Performance of Hydrogen Production Modules Based on Membrane On Catalyst	18 th World Hydrogen Energy Conference 2010	2010/5
20	矢加部久孝	東京ガス(株)	水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発	第17回燃料電池シンポジウム	2010/5

CO₂膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	T. Ishikawa, K. Shimada, O. Okada, S. Tsuruya, Y. Ichihashi and S. Nishiyama	(株)ルネッサンス・エネルギー・リサーチ	Strong effect of CO ₂ and H ₂ on the rate of water-gas shift reaction	5th International Conference on Environmental Catalysis (Belfast)	2008/8/31
2	島田敬子、寺本正明、神尾英治、葛下かおり、岡田治、曾谷知弘、松山秀人	(学)神戸大学、(株)ルネッサンス・エネルギー・リサーチ	CO ₂ 分離型メンブレンCO変成器に用いるCO ₂ 分離促進輸送膜の開発	化学工学会 第40回秋季大会	2008/9/24-26
3	K. Shimada, K. Kuzushita, E. Kamio, H. Matsuyama, N. Ohmura, S. Nishiyama, K. Mae, T. Maki, K. Fujiwara, S. Terada, T. Umegaki and O. Okada	(学)神戸大学、(株)ルネッサンス・エネルギー・リサーチ	DEVELOPMENT OF ADVANCED REFORMING SYSTEM FOR H ₂ STATION USING CO CONVERTER EQUIPPED WITH CO ₂ SELECTIVE MEMBRANE II	Fuel Cell Seminar 2008 (USA)	2008/10/26-30
4	岡田 治	(株)ルネッサンス・エネルギー・リサーチ	次世代型水素ステーションの開発	化学工学会姫路大会	2008/11/17
5	岡田 治	(株)ルネッサンス・エネルギー・リサーチ	CO ₂ 選択透過膜の水素製造プロセス	先端膜工学研究推進機構春季講演会	2009/3/9
6	島田敬子、寺本正明、神尾英治、葛下かおり、岡田 治、羽川和希、曾谷知弘、丸山達生、松山秀人	(株)ルネッサンス・エネルギー・リサーチ、(学)神戸大学	CO ₂ 分離促進輸送膜の開発とメンブレンリアクターへの応用	化学工学会 第74年会	2009/3/18-20
7	Kazuki Hagawa, Yoshikage Ohmukai, Tatsuo Maruyama, Keiko	(学)神戸大学、(株)ルネッサンス・エネルギー・	Application of membrane reactor	The Fifth Conference of Aseanian	2009/7/12-14

	Shimada, Kaori Kuzushita, Eiji Kamio, Masaaki Teramoto, Osamu Okada, Hideto Matsuyama	リサーチ	with CO ₂ - selective membrane to water gas reaction for H ₂ purificatio n	Membrane Socie	
8	Keiko Shimada, Kaori Kuzushita, Eiji Kamio, Masaaki Teramoto, Osamu Okada, Kazuki Hagawa, Yoshikage Ohmukai, Tatsuo Maruyama, Hideto Matsuyama	(学)神戸大学、 (株)ルネッサン ス・エナジー・ リサーチ	Development of facilitated transport membrane for CO ₂ separation at elevated temperature s.	The Fifth Conference of Aseanian Membrane Societ	2009/7/12- 14
9	牧泰輔	(学) 京都大学	マイクロリ アクターを 用いた触媒 反応場の設 計	化学工学会秋季大会 (展望講演)	2009/9/16
10	福田、工藤、牧、前	(学) 京都大学	金/酸化鉄触 媒の低温還 元処理に伴 う担体構造 変化とCO 変 性反応の活 性評価	化学工学会秋季大会	2009/9/17
11	前田友洋, 森 卓哉, 石 川哲也, 市橋祐一, 西山 覚	(学)神戸大学	水性ガスシ フト反応用 Cu-Zn-Al 触 媒に対する La 添加効果	第 104 回触媒討論会	2010/9/27- 30
12	岡田治	(株)ルネッサン ス・エナジー・ リサーチ	CO ₂ 選択透過 膜を用いた 次世代型水 素ステー ション膜の 開発	化学工学三支部合同北 九州大会	2010/10/26 -30
13	Osamu Okada, Kaori Kuzushita, Keiko Shimada, Eiji Kamio, Maiko Nakayama Satoru Nishiyama Katsutoshi Nagaoka Tetsuo Umegaki	(株)ルネッサン ス・エナジー・ リサーチ、 (学) 神戸大 学、(学) 大分 大学	Development of advanced catalysts for CO converter equipped with CO ₂ selective membrane	Fuel Cell Seminar 2009 (USA)	2009/11/16 -19
14	T. Ishikawa, K. Shimada, O. Okada, K. Taniya, T. Horie, S.	(学)神戸大学、 (株)ルネッサン ス・エナジー・	Gerium- Modificatio n of	The 11th International Symposium on Eco-	2010/1/9- 12

	Tsuruya, Y. Ichihashi, S. Nishiyama	リサーチ	Copper-Zinc Oxide-Alumina Catalysts for Water Gas Shift Reaction	Materials Processing and Design	
15	羽川 和希, 大向 吉景, 丸山 達生, 松山 秀人, 島田 敬子, 寺本正明, 神尾 英治, 岡田 治	(学)神戸大学、(株)ルネッサンス・エナジー・リサーチ	水素製造を目的としたCO ₂ 選択透過性膜を用いたメンブレンリアクターの性能評価	化学工学会 第75年会	2010/3/18-20

ホウ素系水素貯蔵材料の開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	青木正和 松本満 則竹達夫 大庭伸子 三輪和利 砥綿真一	(株)豊田中央研究所	Mg(BH ₄) ₂ +xMg(NH ₂) ₂ 混合体の水素放出特性	口頭発表 日本金属学会 2008 年秋期大会 (熊本大学)	2008/9
	李海文 折茂慎一	東北大学金属材料研究所			
2	李海文 菊池健太郎 中森裕子 折茂慎一	東北大学金属材料研究所	TiCl ₃ 添加によるマグネシウムポロハイドライドの水素貯蔵特性の向上	口頭発表 日本金属学会 2008 年秋期大会 (熊本大学)	2008/9
	青木正和 三輪和利 砥綿真一	(株)豊田中央研究所			
3	梅田尚義 巖義剛 李海文 佐藤豊人 池田一貴 折茂慎一	東北大学金属材料研究所	マグネシウムポロハイドライドの脱・再水素化特性に対する添加物の効果	口頭発表 日本金属学会 2008 年秋期大会 (熊本大学)	2008/9
	青木正和 三輪和利 砥綿真一	(株)豊田中央研究所			
4	折茂慎一	東北大学金属材料研究所	エネルギー利用を目指した錯体水素化物の材料設計”、化学工学会シンポジウム「燃料電池、太陽電池、二次電池等の電池およびその関連技術」	招待講演 化学工学会第40回秋季大会 (東北大学)	2008/9
5	S. Orimo H.-W. Li	東北大学金属材料研究所	Energy-related materials science on	招待講演 The 2008 Asian	2008/11

	M. Matsuo T. Sato K. Ikeda		metal borohydrides	Conference on Nanoscience and Nanotechnology (Singapore)	
6	砥綿真一	(株)豊田中央研究所	クリーンモビリティ燃料電池車の実用化 -水素貯蔵技術の進展-	特別講義 九州工業大学工学部総合システム工学科 (九州工業大学)	2008/12
7	M. Matsumoto K. Aoki T. Noritake K. Miwa N. Ohba S. Kitajima M. Satoh S. Towata	(株)豊田中央研究所	Liquid phase synthesis of magnesium amide and amide based hydrogen storage materials	口頭発表 3rd Symposium Hydrogen & Energy (EMPA)	2009/1
	H.-W. Li S. Orimo	東北大学金属材料研究所			
8	池戸豊 杉山純 則竹達夫 砥綿真一	(株)豊田中央研究所	ミュオンスピン回転・緩和法によるホウ素形錯体水素化物中のプロトンの解析	口頭発表 日本物理学会 2009 年春季大会 (立教大学)	2009/3
	E. J. Ansaldo	TRIUMF			
	J. H. Brewer	Univ. of British Columbia			
9	池戸豊 杉山純 則竹達夫 砥綿真一	(株)豊田中央研究所	ミュオンスピン回転・緩和法によるホウ素形錯体水素化物中のプロトンの解析	口頭発表 日本金属学会 2009 年春季大会 (東京工業大学)	2009/3
	E. J. Ansaldo	TRIUMF			
	J. H. Brewer	Univ. of British Columbia			
10	梅田尚義 Yan Yigang 李海文 池田一貴 折茂慎一	東北大学金属材料研究所	マグネシウムボロハイドライドの再水素化特性およびそれに対する添加物の効果	口頭発表 日本金属学会 2009 年春季大会 (東京工業大学)	2009/3
	佐藤豊人	東北大学 WPI-AIMR			
	青木正和 松本満 三輪和利 砥綿真一	(株)豊田中央研究所			
11	巖義剛 梅田尚義 李海文 折茂慎一	東北大学金属材料研究所	Thermodynamics and kinetics investigations of magnesium borohydride	口頭発表 日本金属学会 2009 年春季大会 (東京工業大学)	2009/3
	三輪和利 砥綿真一	(株)豊田中央研究所			

12	則竹達夫 青木正和 松本満 三輪和利 砥綿真一	(株)豊田中央研究所	Mg(BH ₄) ₂ +xMg(NH ₂) ₂ 混合 系の結晶構造解析	口頭発表 日本金属学会 2009 年春 期大会 (東京工業大学)	2009/3
	李海文 折茂慎一	東北大学金属材料 研究所			
13	三輪和利 青木正和 松本満 則竹達夫 砥綿真一	(株)豊田中央研究所	複合水素化物に対する 熱力学的安定性の第一 原理計算	口頭発表 日本金属学会 2009 年春 期大会 (東京工業大学)	2009/3
	李海文 折茂慎一	東北大学金属材料 研究所			
14	H.-W. Li M. Matsuo Y. Yan N. Umeda Y. Miura H. Oguchi M. Menjo K. Ikeda S. Orimo	東北大学金属材料 研究所	Metal borohydrides for energy storage	口頭発表 4th China-Japan hydrogen storage seminar (Guangzhou)	2009/4
	T. Sato	東北大学 WPI-AIMR			
15	S. Orimo	東北大学金属材料 研究所	Development of light- weight and compact hydrides	口頭発表 Task 22 IEA HIA Expert meeting AGENDA - SPRING 2009 (Jeju)	2009/4
16	H.-W. Li M. Matsuo Y. Yan N. Umeda Y. Miura H. Oguchi M. Menjo K. Ikeda S. Orimo	東北大学金属材料 研究所	Borohydrides for energy applications	口頭発表 4th UK-Japan Workshop on Solid-State Hydrogen Storage (東北大学)	2009/5
	T. Sato	東北大学 WPI-AIMR			
17	H.-W. Li	東北大学金属材料 研究所	Metal borohydrides, M(BH ₄) _n - thermodynamic stability depends on electronegativity of M-	ポスター発表 4th UK-Japan Workshop on Solid-State Hydrogen Storage (東北大学)	2009/5
18	H.-W. Li	東北大学金属材料 研究所	Magnesium borohydride, Mg(BH ₄) ₂ -synthesis, dehydrating and rehydrating properties-	ポスター発表 4th UK-Japan Workshop on Solid-State Hydrogen Storage (東北大学)	2009/5
19	S. Orimo	東北大学金属材料	Energy-related	ポスター発表	2009/7

		研究所	materials science on metal borohydrides	Gordon Research Conference (Hydrogen-Metal Systems) (Lucca)	
20	三輪和利	(株)豊田中央研究所	水素貯蔵材料の理論設計	招待講演 第22期Cammフォーラム7月例会 (東京)	2009/7
21	S. Orimo	東北大学金属材料研究所	Metal borohydrides for energy storage	招待講演 42nd IUPAC CONGRESS "Chemistry Solutions, Materials, Hydrogen Storage" (Glasgow)	2009/8
22	李海文 梅田尚義 Yan Yigang 佐藤翔平 池田一貴 折茂慎一	東北大学金属材料研究所	マグネシウムボロハイドライドの水素貯蔵機能	口頭発表 材料における水素有効利用研究会 (北見)	2009/8
	青木正和 松本満 則竹達夫 三輪和利 砥綿真一	(株)豊田中央研究所			
23	S. Orimo H.-W. Li M. Matsuo T. Sato K. Ikeda M. Menjo	東北大学金属材料研究所	Energy-related materials science on metal borohydrides	招待講演 THERMEC' 2009 International Conference on PROCESSING & MANUFACTURING OF ADVANCED MATERIALS	2009/8
	T. Sato	東北大学 WPI-AIMR			
24	S. Towata, K. Miwa, T. Noritake, M. Matsumoto, M. Aoki	(株)豊田中央研究所	Development of Solid State Hydride for Hydrogen Storage System of Fuel Cell Vehicles	招待講演 THERMEC' 2009 International Conference on PROCESSING & MANUFACTURING OF ADVANCED MATERIALS	2009/8
25	松本満 則竹達夫 青木正和 砥綿真一	(株)豊田中央研究所	Ca系複合水素化合物の合成と水素放出特性に関する研究	口頭発表 日本金属学会 2009年秋期大会 (京都大学)	2009/9
	李海文 折茂慎一	東北大学金属材料研究所			
26	梅田尚義 李海文 Yan Yigang 池田一貴 折茂慎一	東北大学金属材料研究所	再水素化条件の最適化による Mg(BH ₄) ₂ の水素貯蔵特性の解明	口頭発表 日本金属学会 2009年秋期大会 (京都大学)	2009/9

	青木正和 松本満 三輪和利 砥綿真一	(株)豊田中央研究所			
27	三輪和利 則竹達夫 青木正和 松本満 砥綿真一	(株)豊田中央研究所	第一原理計算による Mg(BH ₄)(NH ₂)の結晶構造 予測	口頭発表 日本金属学会 2009 年秋 期大会 (京都大学)	2009/9
	李海文 折茂慎一	東北大学金属材料 研究所			
28	兵藤義浩 梅田尚義 佐藤翔平 Yan Yigang 池田一貴 折茂慎一	東北大学金属材料 研究所	中間相の生成を伴う Mg(BH ₄) ₂ の脱水素化お よび再水素化特性	ポスター発表 日本金属学会 2009 年秋 期大会 (京都大学)	2009/9
	青木正和 松本満 三輪和利 砥綿真一	(株)豊田中央研究所			
29	巖義剛 梅田尚義 李海文 池田一貴 折茂慎一	東北大学金属材料 研究所	Synthesis and dehydrogenating/rehydrogenati ng properties of Y(BH ₄) ₃	ポスター発表 日本金属学会 2009 年秋 期大会 (京都大学)	2009/9
	佐藤豊人	東北大学 WPI-AIMR			
	三輪和利 砥綿真一	(株)豊田中央研究所			
30	H.-W. Li S. Orimo	東北大学金属材料 研究所	Development of light- weight and compact hydrides	口頭発表 Task 22 IEA HIA Expert meeting Paris - autumn 2009 (Paris)	2009/10
31	S. Orimo	東北大学金属材料 研究所	High-density hydrogen storage and lithium super-ionic conductivity in metal borohydrides	基調講演 5th IUPAC International Symposium on Novel Materials and Synthesis (NMS-V) &19th International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymers (FCFP-XIX) &3rd Symposium on Power Sources for Energy Storage and their Key Materials (PS-III: International) (Shanghai)	2009/10
32	J. Sugiyama	(株)豊田中央研究所	Muon-spin rotation/relaxation	招待講演 Advanced Science	2009/11

			study on hydrogen storage materials	Research Symposium 2009 (ASR2009), Positron, Muon and other exotic particle beams for material and atomic/molecular science (Tokai)	
33	S. Orimo	東北大学金属材料研究所	Stability and dynamics of metal borohydrides	招待講演 2009 MRS Fall Meeting (Boston)	2009/11
34	S. Orimo	東北大学金属材料研究所	The 4th LANL-NEDO-AIST Workshop - Hydrogen Storage Materials-	招待講演 2009 MRS Fall Meeting (Boston)	2009/12
35	K. Miwa T. Noritake M. Aoki, M. Matsumoto S. Towata	(株)豊田中央研究所	Structural and thermodynamical properties of double-anion complex hydride, $Mg(BH_4)(NH_2)$	ポスター発表 EMPA 4th Symposium Hydrogen & Energy (Wildhaus)	2010/1
	H.-W. Li S. Orimo	東北大学金属材料研究所			
36	S. Orimo	東北大学金属材料研究所	Physics and chemistry of hydrogen storage materials	招待講演 JAEA-Symposium on Synchrotron Radiation Research 2010 - Material Science on Metal Hydride- (佐用)	2010/2
37	砥綿真一, 三輪和利 青木正和 則竹達夫 松本満 蒲沢和也 杉山純	(株)豊田中央研究所	Development of borohydrides for hydrogen storage with advanced materials analyses	口頭発表 Internation Forum for Hydrogen Storage 2010 (東京)	2010/3
	李海文 折茂慎一	東北大学金属材料研究所			
38	S. Orimo	東北大学金属材料研究所	High-density hydrogen storage and lithium super-ionic conductivity in metal borohydrides	口頭発表 5th Japan-China hydrogen storage seminar (東京)	2010/3
39	H.-W. Li N. Umeda Y. Yan S. Orimo	東北大学金属材料研究所	Hydrogen desorption and reabsorption properties of $Mg(BH_4)_2$	ポスター発表 5th Japan-China hydrogen storage seminar (東京)	2010/3
	K. Miwa S. Towata	(株)豊田中央研究所			

40	Y. Yan N. Umeda H.-W. Li K. Ikeda S. Orimo	東北大学金属材料 研究所	Hydrogen storage properties of $Y(BH_4)_3$	ポスター発表 5th Japan-China hydrogen storage seminar (東京)	2010/3
	T. Sato	東北大学 WPI-AIMR			
	K. Miwa S. Towata	(株)豊田中央研究所			
41	則竹達夫	(株)豊田中央研究所	X線結晶構造解析による 水素貯蔵材料の開発	招待講演 平成21年度シンクロト ロン光利用者研究会 第 3回粉末回析グループ 利用者 研究会 (ウイック愛知)	2010/3
42	三輪和利 青木正和 則竹達夫 松本満 砥綿真一	(株)豊田中央研究所	複合水素化物 $LiBH_4/MgH_2$ に対する分 子動力学計算	口頭発表 日本金属学会 2009 年秋 期大会 (筑波大学)	2010/3
	李海文 折茂慎一	東北大学金属材料 研究所			
43	松村大樹 大山隆啓 岡島由佳 西畑保雄	原子力機構	X線吸収分光による $Mg(BH_4)_2$ の水素貯蔵特 性における $TiCl_3$ 添加 効果の解明	口頭発表 日本金属学会 2009 年秋 期大会 (筑波大学)	2010/3
	李海文 池田一貴 折茂慎一	東北大学金属材料 研究所			
44	Y. Yan H.-W. Li M. Menjo K. Ikeda S. Orimo	東北大学金属材料 研究所	Enhanced dehydriding and rehydriding properties of $LiBH_4$ by Ni addition	口頭発表 日本金属学会 2009 年秋 期大会 (筑波大学)	2010/3
	K. Miwa S. Towata	(株)豊田中央研究所			
45	李海文 梅田尚義 Y. Yan 佐藤翔平 池田一貴 折茂慎一	東北大学金属材料 研究所	水素貯蔵材料としての マグネシウムボロハイ ドライド — 単相合成、脱・再水 素化特性、添加物効果 —	口頭発表 日本金属学会 2009 年秋 期大会 (筑波大学)	2010/3
	松本満 青木正和 則竹達夫 三輪和利 砥綿真一	(株)豊田中央研究所			

ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	発表年月
1	寺下尚克 角掛繁 榊浩司 中村優美子 秋葉悦男	日重化 日重化 産総研 産総研 産総研	(Mg _{1-x} Pr _x) Ni ₂ 系 C15 _b 型 ラーベス相合金の水素 化特性	口頭発表 日本金属学会 2009 年春季大会 (東 京工業大学)	2009/3/29
2	寺下尚克 角掛繁 榊浩司 中村優美子 秋葉悦男	日重化 日重化 産総研 産総研 産総研	REMgNi ₄ 系 C15 _b 型ラーベ ス相の水素化特性 (RE=La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd)	口頭発表 日本金属学会 2009 年秋季大会 (京 都大学)	2009/9/16
3	榊浩司 中村優美子 秋葉悦男 寺下尚克 角掛繁	産総研 産総研 産総研 日重化 日重化	In-Situ XRD 測定によ る Mg _{2-x} Re _x Ni ₄ 系 (Re=La, Pr, Nd) C15b ラーベス 相合金の結晶構造変化 の解析	口頭発表 日本金属学会 2010 年春季大会 (筑 波大学)	2010/3/29
4	榊浩司 中村優美子 秋葉悦男 寺下尚克 角掛繁	産総研 産総研 産総研 日重化 日重化	Dependence of the chemical composition on the crystal structure of Mg _{2-x} RE _x Ni ₄ (RE: La, Pr, Nd, Sm, Gd, x=0.6, 1.0) hydride	口頭発表 International Symposium on Metal-Hydrogen Systems (MH 2010, Moscow, Russia)	2010/7/19- 23
5	寺下尚克 角掛繁 榊浩司 中村優美子 秋葉悦男	日重化 日重化 産総研 産総研 産総研	Hydrogenation properties of the ternary compounds Mg _{2-x} Pr _x Ni ₄ and MgRENi ₄ (0.6 ≤ x ≤ 1.4, RE: La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd)	ポスター発表 International Symposium on Metal-Hydrogen Systems (MH 2010, Moscow, Russia)	2010/7/19- 23
6	榊浩司 中村優美子 秋葉悦男 寺下尚克 角掛繁	産総研 産総研 産総研 日重化 日重化	C15b 型ラーベス相合金 Mg _{0.8} Pr _{1.2} Ni ₄ の水素吸蔵 特性と水素誘起アモル ファス化	口頭発表 日本金属学会 2010 年秋期大会 (北 海道大学)	2010/9/25- 27

低コスト型 7 O M P a 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	岡崎順二	J X 日 鋳 日石エネ ルギー(株)	7 O M P a 級水素ガス 充填対応型複合容器の 開発	福岡水素エネルギー戦略会議平成 2 1 年度研究分科会 (第 5 回)	2010/2/19
2	中川 幸次郎	J X 日 鋳 日石エネ ルギー(株)	Nippon Oil's activities toward realization of hydrogen society	World Hydrogen Energy Conference 2010	2010/5/20

低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	和田	日本製鋼所	高容量化に対応した超高压水素蓄圧器の開発（仮題）	学術振興会第 129 委員会	2010/12
2	木原	(株)山武	Some issues on control valve application under high pressure hydrogen atmosphere	Hydrogenius Tribology Symposium	2010/2
3	吉田、山本	(株)山武	水素ステーション計装制御システムおよび高压水素用流量調節弁	FC EXPO 2010	2010/3

可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	佐山和弘ら	産総研エネルギー技術RI	光触媒・電解ハイブリッドシステムによる太陽光利用水素製造	電気学会、第 4 回新エネルギーシンポジウム、つくば	2009/03
2	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	2050年の夢技術：光からエネルギー、挑戦続く	日刊工業新聞	2009/05
3	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	技術で社会を先導 産総研 R&D 次世代の低コスト太陽エネルギー変換システム	日刊工業新聞	2009/11
4	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	人工光合成	日刊工業新聞 テクノ編集局	2010/01
5	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	セシウムで表面処理した高性能光触媒を開発ー太陽光を用いた新しい水素製造システムの実現に近づくー	プレスリリース	2010/03
6	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	酸化タングステン光触媒反応活性 10 倍以上	日刊工業新聞	2010/03
7	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	太陽光による水素製造システムに道、高性能光触媒	日経産業新聞	2010/03
8	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	水素製造向け新光触媒	化学工業日報	2010/03
9	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	NHK ニュースワイド茨城	テレビ報道	2010/03
10	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	Introduction of the researches on Photoelectrochemical and photo catalytic H2	IEA-HIA Annex-24 国際会議、米国・サンフランシスコ	2009/04

			production in Japan		
11	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	一革新的な太陽光エネルギー利用技術ー可視光応答型光触媒による水分解水素製造と環境浄化	時代を刷新する会、東京	2009/05
12	三石雄悟 雄悟、佐山和弘ら	産総研エネルギー技術RI	可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質電極による水分解水素製造の研究開発	東京	2009/07
13	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	太陽エネルギーの革新的利用ー光触媒を用いた環境浄化から水分解水素製造までー	表面科学会市民講座、東京	2009/08
14	佐山和弘ら	産総研エネルギー技術RI	多孔質半導体光電極による水分解水素製造における電解質の影響	電気化学会、東京	2009/09
15	三石雄悟、佐山和弘ら	産総研エネルギー技術RI	種々の金属塩水溶液中で水熱処理した W03 光触媒による Fe3+からの酸素生成反応	電気化学会 東京	2009/09
16	荒野大輔、佐山和弘ら	産総研エネルギー技術RI	W03 光触媒を用いた光触媒・電解ハイブリッドによる水素製造	触媒学会、宮崎	2009/09
17	三石雄悟、佐山和弘ら	産総研エネルギー技術RI	様々な金属塩水溶液で表面処理した W03 光触媒による Fe3+からの酸素生成反応	第 28 回固体・表面化学討論会、京都	2009/11
18	佐山和弘ら	産総研エネルギー技術RI	可視光応答性多孔質半導体光触媒による水分解の炭酸塩効果	光触媒シンポジウム、川崎	2009/12
19	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	太陽光水素製造および化学エネルギー貯蔵のための人工光合成技術	応用物理学会、神奈川	2009/03
20	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	太陽エネルギーの革新的利用ー光触媒を用いた環境浄化からの水分解水素製造まで	表面科学会東北支部市民講座、仙台	2009/08
21	佐山和弘	産総研エネルギー技術研究部門	可視光応答性の半導体光触媒および光電極による水分解水素製造システム	電気学会誌 78 (2010) 64	2010/01
22	佐山和弘他	産総研エネルギー技術研究部門	半導体光触媒および光電極による水分解水素製造システムー人工光合成ー	クリーンエネルギー 19 (2010) 39	2009/12
23	佐山和弘他	産総研エネルギー技術研究部門	人工光合成技術による水素製造	高圧ガス 47 (2010) 10	2010/01

非貴金属化合物を用いた水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計および開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	五十嵐 千香子, 松澤 幸一, 光島 重徳, 太田 健一郎	横浜国立大学	部分酸化処理した非貴金属材料の酸素発生触媒能評価	2009 年 電気化学秋季大会	2009/9
2	Koichi Matsuzawa, Chikako Igarashi, Shigenori Mitsushima, Ken-ichiro Ota	Yokohama National University	Non-precious metal electrocatalyst for oxygen evolution in polymer electrolyte water electrolysis	216 th ECS Meetings	2009/10
3	山内 亨祐, 松澤 幸一, 光島 重徳, 太田 健一郎	横浜国立大学	硫酸中における Ta 系化合物薄膜の酸素発生触媒能評価	電気化学会第 77 回大会	2010/3

高効率水素液化磁気冷凍の研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	Koichi MATSUMOTO and Takenori NUMAZAWA	Kanazawa University and NIMS	Magnetic Refrigeration for Hydrogen Liquefaction	23 rd International Cryogenic Engineering Conference	2010/7
2	Yusuke Hirayama, Hiroyuki Okada, Takashi Nakagawa, Takao A Yamamoto, Takafumi Kusunose, Takenori Numazawa, Koichi Matsumoto, Toshio Irie, and Eiji Nakamura	Osaka University, Kanazawa University and NIMS	Experimental study of Active Magnetic Regenerator (AMR) composed of spherical GdN	16th International Cryocooler Conference	2010/5
3	Takenori Numazawa, Yuta Hirano, Hideyuki Hattori, Masamitsu Sobue, Kai	NIMS, Chiba University and Kanazawa University	Experimental Study for Hydrogen AMR Cycle	16th International Cryocooler Conference	2010/5

	Asamoto, Hideki Nakagome, and Koichi Matsumoto				
4	Jing LI, Takenori Numazawa, Hideki Nakagome, and Koichi Matsumoto	Chiba University , NIMS and Kanazawa Univeristy	Numerical modeling on a reciprocating Active Magnetic Regenerator Refrigeration	16th International Cryocooler Conference	2010/5
5	Koichi MATSUMOTO, Takuya KONDOH, and Takenori NUMAZAWA	Kanazawa University and NIMS	Numerical analysis of active magnetic regenerators for hydrogen magnetic refrigeration between 20 and 77 K	Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics	2009/12
6	Jing LI, Takenori NUMAZAWA, Hideki NAKAGOME, and Koichi MATSUMOTO	Chiba University , NIMS and Kanazawa Univeristy	Numerical modeling on an Active Magnetic Regenerator Refrigeration	Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics	2009/12
7	平野雄大、王 鵬、服部英之、 祖父江雅充、朝 本海、西村優 大、松本宏一、 沼澤健則	千葉大学、 金沢大学、 物質・材料 研究機構	水素磁気冷凍用 AMR サイクル 評価試験装置の構築	2009 秋季超電導・低 温工学会	2009/11/20
8	祖父江雅充、朝 本海、西村優 大、松本宏一、 沼澤健則	金沢大学、 物質・材料 研究機構	水素磁気冷凍用静電容量式液 面計の研究	2009 秋季超電導・低 温工学会	2009/11/20
9	朝本海、祖父江 雅充、西村優 大、松本宏一、 沼澤健則、森高 桂、入江年雄	金沢大学、 物質・材料 研究機構、 三徳	水素磁気冷凍用粒状化 RT2 系 磁気作業物質の特性	2009 秋季超電導・低 温工学会	2009/11/20
10	祖父江雅充、朝 本海、西村優 大、松本宏一、 沼澤健則	金沢大学、 物質・材料 研究機構	水素磁気冷凍用静電容量式液 面計の研究	2009 年度日本物理学 会北陸支部定例学術 講演会	2009/12
11	朝本海、祖父江 雅充、西村優 大、松本宏一、 沼澤健則、森高 桂、入江年雄	金沢大学、 物質・材料 研究機構、 三徳	水素磁気冷凍用粒状化 RT2 系 磁気作業物質の特性	2009 年度日本物理学 会北陸支部定例学術 講演会	2009. 12
12	祖父江雅充、近 藤卓矢、仙波直 人、松本宏一、 神谷宏治、沼澤 健則	金沢大学、 物質・材料 研究機構	MgB2 を用いた水素用液面計	2008 年度日本物理学 会北陸支部定例学術 講演会	2008/11

13	近藤卓矢、祖父江雅充、松本宏一、沼澤健則	金沢大学、物質・材料研究機構	水素用磁気冷凍 -AMR サイクルの解析 2-	2008 年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会	2008/11
14	近藤卓矢、祖父江雅充、松本宏一、沼澤健則	金沢大学、物質・材料研究機構	水素用磁気冷凍 -AMR サイクルにおける二次転移材料の転移温度制御 2-	2008 年度秋季 低温工学・超電導学会	2008/11
15	吉岡尚吾、近藤卓矢、神谷宏治、沼澤健則、中込秀樹、松本宏一	千葉大学、物質・材料研究機構、金沢大学	水素磁気冷凍 AMR サイクル用ガーネット磁性材料の検討	2008 年度秋季 低温工学・超電導学会	2008/11
16	K. Matsumoto, T. Kondo, S. Yoshioka, K. Kamiya, and T. Numazawa	Kanazawa University and NIMS	Magnetic refrigerator for hydrogen liquefaction	25th International Conference on Low Temperature Physics	2008/8
17	近藤卓矢、池田正和、祖父江雅充、松本宏一、神谷宏治、沼澤健則	金沢大学、物質・材料研究機構	水素用磁気冷凍 -AMR サイクルにおける二次転移材料の転移温度制御-	2008 年度春季 低温工学・超電導学会	2008/5
18	吉岡尚吾、近藤卓矢、松本宏一、神谷宏治、沼澤健則	千葉大学、金沢大学、物質・材料研究機構	AMR磁気冷凍機の開発 -実験結果とサイクルについて-	2008 年度春季 低温工学・超電導学会	2008/5
19	松本宏一、沼澤健則	金沢大、物質・材料研究機構	水素磁気冷凍機の開発の現状	超電導 Web21, 2009 年 6 月号 p. 9	2009/6
20	K. Matsumoto, T. Numazawa	金沢大、物質・材料研究機構	Present status of cryocooling/cold energy technology - Present status of the development of magnetic cryocooler for Hydrogen liquefaction -	Superconductivity Web21, October 15, 2009.	2009/10

水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	発表年月
1	粟飯原周二	東京大学	ガス減圧と動的破壊現象を連成した高圧ガスパイプライン高速延性き裂伝播シミュレーションモデルの開発	日本鉄鋼協会 第 156 回秋季講演大会、CAMP-ISIJ vol. 21 (2008)-1432	2008/9
2	粟飯原周二	同上	Unstable ductile fracture of hydrogen and methane gas pipelines	8th Int. Symp. Japan Welding Society, Kyoto, 18, Nov. 2008.	2008/11
3	粟飯原周二	同上	ガス減圧と動的破壊現象を連成した高圧ガスパイプライン高速延性き裂伝播シ	日本鉄鋼協会 第 157 回春季講演大会、CAMP-ISIJ vol. 22 (2009)-402	2009/3

			ミュレーションモデルによる伝播挙動解析		
4	栗飯原周二	同上	高圧ガスパイプライン高速延性き裂伝播シミュレーションモデルを用いたバースト挙動に対するバックフィル影響の評価	日本鉄鋼協会 第158回秋季講演大会、CAMP-ISIJ vol. 22 (2009)-1319	2009/9
5	栗飯原周二	同上	Unstable Crack Propagation and Arrest Behaviors in a Hydrogen Gas Pipeline Burst Test	CAMP-ISIJ vol. 23 (2010)-355	2010/3
6	栗飯原周二	同上	水素ガスパイプラインの不安定延性破壊試験	パイプラインの安全性に関するシンポジウム、東京	2010/3

超高圧水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	片岡 理樹 栗岩 貴寛 亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究科	超高圧合成法による新規Li-TM系水素化物の合成 (TM = Cr, Mn, Ni)	ポスター発表 MH利用開発研究会 平成20年度シンポジウム (滋賀県立大学)	2008/10
2	川上 真世 栗岩 貴寛 亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究科	超高圧法による新規RE-Pd系水素化物の探索 (RE = Y, La)	ポスター発表 MH利用開発研究会 平成20年度シンポジウム (滋賀県立大学)	2008/10
3	鎌田 康孝 栗岩 貴寛 亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究科	超高圧合成されたMgNi化合物の水素吸放出特性とCuおよびTi置換の影響	口頭発表 平成20年度材料における水素有効利用研究会 (ホテルアトールエメラルド宮古島, 沖縄)	2008/11
4	片岡 理樹 栗岩 貴寛 亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究科	超高圧合成法による新規Li-TM系水素化物の探索 (TM= Cr, Mn, Ni)	口頭発表 平成20年度材料における水素有効利用研究会 (ホテルアトールエメラルド宮古島, 沖縄)	2008/11
5	亀川 厚則	東北大学 大学院 工学研究科	超高圧合成法による新規水素化物の創製	口頭発表 第1回先端水素貯蔵材料研究交流会 ((独) 産業技術総合研究所関西センター, 大阪)	2009/1
6	片岡 理樹 八木 洋光 山家 勇一 栗岩 貴寛 亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究科	超高圧法による新規 Li-TM系水素化物の合成 (TM=Ti, V, Zr, Nb, Hf)	口頭発表 日本金属学会 2009年春期大会 (東京工業大学大岡山キャンパス)	2009/3
7	R. Kataoka	東北大学	High-Pressure Synthesis of	ポスター発表	2009/5

	T. Kuriwa A. Kamegawa M. Okada	大学院 工学研究 科	Novel Hydrides in Li-TM Systems. (TM= Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn)	UK-Japan Workshop (東北大学金属材料研 究所, 宮城)	
8	片岡 理樹 栗岩 貴寛 亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究 科	Li添加によるFCC-REH ₃ の安定 化(RE = Y, Gd, Dy)	口頭発表 平成21年度材料におけ る水素有効利用研究会 (サロマ湖鶴雅リゾー ト, 北海道)	2009/8
9	井上 亮史 片岡 理樹 栗岩 貴寛 亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究 科	超高压法による新規Mg-Y系金 属間化合物の合成	ポスター発表 第4回水素若手研究会 (関西大学, 大阪)	2009/8
10	井上 亮史 片岡 理樹 栗岩 貴寛 亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究 科	超高压法による新規Mg-Y系金 属間化合物の合成	ポスター発表 MH利用開発研究会 平成 21年度シンポジウム (大阪府立大学)	2009/9
11	片岡 理樹 栗岩 貴寛 亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究 科	Li添加によるFCC-REH ₃ 高圧相 の安定化(RE = Y, Dy, Gd)	ポスター発表 MH利用開発研究会 平成 21年度シンポジウム (大阪府立大学)	2009/9
12	竹市 信彦 志田 賢二 鄒 俊敏 田中 秀明 栗山 信宏 境 哲男	産業技術 総合研究 所	超高压下で合成したMg-V-Na 系水素化物の水素貯蔵特性と 結晶構造	口頭発表 日本金属学会 2009年秋 期大会 (京都大学吉田キャン パス)	2009/9
13	亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究 科	超高压合成法によるMg系新規 水素貯蔵材料の探索	口頭発表・基調講演 日本金属学会 2009年秋 期大会 (京都大学吉田キャン パス)	2009/9
14	N. Takeichi X. Yang J. Yan K. Shida H. Tanaka N. Kuriyama T. Sakai	産業技術 総合研究 所	Structural Analysis for novel Mg-based Hydrides Prepared by Gigapascal Hydrogen Pressure Method	ポスター発表 MRS 2009 Fall Meeting (Boston, USA)	2009/11
15	R. Kataoka T. Kuriwa A. Kamegawa M. Okada	東北大学 大学院 工学研究 科	FCC-REH ₃ high pressure phase stabilized by Li (RE = Y, Gd, Dy)	口頭発表 KINKEN-WAKATE2009 6th Materials Science School for Young Scientists (岩沼屋ホテル, 宮城)	2009/12
16	M. Kawakami T. Kuriwa A. Kamegawa M. Okada	東北大学 大学院 工学研究 科	High-Pressure Synthesis of Novel Hydrides in Pd-X Systems (X = Ba, Y, La)	口頭発表 KINKEN-WAKATE2009 6th Materials Science School for Young Scientists	2009/12

				(岩沼屋ホテル, 宮城)	
17	片岡 理樹 栗岩 貴寛 亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究 科	超高圧法による新規Li-TM系 水素化物の合成	口頭発表・受賞講演 MH利用開発研究会 平成 21年度第4回研究会 (大阪科学技術センタ ー)	2010/2
18	N. Takeichi X. Yang J. Yan K. Shida H. Tanaka N. Kuriyama T. Sakai	産業技術 総合研究 所	Structural Analysis for novel Mg-based Hydrides Prepared by Gigapascal Hydrogen Pressure Method	ポスター発表 5 th JAEA Symposium (SPRING-8, 兵庫)	2010/2
19	X. Yang N. Takeichi H. Tanaka N. Kuriyama T. Sakai	産業技術 総合研究 所	Hydrogen Storage Properties and Crystal Structural for novel FCC- type Mg-based Hydrides Prepared by Gigapascal Hydrogen Pressure Method	ポスター発表 5 th Japan-China Seminar on Hydrogen Storage Materials (東京国際交流館プラ ザ平成)	2010/3
20	竹市 信彦 楊 肖 志田 賢二 鄒 俊敏 田中 秀明 栗山 信宏 境 哲男	産業技術 総合研究 所	超高圧法で合成されたMg基水 素化物の結晶構造と水素貯蔵 特性	口頭発表 日本金属学会 2010年春 期大会 (筑波大学, 茨城)	2010/3
21	片岡 理樹 栗岩 貴寛 亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究 科	超高圧法による新規Li-TM系 水素化物の合成(TM = Nb, Ta)	口頭発表 日本金属学会 2010年春 期大会 (筑波大学, 茨城)	2010/3

ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピルオーバー水素貯蔵に関する研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1		東北大 日産	東北大が水素吸着の炭素物質 を開発、日産と燃料電池へ利 用へ	日本経済新聞朝刊第 13 面	2009/3
2		東北大	東北大がゼオライトを鑄型と するカーボン材料の開発に成 功	日経産業新聞第 19 面	2009/3
3		東北大	東北大がゼオライトを鑄型と するカーボン材料の開発に成 功	日経産業新聞 online	2009/4
4		東北大	東北大が開発したゼオライト を鑄型が、新たなエネルギー 貯蔵材料として紹介される	東日本放送「東北大学 の新世紀」にて放映	2009/12
5	S. Ittisanronnacha i	東北大	The mechanism of H ₂ storage through spillover in Pt- loaded zeolite-templated	ポスター発表 第 36 回 炭素材料学会 年会	2009/12

	H. Nishihara Li.-X. Li T. Kyotani		carbons	(仙台戦災復興記念館)	
	M. Ito T. Kaburagi M. Uchiyama	日産			
6	S. Ittisanronnachai H. Nishihara Li.-X. Li T. Kyotani	東北大	Enhanced H ₂ adsorption at 25 ° C on porous carbons by platinum loading	ポスター発表 第 9 回東北大学多元物質科学研究所研究発表会 (東北大学) ※ポスター賞受賞	2009/12
	M. Ito T. Kaburagi M. Uchiyama	日産			
7	S. Ittisanronnachai H. Nishihara Li.-X. Li T. Kyotani	東北大	High Pressure Hydrogen Storage in Zeolite Templated Carbon	招待講演 CIMTEC 5 th Forum on New Materials (Palazzo dei Congressi, Montecatini Terme)	2010/6
	M. Ito	日産			

Mg および Ti 系相分離型高容量水素吸蔵合金の設計と実証に係る技術開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	発表年月
1	久慈俊郎	東海大 開発工	MA による Mg-Al 系水素吸蔵合金の創製とその特性	日本金属学会 2008 年秋期大会	2008/9
2	久慈俊郎	東海大 開発工	ボールミリングで作製したナノ構造 MgAl 合金の結晶化挙動とその水素吸蔵特性	軽金属学会第 115 回秋期大会	2008/10
3	佐藤正志	東海大工	Plasma Driven Synthesis of Al Hydride Thin Film	<i>The 4th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia</i>	2008/10
4	佐藤正志	東海大工	Effect of H ₂ Flow Rate on the Plasmatic Synthesis of Al Hydride	<i>The 4th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia</i>	2008/10
5	久慈俊郎	東海大 開発工	Mg および Ti 系相分離型高容量水素吸蔵合金の設計と実証に関わる研究開発	水素貯蔵フォーラム 2009	2009/2
6	佐藤正志	東海大工	Recent Research Activity	Einladung zum seminar: Fortschritte in der Physikalischen Chemie, Institute fuer Physikalische Chemie der Universitaet Wien	2009/3
7	佐藤正志	東海大工	相分離を呈する Mg ₁₇ Al ₁₂ 合金の可逆的水素吸蔵特性	日本金属学会 2009 年春期大会	2009/3

8	佐藤正志	東海大工	Mg ₁₇ Al ₁₂ 金属間化合物の水素吸蔵特性	2009 年春季第 57 回応用物理学関係 連合講演会	2009/4
9	佐藤正志	東海大工	Effect of H ₂ Flow Rate on the Plasmatic Synthesis of Al Hydride	<i>The 10th International Symposium on Sputtering & Plasma Processes</i>	2009/7
10	佐藤正志	東海大工	相分離を呈する Mg ₁₇ Al ₁₂ の水素吸放出に関する熱力学的特性	2009 年秋季第 70 回応用物理学学会学術講演会	2009/9
11	佐藤正志	東海大工	Thermodynamic Behaviour of Mg- or Ti- Based Alloy - H ₂ Systems	<i>5th Japan-China Seminar on Hydrogen Storage Materials</i>	2010/3
12	村上貴洋	東海大 開発工	ボールミリング法により作製した BCCTiAlMg 合金の水素親和性	日本金属学会 2010 年春期大会	2010/3
13	佐藤正志	東海大工	バルクメカニカルアロイング(BMA)による Mg ₁₇ Al ₁₂ 金属間化合物の合成	粉体粉末冶金協会平成 22 年度春季大会(第 105 回講演大会)	2010/5
14	佐藤正志	東海大工	Mg-Zn 系相分離型モデルによる MgH ₂ の熱力学的不安定化	2010 年秋季第 71 回応用物理学学会学術講演会	2010/9
15	佐藤正志	東海大工	Mg ₁₇ Al ₁₂ の水素吸収に伴う相分離反応の熱力学的考察	日本金属学会 2010 年秋季大会	2010/9

水素エネルギーシステムの社会的便益に関する研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	斉藤文 板岡健之 赤井誠	みずほ情報総研 産総研	クリーン自動車の環境性能に対する支払意志額調査結果の適用方法の検討	環境経済・政策学会 2008 年大会 口頭発表	2008/9
2	斉藤文 板岡健之 赤井誠	みずほ情報総研 産総研	クリーン自動車の導入における外部便益の比較分析：ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド車、電気自動車、燃料電池自動車	環境経済・政策学会 2008 年大会 口頭発表	2009/9

水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	國分裕一	(財) エネルギー総合工学研究所	水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ(高圧水素を中心として)	第 29 回水素エネルギー協会大会	2009/12/3

【受賞リスト】

水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発

番号	受賞者	所属	受賞タイトル名 (報道 見出し等)	主催者名 (報道機関)	受賞年月 (報道年月日)
1	東京ガス		CO ₂ 排出を半減	朝日新聞	2008/8/27
2	東京ガス		水素製造時のCO ₂ 回収	ガスエネルギー新聞	2009/3/11
3	東京ガス		水素製造時のCO ₂ 回収	日本経済新聞	2009/3/13
4	東京ガス		水素製造時CO ₂ 回収	日本経済産業新聞	2009/3/13
5	東京ガス		東ガス、CO ₂ 半減	日刊工業新聞	2009/3/13
6	東京ガス		東ガス 水素製造と同時にCO ₂ 分離回収	ビジネスアイ	2009/3/13
7	東京ガス		CO ₂ を同時回収・半減	化学工業新聞	2009/3/13
8	東京ガス		水素製造時にCCS	電気新聞	2009/3/13
9	東京ガス		CO ₂ 排出量を半減	ガスエネルギー新聞	2009/3/18

CO₂膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発

番号	受賞者	所属	受賞タイトル名	主催者名	受賞年月
1	岡田治	(株)ルネッサンス・エナジー・リサーチ	JVA2010環境特別賞	(独) 中小企業基盤整備機構	2010/2/2
2	(株)ルネッサンス・エナジー・リサーチ		経済産業省産業クラスター計画 関西フロンランナー大賞 2010	(財) 関西情報・産業活性化センター ネオクラスター推進共同体	2010/2/23

超高圧水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発

番号	受賞者	所属	受賞タイトル名	主催者名	受賞年月
1	片岡 理樹 栗岩 貴寛 亀川 厚則 岡田 益男	東北大学 大学院 工学研究科	平成 21 年度シンポジウム 優秀賞	MH利用開発研究会	2009, 9

ゼオライト鑄型炭素をベースとしたスピルオーバー水素貯蔵に関する研究開発

番号	受賞者	所属	受賞タイトル名	主催者名	受賞年月
1	S. Ittisanronnachai	東北大	第 9 回多元物質科学研究所研究発表会ポスター賞 『Enhanced H ₂ adsorption at 25 ° C on porous carbons by platinum loading』	東北大学多元物質科学研究所	2009, 12

2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(中間評価)

2008年度～2009年度 2年間

(事業原簿は、2010年6月末で整理)

プロジェクトの概要(公開)

NEDO 新エネルギー部

2010年8月25日(水)

発表内容

<午前の公開セッション>

- I. 事業の位置づけ・必要性
- II. 研究開発マネジメント
- III-1. 研究開発成果の概要
- IV-1. 実用化、事業化の見通しの概要

NEDOより
報告

<午後の非公開セッション>

- III-2. 研究開発成果
- IV-2. 実用化、事業化の見通し

個別テーマ毎に
実施者より報告

1. 事業の位置付け・必要性

【社会的背景 [水素エネルギー社会実現の意義]】

- ☆我が国のエネルギー供給の安定化・効率化
- ☆Cool Earth推進構想(CO₂の排出半減)
- ☆都市部等地域環境問題(例 NO_x、粒子状物質等)の解決

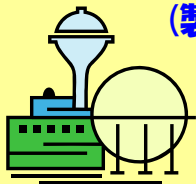
水素トレーラー
(輸送)



水素スタンド
(貯蔵・充填)



水素製造プラント
(製造)



燃料電池自動車
定置用燃料電池システム
(利用・貯蔵)



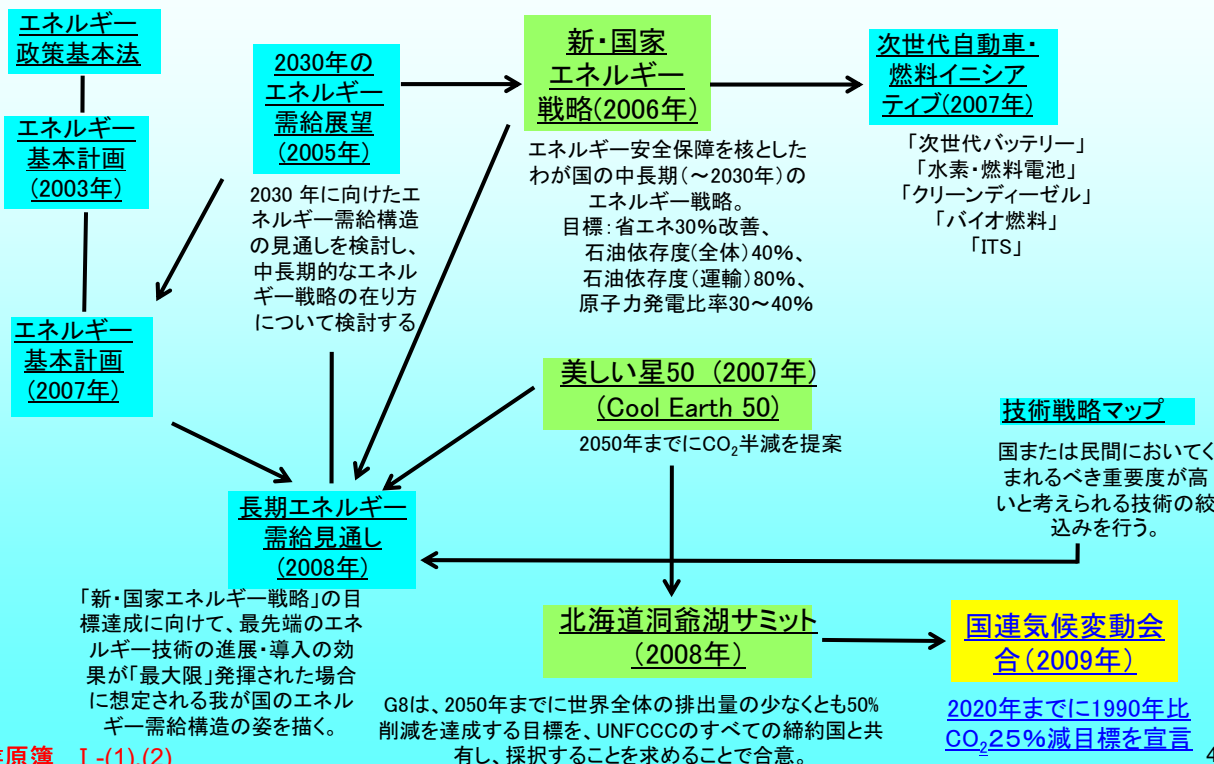
燃料電池の導入・普及による
水素エネルギー社会の実現

二次エネルギーである水素の活用

1. 事業の位置付け・必要性

【日本のエネルギー政策】

2009年9月国連本部での気候変動首脳級会合で鳩山首相は日本として2020年までに1990年比 CO₂排出量の25%減を目標とすることを宣言した。



1. 事業の位置付け・必要性

【日本のエネルギー政策上の位置付け】

低炭素社会づくり行動計画（H20年7月）

環境エネルギー技術革新計画（H20年5月）

Cool Earth—エネルギー革新技術計画（H20年3月）

エネルギー基本計画（H19年3月改訂）

新・国家エネルギー戦略（H18年5月）

エネルギー革新技術に定置用燃料電池、**燃料電池自動車**
及び**水素製造・輸送・貯蔵**が位置付けられる。

5

事業原簿 I-(1),(2)

1. 事業の位置付け・必要性

【研究開発政策上の位置づけ】

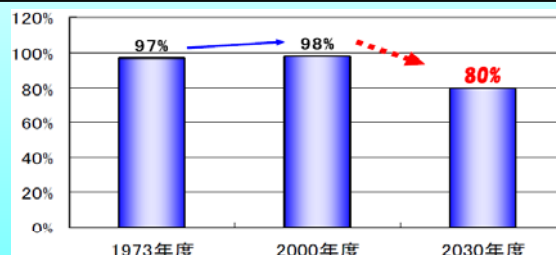
エネルギーイノベーションプログラム

【5つの政策の柱】 I, II, III, V に寄与

I. 総合エネルギー効率の向上

II. 運輸部門の燃料多様化

達成目標: 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%程度とすることを旨とする。**



【図】 運輸部門における我が国の石油依存度と目標値】

III. 新エネルギー等の開発・導入促進

IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

6

事業原簿 (添付資料)

1. 事業の位置付け・必要性

エネルギーイノベーションプログラム

【Ⅱ. 運輸部門の燃料多様化】

Ⅱ－i. 共通

Ⅱ－ii. バイオマス由来燃料

Ⅱ－iii. GTL等の合成液体燃料

Ⅱ－iv. 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

(2) 燃料電池先端科学研究

(3) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発

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。

(4) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業

(5) 水素社会構築共通基盤整備事業

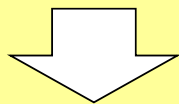
(6) 燃料電池システム等実証研究

Ⅱ－v. 電気自動車

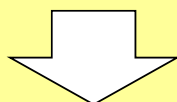
1. 事業の位置付け・必要性

【事業の目的】

水素エネルギーの普及のための水素供給インフラ市場立上げが必要(2015年頃想定)



水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステム技術開発、要素技術開発等を実施

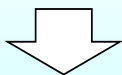


水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術を確立する

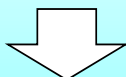
1. 事業の位置付け・必要性

【NEDOが関与する意義】

エネルギーイノベーションプログラムの一環



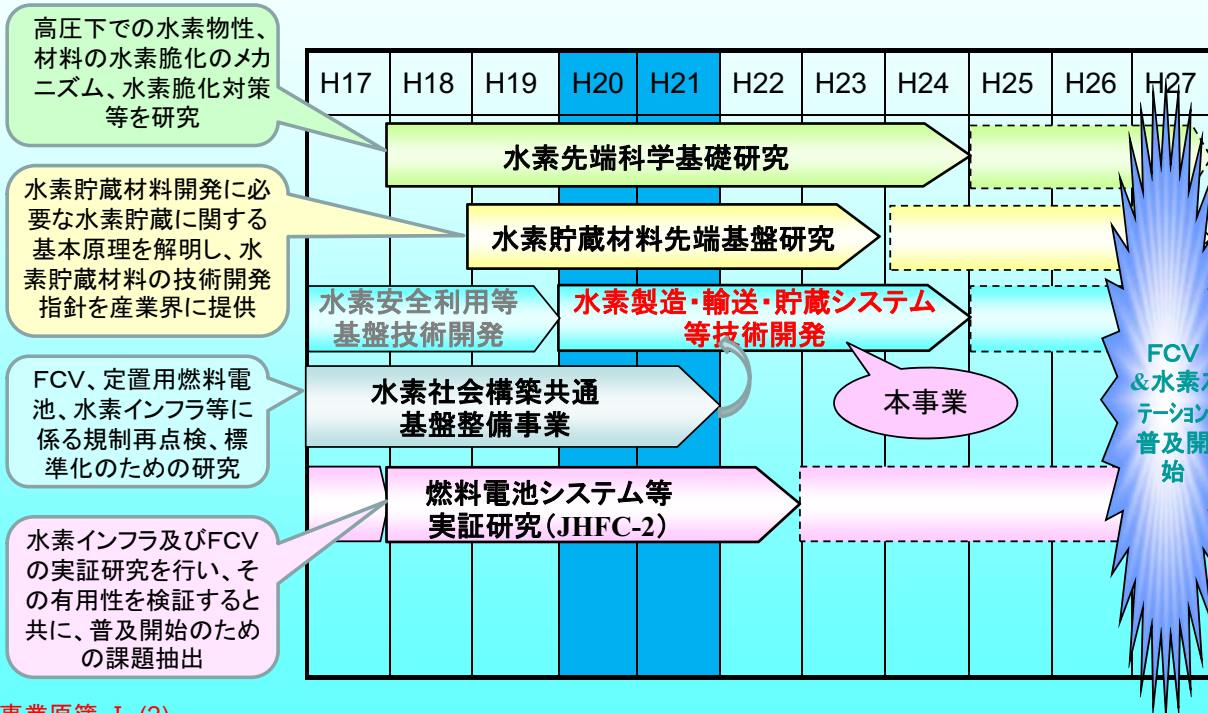
国費を元に研究開発・産業界支援を行い、各企業活動の重複を避け、短期集中的に実施することが効率的



- ・産業界全体として効率的な技術開発が可能となる
- ・国際市場において我が国が先導的役割を果たすこととなり、さらに我が国経済力を向上させることに繋がる
- ・NEDOの他の水素技術事業との連携が図れる

1. 事業の位置付け・必要性

【NEDOにおける水素関連事業の年度展開】



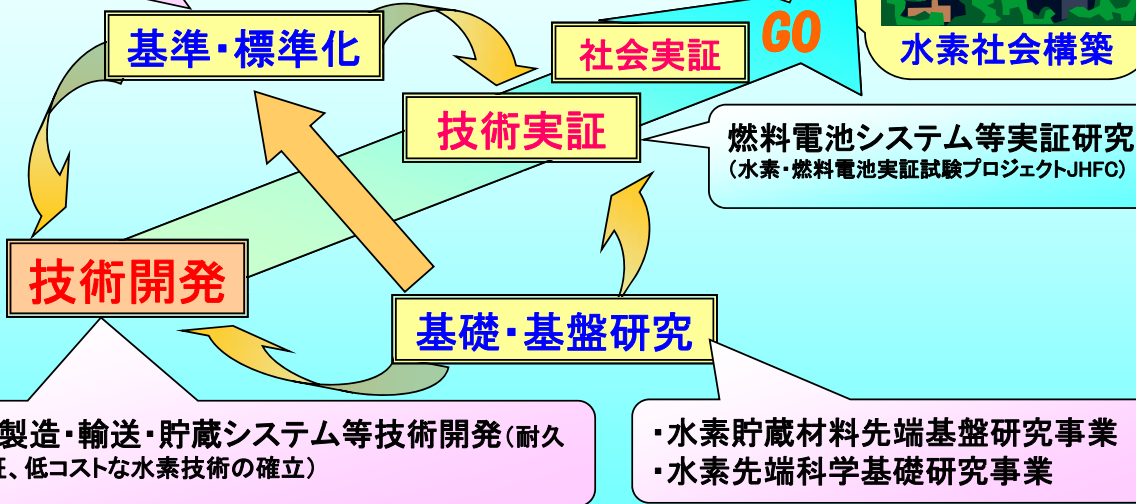


1. 事業の位置付け・必要性

【NEDO水素関連事業との関連】

・水素社会構築共通基盤整備事業
(H21年度で終了し、一部を本事業へ)

2015年(平成27年)頃、
燃料電池自動車の一般ユーザーへの普及
開始に向けて



水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(耐久性検証、低コストな水素技術の確立)

燃料電池システム等実証研究
(水素・燃料電池実証試験プロジェクトJHFC)

・水素貯蔵材料先端基盤研究事業
・水素先端科学基礎研究事業

技術開発・実証研究・基準標準化は三位一体で推進

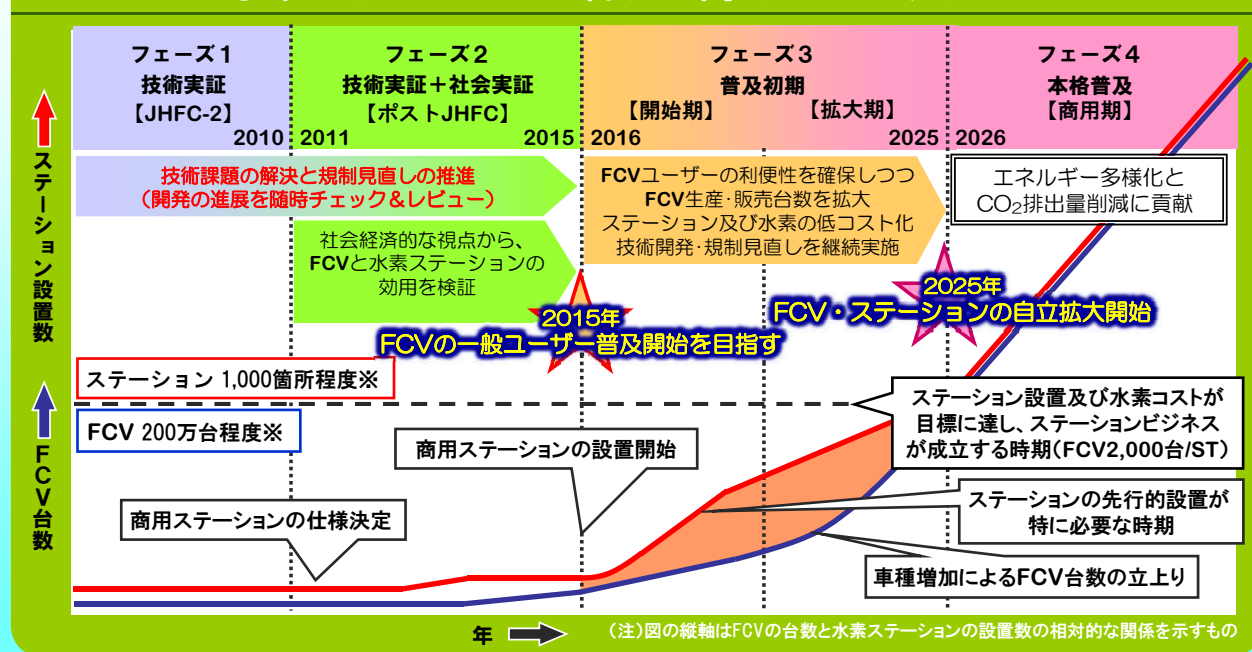


1. 事業の位置付け・必要性

【民間業界シナリオにおける位置付け】

燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)
による2010年3月新シナリオ図

FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ

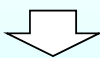


※前提条件:FCVユーザーのメリット(価格・利便性等)が確保されて、順調に普及が進んだ場合

1. 事業の位置付け・必要性

【実施の効果(費用対効果)】

- 予算の総額(平成20~22年度) 45.9億円
(平成20年度 18.8億円 平成21年度 13.6億円 平成22年度 13.5億円)



FCVの導入・普及に繋がる

- 阻害要因の解決
 - 水素ステーション建設コスト ⇨ 2億円の実現
 - 車載用水素容器 ⇨ ガソリン車並みの重量・コンパクト化の実現
- 経済的な効果(2030年時点)
 - 環境エネルギー技術革新計画(H20年5月)によるFCVの市場規模
日本市場 : 1兆円以上、世界市場 : 3兆円以上
- 普及台数
 - 燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)のシナリオ
2025年はFCVと水素ステーションの自立拡大開始の年
(FCV累計 200万台程度、水素ステーション 1000箇所程度)

1. 事業の位置付け・必要性

【世界のFCV・ステーション技術開発動向】

○FCV車載用水素貯蔵技術

- ・高圧水素ガス貯蔵が主流。また、貯蔵圧力として、1充填走行距離延伸のため、高圧化の方向(70MPa)。
- ・水素貯蔵の目標値は、日本、米国でほぼ同じ(重量/体積貯蔵密度:2015年 5.5wt%/40g/L、究極 7.5wt%/70g/L)

○水素供給インフラ技術

- ・FCVの水素貯蔵の方向性に合わせ、水素ステーションも高圧ガス充填が主流(35MPa→70MPa)。
 - ・充填方式は、圧縮機から蓄圧器を介し充填する差圧充填方式と圧縮機から直接充填する直接充填方式がある。
 - ・充填速度は、ガソリンスタンド並みの3分/5kg-H₂が要求されている。
- ※日本は、大容量圧縮機による直接充填、FCVの車載水素容器の状態をステーションに逐次伝えて充填する通信充填の開発には未着手。また、規制の面で厳しい。

○各国の技術レベル

技術開発において、北米(特に米国)、欧州(特にドイツ)、日本が進んでいるが、今後、韓国、中国等も追い上げてくる状況である。

2. 研究開発マネジメントについて

【目的】

水素供給インフラ市場立上げに向け、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れたシステム技術開発、要素機器技術開発、次世代技術開発及びフィジビリティスタディ等を実施し、水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術を確立することを目的とする。

【目標】

中間目標(平成22年度末):水素エネルギーの導入・普及に必要な低コスト機器及びシステムを試作開発

最終目標(平成24年度末):試作開発結果を基に耐久性検証等を実施

2. 研究開発マネジメントについて

【研究開発対象(平成20~21年度)】



2. 研究開発マネジメントについて

【研究開発の実施内容】

(1) システム技術開発

水素ステーション機器や車載等水素貯蔵/輸送容器の**低コスト化・コンパクト化**に繋がるトータルシステム技術を開発、及び耐久性等の検証

- ① 70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発
- ② 車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術に関する研究開発

(2) 要素技術開発

水素製造・輸送・貯蔵・充填機器の**高性能化・軽量化・低コスト化及び長寿命化**のための要素技術を開発、検証

- ① 水素製造機器要素技術に関する研究開発
- ② 水素貯蔵材料要素技術に関する研究開発
- ③ 水素ステーション機器要素技術に関する研究開発

(3) 次世代技術開発:(革新的な将来技術等)

水素エネルギーの導入・普及に関する**新規の概念に基づく革新的な技術**の開発、水素**キャリア**に応じたF/S等の実施

2. 研究開発マネジメントについて

【開発予算】

・平成20年度 17.0億円+補正予算1.8億円 計18.8億円

補正予算分は、ステーション機器システムの研究開発を加速するために充当した。

- ・平成21年度 13.6億円
- ・平成22年度 13.5億円

(内訳)

(単位:億円)

大項目	中項目	H20年度	H21年度	H22年度
システム技術開発	ステーション機器システム技術開発	3.4	3.0	1.6
	車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術	4.1	1.2	0.7
要素技術開発	水素製造機器	3.5	2.4	1.9
	水素貯蔵材料等	1.5	0.5	0.3
	水素ステーション機器	2.6	4.4	5.5
次世代技術開発・フィージビリティスタディ等		2.2	2.0	0.4

2. 研究開発マネジメントについて

【研究開発目標と根拠】

	研究開発目標 (最終目標)	根拠
システム技術開発	ステーション機器システム技術開発 ・設備コスト 2億円以下/システム(300Nm ³ /h) ・耐久性 メンテナンス回数 1回/年以下	2015年のFCVの一般ユーザー普及開始時に水素ステーション機器システムが必要 目標値は、NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップに依る
	車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術 低コスト化:20万円以下/容器システム 高性能化: ハイブリッド容器システムの場合は、 圧力=35MPa 質量貯蔵密度(システム)=3wt% 水素量/容積/容器質量=5kg/100L/165kg	2020年以降の普及期にFCV車載用容器システムとして必要 目標値は、NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップに依る

2. 研究開発マネジメントについて

【研究開発目標と根拠】

	研究開発目標(最終目標)	根拠
要素技術開発	水素製造機器 水蒸気改質方式に関して、 改質効率=80%以上 起動時間=3時間未満 設備サイズ=10m ³ 以下 設備コスト=30万円/Nm ³ ・h以下	2015年のFCVの一般ユーザー普及開始時にオンサイト方式水素ステーションの要素機器として水素製造機器が必要 目標値は、NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップに依る
	水素貯蔵材料等 貯蔵材料(同材料容器や関連部品を含む)に関して、 質量貯蔵密度=6wt%以上、 水素放出温度=150℃以下、 耐久性=1000回吸放出で初期貯蔵性能の90%保持、 材料コスト=1000円/kg	2020年以降の普及期に必要なFCV車載用容器システムの要素技術として水素貯蔵材料の開発が必要 目標値は、NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップに依る
	水素ステーション機器 ・設備コスト 2億円以下/システム ・耐久性 メンテナンス回数 1回/年以下 上記を支える要素機器	2015年のFCVの一般ユーザー普及開始時に水素ステーションの要素機器として蓄圧器、ディスペンサー等が必要 目標値は、NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップに依る
次世代技術開発・ フュージビリティスタ ディ等	次世代技術開発 : 現有のガソリン供給インフラと同等のコスト、脱化石燃料等を指す将来的な水素技術基盤の確立 フュージビリティスタディ等 : 今後の技術開発における課題の抽出	次世代の水素技術として、更なる高効率化、高性能化、脱化石燃料による水素製造は必須 未着手の技術開発課題、海外の動向等を把握することにより、情勢変化等に対して迅速対応が可能

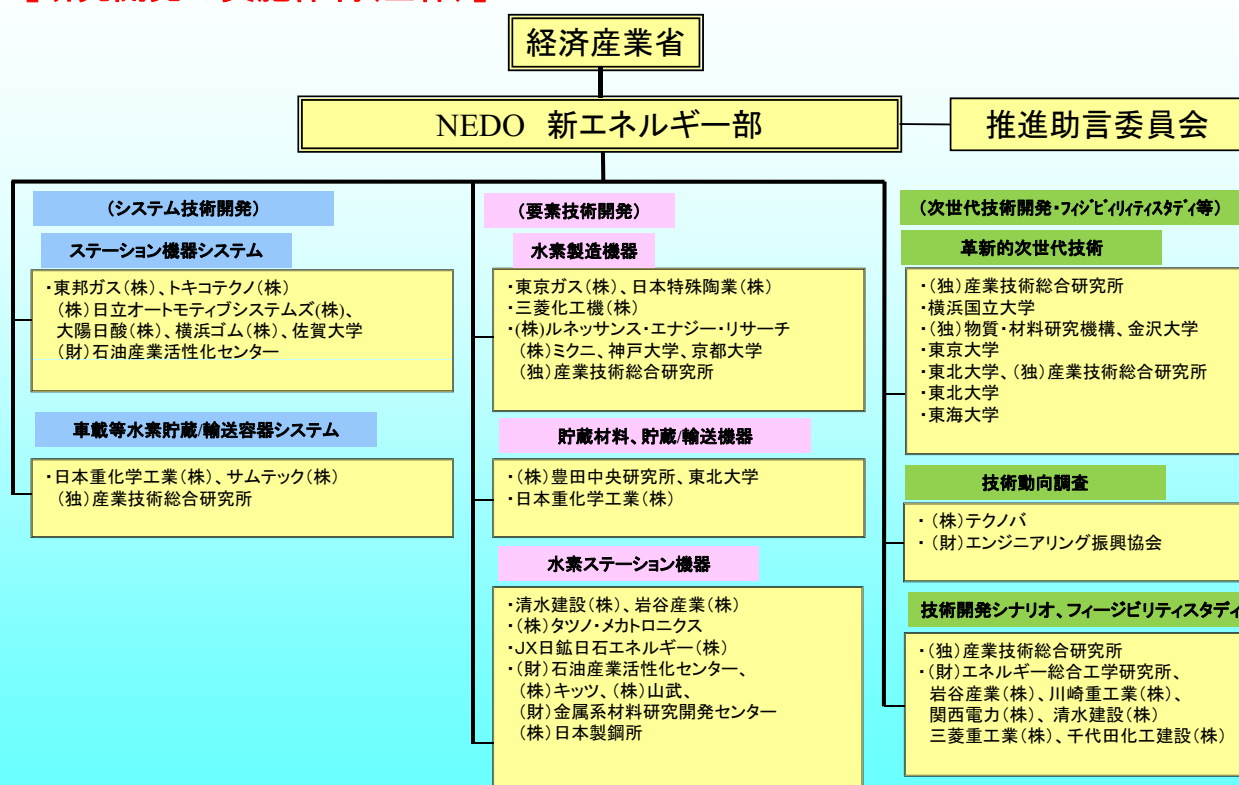
2. 研究開発マネジメントについて

【研究開発スケジュール】

		H20	H21	H22	H23	H24
システム技術開発	ステーション機器システム技術開発	要素機器の改良、ステーションシステムの構築、耐久性検証			耐久性検証の継続システムとしての更なる低コスト化	継続システムとしての更なる
	車載等水素貯蔵／輸送容器システム技術	容器体積密度 $\geq 28\text{g/l}$ 、MHの低コスト化等			容器システムとしての更なる高密度化、コンパクト化、低コスト化	更なる
要素技術開発	水素製造機器	小規模パイロットプラントの設計・製作、性能検証、最終目標達成の目処			目標仕様に基づく水素製造装置の製作、耐久性検証	
	水素貯蔵材料等	最終目標を達成する新規材料の可能性見極め			目標達成に向けた新規材料の開発、性能評価	
	水素ステーション機器	各機器のコストダウン検討、その対応策の検討			目標仕様に基づく水素ステーション機器の製作、耐久性検証	
次世代技術開発・フィージビリティスタディ等		・将来的な水素技術基盤の確立 ・今後の技術開発課題の抽出			(成果、必要性により継続判断)	

2. 研究開発マネジメントについて

【研究開発の実施体制(全体)】





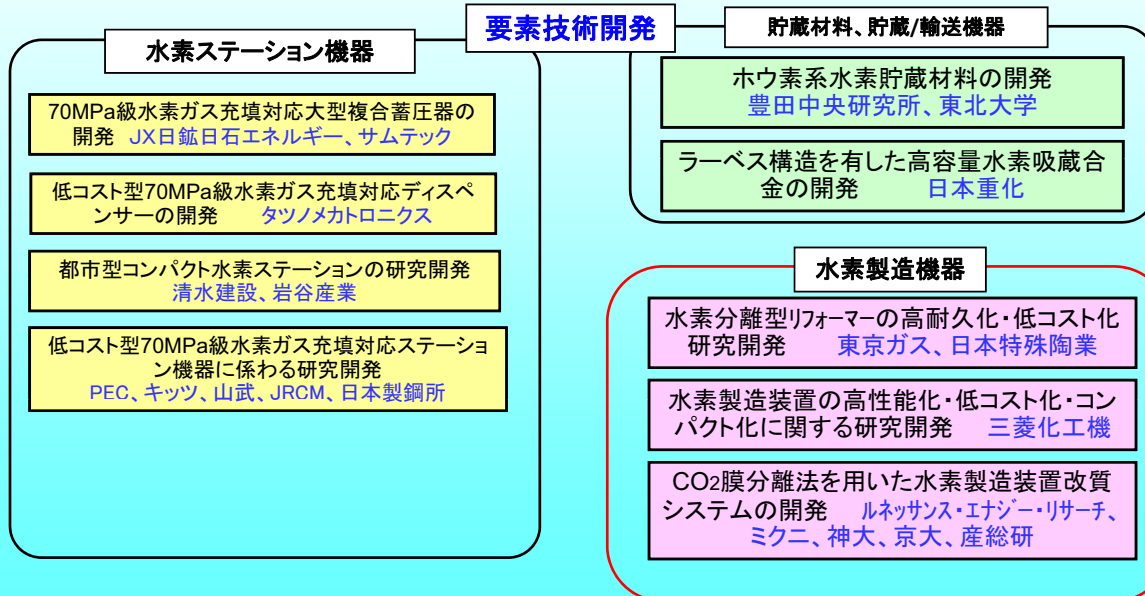
2. 研究開発マネジメントについて

【実施体制 その1】

システム技術開発



要素技術開発



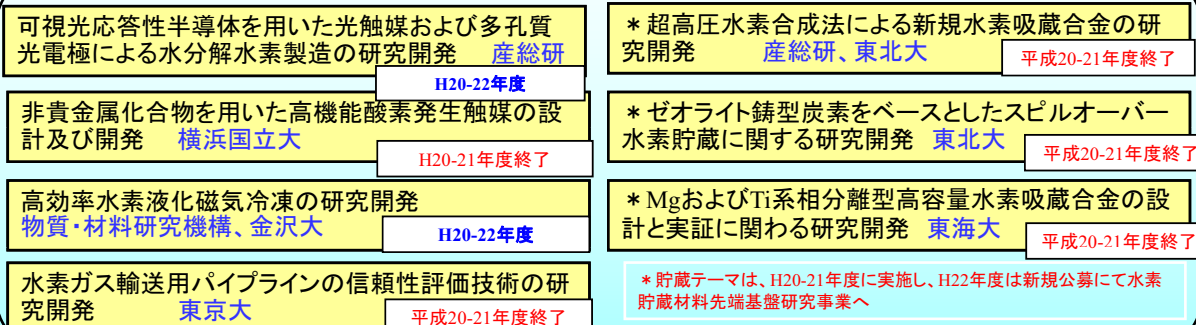
2. 研究開発マネジメントについて

【実施体制 その2】

平成20～22年度の委託テーマ(2/2)

次世代技術開発・フィージビリティスタディ等
枠内の青字年度のみ発表有り。赤字年度は事業原簿のみ

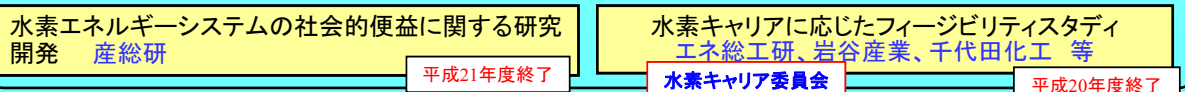
革新的次世代技術



技術動向調査

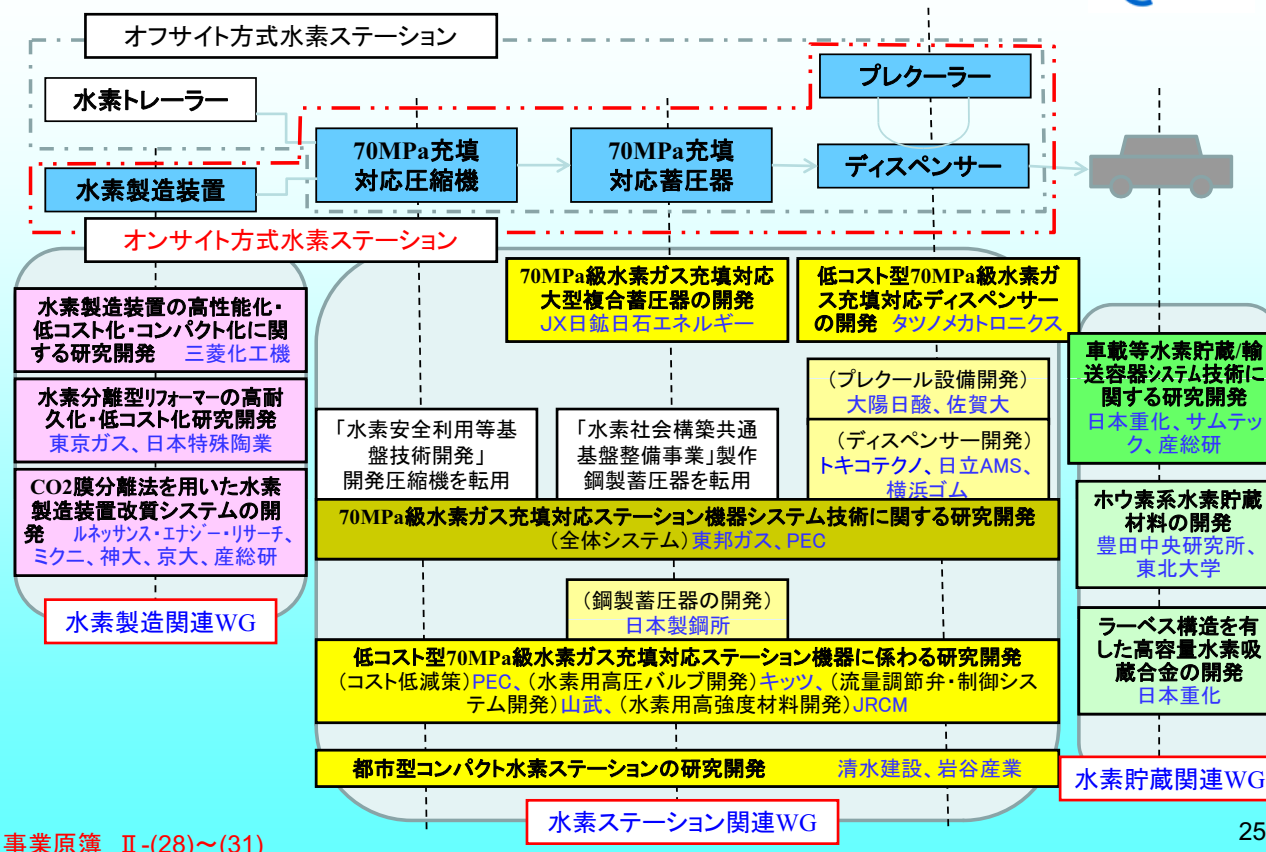


技術開発シナリオ、フィージビリティスタディ



2. 研究開発マネジメントについて

【研究開発の運営管理(研究開発分野毎にWG設置・運営)】



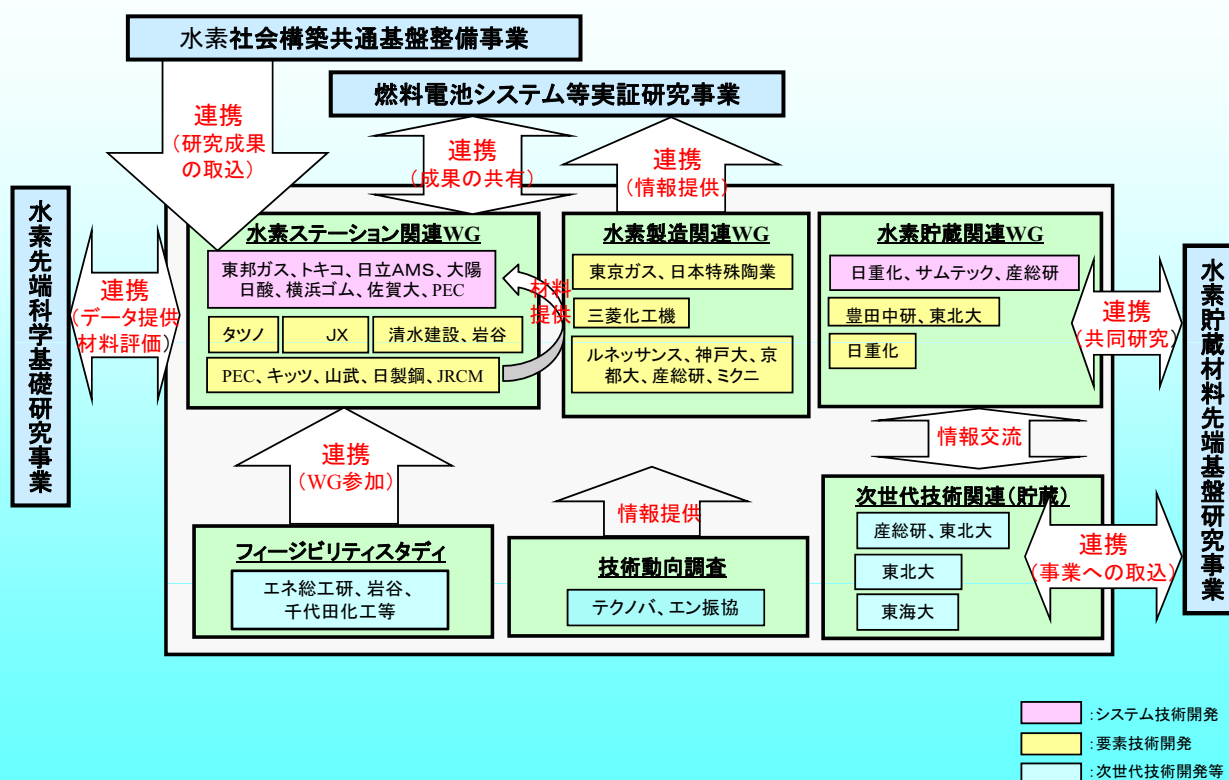
2. 研究開発マネジメントについて(WGの役割)

【研究開発の運営管理(WGの目的、実施状況)】

WG名	実施者 リーダー	目的	実施状況
水素ステーション関連WG	(財)石油産業活性化センター	<ul style="list-style-type: none"> 各社進捗状況の紹介、意見交換 水素ステーション建設コスト2億円に向けた各社目標コストの設定、コスト低減策の討議・検討 	WGを4回開催(システム、機器に関するサブWGを各2回開催)
水素製造関連WG	東京ガス(株)	<ul style="list-style-type: none"> 各社進捗状況の紹介、意見交換 水素製造装置の効率等の定義、現状及び将来の技術水準の統一 補機類等共通機器のコスト低減策の検討・討議 	WGを3回開催(他に水素分離型リフォーマーの開発の外部助言委員会を4回開催)
水素貯蔵関連WG	日本重化学工業(株)	<ul style="list-style-type: none"> 各社進捗状況の紹介、意見交換 自動車メーカー等ユーザーとの意見交換によるユーザー・ニーズの研究開発への取り込み 	WGを3回開催(他に貯蔵容器システム技術は自工会と意見交換)
水素キャリア委員会	(財)エネルギー総合工学研究所	FSの前提条件、実施方針、評価方法、まとめ方等の討議・検討	委員会を2回開催

2. 研究開発マネジメントについて

【研究開発の運営管理（他事業及び事業内の連携）】



2. 研究開発マネジメントについて

【実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性】

2015年をFCV、水素インフラの普及開始期と位置付け、

- (1) FCV、水素インフラの実証試験を行う「燃料電池システム等実証研究」の後継実証事業(2011~2015年度)を立ち上げ、本事業(2008~2012年度)により技術開発が完了したシステム、機器から順次、実使用条件下での実証試験に移行し、その技術が確立したことを検証する**実用化、事業化への道筋を構築**
- (2) 技術開発が完了しても、実用化、事業化には現行の法規制等が支障となる場合がある。そのため、**実用化、事業化に支障となるFCV、水素インフラの規制見直し、国際標準化に資するデータ取得等を2010年度より本事業に取込み**(例えば、使用鋼種の拡大、複合容器の蓄圧器としての使用可、設計基準としての耐圧係数の見直し等)
- (3) 成果を上げた後の実用化、事業化を優位にするためにも**特許出願等を積極的に出願し権利化するよう指導**
また、外部への成果のアピールのため、論文、プレス発表等を積極的に実施することも指導

2. 研究開発マネジメントについて

【情勢変化等への対応(各種委員会の開催)】

情勢変化に対応するため、各種委員会を開催し、研究開発を推進

1. 平成20年度に単年度契約で「低コスト型70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発」のF/Sを実施し、実際の開発の有効性を**継続審査委員会**で審査し、平成21年度以降の継続決定。
2. 平成21年11月に、本事業の今後の進め方に関して外部有識者による**推進助言委員会**を開催(次頁で詳細説明)。
3. 平成21年12月に**ワークショップ**を開催し、「水素社会構築共通基盤整備事業」(平成17~21年度)の終了に伴い、2015年普及開始期に必要な**FCV、水素インフラの基準・標準化**を本事業に取り込むことを報告し、追加公募することをアナウンス(平成22年3月に追加公募実施)。
4. 平成21年3月に平成20年度より実施した次世代技術開発4件の**継続審査委員会**を開催し、2件について平成22年度まで継続決定。

2. 研究開発マネジメントについて

【情勢変化等への対応(推進助言委員会)】

平成21年 11月 NEDO主催による 「推進助言委員会」開催

外部有識者の意見を運営管理に反映した。

委員(敬称略)

堤 敦司	東京大学 生産技術研究所 教授
佐々木一成	九州大学 水素エネルギー国際研究センター センター長・教授
加藤之貴	東京工業大学 原子炉工学研究所 准教授
猪俣 誠	日揮株式会社 技術開発本部 本部長代行
里見知英	燃料電池実用化推進協議会 企画第2部 部長
河津成之	日本自動車工業会 燃料電池自動車分科会 会長
菊川重紀	水素エネルギー製品研究試験センター 副センター長

助言内容(反映内容)

- (1)2015年に向けて研究開発にメリハリを付けるべきである。
- (2)次世代技術の芽は残しておきたい。

3. 研究開発成果 概要

【研究開発項目の中間目標と達成状況】

各技術開発は、概ね中間目標を達成する見込み

達成度 「◎:大幅達成、○:達成、△:一部未達、×:未達」

項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題
システム技術開発 (1)ステーション機器システム	要素機器の改良、ステーションシステムの構築、耐久性検証	・建設コスト2.5億円の見通しを得た。 ・ステーションを建設、検証試験開始。	○	更なるコスト低減、-40℃プレクール時の耐久性検証
(2)車載等水素貯蔵・輸送容器	容器体積密度 $\geq 28\text{g/l}$ 、MHの低コスト化等	中間目標を超える体積密度のタンクを開発	○	最終目標達成のための低コスト化、高性能化
要素技術開発 (1)水素製造機器	小規模パイロットプラントの設計・製作、性能検証、最終目標達成の目処	・50Nm ³ /h試作機を設計・製作 ・改質効率 $\geq 85\%$ (製造効率 $\geq 80\%$)の見通し得た。	○	最終目標達成のための低コスト化、コンパクト化、耐久性の検証
(2)水素貯蔵材料等	最終目標を達成する新規材料の可能性見極め	・ホウ素系貯蔵材料の中間相の役割を解明 ・ラーベス合金で2段プラトーにより吸蔵量が増加する合金を発見	△	ホウ素系は、放出温度、反応速度改良 ラーベス系は、貯蔵密度改良等
(3)水素ステーション機器	各機器のコストダウン検討、その対応策の検討	総じて、要素技術の研究開発を進め、プロトタイプ的设计、試作の見通しを得た。	○	更なる低コスト化、耐久性の検証
次世代技術開発・フュージビリティスタディ(シナリオ)等	・将来的な水素技術基盤の確立 ・今後の技術開発課題の抽出	・総じて、技術としての有効性を確認 ・国際政策・技術動向を把握し、情報提供	○	・実用化を目指した技術開発への移行 ・国際的なリーダーシップの発揮

各個別テーマの成果については、実施者より報告

3. 研究開発成果 概要

【成果の意義】

(1) 成果の市場性

水素ステーションに係わるシステム、要素機器、水素製造装置の成果は、2015年のFCV・水素インフラの普及開始期の市場の創造に繋がる。

一方、車載等水素貯蔵・輸送容器、水素貯蔵材料等の成果は、水素の高圧水素貯蔵だけでは限界があり、複合化(高圧+貯蔵材料)によるコンパクト化等が可能となり、2020年以降の市場の創造に繋がることが期待されている。

(2) 成果の水準

成果は、水素製造装置等をはじめ技術的には世界トップ水準にある。ただし、欧米にコスト的に競合するためには、低コスト化の阻害要因になっている安全性を担保した規制見直しが必要(今後、技術開発と規制見直しを両輪として推進)。

(3) 成果の汎用性

水素製造装置の成果は、水素ステーションに限らず他の用途の水素製造にも適用可能。また、70MPaという超高圧の水素貯蔵・輸送・充填等に係る成果は、他のガス(天然ガス、工業ガス等)にも適用可能。

(4) 他の競合技術と比較しての優位性

ガソリン・ハイブリット車と比較して、水素・FCVはWell to Wheel効率において優位なだけでなく、水素は再生可能エネルギー等あらゆる一次エネルギーから製造でき、エネルギーの多様化、CO₂削減の面からも優位(ただし経済性が課題)。

3. 研究開発成果 概要

【知的財産権、成果の普及】

本事業にて得られた特許出願、論文件数及び外部発表件数等の内訳は下記の通り。H22年度は6月末での集計であり、**年度末にはH21年度以上の件数**となることが想定される。

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT出願	査読付き	その他	
H20年度	9	0	2	10	6	61
H21年度	25	0	1	25	13	143
* H22年度	9	0	0	3	1	15

* H22年度は、4、5、6月分のみ集計

平成22年6月30日現在

3. 研究開発成果 概要

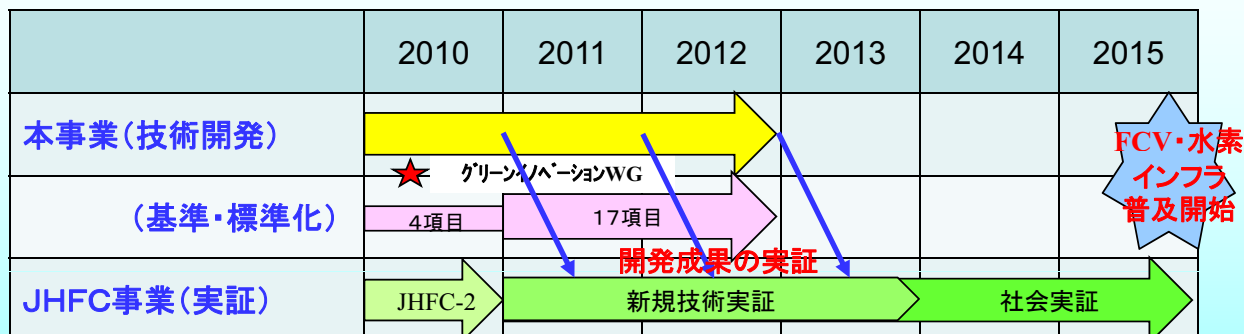
【成果の最終目標の達成可能性】

項目	最終目標 (平成24年度末)	達成見通し
システム技術開発 ステーション機器システム	<ul style="list-style-type: none"> 設備コスト 2億円以下/システム 耐久性 メンテナンス回数 1回/年以下 	<ul style="list-style-type: none"> 設備コストは、現状2.5億円までの見通しは得られており、更なる低コスト化に向けた検討、規制見直しの進展により、目標達成は可能。 耐久性は、現在の耐久性試験の進捗状況より、目標達成の見込み。但し、一部機器は更なる検証が必要。
車載等水素貯蔵・輸送容器	低コスト化:20万円以下/容器システム 高性能化： ハイブリッド容器システムの場合は、 圧力=35MPa 質量貯蔵密度(システム)=3wt% 水素量/容積/容器質量=5kg/100L/165kg	<ul style="list-style-type: none"> 高性能化は、中間目標をクリアする評価用タンクを試作中であり、年度末までに得られた評価結果による改良を進めることによって、目標達成は可能。 低コスト化の目標達成は、今後の検討次第であるが、車載高圧貯蔵容器の現状コスト(数百万円)から類推すると難しく、2020年以降の実用化を確実にするべく、着実な進展が重要。

4. 実用化、事業化の見通しの概要

【事業化までのシナリオ】

●FCV・水素インフラ普及開始までのシナリオ



●FCV・水素インフラ本格普及に向けたシナリオ

NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップを今年改訂し、水素製造・輸送・供給技術について、現在、2015年頃、2020年頃、2030年頃のステーションコスト、水素供給コストの目標をはじめ、各要素機器の事業化に向けた課題を明らかにした。

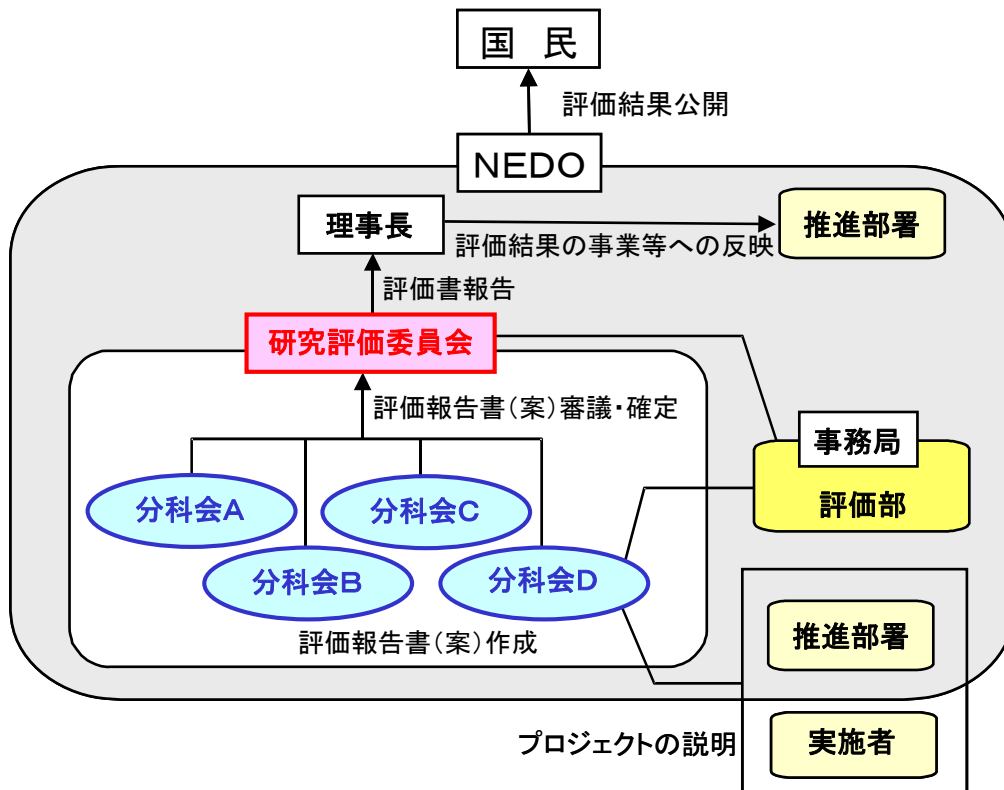
同じく、水素貯蔵技術について、水素貯蔵システムの重量密度・体積密度、容器コストの目標をはじめ、各種容器、水素貯蔵材料の事業化に向けた課題を明らかにした。

参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、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。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 社会に対する説明責任を履行するとともに、
経済・社会ニーズを取り込む
- 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を
促進する

としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者
- ジャーナリスト

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある8名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

3. 評価対象

平成20年度に開始された「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プ

プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び研究実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、研究実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべきものである。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料 1-9 頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。

評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 「エネルギーイノベーションプログラム」の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。

- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

(5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果

に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

●各論に適用

●個別テーマのうち「1～2.システム技術開発」および「3～5.要素技術開発」に適用

(1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ 成果は市場やユーザーのニーズに合致しているか。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

4. 実用化の見通しについて

- 個別テーマのうち「6.次世代技術開発・フュージビリティスタディ等」に適用

(1)成果の実用化可能性

- ・実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。
- ・実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)波及効果

- ・成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

標準的評価項目・評価基準（中間評価）

2010. 3. 26

【中間評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第25回研究評価委員会（平成22年3月26日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1…、2…、3…、4…が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)…、(2)…が標準的評価基準、それぞれの基準中の…が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの中間評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

(5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ 成果は市場やユーザーのニーズに合致しているか。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

※基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

*基礎的・基盤的研究開発の場合

2. 研究開発マネジメントについて

(1)研究開発目標の妥当性

- ・内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2)研究開発計画の妥当性

- ・目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

(5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化の見通しについて

(1) 成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。
- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2) 波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。

- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

(5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることが期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S 化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注) 国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成22年11月

NEDO 評価部

部長 竹下 満

主幹 寺門 守

担当 室井 和幸

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。

(<http://www.nedo.go.jp/iinkai/kenkyuu/index.html>)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージアム川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162