

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)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プルー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 燃料電池自動車等に係る国際標準化および規制見直しのための研究開発
(実施者：(財)日本自動車研究所)
- Ⅲ－11 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－12 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－13 水素インフラ等に係る基準整備に関する研究開発
(実施者：高压ガス保安協会、(国)東京大学)
- Ⅲ－14 水素ステーションの設置・運用等に係る規制合理化のための研究開発
(実施者：水素供給・利用技術研究組合、高压ガス保安協会)

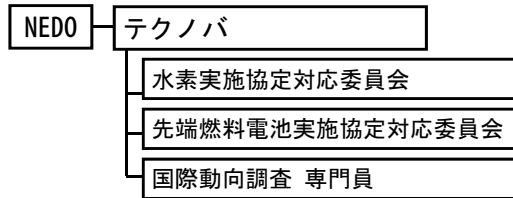
●進捗成果サマリ(平成22年度～平成24年度11月)

水素・燃料電池に係る国際関連機関(IEA水素実施協定、IEA先端燃料電池実施協定、水素燃料電池国際パートナーシップ)などの研究・政策動向の調査、情報展開を通じて、わが国の水素・燃料電池の技術開発の促進に貢献した。

●背景/研究内容・目的

国際エネルギー機関(IEA)の水素実施協定(IEA/HIA)、および先端燃料電池実施協定(IEA/AFCIA)の執行委員会やそれぞれに設置されている各作業部会に日本の専門家を派遣して、水素・燃料電池に関する技術開発動向及び分析活動動向を把握する。また水素燃料電池国際パートナーシップ(IPHE)の情報を収集する。これらの情報を収集するとともに、それらを適時各国の動向を調査・検討する。さらに、これらの情報を適時・定期的に国内関係者に発信・展開し、情報共有を図る。

●実施体制及び分担等



特許 出願	論文 発表	外部 発表	受賞 等
0	0	1	0

●研究目標／成果／実用化・事業化／課題

	テーマ	目標	成果	実用化・事業化の見通し	課題	
①	IEA/HIAの動向の調査・検討・普及	IEA/HIAの最新動向・活動を入手し、我が国の政策や技術開発への影響を分析する。また必要に応じて、その対応を検討する。	引き続き、専門家派遣による情報収集を通じて、各国の最新情報を収集する。またわが国の取り組みは高く評価されており、ある程度情報発信を通じて、より多くの海外情報を収集し、関係者に発信することに努める	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。	<ul style="list-style-type: none"> 作業部会のうち、そのテーマが担当する専門家だけでは対応が難しいもの、他の企業や研究機関にも関わりがあるもの、また戦略的な情報発信が必要なものがある(水素実施協定のTask28(大規模水素)インフラ、Task30(グローバル水素システムの分析)、Task31(水素安全))。そのような作業部会に関しては引き続きサポートチームによる支援を継続する。 専門家の見直しを適時行うことが必要。NEDOおよび国際連携に関わる組織・企業、国際情報が必要な組織・機関と連携し、よりより情報収集と発信に努める。 	
②	IEA/AFCIAの動向の調査・検討・普及	IEA/AFCIAの最新動向・活動を入手し、我が国の政策や技術開発への影響を分析する。また必要に応じて、その対応を検討する				
③	IPHEの動向の調査・検討・普及	IPHEの最新動向・活動を入手し、我が国の政策や技術開発への影響を分析する。また必要に応じて、その対応を検討する。さらに、IPHEが企画している定置用FC国際ワークショップの国内開催を支援し、その情報を関係者に発信する。	水素・FC政策における情報交換の機会として有益であり、特にFC・水素の先進国である日米欧(独)が意見交換できる機会となっている。			<ul style="list-style-type: none"> IPHEは2012年11月で10年の初期タームを終えるが、さらに10年延長することが決まっている。2015年に向かって、世界の主要国が連携するために、わが国としても積極的な関与が期待されている。
④	IPHE、HIA、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、HIA、AFCIA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、その主要関連研究機関の政策・動向を把握し、我が国の政策や技術開発への影響を分析する。	①～③の情報を用いて、わが国の水素・FC関係者に参考になる情報を、引き続き発信する。			<ul style="list-style-type: none"> 世界の動向のうちでも、米国(DOE、カリフォルニア州政府、CaFCPなど)、欧州連合(FCH JU)、ドイツ(NOW)の動きは引き続き注意が必要である。また韓国、中国、フランス、英国でもFCV普及と水素インフラ展開を推進する動きもあり、注意が必要である。
⑤	情報の展開・普及及び共有化活動	①～④で把握した技術開発動向及び分析活動ならびに関連国際会議やウェブサイトから得られた水素関連活動等を、国内関係者に定期的に発信し、情報共有を図る。	国際情報共有ネットワークを通じて、引き続き情報を発信した			<ul style="list-style-type: none"> HIA、AFCIAの各作業部会に関しては、引き続き出席した専門家からのレポートを適切に取りまとめ、得られた情報を国内関係者に配信する。 マンスリーレポートを定着させる。 今後、①～③の実施(専門家派遣)に関して、事後報告だけでなく、事前の会議情報提供や意見集約に国際情報共有ネットワークを活用する。
⑥	再生可能エネルギー由来水素の技術動向	再生可能エネルギー由来水素の可能性に関して、既存の技術動向をとりまとめる。	「非化石資源由来水素」報告書を取りまとめ、提出(平成23年度)。			わが国や世界のエネルギー政策・エネルギー需給動向の変更を踏まえ、また2015年以降のFCV実用化の流れの中で、再生可能エネルギー由来水素の重要性が増してきていることに留意しつつ、平成23年度版のアップデートを行う

●研究成果まとめ

日本と欧州で定置用燃料電池市場が立ち上がり、また2015年に向けてFCV商用化にむけたインフラ整備の議論が進む中で、IEA/HIA、IEA/AFCIA、IPHEの活動も活発になってきており、その調査検討を通じて、わが国のFC/水素研究開発の促進に貢献した

開発項目

「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発・フーズビリティスタディ等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－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
(平成22年度～平成24年度)

(株)テクノバ

1. 事業概要

本技術開発では、国際エネルギー機関(International Energy Agency: IEA)の水素実施協定(Hydrogen Implementing Agreement、以下 IEA/HIA)、および先端燃料電池実施協定(Advanced Fuel Cell Implementing Agreement、以下 IEA/AFCIA)の執行委員会やそれぞれに設置されている各作業部会に日本の専門家を派遣して、水素・燃料電池に関する技術開発動向及び分析活動動向を把握する。また水素燃料電池国際パートナーシップ(International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy、以下 IPHE)の情報を収集する。これらの情報を収集するとともに、それらを通じ各国の動向を調査・検討する。さらに、これらの情報を適時・定期的に国内関係者に発信・展開し、情報共有化を図る。

IEA/HIA は 1970 年に設置された水素分野における研究協力組織である(表 1)。

表 1. IEA/HIA の各作業部会の内容と対応委員

対象	内容	対応委員
Annex 21	バイオ水素製造	大阪大
Annex 22	基礎的・工学的な水素貯蔵材料開発	(独)産業技術総合研究所、九州大、東北大、広島大
Annex 23	水素供給用の小規模改質器	東京ガス(株)
Annex 24 ★	風力水素	横浜国大
Annex 26	水の光分解による水素製造	産業技術総合研究所
Annex 28	大規模水素インフラ	東京ガス(株)、日産自動車(株)
Annex 29	分散型水素供給	(独)産業技術総合研究所
Annex 30	グローバル水素システム分析	東京ガス(株)
Annex 31	水素安全	東邦大

注: 上記の他に、Annex25(熱化学サイクル)があるが、本事業の対応外である。★は平成 23 年度で終了。

IEA/AFCIA は 1990 年に設置された FC 分野における研究協力組織である(表 2)。

表 2. IEA/AFCIA の各作業部会の内容と対応委員

対象	内容	専門家
Annex 22	固体高分子形燃料電池(PEFC)	トヨタ自動車(株)
Annex 24	固体酸化物型燃料電池(SOFC)	(独)産業技術総合研究所
Annex 25	定置用燃料電池システム	パナソニック、東芝燃料電池システム、アイシン精機

注: 上記の他に、Annex23(熔融炭酸塩形燃料電池: MCFC)、Annex26(自動車用燃料電池システム)、Annex27(ポータブル燃料電池)があるが、本事業の対応外である。

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 17 カ国・1 地域が参加している。IPHE では政策面での情報交換、各国の研究開発の状況分析、各種のワークショップの開催などの活動を行っているとともに、最近では車載水素容器の国際ラウンドロビントの提案・実施など、基準標準活動にも影響を与える可能性がある活動も実施されており、日本としてもその詳細について情報収集を行うことが必要と思われる。

2. 事業目標

① IEA/HIA の動向の調査・検討・普及

本事業では IEA/HIA の最新動向・活動を入手し、我が国の政策や技術開発への影響を分析する。また必要に応じて、その対応を検討する。

② IEA/AFCIA の動向の調査・検討・普及

本事業では IEA/AFCIA の最新動向・活動を入手し、我が国の政策や技術開発への影響を分析する。また必要に応じて、その対応を検討する。

③ IPHE の動向の調査・検討・普及

本事業では IPHE の最新動向・活動を入手し、我が国の政策や技術開発への影響を分析する。また必要に応じて、その対応を検討する。さらに、IPHE が企画している定置用 FC 国際ワークショップの国内開催を支援し、その情報を関係者に発信する。

④ IPHE、HIA、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、HIA、AFCIA 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、その主要関連研究機関の政策・動向を把握し、我が国の政策や技術開発への影響を分析する。

⑤ 情報の展開・普及及び共有化活動

①～④で把握した技術開発動向及び分析活動ならびに関連国際会議やウェブサイトから得られた水素関連活動等を、国内関係者に定期的に発信し、情報共有を図る。

⑥ 再生可能エネルギー由来水素の技術動向

再生可能エネルギー由来水素の可能性に関して、既存の技術動向をとりまとめる。

3. 事業成果

事業の成果は以下のとおりである。

① IEA/HIA の動向の調査・検討・普及

1) 国際技術開発動向の把握

IEA/HIA の各作業部会に専門家を派遣、表 3 の情報を得た。

また平成 24 年度は関係者との連携の下で Annex 28(大規模水素インフラ)会合を日本でホストし(平成 24 年 10 月、東京)、情報収集とその内容の発信を行った。

表 3. IEA/HIA の各作業部会における成果

作業部会	成果
Annex 21(光生物学的水素製造)	<ul style="list-style-type: none"> - 国によっては、バイオ水素実用化の可能性がでてきた(例 ブラジル)。 - 研究開発ではアジア諸国が急速に成長(主に有機性廃棄物利用)。 - 米国は光合成+人工光合成の基礎に注力、ヨーロッパは総じて水素発生酵素の化学と遺伝子工学に注力している。
Annex 22(基礎的・工学的水素貯蔵材料の開発)	<ul style="list-style-type: none"> - ボロハイドライド、ALH₃、Mg 系材料、合金等の合成・物性・計算・構造・ダイナミクスの報告あり。日本からはアンモニア-アルカリ金属水素化物系、ボロハイドライド系及び ALH₃・Mg 系水素化物の高圧合成を報告。 - 2010 年にエンジニアリング部会を新設。日本からハイブリッド容器研究を報告。
Annex 23(オンサイト水素供給用小規模改質器)	<ul style="list-style-type: none"> - サブタスク 3「市場研究」(サブタスクリーダ:東京ガス)で、設備コストと製造能力の相関について分析。改質器サプライヤーリストのとりまとめ作業を実施。 - 改質器メーカーからのデータを利用し、設備コストと製造能力との相関を分析。
Annex 24(風力エネルギーと水素の統合)	<ul style="list-style-type: none"> - 風力発電-水電解-水素製造の統合システム化と活用を探求 - 2010 年より電解槽メーカーである Stadoil Hydro と Hydrogenics が加わり、水電解技術の議論が活発化。
Annex 26(旧 20)(水の光分解による水素製造)	<ul style="list-style-type: none"> - 日本(産総研)の太陽光水素製造技術を。また光電極については主に Fe₂WO₆ について検討し、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。 - 各国エキスパートの得意分野を分担執筆した光電気化学的 水素製造に関するレポートを発刊することを計画。
Annex 28(大規模水素インフラ)	<ul style="list-style-type: none"> - 各国のインフラ整備の取組内容を紹介 - 水素インフラ状況の情報を共有。
Annex 29(分散コミュニティ用水素システム):	<ul style="list-style-type: none"> - 小規模コミュニティを洗い出し。 - 小規模コミュニティをモデルにて類型化。さらに代表モデルを選定(日本のエネファームも選定)、その共通点を検討中。
Annex 30(グローバル水素システムの分析)	<ul style="list-style-type: none"> - グローバル水素資源の詳細を分析中。 - IEA「World Energy Outlook(WEO)」と「Energy Technology Perspective (ETP)」に、水素関連の情報を盛り込むことを模索。
Annex 31(水素安全)	<ul style="list-style-type: none"> - リスク管理手法、水素安全に関するテスト、情報管理(水素安全に関する情報共有)を実施。2012 年に成果報告ワークショップを開催予定。

2) 執行委員会への参加と情報収集


IEA/HIA の執行委員会に参加し(専門委員:エンジニアリング協会)、各作業部会の半期毎の活動報告、年次報告書概要等の報告(事務局)、各国の水素関連研究開発動向(各国代表)などの情報を入手した(表 4)。

特に平成 23 年度は、第 65 回執行委員会(2011 年 10 月)を日本(福岡)で開催し、表 5 に示す成果を挙げた。

表 4. IEA/HIA の執行委員会

2010 年 5 月	第 62 回執行委員会(ドイツ、エッセン)
2010 年 11 月	第 63 回執行委員会(トルコ、イスタンブール)
2011 年 6 月	第 64 回執行委員会(デンマーク、コペンハーゲン)
2011 年 10 月	第 65 回執行委員会(日本・福岡)
2012 年 6 月	第 66 回執行委員会(カナダ、トロント)

表 5. 平成 23 年度に日本で開催した第 65 回執行委員会(福岡)

日時	2011 年(平成 23 年)10 月 11 日(木)～10 月 14 日(金)
開催場所	ヒルトン福岡シーホーク ホテル(福岡)
参加人数	 29 名
会議日程	1 日目 OA(作業部会幹事)会議 2 日目 水素エネルギー製品研究試験センター(HyTreC)と九州大学(Hydrogenius)との意見交換会 3～4 日目 執行委員会
得られた情報	(1) 各国の状況 ① 米国の水素 FC 関連予算(米国の報告より) ・現在 2012 年度予算を議会が審議中。DOE の予算要求は約 1 億ドルだが、下院は 9100 万ドルを、上院は 9800 万ドルを回答。おそらくその中間の金額になる見込み。 ② フランスと欧州燃料電池水素共同実施機構の状況(フランスの報告より) ・フランスとしては、欧州燃料電池水素共同実施機構(FCH JU)での枠組みで引き続き FC/水素の R&D を推進。フランスにおける中核企業は Air Liquide。 ・現在 FCH JU は第四回目の公募を実施。FCH JU 終了後の 2014 年以降の枠組みも検討されている。ポスト FCH JU は、交通分野を重視することになる見込み。 ③ HyNor プロジェクト(ノルウェーの報告より) ・ノルウェーでは HyNor プロジェクト を推進しており、水素ハイウェイ構築のために水素ステーションを整備中。現在 5 箇所。 (2) 各作業部会の報告

② IEA/AFCIA の動向の調査・検討・普及

1) 国際技術開発動向の把握

IEA/AFCIA の各作業部会に専門家を派遣、表 6 の情報を得た。

また平成 24 年度は関係者との連携の下で Annex 25(定置用 FC) 会合を日本でホストし(平成 24 年 10 月、福岡)、情報収集を行った。

表 6. IEA/AFCIA の各作業部会における成果

作業部会	成果
Annex 22 (PEFC)	<ul style="list-style-type: none"> - PEFC の材料・現象に関する意見交換と政策情報交換を実施。 - 高温作動 PEMC、DEFC、非白金系の新規電極触媒の開発状況、再生可能燃料からの水素製造、PEFC の劣化挙動など、極めて技術的な意見交換が中心。 - 欧州からは政策の発表も多い。
Annex 24 (SOFC)	<ul style="list-style-type: none"> - SOFC の主要メーカーが参画。 - 豪 CFCL の「BlueGen」の販売、デンマークの SOFC 研究開発、フランスの SOFC/SOEC 開発、イタリアの SOFC 開発などの報告あり。 - 共有情報は日本の対応委員を通じて、NEDO プロに反映。
Annex 25 (定置用FC)	<ul style="list-style-type: none"> - 世界の定置 FC 主要メーカーが参画。 - 政策情報(ドイツ、デンマークの定置 FC 政策)、技術情報を共有。 - 再生可能エネルギー貯蔵手段としての水素の発表も多い。 - 日本の NEDO プロ、SOFC 実証試験、エネファーム導入状況等の紹介(解説)に対する評価は高く、委員の強い要望をうけて、平成 24 年度秋季会合を日本(福岡)で開催することになった。

2) 執行委員会への参加と情報収集

平成 24 年度より、IEA/AFICA の執行委員会(平成 24 年春季、カナダ、トロント)に参加、各国の燃料電池関連研究開発動向(各国代表)などの情報を入手した(表 7)。

表 7. 第 44 回執行委員会(平成 24 年 6 月、カナダ トロント)での情報

得られた 情報	<ul style="list-style-type: none"> ・各 Annex の OA から概要説明がなされ、情報共有と運営効率の強化がなされた。 ・再生可能エネルギー貯蔵の点で注目が高まる水電解に関し、PEM 形電気分解セル(PEMEC)と固体酸化物形電気分解セル(SOEC)を、Annex22(PEFC)と Annex24(SOFC)傘下にサブタスクを儲けることで検討予定。 ・日本より、Annex25(定置用 FC)の秋季会合を日本開催(福岡)で調整していることを報告。
------------	--

③ IPHE の動向の調査・検討・普及

1) IPHE における対応

IPHE の各委員会に出席し、最新動向、活動内容を入手、わが国からの情報を発信した(表 8)。また 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。

表 8. IPHE 関連会合とその成果

平成 22 年 5 月 (同時開催)	第 13 回委員会(ドイツ、エッセン) IPHE スチューデントコンペティション
【成果】	
<ul style="list-style-type: none">・ ドイツが初めての議長。ワークショップを中心に産業界と連携していく方針を打ち出す。・ IPHE の組織を改変。運営委員会と実行連絡委員会を一体化(運営委員会に統合)。・ 進展のないプロジェクトの見直し、中止。	
平成 22 年 9 月 (同時開催)	第 14 回委員会(中国、上海) FCV デモンストレーション国際ワークショップ
【成果】	
<ul style="list-style-type: none">・ IPHE のビジョンを採択。・ 中国を中心に「大臣級会合準備タスクフォース」結成。・ 要請を受け、日本で定置用 FC 国際ワークショップを開催することを受け入れ。	
平成 23 年 3 月	定置用 FC 国際ワークショップ(東京)
【成果】	
<ul style="list-style-type: none">・ 日本(東京)にて、約 80 名(招待のみ)が参加してワークショップを実施。	
平成 23 年 5 月	第 15 回委員会(カナダ、バンクーバー)
【成果】	
<ul style="list-style-type: none">・ IPHE の延長の可能性を議論・ 定置用 FC 国際ワークショップの成果を報告。・ 再生可能エネルギー由来水素国際ワークショップの実施を決定。	
平成 23 年 11 月	第 16 回委員会(ドイツ、ベルリン)
【成果】	
<ul style="list-style-type: none">・ IPHE の正式延長を決定。・ 産業界(ステークホルダ)との対話を実施。	
平成 24 年 5 月	第 17 回委員会(南アフリカ、ケープタウン)
【成果】	
<ul style="list-style-type: none">・ IPHE の 10 年延長を決定。・ 年会費については意見がまとまらず。・ 南アフリカの産業界との対話を実施。	
平成 24 年 11 月 (同時開催)	第 16 回委員会(スペイン、セビリア) 再生可能エネルギー由来水素国際ワークショップ

2) IPHE ワークショップの運営と情報収集(平成 22 年度)

IPHE 対応の一環として、平成 23 年 3 月に定置用 FC 国際ワークショップを運営・開催した(図 1)。ワークショップの報告書を作成し、IPHE に提出し、IPHE ホームページで公開されている(図 2)。

プログラム

1 挨拶

- ・飯田健太(燃料電池推進室長)
- ・Kai Klinder(ドイツ NOW)

2 政策セッション

- ・NEDO
- ・FCH JU
- ・米国 DOE
- ・NOW

3-1 住宅用セッション

- ・東芝
- ・E.ON
- ・Baxi
- ・アイシン精機
- ・CFCL
- ・Clear Edge
- ・KOGAS

3-2 産業用セッション

- ・富士電機
- ・UTC
- ・POSCO
- ・三菱重工
- ・Ballard
- ・Wärtsilä

4 ディスカッション

- ・セッションからの報告とディスカッション



飯田 健太 燃料電池
推進室室長ご挨拶



Kai Klinder, Managing Director
NOW GmbHご挨拶



ディスカッション

図 1. 定置用 FC 国際ワークショップの運営(プログラム、会議の様子)

図 2. 定置用 FC 国際ワークショップの報告(英文) 注:IPHE ホームページで公開

3) IPHE アワードへの日本からの推薦の支援(平成 22 年度)

IPHE が隔年で実施してきた IPHE アワード(IPHE によって、FC/水素分野でのリーダーシップと技術功績をたたえるもの。2 年毎に実施)に関して、経済産業省および関係機関と連携し、日本からの推薦の支援と IPHE 会議での紹介を行なった(優秀リーダーシップ賞に福岡水素エネルギー戦略会議、技術功績賞に秋葉悦男産業技術総合研究所副研究部門長)。この推薦2件は、IPHE アワードの受賞を得ることができた(図 3)。

<p>News Release</p> <p style="text-align: right;">経済産業省 Ministry of Economy, Trade and Industry</p> <p style="text-align: center;">平成 22 年 5 月 18 日</p> <p style="text-align: center;">水素経済のための国際パートナーシップ (IPHE) で 優秀リーダーシップ賞と技術功績賞の受賞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「優秀リーダーシップ賞」: 福岡水素エネルギー戦略会議 ・「技術功績賞」: 秋葉悦男産業技術総合研究所副研究部門長 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>「水素経済のための国際パートナーシップ (IPHE)」による、2010 年の「優秀リーダーシップ賞」を福岡水素エネルギー戦略会議が、「技術功績賞」を独立行政法人産業技術総合研究所の秋葉悦男副研究部門長がそれぞれ受賞いたしました。</p> <p>5 月 17 日にドイツにおいて受賞式が行われましたのでお知らせいたします。</p> </div> <p>1. 水素経済のための国際パートナーシップ (IPHE) とは 水素経済のための国際パートナーシップ (IPHE: International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy) とは、平成 15 年に米国エネルギー省が提唱した、水素・燃料電池に係る技術開発、基準・標準化、情報交換等を促進するための国際協力枠組みで、現在、我が国を含む 18ヶ国・機関が参加しています。</p> <p>IPHE では、2006 年より、水素経済への移行に貢献した個人、団体、国際プロジェクトを表彰しており、授賞式は本年 5 月 17 日 (月)、ドイツエッセンにおいて行われました。全体では 5 団体・個人が表彰され、日本から福岡水素エネルギー戦略会議及び秋葉副研究部門長が表彰されました。</p> <p>また、IPHE での水素・燃料電池における将来の人材育成の一環として、グローバルスチューデントコンペティションにて、5 カ国の代表校が表彰され、日本から秋田県立秋田工業高等学校が表彰されました。</p> <p>2. 福岡水素エネルギー戦略会議の優秀リーダーシップ賞 (Excellence in Leadership Award) 受賞 福岡水素エネルギー戦略会議は、環境に優しい水素エネルギー社会の実現に向け、平成 16 年 8 月に我が国の先進的な水素関連企業が結集して設立されたものです。福岡水素エネルギー戦略会議では、九州大学を中核とした世界最先端の研究開発、「福岡水素タウン」や「水素ハイウェイ」、「北九州水素タウン」の先導的な社会実証、全国唯一の水素人材育成、水素エネルギー新産業の育成・集積、世界最先端の水素情報拠点の構築を柱とした「福岡水素戦略 Hy-Life (ハイライフ) プロジェクト」を展開しています。</p> <p>今回の受賞は、水素エネルギー社会の実現を目指し、世界最先端の取り組みを総合的に進める福岡水素エネルギー戦略会議の取り組みが高く評価されたものです。</p>	<p>3. 秋葉悦男産業技術総合研究所副研究部門長の技術功績賞 (Technical Achievement Award) 受賞 秋葉副研究部門長は、約 30 年前から水素貯蔵材料に関して基礎から応用まで幅広い研究を続けており、世界のトップレベルの研究者として広く知られています。特に、企業と共同で世界最高性能の水素吸蔵合金の開発に成功するなど新材料の開発と、材料の「水素雰囲気下その場評価」に関して目覚ましい研究成果を挙げられました。同氏は水素貯蔵材料に関する主要な国際学会のほとんどでオーガナイザーを歴任するなど、この分野の世界的なリーダーとして活躍されています。また、現在、NEDO (独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構) の水素貯蔵材料先端基盤研究事業 (HYDRO-STAR) のプロジェクトリーダーを務め、基礎基盤研究に基づく高性能材料開発指針を産業界へ提供することを目指して精力的に活動を進めています。</p> <p>今回の受賞は、同氏のこれまでの水素貯蔵材料分野における創造的な成果が評価されたものです。</p> <p>(写真) 授賞式の様子 ・左から 2 人目が福岡水素エネルギー戦略会議の幹事を務める九州大学水素エネルギー国際研究センター長の佐々木一成教授 ・左から 4 人目が秋葉悦男副研究部門長</p> <p>(参考) IPHE の過去の受賞歴について 2006 年「特別認定アワード」 Jeremy Bentham (Shell)、Don Paul (Chevron) 「技術達成アワード」 HYFLEET: OJTE (EU)、Project Hydrosol (EU) JHFC プロジェクト ((財)日本自動車研究所、(財)エンジニアリング振興協会) 2007 年「功労賞」 ゲイル・ホルデ氏 (アイスランド首相) 「優秀リーダーシップ賞」 許・偉 氏 (中国科学技術部) 「技術功績賞」 水素ハイウェイ (カナダ・ブリティッシュコロンビア州) 渡辺政廣教授 (山梨大学)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>(本発表資料のお問い合わせ先) 資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部 燃料電池推進室長 飯田健太 担当者: 小口、今田 電 話: 03-3501-7807 (直通)</p> </div>
--	--

図 3. 経済産業省ニュースリリースでの紹介(平成 22 年度)

(経済産業省ホームページより)

4) IPHE スチューデントコンペティションへの協力(平成 22 年度)

JHFC プロジェクト(平成 14~22 年度に実施された FCV・水素ステーションの実証研究プロジェクト。平成 21 年度より NEDO 事業)と連携し、IPHE が企画した IPHE スチューデントコンペティション(IPHE が企画した、FCV・水素の研究に秀でた各国の高校生を表彰するもの。IPHE メンバー国が自主的に優秀校を推薦)にわが国から秋田工業高校を推薦し、IPHE スチューデントコンペティション授賞式およびスチューデントプログラム(各国学生との国際交流)に派遣することができた(図 4)。

FCコンペティションの想い

次世代を担う高校生、先生たちに水素・燃料電池をもっと知ってもらいたい

JHFCとIPHEは共に、これから大学などで専門知識を学ぶ若者(高校、高专)と、その先生たちに、次世代の新技术として世界が水素・燃料電池に注目していることを知ってもらい、もっと興味を持ってもらいたいという想いが一致しました。さらにJHFCは将来、国際的に活躍できる人材を育てる上で、日本の若い世代に国際会議で発表する機会を提供し体験してもらうことは有意義と考えてIPHE FCコンペティションに参加、国内コンペ実施を決めました。

JHFCプロジェクトと相乗効果

JHFCは、今まで主に将来FCVユーザーとなる小学生を対象に教育活動を実施してきました。その活動成果や教育マテリアルは、IPHEを始め国際的にも高い評価を得てきましたが、それらの経験からより広い年齢層へのアプローチを試みたいと願っていました。FCコンペティションの国内選考を通して、FCVを研究したい高校生と協力体制を築くことは、学生たちに更なる研究の機会を提供でき、わたしたちも彼らを通してFCVや国内デモンストレーションのニーズを把握、また機運を高めることができ、相乗効果が得られると考えました。



IPHEとの連携

IPHEで承認されたFCコンペティションには、現議長国である米国のほか、カナダ、欧州の主要国が参加することが早くから決定していました。また本企画の提案国であるドイツは、欧州で最も積極的な水素・燃料電池政策を掲げている国です。IPHEと連携することで、技術や情報など様々な国の意見を聞くことが出来るのは、日本にとっても好機と受け止めました。満を持して、2009年日本でもFCコンペティション国内選考を実施することになりました。

IPHE学生FCコンペ授賞式

いよいよ本番、IPHE学生FCコンペ各国優秀者の授賞式がWHEC2010プレナリーセッションで行われます。IPHE学生FCコンペ参加国は、ドイツ、アメリカ、アイスランド、ラトビア、日本の五カ国、学生、教師含め30名の参加者は、ホテルから燃料電池バスで会場のメッセ・エッセンに向かいました。

同じ年頃なのに、体格が良く大人びている他国の学生に早々に圧倒されてしまった4人。でも、詰襟学生服で挑んだ表彰式では、一番最初に紹介され存在感たっぷりでした。

表彰状を受け取り、プレゼンターと握手したみんなは、喜びを噛みしめると共に、礎を築いてきた先輩と一緒に取組む仲間、サポートしてくれる地元の方々や先生に心から感謝していますとコメントしました。



日本優秀賞授賞式



秋田工業高等学校の皆さん



各国優秀賞受賞者



WHEC2010プレナリーセッション会場

図 4. IPHE スチューデントコンペティションへの派遣(JHFC ホームページより)

④ IPHE、HIA、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

1) 「世界の燃料電池・水素プログラム」とりまとめ(平成 24 年度)

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(内容は、米国、ドイツ、欧州連合に加え、カナダ、ノルウェー、アイスランド、韓国、中国、オーストラリア)。

2) マッキンゼー「パワートレインのポートフォリオレポート」翻訳(平成 22 年度)

欧州連合およびドイツが実施したマッキンゼー「パワートレインのポートフォリオレポート」を翻訳して関係者に配布した(図 5)。



図 5「パワートレインのポートフォリオレポート」翻訳

3) 欧米の水素ステーション規制動向調査(平成 22 年度)

我が国の水素ステーション規制見直しのために水素規制見直しリーダー会議にオブザーバーとして参画、IPHE などのネットワークを用いて DOE、Air Products、Shell、CaFCP、Linde、TUV 等にヒヤリングを実施、米国・ドイツの水素ステーション規制を日本との対比でとりまとめ、関係者に提供した(図 6)。

海外規制動向まとめ(米国、ドイツ)	現況(法/規制の概要)	規制・基準の理由/根拠	国際標準化動向(TC197委員会)
<p>保安検査の簡略化</p> <p>米</p> <p>州によっては消防署による形式的な検査が必要であるが、外観検査、目視点検レベルで特別な装置を用いない程度で検査を実施。(ASMEスタンプ発行の要件は厳格中。)</p> <p>米</p> <p>「ドイツ企業安全基準例(ASD)」により、ドイツ技術検査協会(TÜV)がはじめとした有志格安全組織(第三者認証機関)による検査が必要。</p> <p>独</p> <p>この第三者認証機関は州ごとに異なる。</p> <p>検査においては、「運用安全に係る技術規制※3」が適用される。</p> <p>さらにTÜV(ドイツ技術検査協会)では現在、「水素充填ステーションの運用規制」のドラフトを策定し、すでに検査に利用されている。</p>	<p>ASME認可の容器では定期検査は法的には不要</p> <p>配管についても検査不要。</p> <p>検査の実施は、検査項目を全ての所有者の判断による。自主検査の位置づけであるが、一般的にASME基準以上の基準を設け、技術力を示すものとしている。具体的には、ASMEエンプティは圧力変動試験に注目し検査対象での位置の期間(10年あるいはそれ以上)となる予定)で検査すべきの要件。</p> <p>TÜV(水素充填ステーション)の運用規制ドラフトでは、登録試験機関(TÜV)による10年ごとに強度検査を義務づけている。ただし、ステーション全体は5年ごとに検査が必要。</p> <p>ステーション運用者が規制・基準に基づいて定期検査を実施し、TÜVのような認定試験機関が、その検査データを承認する。</p> <p>ドイツでは、米国と異なり消防署など、市や州が検査を最終承認・認可することは無い。</p>	<p>なし。</p>	<p>圧力容器についてはW96(車載用高圧水素容器)があるが(対象:タイプ1金属性容器、タイプ2複合容器)、現行ISO/TS15909(技術仕様書)でTS(国際標準)はこれからの作業。現時点で定期検査に関する規定は無い。</p> <p>ステーション用圧力容器(蓄圧器)はW915として2010年5月に立ち上げられ、ISはこれからの作業。タイプの金属性容器についてはISO2669-1と2(充填可能な高圧ガス容器)にて材料・試験方法など参考としている。</p>
<p>設計係数の見直し</p> <p>米</p> <p>高圧ガス保安法に該当する法規はなく、市や都の消防署が米国防火協会防火標準(NFPA)を定めている。NFPAは家内においてASMEを参照すること規定しており、実質的にASME基準を適用することになる。</p> <p>具体的にはNFPA 55(高圧ガス、液化燃料の貯蔵基準)において、容器は「受動性の規制、カナダ運輸省危険物輸送基準、ASMEエンプティ及び圧力容器基準に基づいて設計・製造・検査・認証される」と規定されている。</p> <p>配管: チューブ、継ぎ手等は「ANSI/ASME B31.3(工業プロセス用配管)」の要求や、その他の承認された基準に基づいて設計・製造・検査される」と規定されている。</p> <p>欧州委員会によって高圧機器指令(PED)(97/23/EC)等により規定したものに各国が従っている。</p>	<p>【圧力容器】</p> <p>米国ASME規格では、設計係数3と2の2種類の設計基準が定められており、事業者が任意に選択することができる。</p> <p>なお、設計係数2.40の設計基準を選択することにより、より薄肉の容器を製作できるが、当該設備に起こりうる全ての破壊モードを考慮した応力解析や疲労解析を行う設計手法により作成することが必要。</p> <p>【配管】</p> <p>ASME B31で安全係数は3と定められている。</p>	<p>米国溶接研究会(WRC)が1999年に発表したレポート「WRC Bulletin 485」によれば、ASME Section VIII, Division 10改訂(安全係数4→3.5)は、ASME規格で製造された圧力容器の連続試験が良好であると、各種破壊モードの影響がない、過去の改善により同規格の安全性が向上していること等が確認されたことにより緩和とされたとしている。</p>	<p>【S-3規格】の圧力容器についてはW96(車載用高圧水素容器)があるが(対象:タイプ1金属性容器、タイプ2複合容器)、現行ISO/TS15909(技術仕様書)でTS(国際標準)はこれからの作業。ステーション用圧力容器(蓄圧器)はW915として2010年5月に立ち上げられ、ISはこれからの作業となる。タイプの金属性容器についてはISO2669-1と2(充填可能な高圧ガス容器)にて材料・試験方法など参考としている。</p> <p>【配管】の規格TC197では議論中。</p>
<p>独</p> <p>欧州委員会によって高圧機器指令(PED)(97/23/EC)等により規定したものに各国が従っている。</p>	<p>【圧力容器】</p> <p>欧州委員会規格406/2010(26 April 2010)により規格化COPPPの規格EN 442-2に定められている。</p> <p>EN 12251については以下のようなものである。</p> <p>実施規則406/2010(水素動力車用型式認定規則の実施規則)のAnnex IV Part 2</p> <p>「4テスト方法、4.2 容積試験(Burst test) 4.2.1 方法 4.2.2 方法」</p> <p>容器は標準で米国による破壊テストを実施。昇圧速度は、名目使用圧力の80%×安全係数(2.25)以上の圧力では1.4 MPa/秒以下。(以下略)</p>	<p>確認中</p>	<p>調査項目</p> <ul style="list-style-type: none"> 使用可能鋼材の拡大 設計基準(耐圧安全係数)の見直し 輸送用複合容器の適用範囲拡大 市街地における水素貯蔵量の増加 保安検査の簡略化 開放周期の周期延長 複合容器の蓄圧器としての使用 保安距離の更なる緩和 改質器の無人運転 防爆性能の見直し 蓄圧器等のキャンピー上設置 ディスプレイの並列設置 公道でのFCVへの充填 CCS用CO2回収設備の付帯設備化

図 6. 米国・ドイツの水素ステーション規制状況の取りまとめの内容

⑤ 情報の展開・普及及び共有化活動

1) 活動報告会の開催(平成 22 年度～)

平成 22 年度(平成 23 年 2 月)は IEA/HIA に関して、また平成 23 年度(平成 24 年 2 月)は IEA/HIA と IEA/AFCIA の両方に関して、年度末に活動報告会を開催している。活動報告会では、各作業部会を担当する専門家が部会の活動を報告し、質疑応答を行っている。活動報告会参加者は、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(約 40 数名が参加)。

2) 国際情報共有ネットワークの立ち上げと専用 HP の開設(平成 24 年度～)

平成 23 年度 10 月より、FC/水素政策関係者、NEDO、NEDO プロの委託先等を中心に国際情報ネットワークを構築、登録者は現在約 100 名(図 7、図 8)。発信している内容は、作業部会や国際会議の報告、海外政策情報、マンスリーニュースなど。これにより従来は IEA/HIA や IEA/AFCIA の活動報告は年間 1 回(毎年 2 月の活動報告会)のみであったが、タイムリーに国際情報を関係者に提供できるようになった。

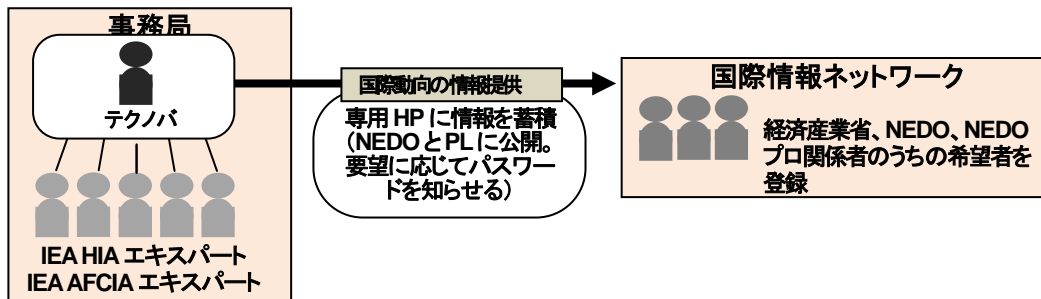


図 7. 国際情報共有ネットワークの立ち上げ

Technova Inc. 株式会社テクノバ [サイトマップ](#) | [個人情報の取り扱いについて](#)
[ホーム](#) > [事業分野](#) > [エネルギー・環境](#) > 国際情報共有ネットワーク
 NEDO「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」事業

Posted: 2012/7/6 IEA水素実施協定(HIA)分科会報告

- Task23(オンサイト水素供給用小型改質器、2012年4月ワークショップ)報告
- Task28(大規模水素供給インフラ、2012年4月会合)報告
- Task29(分散コミュニティ水素システム、2012年6月会合)報告
- Task29(分散コミュニティ水素システム、2012年6月会合)サブタスク2.2 活動レポート(英文)
- Task29(分散コミュニティ水素システム、2012年6月会合)サブタスク2.3 プロジェクト選定レポート(英文)
- Task29(分散コミュニティ水素システム、2012年6月会合)伊藤氏(AIST)プレゼンスライド
- Task30(グローバル水素システム分析、2012年3月会合)報告
- Task30(グローバル水素システム分析、2012年3月会合)議事録(英文)
- Task30(グローバル水素システム分析、2012年3月会合)分科会からIEA上部組織(エネルギー研究技術委員会)への報告(2011年11月)
- Task30(グローバル水素システム分析、2012年3月会合)安田氏(東京ガス)プレゼンスライド

Posted: 2012/6/4 韓国「水素タウンモデル事業」に関して(2012年5月28日発表)

- [韓国「水素タウンモデル事業」に関して](#)

Posted: 2012/3/16 NEDO IEA HIA水素実施協定・AFCIA先端燃料電池実施協定活動報告会プレゼンテーション(2012年2月22日)

- HIAの概要
- HIA Annex 21(バイオ水素製造)
- HIA Annex 22(水素貯蔵材料)
- HIA Annex 23(定置式小型改質器)
- HIA Annex 24(風力発電→水素製造)
- HIA Annex 26(水の光分解による水素製造)
- HIA Annex 28(大規模水素インフラ)
- HIA Annex 29(分散型水素システム)
- HIA Annex 30(グローバル水素システムの分析)
- HIA Annex 31(水素安全)
- AFCIAの概要
- AFCIA Annex 22(PEFC)
- AFCIA Annex 24(SOFC)
- AFCIA Annex 25(定置用FC)

図 8. 国際情報ネットワークの専用 HP の開設

3) 国際動向レポートの発行(平成 23 年度～)

IEA/HIA、IEA/AFCIA、IPHE など得られた情報、また各国の動きがある場合に、その情報(レポート翻訳、概要解説、会議参加報告書)を前述の国際情報共有ネットワークを活用して発信(平成 23 年度はほぼ隔月～3 ヶ月に 1 回程度、平成 24 年度月上旬は隔月で発信)。平成 24 年 7 月からはマンスリーレポートも配信。

4) 作業部会のサポートチーム設置(平成 24 年度～)

IEA/HIA、IEA/AFCIA の作業部会のうちでも、そのテーマが担当する専門家だけでは対応が難しい場合、他の企業や研究機関にも関わりがある場合、また戦略的な情報発信が必要な場合は、その作業部会に出席する専門家のサポートチームを構築した(表 9)。

表 9. 作業部会のサポートチーム設置

作業部会	エキスパート	サポートチーム
IEA/HIA Annex 28 (大規模水素インフラ)	東京ガス 日産自動車	(確認中)
IEA/HIA Annex 30(グローバル水素システムの分析)	東京ガス	日本自動車工業会、エネルギー総合工学研究所、JX 日鉱日石エネルギー
IEA/HIA Annex 31 (水素安全)	東邦大学	日本自動車工業会、水素供給・利用技術研究組合(HySUT)、日本自動車研究所(JARI)、燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)

5) 経済産業省燃料電池分科会への海外情報提供と FCV 普及予測の実施(平成 23 年度)

経済産業省燃料電池分科会(平成 23 年 6 月 3 日)に海外情報を提供した。また FCCJ や関係機関・組織と連携し、2015 年～2030 年に向けての FCV 普及予測を行い、あわせて提供した。その後も業界(FCCJ など)の意見を参考に、FCV 普及予測を修正・アップデートした。FCV 普及予測は、大手自動車 3 社の意見を元に、4 つのパラメータ(車両の魅力、燃料経済性、強力な政策支援、車両価格低減)で分析を行った。その結果、普及台数は、2025 年における FCV の普及予測は、36 万台から 240 万台の間となった(表 10、図 9)

表 10. FCV の普及予測

FCV 普及に関するパラメータ				インフラ	2025年時点での普及台数
車両の魅力	燃料経済性	強力な政策的支援	車両価格低減		
あり	あり	あり	(最初から)あり	(最初から)あり	➡ 240万台
あり	あり	あり	(徐々に)進む	(最初から)あり	➡ 146万台
あり	あり	なし	(最初から)あり	(最初から)あり	➡ 50万台
あり	あり	なし	(徐々に)進む	(最初から)あり	➡ 36万台

⑥ 再生可能エネルギー由来水素の技術動向

再生可能エネルギー由来水素の可能性に関して、世界の政策動向と最新の技術動向をとりまとめ、「非化石資源および低炭素資源による水素製造の可能性」(120 ページ)として報告した(表 11～表 12)。

表 11. 「非化石資源および低炭素資源による水素製造の可能性」の概要①

各国の政策

米国: 水素実行プランで 2040 年の水素需要の半分をカーボンニュートラル源とすることを想定。

ドイツ: 2050 年に向かって風力由来水素と石炭ガス化水素で 8 割以上を賄う (GermanHy、右図)。

	2010	2015	2020	2030	2050
水素需要コスト	1,000 台以下 ・CEPII ・デモンストレーション ST 約 10 カ所	10 万台以下 ・初期市場 ST 142-218 カ所	乗用車 35 万-58 万台 商用車 56-96,000 台 ST 1296-2666 か所 4.5~5 ユーロ/kg	乗用車 410-640 万台 商用車 382-598,000 台 ST 3,497-8,816 か所 3.5~4.5 ユーロ/kg	2200-3800 万台 ・初期市場 ST 7,275-12,388 カ所
水素源		天然ガス		石炭 (CCS 併用) 再生可能エネルギー (風力) バイオマス	再生可能エネルギー由来電力 (輸入)
水素インフラ		副生水素	液体水素 (トレーラー輸送)	圧縮水素 (パイプライン輸送)	
	天然ガス改質/水電解		オンサイト水素製造		水電解

GermanHy の水素ロードマップ

欧州連合: 2015 年に水素需要の 10~20% をカーボンフリー/低炭素とする (右図)。

欧州燃料電池水素共同実施機構 多年度研究計画 2008-2013

分野	2010 年目標	2015 年目標	
		量	コスト・技術
交通、充填インフラ	- 1 地域で FCV を 10 台、既存水素ステーション (供給能力 50 台規模) への展開 - 3 地域に FC バス 20 台導入 (適切な能力の水素ステーション)	- 追加 3 地域で 500 台 (LDV)、水素ステーション 3 箇所追加 - 10 地域 (うち 7 箇所は新規追加) で FC バス 500 台、充填ステーション能力 > 400kg/日	システムコスト: 100€/kW 車載時の耐久性: 5000 時間 商業水素ステーションインフラロードマップの策定
水素製造、輸送	交通用、定置用、初期市場用に適した適切な水素供給チェーン (燃料純度を含む) の構築 2015 年においては水素需要の 10~20% はカーボンフリー/低炭素水素		水素ステーションでの水素コスト: < 5€/kg (€0.15/kWh) 水素貯蔵密度の向上: 9%wt 水素
定置用発電、CHP	EU での前商業化レベルのデモンストレーション: 3~7MW	~100MW	マイクロ CHP: €4,000~5,000/kW 産業・商業発電: €1,500~2,500/kW
初期市場	新規 500 ユニット - UPS/バックアップ: 50 ユニット - 産業車両/オフロード車両: 20 ユニット - ホータブル/マイクロ FC: ~400 ユニット	新規 14,000 ユニット - UPS/バックアップ: 1,000 ユニット - 産業車両/オフロード車両: 500 ユニット - ホータブル/マイクロ FC: 12,000~13,000 ユニット	

HyWays とマッキンゼーレポートの両方とも、CCS と風力が重要な役割を果たしている。

非化石資源による水素製造技術の開発動向

現実的な非化石資源由来水素製造技術は水電解。

表 12. 「非化石資源および低炭素資源による水素製造の可能性」の概要②

水電解を中心とする水素コストの目標・試算・分析

わが国の風力発電による電力コストと電解水素のコストを適用しても、大規模風力(4.5MW以上)で10~14円/kWhが、中規模風力(3MW~600kW)で18~24円/kWhの電力コストが達成できる見込み(下図)。

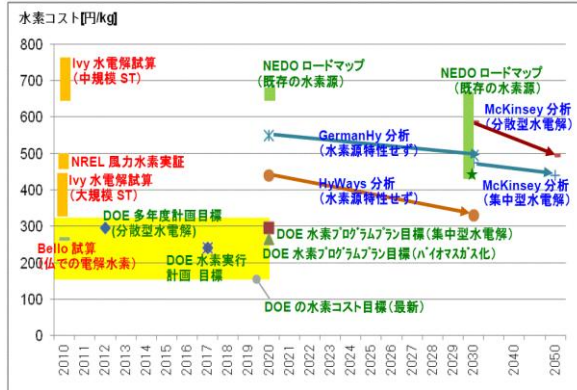


図 2-1. 水素コストの目標・分析・試算のまとめ
(緑: コストの目標値、赤: 現在コストの試算、青: 将来コストの分析値)

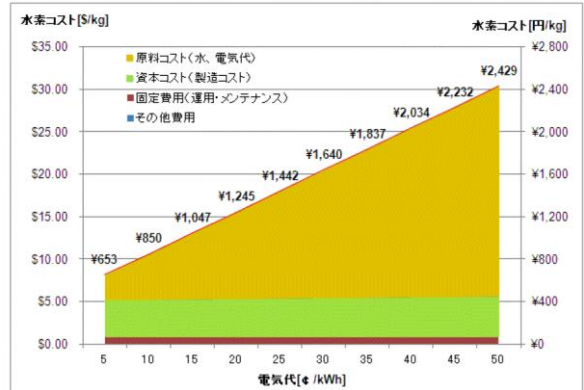


図 2-3. 中規模ステーションの電力価格と水素コストの関係
注: NREL (IVY) を参考に試算。原料コストと資本コストは電力料金に比例するとした。

水電解の技術的課題の整理

水電解の課題を整理(右図)。

表 6-1. 水電解による水素製造技術の課題と R&D 項目

システム効率と電力コスト	パワーエレクトロニクス(再生可能エネルギー発電装置)	資本コスト/設置面積
<ul style="list-style-type: none"> - メンブレンの改良 - 触媒、電極の改良 - アーキテクチャの最適化 - 水素ドライヤの改良 - 需要変動、電力変動に対応するためのシステム最適化 - 高温運用のための改善 - 圧縮機効率の向上 - パワーエレクトロニクスの改良 - 中圧~高圧運用のための改善 	<ul style="list-style-type: none"> - パワーエレクトロニクスの標準化と量産性向上 - 再生可能エネルギーによる発電装置のパワーエレクトロニクスと、電解装置のパワーエレクトロニクスの統合 - コストの低減 - 効率の向上 	<ul style="list-style-type: none"> - 低コストメンブレン - 低コスト触媒 - アーキテクチャの改良 - 水素ドライヤの改良、水素品質の制御 - 製造・設置コストの低減 - システム効率の向上 - 製造量の増加 - 大規模化 - 低コストな熱マネジメントとシール材の開発 - 需要変動に対応するためのシステム最適化 - DFMAと量産、BOP開発 - システム部品の統合 - システムの耐久性向上と長寿命化 - 認証・基準・標準の策定 - 分散型システムでの設置面積低減: 7000ft²(650m²)
製造		運用・メンテナンスコスト
<ul style="list-style-type: none"> - 低コストな分離・精製技術 - システムの耐久性向上、長寿命化 - BOP(水精製装置、ユーティリティ関連装置、センサー等)の低コスト化 - 分散型水素製造技術のための DFMAによるモジュールデザイン - 大規模集中型水素製造のための DFMAによるスケールアップデザイン 		<ul style="list-style-type: none"> - 人手がかからない運用、プロセス制御の自動化 - システム信頼性向上、耐久性向上、長寿命化 - 材料・エネルギーのロスの低減 - BOP(水関連装置、ユーティリティ関連装置、センサー)の運用・メンテナンスコストの低減 - 水素ドライヤの改良 - システム部品の統合 - ターンダウン最適化による資本利用率の向上 - システム効率の向上
電力網からのエミッション		制御・安全
<ul style="list-style-type: none"> - システム効率の向上 - 電源構成の改善 		<ul style="list-style-type: none"> - システム部品の統合 - ターンダウンの最適化 - 認証・基準・標準の策定 - 安価なセンサーの開発

出所: Hydrogen Production Technocal Team, FreedomCAR & Fuel Partnership 「Hydrogen Production Roadmap 2009」(DOE, 2009)

4. まとめ及び課題

日本と欧州で定置用燃料電池市場が立ち上がり、また 2015 年に向けて FCV 商用化にむけたインフラ整備の議論が進む中で、IEA/HIA、IEA/AFCIA、IPHE の活動も活発になってきている。以下にまとめと課題を示す。

① IEA/HIA の動向の調査・検討・普及 および ② IEA/AFCIA の動向の調査・検討・普及

【まとめ】

- ・ 引き続き、専門家派遣による情報収集を通じて、各国の最新情報を収集する。またわが国の取り組みは高く評価されており、ある程度の情報発信を通じて、より多くの海外情報を収集し、関係者に発信することに努める。

【課題】

- ・ 作業部会のうち、そのテーマが担当する専門家だけでは対応が難しいもの、他の企業や研究機関にも関わりがあるもの、また戦略的な情報発信が必要なものがある(水素実施協定の Task28(大規模水素)インフラ、Task30(グローバル水素システムの分析)、Task31(水素安全))。そのような作業部会に関しては、引き続きサポートチームによる支援を継続する。
- ・ 専門家の見直しを適時行うことが必要。NEDO および国際連携に関わる組織・企業、国際情報が必要な組織・機関と連携し、よりよい情報収集と発信に努める。

③ IPHE の動向の調査・検討・普及

【まとめ】

- ・ 水素・FC 政策における情報交換の機会として有益であり、特に FC・水素の先進国である日米欧(独)が意見交換できる機会となっている。

【課題】

- ・ IPHE は 2012 年 11 月で 10 年の初期タームを終えるが、さらに 10 年延長することが決まっている。2015 年に向かって、世界の主要国が連携するために、わが国としても積極的な関与が期待されている。

④ IPHE、HIA、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

【まとめ】

- ・ ①～③の情報をを用いて、わが国の水素・FC 関係者に参考になる情報を、引き続き発信する。

【課題】

- ・ 世界の動向のうちでも、米国(DOE、カリフォルニア州政府、CaFCP など)、欧州連合(FCH JU)、ドイツ(NOW)の動きは引き続き注意が必要である。また韓国、中国、フランス、英国でも FCV 普及と水素インフラ展開を推進する動きもあり、注意が必要である。

⑤ 情報の展開・普及及び共有化活動

【まとめ】

- ・ 国際情報共有ネットワークを通じて、引き続き情報を発信する。

【課題】

- ・ HIA、AFCIA の各作業部会に関しては、引き続き出席した専門家からのレポートを適切に取りまとめ、得られた情報を国内関係者に配信する。
- ・ マンスリーレポートを定着させる。
- ・ 今後、①～③の実施(専門家派遣)に関して、事後報告だけでなく、事前の会議情報提供や意見集約に国際情報共有ネットワークを活用する。

⑥ 再生可能エネルギー由来水素の技術動向

【まとめ】

- ・ 「非化石資源由来水素」報告書を取りまとめ、提出(平成 23 年度)。

【課題】

- ・ わが国や世界のエネルギー政策・エネルギー需給動向の変更を踏まえ、また 2015 年以降の FCV 実用化の流れの中で、再生可能エネルギー由来水素の重要性が増してきていることに留意しつつ、平成 23 年度版のアップデートを行う。

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。

- 例：・2025 年までの FCV の普及予測を通じて、わが国における水素ステーション普及展開における基礎的データを提供。
- ・マッキンゼー報告やカリフォルニア燃料電池パートナーシップの水素ステーション展開に関するレポートの翻訳、水素ステーション視察報告などを通じて、海外の水素ステーション普及戦略や水素ステーションのコスト情報、技術情報をわが国の関係者に紹介。

以上

●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

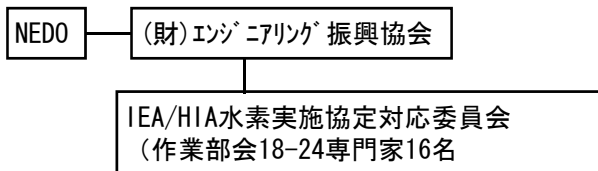
- (1) 水素経済社会の実現に向けて国際的協同研究開発を実施
- (2) 安全・環境を配慮した世界共通の水素技術関連情報の共有
- (3) 総合的な水素研究開発と分析活動の支援

●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こり、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 (V_{oc}) 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 V_{oc} 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。

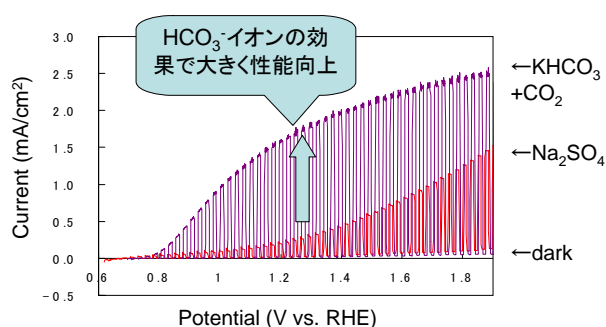


図 1 : BiVO₄ 電極の電流電圧特性
ライトチョッパーで断続光照射。
(AM-1.5,1Sun)

(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。

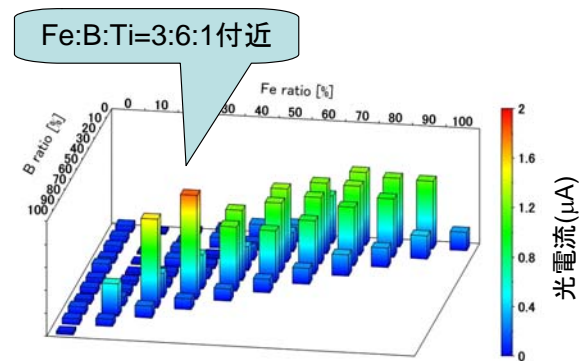


図2 : Fe-Ti-B系の光電流測定結果

(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Fe³⁺イオンをFe²⁺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Fe²⁺イオンをFe³⁺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Fe²⁺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。

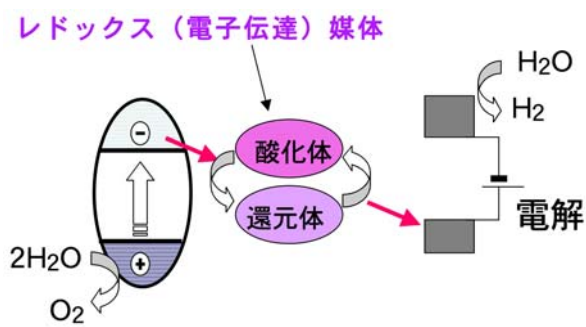


図3 光触媒-電解ハイブリット水分解システムの原理

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 °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 $\mu\text{mol/h}$) に比べて 10 倍以上の活性 (196 $\mu\text{mol/h}$) 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。

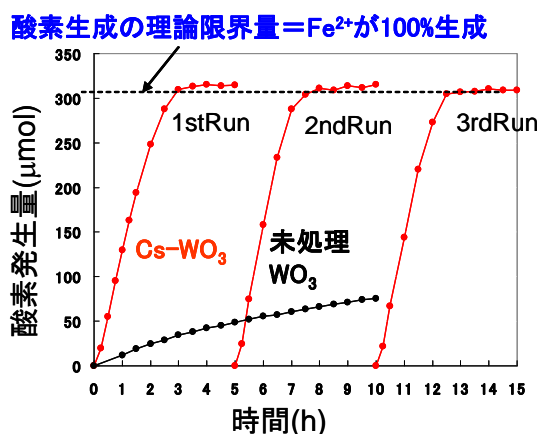


図4：光触媒反応での酸素発生量の経時変化

最も活性が高い条件に最適化した光触媒の酸素発生量の経時変化を図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り、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

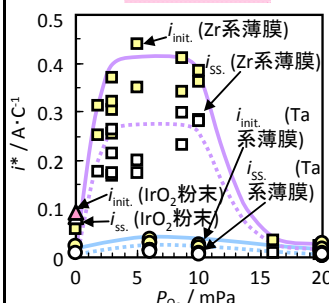


図1 i^* のTa及びZr化合物薄膜作製時の酸素分圧(P_{O_2})依存性。

粉末材料

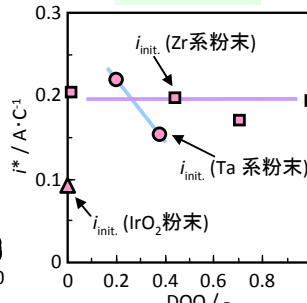


図2 i_{init}^* のZr及びTa化合物粉末のDOO依存性。

電解セル

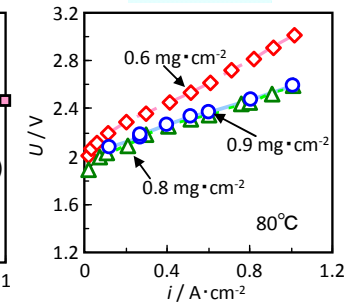


図3 水電解電流密度と水電解電圧の関係。

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。

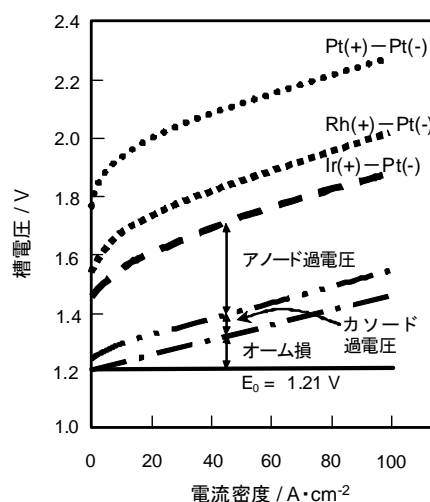


図1 固体高分子型水電解(SPWE)の電圧収支例(50°C)

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水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。それを用いて $k(= I Q_A^{-1})$ 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 $k(k_{\text{init.}})$ 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 k を $i_{\text{SS},*}$ 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($P_{\text{O}_2} = 20$ mPa)の k と $\theta_{\text{Base.}}$ の関係を図 2 に示す。比較として IrO_2 粉末の $k_{\text{init.}}$ 及び $i_{\text{SS},*}$ を併記した。どちらの化合物ともに温度が低いほど $k_{\text{init.}}$ 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 $k_{\text{init.}}$ 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 $i_{\text{SS},*}$ 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 $k_{\text{init.}}$ と $i_{\text{SS},*}$ を比較すると、温度が低いほど $k_{\text{init.}}$ と $i_{\text{SS},*}$ 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 k と P_{O_2} の関係を図 3 に示す。比較として IrO_2 粉末の $k_{\text{init.}}$ 及び $i_{\text{SS},*}$ を併記した。Ta 化合物薄膜については $i_{\text{SS},*}$ と $k_{\text{init.}}$ 共に $P_{\text{O}_2} = 6$ 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、 $i_{\text{SS},*}$ と $k_{\text{init.}}$ 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 $k_{\text{init.}}$ は IrO_2 粉末の $k_{\text{init.}}$ 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 $k_{\text{init.}}$ と $i_{\text{SS},*}$ 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 $i_{\text{SS},*}$ の IrO_2 の $i_{\text{SS},*}$ 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、 $\theta_{\text{Base.}} = 200^\circ\text{C}$ 、 $P_{\text{O}_2} = 3-10$ 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。

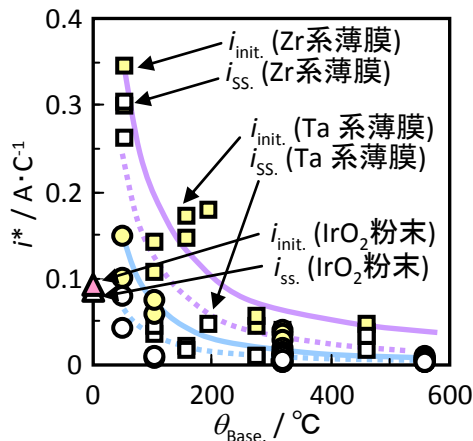


図2 i^* のTa及びZr化合物薄膜作製時の基板温度($\theta_{Base.}$)依存性.

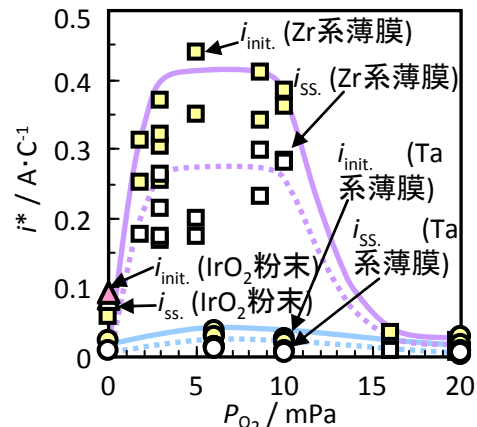


図3 i^* のTa及びZr化合物薄膜作製時の酸素分圧(P_{O_2})依存性.

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 $\theta_{Base.}$ 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、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、 $\theta_{Base.} = 700^\circ\text{C}$ 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。

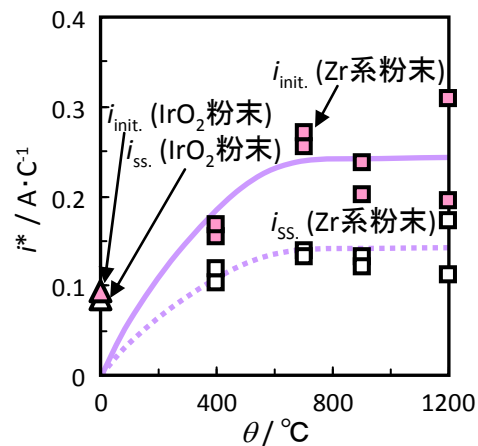


図4 i^* のZr化合物粉末触媒作製時の粉末作製温度(θ)依存性 ($0.1\text{ M H}_2\text{SO}_4$, 30°C).

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 $ZrC_{0.5}N_{0.5}$ 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。 $TaC_{0.5}N_{0.5}$ 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 $TaC_{0.5}N_{0.5}$ が $2\theta \cong 33.4^\circ$ となる最強のピーク強度 $I[ZrC_{0.5}N_{0.5}]$ 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。

$$DOO = I_{\text{mono. ZrO}_2} / (I_{\text{mono. ZrO}_2} + I_{\text{ZrC}_{0.5}\text{N}_{0.5}}) \quad (1)$$

3-3-3. DOO 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 DOO 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。DOO 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 DOO 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 DOO に依存する結果を示唆し、DOO 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、DOO = 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。

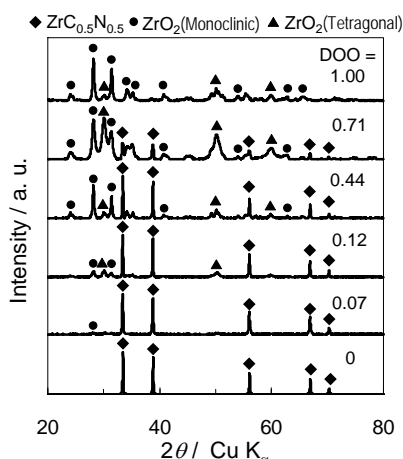


図5 焼成時間の異なるZr化合物粉末のX線回折パターン。

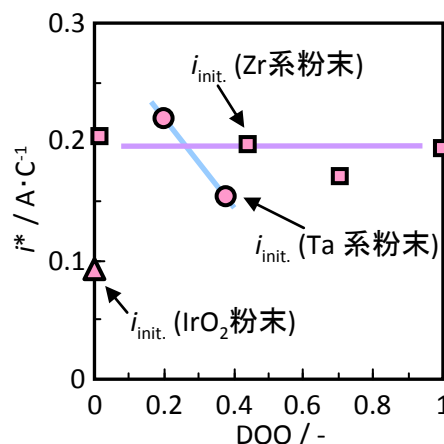


図6 $i_{\text{init.}}$ のZr及びTa化合物粉末のDOO依存性。

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-CNO)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 $0.6 - 0.9 \text{ mgcm}^{-2}$ 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。

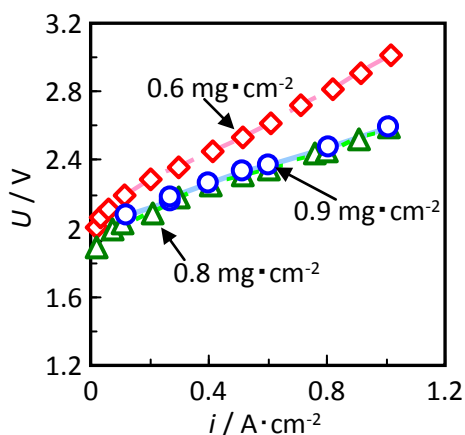


図6 水電解電流密度と水電解電圧の関係。

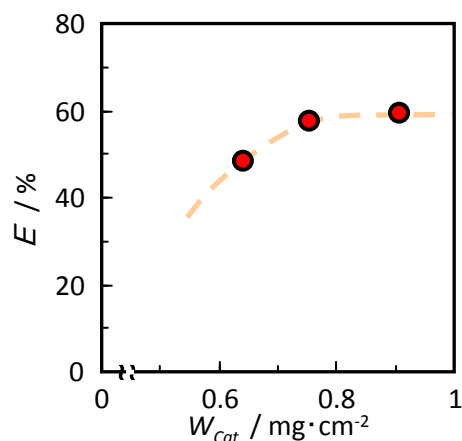


図7 セルの触媒担持量と $1 \text{ A}\cdot\text{cm}^2$ でのエネルギー効率の関係。

<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 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	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 IrO_2 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

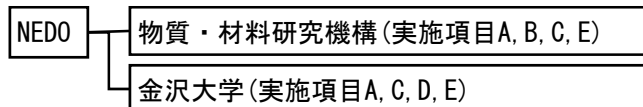
エネルギー密度の高い液体水素は貯蔵・輸送に有用であるが、極低温で液化する際には相当量の仕事が必要されるため、液化や貯蔵に最適化された冷凍システムの開発が不可欠となっている。磁気冷凍法は原理的にはカルノー効率を満足するため、世界的にも水素液化への応用が進められている。

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。

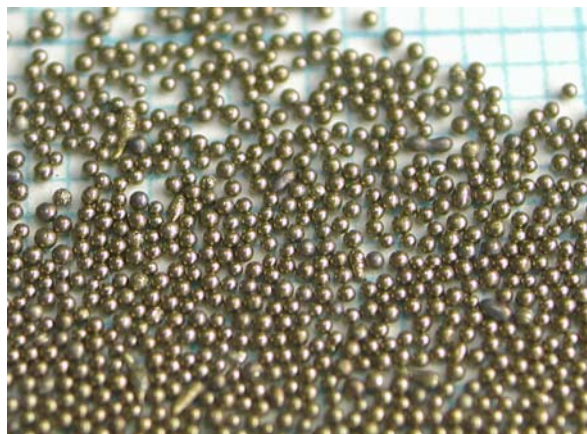


図1. 試作された球状化 GdNi₂ 試料

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）。

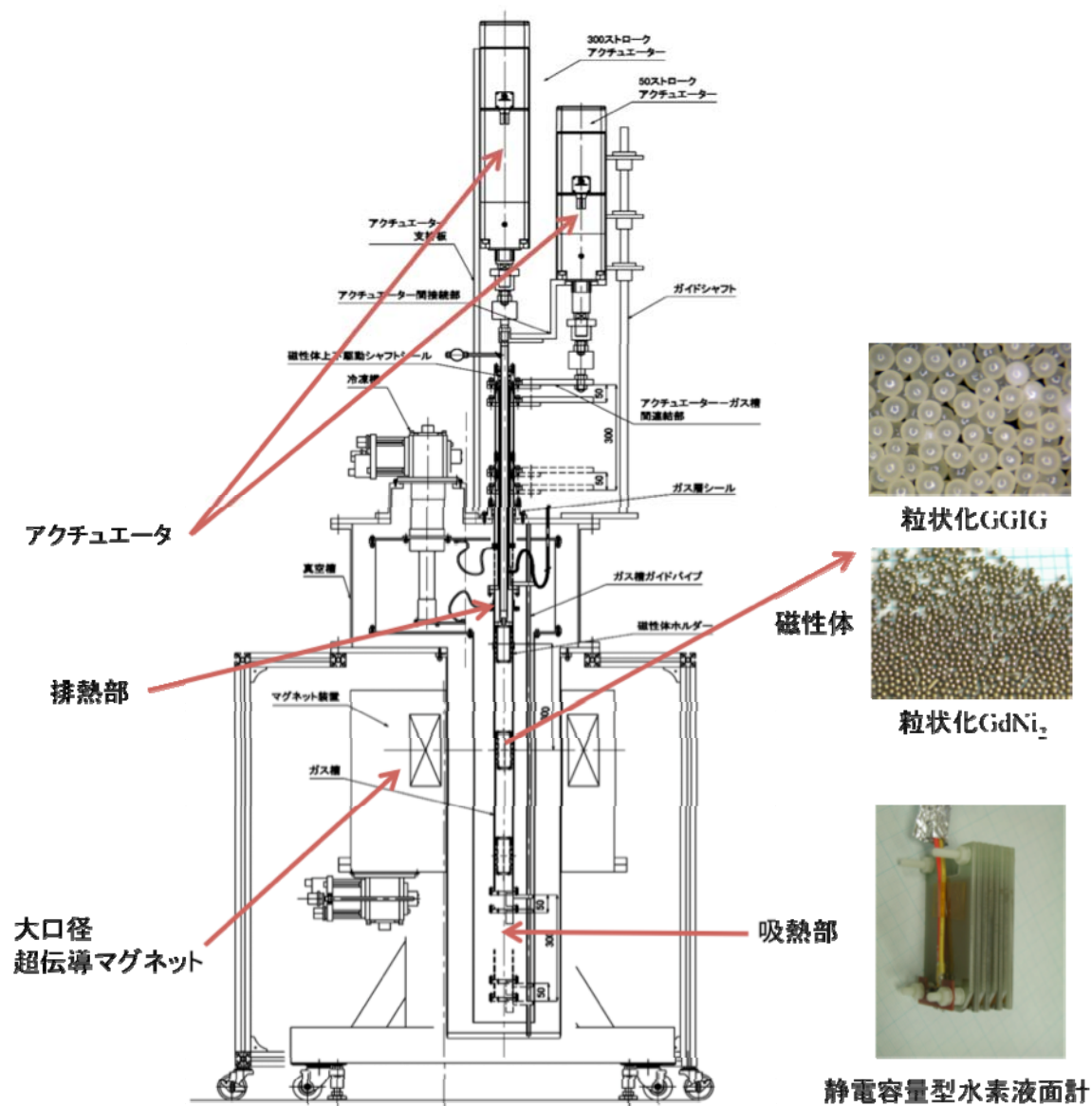


図 2. 試作された水素磁気冷凍用 AMR 試験装置

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

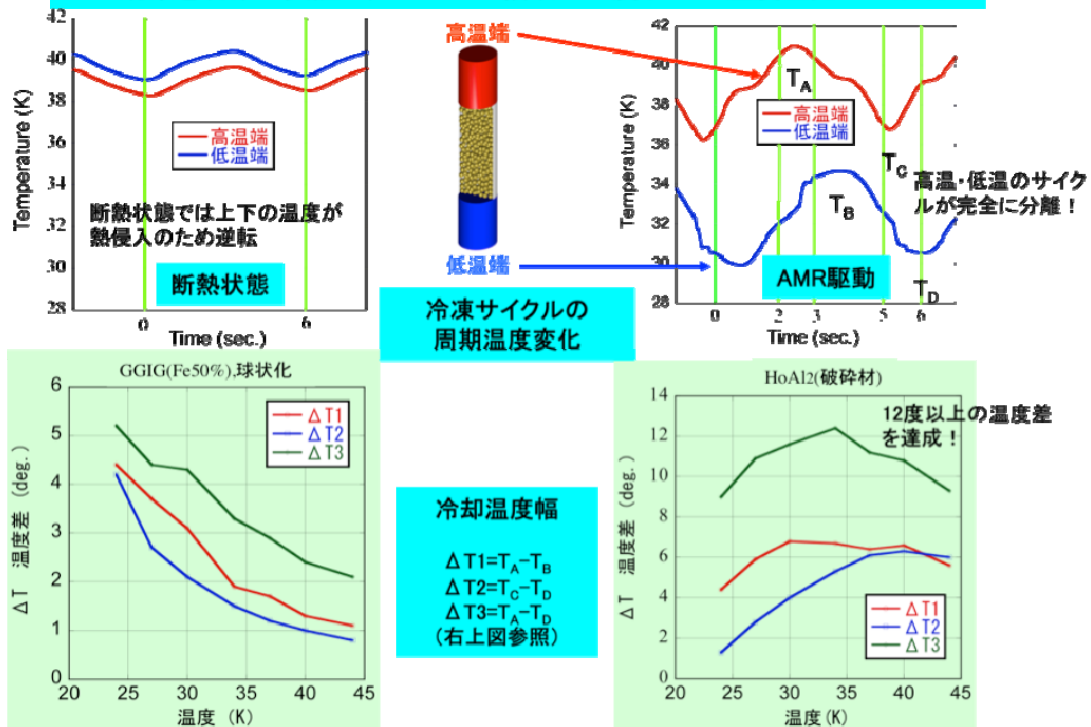


図 3. 水素磁気冷凍用 AMR 試験装置による取得データの一例

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。

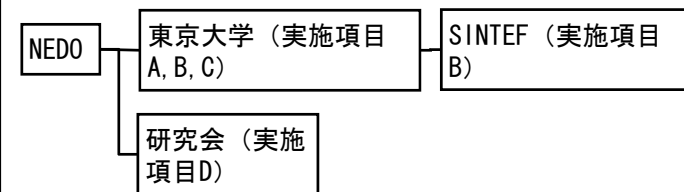
●背景/研究内容・目的

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。

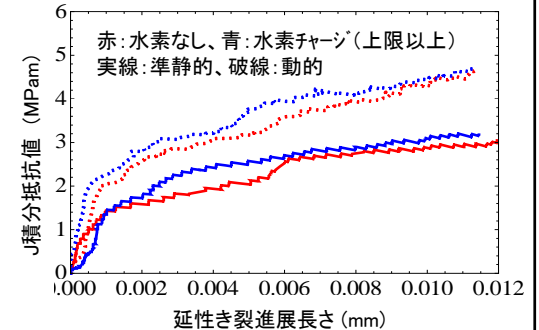


図1 き裂伝播抵抗に及ぼす水素の影響

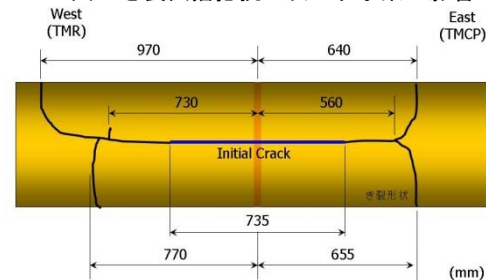


図2 実大強度試験におけるき裂伝播挙動

●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、

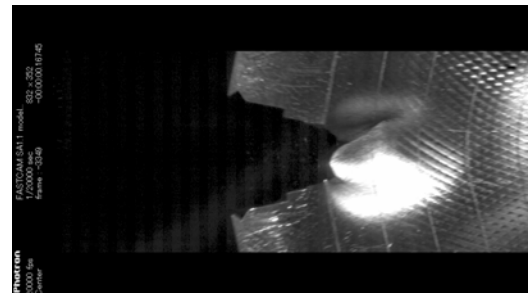


図1 落重試験中の試験片変形とき裂進展の様相（条件(2)）

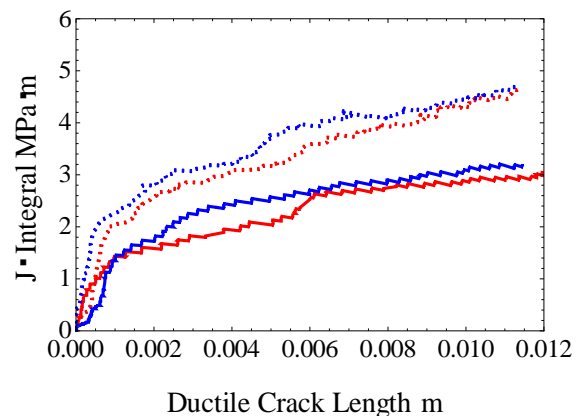


図2 J-R曲線に及ぼす水素チャージ有無と荷重速度影響（実線；準静的、破線；動的、青；無チャージ、赤；チャージ条件(2)）

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

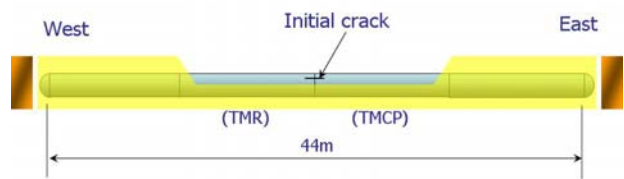


図 3 実大バースト試験体のレイアウト



図 4 実大バースト試験体の設置状況

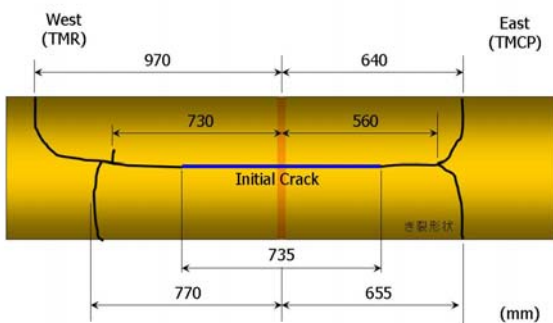


図 5 初期き裂から伝播したき裂の形状

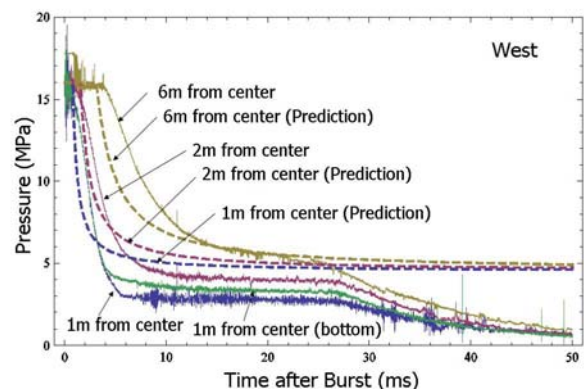


図 6 実大試験におけるガス減圧挙動

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。

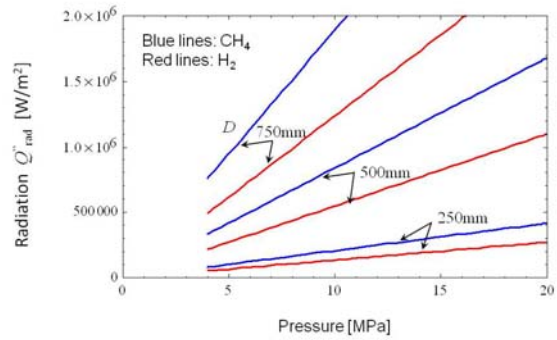


図7 輻射熱流速の計算結果 (水素ガス・天然ガスパイプライン)

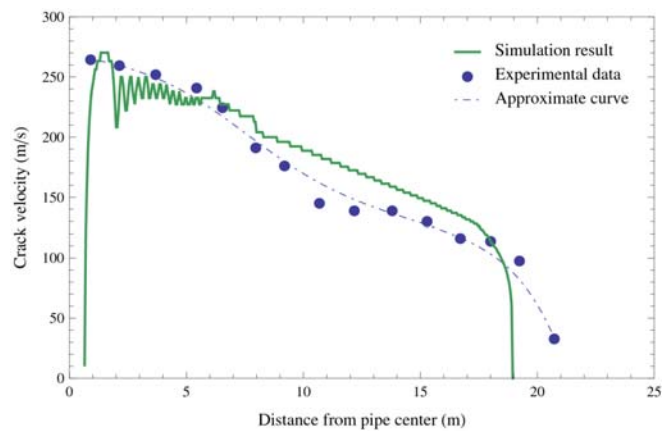


図8 き裂伝播速度の比較 (X70鋼管バースト試験 1980年)

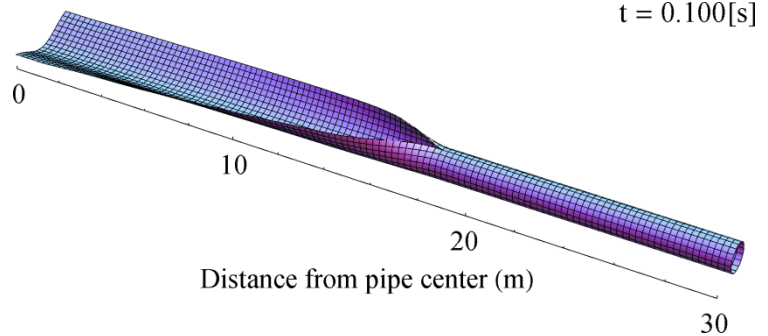


図9 鋼管の変形破壊状況の計算結果 (X70鋼管バースト試験 1980年)

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できる。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

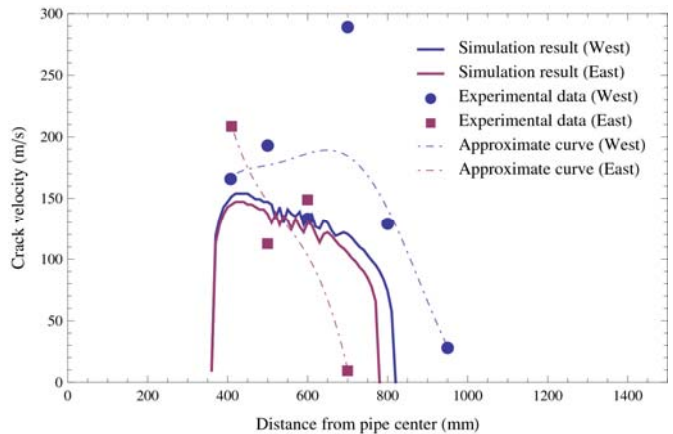


図10 本研究で実施した実大試験におけるき裂伝播速度の実測と計算の比較

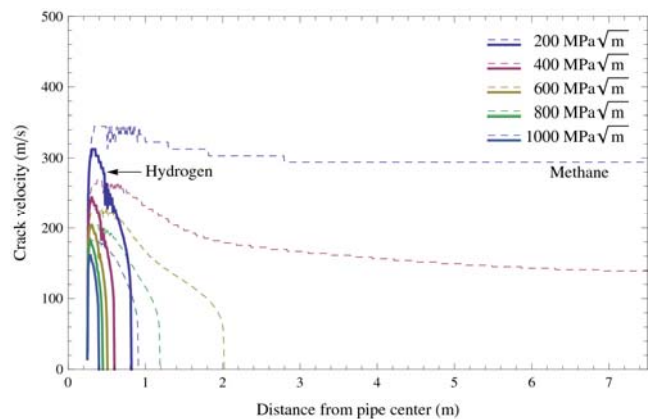


図 11 水素ガスパイプラインと天然ガスパイプラインのき裂伝播速度履歴の比較

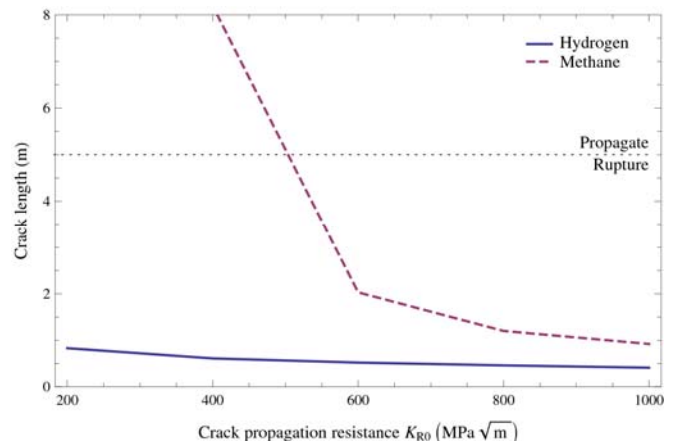


図12 水素ガスパイプラインと天然ガスパイプラインのき裂伝播距離の比較

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。

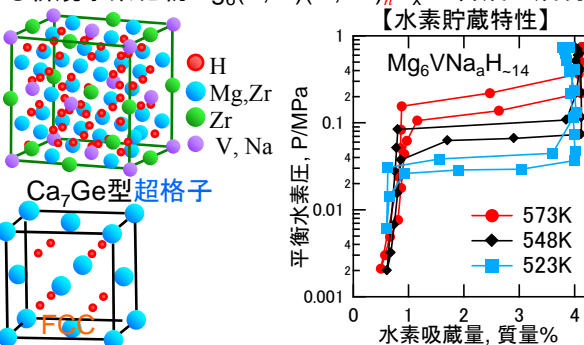
●実施体制及び分担等

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

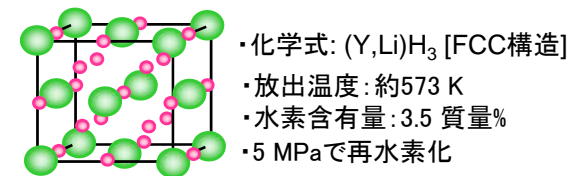
I. マグネシウム合金系新規水素吸蔵材料の探索

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。

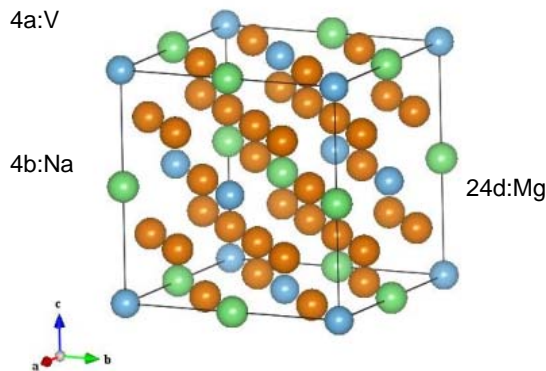


図 1 超格子型 Ca_7Ge 構造を有する Mg-V-Na-H 系水素化物の結晶構造モデル

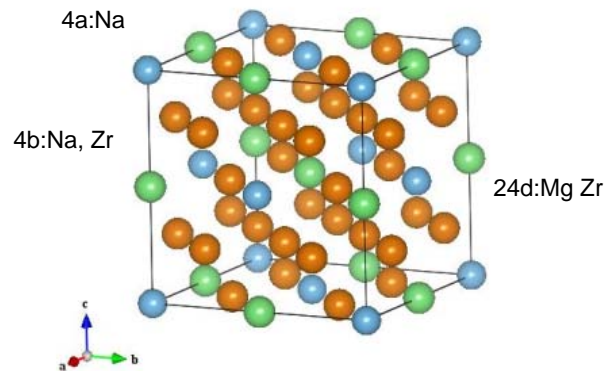


図 2 超格子型 Ca_7Ge 構造を有する Mg-Zr-Na-H 系水素化物の結晶構造モデル

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

- 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。
- 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

- 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。
- 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

- 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。

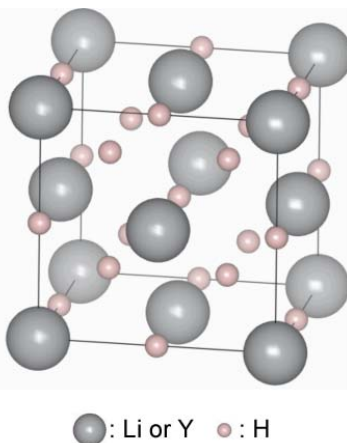


図 3 FCC 構造を有する Li-Y-H 系新規相の結晶構造モデル

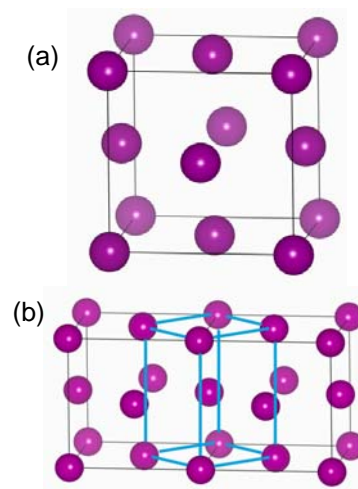


図 4 脱水素前後の LiH-80 mol%Mn 試料における新規化合物相の FCC 構造と BCT 構造の結晶学的関係
(a) 新規 Li-Mn 水素化物 (FCC 構造)
(b) 新規 Li-Mn 化合物 (BCT 構造)

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、本研究計画の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

NEDO	委託先: 東北大学 (実施項目A～D)	共同実施先: 日産自動車株式会社 (実施項目A～D)
------	------------------------	-------------------------------

●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。

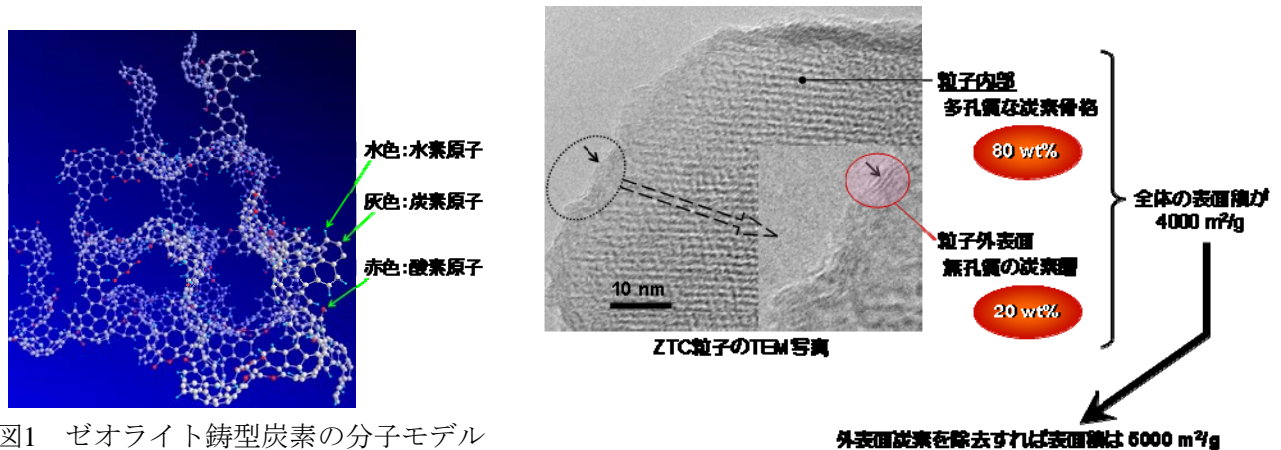


図1 ゼオライト鑄型炭素の分子モデル

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

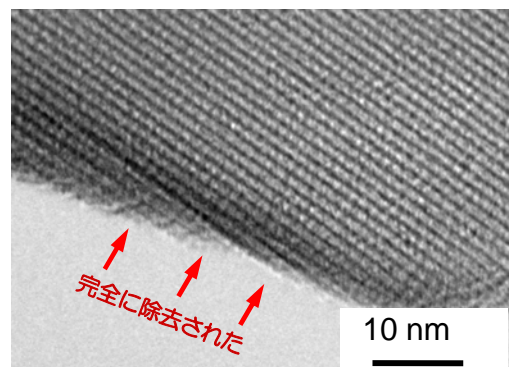
従来のゼオライト鑄型炭素の合成においては、NaY ゼオライトにフルフリルアルコールを含浸し、細孔内でこれを重合した後に700 °Cに昇温してこれを炭素化し、さらに700 °Cで1 hのプロピレンCVDを行い炭素充填を行う。最後に、HFによりゼオライト鑄型を除去してゼオライト鑄型炭素を得る。

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。

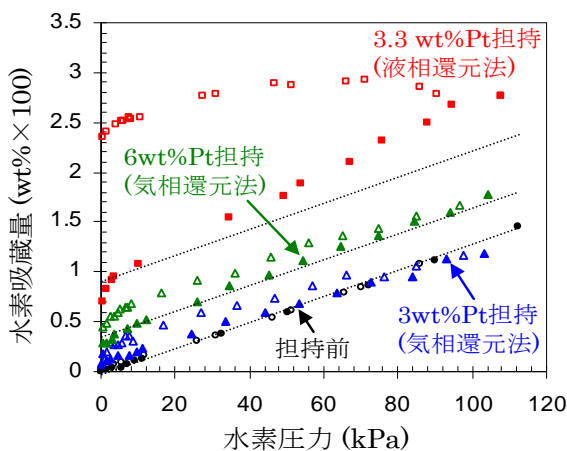


図5 種々の方法で調製したPt担持KOH賦活活性炭における、Pt担持前後のH₂吸脱着等温線 (25 °C) の比較。3本の黒色の点直線は、担持前の試料の傾きを示したもの。

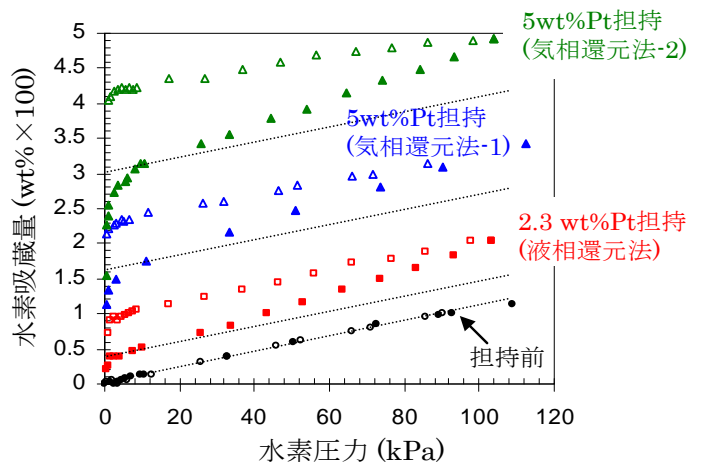


図6 種々の方法で調製したPt担持ゼオライト鑄型炭素における、Pt担持前後のH₂吸脱着等温線 (25 °C) の比較。3本の黒色の点直線は、MSC30の傾きを示したもの。

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）

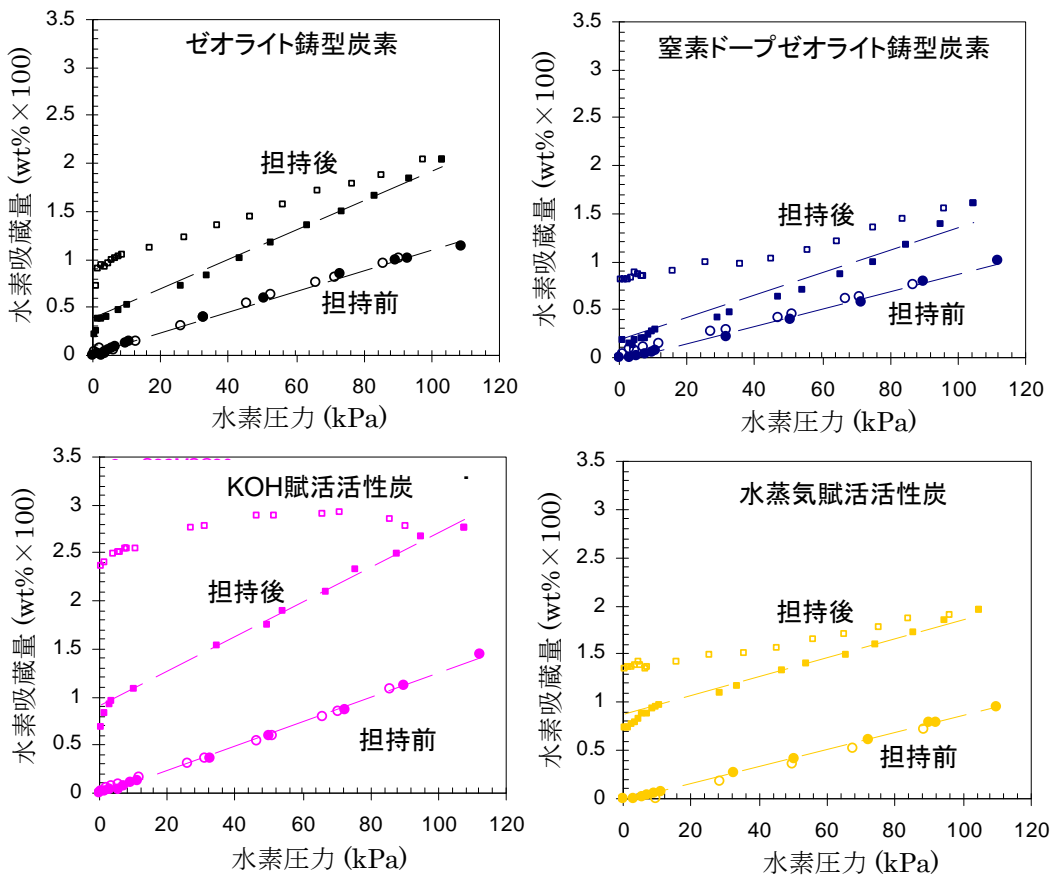


図7 各炭素における白金担持前後のH₂吸脱着等温線 (25 °C) の比較

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

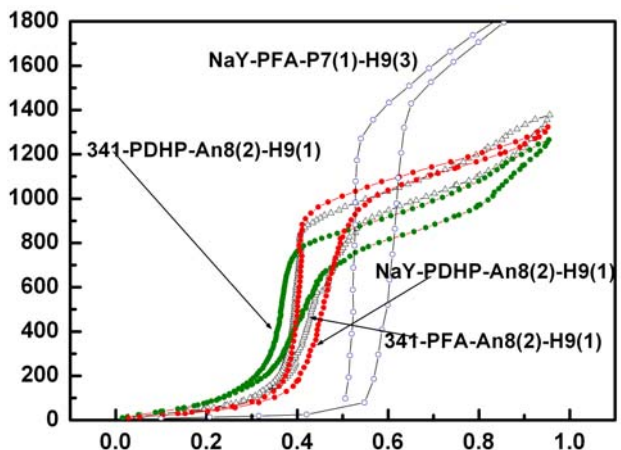


図8 窒素ドーピング試料の水蒸気吸着等温線 (25 °C)

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。

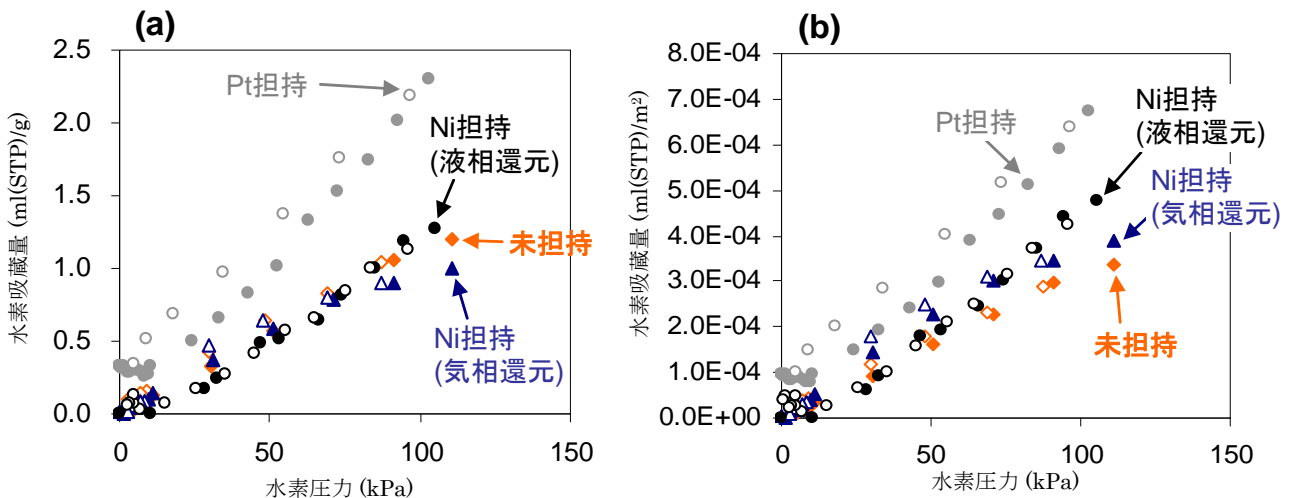


図9 NiおよびPtを担持したゼオライト鑄型炭素のH₂吸脱着等温線 (25 °C) ; (a) 試料の重量あたりのH₂吸蔵量、(b)試料の表面積あたりのH₂吸蔵量

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력에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。

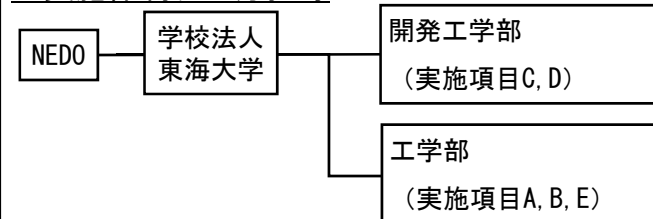
●背景/研究内容・目的

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력에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 ↓

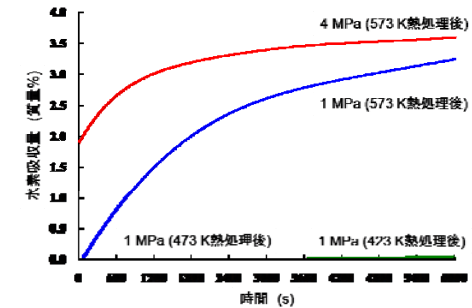


図 Ti₇₅Mg₂₅ の水素吸収特性(室温)

●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

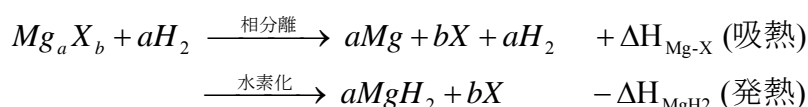
実施項目	成果内容	自己評価
A: Mg基合金の開発	Mg系合金を室温で合成	○
B: Mg基合金に関する熱力学的平衡反応特性の研究	相分離型合金の実証に成功 4.7質量%, 20回, 325°C	△
C: Ti基合金の開発	非固溶系Ti合金の合成成功	○
D: Ti基合金に関する熱力学的平衡反応特性の研究	室温で水素吸放出に成功 3.5質量%, 5回, 25°C	△
E: Al水素化合物の合成技術の開発	局部的AlH _x の物理合成	△

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。

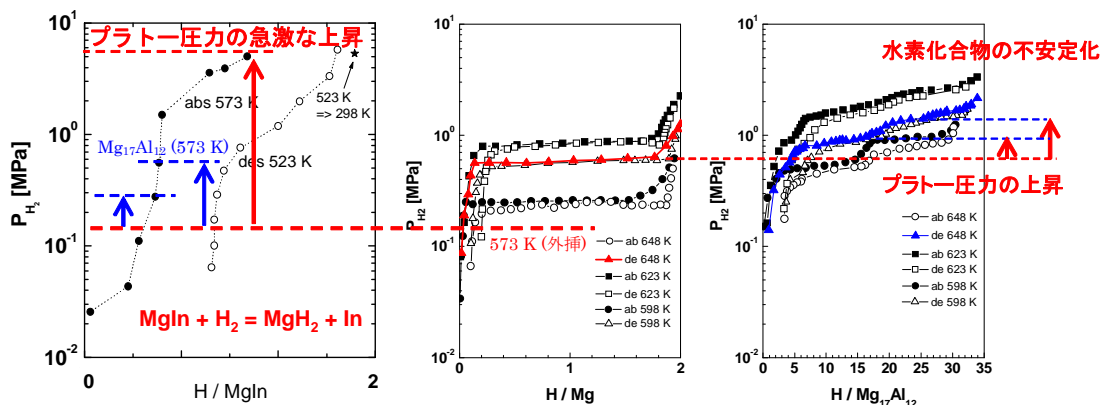
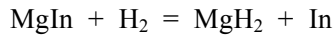


図1. Mg-H系, Mg₁₇Al₁₂-H系およびMgIn-H系の圧力-組成等温図. 相分離に伴うプラトー圧力の上昇(水素化合物の不安定化)が顕著に見られる。

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ある。



図2. 電気陰性度 (Paulingの値)から見た合金組合せ

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。

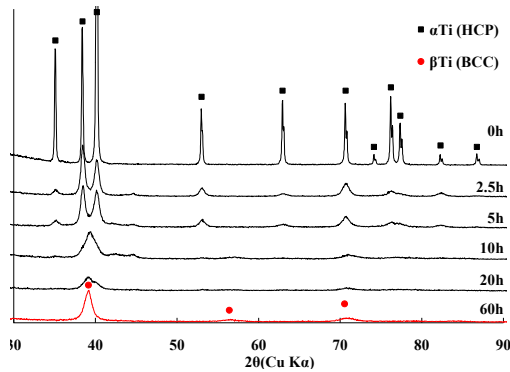


図3 ボールミリングによる α -Ti \rightarrow β -Ti相変態

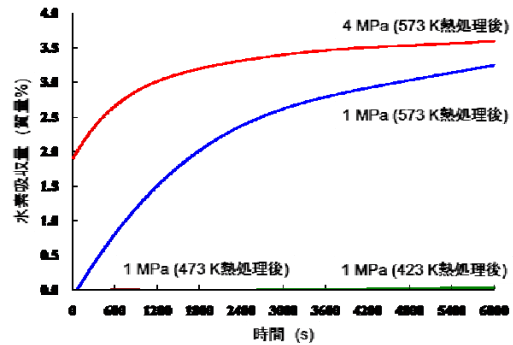


図4 Ti75Mg25 の水素吸収特性(室温)

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。

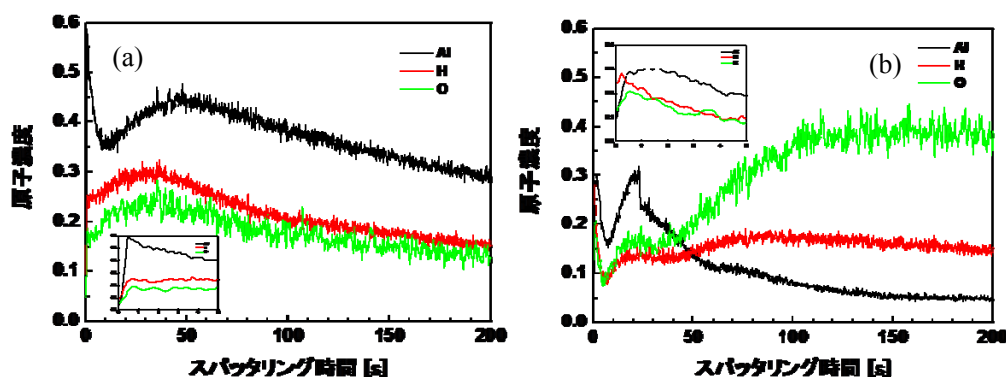


図5 (a) Al (b) AlH_x の GDS 測定結果

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) 燃料電池自動車等に係る国際標準化および規制見直しのための研究開発

委託先:(一財)日本自動車研究所

●進捗成果サマリ(平成22年度～平成24年度8月末)

- ・FCVの世界統一基準(以下、HFCV-gtr)において、日本あるいは海外からの新規提案基準について、試験法の問題点抽出や妥当性検証を行い、それらの根拠データ(主体的データ提供は日本のみ)を、日本の主張展開の裏づけとして活用・貢献することができた。また、これらの試験を国内にて評価できる体制を整えた。
- ・FCVを含む事故後処理安全に関わる課題抽出、およびその中の一部の課題について事故処理手法を開発し、FCV警防マニュアル等の策定に資するデータを得た。
- ・充填プロトコル等の安全性検証試験を実施し、国内70MPa水素ステーション実証事業にデータ提供を行い、これらの成果が国内水素ステーションの基準に採用された。
- ・その他の国際標準化に関わる技術開発として、上記に加え、FCV用燃料仕様、安全規格、性能規格に関するIS等の発行あるいはFDIS化への進捗を達成できた。

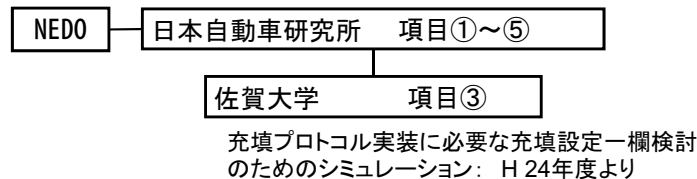
●背景/研究内容・目的

2015年頃のFCV普及開始期の市場形成に向けて必要な安全確保のための技術的知見の系統的構築や基準・標準の整備に注力し、FCVの実用化・普及展開及び国際競争力の確保に資することを目的とする。

●研究目標

実施項目	最終目標 (H24年度)
①圧縮水素を燃料とするFCVの事故後の安全作業の標準化	適正な基準策定のための妥当性検証、事故処理に関わる早期の標準化に向けたデータ取得のための事故処理手法を開発
②車載用高圧水素容器／容器附属品の基準適正化活動	適正な基準策定のための妥当性検証および新規構造附属品の国内導入に資するデータ取得
③水素充填プロトコルの標準化	水素ステーションの安全性検証データを提供するとともに、インターフェイスの試験法策定に向けたデータ取得、および関連する国際標準化活動の推進
④水素充填コネクタの標準化	
⑤ その他国際標準化に関わる技術検討	上記の国際標準化に加え、水素燃料仕様、性能・用語等の国際標準化の審議と推進

●実施体制及び分担等



●これまでの実施内容／研究成果

- ・FCVの事故後の乗員救助等、安全作業のための漏洩水素の送風拡散効果の検証、高圧水素容器内の残圧確認手法の開発し、警防マニュアル等の策定に資するデータを取得。
- ・FCV車両運搬船での火災リスク課題を調査。安全上、問題ないことを確認。
- ・HFCV-gtrに新規提案された車室内水素濃度計測方法の妥当性を調査し、試験方法等の問題点を指摘。
- ・HFCV-gtrの局所火炎暴露試験法策定に必要な車両火災データを提供し、世界に先駆けて当該試験に使用できるバーナーを開発し、国内での試験実施体制を構築。
- ・HFCV-gtrに日本から液圧での使用環境負荷試験を提案するにあたり、必要な根拠データを提供し、試験法の検証を実施し、国際基準に反映。
- ・急速充填試験による充填プロトコル等の検証を行い、安全性を確認し、その結果が国内基準に採用。
- ・FCV燃料仕様の国際規格のH24年度内発行段階に目処。

●研究成果まとめ

●今後の課題／スケジュール(H24年度まで)

- ・車室内水素濃度計測手法の風の影響・代替ガス調査
- ・水素漏れ時の発生音と漏れ量の関係明確化 等
- ・HFCV-gtrガスシリーズ試験の実施・試験法検証
- ・容器附属品(TPRD)のHFCV-gtr試験法検証
- ・改良型充填プロトコル検証、ノズル氷結検証等
- ・その他国際標準化項目の進捗確認

●実用化・事業化の見通し

- ・衝突火災事故後の安全な救助・消火活動を行うためのデータ取得を今後も継続することにより、事故後の二次災害の発生を抑制・防止できる。
- ・FCV海上輸送の基準が適正化されることでFCVの海外輸出を円滑化できる。
- ・さらにHFCV-gtr Phase 2に向けたデータ構築を進めることで、より安全なFCV開発が可能となる。それらを踏まえた国内基準整備が進められることによりFCVの普及拡大に繋がる。
- ・より安全で短時間での充填を可能とするプロトコル等の開発を進めることで、FCVの利便性が向上し、普及が進む
- ・FCV水素燃料仕様の国際規格第1版の発行により、迅速なFCV普及の基盤構築となる。

実施項目	成果内容	自己評価
①	FCVの安全性に関し、審議状況に対応しながら、迅速に評価手法の確立に資するデータを取得	○
②	業界要望を取り入れながら、高圧水素容器/附属品の評価試験法策定に資するデータを取得し、国内にて評価できる体制を整えた。	◎
③	国内水素ステーション実用化スケジュールに対応をしながら、充填プロトコルの安全性確立に資するデータを取得	◎
④	水素充填コネクタ(ノズル・レセプタクル)の安全性確立に資するデータを取得し、計画通りに進捗	○
⑤	国内外の標準化活動を計画通りに推進	○

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	14	30	1

燃料電池自動車等に係る国際標準化および規制見直しのための研究開発

実施者：(一財)日本自動車研究所

1. 事業概要

① 圧縮水素を燃料とするFCVの事故後の安全作業の標準化

FCVは国内市場のみではなく世界が市場であるため、圧縮水素を燃料とするFCVの安全基準を定める道路運送車両法のみならずUN-ECE/WP29/AC3(World Forum for Harmonization of vehicle Regulations/ Working Party on Pollution and Energy)HFCV gtr(global technical regulation、FCV等の世界統一技術基準)を適正なものとして成立させなければならない。

そこで、現在審議されている衝突試験後の車室内水素濃度計測および車載容器局所火炎暴露試験について、試験法の妥当性および試験方法に関わる問題点について調査し、国際基準調和活動において、日本国の主張の裏付けデータとして活用された。

また、水素燃料自動車の船舶輸送の消火対応等に関わる規制緩和についての審議におけるリスク調査の中で、床下からの輻射熱による安全弁作動の可能性が指摘され、本事業にて本件を調査し、得られたデータは、国際海事機関(IMO)での技術基準策定に関わる審議において活用された。

事故後の安全作業においては、安全な事故処理対応に関わるデータ取得のため、送風による水素拡散の効果、水素漏れ発生音と漏れ量の調査、鎮火後における安全弁の作動調査、車載容器の健全性把握方法の調査、および容器の脱ガス方法の検討を行い、水素FCVに対する警防活動の救助活動マニュアル改訂に資するデータを取得し、今後、活発化する可能性が高い事故処理対応に関わる標準化活動において、日本が先導できるデータを構築した。

② 車載用高圧水素容器／容器附属品の基準適正化活動

国内新基準「70MPa圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準(KHK S 0128)」の使用環境負荷試験およびHFCV-gtr/SAE J2579の液圧シリーズ試験を実施し、試験手順をより明確化する必要性があることを確認した。また、局所火炎暴露試験では、本試験法に適合した信頼性の高いバーナを世界に先駆けて開発し、国内にて局所火炎暴露試験を実施できる体制を整えるとともに、試験法の妥当性を確認した。また、ガスシリーズ試験においては、試験が長期化してしまうという試験法の課題等を把握した。

これらの成果は、国際標準化活動での基準策定に反映され、日本の主張の裏付けデータとして活用されるとともに、新規試験法に対する容器・車両の設計・開発の対応が迅速にできる環境を整えた。また、国内容器基準Step2での基準策定に資するデータとして提供した。さらに、熱作動式安全弁(ガラス式安全弁)の作動影響に関するデータを取得し、新規構造の安全弁に対する試験法策定に資するデータを取得した。

③ 水素充填プロトコルの標準化(急速充填試験)

充填プロトコル条件にもとづく急速充填試験を実施し、ガス温度・圧力を測定して安全を検証し、業界自主基準(JPEC S0003)策定に貢献した。併せて、数値シミュレーションを再委託し、充填プロトコル策定の基礎となる海外で実施された数値シミュレーションの精度を検証し、加えて、国内における充填シミュレーション技術を構築した。

④ 水素充填コネクタの標準化(ノズル・レセプタクル氷結試験)

ノズル・レセプタクルの氷結現象を調査し、氷結状況および安全性を確認した。これらの成果は、国内の次期 70MPa 水素ステーションにおけるノズル・レセプタクル導入の安全性検証データとして活用されるとともに、将来的には ISO17268 改定時の充填ノズル評価試験方法として提案を予定している。

⑤ その他国際標準化に関わる技術検討

解析・技術部門各 WG および各国内標準化 WG においてそれぞれの国際規格案を審議し、国際会議 ISO/TC22/SC21(電気自動車)および ISO/TC 197(水素技術)への対応を行った。そのために、国内での活発な議論に基づき、当プロジェクト等で取得した試験データをベースとして、ISO の審議において日本がリードし、計 11 件の国際規格 (IS 8 件、TS 2 件、TR 1 件)の発行に寄与した。さらにその他の改定案件(3 件)についても、当プロジェクト等で取得したデータを活用している。

特に、FCV 水素燃料仕様 (ISO14687-2)については、日本が議長国となって審議を進め、平成 24 年に FDIS 投票が終了し、発行段階となった。また、FCV を含む電気自動車の安全規格 (ISO6469-1~3)についても、日本が策定した原案を基に審議が進められ、発行に至った。

2. 事業目標

資源に乏しい我が国が持続的発展を続けるためには、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が、なかでも燃料電池自動車(FCV)は世界市場を視野に入れ、国内においては、2015 年を想定した普及開始を目標として新規市場を形成するべく開発努力が続けられており、水素供給インフラ市場もまた同時期の立上げを目指している。

普及期の市場形成にあたっては、水素の製造・輸送・貯蔵・充填等に係わる技術開発とともに、安全技術の確立や基準・標準の整備が不可欠であり、(一財)日本自動車研究所(JARI)は、平成17年度～21年度に実施された「水素社会構築共通基盤整備事業」の委託先として、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、国際標準の提案を実施した。

本事業においては、普及期市場醸成に向けて必要な安全確保のための技術的知見の系統的構築や基準・標準の整備に注力し、FCV の実用化・普及展開及び国際競争力の確保に資することを目的とする。

国際商品でもある FCV は、平成20年から UN-ECE/WP29/AC3(World Forum for Harmonization of vehicle Regulations/ Working Party on Pollution and Energy) HFCV gtr (global technical regulation、FCV 等の世界統一技術基準)の議論が継続されており、当該議論に資するデータを提供していく。

また、FCV 固有の技術に関連する国際標準については、安全(車載水素容器、車両、充填コネクタ、要素部品、充填プロトコル(手順))ならびに、水素燃料仕様・性能等の標準化が要望されていることから、当該議論が実施される ISO/TC22/SC21(電気自動車)、ISO/TC197(水素技術)、IEC/TC105(燃料電池)等の国際審議の場において、主導的立場で標準化活動を進める。

併せて、UN-ECE/WP29/AC3 HFCV gtr ならびに ISO/TC197 の事前協議の場として有効な SAE(Society of Automotive Engineers: 米国自動車技術会)会議にも積極的に参画し、日本の自動車業界の意見を反映する。

現在、FCV の国際標準化においては日本が主導的な立場を維持しているが、今後、諸外国が新規規格を提案し、市場における優位性を確保しようとする動向も懸念される。係る懸念を払拭するために、従来の国際標準化活動で JARI が構築してきた海外ネットワークを活用して、遅滞なく動向把握に努めるとともに、試験データ取得等、機動的に事業を推進する。海外ネットワークとして、昨年、JARI が電動車両の標準化に係る覚書を取り交わした中国自動車技術研究センター(CATARC)との連携、今後の連携強化が想定される米国エネルギー省(USDOE)との FCV に係る標準化および研究開発の協力と言う枠組みも積極的に活用する。

一方、平成27年以降の FCV の本格普及を想定すると、FCV の安全性確保や事故時の FCV の安全性確保に関して、事故後・火災後まで視野に入れて、十分な知見をあらかじめ用意していく必要がある。そのような視点で、本事業において事故・火災後を想定し、実際の処理を想定した課題抽出を行い、その結果を踏まえて、系統的な知見取得を進める。なお、これらの成果については、必要に応じて、関係法令の適正化やマニュアル作成に資するものとしていく。

3. 事業成果

① 圧縮水素を燃料とするFCVの事故後の安全作業の標準化

1) 衝突・火災事故時の安全性評価

現在、HFCV gtrの策定作業の中で、以下の2つの事項が検討されている。

- 衝突試験後の水素漏洩試験
- 車載容器局所火炎暴露試験

これらの試験法の問題点およびそれらの課題を検討した。

また、水素燃料電池自動車(HFCV)に水素ガスを充填したままで船舶輸送するための課題として、国際海事機関(IMO)にてリスク調査およびそれらの課題対応が検討されている。さらに、新たなリスクとして、床下からの輻射熱による安全弁作動が指摘されたことを受けて、日本および産業界の要望に迅速対応するため、本事業にて検討した。

- 床下からの輻射熱による安全弁作動の可能性調査

以上の検討項目については、当初試験計画を変更し、柔軟に対応した。

本項における具体的な取り組み成果(ア～ウ)を、それぞれ目的、方法を含めて、以下にまとめる。

ア. 衝突試験後の水素漏洩試験

<目的>

現在、HFCV gtrでは、衝突試験後の車室内空間での水素漏れ試験(Post-Crash Test of Enclosed Spaces - Compressed Hydrogen Storage)が検討されている。この試験では、衝突試験後、車室内の定められた位置で水素濃度が計測される。本研究では、本試験法の問題点を抽出し、これらの課題を検討する。なお、本試験は燃料電池自動車のHFCV-gtr審議の中で、米国運輸省道路安全局(NHTSA)から、今までになかった衝突試験後の車室内の水素濃度計測が提案されたため、その計測法の妥当性を調査するため、基本計画を速やかに修正の上、試験を実施した。

<方法>

衝突後を模擬した車両および衝突試験(図2)後の車両を用い、車両底部から水素を漏洩させた場合の車室内の水素濃度計測、および風の影響や水素に替えヘリウムガスによる評価の可能性などについて調査する。

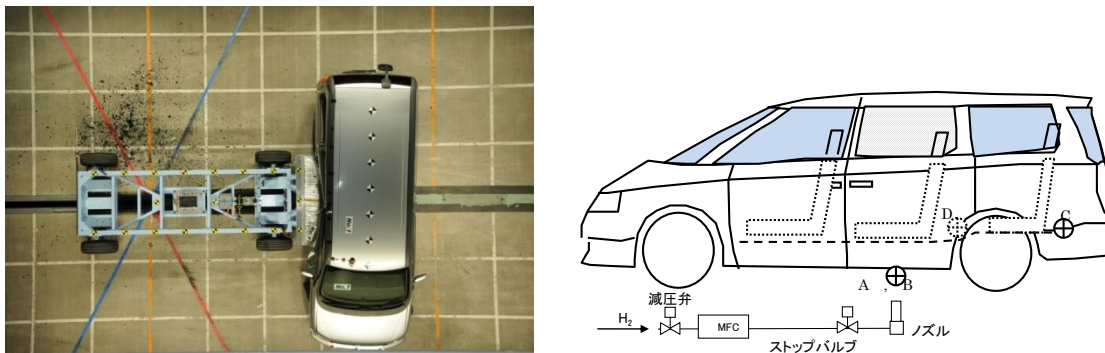


図2 衝突実験(側面衝突)および水素漏洩試験の概要

<結果>

図3に車両底部から水素を漏洩させた場合の車室内の水素濃度計測結果の一例に示す。

この結果、衝突試験水素許容漏洩量 118NL/min 以下でも車室内水素濃度は 4%以上になることがあること、漏洩速度の違いによる空間の水素濃度に及ぼす影響が大きいこと、ヘリウムは代替ガスとして使用できないこと、また、車室内の水素濃度は風の影響を受けやすいので、測定時の風速規定が必要であることが明らかになった。

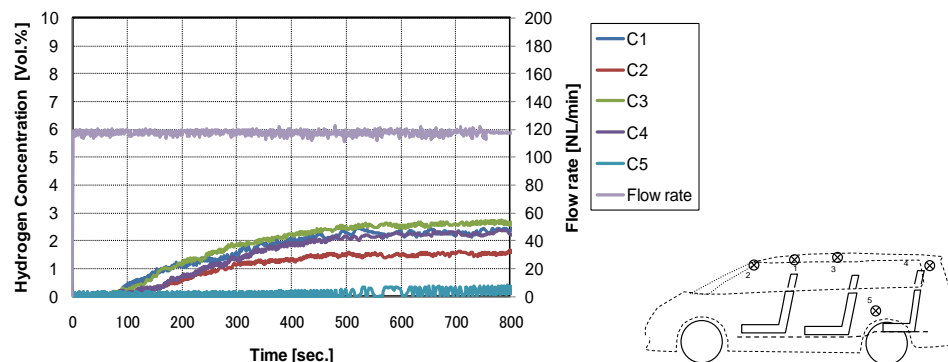


図3 車室内の水素濃度経時変化の一例

(車両中央床下からの水素漏洩, 上方向, 漏れ径 4mm, 漏れ量 118NL/min)

これらの結果をHFCV gtrの審議の場に提供し、衝突試験後の車室内水素濃度計測は、風等の影響を受け、再現性の高い結果が得られる試験方法ではないことが理解された。これにより衝突試験後の車室内水素濃度計測については、HFCV-gtr Phase 2での再検討課題となった。このように本試験は日本国、ならびに日本の産業界の主張の裏付けデータとして貢献した。

現在、ヘリウムガスによる代替可能性や車室内の水素濃度に影響しない風速条件の閾値について、さらに検討を進めている。

イ. 車載容器局所火炎暴露試験

<目的>

現在、HFCV gtr では、車載容器の局所火炎暴露試験法が検討されている。本研究では、本試験法の問題点を抽出し、これらの課題を検討する。

<方法>

容器単体の局所火炎暴露試験と同等の火炎の状態(同一のプロパンガス流量)で、車体に容器を固定した上で火炎に暴露し、車載したことによる容器表面や火源温度への影響について調査する(図4)。また、アンダーカバー(樹脂および金属性)が装着された場合の火源温度への影響などについても調査する。

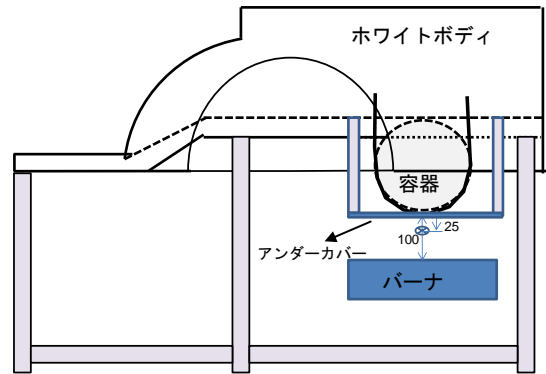


図4 車載容器(ホワイトボディ車)の局所火炎暴露試験のイメージ

なお、これらの試験は平成 24 年 9 月に実施する。

ウ. FCV 運搬船に関わる安全情報

<目的>

FCV 国際基準の策定および船舶輸送時の規制見直しに際し、船舶輸送で懸念される問題が課題として挙げられた。具体的には、図5に示すように、下部階層から出火し、上部階層に駐車した車両の安全弁(PRD)が、床からの輻射熱によって作動し、未燃の水素ガスが放出され、船倉内にガス充満後、引火・爆発する可能性が指摘されており、その際の、引火・爆発の可能性について調査する。なお、本試験は船舶による燃料電池自動車等の輸送に関わる国連法規の規制見直しの審議の過程において、新たなリスクが取り上げられ、その対応が求められたため、そのリスクの可能性の有無を調査するため、事業計画を速やかに修正の上、実施した。

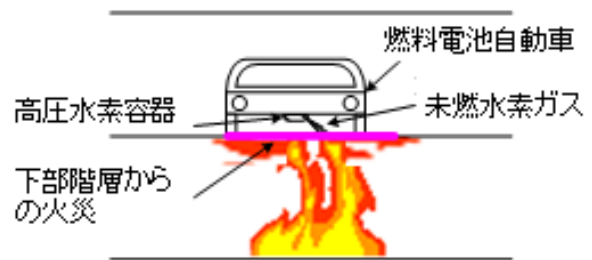


図5 船舶での輸送時の火災に関わる懸念事項

<方法>

輻射熱による安全弁の作動試験および作動に関して数値シミュレーションを用いた調査を実施する。

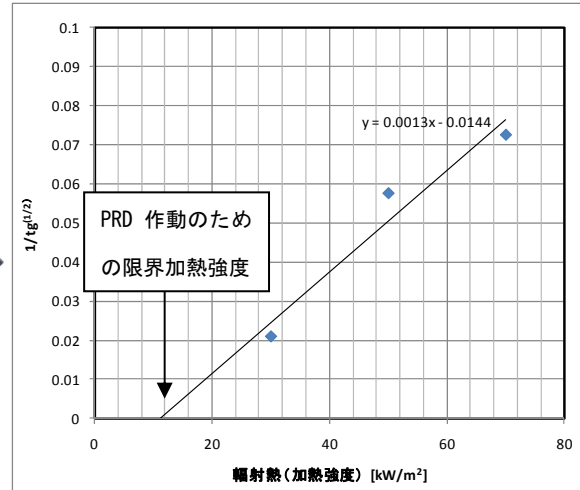
(図6)

<結果>

その結果、タイヤの発火温度になった際に安全弁が受ける熱流束 $11[\text{kW}/\text{m}^2]$ よりも、安全弁作動限界加熱強度(安全弁が作動するために必要な熱流束) $12[\text{kW}/\text{m}^2]$ が大きいため、下層階に火災が発生しても、FCV と同じ階層に火炎が存在しなければ安全弁は作動しないことが分かり、未燃ガスが充満する前に放出した水素が着火し、爆発する恐れがないことが分かった。



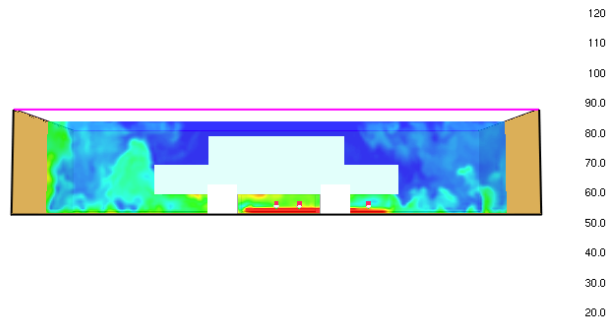
輻射熱による安全弁動作試験



輻射熱と安全弁作動時間の関係

(T_g : 安全弁作動時間)

Smokeview 5.4.3 - Aug 31 2009



床からの輻射熱による車両周囲の温度

(数値シミュレーション結果)

図6 下層階での火災による安全弁作動可能性検討

得られた成果は、国際海事機関の国際海上輸送における技術基準の策定に活用された。

2) 衝突・火災事故後の安全性評価

2015年のFCVの一般ユーザーへの普及開始を踏まえると、FCVに係る事故や火災の発生が十分に想定される。FCVを含む事故・火災後の対応を考えると、ガソリン等の液体燃料を搭載した車両とは、大きく異なる事態が想定される。これに対して、FCVを含めた事故・火災後の処理を安全確実に実施するための知見は十分とは言えない。従って、2015年の一般ユーザーへのFCVの導入開始・普及拡大に先立って、これらの知見を確保し、必要に応じて、基準・標準化することが、必要である。そこで、一般社団法人日本自動車工業会および火災関係の専門家などと連携し、衝突事故や火災事故後の乗員救助から車両の撤去に関わる作業シナリオおよびその中で必要となる研究課題を抽出した。(図7および図8)

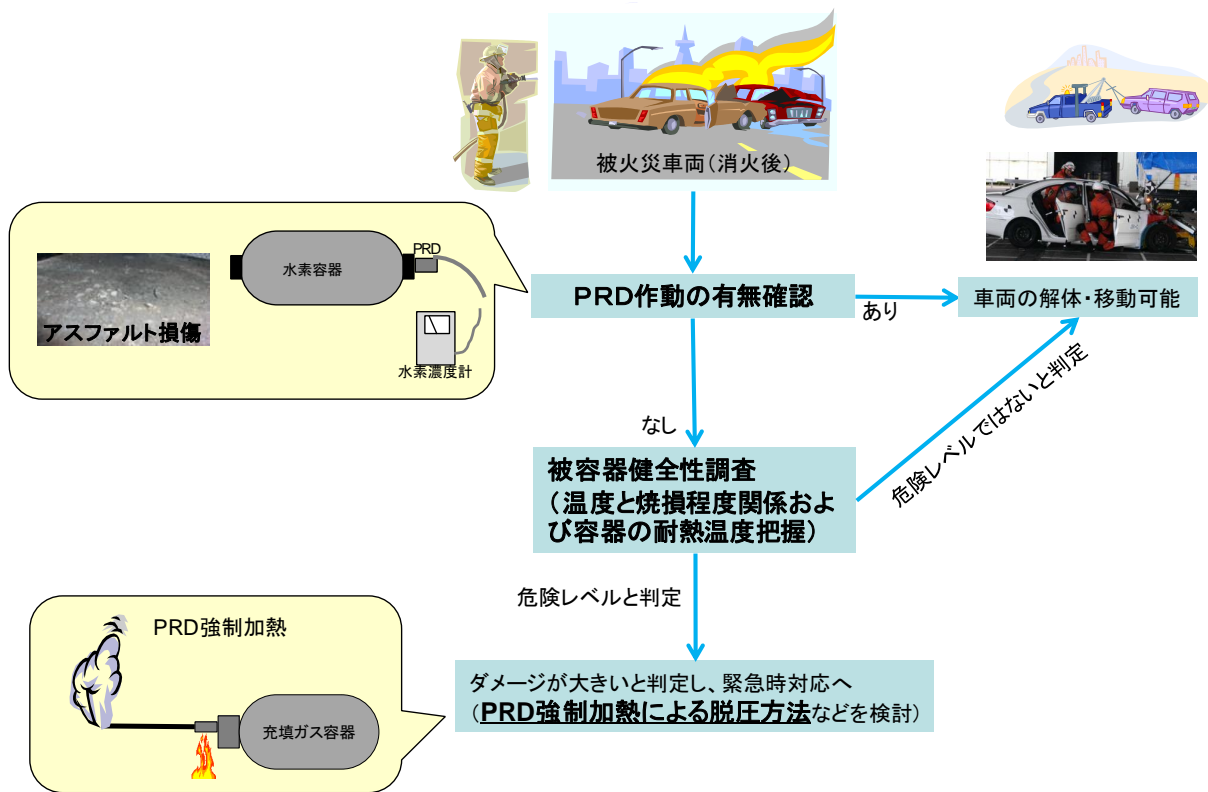


図7 火災事故後の作業シナリオと研究課題

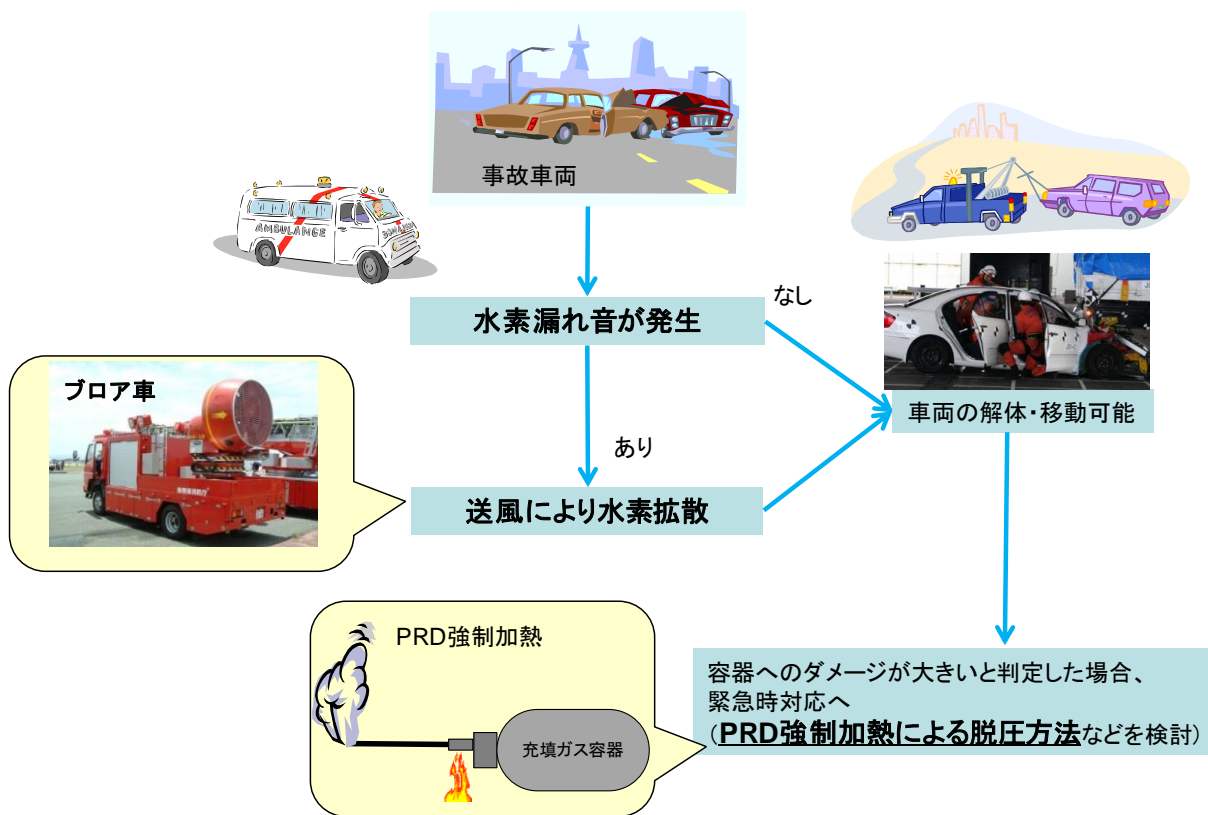


図8 衝突事故後の作業シナリオと研究課題

上記の結果、早期に実施すべきものとして、以下の課題が抽出された。

- 送風による水素拡散の効果
- 水素漏れ発生音と漏れ量の調査
- 鎮火後における安全弁の作動調査
- 車載容器の健全性把握方法の調査
- 容器の脱ガス方法の検討
- 熱作動式安全弁再閉塞確認試験法開発

これらの研究項目について試験を行った。本項における具体的な取り組み成果(ア.~カ.)を、それぞれ目的、方法を含めて、以下にまとめる。

ア. 送風による水素拡散の効果

<目的>

HFCV を、より安全に安心して使用するためには、衝突や火災後の事故処理に関わる安全な作業工程を事前に検討しておく必要がある。事故処理の一連の作業工程の中で、安全上、課題が残された事象のひとつに、水素ガスが漏れたままの状態、事故処理をしなければならない場合がある。具体的には、衝突事故などにより水素漏れが発生している中で、車両に閉じ込められた乗員を救助する場合、あるいは地下駐車場などで水素漏れが止められない車両を安全な場所へ移動したい場合などがある。このような事態に直面した際の安全な方策のひとつとしては、送風機で風を送りながら、漏れている水素ガスを最小可燃限界以下に拡散させながら事故処理作業をする方法がある。そこで、乗用車の車両底部から水素ガスが漏れた場合を想定し、送風による水素の拡散効果および安全性を調べるため、救助者の安全性に着目した送風を伴う車両周囲の水素濃度の計測、および引火試験を実施し、送風した場合の有効性を調べた。

<方法>

車両床下中央から水素を漏洩させ、送風した場合の車両周辺や車底部、および救助時を想定したドア開口時の車室内の水素濃度を測定した。水素は、車両床下中央の地上高 200mm の位置に設置した内径 4mm のパイプから、車両に向け(上方)で、2000NL/min で放出した。この量は、普通乗用車の出力を約 200kW とした場合に燃料電池が要求する水素消費量相当であり、これを事故時における最大の水素漏洩量と仮定した。(図9)

<結果>

風上側から車両に近寄れば、救助者が着火源となる可能性は少ないが、送風量が少ないと、その反対側では、可燃範囲が広がってしまうことなどが明らかになった。(図10および図11)

なお、現在、送風量のさらなる増大およびダクトを利用した場合の水素拡散効果について調査中である。



図9 送風状態での車両周囲の水素濃度計測

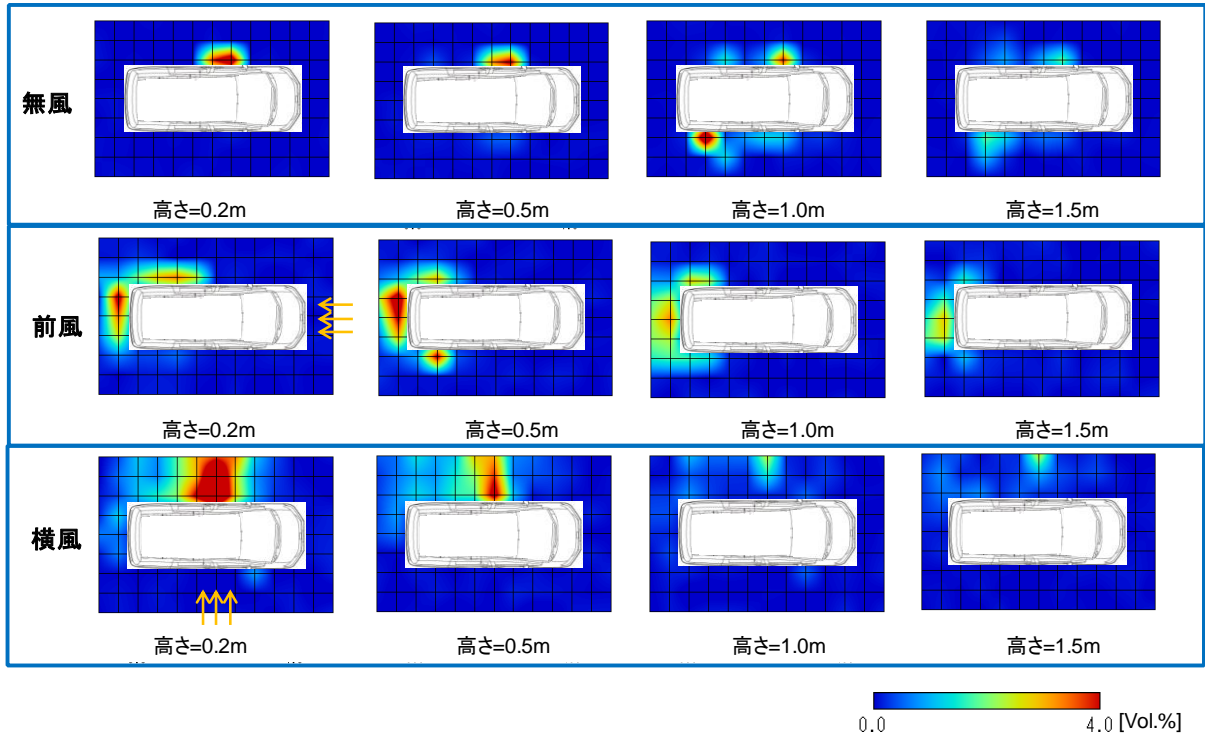


図10 車両周囲水素濃度(送風ファン(平均 7m/s)を車両から 5m に設置した場合)

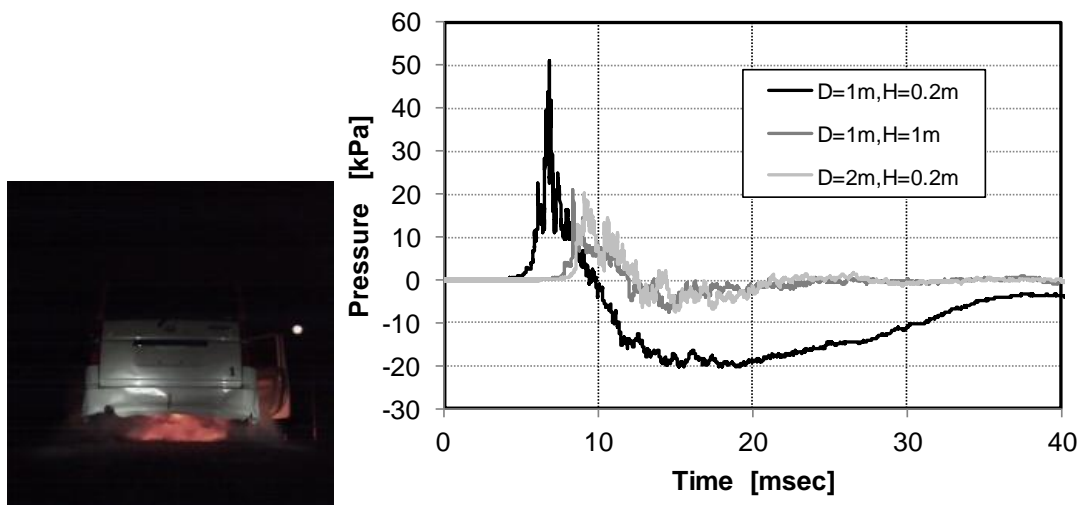


図11 素漏洩引火試験状況と引火時の車両周囲圧力計測の一例

イ. 水素漏れ発生音と漏れ量の調査

<目的>

事故車両からガス漏れ音が聞こえた際の救助の安全性を検討するため、最小可聴音の際の最大水素漏洩量を把握する。また、漏れ音の情報から漏れの有無や漏れ箇所の特定制ができるかを調査する。

<方法>

水素漏れと騒音レベルの関係を調べる。また、音源探査装置や周波数分析により、漏れの有無(超音波ガス漏れ検知器の有用性)や漏れ箇所の特定制(音源探査装置の有用性)、水素固有の音があるのか(識別の可能性)について調べる。

<結果>

予備試験の結果、以下の諸点が明らかになった。

- ・ 流量増大により音圧レベルが高くなる。また、ノズル径が小さいほど、音圧レベルが高くなる。よって、漏れる径が大きいほど、可聴しにくく危険である。
- ・ 水素漏れ音の周波数分析では 40KHz までは特に顕著なピークが見られない(ホワイトノイズ)
- ・ 同じ距離でも、車両の周囲で聞こえる部分と聞こえにくい部分が存在する。
- ・ 最小可聴の最大水素漏れ量は 80NL/min 程度(車両から 5m 位置)であり、引火時の漏れ流量としては、特に問題のないレベルである。

今後、機器選定を行い、より正確にデータを得る予定である。

ウ. 鎮火後における安全弁の作動調査

<目的>

火災事故後の車両を安全に輸送するためには、安全弁が作動したかどうかを判断する必要がある。そこで外観から安全弁が作動したかを判断するための判定方法を開発する。

<方法>

充填圧 5MPa の水素容器を搭載した車両火災試験(図12)を行い、以下の安全弁作動判定方法が有効であるかを確認する。

- a)容器のベント管付近の水素濃度計測
- b)安全弁、ベント管およびその周囲の温度計測、アスファルト路面の外観観察



点火2分後

PRD 作動(点火 17 分 23 秒)

点火2時間後

図12 車両火災試験

<結果>

a) 鎮火後、安全弁ベント管付近の水素濃度計測(図13)

鎮火直後、車両から発生したガス(炭化水素系ガスなど)には干渉せずに、問題なく容器内の水素ガスが検知できた。また、試験1ヶ月経過後も、ベント部で容器内残留の水素が確認でき、有効が確認できた。また、ガス吸引時の配管内の減圧状況を調べることで配管系の健全性についても確認できる。



図13 焼損車両のベント管での水素濃度計測

b) 安全弁、ベント管およびその周囲の温度計測(図14および図15)

ベント管直下のアスファルト路面は最大 1000°Cに達し、その部分では、直径約 30cm 深さ約 3cm が陥没し、アスファルトの骨材である採石が観察された。このことから、ベント管近傍のアスファルトの焼損によって安全弁の作動状況が判定できる可能性があることが分かった。

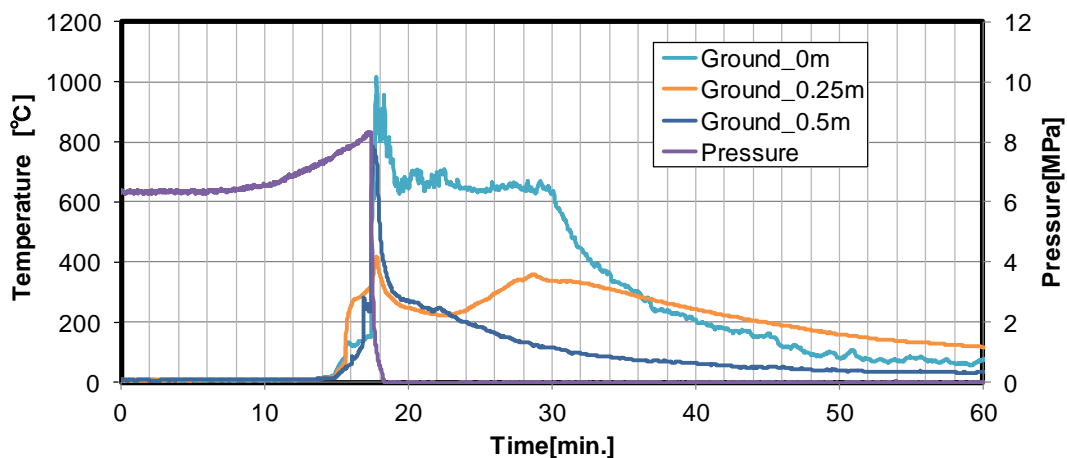


図14 アスファルト路面の温度履歴



図15 アスファルト路面の損傷状況

I. 車載容器の健全性把握方法の調査

<目的>

車両は一部焼損しているが、容器にはあまり焼損が見られない場合の容器の健全性を把握するため、サーモラベルやサーモ塗料による情報によって容器の健全性を識別できるかを調査する。

<方法>

容器健全性の評価方法として、以下の2つの試験を実施する。

a)自動車用複合容器の耐熱劣化温度の把握とサーモラベル(塗料)の有用性

ガスを充填した容器を最大 300°C程度で約1時間(火災発生から鎮火までの想定)炉の中に入れる。容器が破裂しなかった場合、ガスを抜き、水破裂試験で耐圧を調べる。

b)温度と容器表面の焼損程度の関係

CFPR 容器から切り出した容器片を 100°C~800°C(100°C刻み)で炉の中に入れ、容器表面の変色や煤などを観察する。

<結果>

試験は 10 月末までに実施する予定である。

オ. 容器の脱ガス方法の検討

<目的>

事故によって、容器にダメージが認められ、車両を安全な場所へ移動することが不可能であり、現場にてガスを抜きたいという場合がありうる。しかし、緊急用のガス抜き弁が破損し、作動不能の場合も想定される。その際の手段として、安全弁を強制的に加熱し、ガスを抜く方策が考えられる。そこで、これによって、安全にガス抜きができるかを調査する。

<方法>

基礎データとして、どの程度の熱量で安全弁を加熱すれば良いかを調べるため、輻射熱による安全弁作動試験を実施し、安全弁単体での加熱強度を調べる。また、実際に容器に装着された安全弁をヒータなどで強制加熱し、安全なガス抜き方法を調べる。

<結果>

これらの結果(図16)、安全弁単体の加熱強度としては、10 分以内に安全弁を作動させるためには、30kW/m² 以上の熱量が必要であること、また、熱流束が高くなると、溶栓式に比べてガラス式の方がレ

スポンスが早いことなどが分かった。

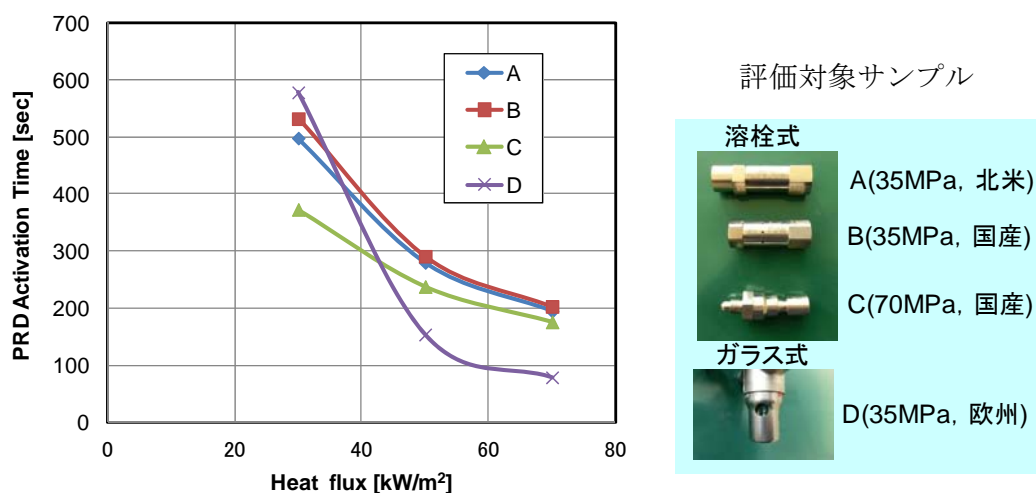


図16 安全弁作動と輻射熱の関係

今後、実際の容器から安全にガスを抜く方法を確認する予定である。

カ. 熱作動式安全弁再閉塞確認試験法開発

<目的>

過去の実験において、安全弁 (PRD) 作動時の水素放出および水消火時において、溶栓式 PRD が再閉塞した事例があった。作動時に再閉塞する可能性のある熱作動式 PRD を市場から排他するための再閉塞確認試験法を開発する。

<方法>

第一歩として、構造要件として再閉塞する PRD を識別できるかを把握するため、再閉塞した PRD の構造を調査する

<結果>

本件については、現在調査中である。

②車載用高圧水素容器／容器附属品の基準適正化活動

2004 年、我が国では FCV の実用化を図ることを目的に、圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準 (JARI-S001) および附属品の技術基準 (JARI-S002) が例示された。しかし、普及促進を図るには、安全性を前提とした技術基準をさらに合理化する必要がある。また、圧縮水素を燃料とする FCV の安全基準を定める道路運送車両法の見直し、UN-ECE/WP29) での HFCV gtr も重要課題である。これらの技術基準改訂に向けたデータを取得するため、以下の課題について検討し、基準・標準化に資する基礎データを構築した。

- ・ 使用環境負荷試験
- ・ HFCV-gtr/SAE J2579 の液圧サイクル試験

- ・ 容器単体局所火炎暴露試験
- ・ ガスシリーズ試験
- ・ 熱作動式安全弁の評価試験

上記各項目に関する取り組み成果(ア.~エ.)を、それぞれ目的、方法を含めて、以下にまとめる。

ア. 使用環境負荷試験

<目的>

国内新基準「70MPa 圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準 (KHK S 0128)」では、新たに液圧シリーズ試験(使用環境負荷試験)が提案されている。これらの試験を実施する上での問題点の把握および現状容器の実力値把握を行う必要がある。そこで、現行基準 JARI S001 を満足する容器を使用して、新基準 KHK S0128 で提案されているを実施し、試験を実施する上での問題点の把握および現状容器の実力値把握を行った。

<方法>

以下の容器仕様の容器(各1個)について、図17に示す評価試験法に従って試験を実施した。

評価対象容器仕様

容器1: 35MPa_VH3_28L_16kg

容器2: 70MPa_VH3_36L_44kg

容器3: 70MPa_VH4_37L_33kg

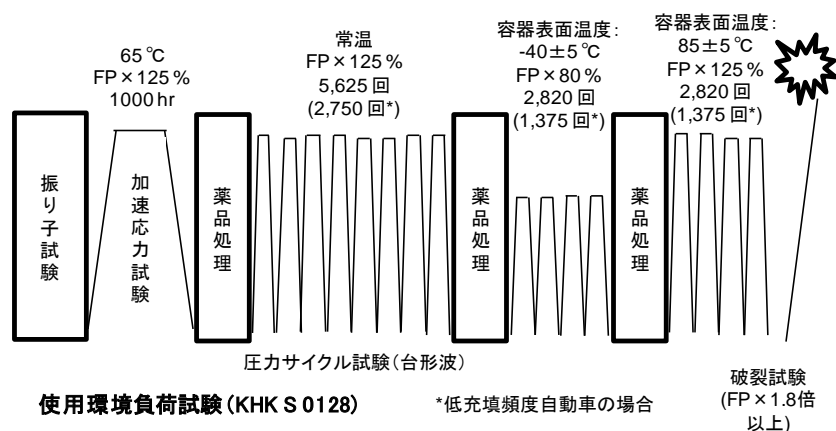


図17 使用環境負荷試験

<結果>

供試 35MPa_VH3 容器および供試 70MPa_VH4 容器は不具合なく終了した。供試 70MPa_VH3 容器の場合、加速応力試験前後の高温・低圧時にライナーの残留応力が低下し、疲労寿命が低下した可能性があるため、使用環境負荷試験の中の加速応力試験の過程においては、加熱・加圧の試験手順の記載が必要であることなどが明らかとなった。その他に、使用環境負荷試験を実施する上での問題点は特に確認できなかった。

イ. HFCV-gtr/SAE J2579 の液圧サイクル試験

<目的>

国際基準 HFCV-gtr/SAE J2579 では、新たに液圧シリーズ試験が提案されている。これらの試験を実施する上での問題点の把握および現状容器の実力値把握を行う必要がある。現行基準 JARI S001 を満足する容器を使用して、HFCV-gtr、SAE J2579 で提案されている液圧シリーズ試験を実施し、試験を実施する上での問題点の把握および現状容器の実力値把握を行った。

<方法>

以下の容器仕様の容器(各1個)について、図18に示す、評価試験法に従って試験を実施した。

評価対象容器仕様

容器1: 35MPa_VH3_28L_16kg

容器2: 70MPa_VH3_36L_44kg

容器3: 70MPa_VH4_37L_33kg

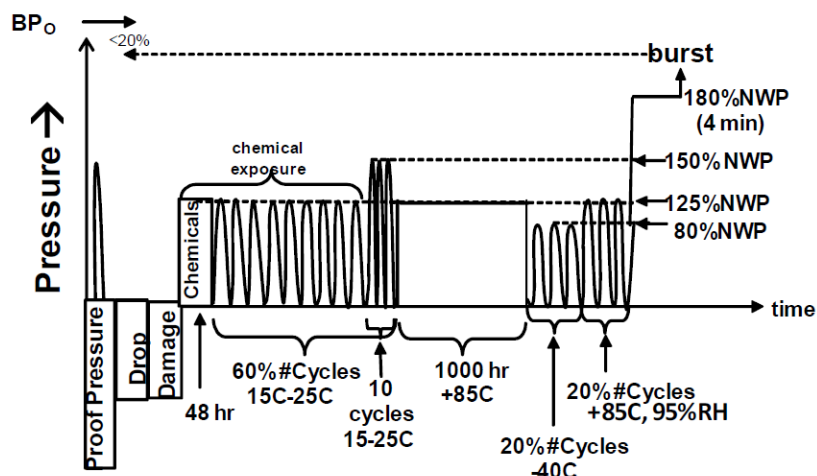


図18 液圧シリーズ試験

<結果>

供試 70MPa_VH3 容器および供試 70MPa_VH4 容器は不具合なく終了した。供試 35MPa_VH3 容器の場合、加速応力試験前後の高温・低圧時にライナーの残留応力が低下し、疲労寿命が低下した。そのため、KHK S 0128 と同様に、液圧シリーズ試験の中の加速応力試験の過程においては、加熱・加圧の試験手順の記載が必要であることなどが明らかになった。その他に、液圧シリーズ試験を実施する上での問題点は特になかった。

ウ. 容器単体局所火炎暴露試験

<目的>

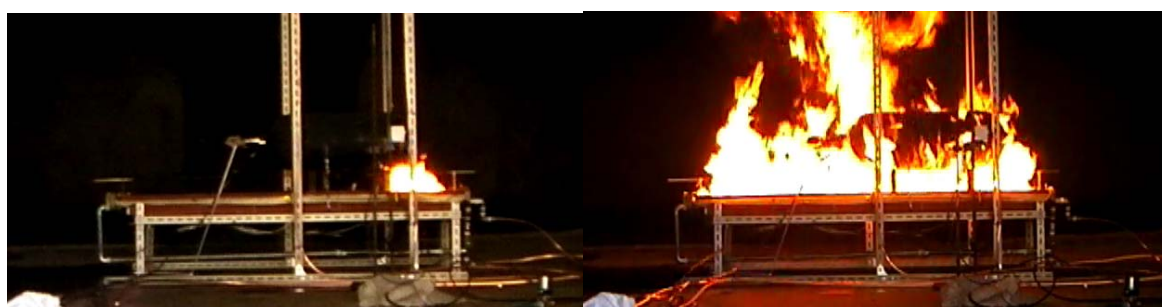
UN-ECE/WP29/AC3 HFCV gtr では、実市場での車両火災では、火災発生初期に高圧水素容器が局所的に火炎に暴露される場合があることを想定し、定められた温度プロファイルに火炎温度を制御しながら実施される局所火炎暴露試験が提案された。そこで、局所火炎暴露試験を実施するためのバーナ開発ならびにそれをを用いた本試験法の妥当性検証や問題点抽出を行う必要がある。

<方法>

これまでの高圧容器火炎暴露試験で用いたバーナの開発により JARI が蓄積してきた知見を生かして、局所火炎暴露用バーナを開発した。それらを用いて、温度プロファイルの設定制度の検証ならびに本試験法の検証を行った。

<結果>

本試験用に開発したバーナを評価した結果、プロパンガスバーナの欠点であるバーナポート近傍において局部的に温度上昇する点は改良することができ、規定された温度プロファイル通りに容器を均一に加熱することができた。また、本バーナを用い、35MPa および 70MPaVH3 容器の局所火炎暴露試験を実施し、現状容器の実力値も把握した。この結果、供試容器に関しては、特に対策しなくても本試験をパスすることができるなどが明らかになった。(図19)



局所火炎領域時

全面火炎領域時

図19 局所火炎暴露試験の状況

HFCV gr で提案された局所火炎暴露試験の検証・問題点抽出ならびに現状容器の実力値を把握するため、安全弁を不作動にさせた三種類の自動車用高圧水素容器の局所火炎暴露試験を含めた火炎暴露試験を実施した。その結果を図20に示す。容器 A(35MPa, VH3 容器)に関しては、火炎形態が局所火炎のみ、全面火炎のみ、局所火炎(局所火炎 8 分経過後に全面火炎へ移行)の三種類で異なっても、容器の破裂圧は約 55MPa であった。また、局所火炎での暴露時間が 8 分間加わっても、全面火炎移行後から容器が破裂するまでの時間は全面火炎のみの時間とほぼ同じであった。一方、供試した三種類の容器は、安全弁を装着すれば局所火炎暴露試験(局所火炎 8 分経過後に全面火炎へ以降)に合格する実力があることや容器 C(70MPa, VH4 容器)は破裂せずにリークで終了することなどが明らかになった。

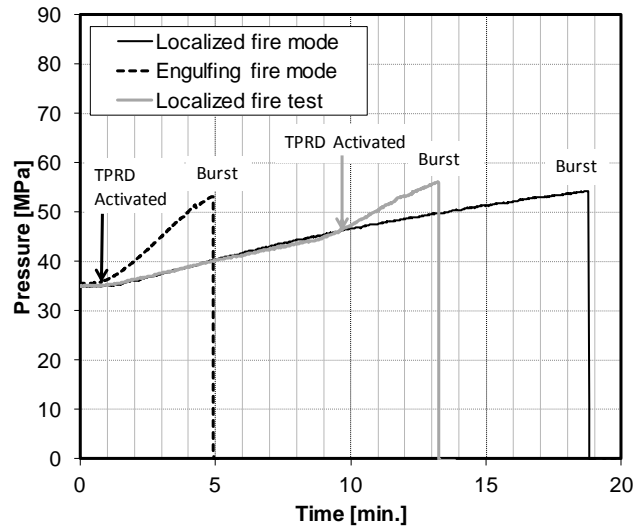


図20 容器 A(35MPa,VH3) 容器の各種火炎形態の違いによる試験時間と容器内圧

I. ガスシリーズ試験

<目的>

国際基準 HFCV gtr では、水素ガスを用いて水素充填・放出を連続して繰り返すガスサイクル試験が提案されている。そこで、ガスサイクル試験を含む HFCV gtr で提案されているガスシリーズ試験を行い、試験を実施する上での問題点を把握した。

<方法>

ガスシリーズ試験は、図21に示すガスサイクル試験とガス透過試験を交互に2回ずつ繰り返して行う。本試験では、これらの2つの試験に先立ち、容器の初期のガス透過性能を把握するために透過試験を行った。なお、ガスサイクル試験におけるサイクル数は HFCV gtr に規定されている回数より縮減して実施した。試験容器は VH4 容器(容積 36L)を使用した。

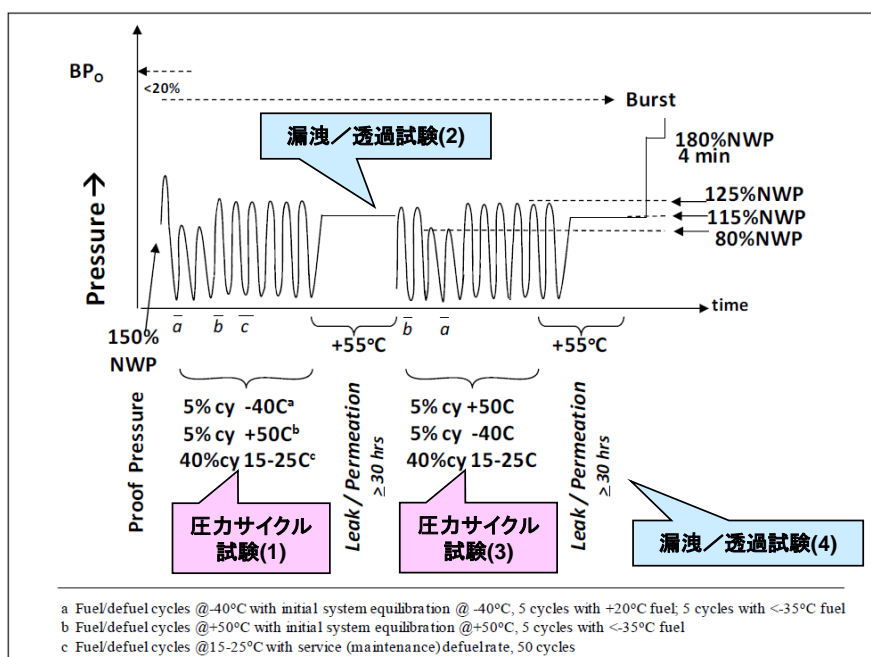


図21ガスシリーズ試験

<結果>

ガス圧カサイクルおよびガス透過試験を実施した結果、以下の成果を得た。

- ・ サイクル数を縮減して試験を実施した結果、全体の試験期間の長期化や、ガス透過試験の試験時間について検討が必要である等、細かな部分については課題があるものの、一連の試験自体は実施可能であることが世界で初めて検証できた。
- ・ サイクル放出時の温度平衡条件についてはより明確化する必要がある、かつその条件によっては試験を長期化にするため、より合理的な方法の検討が必要である。

上記の試験結果より、本試験条件における、容器への熱負荷および温度平衡に関する妥当性を検討する必要があると考えられる。これらの得られた成果は、国際基準化活動での基準策定に資するデータとして提供される予定である。

オ. 熱作動式安全弁評価試験

<目的>

国際基準(HFCV gr)で検討されている附属品基準においては、ガラスボール方式を含む熱作動式安全弁(TPRD)が対象とされており、国内導入に資するデータを取得する必要がある。そこで、TPRDに関する試験を行い、試験を実施する上での問題点の把握を行った。

<方法>

具体的な試験内容を以下にまとめる。

供試安全弁

- ・ガラスボール式安全弁
- ・溶栓式安全弁

試験内容

- ・圧力サイクル試験(水素ガス)、11,000 回
- ・加速寿命試験(水素ガス)
- ・温度サイクル試験(水素ガス)
- ・塩分腐食試験(水素ガス or 液)
- ・車両環境試験
- ・応力腐食割れ試験
- ・落下試験・振動試験
- ・リークチェック(水素ガス)
- ・作動確認試験
- ・流量試験

<結果>

試験は 10 月末より以下に対する結果を得るために実施する予定である。

- ・ 本試験を実施する上での問題点把握
- ・ ガラスボール式と溶栓式で試験結果の差異

③水素充填プロトコルの標準化

充填プロトコルの安全性検証のためのデータ取得に関する取り組み成果を、以下にまとめる。

<目的>

国内の次期実証ステーションにおいて、国際調和も勘案し、-40℃プレクールの実用化や通信デバイスを使用し、フル充填を想定する SAE TIR J2601 に準拠した充填が検討されている。そのため実証ステーションにおける充填実施に先立ち、SAE TIR J2601 で規定された充填条件の安全性を検証するとともに、プレクールガスに曝露された際の通信デバイスの動作を検証する必要がある。そこで、SAE TIR J2601 に基づき、-40℃水素ガスを用いた急速充填試験を実施し、充填中に変化する容器内の圧力や温度が安全な範囲で充填可能かを調査することにより、プロトコルの安全性を検証した。また充填ライン中のノズルおよびレセプタクルなどの充填コネクタに装着した通信デバイスについて、低温状態における動作確認および通信への影響についても調査した。

<方法>

プレクーラーにより冷却した水素ガスの容器への 70MPa フル充填(70MPa、15℃基準の密度換算で SOC=100%)を行った。充填初期圧力、充填速度、容器環境温度は SAE TIR J2601 の Default 通信および Alt 通信用充填マップより、常温環境や過酷環境を想定して各々7 条件を選定した。

- ・容器 : 70MPa-VH3-36L 容器, 70MPa-VH4-39L 容器, 各 1 本
- ・充填初期圧力 : 2MPa, 30MPa, 50MPa
- ・充填終了圧力 : 70MPa フル充填圧力(SOC100%)
- ・充填速度 : SAE TIR J2601 の充填条件に基づく流量(昇圧速度)
- ・容器環境温度 : -40℃, -10℃, 25℃, 40℃, 50℃
- ・充填ガス温度 : -33 ~ -38℃
- ・赤外線デバイス : SAE TIR J2601 準拠品を使用

<結果>

試験により得られた、各充填条件における充填後の圧力と温度の関係を図22に示す。VH3 および VH4 の各容器に対して、SAE TIR J2601 に規定の条件に基づいた充填を実施した結果、すべての条件において、過昇圧状態 ($>87.5\text{MPa}$) および過昇温状態 ($>85^\circ\text{C}$) には至らず、SOC=100%を超えない範囲で安全に充填できることを確認した。また、充填ライン上のノズルおよびレセプタクルに設置した赤外線通信デバイスは、プレクール水素ガスを供給時も通信エラーやデータ欠落は無く、通信性能を満足した。従って、SAE TIR J2601 に準じた充填の安全性を確認した。これらの結果は 70MPa 水素ステーションの例示基準の充填条件としても採用された。

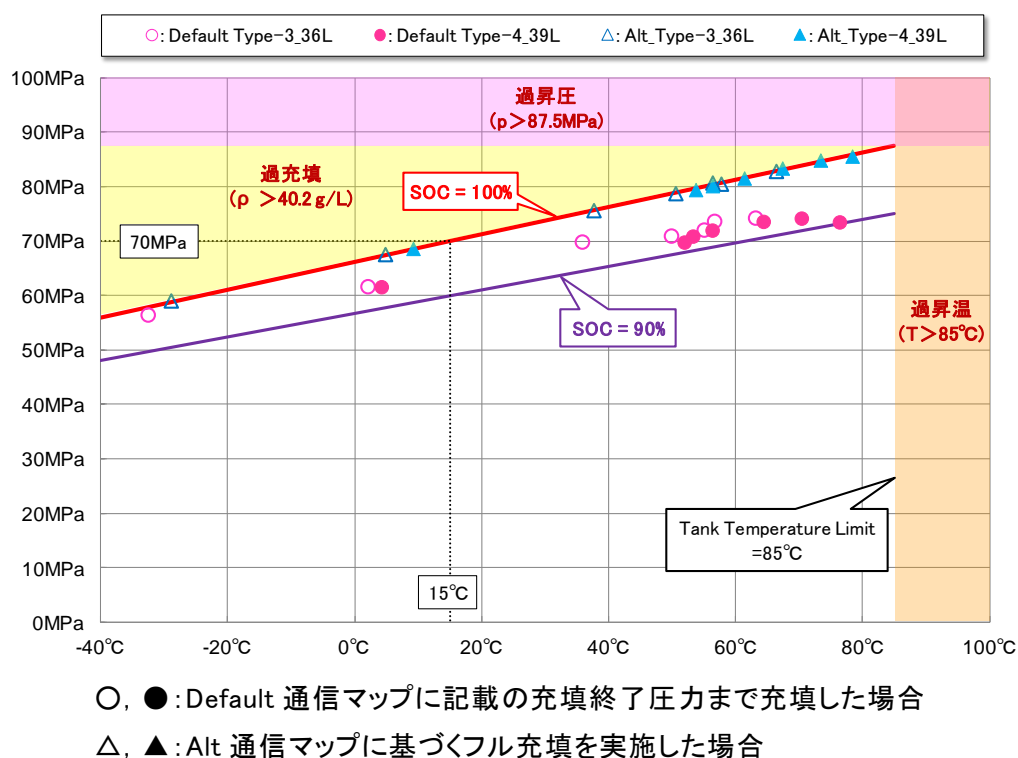


図22 試験結果と安全な試験範囲との比較

④水素充填コネクタの標準化

ノズル・レセプタクルの氷結現象に関する取り組み成果を、以下にまとめる。

<目的>

国内の次期実証ステーションにおいて、 -40°C プレクールの実用化やフル充填を想定する SAE TIR J2601 に準拠した充填が検討されている。 -40°C プレクール実用化で先行している海外ステーションにおいては、ノズル・レセプタクルに結露した水などが氷結し、ノズルが外れなくなる事例が報告されている。そのため、水素ステーションにおける -40°C プレクール導入に先立ち、ノズル・レセプタクルの氷結現象および安全性の検証が必要となっている。そこで -40°C プレクール充填を想定したノズル・レセプタクルの離脱試験を実施し、ノズル・レセプタクルの氷結の確認を行った。また、離脱、装着操作時における水素漏洩の有無の確認も行った。

<方法>

レセプタクルシール構造を有するノズルおよびレセプタクルを使用し、充填間隔毎に水素ガスをノズル+レセプタクルに圧力 35MPa で 3 分間、流量 650g/min で循環流通させ、脱圧した後に手動で離脱可否を確認した。充填は氷結するまで繰返し実施し、固着する(離脱不可)の場合は、固着に至るまでの充填回数をカウントし、あわせて固着解消までの時間を測定した。また試験中のガス漏洩は、ガス検知器で測定した。環境温度は、過酷環境における使用を想定し、-10℃、15℃、30℃、湿度を 60%および 95%とした。さらに使用中の水分付着を想定し、ノズルおよびレセプタクルに霧吹きよる水分を付加した条件の試験も実施した。

<結果>

水素供給後のノズルおよびレセプタクル離脱時の様子を図23に示す。

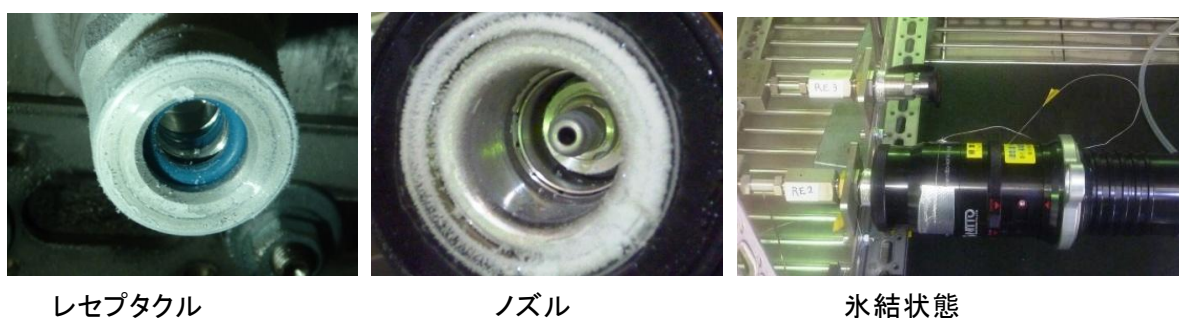


図23 水素供給後のノズル・レセプタクルの状況

すべての試験条件において、ノズルおよびレセプタクルは、プレクールガスの流通により冷却され、水分(露または霜)が付着した。

試験の結果、以下の事項が明らかとなった。

- ・ ノズルの固着は、スリーブ隙間およびチャック部に事前に水分付着があり、低温度環境、ノズルの乾燥不足といった、水分が存在する(しやすい)条件で氷結に至った。
- ・ 氷結による水素漏洩および O-リングへのダメージは確認されなかった。

また、本試験により、ステーションにおける実際の充填を模擬した水素供給を実施したところ、ノズルおよびレセプタクルの氷結現象を再現し、水分の影響を抑える対策が必要であることが明らかになった。本試験で得られた成果は、ISO17268 へ提案を予定している充填ノズル評価試験方法案の策定に資するデータとして提供するとともに、国内の 70MPa 水素ステーションの例示基準にも採用された。

⑤ その他国際標準化に関わる技術検討

下記の項目について、本事業等で取得した技術・試験データを国際標準化および HFCV gtr の議論に活用し、それらの議論を日本の主導にて進めることに貢献した。また、これらの標準化活動の促進のため、米国 DOE 等と標準化に係る情報交換を実施した。

ア. 車載容器基準・標準

国内基準と整合する HFCV gtr を発行し、ISO に展開するという(一社)日本自動車工業会の基本

戦略に則り、技術データを取得・提供するとともに、関係者間の情報共有に貢献した。

国内基準 KHK S 0128 ならびに別添案文作成にあたっては、平成 21 年度に実施したガス透過試験データを提供し新基準値策定に貢献した。

関連する ISO/DIS15869. 4 投票においては、HFCV gr との整合を想定すると、技術的不整合が認められることから反対投票を行い否決された。併せて、水素系材料評価法検討会を開催し、高圧水素環境下で使用する金属材料の評価について、国内有識者の意見を整理した。

イ. 充填コネクタ

35MPa 仕様のレセプタクル構造を規定する ISO/DIS17268 発行後、70MPa 仕様の標準構造について、図24に示すレセプタクル側シール構造とノズル側シール構造が最終選考対象となり、主として米国 SAE J2600 の場で議論が進められた。議論が膠着したが、国内外関係者との協議により、レセプタクル側シール構造で国際統一することで合意が得られ、議論の過程で、平成 20 年度 NEDO 事業で実施した経年劣化耐久試験を ISO に反映した。当該 ISO/DIS17268-2 は反対票なしで採択され、平成 24 年 7 月の FDIS 投票の結果、承認された。国内合意形成に向けては、充填プロトコル SWG を通じて、燃料供給者、ステーション供給者、自動車メーカー等関係者に周知し意見を聴取するとともに、ISO/TC197/WG5 国内対応委員会を開催して、国内意見をまとめた。

欧米においては、 -40°C プレクール充填時の課題として、ノズル・レセプタクルに生じた氷結によってノズルを脱離できなくなる現象が指摘されているが、JARI で再現試験を実施し、ノズル・レセプタクルに生じた氷結の有無によらず水素漏洩は発生しなかった旨を国内関係者に周知した。

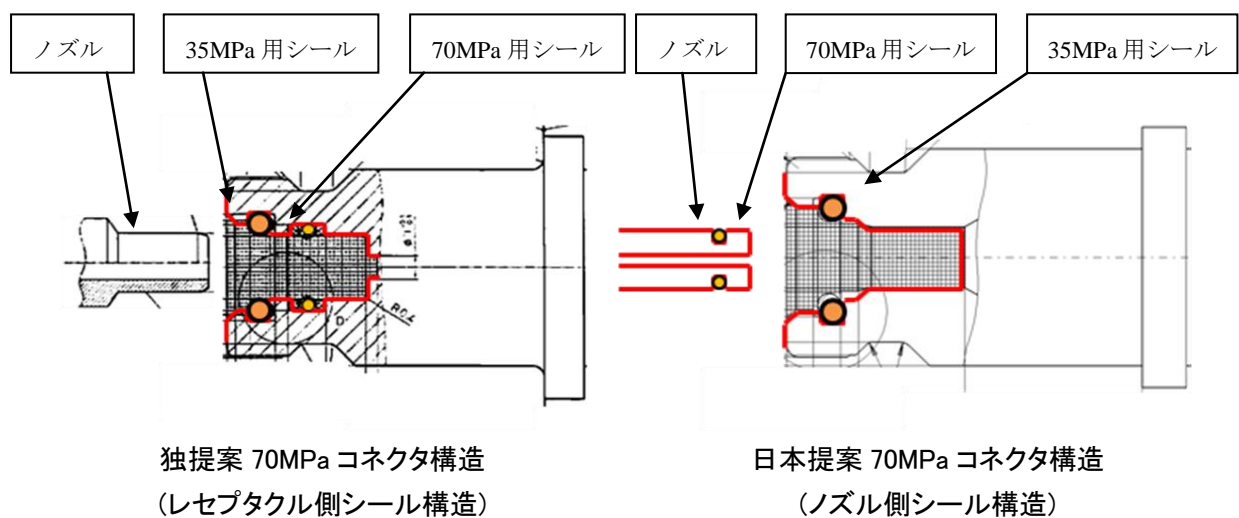


図24 70MPa 仕様のシール構造案

ウ. 充填プロトコル

水素ステーション実証事業と連携し、SAE J2601 プロトコルを実践的で効率的な商用プロトコルとするべく、国内関係者の意向を踏まえ、SAE に対して修正案を提案した。併せて、充填プロトコル

SWG を通じて、燃料供給者、ステーション供給者、自動車メーカー等関係者に周知し意見を聴取し、現行プロトコルの安全検証やノズル氷結に関する関係者要望を整理して試験内容に反映させるとともに、得られた成果を関係者に周知し情報共有に寄与した。

急速充填試験により、国内基準に適合するよう充填上限圧を 70MPa とした場合の温度・圧力・SOC を確認し、過昇温状態 (>85°C)・過昇圧状態 (>87.5MPa)・過充填状態 (>100%)には至らず安全性を検証することができ、以って 70MPa 充填に関する業界自主基準 JPEC S003 の策定に貢献し、国内の 70MPa 水素ステーションの例示基準として採用された。

イ. 衝突・火災事故後の安全対策に係る標準化

FCV 事故後の安全な対応方法の標準化を進めるため、水素漏洩試験・火災試験等を実施し、当該成果の具体的なアウトプット先について検討した。

HFCV gtr で審議されている衝突試験後の車室内水素濃度計測方法の妥当性を調査するために、衝突後を模擬した車両における車室内の水素濃度計測を行い、HFCV gtr に提案された当該試験法が正確で再現性の高い結果が得られる試験ではないことを示し、衝突試験後の車室内水素濃度試験方法については、HFCV gtr Phase 2 での再検討課題とする日本の意向を国際審議の場に反映することができた。

オ. その他国際標準化

ISO/TC197/WG12(水素燃料仕様)

WG12 エキスパートによる DIS 原案合意により、平成 22 年 10 月末に DIS 原案を TC197 に送付し、平成 23 年 1 月 5 日に DIS 投票が開始された。平成 23 年 6 月 5 日に締め切りとなった DIS 投票について、賛成 12 カ国、反対 2 カ国(米国、英国)で承認された。米国からのコメント対応調整のため、JARI が DOE と協議し、WG12 国際会議に先立ち、ASTM の参照について、参考補足(Informative Annex)中の分析法のリスト表中に ASTM の規格番号を掲載することで、合意を得た。その他粒子状物質のサイズ規定に関する米国コメントも取り下げてもらったこととした。平成 23 年 11 月ワシントン会議で FDIS 最終案を取りまとめ、TC197 に提出した。その後の編集上の修正を加えた後、FDIS 投票が開始され、平成 24 年度中に発行段階となり、HFCV 用の水素燃料仕様の国際規格が制定されることになる。

既に発行された ISO/TS14687-2 と IS 化を目指す ISO/FDIS14687-2 の規格値について、表 2 に示す。

また、米国 SAE J2719(HFCV 用水素燃料規格)の本規格化において、粒子状物質のサイズ規定について、独自の案も出されていたが、ISO/TC197/WG12 事務局として日本よりコメント活動の上、ISO14687-2 と全ての規格値を整合するよう修正することで SAE と合意した。ISO と整合した SAE J2719 は平成 23 年 9 月に発行されている。

これらの審議に際して、NEDO「固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発／基盤技術開発／セル評価解析の共通基盤技術」にて実施された水素燃料中不純物の影響調査の成果が活用された。

表2 FCV 用水素規格 TS と ISO/DIS14687-2 の比較

特性 (定量分析)	ISO/TS 14687-2 Grade D	ISO/FDIS 14687-2 Grade D
水素純度 (最小モル分率) ^a	99.99 %	99.97 %
許容最大不純物組成 (指定ない限り最大モル分率)		
全ガス (Total gases)	100 μ mol/mol	300 μ mol/mol
水 (H ₂ O)	5 μ mol/mol	5 μ mol/mol
全炭化水素 (C ₁ 換算)	2 μ mol/mol	2 μ mol/mol
酸素 (O ₂)	5 μ mol/mol	5 μ mol/mol
ヘリウム(He), 窒素 (N ₂), アルゴン(Ar),	100 μ mol/mol	ヘリウムのみ 300 μ mol/mol 他 100 μ mol/mol
二酸化炭素 (CO ₂)	2 μ mol/mol	2 μ mol/mol
一酸化酸素 (CO)	0.2 μ mol/mol	0.2 μ mol/mol
硫黄化合物	0.004 μ mol/mol ^f	0.004 μ mol/mol
ホルムアルデヒド (HCHO)	0.01 μ mol/mol	0.01 μ mol/mol
蟻酸 (HCOOH)	0.2 μ mol/mol ^f	0.2 μ mol/mol
アンモニア (NH ₃)	0.1 μ mol/mol ^f	0.1 μ mol/mol
ハロゲン化物	0.05 μ mol/mol	0.05 μ mol/mol
最大粒子状物質サイズ	10 μ m	—
最大粒子状物質組成 ^e	1 μ g/L at 20 °C and 101.325 kPa	1 mg/kg
アンダーライン部が変更点		

ISO/TC22/SC21/WG2(電気自動車安全)

本分野での取り組み成果 i) ~iii) について以下にまとめる。

i) ISO6469-3(Electrically propelled road vehicles – Safety specifications – Part 3: Protection of persons against electric shock)

電気自動車全般の安全、特にパート 3(電気安全)に関しては、常に、国際・国内基準との内容の整合に努めながら国際標準化を進めてきた。具体的には、ISO 会議への参画に加え、海外の基準・規格との整合もはかるため、(一社)日本自動車工業会(JAMA)のECE100改定委員との対応検討やSAE会議への書面或いは電話による対応を行ってきた。

ii) ISO6469-4 (Electrically Propelled Road Vehicle – Safety Specifications — Part 4: Post crash electrical safety requirements)

平成 23 年 1 月から正式プロジェクトとしてスタート。前述の 3 部構成に Part 4 として加える形になる。

日本としては、道路運送車両法の保安基準と海外基準 (ECE 基準, gtr、各国基準・規格等) 等と技術的矛盾なく整合させた IS を目指す。既に、平成 23 年 11 月の国際会議で課題抽出・確認を行っており、平成 24 年 2 月ベルリンでの国際会議では本格的に技術議論を開始した。(間接接触保護、衝突後のエネルギー、バッテリー固定要件等)

iii) ISO/CD12619(低圧水素部品)

自動車用圧縮ガス燃料供給システムに於ける低圧ガス部品に関する国際標準化であるが、純水素及び水素ブレンド双方がスコープに入っている。更に、対象車両は内燃機関自動車のみならず FCV も含むものとしている。そのため燃料の性状違いによる部品に対する影響、車両の動力違いによる部品への影響等の配慮が不十分な規格案である。これらの日本コメントにより国際基準を満足する FCV はスコープから外すという NOTE を追加することになり、FCV に支障のない内容となった。

iv). SAE Safety WG

平成 22 年は、ISO6469 Part3(電気安全)並びに国際基準 ECE R100, R94/95 等で議論中のキャパシタンスエネルギー安全規定等について、SAE J2578 並びに J1766 への追加規定を提案し、検討が必要な項目として認識され、議論を開始するに至った。また、米国の FMVSS305 発行を受けて、SAE J1766(衝突後の安全)の見直しもはじまり、平成 23 年 9 月の SAE Safety WG から議論を開始している。日本は、国内基準、国際基準の内容も考慮に入れ、ISO/WD6469-4(衝突後の安全)と内容が矛盾しないようにコメントした。

特許、論文、講演、報道等の件数

年度	特許出願			論文発表			新聞報道	受賞
	出願済	登録	実施	査読付き	その他	口頭発表		
H22	0	0	0	9	7	13	0	0
H23	0	0	0	3	2	10	0	1
H24	0	0	0	1	7	7	0	0
計	0	0	0	14	16	30	0	1

4. まとめ及び課題

4.1 まとめ

水素・燃料電池自動車の普及期市場熟成に向けた安全性評価の研究開発を実施し、燃料電池自動車の基準・標準化を推進した。主な成果は以下のとおり。

① 圧縮水素を燃料とする FCV の事故後の安全作業の標準化

<国際基準(HFCV-gtr)への寄与>

- 衝突試験後の車室内水素濃度計測手法の妥当性を検証
- 車載容器の局所火炎暴露試験法策定に必要な車両火災試験データを提供
- 局所火炎暴露試験用バーナーを世界に先駆けて開発
- 試験実施体制の構築

<国際基準(海上輸送技術基準)への寄与>

- 床下からの輻射熱による安全弁作動有無を確認
- 下層階での火災による FCV への影響等について、安全上問題ないことを確認

<警防活動時等における安全管理マニュアルなどに資するデータ取得>

- FCV 事故後の漏洩水素の送風拡散効果の検証
- 水素漏れ発生音と漏れ量の関係を調査
- 車載容器の残圧確認手法の開発
- 車載容器の健全性把握方法の調査等

② 車載用高圧水素容器／容器附属品の基準適正化活動

<国内・国際基準(HFCV gtr)への寄与>

- 国内基準(KHK S 0128)使用環境負荷試験の検証
- 国際基準(HFCV gtr)液圧シリーズ試験提案の根拠データ取得

<ガスシリーズ試験を検証>

- 容器附属品(TPRD)の国内導入に向けた HFCV gtr 試験法を検証

③ 水素充填プロトコルの標準化

- 充填プロトコルによる急速充填の安全性を検証し、水素ステーション例示基準に採用

④ 水素充填コネクタの標準化

- ノズル・レセプタクルの氷結状況を確認し、水素ステーション例示基準に採用

⑤ その他国際標準化に関わる技術検討

- 水素燃料仕様 ISO14687-2 の FDIS 投票終了→発行段階(議長:日本)
- FCV も含む電動車両安全規格 ISO6469-1, -2, -3 の発行(リーダー:日本)
- 燃費測定法改定、高圧水素容器、水素コネクタ等の審議に積極的に参加(日本の主導的役割)

成果の概要と自己評価

項目	目標	成果	自己評価
① 圧縮水素を燃料とする FCV の事故後の安全作業の標準化			
1) 衝突・火災事故時の安全性評価	水素FCVの国際基準調和に関わる適正な基準策定のための妥当性検証、および事故処理に関わる早期の標準化に向けたデータ取得のための事故処理手法を開発する。	HFCV gtr で審議されている衝突試験後の車室内水素濃度計測および世界に先駆けて開発したバーナを用いて車載容器局所火炎暴露試験を行い、試験法の問題点抽出およびこれらの課題を検討し、国際基準調和活動において、日本の主張の裏付けデータとして活用された。 さらに、水素燃料自動車の船舶輸送の消火対応等に関わる規制緩和のため、床下からの輻射熱による安全弁作動の可能性調査し、国際海事機構での規制緩和に関わる審議に活用した。	○
2) 衝突・火災事故後の安全性評価	事故処理に関わる早期の標準化に向けたデータ取得のための事故処理手法を開発する。	安全な事故処理対応に関わるデータ取得のため、送風による水素拡散の効果、水素漏れ発生音と漏れ量の調査、鎮火後における安全弁の作動調査、車載容器の健全性把握方法の調査、および容器の脱ガス方法の検討を行い、HFCV の警防活動時における安全管理マニュアル改訂に資するデータを取得し、今後、活発化する可能性が高い事故処理対応に関わる標準化活動において、日本が先導できるデータを構築した。	○
② 車載用高圧水素容器/容器附属品の基準適正化活動			
	自動車用圧縮水素容器の適正な基準策定のための妥当性検証、および新規構造附属品の国内導入に資するデータ取得を取得する。また、国内にて、新規試験法に対応する環境を整える。	国内新基準「70MPa 圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準 (KHK S 0128)」の使用環境負荷試験および HFCV gtr/SAE J2579 の液圧シリーズ試験を実施し、試験手順をより明確化する必要があることを把握した。また、局所火炎暴露試験では、本試験法に適合した信頼性の高いバーナを世界に先駆けて開発し、国内にて局所火炎を実施できる体制を整えたとともに、試験法の妥当性を確認した。 ガスシリーズ試験においては、試験を長期化してしまうとの試験法の課題等を把握した。 これらの成果は、国際標準化活動での基準策定に反映され、日本の主張の裏付けデータとして活	◎

		用・貢献した。また、国内基準作成 Step2 での基準策定に資するデータとして提供した。 また、ガラス式安全弁の作動影響に関するデータ取得を取得し、新材質の安全弁に対する試験法案策定に資するデータを取得した。	
③ 水素充填プロトコルの標準化(急速充填試験)			
	国内の次期 70MPa 水素ステーションにおける充填実施に先立ち、その安全性検証データを取得する。	急速充填試験により商用充填プロトコルの事前検証および充填設定一覧検討のための数値シミュレーションを行い、その成果を利用し、国内水素ステーションのプロトコル導入を可能とし、例示基準に採用された。	◎
④ 水素充填コネクタの標準化(ノズル・レセプタクル氷結試験)			
	70MPa 水素充填コネクタの安全評価試験を実施し、水素ステーションの安全性検証データを提供するとともに、インターフェイスの試験法案策定に向けたデータを取得する。	ノズル・レセプタクルの氷結現象を調査し、氷結現象および安全性を確認した。これらの成果は、国内の次期 70MPa 水素ステーションにおけるノズル・レセプタクル導入の安全性検証データとして活用され、例示基準に採用されるとともに、ISO17268 へ提案を予定している充填ノズル評価試験方法案の策定に資するデータとして活用予定。	○
⑤ その他国際標準化に関わる技術検討			
国内外での基準・標準化	解析・技術部門各 WG、及び各国内標準化 WG において審議し、国際会議 ISO/TC22/SC21(電気自動車)および ISO/TC 197(水素技術)への対応を行う。	国内での活発な議論に基づき、本事業で得られた試験データを活用し、ISO の審議において日本がリードして国際標準化を実施。当プロジェクト取得のデータ等が貢献した発行済み国際規格は計 11 件(IS 8 件、TS 2 件、TR 1 件)であり、その他改定も含めて 3 件が審議中となっている。具体的に、HFCV-gtr の日本の主張の裏付け、水素充填プロトコル、コネクタ、水素燃料仕様、FCV 安全規格の策定に結びつけた。	○

4.2 課題

FCV の更なる大量普及に対応するため、以下の点について検討を進める必要がある。

◆ 圧縮水素を燃料とする燃料電池自動車の水素安全

➤ 事故後の安全作業の標準化／基準化

FCV事故処理の各フェーズで必要となる技術データのさらなる取得

- 衝突時の客室水素濃度測定試験方法および衝突時の許容水素漏れの検討
- ◆ FCV廃車処理ならびにリサイクル対応(クズ化)
- ◆ 車載用高圧水素容器／容器附属品の基準適正化活動
 - 容器ならびに附属品などの HFCV gtr Phase2 検討に資するデータ取得
- ◆ 圧縮水素充填技術・インターフェイス関連の基準・標準化
 - 普及に適した、より安全で短時間での充填を可能とする充填技術開発に資するデータ取得
- ◆ 普及後の水素燃料系システムコストの更なる削減等に向けた対応
 - 水素燃料システムのコスト削減に向けて、量産化を前提とした試験法の適正化
- ◆ その他国際標準化に関わる技術検討
 - その他の関連する標準化案件について日本の主導的立場を維持し、日本の主張を反映。

5. 実用化・事業化見通し

本事業では、普及期市場醸成に向けて必要な安全確保のための技術的知見の系統的構築や基準・標準の整備に注力し、FCV の実用化・普及展開及び国際競争力の確保に資するデータ取得を、業界団体のニーズを反映させながら、計画立案し実施してきた。

これにより、道路運送車両法に関連した UN-ECE/WP29/AC3 gtr 化活動の第1フェーズにおいては、提案された新たな試験法に係わる妥当性の問題に対し、迅速に本事業で対応を行った結果、今後、一部の試験法に対しては、規定の在り方も含め研究活動が継続され、HFCV gtr の第2フェーズにて再検討されることになった。さらに第2フェーズでは、さらなる国際基準調和と FCV に特化した基準の見直しが計画されており、さらには、米国においてバッテリー電気自動車の事故処理に係わる基準・標準化の動きが見られ、HFCV に対しても波及する可能性が考えられることから、今後も、これらの動向を注視し、gtr 策定および見直しに資するデータ取得を進める。

自動車用圧縮水素容器および附属品の基準化活動に関しては、自動車用容器の生涯に渡る負荷を評価する液圧およびガスによる連続負荷試験に係わるデータ取得を、また、附属品に関しては、新規部品の国内導入に資するデータ取得を計画立案し、実施してきた。今後も、HFCV gtr の第2フェーズおよび HFCV の国内導入に係わる「70MPa 圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準」Step2 基準の策定のためデータ取得を進める必要がある。

また、本事業では、これらの新規試験法を国内にて精度良く実現するためのデバイスや手法も開発し、新規試験法に係わる対応を早期に具体化できる体制を整えたため、国内の自動車および容器・附属品メーカーの開発促進にも貢献が期待できる。

充填プロトコルの標準化においては、国内の 70MPa 水素ステーション実証試験における充填実施に先立ち、急速充填試験によりその安全性検証データを取得し、商用充填プロトコルの事前検証および充

充填設定一覧検討のための数値シミュレーションを行い、国内水素ステーションのprotocols導入の策定に貢献した。併せて水素充填コネクタの標準化において 70MPa 水素充填コネクタの安全評価試験を実施し、水素ステーションの安全性検証データを提供するとともに、インターフェイスの試験法案策定に向けたデータを取得し、標準化に貢献するとともに、国際標準化審議の中で、その形状を統一した。これらのことにより、今後のステーションの効率的な運用、ステーション設置の進捗が期待される。

FCV 用水素燃料仕様に関しては、TS として 2008 年に発行されたのち、FCV 導入期の燃料仕様の IS 化を目指し、FDIS まで結びつけ、国際的な統一規格の制定が確実となった。今後の FCV 大量普及に対応するため、コスト、水素製造プロセスまで考慮した改訂版の議論も並行して進め、大量普及期に備える必要がある。その他の標準化活動として、FCV も含めた EV の安全について、第 3 部までの IS 発行に貢献した。これらの標準化活動の成果により、FCV の安全な普及の迅速化を図ることができる。このように、今後も、水素・FCV の普及促進のために、各種基準・標準化活動を継続して推進する必要がある。

●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CO2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

FCV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CO2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)、ハイブリッド車に対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CO2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

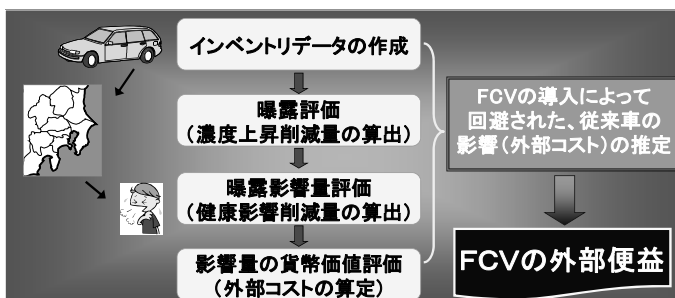


図1 外部便益算定手順（大気排出物による健康被害削減）

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。

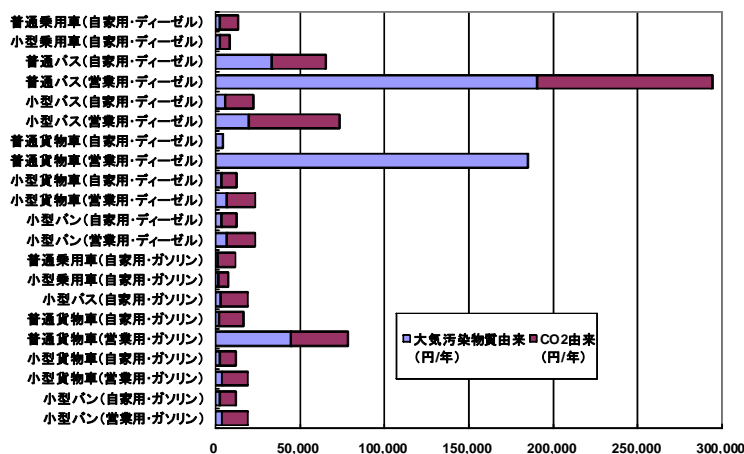


図2 FCV が既存車を代替した時の1台あたりの年間外部便益

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。

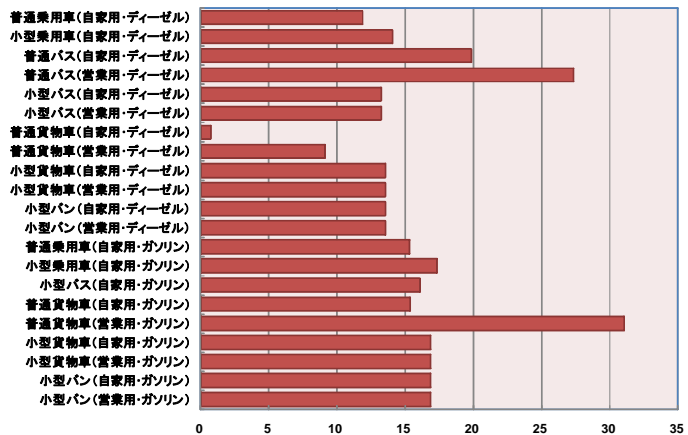


図 3 水素 1Nm³あたりの外部便益の比較

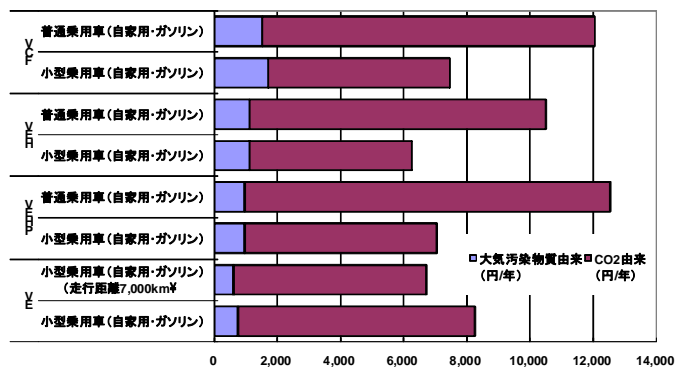


図 4 FCV と競合代替車 1 台あたりの年間外部便益の比較

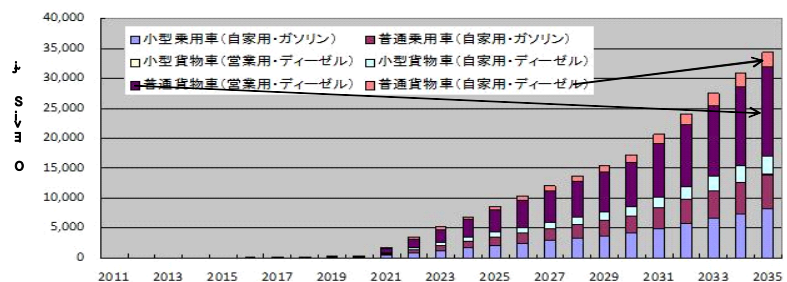


図 5 COCN シナリオによる FCV の外部便益

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

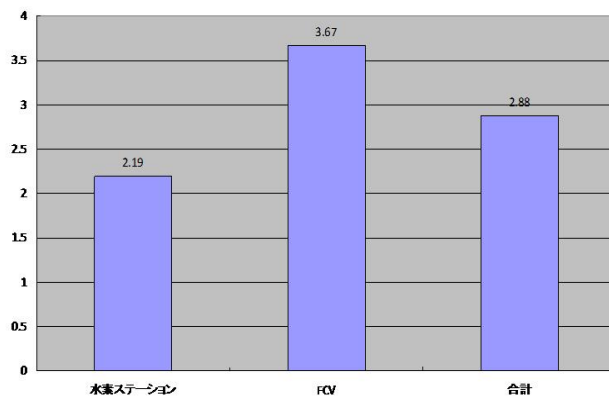
たらされるため、一般的な外部性（技術的外部性）ではないが、経済面では重要な意味を持ち、経済的外部性と呼ばれることもある。本研究では、NEDO/MRI（2010）のケース1（COCN 想定）を用いて、10年間でステーション1,312基、FCV保有台数が約110万台となった場合の経済的波及効果について「平成17年（2005年）産業連関表」を用いた分析を行った。結果を図6に示すが、投資額合計は10年間累計で17,931億円となり、経済波及効果は51,599億円、投資額合計に対する比は2.88倍となった。また、投資額100万円あたり0.14人の雇用創出効果が見込まれ、GDP押し上げ効果は年平均0.043%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

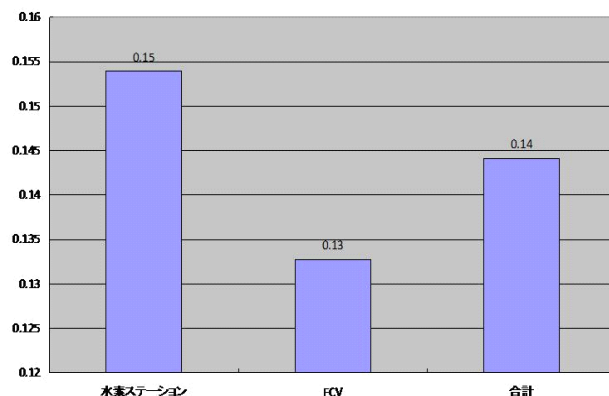
市販の数値分析ソフトウェア Analytica™ をベースとし、Excel™ シートで計算条件・導入シナリオを入力し、自動的に Analytica で読み込み、外部コストおよび導入コストを計算し、エクセルに出力するモデルを構築した。また、主要パラメータに対して確率分布を設定し、モンテカルロシミュレーションにより感度分析も実施可能とした。

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-12) 水素キャリアに応じたフイ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。

●背景/研究内容・目的

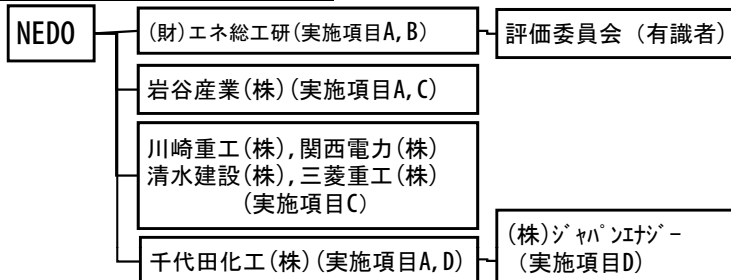
地球温暖化問題が国際的な課題として重要性を増す中、わが国では燃料電池自動車等の普及のための水素供給インフラ立ち上げに向けて各種研究開発が進められている。その中で、本研究開発は、各水素キャリアを用いた、オフサイト型水素製造拠点から水素ステーションにおける燃料電池自動車(FCV)への充填までの一連のフローにおける経済的成立性や実現性を検討・評価し、普及に向けた今後の技術開発課題を抽出することを目的に実施した。

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。

●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。

●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)

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

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。

- ・ 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。

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

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

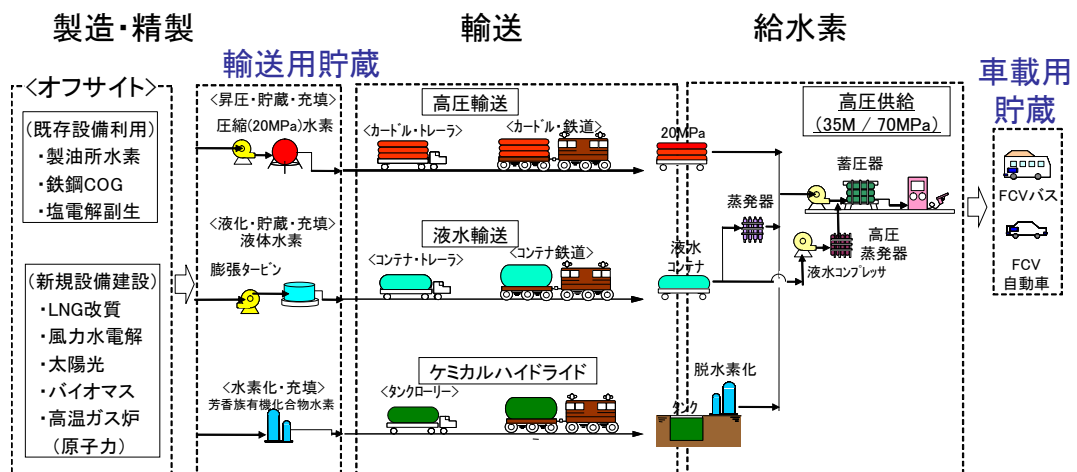


図-1 水素供給フローの例

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

●進捗成果サマリ(平成22年度～平成24年度11月)

- ・一般則例示基準における水素ステーション用金属材料の選定方法を提案した。提案した材料選定方法を基に、SUS316及びSUS316Lの適用範囲を決定した。
- ・圧縮水素運送自動車用容器の例示基準JIGA-T-S/12/04に代わる、最高充てん圧力45MPaの例示基準の原案となるJPEC基準案へ助言を行った。
- ・水素ステーション用複合容器製蓄圧器の特認申請のガイドラインとなる技術基準案策定を先導した。設計に必要なCFRPの疲労特性及びストレスプチャー特性を得た。
- ・水素環境において材料規格に規定されている最低要求値を満足する材料は、KHKS0220の設計で規格値を使用することが可能である。

●背景/研究内容・目的

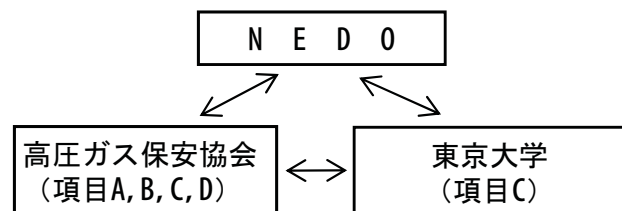
70MPa級水素ステーションを構成する配管、バルブなど各部品を製造する前提となる高圧水素ガス設備に使用可能な金属材料の鋼種拡大、高圧水素ガスの輸送・貯蔵を目的とした複合容器(CFRP)に係る技術基準の整備を見据えた調査及び試験に加え、水素ステーションに用いる圧力設備のより合理的な設計を可能とすべく、圧力設備の設計基準における設計係数と水素適用に関する検討を行う。本事業の成果物は、広く一般に公開され、将来の水素ステーション等の規制見直しに資することが可能な資料となる。

●研究目標

実施項目	最終目標(H24年度)
A.水素ステーション用金属材料の鋼種拡大に関する研究開発	新規使用可能材料の選定
B.圧縮水素運送自動車用複合容器に係る基準整備に関する研究開発	例示基準案※
C.水素ステーション用複合容器に係る基準整備に関する研究開発	KHK特認ガイドライン案※
D.圧力設備の設計基準における設計係数と水素適用に関する研究開発	KHK事前評価ガイドライン案※ KHK特認ガイドライン案※

※基準案及びガイドライン案は石油エネルギー技術センターが作成

●実施体制及び分担等



●これまでの実施内容／研究成果

- ・絞りが75%以上のSUS316及びSUS316Lについては、Ni当量が28.5%以上の場合には70MPaにおいて-40～85℃、Ni当量が26.3%以上の場合には90MPaにおいて20～85℃で一般則例示基準に追加可能である。
- ・圧力、安全を確保するための設計確認試験及び組試験の方法等について検討を行い、JIGA-T-S/12/04をベースとした最高充てん圧力45MPaの圧縮水素運送自動車用容器の例示基準案作成のための助言を行った。
- ・特定設備として申請するためのガイドラインをASME Sec. X Appendix 8をベースとすることを提案した。CFRP製複合容器の設計基準の基礎となるCFRPのストレスプチャー試験及び疲労試験を行いデータの充実を図った。JPECにて行われた小型複合容器及び中型複合容器の設計製作、試験計画の策定及び試験結果の評価に対して助言を行い、蓄圧器の圧力繰返し寿命に関する健全性確保のための設計指針を得た。
- ・国内に置いて実績があり設計係数の最も小さなKHKS0220超高压ガス設備に関する基準の水素適用について検討した。水素の影響に応じて、従来通り大気中のデータを利用してKHKS0220で設計する場合と、水素中のデータを使用してKHKS0220で設計する場合とに分けることを提案した。

●研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
A.	SUS316及びSUS316Lの使用範囲を決定	◎
B.	最高充てん圧力45MPaの圧縮水素運送自動車用容器技術基準案へ助言	◎
C.	水素ステーション用複合容器製蓄圧器の技術基準案へ助言及びCFRPの疲労特性及びストレスプチャー特性の取得 試験計画の策定及び試験結果の評価解析を行った	◎
D.	KHKS0220の水素適用方法を確立	○

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	3	1	0

●今後の課題

／スケジュール(H24年度まで)

NEDO他事業で実施される高圧水素試験結果を評価し本事業成果へ反映させる。

●実用化・事業化の見通し

本研究開発で得られた成果を元に規制の再点検に係る工程表「2015年の燃料電池自動車・水素ステーションの普及開始に向けて実施すべき事項」の例示基準の改正等が2013年頃より開始される予定である。

水素インフラ等に係る基準整備に関する研究開発

実施者：高圧ガス保安協会

(国) 東京大学

1. 事業概要

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のエネルギー利用社会の構築に取り組むことが不可欠である。燃料電池及び水素技術はこのためのキーテクノロジーの一つであり、重点的に取り組むべき革新技術として位置づけられている。燃料電池自動車の運用に必要不可欠である水素ステーション、水素貯蔵及び水素輸送に関する水素インフラの普及促進のためには、先行事業の中で抽出された水素インフラに関する規制見直しの最重点課題の解決が必要である。

本研究開発では、一般財団法人石油エネルギー技術センター(JPEC)と共同で表1の研究開発を実施する。70MPa級水素ステーションを構成する配管、バルブなど各部品を製造する前提となる高圧水素ガス設備に使用可能な金属材料の鋼種拡大、高圧水素ガスの輸送・貯蔵を目的とした複合容器(CFRP)に係る技術基準の整備を見据えた調査及び試験に加え、水素ステーションに用いる圧力設備のより合理的な設計を可能とすべく、圧力設備の設計基準における設計係数と水素適用に関する検討を行う。本事業の成果物は、広く一般に公開され、将来の水素ステーション等の規制見直しに資することが可能な資料となる。

表1 研究開発項目

研究開発項目	担当
水素ステーション用金属材料の鋼種拡大に関する研究開発	高圧ガス保安協会
圧縮水素運送自動車用複合容器に係る基準整備に関する研究開発	高圧ガス保安協会
水素ステーション用複合容器に係る基準整備に関する研究開発	高圧ガス保安協会 (国) 東京大学
圧力設備の設計基準における設計係数と水素適用に関する研究開発	高圧ガス保安協会

2. 事業目標

2-1 水素ステーション用金属材料の鋼種拡大に関する研究開発

水素ステーションでの使用を目的とした配管、バルブ用材質としては、先行プロジェクトによる評価の結果、オーステナイト系ステンレス鋼SUS316Lが、高圧水素雰囲気下で劣化を起こしにくいことが知られている。しかしながら、SUS316Lは、一般的に用いられるステンレス鋼(例えばSUS304や316)に比較して強度が低く、配管、バルブ等の設計にあたり必要寸法が大きくなり、設置環境などによっては使用できないケースがあるため、高圧水素環境下で必要な耐水素劣化特性を有する強度の高い材料を見出す必要がある。

そこで、金属材料の評価を行うため、設備・材料に応じて必要とされる評価試験の種類（例えば、SSRT（低ひずみ速度引張試験）、遅れ破壊試験、疲労試験、き裂進展試験等）と共に、評価試験の条件（温度、圧力、負荷速度、負荷周期、試験時間、ガス純度等）、試験片の採取方法及び加工条件（寸法精度、加工度、表面粗さ等）などに関する試験項目を検討する。あわせて試験結果の判定基準についても検討を行う。試験条件の検討対象は、配管・バルブ類・継手類等の材料のうち、耐水素劣化特性に優れていると考えられる材料を優先して行う。なお、当該試験条件については、他機関においても同一条件で試験を実施することを可能とするため一般公開するものとする。また、得られた評価試験結果を、高圧ガス保安協会（KHK）内に設置した材料・設計基準分科会において、検討した判定基準を用いて材料の耐水素劣化特性を評価する。本研究開発項目に関するJPECとの役割分担を表2に示す。

表2 水素ステーション用金属材料の鋼種拡大に関する研究開発の役割分担

KHK	JPEC
<ul style="list-style-type: none"> ・試験データの収集及び評価 ・判定基準の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・インフラ業界の意見収集 ・材料の優先順位の決定 ・試験片の製作

2-2 圧縮水素運送自動車用複合容器に係る基準整備に関する研究開発

高圧ガス保安法容器保安規則例示基準では、上限圧力が35MPaの圧縮水素輸送用のCFRP（炭素繊維強化プラスチック）製複合容器に関する技術基準（圧縮水素運送自動車用容器の技術基準：JIGA-T-S/12/04、圧縮水素運送自動車用付属品の技術基準：JIGA-T-S/13/04）が既に制定されている。しかしながら、圧縮水素自動車燃料装置用容器の高圧化に伴い、水素ステーションにおける水素供給量が増えることが予測されるため、水素運送用容器をより高圧化し、輸送効率を向上させることが望まれている。

そこで、本研究開発では、輸送効率が最適と考えられている45MPa程度の高圧化に対応した容器に必要な技術課題に関して検討を行う。また、使用可能な材料、設計方法、加工方法を含め、容器の設計確認試験及び組試験方法（耐圧試験、破裂試験、圧力サイクル試験等）及び判定基準の高圧化に対応する検討を行う。本研究開発項目に関するJPECとの役割分担を表3に示す。

表3 圧縮水素運送自動車用複合容器に係る基準整備に関する研究開発の役割分担

KHK	JPEC
<ul style="list-style-type: none"> ・技術基準案の作成に対する指針指示 	<ul style="list-style-type: none"> ・例示基準案の作成

2-3 水素ステーション用複合容器に係る基準整備に関する研究開発

圧縮水素自動車燃料装置用容器の高圧化に伴い、水素ステーション用における蓄圧器にも高圧化が要求される。蓄圧器を鋼製容器で製作すると厚肉となり現状では製作が困難とな

るため、CFRP製複合容器を使用した蓄圧器を活用することが求められている。

そこで、本研究開発では、CFRP製複合容器で蓄圧器を製造する際の要求事項について整理し、将来、水素ステーション用蓄圧器として採用することを見据えた技術基準類の整備に資するための資料作成を行う。

また、CFRP製複合容器の設計基準の基礎となるCFRPのストレスラプチャー試験及び疲労試験を行いデータの充実を図る。なお、JPECが行う破裂試験及び圧力サイクル試験は、本事業内で別途、東京大学で実施する事業において設計された容器を用いて実施する。本研究開発項目に関するJPECとの役割分担を表4に示す。

表4 水素ステーション用複合容器に係る基準整備に関する研究開発の役割分担

KHK、東京大学	JPEC
<ul style="list-style-type: none"> ・ 技術基準案の作成に対する助言 ・ CFRP試験の実施 ・ 試験容器の設計と試験計画の策定 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特認ガイドライン案の作成 ・ 試験容器の製作 ・ 容器試験の実施及び評価

2-4 圧力設備の設計基準における設計係数と水素適用に関する研究開発

近年、圧力設備の設計基準における設計係数に関し、米国やEUでは日本で整備されている技術基準の設計係数と比較して、より小さな係数値の導入が進んでいる。この流れを受け、日本でも同様に設計係数を小さくした技術基準の検討が進められている。

設計係数を小さくした技術基準の導入は、水素ステーションに適用することを考えた場合には、使用される設備の大きさや使用板厚の薄肉化に寄与することが予想され、引いては水素ステーション及び自動車の普及に貢献することが期待される重要な課題の一つである。

そこで、設計係数を既存の技術基準よりも小さくした技術基準の導入及びその水素への適用について検討するため、諸外国の設計係数に対する基本的な考え方、材料特性、設計方法、検査方法等の情報を収集する。また、水素ステーションで使用する機器、配管類を対象としてASME（米国機械工学会）規格やEN（欧州規格）を調査し、その実情について情報調査を行い、今後の標準化を見据えた設計係数の見直しに関して必要な情報を収集する。これらに加えて、欧米規格、実績等に関する情報収集で得られた知見をもとに、「材料・設計基準分科会」において、設計係数の変更と水素適用に関する評価・検討を行い、水素ステーション関連設備の設計係数変更の可否、安全確保のために特に確認すべき事項等について纏める。本研究開発項目に関するJPECとの役割分担を表5に示す。

表5 圧力設備の設計基準における設計係数と水素適用に関する研究開発の役割分担

KHK	JPEC
<ul style="list-style-type: none"> ・ 欧米の設計係数に関する情報収集 ・ 設計係数の水素適用への評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・ インフラ業界の意見収集 ・ 特認及び事前評価ガイドライン案の作成

3. 事業成果

3-1 水素ステーション用金属材料の鋼種拡大に関する研究開発

現在の一般則例示基準において水素ステーションで使用できる材料は、SSRT、疲労試験及び疲労き裂進展試験の3つの試験結果を踏まえて認められている。本事業において必要な試験種類について検討した結果、SSRTと疲労試験の2つの試験結果から材料の選定できることを提案した。

SSRTでは、引張試験又はミルシートの絞りに、設計圧力以上で水素と大気中（又は不活性ガス中）の比を掛けて材料規格に規定する規格値以上で合格とする。オーステナイト系ステンレス鋼ではNi量のみでは他の成分の影響から相対絞り比を整理することが困難であるため、他の成分の影響を考慮したNi当量（ $\%$ ） $=12.6 C + 0.35 Si + 1.05 Mn + Ni + 0.65 Cr + 0.98 Mo$ ）で整理することを提案した。

疲労試験では、オーステナイト系ステンレス鋼については大気中における 10^7 回疲労強度が許容引張応力の1.6倍以上で、水素の影響がないものを合格とする。

上記の選定方法で入手可能なオーステナイト系ステンレス鋼のSSRT及び疲労試験結果について一般則例示基準の検討を行った結果、絞りが75%以上のSUS316及びSUS316Lについては、Ni当量が28.5%以上の場合には70MPaにおいて $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$ 、Ni当量が26.3%以上の場合には90MPaにおいて $20\sim 85^{\circ}\text{C}$ で使用できることを提案した。

3-2 圧縮水素運送自動車用複合容器に係る基準整備に関する研究開発

今後の圧力水素運送自動車用容器に必要とされる圧力、安全を確保するための設計確認試験及び組試験の方法等について検討を行い、例示基準のベースとするためのJPEC基準の原案作成に対して助言を行った。

JPEC基準のベースには唯一の圧縮水素運送自動車用容器の例示基準であるJIGA-T-S/12/04を採用することとし、最高充填圧力は、高圧水素ガスの容積、容器の質量等から最も輸送効率の良い値である45MPaとした。最高充填圧力45MPaの高圧水素ガス環境における材料の劣化に関しては、最高充填圧力70MPaの圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準であるKH K S0128において劣化の傾向がないとされたライナー材料・ボス材料として、アルミニウム合金A6061及びオーステナイト系ステンレス鋼SUS316L並びに熱可塑性プラスチックを採用した。

また、設計方法、加工方法を含む設計確認試験方法及び組試験方法に関して検討を行った結果JIGA-T-S/12/04を踏襲することとした。

3-3 水素ステーション用複合容器に係る基準整備に関する研究開発

水素ステーション用複合容器に要求される圧力繰返し回数を検討した結果、10万回の圧力繰返しに耐える必要があるとの結論を得た。水素ステーション用複合容器は、特定設備検査規則が適用されるため、設計時の疲労寿命予測が要求される。これに対して燃料電池自動車用圧縮水素燃料容器に代表される既往のFRP圧力容器は、要求される圧力繰返し回数が1万回程度であり、設計確認試験により圧力繰返し試験に合格することが要求されている。

FRP複合容器にとって10万回の圧力繰返しに耐える設計は未踏の領域である。このため、

10倍の繰返し回数に耐える設計をどの様に行うかを検証するため、JPECにて行われた小型複合容器及び中型複合容器の設計製作、試験計画の策定及び試験結果の評価に対して助言を行い、圧力繰返しに対する疲労寿命確保のための設計指針を得た。

また、水素ステーション用複合容器は特別認可が必要になることから、特定設備として申請するためのガイドラインをASME Sec. X Appendix 8をベースとすることを提案した。

さらに、CFRP製複合容器の設計基準の基礎となるCFRPのストレスラプチャー試験及び疲労試験を行いデータの充実を図った。

3-4 圧力設備の設計基準における設計係数と水素適用に関する研究開発

国内において実績があり設計係数の最も小さなKHKS0220超高压ガス設備に関する基準の水素適用について検討した。従来通りLBB（破裂前漏洩）判定は行い、LBBが成立しない材料を除外しないことを提案した。また水素の影響に応じて、従来通り大気中のデータを利用してKHKS0220で設計する場合と、水素中のデータを使用してKHKS0220で設計する場合とに分けることを提案した。

従来通り大気中のデータを利用してKHKS0220で設計するためには、材料は以下の1)～3)を満たす必要がある。

- 1) 設計圧力、設計温度範囲において水素中の材料強度の設定値が大気中と同等以上。
- 2) 設計圧力、設計温度範囲において水素中の疲労寿命が大気中と同等以上。
- 3) 設計圧力、設計温度範囲において水素中の疲労き裂進展速度が大気中と同等以上。

なお、LBBが成立する場合には、3)は不必要である。

水素中のデータを利用してKHKS0220で設計するためには、材料は以下の1)～3)を保証する必要がある。

- 1) 設計圧力、設計温度範囲における水素中の材料強度の設定値。
- 2) 設計圧力、設計温度範囲における水素中の疲労寿命。
- 3) 設計圧力、設計温度範囲における水素中の疲労き裂進展速度。

なお、LBBが成立する場合には、3)は不必要である。

3-5 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	
H22FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件
H23FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件
H24FY	0件	0件	0件	2件	1件	1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金属材料の鋼種拡大に関する研究開発

・一般則例示基準における水素ステーション用金属材料の選定方法を提案した。提案した材料選定方法を基に、SUS316 及び SUS316L の適用範囲を決定した。

(2) 圧縮水素運送自動車用複合容器に係る基準整備に関する研究開発

・圧縮水素運送自動車用容器の例示基準 JIGA-T-S/12/04 に代わる、最高充てん圧力 45MPa の例示基準の原案となる JPEC 基準案作成に対する助言を行った。

(3) 水素ステーション用複合容器に係る基準整備に関する研究開発

・水素ステーション用複合容器製蓄圧器の特認申請のガイドラインとなる技術基準案作成に対する助言を行った。JPEC にて行われた複合容器試験を先導し、蓄圧器の圧力繰返し寿命に関する健全性確保のための設計指針を得た。また、設計及び技術案作成に必要な CFRP の疲労特性及びストレスラプチャー特性を得た。

(4) 圧力設備の設計基準における設計係数と水素適用に関する研究開発

・水素環境において材料規格に規定されている最低要求値を満足する材料は、KHKS0220 の設計で規格値を使用することが可能である。水素環境で材料規格に規定されている最低要求値を満足できない材料は、KHKS0220 の設計に使用する値の保証が必要となる。

5. 実用化・事業化見通し

本研究開発で得られた成果を元に規制の再点検に係る工程表「2015 年の燃料電池自動車・水素ステーションの普及開始に向けて実施すべき事項」の例示基準の改正等が 2013 年頃より開始される予定である。

(Ⅲ-14) 水素ステーションの設置・運用等に係る規制合理化のための研究開発

委託先: 水素供給・利用技術研究組合 (HySUT)、高圧ガス保安協会 (KHK)

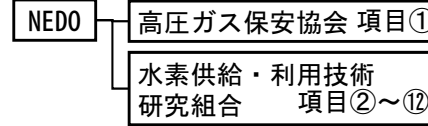
●進捗成果サマリ(平成23年度～平成24年度11月)

「燃料電池自動車・水素ステーション普及開始に向けた規制の再点検に係る工程表」に基づく12項目の規制合理化項目に関する各種技術基準の検討案を作成した。

●背景/研究内容・目的

2015年のFCV普及開始に向け、主要な規制の合理化の検討を示した「燃料電池自動車・水素ステーション普及開始に向けた規制の再点検に係る工程表」に基づき12項目の規制合理化項目に関する各種技術基準の検討案を作成するものである。

●実施体制及び分担等



特許 出願	論文 発表	外部 発表	受賞等
0	0	2	0

●研究目標／成果／実用化・事業化／課題

	テーマ	目標	成果	実用化・事業化の見通し	課題
①	圧縮天然ガス(CNG)スタンド併設時の設備間距離	技術基準案の作成	技術基準の検討案を2月までに完成する見込み	本事業で作成した、一般高圧ガス保安規則第7条、第7条の3およびそれらに付随する例示基準に関する技術基準案を元に、平成25年度以降、経済産業省 原子力安全・保安院 保安課にて、省令や例示基準への取り込みについて検討される。	無し
②	水素ステーションの保安検査基準	保安検査基準案、定期自主検査指針案の作成	保安検査基準案および定期自主検査指針案を作成した。	経済産業省による審査にて民間自主基準「保安検査基準(JPEC-S0001)」の安全性が確認された場合、保安検査告示にて保安検査の方法として指定される。	無し
③	圧縮水素運送自動車用複合容器の安全弁	技術基準案の作成	技術基準案を作成した。	H23年度以降、海外での検討状況も視野に入れ、現状の技術基準案の見直しを実施し、民間自主基準を制定予定。	無し
④	水素ステーションを併設する給油取扱所	・並列設置:安全対策の立案 ・無人暖機運転:安全対策、技術基準整備資料の作成	並列設置のレイアウト具体例および遠隔監視等による無人暖機運転の安全策とりまとめ、消防庁より通知が交付された。	消防庁の「圧縮水素充てん設備設置給油所の安全対策に関する検討報告書(H24.03.23)」の公開、および消防防第140号(H24.5.23)通知により、並列設置・無人暖機運転が可能となった。	無し
⑤	公道とディスペンサーの離隔距離	・技術基準案の作成 ・海外基準の離隔距離設定方法等の調査	・鋼板製・コンクリート製の障壁を用いた技術基準案を作成した。 ・海外基準調査を2月までに終了予定。	H25年度から民間が継続して実施する検討に活用される。	無し
⑥	セルフ充填式水素ステーション	設備仕様等の資料、技術・運用指針案の作成	セルフ充てん実現に必要な要件を2月までに纏める予定。	H25年度以降の水素ステーションの普及状況を考慮しつつ、民間が実施するセルフ充てん式水素スタンド実現に向けた将来の検討に活用される。	無し
⑦	水素ディスペンサー周辺の防爆ゾーン基準の明確化	民間自主基準案の作成	民間自主基準案を作成した。	経済産業省により厚生労働省に民間自主基準「ディスペンサー周辺の防爆基準(JPEC-S0004)」の妥当性の確認が行われ、妥当性が確認された場合、都道府県に対し本基準の内容が周知される。	無し
⑧	公道でのガス欠対応のための水素充填法	充てん場所・使用設備など、公道充てん実施に必要な要件の取りまとめ	高速道路および一般道での充てん実現に必要な要件を2月までに纏める予定。	H25年度から民間が継続して実施する実証を含む検討に活用される。	無し
⑨	フル充填に対応した水素ステーション	技術基準案(省令・例示基準の改正案)の作成	技術基準案を2月までに完成予定。	H25年度に高圧ガス保安協会による技術的妥当性が評価され、その後経済産業省により安全性が確認された場合、省令・例示基準の見直しが行われる。	無し
⑩	水素ステーションでの水素保有量	・35MPa級複合容器水素トレーラーの製作 ・水素貯蔵量規制値超えの許可事例を取得	・35MPa級複合容器水素トレーラーを完成した ・水素貯蔵量規制値超えの許可事例を2月までに取得予定	水素ステーションの水素貯蔵量の上限を超える個別許可を蓄積し、平成25年以降、国土交通省により政令改正されることにより、水素ステーションでの水素保有量が增加される予定である。	無し
⑪	プレクール設備冷凍機の保安距離短縮に関する検討	技術基準案(省令・例示基準の改正案)の作成	技術基準案を2月までに完成予定。	H25年度に高圧ガス保安協会による技術的妥当性が評価され、その後経済産業省により安全性が確認された場合、省令・例示基準の見直しが行われる。	無し
⑫	複合容器蓄圧器の設置等基準に関する検討	技術基準案(省令・例示基準の改正案)の作成	技術基準案を2月までに完成予定。	H25年度に高圧ガス保安協会による技術的妥当性が評価され、その後経済産業省により安全性が確認された場合、省令・例示基準の見直しが行われる。	無し

●研究成果まとめ

「燃料電池自動車・水素ステーション普及開始に向けた規制の再点検に係る工程表」に基づく12項目の規制合理化項目に関する各種技術基準の検討案を作成した。

水素ステーションの設置・運用等に係る規制合理化のための研究開発

実施者：水素供給・利用技術研究組合、高圧ガス保安協会

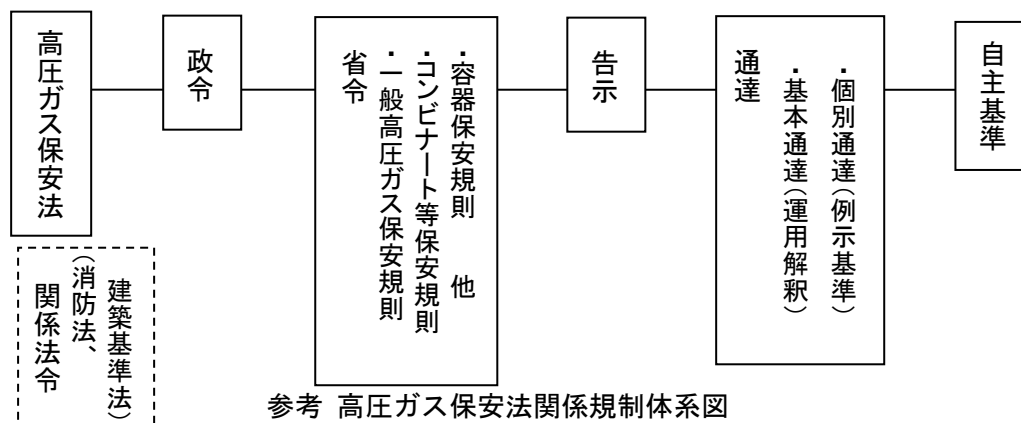
1. 事業概要

2015年のFCV普及開始に向け、関係する規制について再点検が行われ、関係省庁間で調整の上、主要な規制の合理化の検討を2012年度までに完了することを示した「燃料電池自動車・水素ステーション普及開始に向けた規制の再点検に係る工程表」（以下、工程表という）の作成を2010年末に完了し、公表された。

本事業は、この工程表に基づき水素供給・利用技術研究組合（HySUT）と高圧ガス保安協会（KHK）が協力して、以表に記す12項目の規制合理化項目に関する安全性に係るリスクの抽出及びその対策を検討し、得られたデータや知見を取りまとめ、関連業界が国土交通省、消防庁、経済産業省原子力安全・保安院等に提案するための各種技術基準の検討案を作成するものである。

No.	工程表※	検討項目	検討対象基準類
1	2	CNG スタンド併設時の設備間距離に関する検討	省令・例示基準
2	3	水素ステーションの保安検査基準に関する検討	自主基準
3	8	圧縮水素運送自動車用複合容器の安全弁に関する検討	例示基準
4	11	水素ステーションを併設する給油取扱所に関する検討	関係法令（消防法）
5	12	公道とディスプレイの離隔距離に関する検討	省令・例示基準
6	13	セルフ充てん式ステーションに関する検討	省令・例示基準
7	14	ディスプレイ周辺の防爆ゾーン基準に関する検討	自主基準
8	15	公道でのガス欠対応のための水素充てんに関する検討	省令・例示基準
9	16	フル充てんに対応した水素ステーションに関する検討	省令・例示基準
10	4	水素ステーションでの水素保有量に関する検討	関係法令（建築基準法）
11	1	プレクール設備冷凍機の保安距離短縮に関する検討	省令・例示基準
12	1	複合容器蓄圧器の設置等基準に関する検討	省令・例示基準

※工程表：別紙参照

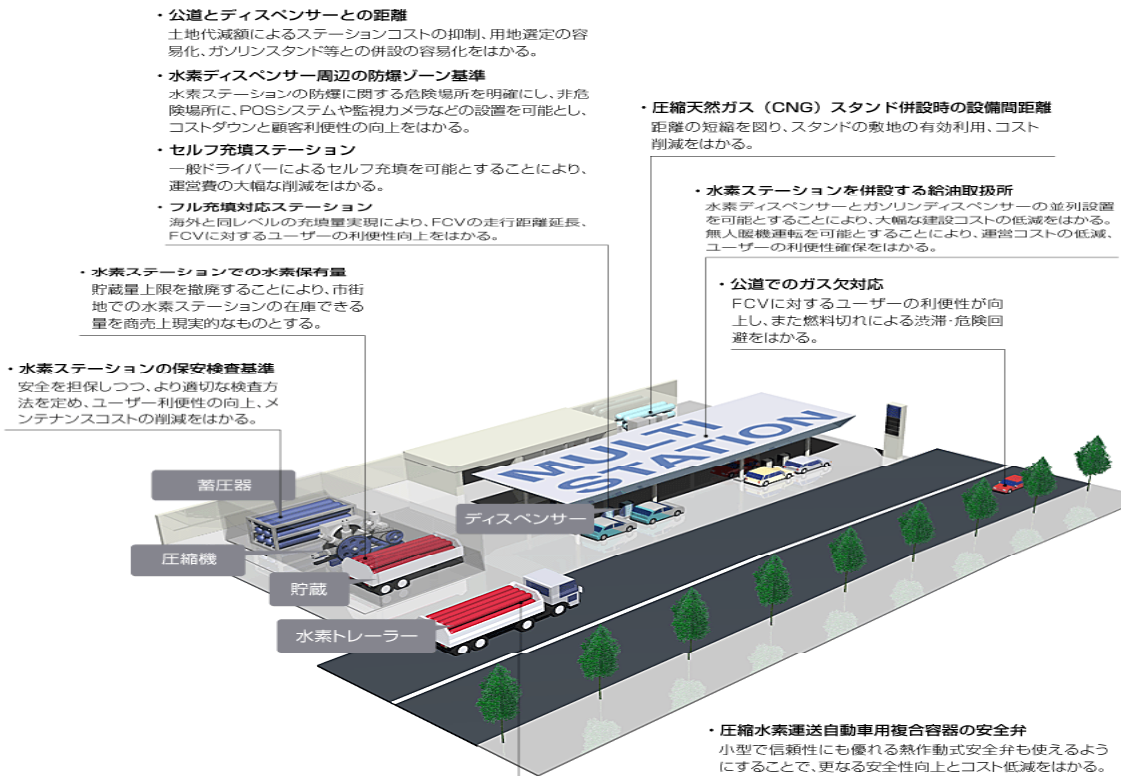


【検討体制】

規制合理化検討委員会



【規制合理化検討項目】



2. 事業目標

2.1 CNGスタンド併設時の設備間距離に関する検討

CNGスタンドに水素ステーションの併設を容易とするCNGスタンドに関する技術基準の整備に資する資料や技術基準の検討案を作成する。

(目標)

平成23年度：現状整理を行い、検討項目を明確化し、拡散シミュレーションを検討する。
同時にリスク評価を開始する。

平成24年度：平成23年度の拡散シミュレーションやリスク評価を進め、それに基づく対応策を踏まえて、設備間距離に関する規定である一般高圧ガス保安規則第7条、第7条の3およびそれらに付随する例示基準に関する技術基準の検討案を作成する。

2.2 水素ステーションの保安検査基準に関する検討

特定圧縮水素スタンド（40MPa 水素ステーション）の保安検査に関して、より合理的な保安検査基準検討案および定期自主検査指針検討案を作成する。

(目標)

平成23年度：保安検査基準の検討案および、定期自主検査指針の検討案を作成する。

2.3 圧縮水素運送自動車用複合容器の安全弁に関する検討

事業者の選択肢の幅を広げ、かつ適切な安全弁の選択を可能にするため、ガラス球式安全弁の各種実験（作動信頼性・再現性・耐久性等）による安全性検証を行い、それを基に、技術基準の整備に資する資料および、技術基準の検討案を作成する。

(目標)

平成23年度：

- ・ガラス球式安全弁の安全性を検証するための実験データを取得する。
- ・実験データの収集・解析結果から、ガラス球式安全弁を使用する場合の安全性について検討する。
- ・技術基準の整備に資する資料および、技術基準の検討案を作成する。

2.4 水素ステーションを併設する給油取扱所に関する検討

ガソリンディスペンサーと水素ディスペンサーの並列設置を可能とするため、ディスペンサー相互の事故影響、ガソリン・水素の漏えい・火災によるFCV等への影響や安全性確保に向けたレイアウト等の検討を行い、検討結果を消防庁に報告する。また、石油系原料を用いる改質器の無人暖機運転を可能とするため、想定される事故を防止する対策や発災時の迅速な対応を可能とする体制等を検討し、無人暖機運転に関する技術基準の整備に資する資料を作成し、消防庁に報告する。

(目標)

平成23年度：

並列設置については、ディスペンサー相互の事故影響やFCV等およびガソリン自動車への影響を検討の上、必要な安全対策（レイアウト等）を立案し、検討結果を消防庁に報告する。また、無人暖機運転時については、想定される事故・トラブルに対する安全対策を立案し、技術基準の整備に資する資料を作成し、消防庁に報告する。

2.5 公道とディスペンサーの離隔距離に関する検討

限られた敷地面積を有効に活用するために、安全性を確保した上で離隔距離を短縮する障壁等の措置に関して検討を行う。また、検討に当たっては、海外における規制の考え方、離隔距離設定方法について調査する。これら検討の結果として、公道とディスペンサーの離隔距離の緩和措置に関する一般高圧ガス保安規則第7条の3に係る技術基準の整備に資する資料および技術基準の検討案を作成する。さらに、海外基準における離隔距離設定の方法や根拠を調査し、離隔距離短縮に資する資料を作成する。

(目標)

平成23年度：公道とディスペンサーの離隔距離を緩和する具体的方策を特定し、技術基準の検討案を作成する。

平成24年度：保安課による技術基準案の審査に応じてシミュレーション・実験等を行い、データを取得する。海外調査を継続し、離隔距離短縮に資する資料を作成する。

2.6 セルフ充電式ステーションに関する検討

一般ユーザーがセルフ充電できるよう、関係する法令等を体系的に調査・整理し、安全対策の検討、海外の状況の把握および比較、幅広いユーザーが容易に充電可能な機器や作業検討を行い、設備仕様および運用方法に関する技術や運用指針の整備に資する資料や、技術および運用指針の検討案を作成する。

(目標)

平成23年度：海外のセルフ水素ステーションの現状把握等を行い、そのイメージを明確化し危険要因の抽出・分析を行う。

平成24年度：平成23年度で抽出された危険要因に対する安全な充電方法、安全な充電システムを検討し、セルフ充電を行うための必要な安全対策および必要要件に関する資料や設備面での技術指針の検討案を作成する。

2.7 ディスペンサー周辺の防爆ゾーン基準に関する検討

海外の危険場所設定の検証、水素放出量の調査等により、ディスペンサー周辺における適切な危険場所設定を検討し、厚生労働省の通達（平成20年9月25日）に基づき民間自主基準

を作成する。

注) 現在わが国には、水素ステーションに関し、防爆電気機器を設置すべき危険場所を具体的に定めた厚生労働省の基準はないため、民間自主基準を作成する必要がある。

(目標)

平成23年度：水素ステーションに電気機器を設置する場合、設置場所に応じた適切な防爆構造を調査、検討する。

平成24年度：平成23年度の調査、検討に基づき民間自主基準を作成する。

2.8 公道でのガス欠対応のための水素充てんに関する検討

公道でのガス欠に対応できる状況を確認するため、対応が円滑に実施されているガソリン車等の先行例・法令等を調査し、ガス欠したFCV等に公道で水素を充てんする場合の安全な対処方法（水素充てんの場所、使用装置等）や確保すべき救援体制など安全な対処方法や関連法令について検討する。この検討結果を基に、公道充てんが実施できる必要要件を取りまとめる。

なお、日本自動車連盟等有識者からガス欠対応方法や法規制（液化石油ガス保安規則、消防法、道路法、道路運送車両法他）について、ヒヤリングする。

(目標)

平成23年度：公道でのガス欠対応のため、水素充てんするために必要な安全対策を抽出する。

平成24年度：公道充てんのための設備仕様および充てん方法等、安全対策の必要要件を取りまとめる。

2.9 フル充てんに対応した水素ステーションに関する検討

本検討においては、別途実施される「フル充てんに対応した車載容器に関する規制見直し検討（容器保安規則）」と歩調を合わせ、フル充てんに対応した水素ステーションに関連する安全性評価検討を行う。一般高圧ガス保安規則および同例示基準の見直しに資する資料や技術基準の検討案を作成する。これにより、より多くの水素を安全にFCV等に充てんすることができるフル充てんを可能とする。なお、今回の研究開発では、FCV等車載容器のNWPを超え82MPa*を上限とする圧力まで、通信充てんおよび非通信充てんにより水素を充てんする方式について検討する。

* 70MPa充てん対応水素ステーション一般高圧ガス保安規則および同例示基準見直し案（本年度高圧ガス保安協会にて審査予定）における水素ステーションの常用圧力。

本検討の推進にあたっては、関連する他のNEDO事業と密接に連携し、他事業で実施する実験データ等の成果を取り込み、効率的な事業推進をはかる。

(目標)

平成23年度：検討のベースとする水素ステーションの設備構成と設備仕様を決定する

と共に、想定事故検討、安全対策検討を開始する。

平成24年度：フル充電に関わる一般高圧ガス保安規則第7条の3および、同例示基準の見直しに資する資料や技術基準の検討案を作成する。

2.10 水素ステーションでの水素保有量に関する検討

現行の建築基準法で定められた水素貯蔵量では、FCV普及時の商用水素ステーションの貯蔵量として大幅に不足するため、貯蔵量の増加が必要である。規定の水素貯蔵量を超えて、水素を貯蔵する水素ステーションの許可制運用の実例として、既存の水素ステーションの貯蔵量増加にかかわる地方自治体への許可申請、公聴会（或いは建築審査会）等の手続きを行う。そのために、高圧ガス保安法、道路運送車両法等に適合した水素トレーラー開発と製作を行い、安全を確保した上で、実際に高圧水素トレーラーで水素を運搬し、水素ステーションでの貯蔵等必要な実証を行う。

（目標）

平成23年度：

- ・水素トレーラー留め置きによる水素貯蔵方式で、水素貯蔵量が規制値を超える水素ステーションの建築基準法の個別許可取得に必要な資料の作成を行い、行政庁および建築審査会への事前説明を実施する。
- ・35MPa級複合容器搭載水素トレーラー（プロトタイプ）を設計、製作する。

平成24年度：

- ・35MPa級複合容器水素トレーラー運用による水素輸送・貯蔵を検証し運用実績を蓄積する。
- ・45MPa級複合容器搭載水素トレーラーの開発と運用に資するデザインレビューを行う。
- ・上記35MPa級複合容器水素トレーラーの運用を前提とした、水素貯蔵量が規制値を超える水素ステーションの建築基準法の個別許可の取得により、許可事例をつくる。

2.11 プレクール設備冷凍機の保安距離短縮に関する検討

冷凍機に関する関連法令の整理・検討を実施するとともに、プレクール設備の冷凍機に関する安全性検討を実施し、必要な保安距離に関する技術的検討を行う。これら検討結果をもとに、冷凍機圧縮機の保安距離を、他の水素ステーション設備における敷地境界距離と同等程度まで短縮する技術基準の検討案を作成する。

（目標）

平成24年度：プレクール設備冷凍機に関わる一般高圧ガス保安規則第7条の3の見直しに資する資料や技術基準の検討案を作成する。

2.12 複合容器蓄圧器の設置等基準に関する検討

複合容器蓄圧器は鋼製蓄圧器と比較して、使用材料や設計方法が大きく異なり、かつ使

用実績も無いため、現状では水素ステーションへの設置が認められていない。そのため、複合容器蓄圧器と鋼製蓄圧器を比較し、複合容器蓄圧器に必要となる安全対策を海外調査の結果も踏まえ検討する。その検討結果をもとに、複合容器蓄圧器を水素ステーションに設置することを可能とする技術基準の検討案を作成する。

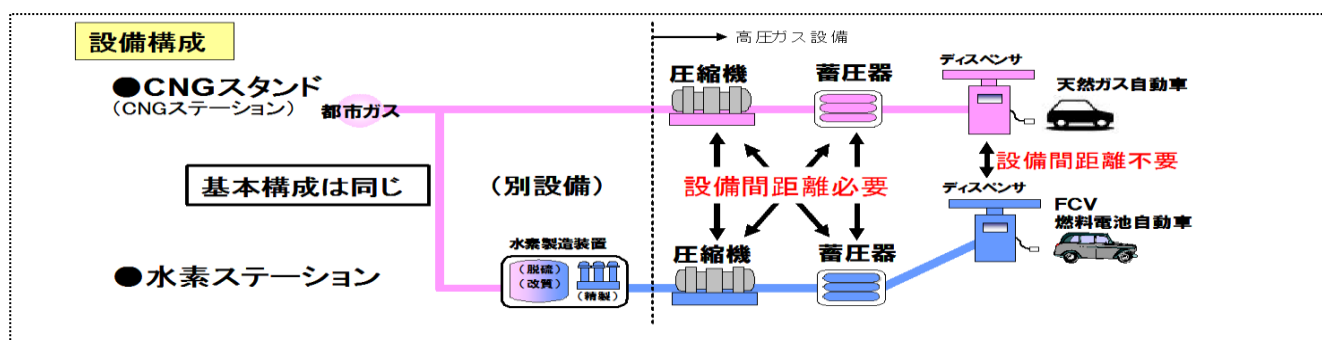
(目標)

平成24年度：複合容器蓄圧器に関わる一般高圧ガス保安規則第7条の3の見直しに資する資料や技術基準の検討案を作成する。

3. 事業成果

3.1 CNG スタンド併設時の設備間距離に関する検討

CNG スタンドに水素ステーションを併設する場合に、併設することによる事故発生リスクとその要因をこれまでの事故事例等を踏まえて検証し、両者の設備間距離を短縮することによる事故発生リスクの増加を抑制するための措置として本研究では障壁の設置について検討しており、事故発生シナリオとガス流動及び着火時の挙動に関するシミュレーション等を活用し、安全性および事故時の対応を検討して、技術基準の検討案を作成しており、年度内に完成する見込みである。



- ・ 現行の基準における CNG スタンドおよび水素ステーションに関する距離規定の調査を行い、火炎長、輻射強度、漏洩拡散の状況等を考慮して保安距離等を規定していることがわかった。
- ・ 天然ガスおよび水素の物性について整理を行い、両者の物理的及び化学的性質に大きく異なる部分がないことがわかった。
- ・ CNG スタンド及び水素ステーションにおいて火災が発生した場合には、漏えいが安全に停止されない限り消火しないことや火災の輻射熱による周辺設備の温度の上昇を防止する措置がとられ、CNG スタンド及び水素ステーションでは消火方法に大きく相違が無い事がわかった。
- ・ CNG スタンド及び水素ステーションそれぞれにおける事故の分析を行い、双方ともに動機器に関する事故事例が多くなっており、事故の主原因は CNG スタンドでは経年劣化、水素ステーションでは製品不良や保全不良による事例が最も多くなって

ることがわかった。

- ・ CNGスタンドと水素ステーションの事故シナリオを作成しリスクランクを算定したが、水素ステーション特有の事例として、設備が高圧の水素環境下での運転となるため、水素脆化に起因する事故シナリオが洗い出された以外は同等の分析結果となり、双方ともにリスクが高いと評価された事故シナリオは存在しなかった。
- ・ 同様に現行基準における CNG スタンドと水素ステーションを併設した際のリスク評価を行うとともに、設備間に障壁を設置して設備間距離 6m を短縮した場合のリスク評価を行い、現行基準と同等以上の安全性を持っていることについて確認を実施している。
- ・ CNGスタンドと水素ステーションを併設する際にモデルとなるレイアウトを作成して、解析対象内の天然ガスおよび水素の拡散・燃焼挙動についてシミュレーションを行い、輻射熱等による設備への影響を考慮した設備から壁までの距離および壁の高さ等について検討を行い、短縮可能な設備間距離について検討を実施している。
- ・ 以上の検討を元にして、一般高圧ガス保安規則第 7 条、第 7 条の 3 およびそれらに付随する例示基準に関する技術基準案を作成して、本事業は今年度中に終了する見込みである。

3.2 水素ステーションの保安検査基準に関する検討

水素ステーションの保安検査項目および検査方法が定められている一般則別表 3 の記載内容を参考に、特定圧縮水素スタンドの保安検査基準の検討案および定期自主検査指針の検討案を作成した。この中で、高圧ガス設備の耐圧性能・強度については、過去の破壊検査・材料評価試験・超音波検査などの結果を調査し、非破壊検査方法として、超音波探傷検査を採用することにより、蓄圧器の開放検査を不要とした。

【保安検査基準（抜粋）】

4.3 高圧ガス設備の耐圧性能及び強度*¹

別表 3：高圧ガス設備の耐圧性能及び強度に係る検査は、耐圧性能及び強度に支障を及ぼす摩耗、劣化損傷その他の異常がないことを目視及び非破壊検査（肉厚測定を含む。）により検査する。

【検査方法】

高圧ガス設備の耐圧性能・強度に係る検査は、耐圧性能・強度に支障を及ぼす減肉、劣化損傷、その他の異常がないことを目視検査及び非破壊検査（肉厚測定を含む。）により確認する。

（2-2）非破壊検査（磁粉探傷試験、浸透探傷試験、超音波探傷試験、放射線透過試験及び渦流探傷試験等、ただし、蓄圧器にあつては超音波探傷試験とする。）は、当該高圧ガス設備の減肉、劣化損傷の検出に対して適切な検査方法を選定して行う。

【対応規則条項】

一般則：第 6 条第 1 項第 1 1 号・1 3 号、第 7 条の 3 第 1 項第 1 号（準用）、第 7 条の 3 第 2 項第 1 号（準用）

コンビ則：第 5 条第 1 項第 1 7 号・1 9 号、第 7 条の 3 第 1 項第 1 号（準用）、第 7 条の 3 第 2 項第 1 号（準用）

【（1）目視検査*²】

圧縮水素ガススタンドに係る高圧ガス設備の外部について、1 年に 1 回目視検査を行う。

なお、弁類及び動機器にあつては、分解点検・整備のための開放時*³に目視検査を行う。

【(2) 非破壊検査】

(2-1) 肉厚測定

圧縮水素ガススタンドに係る高圧ガス設備にあつては、「(1) 目視検査」に定めるところにより、1年に1回外部について目視検査を行い、減肉、劣化損傷、その他の異常の有無を確認した結果、異常が認められた場合には、肉厚測定用器具を用いて肉厚測定を行う。

(2-2) 肉厚測定以外の非破壊検査

特定圧縮水素ガススタンドに係る蓄圧器にあつては、1年に1回外部から水素脆化による疲労割れ等の進展について超音波探傷試験により内部の状況を確認する。^{*4}

又、特定圧縮水素ガススタンドに係る高圧ガス設備の溶接部（高圧ガス配管や圧縮機の付属機器等の溶接部）にあつては、「(1) 目視検査」に定めるところにより、1年に1回外部の減肉、劣化損傷、その他の異常の有無を確認した結果、異常が認められた場合には、非破壊検査を行う。

3.3 圧縮水素運送自動車用複合容器の安全弁に関する検討

圧縮水素運送自動車用複合容器に取り付けることが出来る安全弁の形式を溶栓式に限定している現行の技術基準（JIGA-T-S/13/04）を元に、現行の検査項目のガラス球式への適用の可否に加え、ガラス球式の構造上の特徴に基づく固有の検査項目として落下試験の採用を検討した。検査項目の選定に当たっては、ガラス球安全弁を用いた確認試験を実施した。

その結果、現行の技術基準で規定されている検査項目に加え、新たにガラス球式安全弁固有の検査項目として落下試験を追加した技術基準の検討案を作成した。



ガラス球式安全弁の外形（一例）

【技術基準(案)抜粋】

(設計確認試験における安全弁落下試験)

第4条の2 ガラス球式安全弁は、同一の型式から採取した5個の安全弁について、次項から

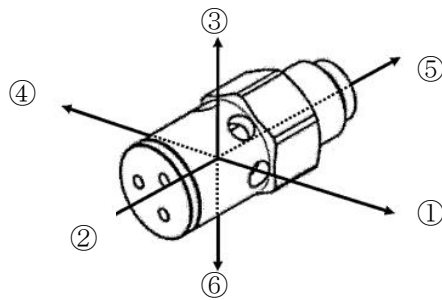
第5項に定めるところにより安全弁落下試験を行い、これに合格しなければならない。

また、安全弁が容器元弁等の附属品に組み込まれた一体構造で製作され、安全弁が取り外せないものについては、附属品一体で安全弁落下試験を行うことができる。

2 試験は、次の各号に定めるところに従って行うものとする。

(1) 安全弁の最低部が落下させる床面から1.8m以上の位置で保持した後、落下させる。

(2) 安全弁を次の図に示す6方向から落下させる。この場合、6方向からの自由落下を可能とする。

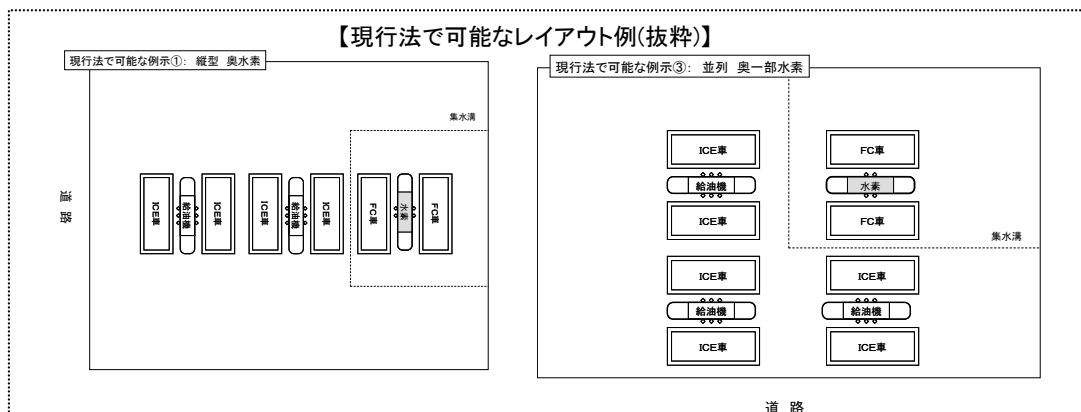


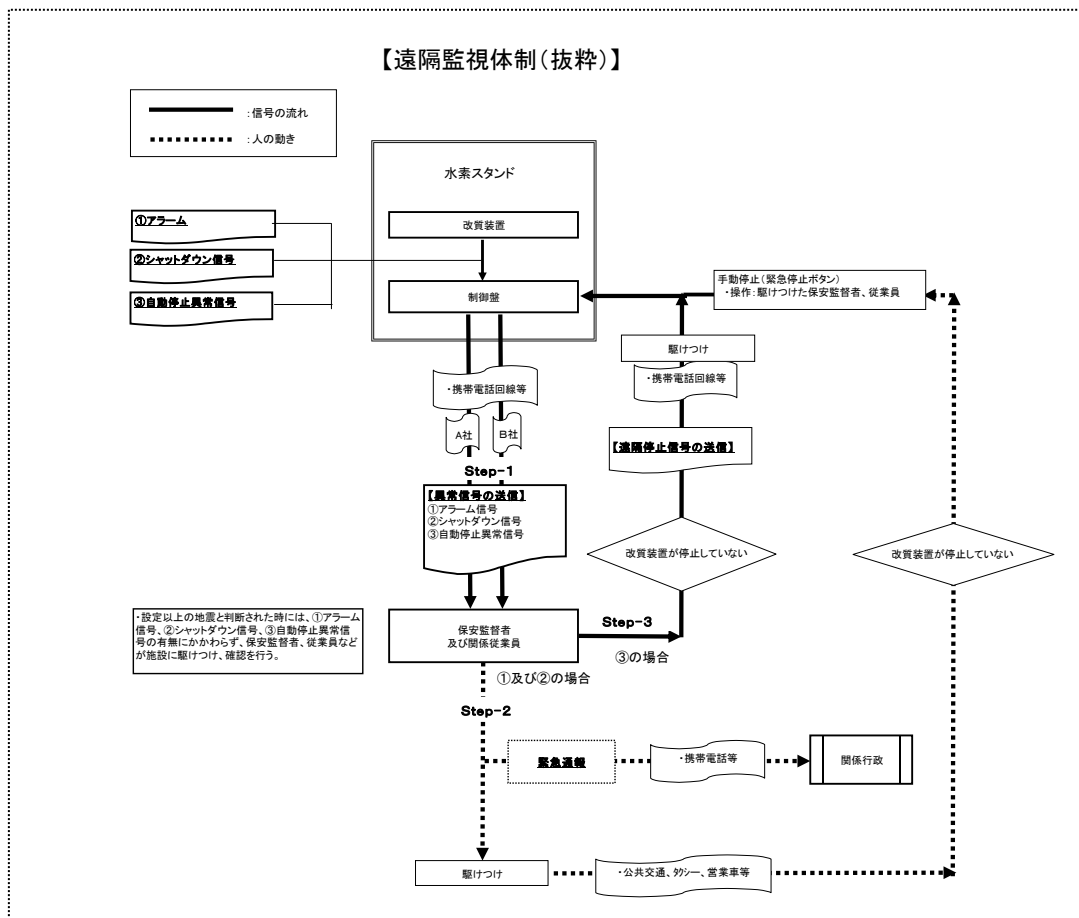
- (3) 落下させる床面は、平滑で水平なコンクリート、またはこれと同程度の堅固な水平面とする。
- (4) 安全弁は、次項と第 4 項に定める試験を行う上で、支障の無いように結合部を保護することができる。
- 3 安全弁は、前項に定める試験を実施した後、当該安全弁が装置される容器の気密試験圧力以上の圧力を加えることにより気密試験を行うものとする。
 - 4 安全弁は、第 2 項と前項に定める試験を実施した後、当該安全弁が装置される容器の耐圧試験圧力となる温度以下の温度を加えることにより作動試験を行うものとする。この場合、加圧状態にした安全弁を水、グリセリン又はシリコン油(以下「試験液」という。)に浸漬させ、試験液を攪拌しながら徐々に加熱することによって行う。この場合、試験液の温度が当該安全弁の作動温度に近い温度に達したときは、1分間以上3分間以下に温度が1℃上昇する割合で昇温させるものとする。
 - 5 試験は、安全弁に漏れ等がなく前項で規定する温度で作動するものを合格とする。

3.4 水素ステーションを併設する給油取扱所に関する検討

昨年度はディスペンサーの並列設置に必要な安全対策として、漏洩ガソリンが水素ディスペンサー側へ流入することを防止するための集油溝を設置すること、並びに無人暖機運転の安全対策として有資格者による遠隔監視体制を立案し、その検討結果の報告を消防庁に実施した。

その結果、水素ディスペンサーとガソリンディスペンサーの並列設置については、現行法で設置可能な圧縮水素充填設備設置給油取扱所のレイアウトの具体例が、石油系原料を用いる改質器の暖機運転については、遠隔監視体制を含む必要な安全対策が「危険物から水素を製造するための改質装置の遠隔監視に必要な安全対策のあり方」として纏められ、「圧縮水素充填設備設置給油取扱所の安全対策に係る検討報告書」(平成 24 年 3 月 23 日に公表)に示された。

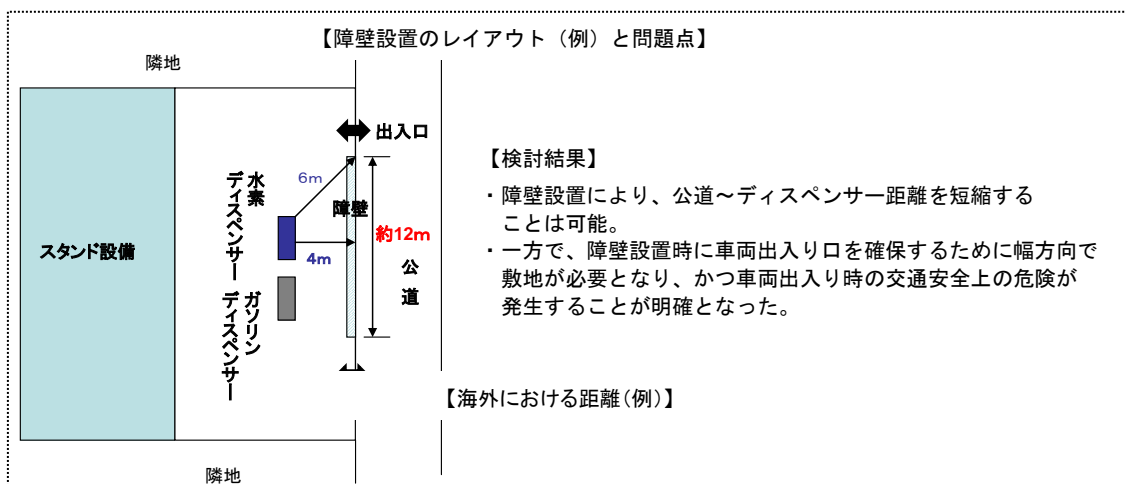




3.5 公道とディスプレイの離隔距離に関する検討

平成 23 年度には、障壁材料の候補材として透明で使い勝手の良いポリカーボネートについて調査・検討を行なったが、障壁材質として不燃性が必要となるため、当該材料の採用には至らなかった。そのため、現行例示基準で、敷地境界距離の緩和処置として認められている鋼板製・コンクリート製障壁を前提に、水素ステーションに障壁を設置した場合のレイアウト検討・安全性検討を実施し、技術の検討案を作成した。

また平成 24 年度は、海外基準における離隔距離決定方法の調査を実施することにより、離隔距離短縮に関する広範な知識を習得する計画であり、平成 25 年 2 月末までに完了する予定である。



	Safety Distances	
	公道～ディスペンサ	(参考) 高圧ガス設備～敷地境界
一般則7条の3第2項	6m	6m
ISO DIS 20100	5m ※1	5m ※2
NFPA52 (2010 edition)	3m (10ft) ※3	11.38m (35ft) ※4
VD-TUV Merkblatt 514	2m	規定無し

※1: ISO DIS 20100の14.2.2.3

※2: ISO DIS 20100の14.2.2.1.2、Table 2のCategory3,Complex system

※3: NFPA52(2010) Table9.3.1.4

※4: NFPA52(2010) Table9.3.1.3(b)。なお、2時間耐火防火壁により距離1/2に短縮可。

3.6 セルフ充てん式ステーションに関する検討

水素ガスのセルフ充てんに関する高圧ガス保安法の関連条項の整理、ガソリンのセルフ充てん開始時の消防法の改正内容の調査に加え、運用面では作業分析の実施、安全性についてはセルフ式ガソリンスタンドの事故事例の調査を実施した。その結果、法律面では事業所従業員以外の顧客による水素充てん作業の容認、および充てん容器への充てんガスの種類の確認方法などの課題を検討する必要性が明らかとなった。また作業面、安全面からは作業性の良い軽量な充てんノズルの必要性が明らかとなった。

今後これらの課題の解決策等を検討し、平成25年2月末までに、セルフ充てんを可能とするための必要要件を纏める予定である。

セルフ充填での課題と対応策(案): 抜粋

○: 防止(対応)可能なもの △: 一定の効果が期待できるもの

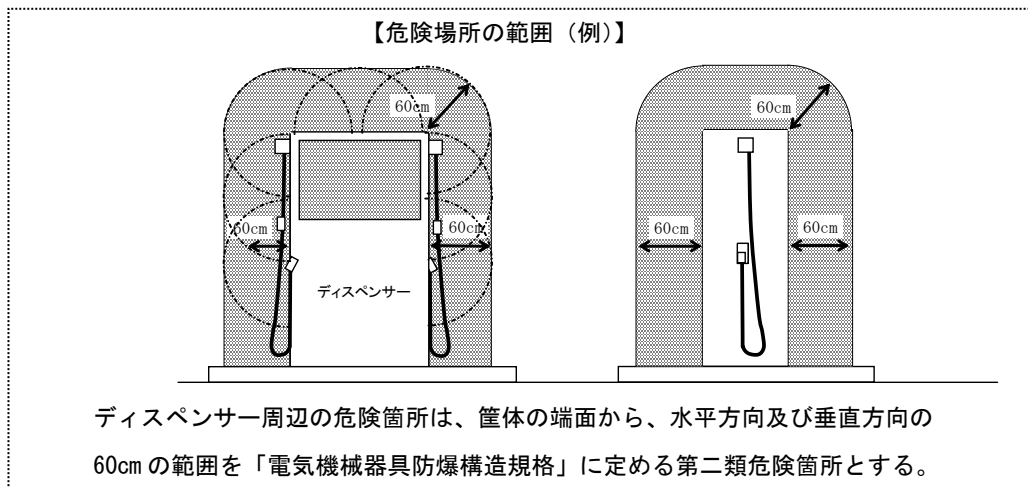
高圧ガス保安法関連での対策 消防法関連での対策	水素SSでの対策										セルフガソリンスタンドでの対策	使用方法・危険性説明の掲示 看板・停止位置の表示 人体の静電気除去 従業員による監視 車両防護柵 緊急離脱カブラ 日常点検 ノズル返却精算完了システム 課題となるものがない構造					
	水素漏洩検知器	火災検知器	感震計	過流防止弁	設備異常時のインターロック	圧力によるノズル形状	充填プロトコルによる制御	緊急停止ボタン	課題となるものがない構造	ノズル返却精算完了システム			日常点検	緊急離脱カブラ	車両防護柵	従業員による監視	人体の静電気除去
セルフ充填での課題																	
1. セルフ充填(製造)の許可																	課題
2. FCV容器の記載内容を遵守し充填																	
充填可能期間を過ぎたものに充填しない																	△
充填すべき圧力						○	○										△
3. セルフ客への教育、従業員の責務																	
危害予防規程を定めセルフ客に遵守させる																	課題
保安教育を実施する。																	課題
4. 適切な方法での充填																	
喫煙(火気)使用の注意													○				△
ノズルを落として傷つける																	△
ノズルが重くて、操作できない																	課題
5. 異常発生時の適切な対応																	
設備の水素漏洩	○			△	○				△					○			
ロックが解除できず、ノズルが外れない														○			
地震発生			○		○									○			
火災		○			○									○			
6. 車両の適切な誘導																	
貯槽・ガス設備・容器置場への衝突防止策													○			△	
フルサービス・セルフサービスの間違い防止																○	

3.7 ディスペンサー周辺の防爆ゾーン基準に関する検討

厚生労働省労働基準局長通達及び JISC60079-10:2008(爆発性雰囲気で使用使用する電気機器器具-第10部:危険箇所の分類)に示す危険箇所の区分と範囲を分類する設定手順に基づき、特定圧縮水素スタンドに設置するディスペンサーの周囲 60cm を第二類危険箇所に規定した民間自主基準案を作成した。

【ディスペンサー周辺の危険箇所の区分と範囲の設定手順(概要)】

- ステップ 1 放出源の放出等級を決定する。
- ステップ 2 危険箇所の区分と範囲に影響を与える要因(放出量や放出速度)の評価を行う。
- ステップ 3 換気度を決定する。
- ステップ 4 換気の有効度を決定する。
- ステップ 5 危険箇所の区分を決定する。
- ステップ 6 計算により範囲を決定する。



3.8 公道でのガス欠対応のための水素充てんに関する検討

高速道路におけるガス欠対応時の必要水素ガス量は、水素ポンペ1本（7m³）程度であること、さらにこの程度の水素ガス量ならば、充てん設備および充てん場所の安全を確保することにより、現行の高圧ガス保安法でも主要高速道路のサービスエリア、パーキングエリア、インターチェンジ事務所近傍などの安全を確保できる場所を事前に都道府県に届けることで、公道充てんが可能であることを確認した。

また一般道でのガス欠時の対応策、充てん設備仕様の検討を実施中であり、平成25年2月末までに、公道充てん実施の必要要件を取りまとめる予定である。

【国内高速道路の調査】

高速道路名	SA数	SS数	PA数	IC数	SA・SA間距離		PA・SA間距離		PA・SA・IC間距離	
					最長	平均	最長	平均	最長	平均
東北自動車道	12	15	41	42	99.1	53.9	24.2	16.1	17.6	7.2
関越自動車道	5	5	16	16	55.0	44.2	24.8	14.4	13.6	6.8
東名高速道路	6	6	22	23	67.0	51.0	23.0	15.2	15.6	7.0
名神高速道路	4	4	15	14	75.9	53.0	19.6	12.3	14.3	5.7
北陸自動車道	7	8	26	34	83.4	55.0	28.1	18.0	17.1	7.1
中国自動車道	9	9	30	27	73.6	54.2	24.9	17.6	22.1	8.2
山陽自動車道	8	8	21	31	64.7	50.9	38.0	19.4	18.0	7.0
九州自動車道	6	6	19	25	75.3	54.0	28.7	17.0	26.1	6.9
合計	62	61	210	240	-	-	-	-	-	-
首都高速	0	0	20	-	-	-	-	-	-	-

↓
99.1

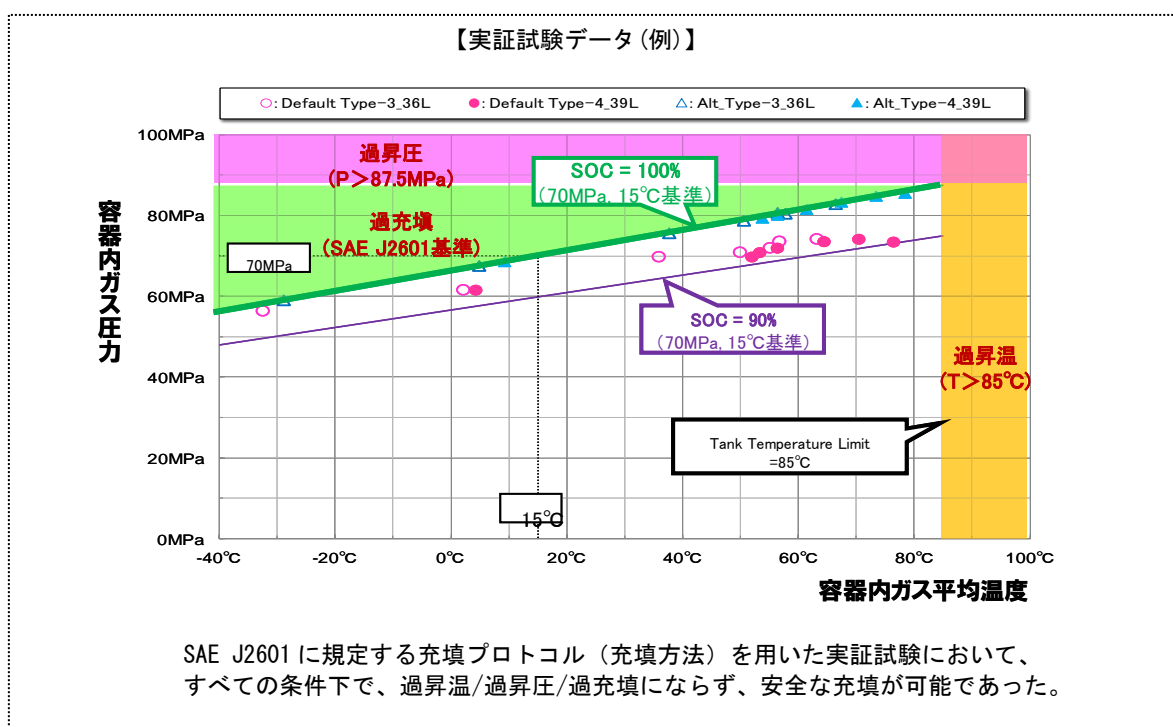
↓
38.0

↓
26.1

JAFのレスキュー方針を考慮すると、最長約30km・平均約10kmのレッカー移動後、SA・PA・ICの事務所付近など**安全な場所**で、レスキュー車両による給ガスを行うことが妥当。

3.9 フル充電に対応した水素ステーションに関する検討

平成 23 年度は関連する国際基準である SAE TIR J2601 に基づき、水素ステーションの設備構成、設備仕様、想定事故、および安全対策の検討を実施し、70MPa 水素スタンド技術基準案（省令、例示基準）にて対応可能であるとの見込みを得た。平成 24 年度は、さらに国際基準 SAE J2601、HFCV-gtr の検討状況を把握し、平成 25 年 2 月末までに技術基準見直しに資する資料を作成予定である。



3.10 水素ステーションでの水素保有量に関する検討

杉並水素ステーションは建築基準法により水素を 3,500m³ しか貯蔵することが出来ないため、この貯蔵量の制限を超えて水素を貯蔵するには、建築基準法の個別許可を得る必要がある。そこで、平成 23 年度は杉並区や建築審査会等に向けた技術資料や質疑応答集を作成し、杉並区・同建築審査会事前説明会・近隣住民への説明を実施した。

また、水素輸送用トレーラーに係る関連法規、技術基準に基づき、35MPa 級複合容器水素トレーラー（1,435m³）を設計・製作した。

平成 24 年度は水素貯蔵量の制限（3,500m³）内で 35MPa 級複合容器水素トレーラーを杉並水素ステーションに留置き、水素トレーラーによる水素輸送・貯蔵の実績をつくった。この実績を基に、水素貯蔵量の制限を超える個別許可申請を平成 25 年 2 月末までに行う予定である。

また、平成 23 年度の杉並区等への説明を踏まえ、個別許可取得のための技術資料および質疑応答集の改訂を実施し、個別許可取得に活用可能な汎用性の高い、建築審査会および

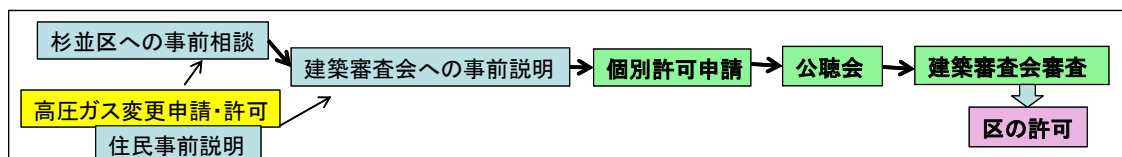
公聴会向けの技術資料を平成 25 年 2 月末までに作成する予定である。



35MPa トレーラー外観と内部容器



杉並 S T での規制値内運用



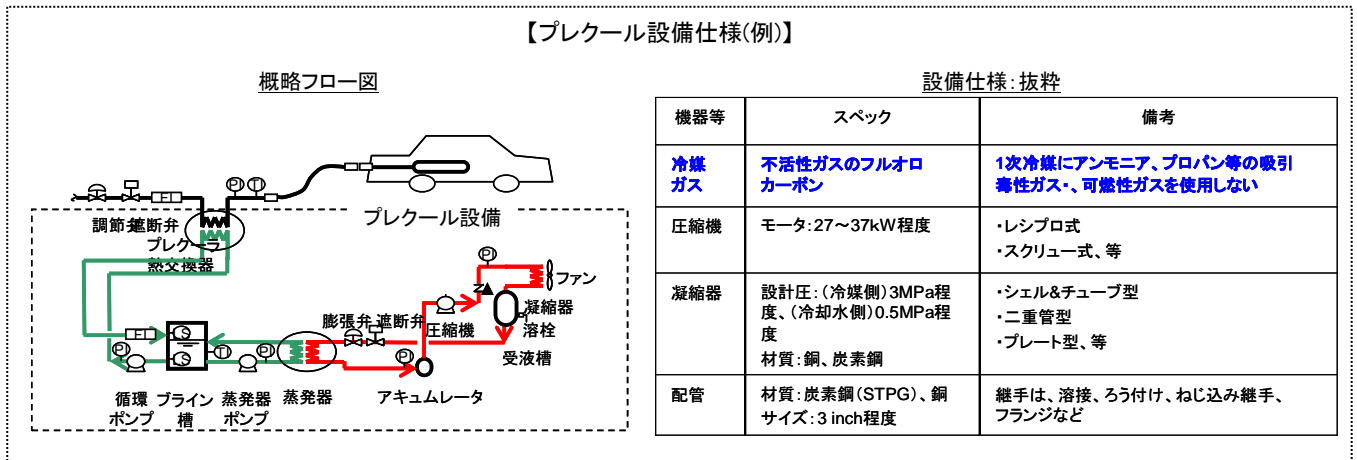
建築基準法の個別許可取得手順

3.11 プレクール設備冷凍機の保安距離短縮に関する検討

プレクール設備冷凍機に関する関連法令の整理・検討、冷凍機に係る事故事例調査、プレクール設備冷凍機の仕様を確認した。そのうち事故事例調査では、不活性ガスを冷媒に使用する冷凍機では不活性ガスの漏洩による酸欠事故が発生していることを把握した。

平成 25 年 2 月末までに、事故事例に加え想定事故に対する対応策の検討を実施し、その結果に基づき安全対策を検討し、プレクール設備冷凍機の保安距離を、同一敷地内の高圧ガス設備の保安距離（敷地境界距離）以下に短縮する技術基準の検討案を取り纏める予定である。

【プレクール設備仕様(例)】



3.12 複合容器蓄圧器の設置等基準に関する検討

複合容器蓄圧器の設計仕様を検討した結果、複合容器蓄圧器を水素ステーションへ設置するためには鋼製蓄圧器と同じく火災等による輻射熱への対策に加え、複合容器蓄圧器固有の紫外線による樹脂等の劣化、飛来物による損傷などへの対策が必要となる可能性を把握した。

平成 25 年 2 月末までに輻射熱、紫外線および飛来物等に対する対応策の検討結果に基づき、複合容器蓄圧器に必要な安全対策を検討し、複合容器蓄圧器を水素ステーションに設置することを可能とする技術基準の検討案を作成予定である。

【複合容器蓄圧器の概略設計仕様 (想定)】

- ・ 設計圧力 : 106MPa 以下
- ・ 設計圧力 : 最高 85℃ 最低-40℃
- ・ 構造 : フルラップ構造
- ・ 耐圧部材料 : 炭素繊維
- ・ 保護材料 : ガラス繊維
- ・ 樹脂材料 : エポキシ樹脂

4. まとめ及び課題

4.1 CNG スタンド併設時の設備間距離に関する検討

設備間に障壁を設置することによって、現行の設備間距離 6m よりも設備間距離が短縮された一般高圧ガス保安規則第 7 条、第 7 条の 3 およびそれらに付随する例示基準に関する技術基準案を平成 25 年 2 月末までに作成する予定である。

4.2 水素ステーションの保安検査基準に関する検討

一般則第 7 条の 3 に準拠しつつ、蓄圧器の耐圧性能・強度の検査方法に超音波探傷検査を採用することにより、蓄圧器の開放検査を不要とする特定圧縮水素スタンドの保安検査基準案および定期自主検査指針案を作成した。

4.3 圧縮水素運送自動車用複合容器の安全弁に関する検討

現状の溶栓式安全弁を対象とした技術基準(JIGA-TS/13/04)に、ガラス球式安全弁固有の落下試験項目を追加することにより、安全性を担保した上でガラス球式安全弁を使用可能とする技術基準案を作成した。

これによりガラス球式安全弁使用への道が開けた。

4.4 水素ステーションを併設する給油取扱所に関する検討

水素ディスペンサーとガソリンディスペンサーの並列設置については、現行法で設置可能な圧縮水素充填設備設置給油取扱所のレイアウトの具体例が、石油系原料を用いる改質器の暖機運転については、遠隔監視体制を含む必要な安全対策が「危険物から水素を製造するための改質装置の遠隔監視に必要な安全対策のあり方」として纏められ、「圧縮水素充填設備設置給油取扱所の安全対策に係る検討報告書」(平成24年3月23日に公表)に示された。

これにより、水素ディスペンサーとガソリンディスペンサーの並列設置、および石油系原料を用いる改質器の無人暖気運転が可能となった。

4.5 公道とディスペンサーの離隔距離に関する検討

公道とディスペンサーの離隔距離の緩和策として、鋼板製・コンクリート製の障壁を用いた技術基準の検討案を作成した。ただし、障壁設置は車の出入り時に歩行者が見えないなどの危険性を伴う可能性があるため、平成24年度は、海外基準における離隔距離決定方法の調査を実施することにより、離隔距離短縮に関する広範な知識を習得する計画であり、平成25年2月末までに終了予定である。

4.6 セルフ充てん式ステーションに関する検討

事業所従業員以外の顧客による水素充てん作業の容認、充てん容器への充てんガスの種類の確認方法、および軽量充てんノズルの必要性などの課題に対する解決策を検討すること

により、セルフ充てんを可能とするための必要な要件を平成 25 年 2 月末までに纏める予定である。

4.7 ディスペンサー周辺の防爆ゾーン基準に関する検討

ディスペンサー周辺60cmを第二類危険箇所に規定した「ディスペンサー周辺の防爆基準(案)」を作成した。

4.8 公道でのガス欠対応のための水素充てんに関する検討

高速道路におけるガス欠対応時の必要水素ガス量は、水素ボンベ1本(7m³)程度であり、充てん設備および充てん場所の安全を確保することにより、現行の高圧ガス保安法でも主要高速道路のサービスエリア、パーキングエリア、インターチェンジ事務所近傍などの場所を特定することで、公道充てんが可能であることを確認した。

また充てん設備仕様、充てん方法、および安全対策など、高速道路および一般道での充てんを可能とするための必要な要件を平成 25 年 2 月末までに取り纏める予定である。

4.9 フル充てんに対応した水素ステーションに関する検討

70MPa水素スタンド技術基準案(省令、例示基準)にて国際基準SAE TIR J2601には対応可能であるとの見込みを得たが、平成25年2月末までに国際基準SAE J2601、HFCV-gtrで採用される充填方法を反映した技術基準の見直しに資する資料を作成予定である。

4.10 水素ステーションでの水素保有量に関する検討

関連法令に適合した複合容器水素トレーラーを製作し、安全な水素トレーラーによる水素輸送、水素ステーションへ留置き、水素貯蔵実績をつくった。その実績をもとに、水素貯蔵量が規制値を超える水素ステーションの建築基準法の個別許可を平成 25 年 2 月末までに取得する予定である。

また、個別許可申請・取得に必要な建築審査会・公聴会向けの技術資料(安全対策、安全管理体制などを記載)および質疑応答集を、有識者の知見を得て平成 25 年 2 月末までに作成する予定である。

今後も貯蔵量の制限を超える個別許可取得の事例を更に蓄積するとともに、水素輸送・貯蔵技術の進展が必要である。

4.11 プレクール設備冷凍機の保安距離短縮に関する検討

事件事例に加え想定事故に対する対応策の検討を実施し、その結果に基づく安全対策を講じることにより、プレクール設備冷凍機の保安距離を、同一敷地内の高圧ガス設備の保安距離(敷地境界距離)以下に短縮する技術基準の検討案を、平成25年2月末までに作成する予定である。

4.12 複合容器蓄圧器の設置等基準に関する検討

火災による輻射熱、紫外線による樹脂等の劣化、および飛来物による損傷などへの安全対策を講じることにより、水素ステーションへの複合容器蓄合器の設置を可能とする技術基準の検討案を、平成 25 年 2 月末までに作成する予定である。

5. 実用化・事業化見通し

5.1 CNG スタンド併設時の設備間距離に関する検討

本事業で作成した、一般高圧ガス保安規則第 7 条、第 7 条の 3 およびそれらに付随する例示基準に関する技術基準の検討案を元に、平成 25 年度以降、経済産業省 原子力安全・保安院 保安課にて、省令や例示基準への取り込みについて検討される。

5.2 水素ステーションの保安検査基準に関する検討

本事業の成果を基に、平成 24 年度に民間自主基準である「保安検査基準（JPEC-S0001）」が制定される。さらに保安検査基準については経済産業省による審査にて安全性が確認された場合、保安検査告示にて保安検査の方法として指定される予定である。

5.3 圧縮水素運送自動車用複合容器の安全弁に関する検討

燃料電池自動車に関する熱作動式安全弁を含む国際調和の検討状況などの海外の検討状況も考慮し、平成 25 年度から民間が実施する現状の技術基準案の見直し作業の後、民間自主基準が制定される予定である。

5.4 水素ステーションを併設する給油取扱所に関する検討

消防庁が公表した「圧縮水素充填設備設置給油取扱所の安全対策に係る検討報告書」（平成 24 年 3 月 23 日に公表）、および危険物から水素を製造するための改質装置の遠隔監視に必要な安全対策について」（平成 24 年 5 月 23 日、消防危第 140 号）に関する通知に基づき、平成 24 年度以降、水素ステーションでのガソリンと水素ディスペンスターの並列設置、および石油系原料を用いた改質装置の遠隔監視による無人暖気運転が実施可能となった。

5.5 公道とディスペンスターの離隔距離に関する検討

本事業の成果は、平成 25 年度から民間が継続して実施する公道・ディスペンスター離隔距離等の短縮に関わる検討に活用される予定である。

5.6 セルフ充てん式ステーションに関する検討

本事業の成果は、平成 25 年度以降の水素ステーションの普及状況を考慮しつつ、民間が実施するセルフ充てん式水素ステーションの実現に向けた将来の検討に活用される予定である。

5.7 ディスペンサー周辺の防爆ゾーン基準に関する検討

本事業の成果をもとに、平成 24 年度には民間自主基準である「ディスペンサー周辺の防爆基準（JPEG-S0004）」が制定された。その後、経済産業省により厚生労働省に当該基準の妥当性の確認が行われ、妥当性が確認された場合、都道府県に対して本基準の内容が周知される予定である。

5.8 公道でのガス欠対応のための水素充てんに関する検討

本事業の成果は、平成 25 年度から民間が継続して実施する実証試験含む検討に活用される予定である。

5.9 フル充てんに対応した水素ステーションに関する検討

本事業の成果をもとに、平成 25 年度に高圧ガス保安協会による技術的妥当性が評価され、その後経済産業省により安全性が確認された場合、省令・例示基準の見直しが行なわれる予定である。

5.10 水素ステーションでの水素保有量に関する検討

水素ステーションの水素貯蔵量の制限を超える個別許可を蓄積し、平成 25 年以降は国土交通省により政令改正等の必要な措置が講じられることにより、水素ステーションでの水素保有量が増加される予定。

5.11 プレクール設備冷凍機の保安距離短縮に関する検討

本事業の成果をもとに、平成 25 年度に高圧ガス保安協会にて技術的妥当性が評価され、その後経済産業省により安全性が確認された場合、省令・例示基準の見直しが行なわれる予定である。

5.12 複合容器蓄圧器の設置等基準に関する検討

本事業の成果をもとに、平成 25 年度に高圧ガス保安協会にて技術的妥当性が評価され、その後経済産業省にて安全性が確認された場合、省令・例示基準の見直しが行なわれる予定である。

燃料電池自動車・水素ステーション普及開始に向けた 規制の再点検に係る工程表の作成について

2010年12月

1. 目的

水素エネルギーは、利用段階ではCO₂を排出しない低炭素型のエネルギー媒体であり、今後、民生・産業部門の分散型電源システムや輸送用途の有力なエネルギー源の一つとして一層の活用が期待される。2010年6月に閣議決定されたエネルギー基本計画においては、国は、燃料電池自動車について、2015年からの普及開始に向け、水素ステーション等の水素供給インフラの整備支援を推進することとしている。

燃料電池自動車の本格的普及のためには、燃料電池自動車用水素ステーション等の水素供給インフラの整備コストを大幅に下げることが必要である。このため、高圧ガス保安法に定める圧力容器の設計基準、使用可能鋼材の制約等の規制への対応が課題となっている。こうした点を踏まえ、関係省庁は、安全確保を前提に、技術の進展に合わせた燃料電池に係る規制の再点検を行うこととした。

2. 検討の経緯

燃料電池の実用化に関して、「燃料電池実用化に関する関係省庁連絡会議」が2002年に設置され、事業者団体からの規制再点検に係る要望項目について、再点検の道筋を取りまとめた。これに従い、2005年に、燃料電池自動車の今後の普及を見込み、40MPa以下の圧縮水素を充填するための特定圧縮水素スタンドに係る基準として、高圧ガス保安法一般則第7条の3が追加された。また、当該特定圧縮水素スタンドを給油取扱所内に設置するための基準として、危険物の規制に関する政令第17条第3項第5号の追加等が行われた。さらに、用途地域による立地規制の緩和に係る建築基準法施行令の改正が行われた。

その後、2009年3月に発足した行政刷新会議規制・制度改革に関する分科会（以下、分科会という。）において、国民生活や経済活動に影響を与える規制・制度について見直しの検討が行われ、その結果、「規制・制度改革に係る対処方針（2010年6月18日閣議決定）」において、2010年中に水素ステーションに係る規制の再点検及びその結果を踏まえた対応について今後の具体的な工程表を作成することが決定された。

当該決定を踏まえ、関係省庁は事業者団体等からのヒアリングを行い、関係者との協議を行って、規制の再点検に係る工程表を別紙のようにとりまとめた。

3. 工程表を作成した検討項目

具体的には、2015年の燃料電池自動車・水素ステーションの普及開始に向けて、以下の16項目について、工程表を作成した。

<工程表に盛り込まれた項目>

1. 70MPa水素スタンドに対応した技術上の基準や例示基準の整備
2. CNGスタンドとの併設をより容易にするための設備間距離規制の緩和
3. 保安検査の簡略化に向けた保安検査基準の策定と保安検査方法告示での指定
4. 市街地における水素保有量の増加
5. 設計係数の低い特定設備、配管等の技術基準適合手続の簡略化
6. 例示基準に記載された使用可能鋼材の拡大
7. 圧縮水素運送自動車用複合容器の最高充填圧力引上げ（35MPa→45MPa程度）のための例示基準の改正
8. 圧縮水素運送自動車用複合容器の安全弁に熱作動式安全弁（ガラス球式）を追加するための附属品の例示基準の改正
9. 圧縮水素運送自動車用複合容器・附属品に対する刻印方式の特例の創設
10. 水素スタンド蓄圧器への複合容器使用に向けた技術基準適合手続の簡略化
11. 水素ステーション併設に係る給油取扱所の規制の合理化
12. 公道とディスペンサーとの距離に係る障壁等の代替措置の創設
13. セルフ充填式水素スタンド実現に向けた高圧ガス製造の許可を受けた者以外による水素の充填行為の許容
14. 水素ディスペンサー周辺の防爆ゾーン基準の明確化
15. 公道でのガス欠対応のための充填場所の確保
16. フル充填に向けた最高充填圧力の変更と例示基準の改正

4. 工程表のフォローアップについて

今回作成された工程表について、関係省庁は毎年フォローアップを行い、進捗状況により見直しを行うものとする。

● 規制の再点検に係る工程表 2015年の燃料電池自動車・水素ステーションの普及開始に向けて、実施すべき事項

	法令名	関係省庁	検討事項	再点検実施スケジュール		
				2011年度	2012年度	2013年度以降
1	高圧ガス保安法	経済産業省	70MPa水素スタンドに対応した技術上の基準や例示基準の整備	<p>→</p> <p>・2011年度: 高圧ガス保安協会は、水素供給関連事業者を含む民間団体等(以下、「民間団体等」)が作成した70MPa基準(省令・例示基準案)について、経済産業省の調査研究事業等を活用し、安全性評価・適合性評価を実施する。</p>	<p>→</p> <p>・2012年度: 経済産業省は、高圧ガス保安協会の評価結果及び他の規制見直し項目の見直し結果を受けて、安全性が確認された場合、省令及び例示基準の改正を行う。</p>	
2	高圧ガス保安法	経済産業省	CNGスタンドとの併設をより容易にするための設備間距離規制の緩和	<p>→</p> <p>・2012年度まで: 民間団体等は、高圧ガス保安協会の助言を得て、CNGスタンドと水素スタンドの併設における設備間距離を緩和することについて有識者検討会議を実施し、安全性の担保に係る考えを整理・検討・評価し、結論を得る。 加えて、必要に応じて、民間団体等は、CNGスタンドと水素スタンドの併設における設備間距離を緩和することについて、大臣特認の手続きを行う。</p>	<p>→</p>	<p>→</p> <p>・2013年度以降: 経済産業省は、大臣特認の実績や、有識者検討会議の検討結果を踏まえ、省令及び例示基準へのとりこみの可否について検討を行う。</p>
3	高圧ガス保安法	経済産業省	保安検査の簡略化に向けた保安検査基準の策定と保安検査方法告示での指定	<p>→</p> <p>・2011年度: 民間団体等は、高圧ガス保安協会の参画を得て、特定圧縮水素スタンドに係る保安検査基準を作成する。</p>	<p>→</p> <p>・2012年度: 経済産業省は、作成された保安検査基準を審査し、安全性が確認された場合、保安検査告示にて保安検査の方法として指定する。その際、一般高圧ガス保安規則別表3及びコンビート等保安規則別表4の該当部分を削除する。</p>	
4	建築基準法	国土交通省	市街地における水素保有量の増加	<p>→</p> <p>・2010年度: 国土交通省は、建築基準法の圧縮水素の貯蔵量規制について、安全性に関する検討を行い、合理的な水素貯蔵量の基準について、個別許可に係る技術的助言を行う。</p> <p>→</p> <p>・2011年度以降: 民間団体等は個別許可により、圧縮水素の貯蔵量の規制値を超えた水素スタンドの建設を行う。</p>	<p>→</p> <p>→</p> <p>・2012年度: 国土交通省は、水素スタンドの建設に係る個別許可事例の蓄積を踏まえ、規制の合理化等について検証を行い、結論を得る。</p>	<p>→</p> <p>・2013年度以降: 国土交通省は、必要に応じて、2012年度の検証結果及び更なる事例の蓄積・技術の進歩等を踏まえ、必要な措置を講ずる。</p>
5	高圧ガス保安法	経済産業省	設計係数の低い特定設備、配管等の技術基準適合手続の簡略化	<p>→</p> <p>・2012年度まで: 民間団体等は、高圧ガス保安協会の参画を得つつ、経済産業省が実施する技術開発及び有識者検討会議の経過を踏まえて、設計係数の低い特定設備並びに配管等に係る民間基準案を作成する。加えて、民間団体等は当該基準案を見据えて大臣特認、配管等に係る事前評価の手続き等を行う。</p>	<p>→</p>	<p>→</p> <p>・2013年度: 高圧ガス保安協会は、経済産業省が実施する技術開発及び有識者検討会議の成果を踏まえて、KHKS0220(2004)超高圧ガス設備に関する基準の拡充(あるいは水素スタンド関係設備のための別の基準の策定)を行う。</p>
6	高圧ガス保安法	経済産業省	例示基準に記載された使用可能鋼材の拡大	<p>→</p> <p>・2012年度まで: 民間団体等は、高圧ガス保安協会の参画を得つつ、経済産業省が実施する技術開発及び有識者検討会議の経過を踏まえて、使用可能鋼材の拡大に係る民間基準を作成するとともに、当該基準に係る鋼種を拡大するための実験データを取得する。</p>	<p>→</p>	<p>→</p> <p>・2013年度: 高圧ガス保安協会は、当該民間基準について、技術基準への適合性評価を実施する。経済産業省は評価結果を受けて、安全性が確認された場合、例示基準の改正を行う。</p>
7	高圧ガス保安法	経済産業省	圧縮水素運送自動車用複合容器の最高充填圧力引上げ(35MPa→45MPa程度)のための例示基準の改正	<p>→</p> <p>・2011年度: 民間団体等は、高圧ガス保安協会の参画を得つつ、経済産業省が実施する技術開発及び有識者検討会議の経過を踏まえて、最高充填圧力45MPa程度の圧縮水素運送自動車用複合容器に係る民間基準を作成し、必要に応じて当該基準の安全性を検証するための実験データを取得する。</p>	<p>→</p> <p>・2012年度: 高圧ガス保安協会は、当該民間基準案について、技術基準への適合性評価を実施する。経済産業省は、評価結果を受けて、安全性が確認された場合、例示基準の改正を行う。</p>	

	法令名	関係省庁	検討事項	再点検実施スケジュール		
				2011年度	2012年度	2013年度以降
8	高圧ガス保安法	経済産業省	圧縮水素運送自動車用複合容器の安全弁に熱作動式安全弁(ガラス球式)を追加するための附属品の例示基準の改正	 <p>・2011年度:民間団体等は、経済産業省、高圧ガス保安協会の助言を得て有識者検討会議を実施し、圧縮水素運送自動車用複合容器の安全弁に熱作動式安全弁(ガラス球式)を用いる場合の安全性について検討する。民間団体等は、有識者検討会議における審議結果を反映させた民間基準を作成するとともに、必要に応じて当該基準の安全性を検証するための実験データを取得する。</p>	 <p>・2012年度:高圧ガス保安協会は、当該民間基準について、技術基準への適合性評価を実施する。経済産業省は、評価結果を受けて、安全性が確認された場合、例示基準の改正を行う。</p>	
9	高圧ガス保安法	経済産業省	圧縮水素運送自動車用複合容器・附属品に対する刻印方式の特例の創設	 <p>・2011年度上半期:経済産業省は、圧縮水素運送自動車用複合容器・附属品に対する刻印方式に係る問題点の把握、技術的検討及び評価を行い、安全性が確認された場合、省令・容器保安規則細目告示の改正を行う。</p>		
10	高圧ガス保安法	経済産業省	水素スタンド蓄圧器への複合容器使用に向けた技術基準適合手続の簡略化	 <p>・2012年度まで:民間団体等は、高圧ガス保安協会の参画を得つつ、経済産業省が実施する技術開発及び有識者検討会議の経過を踏まえて、水素スタンド蓄圧器への複合容器使用に係る民間基準案を作成するとともに、当該基準の安全性を検証するための実験データを取得する。</p>		 <p>・2013年度:高圧ガス保安協会は、経済産業省が実施する技術開発及び有識者検討会議を通じて得られたデータ等を基に、ASME Sec.X等を参考に基準を作成する。</p>
11	消防法	消防庁	水素ステーション併設に係る給油取扱所の規制の合理化	 <p>・2011年度:消防庁は、給油取扱所に70MPaの水素充てん設備を設置した水素ステーションを併設する場合に必要な安全対策等について、有識者検討会議を設置し、検討を行う。</p>	 <p>・2012年度:消防庁は、2011年度の検討結果を踏まえ、結論が得られた事項について必要な措置を講ずる。</p>	 <p>※今後、引き続き技術の進歩を見極めつつ、安全対策の確保を前提に、必要に応じて水素ステーション併設に係る給油取扱所の規制の合理化を図る。</p>
12	高圧ガス保安法	経済産業省	公道とディスプレイとの距離に係る障壁等の代替措置の創設	 <p>・2011年度:民間団体等は、経済産業省、高圧ガス保安協会の助言を得て有識者検討会議を実施し、公道とディスプレイとの距離に係る障壁等の代替措置についての研究及び当該代替措置の安全性を検証するための実験データの取得を行う。</p>	 <p>・2012年度:経済産業省は、データの安全性を検証、評価した上で、安全性が確認された場合、技術基準を整備(省令を改正)する。民間団体等は、必要があれば実験データの補強を行う。また、民間団体等は、民間基準を作成し、高圧ガス保安協会が当該民間基準について技術基準への適合性の評価を実施する。</p>	 <p>・2013年度:経済産業省は、評価結果を受けて、安全性が確認された場合、例示基準の改正を行う。</p>
13	高圧ガス保安法	経済産業省	セルフ充填式水素スタンド実現に向けた高圧ガス製造の許可を受けた者以外による水素の充填行為の許容	 <p>2012年度まで:民間団体等は、経済産業省、高圧ガス保安協会の助言を得て有識者検討会議を実施し、水素スタンドにおけるセルフ充填に必要な充てん者への教育、マニュアルを必要としない安全な充填手法、安全確保のためのシステム、設備、水素スタンドの稼働実績等の必要要件について検討し、データ取得・整理を行う。</p>		
14	高圧ガス保安法	経済産業省	水素ディスプレイ周辺の防爆ゾーン基準の明確化	 <p>・2011年度:経済産業省は、「高圧ガス保安法及び関係政省令の運用及び解釈について(内規)」における電気設備と火気に関する記述を追加し、各都道府県に通知する。民間団体等は、水素ディスプレイ周辺の防爆ゾーンに係る民間自主基準を作成する。</p>	 <p>・2012年度:経済産業省は、厚生労働省に当該自主基準の妥当性を確認し、妥当性が確認された場合、都道府県に対し、当該民間自主基準の内容について周知を行う。</p>	

	法令名	関係省庁	検討事項	再点検実施スケジュール		
				2011年度	2012年度	2013年度以降
15	高圧ガス保安法	経済産業省	公道でのガス欠対応のための充填場所の確保	<p>2011年度</p> <p>→</p>	<p>2012年度</p> <p>→</p>	
			<p>・2012年度まで：民間団体等は、経済産業省、高圧ガス保安協会の助言を得て有識者検討会議を実施し、公道でのガス欠に対応するために必要となる安全な水素充填方法について検討する。民間団体等は、有識者検討会議において必要とされた技術開発・安全性評価研究並びにガス欠対応のための所要の体制整備の検討等を行う。</p>			
16-1	高圧ガス保安法	経済産業省	フル充填に向けた最高充填圧力の変更と例示基準の改正【容器則関連】	<p>2011年度</p> <p>→</p>	<p>2012年度</p> <p>→</p>	<p>2013年度以降</p> <p>→</p>
			<p>・2011年度：民間団体等は、70MPa燃料電池自動車のタンクにフル充填するために、急速充填の安全性を検証するための実験データを取得する。</p>	<p>・2012年度：民間団体等は、民間基準（省令改正・例示基準案：最高充填圧力70MPa→75MPaへの引上げ、容器附属品の設計確認試験を含む）を作成する。民間団体等は、必要があれば、実験データの補強を行う。</p>	<p>・2013年度：高圧ガス保安協会は、当該民間基準について技術基準としての技術的妥当性に関する評価を実施する。経済産業省は、評価結果を受けて、安全性が確認された場合、省令及び例示基準の改正を行う。</p>	
16-2	高圧ガス保安法	経済産業省	フル充填に向けた最高充填圧力の変更と例示基準の改正【一般則関連】	<p>2011年度</p> <p>→</p>	<p>2012年度</p> <p>→</p>	<p>2013年度以降</p> <p>→</p>
			<p>・2011年度：民間団体等は、安全なフル充填の方策についての技術開発・安全性評価研究を実施し、安全性を検証するための実験データを取得する。</p>	<p>・2012年度：民間団体等は、実験データに基づく民間基準（省令・例示基準案）を作成する。民間団体等は、必要があれば、実験データの補強を行う。</p>	<p>・2013年度：高圧ガス保安協会は、当該民間基準について技術基準としての技術的妥当性の評価を実施する。経済産業省は、評価結果を受け、安全性が確認された場合、水素スタンドの常用圧力82MPaを上限とする省令及び例示基準の改正を行う。</p>	

※ 本工程表は、毎年度フォローアップを行い、進捗状況により見直しを行うものとする。特に、2015年に燃料電池自動車・水素ステーションの普及を開始するため、民間団体等は2012年度末に経営判断を行うこととしていることを鑑み、進捗に応じて随時前倒しを検討し、可能である場合は工程表の期限を待たずに取り組むものとする。

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

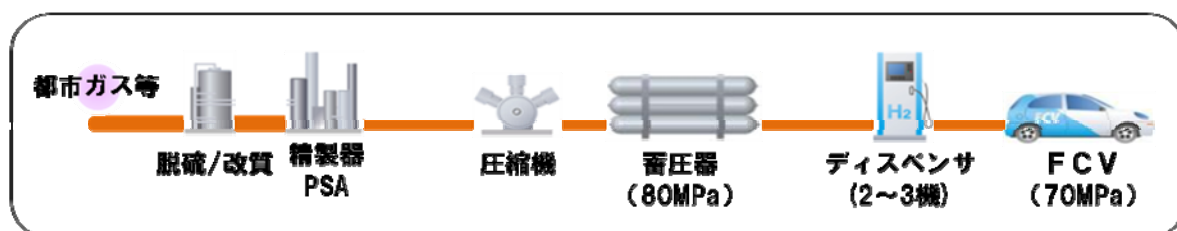
NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップでは、水素製造・輸送・供給技術について2015年頃、2020年頃、2030年頃の水素ステーションコスト、水素供給コストの目標をはじめ各要素機器の事業化に向けた課題を明確化している。また、水素貯蔵技術について水素貯蔵システムの重量密度・体積密度、容器コストの目標をはじめ、各種容器、水素貯蔵材料の事業化に向けた課題を明確化した。前述した燃料電池実用化推進協議会（FCCJ）が平成22年3月に発表した「FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ」において、2015年がFCVの一般ユーザー普及開始を目指す年と位置づけられている。さらに、特出すべき内容は2025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。

本事業で得られた成果として、70MPa級水素ステーション機器システム・要素技術の開発を行い、事業適用可能性の見通しが得られたこと、これにより設備コスト2億円以下を見通せる技術を確立できたことがあげられる。さらに、規制合理化に関する各種技術基準案、一般則例示基準案等を作成し、使用可能鋼材拡充に関して、一般則例示基準の改正の見込みが得られた。これらの成果より、70MPa商用水素ステーションの建設が可能となる。

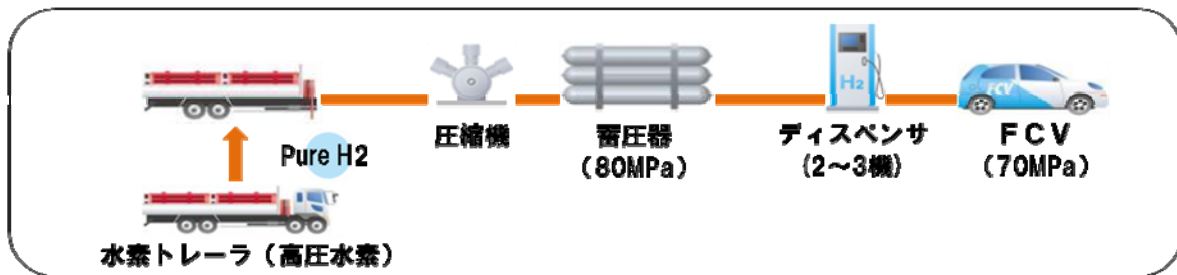
今後2025年水素ステーション1000ヶ所への拡大に向けては、更なる低コスト化が必要となるため、低コスト材料の開発や広温度範囲の材料評価技術確立や、使用鋼種拡大に関する規格化や蓄圧器の非解体検査化に取り組むことが重要と考えられる。

<実用化イメージ図>

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、ディスペンサーより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、ディスペンサーより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。

システム技術開発では、設備コスト2億円以下を見通せる技術を確立できた。

ただし、2025年水素ステーション1000ヶ所への拡大に向けては、更なる低コスト化が必要と考えられる。このため、更なる低コスト化に向け、材料開発や広温度範囲の材料評価技術確立に取り組むことが重要と考えられる。

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、緊急離脱カプラー、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。これら要素機器についても低コスト化や高耐久化に向けた開発を行ってきた。

要素技術開発についても、個別の性能目標を達成し、2億円/システムの達成可能性を提示することができた。以下を見通せる実用化、事業化の見通しと同様に進捗するものと考えられる。

ただし、Ⅰ「システム技術開発」と同様に2025年水素ステーション1000ヶ所への拡大に向けては、更なる低コスト化が必要と考えられる。このため、更なる低コスト化に向け、低コスト材料を使用した機器の耐久性評価等に取り組むことが重要と考えられる。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つのテーマがある。一つは次世代技術開発のテーマであり、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。

このような観点から、国際研究協力を含む国内外技術開発動向の調査、革新的な次世代技術の探索・有効性検証を行い、水素・燃料電池に係る国際関連機関の研究・政策動向を調査し、情報を産業界に展開した。

もう一つは、規制見直しや国際標準化に関するテーマであり、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。

このため、規制合理化に関する各種技術基準案、一般則例示基準案等を作成し、使用可能鋼材拡充において、一般則例示基準の改定の見込みを得た。また国際標準化については本事業の成果が水素燃料仕様、安全規格、性能規格に反映され、FCVの国際商品化、水素インフラの低コスト化等に貢献する見込みを得た。今後、2025年自立拡大開始に向けて、更なる低コスト化が必要であり、使用鋼種拡大に関する規格化、蓄圧器の非解体検査化等に取り組む必要があると考えられる。

添付－１：イノベーションプログラム基本計画

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ティア計画
- 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理、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胷遠心分離機の約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

TRU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TRU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。

添付ー２：プロジェクト基本計画

(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

新エネルギー部

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」という。)では、「水素安全利用等基盤技術開発事業」(平成15～19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17～21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18～24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。また平成22年度より、早期の水素供給インフラ市場立上げに資する低コスト材料開発、基準・標準化、規制見直しにも重点を置き、研究開発等を行う。

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、燃料電池自動車及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月及び平成23年3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、委託若しくは共同研究により実施する。

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。

加えて、平成22年度より強力なリーダーシップを有するプロジェクトリーダー(PL)を設置し、研究の運営管理の強化を図る。

(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PL及び委託先、共同研究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。さらに、各研究テーマの事業化シナリオを明確にしなが、集中と選択を行う等の運営を行う。

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、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。さらに、当該2事業及び「地域水素供給インフラ技術・社会実証」とは、PL間も含め、情報の共有化等を行う。

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項第一号二に基づき実施する。

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。

(5)平成23年3月、平成22年度に実施した中間評価を踏まえ、PLの設置、規制見直しへの更なる取組等を追記して改訂。

(6)平成23年7月7日、「石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律改正」に伴

う根拠法の変更による改定。

(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となる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。

なお、最終目標の達成に向けては追加的な基礎研究等が必要なことが判明したため、平成22年度末をもって中止とする。

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。

『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。

なお、最終目標の達成に向けては追加的な基礎研究等が必要なことが判明したため、平成22年度末をもって中止とする。

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及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 水素用機器に関する金属材料開発

- ・ 高強度、安価で、使いやすい新たな材料を開発
- ・ それら開発材料の基準化、標準化に必要な、材料物性データの取得
- ・ 材料の普及に必要な簡便材料評価法の開発
- ・ 実ステーションで長期使用した配管・バルブ類の解体調査(劣化の有無、程度を調査)

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

『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 %以上及び水素放出温度 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]

鋼種拡大：現在例示基準材として認められているSUS316L材、A6061-T6材に対して、より高強度、安価な材料を開発し、加えてそれら材料を基準・標準化していくための材料物性データを取得する。

『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。

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) 燃料電池自動車及び水素インフラに係る基準・標準化、規制見直しに資するデータ取得、解析・評価等

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)。

添付－３：技術戦略マップ
(分野別技術ロードマップ)

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-エネルギー革新技術計画」（2008年3月策定）をもとに、足下の2030年頃までの見直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

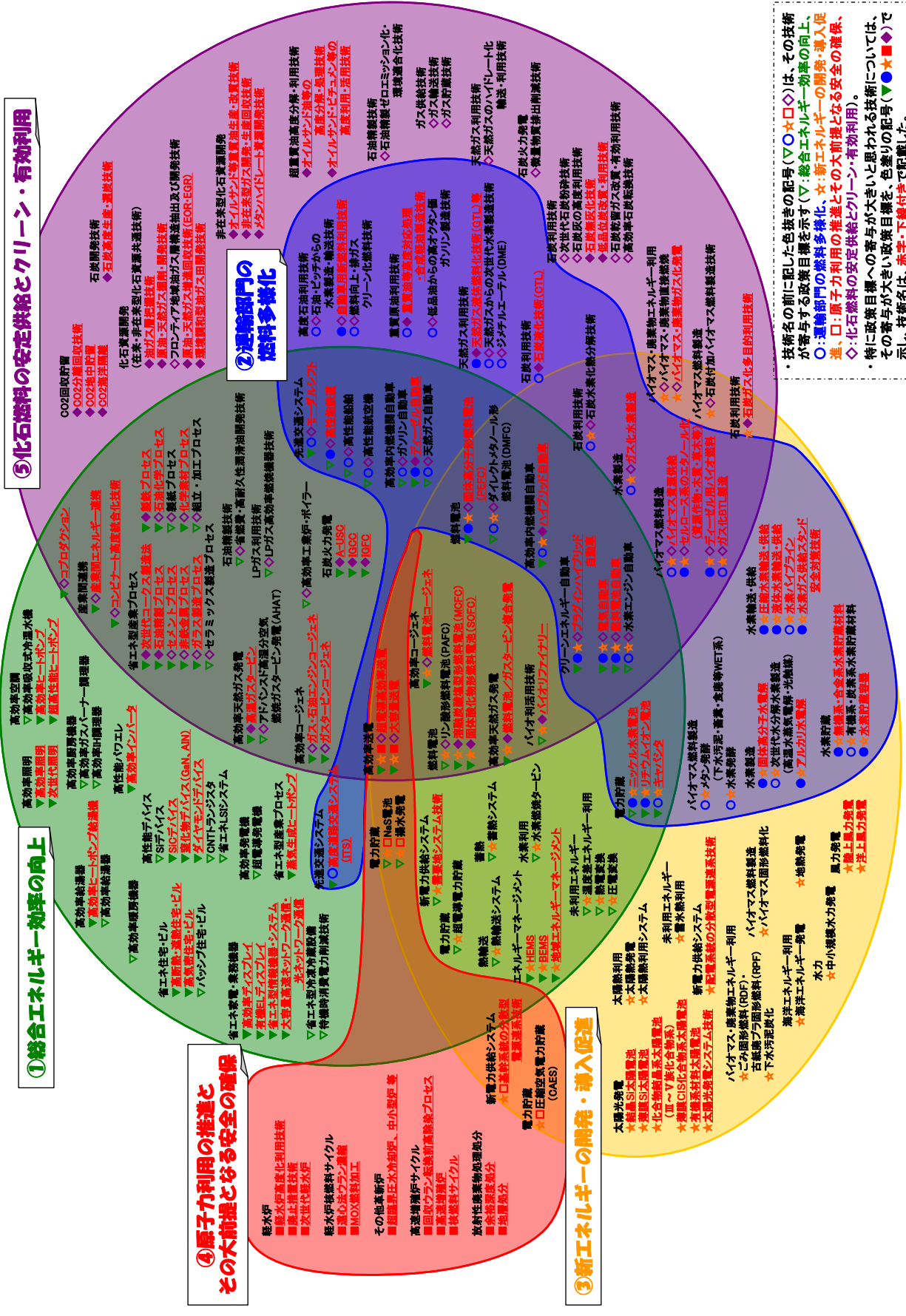
エネルギー技術分野全体を俯瞰するため、有識者にアンケート調査を行い、5つの政策目標に対する寄与について定性的な評価を行った。

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。

エネルギー技術 - 俯瞰図 -



⑤ 化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用

- CO2回収貯留
 - CO2分離回収技術
 - CO2地中貯留
 - CO2海洋貯留
- 化石資源開採
 - 非常産・非常産化石資源開採技術
 - 油ガス層肥培技術
 - 原油・天然ガス層・構成抽出及び開採技術
 - 原油・天然ガス層・構成抽出及び開採技術
 - 原油・天然ガス層・構成抽出及び開採技術
 - 原油・天然ガス層・構成抽出及び開採技術
- 非在来型化石資源開採
 - オイルサンド等重質原油生産・改質技術
 - 非在来型ガス開採・生産回収技術
 - メタンハイドレート重質原油開採技術
- 石油精製技術
 - 超重質油高度分離・利用技術
 - オイルサンプラント重質油
 - 高度分離・処理技術
 - オイルサンプラント重質油
 - 高度利用・活用技術
- 石油精製技術
 - ガス供給技術
 - ガス輸送技術
 - ガス貯蔵技術
- 天然ガス利用技術
 - 天然ガスからの次世代水素製造技術
 - 天然ガスからの高オクタン価
 - ジメチルエーテル(DME)
- 石炭利用技術
 - 石炭液化技術
 - 石炭火力発電
 - 重質重質抽出削減技術
- 石炭利用技術
 - 次世代石炭粉砕技術
 - 石炭灰の高度利用技術
 - 石炭炭化技術
 - 炭素回収・貯蔵技術
 - 石炭製油ガス化
 - 石炭製油ガス化
 - 石炭製油ガス化
 - 石炭製油ガス化

② 燃料多様化

- 高度石油・ピッチからの
 - 水素製造・輸送技術
 - 自動製造・輸送技術
 - 天然ガスからの高オクタン価
 - 燃料向上・増ガス
 - ガソリン製造技術
- グリーン化燃料技術
 - 重質原油利用技術
 - 重質原油利用技術
 - 重質原油利用技術
 - 重質原油利用技術
 - 重質原油利用技術
- 天然ガス利用技術
 - 天然ガスからの次世代水素製造技術
 - 天然ガスからの高オクタン価
 - ジメチルエーテル(DME)
- 石炭利用技術
 - 石炭液化技術
 - 石炭火力発電
 - 重質重質抽出削減技術
- 石炭利用技術
 - 次世代石炭粉砕技術
 - 石炭灰の高度利用技術
 - 石炭炭化技術
 - 炭素回収・貯蔵技術
 - 石炭製油ガス化
 - 石炭製油ガス化
 - 石炭製油ガス化
 - 石炭製油ガス化

③ 新エネルギーの開発・導入促進

- 太陽光発電
 - 太陽電池
 - 太陽電池
 - 太陽電池
 - 太陽電池
 - 太陽電池
- 風力発電
 - 風力発電
 - 風力発電
 - 風力発電
 - 風力発電
 - 風力発電
- 水力発電
 - 水力発電
 - 水力発電
 - 水力発電
 - 水力発電
 - 水力発電
- 地熱発電
 - 地熱発電
 - 地熱発電
 - 地熱発電
 - 地熱発電
 - 地熱発電
- バイオマス
 - バイオマス
 - バイオマス
 - バイオマス
 - バイオマス
 - バイオマス
- 燃料電池
 - 燃料電池
 - 燃料電池
 - 燃料電池
 - 燃料電池
 - 燃料電池
- 蓄電池
 - 蓄電池
 - 蓄電池
 - 蓄電池
 - 蓄電池
 - 蓄電池
- 水素
 - 水素
 - 水素
 - 水素
 - 水素
 - 水素

④ 原子力利用の推進と安全の確保

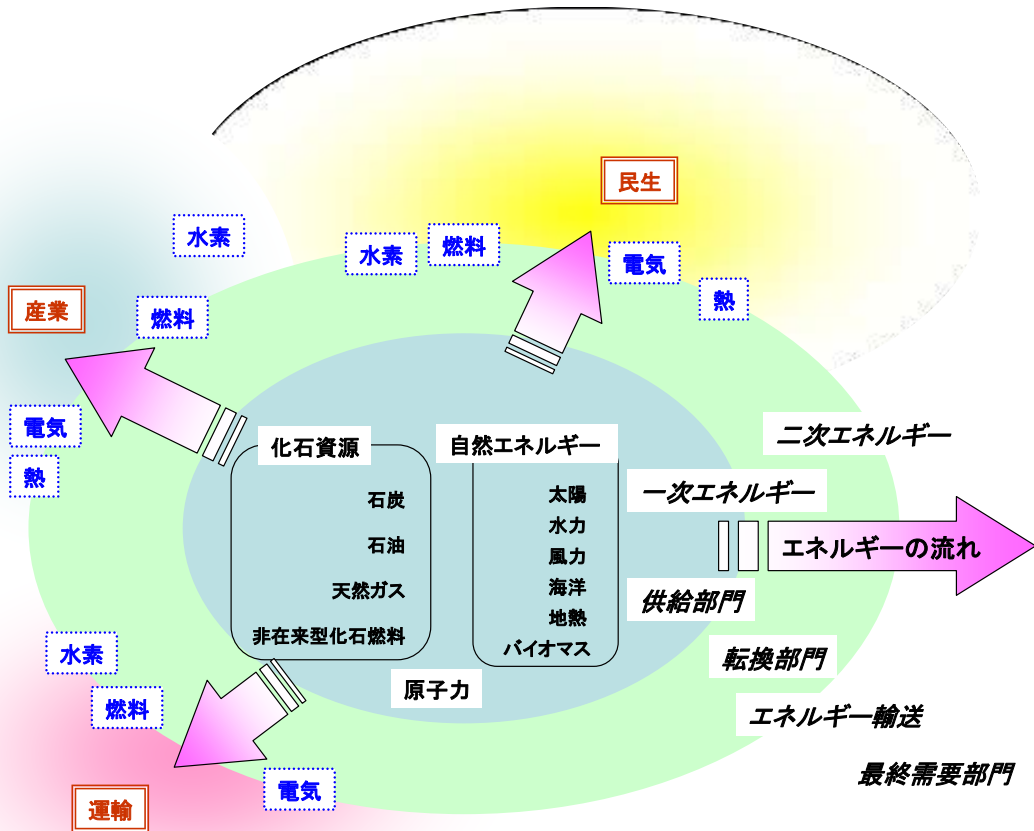
- 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
- 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
- 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
- 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
- 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電
 - 原子力発電

・ 技術名の前に記した色抜きの記号(▽○★◇)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グリーン・有効利用)。
 ・ 特に政策目標への寄与が大きいと思われる技術については、その寄与が大きい政策目標を、色抜きの記号(▽○★◇)で示し、技術名は、赤字・下線付きで記載した。

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

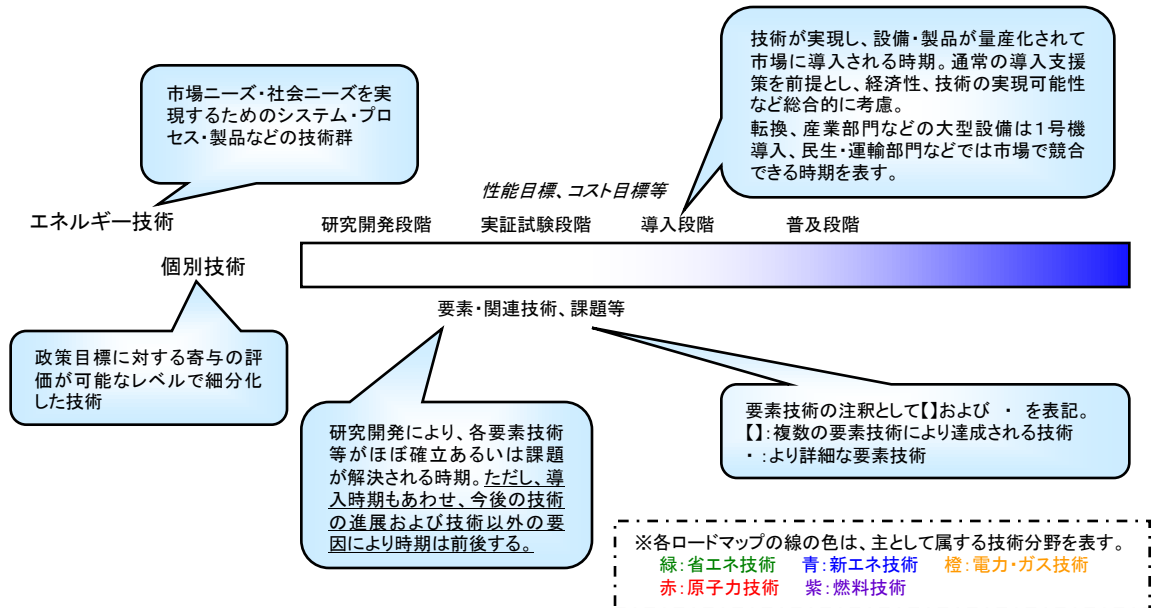
エネルギー分野全体から2030年頃までに実用化され、5つの政策目標に寄与すると思われる178個の技術を洗い出し、それぞれの政策目標の達成に寄与する技術別に、分類・整理してリストとして示すとともに、下図のように一次エネルギー／二次エネルギー／最終エネルギー消費のエネルギーの流れ、電気／熱／燃料等のエネルギーの形態、産業／民生／運輸の需要部門別に整理を行い図示した。



○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。



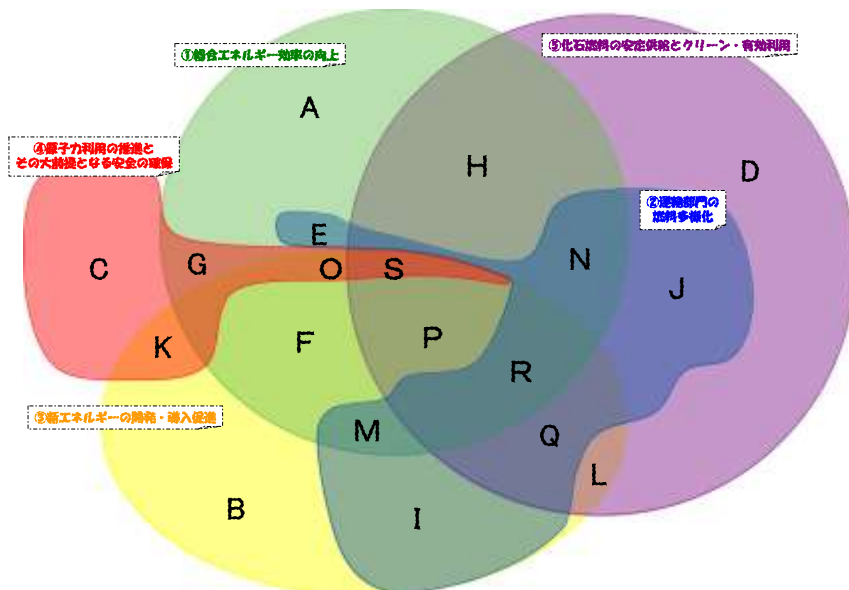
個別技術No. は次の考え方で区分した。

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

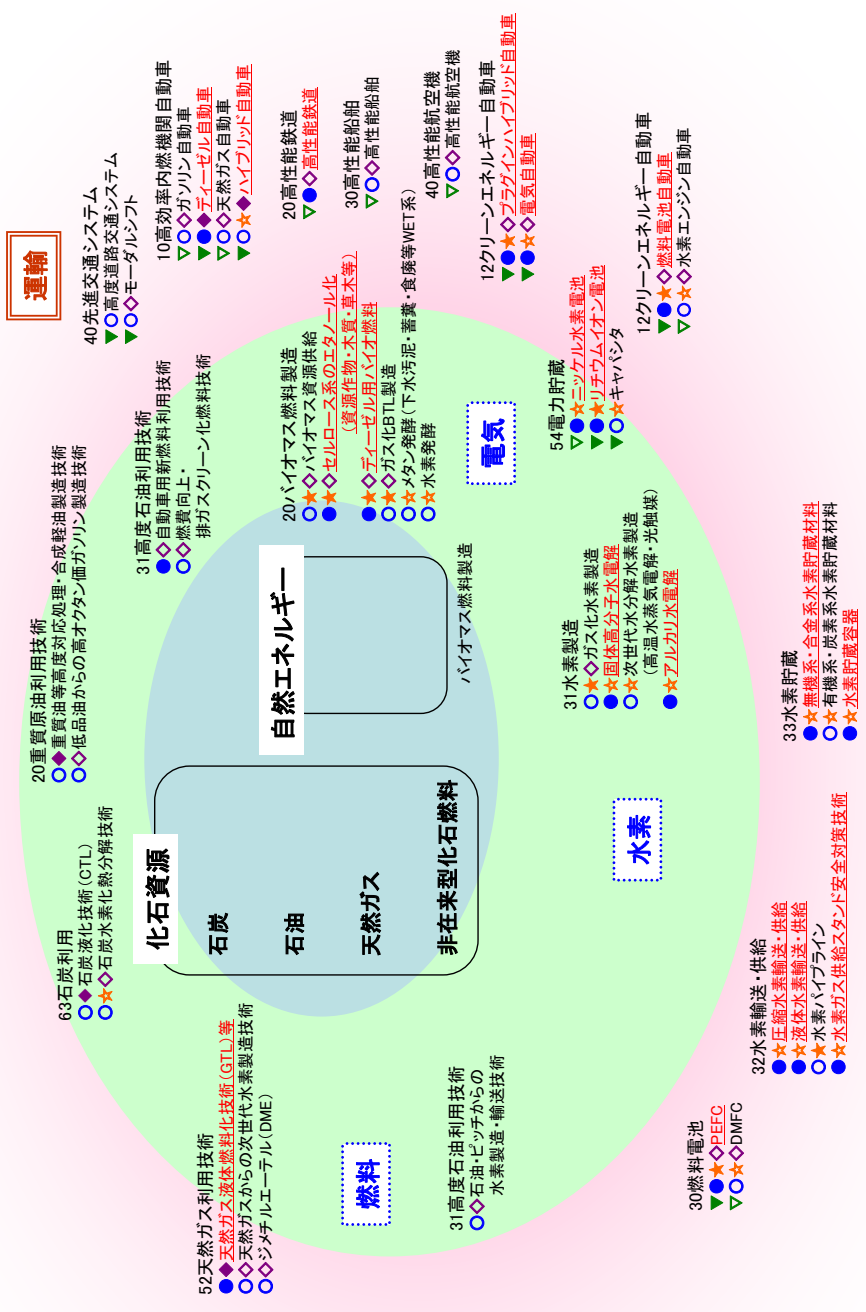
○燃料基準の策定・改定

○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。

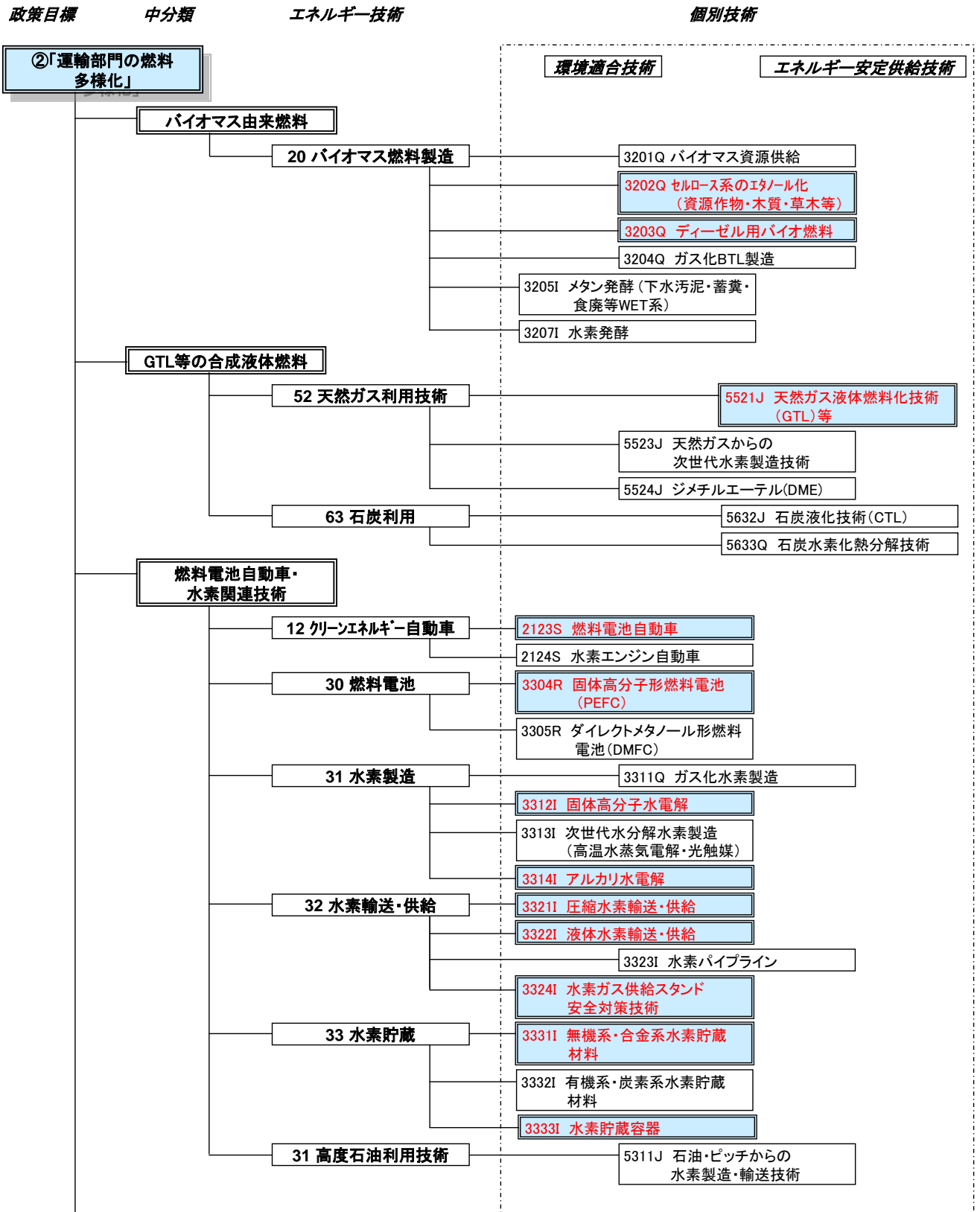


②「運輸部門の燃料多様化」に寄与する技術の技術マップ(整理図)

● 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。

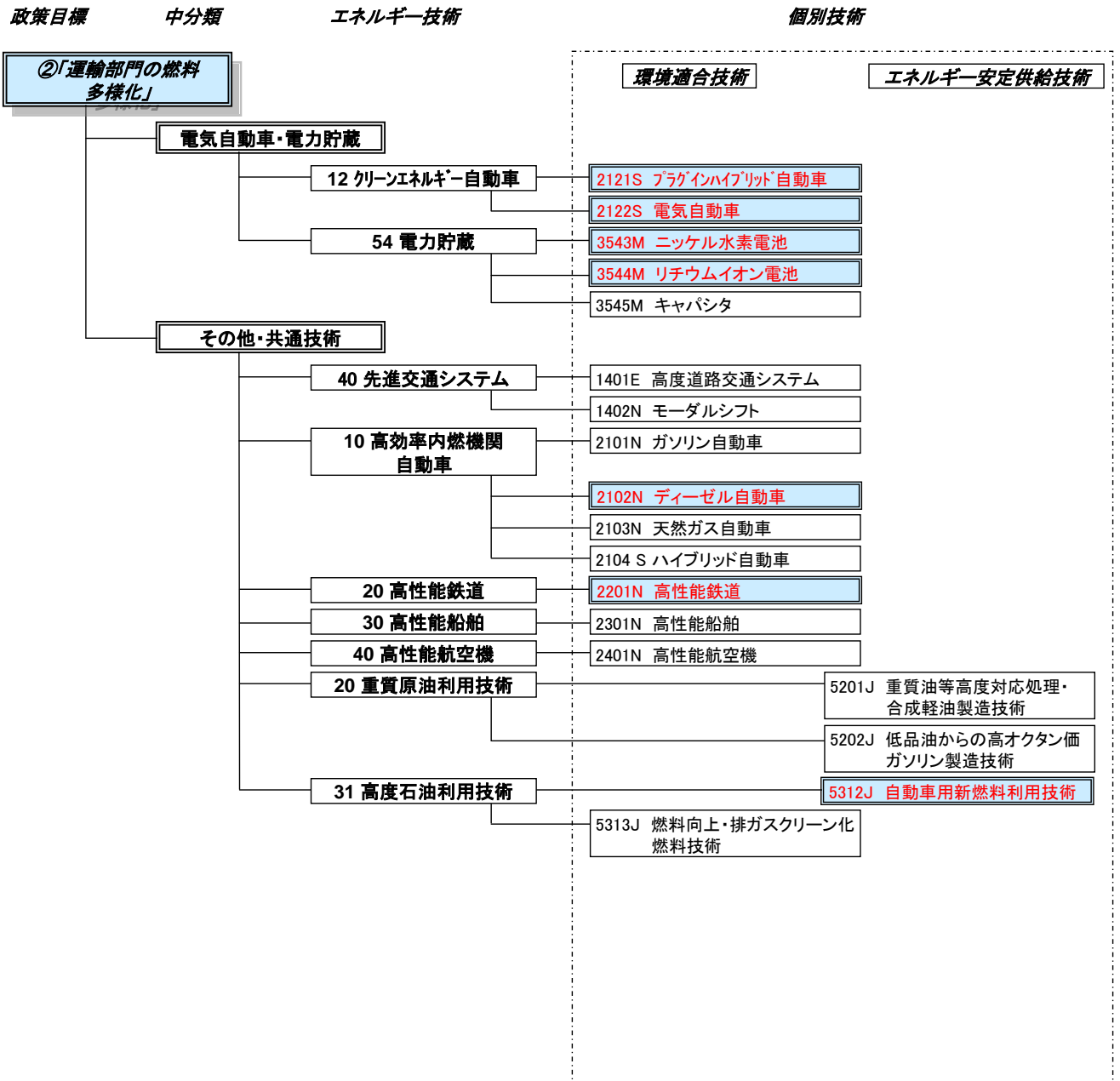
②「運輸部門の燃料多様化」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(1/2)

※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 5 t/d パイロットプラント	80円/Nm3	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> <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</p> <p>水素配管方法 水素計測技術</p> <p>高圧輸送技術</p> <p>メタン・水素混合輸送・供給</p>				
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> <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</p> <p>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</p>				
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> <p>合金系材料 無機系材料</p> <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</p> <p>【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</p>				
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 炭素系水素貯蔵材料</p> <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</p> <p>【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)</p>				
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 水素単容量 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> <p>~数十万円</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> <p>灯油脱硫・改質技術 膜分離技術 自動車オンボード改質技術 水素貯蔵・輸送・供給技術</p> <p>灯油吸着脱硫技術 灯油改質触媒技術 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</p>				
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>100Wh/kg 2,500W/kg 200Wh/kg 約3万円/kWh 約2万円/kWh</p> <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</p>				

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			
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			
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
			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ーブ走行
		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)

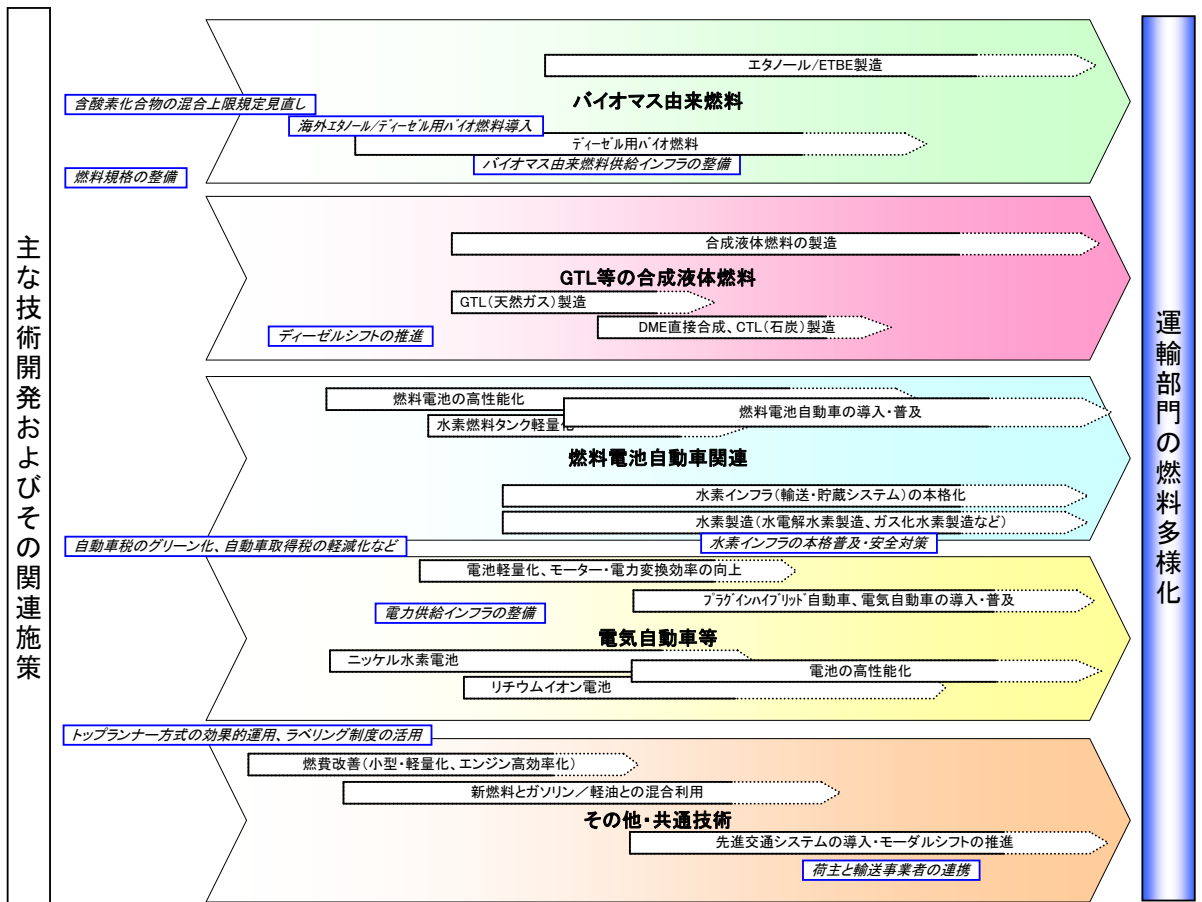
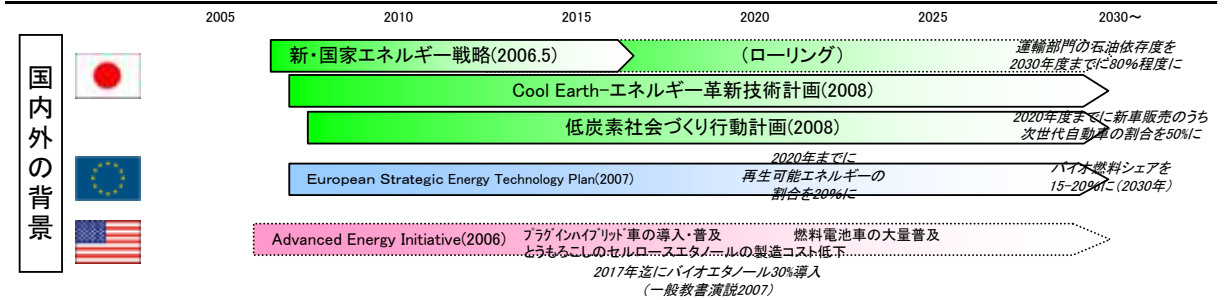
No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
2102N	10.高効率内燃機関自動車 ディーゼル自動車					バイオマス等代替燃料・混合燃料利用エンジン技術 低エミッション後処理技術(尿素SCRなど) 高効率・低エミッション燃焼技術 HCCIエンジン
						最適傾斜機能鍛造軽量部材 低摩擦材料表面制御 乗用車用噴射系の向上(超高压化)・小型高過給化 MgCo(OH)系利用実証試験 超強度CFRP製造技術 小型・軽量化 天然ガスエンジンの高効率化(小型化、ハイブリッド化等) ガス供給インフラの拡充
2103N	10.高効率内燃機関自動車 天然ガス自動車					ガソリンとのハイフューエル車 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 軽量化 燃料電池 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

添付－４：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)

事前評価書(案)

		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

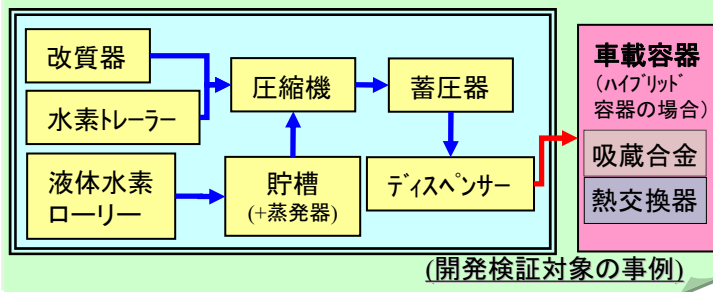
○事業費と研究開発期間(目安として)

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

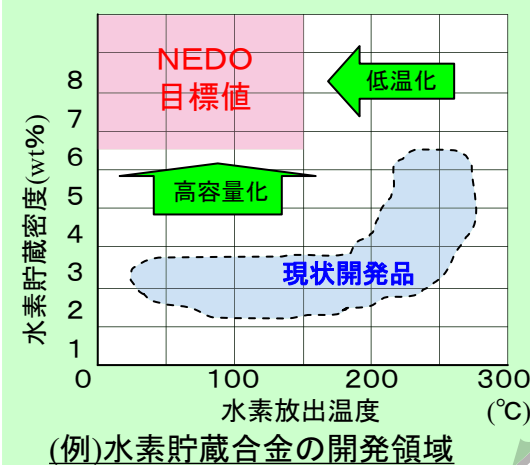
水素供給インフラ市場立上げ・普及(2015年頃及びそれ以降)に向け、必要となる水素製造・輸送・貯蔵・充填機器及びシステムの高性能化・軽量化・低コスト化等効率向上に繋がる要素技術開発を行うと共に、長寿命化・メンテナンス性向上のための要素技術開発検証を行う。

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



○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、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(高圧水素ガス、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

添付－５：特許、論文、外部発表、受賞リスト

【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、 東條干太、 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	公開	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 業(株)	特願 2010-061419	国内	2010/03/17	公開	水素製造装置	西井匠他

8	東京ガス(株) 日本特殊陶業(株)	特願 2010-061561	国内	2010/03/17	公開	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	公開	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	公開	ガス分離装置及びその 製造方法	彦坂英昭他
12	日本特殊陶業(株) 東京ガス(株)	特願 2010-173539	国内	2010/08/02	公開	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
13	日本特殊陶業(株) 東京ガス(株)	特願 2011-097515	国内	2011/04/25	出願	ガス分離装置	川瀬広樹他
14	日本特殊陶業(株) 東京ガス(株)	特願 2011-111563 (国内優先権 適用)	国内	2011/05/18	公開	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
15	日本特殊陶業(株) 東京ガス(株)	特願 2011-170421	国内	2011/08/03	出願	水素分離装置	梶谷昌弘他
16	日本特殊陶業(株) 東京ガス(株)	特願 2011-209604	国内	2011/09/26	出願	水素製造装置	田中裕之他
17	日本特殊陶業(株) 東京ガス(株)	特願 2012-100096	国内	2012/04/25	出願	水素分離装置の製造方 法及び水素分離装置	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
3	(株)ルネッサ ンス・エナ ジー・リ サーチ、 大分大学	特願 2011-149656	国内	2011/7/6	未公 開	一酸化炭素変成装置及 び方法並びに水素製造 装置	岡田 治 外4名

4	(株)ルネッサ ンス・エナ ジー・リ サーチ、 大分大学	PCT/JP2011/06 5428	PCT	2011/7/6	未公 開	一酸化炭素変性装置お よび方法並びに水素製 造装置	岡田 治 外4名
5	(株)ルネッサ ンス・エナ ジー・リ サーチ	特願 2011-263734	国内	2011/12/1	未公 開	促進輸送膜の製造方法	岡田 治 外4名
6	(株)ルネッサ ンス・エナ ジー・リ サーチ	特願 2011-282112	国内	2011/12/22	未公 開	CO変成装置及び変成 方法	岡田 治 外2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ディスペンサーの開発

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)タツノ	特願 2012-186010	国内	2012/08/27	出願	ガス充填装置	大沢 紀和

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	JX日鉱日石エ ネルギー(株) 九州大学 サムテック(株)	特願 2009-067786 公開 2010-221401	国内	2009/3/19	公開	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	JX日鉱日石 エネルギー(株) 九州大学	特願 2009-268616 公開 2011-112484	国内	2009/11/26	公開	複合容器の品質判定装 置および方法	鬼鞍宏猷他
3	JX日鉱日石 エネルギー(株) 九州大学	特願 2009-268617 公開 2011-112139	国内	2009/11/26	公開	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	JX日鉱日石 エネルギー(株) 九州大学 サムテック(株)	特願 2009-198238 公開 2011-136491	国内	2009/12/28	公開	複合容器の製造方法	鬼鞍宏猷他
5	JX日鉱日石 エネルギー(株) 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
6	JX日鉱日石 エネルギー(株) サムテック(株)	特願 2010-046415 公開 2011-179638	国内	2010/3/3	公開	高圧タンクの製造装置 並びに製造方法	山崎全彦他
7	JX日鉱日石 エネルギー(株) サムテック(株)	特願 2011-251833	国内	2011/11/17	出願	長尺高圧容器(ガラス織 維)	阪口善樹他

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	2011-108056	国内	2011/05/13	出願	内圧試験装置および内 圧試験方法	石垣良次 和田洋流 我孫子貴一
2	(株)キッツ	2010-149694	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	2010-149696	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	2010-149695	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	2010- 16092 意匠	国内	2010/06/30	登録	ボールバルブ	五味健 渡辺統
6	(株)キッツ	2012- 41912	国内	2012/02/28	出願	高圧用トラニオン型 ボール弁並びに高圧ス テーション	渡辺統
7	(株)山武	10P00186	PCT	2010/08/17	出願	表面構造	木原啓介
8	(株)山武	11P00057	PCT	2011/08/10	出願	移着膜の予備形成によ る摩擦磨耗特性の改善	林智彦

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

水素用アルミニウム材料の評価・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	古河スカイ (株), (株)神戸 製鋼所	特願 2012-149088	国内	平成 24 年 7 月 3 日	未審 査請 求	高圧水素ガス容器用の Al-Mg 系合金	一谷幸司 鹿川隆廣 小山克己
2	(株)神戸製鋼 所, 古河ス カイ(株), 日 本軽金属 (株), 三菱ア ルミニウム (株), 昭和電 工(株)	PCT W02011 /115202 A1	PCT	平成 23 年 3 月 18 日	各国 向け 出願 手続 き準 備中	高圧水素ガス貯蔵容器 用アルミニウム合金材	中井学 安永繁信
3	(株)神戸製鋼 所 〔予定〕 古河スカイ (株), 日本軽 金属(株)	—	国内	平成 24 年 8 月出願予定	—	高圧水素ガス材向け Al-Mg-Si 系合金	中井学 安永繁信

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 東北大学 (株)新日鐵化学	特願 2008-269764 国内優先 2009-127456 特開 2010-120836	国内	2009/5/27	公開	マイクロポラス炭素系材料、マイクロポラス炭素系材料の製造方法、吸着材及びマイクロポ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 東北大学 (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	出願	マイクロポラス炭素系材料、マイクロポラス炭素系材料の製造方法及びマイクロポ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 東北大学 (株)新日鐵化学	特願 2008-45069 特願 2008-268753 国内優先 2009-40932 特開 2010-115636	国内	2009/2/24	公開	マイクロポラス炭素系材料、マイクロポラス炭素系材料の製造方法及びマイクロポ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 Vol.41, No.3, (2010), PP.703-708.	有	2010/5
2	門出政則 田中誠一 高野俊夫	佐賀大学	Prediction of Filling Time and Temperature of Precooled Hydrogen During Filling of Hydrogen into a High - Pressure Tank	SAE International 2010-32-0127 (2010)	有	2010/9
3	門出政則 P.Woodfield 高野俊夫 高坂祐顕	佐賀大学 Griffith Univ. 佐賀大学	Estimation of temperature change in practical hydrogen pressure tanks being filled at high pressures of 35 and 70 MPa	Int. J. of Hydrogen Energy, 37 (2012) 5723-5734	有	2012/2
4	斎藤彰	JPEC	水素インフラ関連技術開発の状況	水素エネルギー システム	有	2012/9

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
6	黒川英人	東京ガス 株	Energy-Efficient Distributed Carbon Capture in Hydrogen Production from Natural Gas	Energy Procedia Vol. 4 (2011) 674-680	有	2011/4

7	久米高生	東京ガス (株)	Development of Compact and Efficient Hydrogen Production Module with Membrane on Catalyst	Journal of Natural Gas Science and Engineering, Vol. 3, No. 5 (2011) 591-600	有	2011/10
8	黒川英人	東京ガス (株)	水素分離型リフォーマーの高耐久化	燃料電池, Vol. 11, No. 3 (2012) 43-49	無	2012/1
9	井関孝弥	東京ガス (株)	高効率水素製造のための水素分離型改質器	膜 Vol. 37, No. 2 (2012) 60-66	有	2012/3

CO₂膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発

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 O.Okada	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 storage materials by crystal structure analysis of light element hydride	SPring-8 User Experiment Report	無	2009/7
	S.Orimo	東北大学 金属材料 研究所				
6	Y.Yan H.-W.Li N.Umeda S.Orimo	東北大学 金属材料 研究所	Dehydrating and rehydrating 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 charg 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.Ikeda 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 mu+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.Ikeda 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	(株)豊田中央研究所	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
	李海文 折茂慎一	東北大学金属材料研究所				

12	則竹達夫 青木正和 松本満 砥綿真一	(株)豊田中央研究所	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
	李海文 折茂慎一	東北大学金属材料研究所				
13	T.Noritake M.Aoki M.Matsumoto K.Miwa S.Towata	(株)豊田中央研究所	Crystal structure change in the dehydrogenation process of the Li-Mg-N-H system	J. Alloys Compd. In press	有	審査中
	H.-W.Li S.Orimo	東北大学金属材料研究所				
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
	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大型複合蓄圧器の開発

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.MIURA D.TABUCHI T.SAJIMA T.DOI O.OHNISHI	九州大学	Effect of SPWC conditions on CFRP pipe's burst strength	Proc. of The First international conference on manufacturing process technology (ICMPT), pp.10-13	無	2011/5
2	三浦崇寛 田淵大介 佐島隆生 大西修 鬼鞍宏猷 土肥俊郎 黒河周平	九州大学	同時加熱成形法を用いた CFRP パイプ破裂強度改善に関する研究	精密工学会誌 77 巻,09 号 pp.856-860	有	2011/9
3	D.TABUCHI T.SAJIMA T.DOI, H.ONIKURA O.OHNISHI S.KUROKAWA T.MIURA	九州大学	Development of a Filament-Winding Machine Based on Internal Heating by High-Temperature Fluid for Composite Vessels	Sensors & Materials, Vol.23, No.6 (2011), pp.347-358	有	2011/8

4	T.MIURA D.TABUCHI T.SAJIMA T.DOI O.OHNISHI	九州大学	Effect of CFRP inter laminar shear strength by SPWC method	Proc. of The 6 th International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21 st Century, 2011, pp. 10-13	有	2011/11
5	D.TABUCHI T.SAJIMA T.DOI H.ONIKURA O.OHNISHI S.KUROKAWA T.MIURA	九州大学	Residual Stress of Hoop-Wound CFRP Composites Manufactured with Simultaneous Heating	Sensors & Materials, Vol.24, No.2 (2012), pp.99-111	有	2012/12

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	トライボロジスト特集号(日本トライボロジー学会誌)	無	2011/2
2	渡辺	(株)キッツ	70MPa 級水素ステーション用高圧ボールバルブ	(社)日本バルブ工業会「バルブ技報第68号」	無	2012/3
3	斎藤	JPEC	水素インフラ関連技術開発の状況	水素エネルギーシステム(水素エネルギー協会誌) VOL.37 NO.3 2012	有	2012/9

都市型コンパクト水素ステーションの研究開発

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	野津剛	清水建設(株)	都市型コンパクト水素ステーションの研究開発(その1) 漏洩水素ガスの拡散シミュレーション	日本建築学会大会学術講演会梗概集, 2011年, D-2分冊, p.825	無	2011
2	酒井喜則	清水建設(株)	都市型コンパクト水素ステーションの研究開発(その2) 爆風圧低減に関する研究	日本建築学会大会学術講演会梗概集, 2011年, D-2分冊, p.827	無	2011
3	酒井喜則	清水建設(株)	都市型コンパクト水素ステーションの研究開発(その4) 燃焼制御システムに関する研究	日本建築学会大会学術講演会梗概集, 2012年	無	2012

水素製造・輸送・貯蔵システム等に使用する金属材料開発、および国際標準化・規制見直しに資する評価試験法の開発、材料データの取得に係る研究開発

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	藤井秀樹 大宮慎一	新日本製鐵(株)	Deformation Modes Influencing on Mechanical and Fatigue Properties of JIS SUS304L Stainless Steel in High Pressure Gaseous Hydrogen	Proceedings of the 2nd International Symposium on Steel Science	有	2010/12
2	大村朋彦 中村潤	住友金属工業(株)	ステンレス鋼の水素脆性	材料と環境, vol.60, No.5, pp241-247.	有	2011/5
3	中村潤 宮原光雄 大村朋彦 仙波潤之 脇田昌幸	住友金属工業(株)	ステンレス鋼および高強度鋼の高圧水素ガス中の疲労特性と劣化機構	材料, 第 60 巻, 第 12 号, pp1123-1129.	有	2011/12
4	藤井秀樹	新日本製鐵(株)	水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発ー水素製造・輸送・貯蔵システム等に使用する金属材料開発および国際標準化・規制見直しに資する 評価試験法の開発、材料データの取得に係る研究開発ー	特殊鋼 vol.61, No.1 pp.61-66	無	2012/1
5	大宮慎一 藤井秀樹	新日本製鐵(株)	Effects of Ni and Cr Contents on Fatigue Crack Growth Properties of SUS316-based Stainless Steels in High-pressure Gaseous Hydrogen	ISIJ International Vol.52, No.2, pp.247-254	有	2012/2
6	Tomohiko Omura and Jun Nakamura	住友金属工業(株)	Hydrogen Embrittlement Properties of Stainless and Low Alloy Steels in High Pressure Gaseous Hydrogen Environment	ISIJ International vol.52, No.2, pp234-239.	有	2012/2
7	藤井秀樹	新日本製鐵(株)	高圧水素ガス環境下で高い耐性を有するステンレス鋼	蓄・省エネルギー(技術情報協会)	無	2012/6
8	緒形俊夫	物材機構	Influence of high pressure hydrogen environment on tensile properties of stainless steels at low temperatures	Advances in Cryogenic Engineering, vol.58, p.39-46	有	2012/7

水素用アルミニウム材料の評価・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	一谷幸司 小山克己	古河スカイ(株)	疲労試験における 6061 アルミニウム合金の耐水素脆性に及ぼす成分元素の影響	軽金属 第 62 巻 第 5 号 (2012), 212-218.	有	2012

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”,	Chem. Lett., 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	J. Comb. Chem. 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	J. Phys. Chem. Lett., 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	Chem. Lett., 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	金沢大学	High sensitive capacitive liquid hydrogen level meter	Cryogenics	有	2010/11
2	松本宏一	金沢大学	Magnetic Refrigeration For Hydrogen Liquefaction	Proceeding of International Cryogenic Engineering Conference	有	2010/12
3	中山祐介	大阪大学	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	金沢大学	Magnetocaloric effect, specific heat and entropy of iron-substituted gadolinium gallium garnets Gd ₃ (Ga _{1-x} Fe _x) ₅ O ₁₂	Japanese Journal of Applied Physics, vol. 48, no. 11 (2009) 113002.	有	2009

6	松本宏一	金沢大学	Magnetic refrigerator for hydrogen liquefaction	Journal of Physics: Conference Series, vol. 150 (2009) 012028.	有	2009/11
7	松本宏一	金沢大学	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	粟飯原周二	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	粟飯原周二	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	粟飯原周二	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., <u>50</u> (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	東北大学	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	東海大学 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	東海大学 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	Proc. 10 th International Symposium on Sputtering & Plasma Processes	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

燃料電池自動車等に係る国際標準化および規制見直しのための研究開発

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	田村陽介	(財)日本自動車研究所	圧縮水素容器搭載車両の火災対応に関する一考察	自動車技術会論文集 Vol.41, No.3	有	2010/5/25
2	吉村大士	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器の急速充填における容器内温度挙動	自動車技術会論文集 Vol.41, No.3	有	2010/5/25
3	田村陽介	(財)日本自動車研究所	燃料電池自動車用水素容器の静電気特性	静電気学会誌	有	2010/7
4	田村陽介	(財)日本自動車研究所	An Experimental Study on the Fire Response of Vehicles with Compressed Hydrogen Cylinders	SAE 2010 Transactions Journal of Passenger Cars - Mechanical System	有	2010/12/4
5	富岡純一	(財)日本自動車研究所	Influence of Temperature on the Fatigue Strength of Compressed Hydrogen Tanks for Vehicles	International Journal of Hydrogen Energy Vol.26, No.4	有	2011/2
6	田村陽介	(財)日本自動車研究所	自動車火災試験や着火試験結果からみた水素の安全性について	日本化学会「化学と教育」 Vol.59, No.1	有	2011/3
7	田村陽介	(財)日本自動車研究所	圧縮水素貯蔵容器および水素燃料電池自動車の安全性	日本燃焼学会誌 Vol.53, No.163	有	2011/3
8	田村陽介	(財)日本自動車研究所	燃料電池自動車火災における隣接車両への延焼性	自動車技術会論文集 Vol.42, No.2	有	2011/3/30
9	富岡純一	(財)日本自動車研究所	極端温度環境・実使用圧力条件による自動車用圧縮水素容器(VH3)の疲労寿命調査	自動車技術会論文集 Vol.42, No.2	有	2011/3/30

10	富岡純一	(財)日本自動車研究所	極端温度環境・実使用圧力条件による自動車用圧縮水素容器(VH3)の疲労寿命調査－電氣的試験法の調査(第2報)	自動車研究 第32巻第6号	無	2010/6/1
11	富岡純一	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器(VH3)の疲労寿命に影響を及ぼす熱応力の調査	自動車研究 第32巻第6号	無	2010/6/1
12	松野 優	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器への充填放出サイクルにおける容器内温度挙動	自動車研究 第32巻第6号	無	2010/6/1
13	糸井裕彦	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器のガス透過の温度、圧力および材質依存性に関する研究(第三報)	自動車研究 第32巻第6号	無	2010/6/1
14	福本 紀	(財)日本自動車研究所	水素技術に係る国際基準・標準化動向について－高圧水素技術関連－	自動車研究 第32巻第6号	無	2010/6/1
15	富岡秀徳	(財)日本自動車研究所	水素技術に係る国際標準化の動向－水素燃料仕様の2009年以降の進捗について－	自動車研究 第33巻第7号	無	2010/6/1
16	福本 紀	(財)日本自動車研究所	13.5 防爆技術 b. 安全性試験施設(海外)	水素の事典 (朝倉書店)	無	2011/3
17	糸井裕彦	(財)日本自動車研究所	水素消費による容器および附属品の温度変化の研究	自動車技術会論文集 Vol.42, No.4	有	2011/7
18	田村陽介	(財)日本自動車研究所	Combustion Behavior of Leaking Hydrogen and Effects of Ceiling Variations	SAE 2011 Transactions Journal of Passenger Cars – Mechanical System	有	2012/2/1
19	田村陽介	(財)日本自動車研究所	圧縮水素容器における局所火炎暴露試験用バーナの開発と本試験法の一評価	自動車技術会論文集 Vol.43, No.2	有	2012/3/30
20	富岡純一	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器の熱応力解析・検証	自動車研究 第33巻第6号	無	2010/7/1
21	田村陽介	(財)日本自動車研究所	局所火炎暴露試験用プロパンバーナの開発	自動車研究 第33巻第7号	無	2010/7/1
22	田村陽介	(財)日本自動車研究所	Development and Characteristics of a Burner for Localized Fire Tests and Evaluation of Those Fire Tests	SAE 20102 Transactions Journal of Passenger Cars – Mechanical System	有	2012/6/1
23	田村陽介	(財)日本自動車研究所	水素燃料自動車の事故処理を想定した水素漏洩時の送風の有効性	JARI Research Journal 第34巻 第6号	無	2012/6/1
24	松野優	(財)日本自動車研究所	水素充填用赤外線通信機器の性能検証	JARI Research Journal 第34巻 第6号	無	2012/6/1

25	富岡純一	(財)日本自動車研究所	使用環境負荷試験に関する研究	JARI Research Journal 第34巻第6号	無	2012/6/1
26	福本紀	(財)日本自動車研究所	燃料電池自動車用水素燃料仕様に係る国際標準化	JARI Research Journal 第34巻第6号	無	2012/6/1
27	富岡秀徳	(財)日本自動車研究所	燃料電池自動車の高圧水素技術に係る標準化動向について	JARI Research Journal 第34巻第7号	無	2012/7/1
28	三石洋之	(財)日本自動車研究所	水素・燃料電池自動車の安全性	水素エネルギー協会誌 第36巻第3号	無	2012/9/30
29	三石洋之	(財)日本自動車研究所	トンネル内での水素の安全性	水素エネルギー協会誌 第36巻第3号	無	2012/9/30

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

水素インフラ等に係る基準整備に関する研究開発

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	山田敏弘	高圧ガス保安協会	水素ステーション設備に使用する材料の選定基準	高圧ガス、49(10)、pp.885-893	有	2012/10/1
2	吉川暢宏	東京大学	TypeⅢ複合容器の圧力サイクル寿命予測	日本高圧力技術協会平成24年度秋季講演会概要集	無	2012/12
3	針谷耕太 吉川暢宏	東京大学	水素ステーション用 TypeⅢ蓄圧器の最適設計	圧力技術	有	2013/1 or3

【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	大井出竜二	佐賀大学	高圧水素充てん中の容器内水素温度と容器壁温度特性	第 28 回水素エネルギー協会大会	2008/12
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
3	門出政則	佐賀大学	未来の車	FCV フェスタ in SAGA 2009	2009/10
4	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
5	-	横浜ゴム	超高圧充填用ホースの出展 (※NEDO および岩谷瓦斯ブースでの出展)	第 6 回国際水素・燃料電池展「FC EXPO 2010」	2010/3
6	梅田良人ほか	東邦瓦斯	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
				中日新聞	2010/3
				ガスエネルギー新聞	2010/3
				日経産業新聞	2010/4
				■テレビ NHK	2010/3
7	-	横浜ゴム	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	重化学工業会記者クラブへのプレス発表	2010/4
				ゴム報知新聞 ゴムタイムス	2010/4
				ゴム化学新聞 ガスエネルギー新聞	2010/5
				工業ガス専門誌ガスレビュー	2010/5
8	館勇希	東邦瓦斯	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
9	田中誠一	佐賀大学	Prediction of Filling Time and Temperature of Precooled Hydrogen During Filling of Hydrogen into a High-pressure Tank	Small Engine Technology Conference, Linz, Austria	2010/9
10	田中誠一	佐賀大学	水素ステーションにおけるプレクール装置の出口温度・圧力の推定	熱工学コンファレンス 2010	2010/10
11	門出政則	佐賀大学	高圧水素充填インフラと充填基準の国際標準化への挑戦	イワタニ水素エネルギーフォーラム大阪	2011/1
12	横山佳資	JPEC	70MPa 級水素ステーションシステム技術開発活動報告	平成 23 年度(JPEC) 技術開発・調査事業成果報告会	2011/6
13	工藤尚文	JPEC	水素インフラの技術基準に関する検討活動報告	平成 23 年度(JPEC) 技術開発・調査事業成果報告会	2011/6

14	盛興昌勝	東邦瓦斯	70MPa 水素ステーションの技術開発について	都市ガスシンポジウム	2011/6
15	斎藤彰	JPEC	2015 年を目指した水素ステーションの技術開発/規制見直し状況について	福岡水素エネルギー戦略会議 平成 23 年度第 3 回研究分科会水素社会システム実証検討分科会/高効率水素製造研究分科会	2011/10
16	伊藤久敏	東邦瓦斯	Demonstration Study of a 70MPa Hydrogen Refueling Station	International Gas Union Research Conference SEOUL 2011	2011/10
17	門出政則	佐賀大学	Characteristics of Temperature Rise in Practical Hydrogen Pressure Tanks Being Filled at High Pressure of 35 and 70MPa	International Conference on Mechanical Engineering and Renewable Energy 2011 (ICMERE2011), Chittagong, Bangladesh	2011/12
18	斎藤彰	JPEC	JPEC(石油エネルギー技術センター)の水素ステーションに対する取り組みについて	触媒学会 水素の製造と利用に関するシンポジウム	2012/1
19	横山佳資	JPEC	70MPa 水素ステーションシステム技術開発	平成 24 年度(JPEC)技術開発・調査事業成果報告会	2012/6
20	手塚俊雄	JPEC	水素インフラの技術基準に関する検討	平成 24 年度(JPEC)技術開発・調査事業成果報告会	2012/6
21	伊藤久敏	東邦瓦斯	Demonstration Study of a 70MPa Hydrogen Refueling Station	25th World Gas Conference	2012/6
22	斎藤彰	JPEC	水素ステーションの現状と課題	第 2 回水素機器用エラストマー材料研究分科会	2012/9
23	吉田剛 石本裕保 佐藤克哉	JPEC	TypeⅢ複合容器の圧力サイクル寿命予測	一般財団法人日本高圧力技術協会 平成24年度秋季講演会	2012/12

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 榑浩司 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 春期大会 (東京工業大学)	2009/3
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 Capture	18 th World Hydrogen Energy Conference 2010	2010/5
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
21	黒川英人	東京ガス(株)	Energy-Efficient Distributed Carbon Capture in Hydrogen Production from Natural Gas	10 th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies	2010/09
22	中川友貴	東京ガス(株)	水素製造用触媒一体化モジュール解析	2010 Japan ANSYS Conference	2010/11
23	矢加部久孝	東京ガス(株)	東京ガスの水素エネルギーへの取り組み	触媒学会「水素の製造と利用に関するシンポジウム」	2011/1
24	久米高生	東京ガス(株)	触媒一体化モジュールの耐リーク性能向上	化学工学会第76年会	2011/3
25	金子祐大	東京ガス(株)	水素分離型リフォーマーの耐久性向上に関する研究	日本金属学会 春季大会 2011	2011/3
26	梶谷昌弘	日本特殊陶業(株)	高純度水素製造用触媒一体化モジュールの開発	日本金属学会 春季大会 2011	2011/3
27	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18回燃料電池シンポジウム	2011/6

28	久米高生	東京ガス(株)	水素分離膜を用いた高効率水素製造技術の開発	2011年都市ガスシンポジウム	2011/6
29	黒川英人	東京ガス(株)	Development of Highly-Efficient Hydrogen Production Module with Palladium-Based Membrane	10 th International Conference on Catalyst in Membrane Reactors	2011/6
30	田中裕之	日本特殊陶業(株)	Reforming Performance and Durability of Hydrogen Production module based on Membrane On Catalyst	10 th International Conference on Catalyst in Membrane Reactors	2011/6
31	黒川英人	東京ガス(株)	Development of Membrane Modules for Highly-Efficient Hydrogen Production System	4 th World Hydrogen Technology Convention	2011/9
32	久米高生	東京ガス(株)	水素製造用触媒一体化モジュールの耐久性向上	化学工学会 第43回秋季大会	2011/9
33	久米高生	東京ガス(株)	Development of Compact and Efficient Hydrogen Production Module with Membrane on Catalyst	International Gas Union Research Conference	2011/10
34	金子祐大	東京ガス(株)	Highly Efficient Hydrogen Production System with Membrane Reformer	International Gas Union Research Conference	2011/10
35	中川友貴	東京ガス(株)	Computational Fluid Dynamics Analysis for Hydrogen Production System Design	International Gas Union Research Conference	2011/10
36	久米高生	東京ガス(株)	Development of a Compact and Efficient Module For Hydrogen Production from Natural Gas with a Membrane on Catalyst	Low Carbon Earth Summit 2011	2011/10
37	金子祐大	東京ガス(株)	水素分離膜材料高純度化の膜耐久性への効果	日本金属学会 秋季大会 2011	2011/11
38	梶谷昌弘	日本特殊陶業(株)	高純度水素製造用触媒一体化モジュールの開発(第2報)	日本金属学会 秋季大会 2011	2011/11
39	矢加部久孝	東京ガス(株)	東京ガスにおける水素分離型リフォーマーシステムの研究開発	反応分離講習会 2012	2012/2
40	黒川英人	東京ガス(株)	水素分離型リフォーマーシステムの耐久性評価	日本金属学会 春季大会 2011	2012/3
41	矢加部久孝	東京ガス(株)	Development of Hydrogen Production Systems with Pd-Based Alloy Membrane	19 th World Hydrogen Energy Conference 2012	2012/6
42	彦坂英昭	日本特殊陶業(株)	Improvement in the durability of a hydrogen production module based on Membrane On Catalyst	19 th World Hydrogen Energy Conference 2012	2012/6
43	矢加部久孝	東京ガス(株)	水素と燃料電池技術	2012 エレクトロニクス実装学会 最先端実装技術シンポジウム	2012/6
44	池田陽一	東京ガス(株)	水素分離型リフォーマーの耐久性向上と低コスト化の取り組み	2012年都市ガスシンポジウム	2012/6

45	久米高生	東京ガス(株)	Performance Evaluation of Membrane on Catalyst (MOC) Module for Hydrogen Production from Natural Gas	International Conference on Hydrogen Production	2012/6
----	------	---------	--	---	--------

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

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	—	—	三菱化工機の HyGeia-A (高効率水素製造装置)	第8回【国際】水素・燃料電池展 自社出展ブース 掲示パネル	2012/2
2	内山賢彦 (執筆)	三菱化工機	トピックス「今月の新技術」『水素ステーション用水素製造装置』	社団法人産業機械工業会「産業機械」H24年9月号	2012/9

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・エナジー・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
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	神戸大学 (株)ルネッサンス・エナジー・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
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	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	Fuel Cell Seminar 2008 (USA)	2008/10
4	岡田 治	(株)ルネッサンス・エナジー・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
5	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

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・エナ ジー・リサー チ、 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
7	Kazuki Hagawa, Yoshikage Ohmukai, Tatsuo Maruyama, Keiko Shimada, Kaori Kuzushita, Eiji Kamio, Masaaki Teramoto, Osamu Okada, Hideto Matsuyama	(学)神戸大 学、(株)ル ネッサンス・ エナジー・リ サーチ	Application of membrane reactor with CO ₂ -selective membrane to water gas reaction for H ₂ purification	The Fifth Conference of Aseanian Membrane Socie	2009/7
8	Keiko Shimada, Kaori Kuzushita, Eiji Kamio, Masaaki Teramoto, Osamu Okada, Kazuki Hagawa, Yoshikage Ohmukai, Tatsuo Maruyama, Hideto Matsuyama	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 temperatures.	The Fifth Conference of Aseanian Membrane Societ	2009/7
9	牧泰輔	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
10	福田 工藤 牧 前	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
11	前田友洋 森 卓哉 石川哲也 市橋祐一 西山 覚	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
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

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、 神戸大学、 大分大学	Development of advanced catalysts for CO converter equipped with CO ₂ selective membrane	Fuel Cell Seminar 2009 (USA)	2009/11
14	T. Ishikawa, K. Shimada, O.Okada, K.Taniya, T.Horie, S.Tsuruya, Y.Ichihashi, S.Nishiyama	神戸大学、 (株)ルネッサ ンス・エナ ジー・リサー チ	Cerium-Modification of Copper-Zinc Oxide-Alumina Catalysts for Water Gas Shift Reaction	The 11th International Symposium on Eco- Materials Processing and Design	2010/1
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	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
16	Osamu Okada, Keiko Shimada, Eiji Kamio, Chihiro Ito, Maiko Nakayama, Satoru Nishiyama, Yuichi Ichihashi, Katsutoshi Nagaoka, Atsushi Ueda, Tetsuo Umegaki, Nobuhiro Kuriyama	神戸大学、 (株)ルネッサ ンス・エナ ジー・リサー チ、(独)産 業技術総合 研究所	Development of advanced catalysts for CO converter equipped with CO ₂ selective membrane	The Sixth Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology & The Fifth Asia Pacific Congress on Catalysis	2010/7
17	牧 福田 山形 前	京都大学	マイクロ空間を利用したメン ブレンリアクターの設計	化学工学会秋季大会	2010/9

18	Osamu Okada, Eiji Kamio, Chihiro Ito, Keiko Shimada, Maiko Nakayama, Nobuaki Hanai, Masaaki Teramoto Hdeto Matsuyama, Satoru Nishiyama, Kazuhiro Mae, Taisuke Maki, Kazuhiro Fujiwara, Nobuhiro Kuriyama, Atsushi Ueda, Katsutoshi Nagaoka	神戸大学、 株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ、(独)産業技術総合研究所	Development of advanced reforming system for H2 station using CO converter equipped with CO2 selective membrane III	Fuel Cell Seminar 2010 (USA)	2010/10
19	上田厚 梅垣哲士 栗山信宏	(独)産業技術総合研究所、日本大学理工学部	コンビケム手法を活用したCOシフト触媒の探索	化学工学 3支部合同徳島大会	2010/10
20	Osamu Okada	株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ	Development of advanced CO2 selective membrane: Current situation and future prospects	神戸大学先端膜工学センター・先端膜工学研究推進機構 設立5周年記念国際シンポジウム	2011/8
21	岡田 治	株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ	CO2 選択透過膜の開発と水素製造プロセスへの応用	第28回ニューメンブレンテクノロジーシンポジウム2011	2011/11
22	岡田 治	株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ	CO2膜分離法を用いた水素ステーション用水素製造システムの開発	「膜」37巻2号 (日本膜学会編集、発行)	2012/3

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	株式会社豊田中央研究所	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 ボ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	マグネシウムボロハイドライド 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 M. Matsuo T. Sato K. Ikeda	東北大学 金属材料 研究所	Energy-related materials science on metal borohydrides	招待講演 The 2008 Asian Conference on Nanoscience and Nanotechnology (Singapore)	2008/11
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年春期大会 (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年春期大会 (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年春期大会 (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, dehydrogenating and rehydrogenating 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 研究所	Energy-related materials science on metal borohydrides	ポスター発表 Gordon Research Conference (Hydrogen- Metal Systems)(Lucca)	2009/7
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	嚴義剛 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 dehydrating/rehydrating 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 study on hydrogen storage materials	招待講演 Advanced Science Research Symposium 2009(ASR2009), Positron, Muon and other exotic particle beams for material and atomic/molecular science (Tokai)	2009/11
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 boro- hydrides for hydrogen storage with advanced materials analyses	口頭発表 Internation Forum for Hydrogen Strogae 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(ウインク愛知)	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 榑浩司 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
2	寺下尚克 角掛繁 榑浩司 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
3	榑浩司 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) C15 _b 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
4	榑浩司 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 (MH2010, Moscow, Russia)	2010/7

5	寺下尚克 角掛繁 榑浩司 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 $Mg_{2-x}Pr_xNi_4$ and $MgRENi_4$ ($0.6 \leq x \leq 1.4$, RE: La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd)	ポスター発表 International Symposium on Metal-Hydrogen Systems (MH2010, Moscow, Russia)	2010/7
6	榑浩司 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

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

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	木村 潔	タツノ 設計部 設計1G	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	「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」第 2 回開発・実証連携会議 (JPEC 会議室)	2012/1

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	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	岡崎順二	JX 日鉱日石エネルギー(株)	70MPa 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 21 年度研究分科会(第 5 回)	2010/2
2	中川幸次郎	JX 日鉱日石エネルギー(株)	Nippon Oil's activities toward realization of hydrogen society	World Hydrogen Energy Conference 2010	2010/5
3	中川幸次郎	JX 日鉱日石エネルギー(株)	JX の水素エネルギー社会実現への取組み	水素エネルギーシステム VOL.35 NO.3 2010, 第 132 回定例研究会	2010/9
4	山崎全彦	サムテック(株)	低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応型複合蓄圧器の開発	第 30 回水素エネルギー協会大会	2010/12
5	東條千太	サムテック(株)	水素ステーション用複合蓄圧器の開発	福岡水素エネルギー戦略会議平成 22 年度高圧水素貯蔵・輸送分科会(第 6 回)	2011/2
6	三浦崇寛	九州大学大学院	内部加熱方式による複合蓄圧器製造に関する研究	福岡水素エネルギー戦略会議平成 22 年度高圧水素貯蔵・輸送分科会(第 6 回)	2011/2
7	三浦崇寛	九州大学大学院	Effect of SPWC conditions on CFRP pipe's burst strength	The First International Conference on Manufacturing Process Technology	2011/5
8	三浦崇寛	九州大学大学院	Effect of CFRP inter laminar shear strength by SPWC method	The 6th International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century	2011/11
9	岡崎順二	JX 日鉱日石エネルギー(株)	水素ステーション用大型 CFRP 蓄圧器の開発	第 4 回イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発シンポジウム	2012/7

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	(株)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
4	名武	JPEC	70MPa級水素ステーション要素技術開発活動報告	一般財団法人石油エネルギー技術センター 平成 23 年度技術開発・調査事業成果発表会	2011/6
5	渡辺	(株)キッツ	70MPa 級水素ステーション用高压ボールバルブの研究開発	福岡水素エネルギー戦略会議 平成 23 年度第 2 回研究分科会	2011/8
6	斎藤	JPEC	2015 年を目指した水素ステーションの技術開発／規制見直し状況について	福岡水素エネルギー戦略会議 平成 23 年度研究分科会(第 3 回) 「水素社会システム実証研究分科会／高効率水素製造研究分科会」	2011/10
7	斎藤	JPEC	JPECの水素ステーションに対する取組み	触媒学会「水素の製造と利用のための触媒技術研究会」「水素の製造と利用に関するシンポジウム」	2012/1
8	名武	JPEC	70MPa級水素ステーション要素技術開発	一般財団法人石油エネルギー技術センター 平成 24 年度技術開発・調査事業成果発表会	2012/6
9	赤坂	九州産業大学	水素ステーション充填解析プログラム開発	一般財団法人石油エネルギー技術センター 平成 24 年度技術開発・調査事業成果発表会	2012/6
10	田中、石垣、荒島	日鋼検査サービス(株) (株)日本製鋼所	水素中疲労き裂進展の TOFD 法による計測	日本非破壊検査協会 超音波部門講演会	2012/6
11	斎藤	JPEC	水素ステーションの現状と課題	日本ゴム協会 第2回水素機器用エラストマー材料研究分科会	2012/9

水素製造・輸送・貯蔵システム等に使用する金属材料開発、および国際標準化・規制見直しに資する評価試験法の開発、材料データの取得に係る研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	緒形俊夫	物材機構	高温から低温までの簡便な 高圧水素環境中材料試験の 検討	日本鉄鋼協会水素脆化 研究の基盤構築研究会	2011/3
2	T.Ogata	NIMS	Influence of high pressure hydrogen environment on tensile and fatigue properties of stainless steels at low temperatures	ICMC2011 (ワシントン州スポケーン) 国際会議	2011/6
3	大宮慎一 藤井秀樹	新日本製鐵 (株)	SUS304L 鋼の高圧水素ガス 中疲労き裂伝ば特性に及ぼ す圧力および周波数の影響	日本鉄鋼協会シンポジウ ム「水素脆化研究の基盤 構築中間報告会」	2011/9
4	渡邊義典 窪田和正 後藤万慶	愛知製鋼(株)	省 Mo オーステナイト系 ステンレス鋼冷間引抜材にお ける高圧水素ガス環境の影響	(社)日本金属学会 2012 年春期(第 150 回)大会	2012/3
5	松本和久 大宮慎一 藤井秀樹 秦野正治	新日本製鐵 (株)	N 添加した低 Ni 省 Mo 型 水素用ステンレス鋼の高圧 水素ガス中における機械的 特性	日本鉄鋼協会 第 164 回講演大会	2012/9
6	中村潤 大村朋彦 富尾悠素 平田弘征 照沼正明 旦越雄	住友金属工 業(株)	高圧水素ガス中における 高窒素高強度ステンレス鋼 の機械的特性	日本鉄鋼協会 秋季講演大会	2012/9
7	緒形俊夫	物材機構	Ti-6Al-4V ELI 合金の引張特 性に及ぼす水素環境の 温度と圧力の影響	日本鉄鋼協会講演大会 水素シンポジウム	2012/9
8	窪田和正	愛知製鋼(株)	第5部・医療・新規分野 5-3 水素関連容器・機器	材料の組織と特性部会 「ステンレス鋼の科学技術 における最前線」自主 フォーラム研究会「ステンレ ス鋼利用技術の最前線」	2012/11

水素用アルミニウム材料の評価・開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	K.Ichitani, K.Koyama	Furukawa- Sky Aluminum Corp.	Effect of Experimental Humidity on Fatigue Fracture of 6XXX-series Aluminum Alloys	The 12th International Conference on Aluminum Alloys	2010/9
2	伊藤吾朗 堤友浩 伊藤伸英	茨城大学	電解チャージしたアルミニウム 合金中の環境水素の挙動	軽金属学会第 120 回 春期大会講演概要	2011/5
3	伊藤吾朗 岩橋秀樹 渡壁尚仁 車田亮 波多野雄治	茨城大学、 富山大学	7075 および 6061 アルミニウ ム合金におけるき裂先端近傍 の水素挙動	軽金属学会第 120 回 春期大会講演概要	2011/5

4	伊藤吾朗 渡壁尚仁 波多野雄治	茨城大学、 富山大学	アルミニウム合金における晶 出第二相からの水素侵入挙動	軽金属学会第 120 回 春期大会講演概要	2011/5
5	伊藤吾朗 中野雅彦 渡壁尚仁	茨城大学	アルミニウム合金中における 金属間化合物の水素放出挙 動への影響	軽金属学会第 120 回 春期大会講演概要	2011/5
6	伊藤吾朗 早瀬弘章 渡邊雅貴	茨城大学	7075 アルミニウム合金にお ける水素侵入に及ぼす第二相の 影響	軽金属学会第 120 回 春期大会講演概要	2011/5
7	伊藤吾朗 渡壁尚仁 中野雅彦	茨城大学	アルミニウムにおける環境水 素の挙動に及ぼす金属間化 合物の影響	軽金属学会第 121 回 春期大会講演概要	2011/11
8	伊藤吾朗 中野雅彦 渡壁尚仁	茨城大学	重水素環境に暴露したアルミ ニウムの昇温脱離解析	軽金属学会第 121 回 春期大会講演概要	2011/11
9	伊藤吾朗 早瀬弘章	茨城大学	7075 アルミニウム合金にお ける水素挙動に及ぼす第二相の 影響	軽金属学会第 121 回 春期大会講演概要	2011/11
10	伊藤吾朗 岩橋秀樹 渡壁尚仁 伊藤伸英	茨城大学	アルミニウム合金におけるき 裂先端近傍の水素の挙動	軽金属学会第 121 回 春期大会講演概要	2011/11
11	伊藤吾朗 中野雅彦	茨城大学	アルミニウムにおける水素の 挙動に及ぼす応力負荷の影響	軽金属学会第 122 回 春期大会講演概要	2012/5
12	伊藤吾朗 早瀬弘章 伊藤伸英 路志勇	茨城大学、 日本軽金属 (株)	Si 過剰の 6000 系アルミニウム 合金の耐水素脆化特性評価	軽金属学会第 122 回 春期大会講演概要	2012/5
13	鹿川隆廣 一谷幸司 小山克己	古河スカイ	Al-Mg系合金の低ひずみ速度 引張試験による水素脆性評価	軽金属学会第 122 回 春期大会講演概要	2012/5
14	伊藤吾朗 中野雅彦	茨城大学	応力負荷しながら電解チャー ージしたアルミニウム中の水素 挙動	軽金属学会第 123 回 秋期大会講演概要 (発表予定)	2012/11
15	伊藤吾朗 早瀬弘章 寺田将也 伊藤伸英 路志勇	茨城大学、 日本軽金属 (株)	Si 過剰の 6000 系アルミニウ ム合金における耐水素脆化特 性評価	軽金属学会第 123 回 秋期大会講演概要 (発表予定)	2012/11

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

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	丸田昭輝	テクノバ	IEA の活動状況	FCCJ第6回標準化・ 規制見直し動向説明会	2010/9
2	丸田昭輝	テクノバ	諸外国の水素コスト・水素イン フラのあり方、FCV 普及シナリ オ	経済産業省 燃料電池分科会	2011/6
3	丸田昭輝	テクノバ	海外の FCV 普及・水素ステー ション展開の状況 ～カリフォル ニアとドイツを中心に～	水素エネルギー協会 (HESS)会誌	2012/9

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－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－	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 production in Japan	IEA-HIA Annex-24 国際会議、 米国・サンフランシスコ	2009/04
11	佐山和弘	産総研エネルギー技術RI	－革新的な太陽光エネルギー利用技術－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－光触媒を用いた環境浄化から水分解水素製造まで－	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 WO3 光触媒による Fe ³⁺ 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	WO ₃ 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 WO ₃ 光触媒による Fe ³⁺ 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 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 Asamoto, Hideki Nakagome, and Koichi Matsumoto	NIMS, Chiba University and Kanazawa University	Experimental Study for Hydrogen AMR Cycle	16th International Cryocooler Conference	2010/5
4	Jing LI, Takenori Numazawa, Hideki Nakagome, and Koichi Matsumoto	Chiba University, NIMS and Kanazawa University	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 University	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
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

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
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	金沢大学、 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	金沢大学、 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	栗飯原周二	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	栗飯原周二	同上	Unstable ductile fracture of hydrogen and methane gas pipelines	8th Int. Symp. Japan Welding Society, Kyoto, 18, Nov. 2008.	2008/11
3	栗飯原周二	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ミュレーションモデルによる伝播挙動解析	日本鉄鋼協会 第 157 回春季講演大会、 CAMP-ISIJ vol.22 (2009)-402	2009/3
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	超高压合成された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	超高压合成法による新規 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	超高压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	超高压法による新規 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 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 Li-TM Systems. (TM= Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn)	ポスター発表 UK-Japan Workshop (東北大学金属材料研究所 , 宮城)	2009/5
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	超高圧合成法による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 (岩沼屋ホテル,宮城)	2009/12
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.Ittisanronnachai H.Nishihara Li.-X. Li T. Kyotani	東北大	The mechanism of H ₂ storage through spillover in Pt-loaded zeolite-templated carbons	ポスター発表 第 36 回 炭素材料学会 年会 (仙台戦災復興記念館)	2009/12
	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	The 4th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia	2008/10
4	佐藤正志	東海大工	Effect of H ₂ Flow Rate on the Plasmatic Synthesis of Al Hydride	The 4th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia	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: Fortshritte 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 年春季大会	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	The 10th International Symposium on Sputtering & Plasma Processes	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	5th Japan-China Seminar on Hydrogen Storage Materials	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 年春季大会	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

燃料電池自動車等に係る国際標準化および規制見直しのための研究開発

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	田村陽介	(財)日本自動車研究所	An Experimental Study on the Fire Response of Vehicles with Compressed Hydrogen Cylinders	2010 SAE World Congress	2010/4
2	鈴木仁治	(財)日本自動車研究所	圧縮水素容器搭載自動車の火災安全性評価ーガソリン及び CNG 自動車との比較	平成 22 年度日本火災学会研究発表会	2010/5
3	田村陽介	(財)日本自動車研究所	A Study on the Fire Response of Compressed Hydrogen Gas Vehicles	18th World Hydrogen Energy Conference 2010	2010/5
4	田村陽介	(財)日本自動車研究所	圧縮水素燃料自動車火災での隣接車両を伴う燃焼性状	日本機械学会 2010 年度 年次大会	2010/9
5	糸井裕彦	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器のガス透過の温度、圧力及び材質依存性について	日本機械学会 2010 年度 年次大会	2010/9
6	富岡純一	(財)日本自動車研究所	極端温度環境・実使用圧力条件による自動車圧縮水素容器 (VH3) の疲労寿命調査	日本機械学会 2010 年度 年次大会	2010/9

7	松野優	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器の充填放出サイクル時における容器内温度挙動	日本機械学会 2010 年度 年次大会	2010/9
8	糸井裕彦	(財)日本自動車研究所	水素消費による容器および附属品の温度変化の研究	自動車技術会 2010 年度秋季学術講演会	2010/9
9	富岡純一	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器(VH3)の疲労寿命に影響を及ぼす熱応力の調査	自動車技術会 2010 年度秋季学術講演会	2010/9
10	松野優	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器のガス充填放出サイクルにおける容器内の到達温度	自動車技術会 2010 年度秋季学術講演会	2010/9
11	田村陽介	(財)日本自動車研究所	燃料電池自動車火災における隣接車両への延焼性	自動車技術会 2010 年度秋季学術講演会	2010/9
12	富岡純一	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器の疲労調査	第 12 回フラクトグラフィシンポジウム	2010/12
13	糸井裕彦	(財)日本自動車研究所	水素消費時における自動車用圧縮水素容器(VH3), 放出ラインおよび附属品の温度変化	第 30 回水素エネルギー協会大会	2010/9
14	富岡純一	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器(VH3)の疲労寿命に及ぼす温度・圧力の影響	第 30 回水素エネルギー協会大会	2010/9
15	松野優	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器の充填放出サイクルにおける容器内ガスの温度挙動	第 30 回水素エネルギー協会大会	2010/9
16	田村陽介	(財)日本自動車研究所	Combustion Behavior of Leaking Hydrogen and Effects of Ceiling Variations	2011 SAE World Congress	2011/4
17	田村陽介	(財)日本自動車研究所	水素燃料電池自動車等を運送する船舶の安全基準の策定	平成 23 年度海上技術安全研究所研究発表会	2011/5
18	松野 優	(財)日本自動車研究所	Attained Temperature During Gas Fueling and Defueling Cycles of Compressed Hydrogen Tanks for FCV	4th International Conference on Hydrogen Safety	2011/9
19	富岡純一	(財)日本自動車研究所	Influence of pressure and temperature on the fatigue strength of Type-3 compressed-hydrogen tanks	4th International Conference on Hydrogen Safety	2011/9
20	田村陽介	(財)日本自動車研究所	The spread of fire from adjoining vehicles to a hydrogen fuel cell vehicle	4th International Conference on Hydrogen Safety	2011/9
21	田村陽介	(財)日本自動車研究所	局所火炎曝露試験用プロパンバーナの開発とその特性に関する研究	自動車技術会 2011 年度秋季学術講演会	2010/9
22	富岡純一	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器(VH3)の疲労寿命に及ぼす温度・圧力の影響	第 30 回水素エネルギー協会大会	2010/9
23	松野優	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器の充填放出サイクルにおける容器内ガスの温度挙動	第 30 回水素エネルギー協会大会	2010/9

24	田村陽介	(財)日本自動車研究所	Development and Characteristics of a Burner for Localized Fire Tests and Evaluation of Those Fire Tests	SAE 2012 World Congress	2012/4
25	田村陽介	(財)日本自動車研究所	水素漏洩を伴う水素燃料自動車の事故処理を想定した送風の有効性	平成 24 年度日本火災学会研究発表会	2012/5
26	田村陽介	(財)日本自動車研究所	Determining Hydrogen Concentration in a Vehicle after a Collision Test	Fires In Vehicles	2012/9
27	田村陽介	(財)日本自動車研究所	衝突試験後の閉鎖空間内での水素漏洩試験方法の検討	自動車技術会 2012 年度秋季学術講演会	2012/10
28	富岡純一	(財)日本自動車研究所	圧縮水素容器の使用環境負荷試験に関わる温調・加圧手順の影響	自動車技術会 2012 年度秋季学術講演会	2012/10
29	松野優	(財)日本自動車研究所	自動車用圧縮水素容器の急速充填における容器内温度挙動(第 5 報)	自動車技術会 2012 年度秋季学術講演会	2012/10
30	松野優	(財)日本自動車研究所	Recent and Future Research of Hydrogen Fueling Test in JARI	Fuel Cell Seminar & Exposition	2012/11

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	口頭発表 環境経済・政策学会 2008 年大会	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	口頭発表 環境経済・政策学会 2008 年大会	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

水素インフラ等に係る基準整備に関する研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	山田敏弘 (共著者)	高圧ガス保安協会	水素と材料	独立行政法人 物質・材料研究機構 宇宙関連材料シンポジウム	2012/6

水素ステーションの設置・運用等に係る規制合理化のための研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体等	発表年月
1	遠藤明	JPEC	2015年の燃料電池自動車・水素ステーションの普及に向けた規制再点検への取り組み	JPEC News 2011年9月号	2011/9
2	吉久憲司	JPEC	水素ステーションの設置・運用等に係わる規制合理化の研究開発	JPEC 平成24年度 技術開発・調査事業成果発表会	2012/6

【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(株)		CO ₂ 排出を半減	朝日新聞	2008/8/27
2	東京ガス(株)		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(株)		水素製造時の CO ₂ 回収	日本経済新聞	2009/3/13
4	東京ガス(株)		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(株)		東ガス、CO ₂ 半減	日刊工業新聞	2009/3/13
6	東京ガス(株)		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(株)		CO ₂ を同時回収・半減	化学工業新聞	2009/3/13
8	東京ガス(株)		水素製造時に CCS	電気新聞	2009/3/13
9	東京ガス(株)		CO ₂ 排出量を半減	ガスエネルギー新聞	2009/3/18
10	東京ガス(株)		基板と触媒を一体化	日経産業新聞	2012/01/27
11	東京ガス(株)		効率高め HV に挑む	日経産業新聞	2012/02/07
12	日本特殊陶業(株)		水素製造の中核技術開発	日本経済新聞 (中部版経済面)	2012/02/29

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 関西フロントランナー大賞 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

燃料電池自動車等に係る国際標準化および規制見直しのための研究開発

番号	受賞者	所属	受賞タイトル名	主催者名	受賞年月
1	高木靖雄	東京都市大学 名誉教授	2011 年度 標準事業 国際功績賞 (燃料標準化 WG 委員、 ISO/TC197/WG12 コンビナ)	日本機械学会	2012/3