

# 「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」

## 事業原簿【公開】

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

- 目 次 -

概要

プロジェクト用語集

I. 事業の位置付け・必要性について

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

II. 研究開発マネジメントについて

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

III. 研究開発成果について

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

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

(添付資料)

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

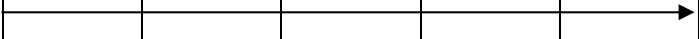
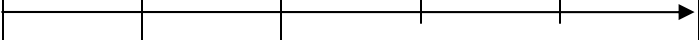
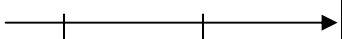
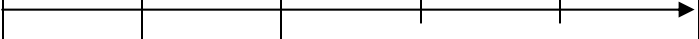
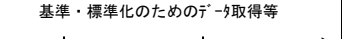
## 「研究開発テーマ毎の成果部」目次

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

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

## 概要

		最終更新日	平成 22 年 7 月 30 日
プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム		
プロジェクト名	水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発	プロジェクト番号	P08003
担当推進部/担当者	<p>新エネルギー部 担当者氏名 橋本主研、青塚主査、中山主査、大河原主査、曾根主査、深江主査、伊藤主査（22年度7月）</p> <p>燃料電池・水素技術開発部 担当者氏名 橋本主研、青塚主査、山下主査、中山主査、大河原主査、山本主査、高橋主査、伊藤主査（21年度）</p> <p>燃料電池・水素技術開発部 担当者氏名 檜山主研、橋本主研、石原主研、川村主査、青塚主査、中山主査、大河原主査、山本主査、高橋主査、山下主査（20年度）</p>		
0. 事業の概要	<p>来るべき水素エネルギー普及のための水素供給インフラ市場立上げ（2015年頃を想定）に向け、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器及びシステムの技術開発、要素技術開発、次世代技術開発及びシナリオ策定、フィージビリティスタディ等を実施する。それにより水素エネルギーの導入・普及に必要な一連の機器及びシステムに関する技術を確立する。具体的には、</p> <p>（1）システム技術開発：水素ステーション機器や車載等水素貯蔵/輸送容器について、低コスト化・コンパクト化開発及びそれら機器を組み合わせたシステムとして耐久性検証。</p> <p>（2）要素技術開発：水素製造・輸送・貯蔵・充填機器及びシステムに関する高性能化、軽量化、低コスト化及び長寿命化のための要素技術の開発・検証。</p> <p>（3）次世代技術開発・フィージビリティスタディ等：新規概念に基づく革新的な技術（例えば、化石燃料以外からの水素製造等）の開発及び水素社会実現に向けた技術開発シナリオの検討等</p> <p>を実施する。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>資源の乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となることを目指し「エネルギーイノベーションプログラム」が制定された。本事業は、その「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。</p> <p>燃料電池及び水素技術は、上記の目的達成に向けたキーテクノロジーとして、その実用化への期待が高い。第3期科学技術基本計画（2006年3月）においては「先進燃料電池システムと安全な革新的水素貯蔵・輸送技術」が戦略重点科学技術として選定され、エネルギー基本計画（2007年3月）、次世代自動車・燃料イニシアティブ（2007年5月）においても燃料電池及び燃料電池普及のために必要となる水素技術開発の重要性が述べられ、</p>		

	<p>さらには、Cool Earth 50—エネルギー革新技術に定置用燃料電池、燃料電池自動車及び水素製造・輸送・貯蔵が位置付けられている。従って、本事業は上記エネルギー施策・制度の目標達成に適合するものである。</p> <p>また、本分野における産業界の健全な育成については、産業界各社が自ら活動・対応するだけでなく産業界共有・共通の知的財産と成り得るものに対し、国費を元に研究開発・産業界支援を行い各社活動の重複を避け、短期集中的に仕上げることにより産業界全体として効率的な技術開発が可能となる。さらに、世界に先駆けて水素関連技術の実用化に先立ちシステム技術検証や要素技術開発を行うことは国際市場においても我が国産業界が先導的役割を果たすこととなり、さらに我が国経済力を向上させることに繋がる点で非常に有効である。</p>													
II. 研究開発マネジメントについて														
事業の目標	<p>「水素安全利用等基盤技術開発事業」（平成15年度～19年度）において、水素の安全性に係るデータの取得に基づく安全技術の確立、水素の製造・輸送・貯蔵・充填等に係わる技術開発を行い、関連する各機器について基本仕様を固め、性能において世界をリードできるレベルにまで到達させた。このような関連事業成果を踏まえながら、平成22年度末を目途に水素エネルギーの導入・普及に必要な低コスト、耐久性に優れた機器及びシステムを試作開発し、その試作開発結果を基に平成24年度までに耐久性評価等を行うことが事業の目標である。</p>													
事業の計画内容	主な実施事項	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy								
システム技術開発	<p>低コスト化・コンパクト化・耐久性に繋がる開発・検証</p> 													
要素技術開発	<p>低コスト化・耐久性等のための開発・検証</p>  <p>材料開発及び材料データ取得</p> 													
次世代技術開発等	<p>脱化石燃料による水素製造技術、シナリオ、FS等</p>  <p>基準・標準化のためのデータ取得等</p> 													
開発予算 (単位：百万円)	会計・勘定	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	総額							
一般会計	<table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </table>							0	0	0				0
0	0	0				0								
特別会計 (需給)	<table border="1"> <tr> <td>1700</td> <td>1360</td> <td>1350</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>4410</td> </tr> </table>							1700	1360	1350				4410
1700	1360	1350				4410								
補正予算	<table border="1"> <tr> <td>180</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>180</td> </tr> </table>							180	0	0				180
180	0	0				180								
総予算額	<table border="1"> <tr> <td>1880</td> <td>1360</td> <td>1350</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>4590</td> </tr> </table>							1880	1360	1350				4590
1880	1360	1350				4590								
開発体制	経産省担当原課	<p>資源エネルギー 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課・燃料電池推進室</p>												

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



	<p>取り込みことを報告し、追加公募することをアナウンスした。</p> <p>(4) 以上を踏まえ、平成 22 年 3 月に、次世代技術の継続審査委員会を開催し、2 件を平成 22 年度継続とし、また、基準・標準化等に係わる追加公募を実施し、本事業に取り込むとともに、2015 年普及開始期に実用化が必要、且つ実用化が可能な技術開発等に重点を当てた予算配分を行った。</p>															
評価に関する事項	事前評価	平成 19 年度実施 担当部 燃料電池・水素技術開発部														
	中間評価	平成 22 年度実施 担当部 研究評価部														
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>水素の製造・輸送・貯蔵・充填等に係わる技術に関して、性能向上、経済性、信頼性・耐久性向上、コンパクト化など研究開発を行った。これまでの関連事業成果を踏まえながら、平成 22 年度末を目途に水素エネルギーの導入・普及に必要な低コスト機器及びシステムを試作開発し、その試作開発結果を基に平成 24 年度までに耐久性評価等を行うことである。</p> <p>【研究開発目標と成果】</p> <p>●研究開発項目 I : システム技術開発</p> <p>(I-1) 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発</p> <table border="1" data-bbox="403 952 1423 1650"> <thead> <tr> <th>実施項目</th> <th>中間目標 (H22 年度)</th> <th>最終目標 (H24 年度)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ステーション建設コスト低減検討</td> <td>検討前提仕様作成、設計費 50%減</td> <td rowspan="5">設備コスト 2 億円以下、各機器メンテナンス回数 1 回以下/年に繋がる技術を開発・評価</td> </tr> <tr> <td>ステーションシステム運転技術開発検討</td> <td>水素ステーション完成、1 年以上の耐久性確認</td> </tr> <tr> <td>ディスプレイ機器コスト低減検討 機器耐久性検証 故障予知技術検討</td> <td>機器に関し 50%減 1 年以上耐久性確認 故障予知技術確立</td> </tr> <tr> <td>フレール設備開発検討</td> <td>初期改良型フレール設備製作、コスト低減方法立案</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>&lt;成果&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>動的解析モデルによるステーション圧力損失解析、流量解析を実施し、充填時間短縮するための設計指針提示を可能とした。</li> <li>建設コスト低減検討を実施し、現状コスト約 6 億円を約 2.5 億円に低減可能の結果を得た。またそのための課題を整理した。特に設計費は 50%削減の見通しが得られた。</li> <li>耐久性検証に供するディスプレイ、フレール設備を製作した。それらの機器を組み合わせ水素ステーション</li> </ul>		実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)	ステーション建設コスト低減検討	検討前提仕様作成、設計費 50%減	設備コスト 2 億円以下、各機器メンテナンス回数 1 回以下/年に繋がる技術を開発・評価	ステーションシステム運転技術開発検討	水素ステーション完成、1 年以上の耐久性確認	ディスプレイ機器コスト低減検討 機器耐久性検証 故障予知技術検討	機器に関し 50%減 1 年以上耐久性確認 故障予知技術確立	フレール設備開発検討	初期改良型フレール設備製作、コスト低減方法立案		
実施項目	中間目標 (H22 年度)	最終目標 (H24 年度)														
ステーション建設コスト低減検討	検討前提仕様作成、設計費 50%減	設備コスト 2 億円以下、各機器メンテナンス回数 1 回以下/年に繋がる技術を開発・評価														
ステーションシステム運転技術開発検討	水素ステーション完成、1 年以上の耐久性確認															
ディスプレイ機器コスト低減検討 機器耐久性検証 故障予知技術検討	機器に関し 50%減 1 年以上耐久性確認 故障予知技術確立															
フレール設備開発検討	初期改良型フレール設備製作、コスト低減方法立案															

システムを建設し1年間/メンテナンスの耐久性検証を実施した。

- ・また構成機器の耐久性を検証し、システム運転時の課題を抽出した。

(I-2) 車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術に関する研究開発

『中間目標』

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

<成果>

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

●研究開発項目Ⅱ：要素技術開発

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

(II-1) 水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発

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

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

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

<成果>

- ・ CO<sub>2</sub> 選択透過膜は 180°Cで、目標レベルの安定した性能を有する膜の開発に成功した。
- ・ CO 変性触媒については、より高活性な触媒への改良、コストダウン、量産化の実現に近づいている。
- ・ 高性能化と加工性の向上・低コスト化を両立すべく、触媒の組み合わせやリアクター構造の検討を実施した。

(II-4) ホウ素系水素貯蔵材料の開発

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

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

<成果>

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

- ・複合化に関しては、水素貯蔵に有利な反応経路を理論計算により予測し、複合水素化物の貯蔵特性における複合比の効果なども検討し、それらの最適化を進めた。
- ・中間相に関しては、水素放出・再吸蔵過程で生成した中間相を解明し、水素貯蔵特性における中間相の役割を検討した。
- ・水素放出・再吸蔵反応ともに促進できる添加物を選定し、その促進機構を解明した。また、微細構造を調査することによって、反応速度の支配因子を抽出した。

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

(Ⅱ-5) ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発

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

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

<成果>

- ・ 2 段のプラトーが出現することで水素吸蔵量がそれまでの 1.0 質量%から 1.7 質量%に増加した、MgPrNi<sub>4</sub> 組成の C15<sub>b</sub> 型のラーベス構造を有した合金を開発した
- ・ 313K で 300 サイクルの水素吸蔵・放出を繰り返した後も、95%以上の水素吸蔵・放出量を維持することができる Mg<sub>1.4</sub>Pr<sub>0.6</sub>Ni<sub>4</sub> 組成の合金を開発した
- ・ C14 型のラーベス構造を有した CaLi<sub>2</sub> 組成合金および第 3 元素置換を行った合金を正確に作製することができる、ヘリウム雰囲気での浮遊溶解による手法を開発した

(Ⅱ-6) 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発

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

<成果>

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

(Ⅱ-7) 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合容器の開発

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

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

<成果>

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

（Ⅱ-8）低コスト型70MPa級充填対応ステーション機器に係わる研究開発

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

<成果>

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

流量調節弁

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

(Ⅱ-9) 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発

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

<成果>

- ・ステーションの試設計を実施し、キャノピー上機器設置化や地下化することで配置計画、コンパクト化(敷地面積 517m<sup>2</sup> 及び 390m<sup>2</sup>)を実現できることを確認した。
- ・反射圧低減壁の開発において、数値解析により反射波のピーク圧力を低減することが可能な壁(反射圧低減壁)の開発を行い、検証実験によりその性能を確認した。
- ・水素燃焼制御システムの開発にて、燃焼伝播の防止に必要な条件を確認した。また、水素の不活性化に関する研究では、着火に至らせない「安全濃度」を決定した。

●研究開発項目Ⅲ：次世代技術開発・フィージビリティスタディ等

(Ⅲ-1) 水素燃料電池に係る国際関連機関等研究・政策動向の調査検討

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



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

<成果>

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

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

(Ⅲ-2) IEA/HIA 水素実施協定における国際技術開発動向の調査検討

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

<成果>

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

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

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

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

<成果>

・ WO<sub>3</sub> 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。

・ BiVO<sub>4</sub> 光電極の光電流を炭酸塩電解液を利用することで従来の電解液より 6 倍向上できた。

高速自動半導体探索システムを活用し、新規半導体の特許を 5 件出願した。\_

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

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

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

<成果>

・ 評価法の確立し、比活性が IrO<sub>2</sub> を上回る Zr 及び Ta 系材料の触媒の作製に成功した。

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

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

(Ⅲ-5) 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発

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

5

## 水素液化磁気冷凍システムの調査と解析

## &lt;成果&gt;

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

## (Ⅲ-6) 水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発

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

## &lt;成果&gt;

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

## (Ⅲ-7) 超高圧水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発

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

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

<成果>

・ Mg-(V, Zr)-(Li, Na)-H 系水素化物において、可逆的に水素を吸蔵・放出する新規水素化物を見出すとともに、水素放出温度と結晶構造との相関を示し得た。

・ 7 種の Li-M-H 系新規水素化物 (M: 遷移金属元素) を見出し、Li-Y 系水素化物において、可逆的に水素を吸蔵・放出することを確認した。 \_

・ Al 系共晶合金、アラネート、AlH<sub>3</sub> を原料として試みたが、適用条件下では新規水素化物相は得られなかった。

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

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

<成果>

・ スピルオーバー水素の貯蔵サイトを、炭素担体のエッジ、曲率をもつ部位、含酸素官能基、含窒素官能基に同定できた。

・ 炭素担体に担持する Pt の粒径が小さいほどスピルオーバー貯蔵量が増加することを見出した。また、安価な遷移金属 (Ni) による貯蔵にも成功した。 \_

・ スピルオーバー水素貯蔵サイト候補である、含窒素官能基の大量ドーピング法の開発に成功した。

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

実施項目	目標
Mg 基合金の開発	Mg 基合金に関する作製ノウハウを蓄積

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

<成果>

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

(Ⅲ-10) 水素エネルギーシステムの社会的便益に関する研究開発

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

<成果>

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

	<p>(Ⅲ-11) 水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ</p> <table border="1" data-bbox="405 241 1420 622"> <thead> <tr> <th data-bbox="405 241 568 322">NO</th> <th data-bbox="568 241 1420 322">目標</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="405 322 568 398">1</td> <td data-bbox="568 322 1420 398">前提条件の設定及び全体の評価を行う</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 398 568 474">2</td> <td data-bbox="568 398 1420 474">高圧水素供給フローの検討を行う</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 474 568 551">3</td> <td data-bbox="568 474 1420 551">液体水素供給フローの検討を行う</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 551 568 622">4</td> <td data-bbox="568 551 1420 622">有機ケミカルハイドライド法の検討を行う</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="405 638 497 667">&lt;成果&gt;</p> <p data-bbox="405 689 1420 936">・平成27年(2015年)を想定した水素供給インフラ市場立ち上げに向け、各水素キャリア(高圧水素、液体水素、有機ケミカルハイドライド)を用いた、オフサイト型水素製造から水素ステーションにおける燃料電池自動車への充填までの一連のフローにおける、経済的成立性や実現性及び普及に向けた今後の技術開発課題について抽出・検討を行なった。また、課題の解決策についての提言も行った。</p> <table border="1" data-bbox="405 1003 1420 1146"> <tr> <td data-bbox="405 1003 619 1041">投稿論文</td> <td data-bbox="619 1003 1420 1041">「査読付き」38件、「その他」20件</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 1041 619 1079">特許</td> <td data-bbox="619 1041 1420 1079">「特許出願」43件、「PCT出願」3件(予定も含む)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 1079 619 1146">その他の外部発表(プレス発表等)</td> <td data-bbox="619 1079 1420 1146">「外部発表」219件</td> </tr> </table>		NO	目標	1	前提条件の設定及び全体の評価を行う	2	高圧水素供給フローの検討を行う	3	液体水素供給フローの検討を行う	4	有機ケミカルハイドライド法の検討を行う	投稿論文	「査読付き」38件、「その他」20件	特許	「特許出願」43件、「PCT出願」3件(予定も含む)	その他の外部発表(プレス発表等)	「外部発表」219件
NO	目標																	
1	前提条件の設定及び全体の評価を行う																	
2	高圧水素供給フローの検討を行う																	
3	液体水素供給フローの検討を行う																	
4	有機ケミカルハイドライド法の検討を行う																	
投稿論文	「査読付き」38件、「その他」20件																	
特許	「特許出願」43件、「PCT出願」3件(予定も含む)																	
その他の外部発表(プレス発表等)	「外部発表」219件																	
<p>IV. 実用化、事業化の見通しについて</p>	<p data-bbox="405 1169 1420 1624">燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)が平成22年3月に発表した「FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ」において、2015年がFCVの一般ユーザー普及開始を目指す年と位置づけられている。さらに、特出すべき内容は2025年がFCV・ステーションの自立拡大開始の年として、前提条件としてFCVユーザーのメリット(価格・利便性等)が確保されて順調に普及が進んだ場合、FCV累計200万台程度、水素ステーション1000箇所程度としている。これは、水素ステーション設置及び水素コストが目標に達し、水素ステーションビジネスが成立する時期として、1水素ステーション当たりFCV2000台という目標数値である。このようなシナリオに基づき、本研究開発も2015年をターゲットとして実用化とその後の事業化を睨んでいる。</p>																	
<p>V. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>平成20年3月 制定</p>																
	<p>変更履歴</p>	<p data-bbox="547 1742 1420 1930">平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。平成21年3月、中間目標等を追記して改訂。 平成22年2月、研究開発項目Ⅱ、Ⅲの拡充、関連事業との連携を追記して改訂。</p>																

## プロジェクト用語集

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

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

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



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

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

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

研究開発項目Ⅱ：「水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発」

用語	説明
オフガス (Off gas)	改質側ガスから、水素分離膜により水素を分離精製した残りのガスの呼称。
カーケンダルポイド (Kirkendall void)	異種元素が接し相互拡散する場合、各元素の拡散速度の差異が大きいために生じる空孔。
グラファイトフェルール (Graphite ferrules)	グラファイト製のフェルール（別途説明あり）。本事業では、触媒一体化モジュールの継手部に使用している。
フェルール (Ferrules)	配管の継手部の流体密封手段のひとつで、チューブ端近くの接続部に咬ませるリング状の部品。
触媒一体化モジュール	水素分離膜モジュール（別途説明あり）の一種。本事業のテーマのひとつで研究開発対象としている。水素分離膜を支持する多孔質支持体に触媒機能を持たせている。別置きの改質触媒を必要としないため、システムのコンパクト化が期待できる。
水素製造効率	水素製造のためのエネルギー効率。定義式は以下のとおり。 $\frac{F_p(H_2) \times Q(H_2)}{F_c(NG) \times Q(NG) + W(AUX)} \times 100 (\%)$ <p> <math>F_p(H_2)</math>: 製造水素流量(Nm<sup>3</sup>/h)  <math>Q(H_2)</math>: 水素の熱量(J/Nm<sup>3</sup>)  <math>F_c(NG)</math>: 消費される天然ガス流量(Nm<sup>3</sup>/h)  <math>Q(NG)</math>: 天然ガスの熱量(J/Nm<sup>3</sup>)  <math>W(AUX)</math>: 補機の消費エネルギー(J) </p>
水素分離型リフォーマー	水蒸気改質による水素生成と水素分離膜による水素精製を単一つの反応管内で行う水素製造システム。従来システムに比べて、高効率でシンプルかつコンパクトという特長を有する。
水素分離膜モジュール	水素分離型リフォーマー（別途説明あり）の構成要素のひとつ。水素分離膜とそれを支持する支持体からなる。反応管（別途説明あり）の中で使用される。
反応管	本事業では、水素分離膜モジュールを改質触媒（触媒一体化モジュールの場合は必要なし）とともに内蔵する高温耐圧容器を指す。この中で水素の生成と精製を同時に行う。
ホットモデル	本事業では、補機類（ボイラー、圧縮機、水処理装置等）を別置きした試験用水素分離型リフォーマーを、ホットモデルと称している。
膜モジュール	水素分離膜モジュール（別途説明あり）。
メンブレン (Membrane)	本事業では、水素分離膜を指す。
MOC	Membrane On Catalyst. 触媒一体化モジュールの英語略称。

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

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

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

研究開発項目Ⅱ：「CO<sub>2</sub>膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発」

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

研究開発項目Ⅱ：「ホウ素系水素貯蔵材料の開発」

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

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



研究開発項目Ⅱ：「ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発」

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

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

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

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

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

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

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

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

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

用語	説明
アクチュエータ	自動弁に用いられる駆動機のこと。水素ステーション関連機器では主に空気圧を動力としたものを使用する。
固溶強化	窒素添加等により固溶体を作ることにより高強度化する手法。
自緊 自緊処理 (自己緊縮法 : autofrettage)	<p>製造工程中で、水圧などを利用して、容器内面に弾性限度以上になるような高い内圧を加えると、内圧をのぞいた後も変形は元に戻らず、図のように内層には圧縮応力、外層には引っ張り応力が残留し、容器内層が外層によって緊縛された状態になる。</p> <p>自緊により実効的なき裂進展力が低減されるので、蓄圧器の耐久性向上が見込まれる。</p> <div data-bbox="1050 454 1412 840" data-label="Figure"> </div>
靱性 (vE-30°C)	マイナス 30°Cにおけるシャルピー衝撃試験の吸収エネルギー。鋼の靱性はこの数値が高いほど高いとされる。
析出強化	炭化物の代わりに金属間化合物の微細な析出物粒子を熱処理により分散させ強度を高める手法。析出硬化系ステンレス鋼として SUS630 が知られている。
耐力 (0.2%耐力)	引張試験において 0.2%の残留ひずみを生じる荷重のこと。構造設計では 0.2%耐力の 75%を許容応力として用いることが多い。
ダイナミックシミュレーション	システムの微小時間の変化をあらゆる微分方程式を立て、数値解法を用いて解くことにより、対象とする流量、圧力等の時間変化を計算する予測計算手法
ナノインデンテーション試験 (超微小押し込み硬さ試験)  摩擦磨耗試験	<p>薄膜や微小領域の硬さとヤング率の測定を高精度で行う試験。圧子を材料や薄膜の表面に押し込み、表面硬さ等を求める。</p> <p>試験体の磨耗量、摩擦係数を求める目的で、実供用を模したボールとディスクとの間に荷重をかけ擦り合わせる試験</p> <div data-bbox="667 1552 906 1832" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1050 1563 1377 1720" data-label="Diagram"> </div> <div data-bbox="619 1870 970 1906" data-label="Caption"> <p>図 X. 超微小押し込み硬さ試験機</p> </div> <div data-bbox="1018 1859 1406 1933" data-label="Caption"> <p>図 X. 摩擦磨耗試験 (荷重増加式ボールオンディスク試験)</p> </div>

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



研究開発項目Ⅱ：「都市型コンパクト水素ステーションの研究開発」

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

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

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

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

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

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

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

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

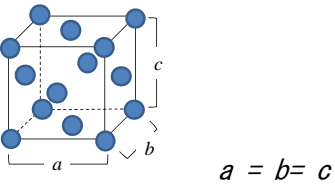
研究開発項目Ⅲ：「高効率水素液化磁気冷凍の研究開発」

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

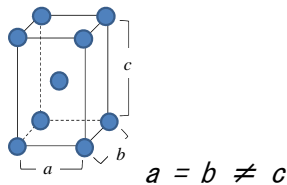
研究開発項目Ⅲ：「水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発」

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

研究開発項目Ⅲ：「超高压水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発」

用語	説明
FCC	Face-centred cubic (面心立方晶) の略。 
共晶合金 Eutectic alloy	共晶反応によって生成する凝固組織を共晶組織と呼び、そのような組織を持つ合金をいう。共晶組織は一般に2種類の板状結晶が交互に配列した層状であるが、稀に棒状、螺旋状をとる。いずれにせよ、数 $\mu\text{m}$ 程度のレベルの微細な組織である。共晶合金が融解するときは、純粋な単体の結晶のように一定温度(共晶点)を保つ。
金属間化合物 Intermetallic compound	2種以上の金属元素から構成される化合物。元素の原子比は整数である。成分元素個々とは異なる、特有の物理的・化学的性質を示す。
空孔 Vacancy	格子欠陥の一種である点欠陥の一つ。原子空孔ともいう。原子が規則正しく配列した結晶格子において、原子が本来在るべき場所から欠落している格子点をいう。絶対零度(0K)でない限り、結晶は空孔が存在した方が安定である。
合金 Alloy	金属元素単体からなる純金属に対し、複数の金属元素あるいは金属元素と非金属元素から成る金属様のものをいう。形態としては、完全に溶け込んでいる固溶体や上述の金属間化合物等がある。また、必ずしも単相でなくてもよく、複数の相から構成されるものも含む。金属成分が各々微細に独立した結晶組織を構成している共晶も合金である。
サイト Site	結晶格子における格子点、あるいは複数の原子によって構成される多面体の重心位置を指す。
錯水素化物 Complex hydride	錯体系水素化物の略称。 $[\text{AlH}_4]^-$ 、 $[\text{AlH}_6]^{3-}$ 、 $[\text{BH}_4]^-$ など水素を含み負の電荷を持つ錯イオンと正の電荷を持つ金属イオンとから構成される塩。 $\text{LiAlH}_4$ 、 $\text{NaAlH}_4$ 、 $\text{Na}_3\text{AlH}_6$ 、 $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ などが該当する。
水素化アルミニウム Aluminum hydride	化学式 $\text{AlH}_3$ 。アランとも呼ばれる。質量水素密度 10.6 %。式量 30.01。密度 $1.486 \text{ g/cm}^3$ 。無色の固体。融点約 423K (150°C)。強力な還元剤で、熱力学的に非常に不安定である。 金属アルミニウムを直接水素化させる、所謂、気相-固相反応から得ることは平衡解離圧の関係から非常に困難であるが、有機溶媒中でのアラネートを原料としたメタセシス反応により比



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

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

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

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

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

## I. 事業の位置付け・必要性について

### 1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

#### 1. 1 NEDO が関与することの意義

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

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

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

#### 1. 2 実施の効果（費用対効果）

当該事業を実施することにより、総合科学技術会議の「環境エネルギー技術革新計画」（平成20年5月）の技術評価において、2030年の市場規模：日本1兆円以上、世界3兆円以上と評価される燃料電池自動車と水素製造・輸送・貯蔵は「Cool Earth－エネルギー革新技術計画」（平成20年3月）において、世界全体の温室効果ガスの排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標を達成するためのエネルギー分野における21の革新的技術開発の中に選定され、温室効果ガスの削減にも大きな貢献をもたらすことが期待されてい

る。

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

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

## 2. 事業の背景・目的・位置づけ

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

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

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

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

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

#### ○FCV 車載用水素貯蔵技術

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

#### ○水素供給インフラ技術

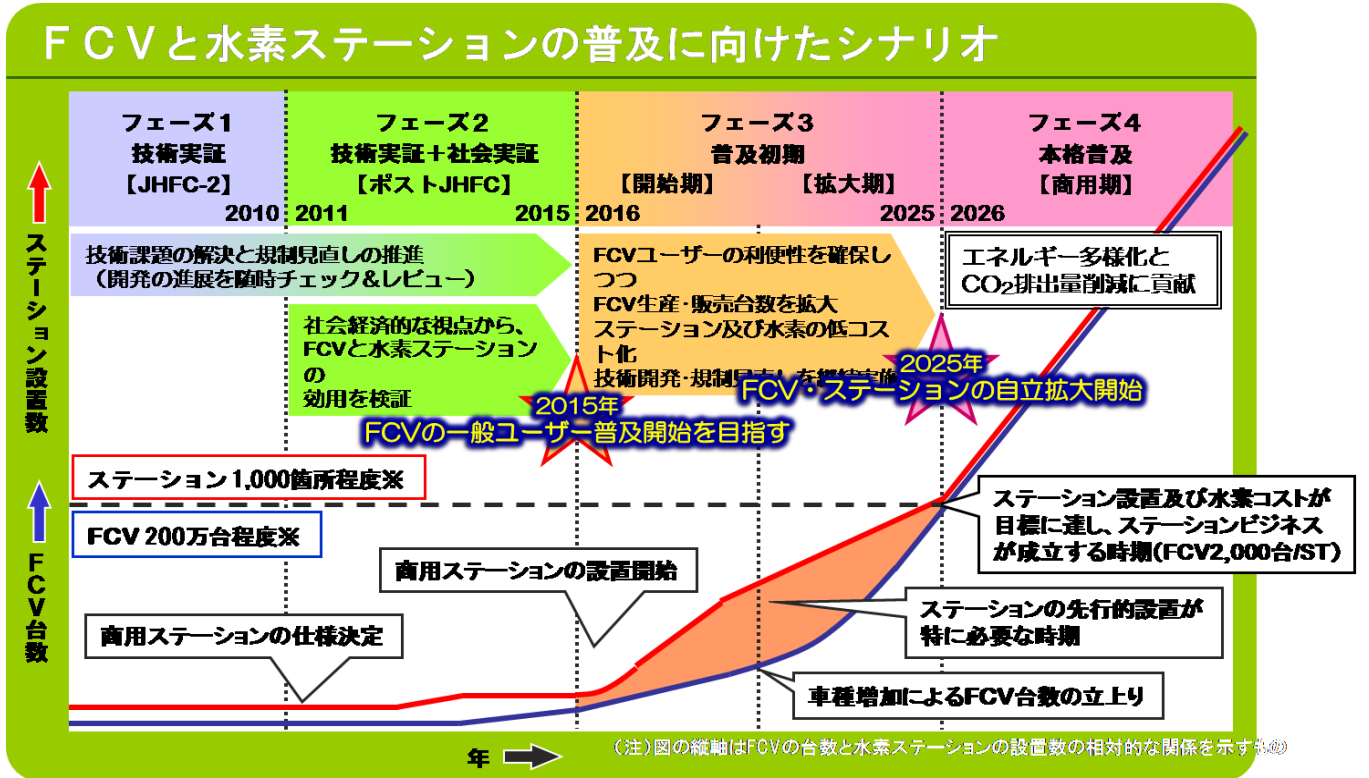
- ・ FCV の水素貯蔵の方向性に合わせ、水素ステーションも高圧ガス充填が主流であり、35MPa→70MPa へと移行する方向である。
- ・ 充填方式は、圧縮機から蓄圧器を介し充填する差圧充填方式と圧縮機から直接充填する直接充填方式がある。両方式ともコスト、技術課題があり実用化のためには検証が必要である。
- ・ 充填速度は、ガソリンスタンド並みの3分/5kg-H<sub>2</sub>が要求されている。  
※日本は、大容量圧縮機による直接充填、FCV の車載水素容器の状態をステーションに逐次伝えて充填する通信充填の開発には未着手。また、規制の面で厳しい状況である。

#### ○各国の技術レベル

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

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

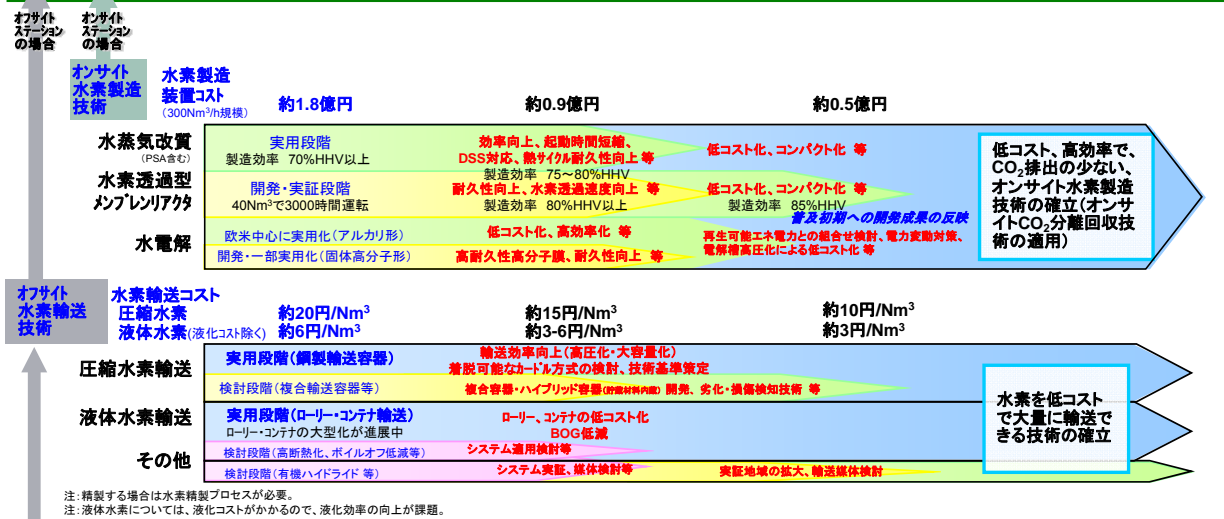
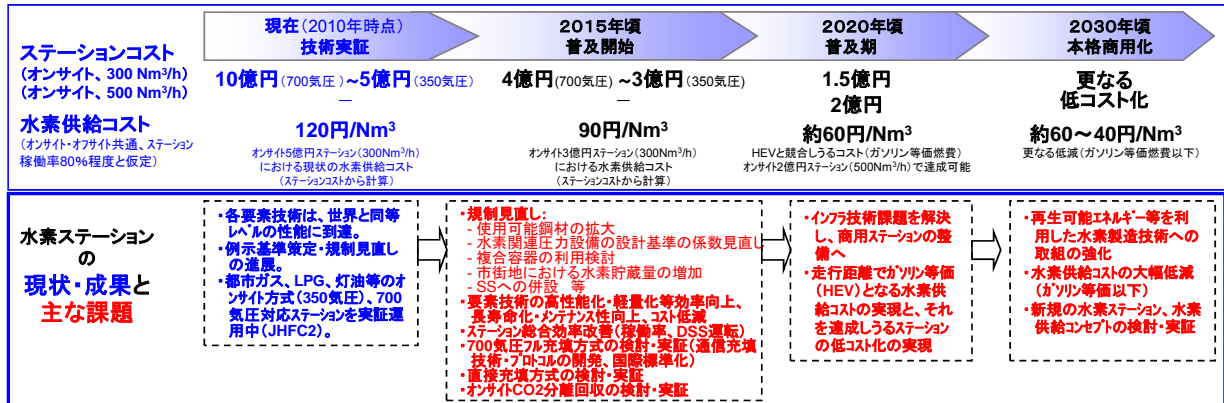
「燃料電池実用化推進協議会 (FCCJ)」によるシナリオ



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

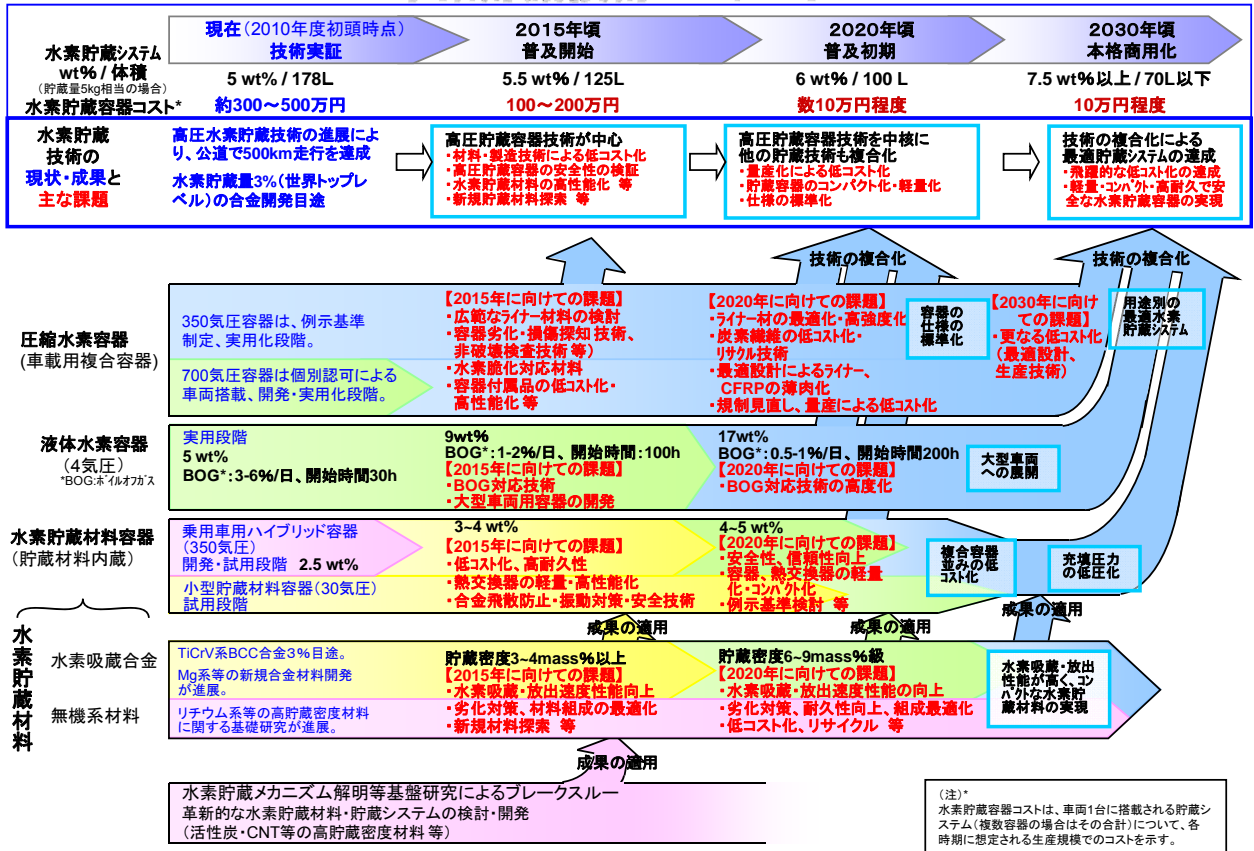
# 水素製造・輸送・供給技術ロードマップ

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





# 水素貯蔵技術ロードマップ



## II. 研究開発マネジメントについて

### 1. 事業の目標

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

#### 1.1 研究開発項目I：「システム技術開発」の目標

各研究開発テーマに関する達成目標は下記の通り。

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

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

###### 『中間目標』

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

###### 『最終目標』

低コスト化：設備コスト 2億円以下／システム

[300Nm<sup>3</sup>/h規模の場合、土地取得価格を除く]

高耐久性：各機器メンテナンス回数 1回以下/年

[日常的な簡易検査やメンテナンスを除く]

##### (2) 車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術に関する研究開発

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

###### 『中間目標』

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

高性能化：容器体積密度（外容積）=28（g-H<sub>2</sub>/L）以上

（ハイブリッド容器システムの場合）

『最終目標』

低コスト化：20万円以下／容器システム

ハイブリッド容器システムの場合は、

圧力＝35 MPa

質量貯蔵密度（システム）＝3 wt%

水素量/容積/容器質量＝5 kg/100 L/165 kg

1.2 研究開発項目Ⅱ：「要素技術開発」の目標

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

(1) 水素製造機器要素技術

水蒸気改質方式に関して、

『中間目標』

小規模のパイロットプラントを設計・製作し、性能の検証を行う。

『最終目標』

改質効率＝80%以上

起動時間＝3時間未満

設備サイズ＝10m<sup>3</sup>以下

設備コスト＝30万円/Nm<sup>3</sup>・h

具体的には、以下の各テーマのとおりである。

(Ⅱ-1) 水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発

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

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

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

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

(II-3) CO<sub>2</sub> 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発

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

(2) 水素貯蔵材料 (同材料容器を含む)・水素貯蔵/輸送容器要素技術

『中間目標』

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

極める。

『最終目標』

貯蔵材料（同材料容器や関連部品を含む）に関しては、

質量貯蔵密度＝6 wt%以上、

水素放出温度＝150℃以下、

耐久性＝1000回吸放出で初期貯蔵性能の90%保持、

材料コスト＝1000円/kg

具体的には、以下の各テーマのとおりである。

（Ⅱ-4）ホウ素系水素貯蔵材料の開発

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

（Ⅱ-5）ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発

実施項目	中間目標（H22年度）	最終目標（H24年度）

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

### (3) 水素ステーション機器要素技術

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

#### 『中間目標』

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

#### 『最終目標』

低コスト化：設備コスト 2 億円以下/システム

[300Nm<sup>3</sup>/h規模の場合、土地取得価格を除く]

高耐久性：各機器メンテナンス回数 1 回以下/年

[日常的な簡易検査やメンテナンスを除く]

具体的には、以下の各テーマのとおりである。

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

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

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

(Ⅱ-7) 低コスト型70MPa級水素ガス充填対応大型複合容器の開発

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

(Ⅱ-8) 低コスト型70MPa級充填対応ステーション機器に係わる研究開発

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

(Ⅱ-9) 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発

実施項目	中間目標 (H22年度)	最終目標 (H24年度)

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

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

具体的には、以下の各テーマのとおりである。

#### （Ⅲ-1）水素燃料電池に係る国際関連機関等研究・政策動向の調査検討

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

#### （Ⅲ-2）IEA/HIA 水素実施協定における国際技術開発動向の調査検討

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

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



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

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

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

#### (Ⅲ-5) 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発

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

#### (Ⅲ-6) 水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発

実施項目	目標
------	----

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

(Ⅲ-7) 超高压水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発

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

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

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

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

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

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

(Ⅲ-10) 水素エネルギーシステムの社会的便益に関する研究開発

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

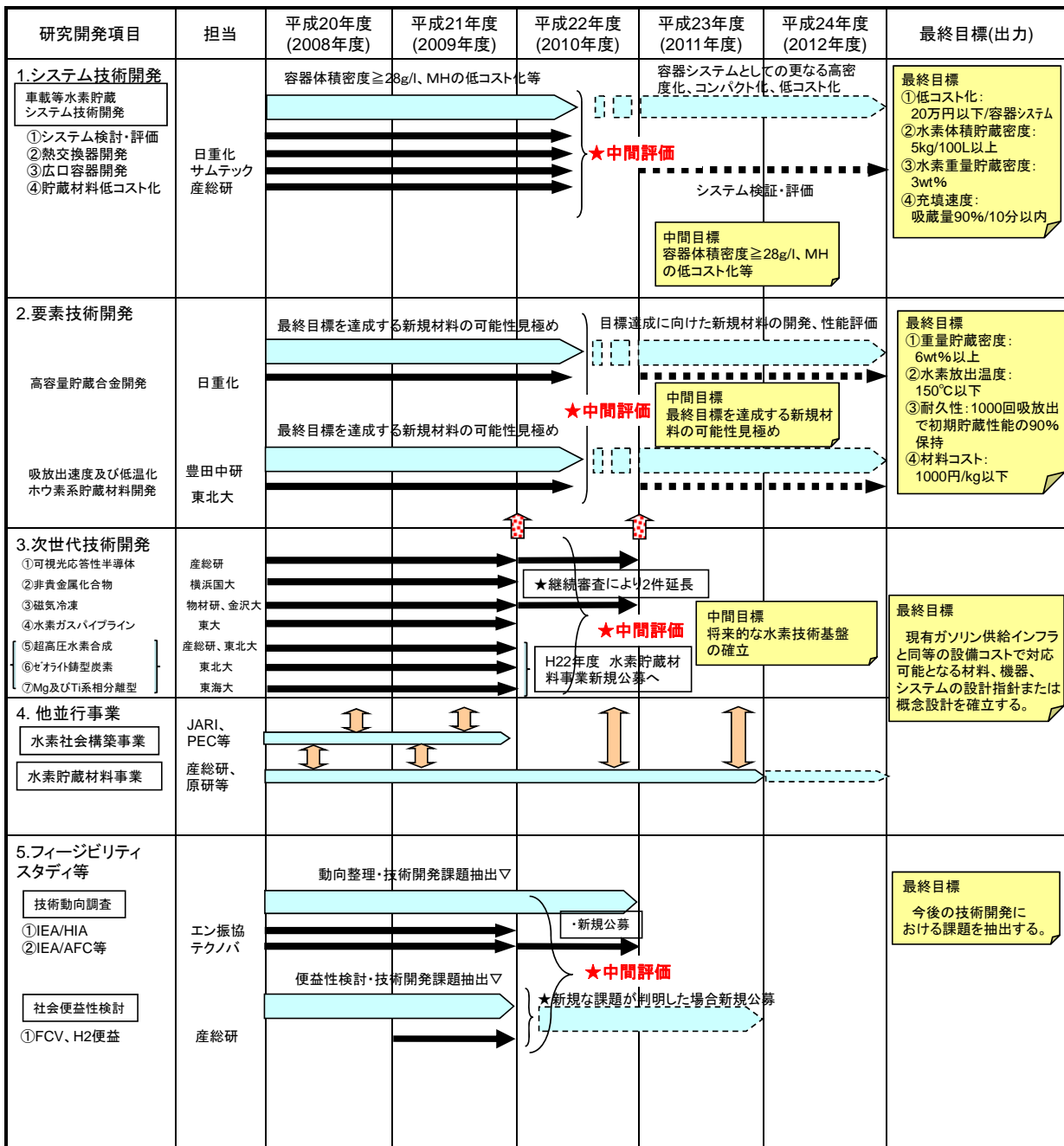
(Ⅲ-11) 水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ

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

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

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

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



## 2. 事業の計画内容

### 2. 1 研究開発の内容

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

#### I. システム技術開発:

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

#### II. 要素技術開発:

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

#### III. 次世代技術開発:

フ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等を行う。

### 2. 1. 1 研究開発項目 I 「システム技術開発」実施内容

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

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

#### ①ステーション建設コスト低減検討

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

#### ②ステーションシステム運転技術開発検討

・ステーションシステム耐久性検討、運転技術検証

#### ③ディスペンサ機器開発検討

・ディスペンサーコスト低減、耐久性検討

・故障予知技術開発、配管材料探索

・充填ホースコスト低減、耐久性検討

#### ④プレクール設備開発検討

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

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

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

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

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

### 2. 1. 2 研究開発項目Ⅱ「要素技術開発」実施内容

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

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

- ・水素分離型リフォーマーシステムの耐久性向上の研究開発

・触媒一体化モジュールの研究開発

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

本研究開発では、FCV 普及初期（2015 年頃を想定）での事業化に対応した実用的な水素ステーション用水素製造装置に要求される性能、仕様をユーザの視点から調査、検討し、その結果により水素製造装置の仕様目標を明確にするとともに、改質器と水素 PSA の高効率化開発を軸とした研究開発を行い、50Nm<sup>3</sup>/h 規模試作装置による検証運転を実施し、その結果とユーザ視点での評価を商用水素製造装置の設計に反映させる。具体的には以下の内容を実施する。

- ・水素ステーション用水素製造装置に対する要求仕様の調査、検討
- ・高性能反応器の研究開発
- ・高性能水素 PSA の研究開発
- ・50Nm<sup>3</sup>/h 水素製造装置試作機の設計、製作、検証運転
- ・50Nm<sup>3</sup>/h 水素製造装置試作機のユーザ評価

(3) CO<sub>2</sub> 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発（実施体制：(株)ルネサンス・エネルギー・リサーチ、(国)神戸大学、(国)京都大学、(独)産業技術総合研究所、(株)ミクニ）

選択的、高効率に CO<sub>2</sub> 分離が可能な CO<sub>2</sub> 選択透過膜と高性能な CO 変成触媒を組み合わせたメンブレンリアクターを開発する。その完成度を高めるために、メンブレンリアクターを構成する CO<sub>2</sub> 選択透過膜、CO 変成触媒等の各種要素技術の耐久性、信頼性を確立するとともに、量産化検討、コストダウン研究等を実施する。さらに、1m<sup>3</sup>/Hr 規模のメンブレンリアクターシステム（原理検証装置）での性能実証、メンブレンリアクターの特長を活かした PSA の最適化検討を行ない、その成果を基に 10m<sup>3</sup>/Hr 規模の小型パイロットプラント（改質器、メンブレンリアクター、PSA を含むトータルシステムを想定）の設計を行なうとともに、実機(300m<sup>3</sup>/Hr 規模の能力)を想定した一次 FS を行う。

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

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



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

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

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

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

- ・ Mg 系合金による水素吸蔵サイトの解析
- ・ 希土類-Ni系合金による不均化のメカニズム解析
- ・  $\text{CaMg}_2$  系合金の開発
- ・  $\text{CaLi}_2$  系合金の開発

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

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

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

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

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

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

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

具体的には以下の内容を実施する。

##### ①FW成形技術の開発

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

##### ②内部加熱法の開発

- ・ 中型内部加熱装置の設計開発
- ・ 内部加熱装置の適用検討

##### ③炭素繊維（CF）・トウプリプレグ（TPP）の開発

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

本研究開発を実施するにあたっては、水素供給インフラ立上げの想定である 2015 年のほか、FCV の普及が始まると予想される 2020 年、本格的普及時期と予想される 2030 年における FCV の普及台数と水素供給ステーション設置数を想定し、各年における水素需要量、対象となる 3 種の水素キャリアに共通の前提条件を設定する。この前提条件に基づき、フィージビリティスタディは、始めに各水素キャリア毎に現状の技術を用いた場合の各年における水素供給コストを算出し、コスト構成を把握した上で技術開発が期待できる項目を抽出し、技術開発が達成された際の水素供給コストを集め求め、経済性、WtT のエネルギー効率、環境性（CO<sub>2</sub> 排出量）の評価を行うとともに、それらの検討を基に、各水素キャリア毎に普及に向けての技術開発課題を抽出するものである。



## 2. 2 研究開発の実施体制

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

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

### 2. 2. 1 研究開発項目Ⅰ「システム技術開発」の実施体制

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

### 2. 2. 2 研究開発項目Ⅱ「要素技術開発」の実施体制

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

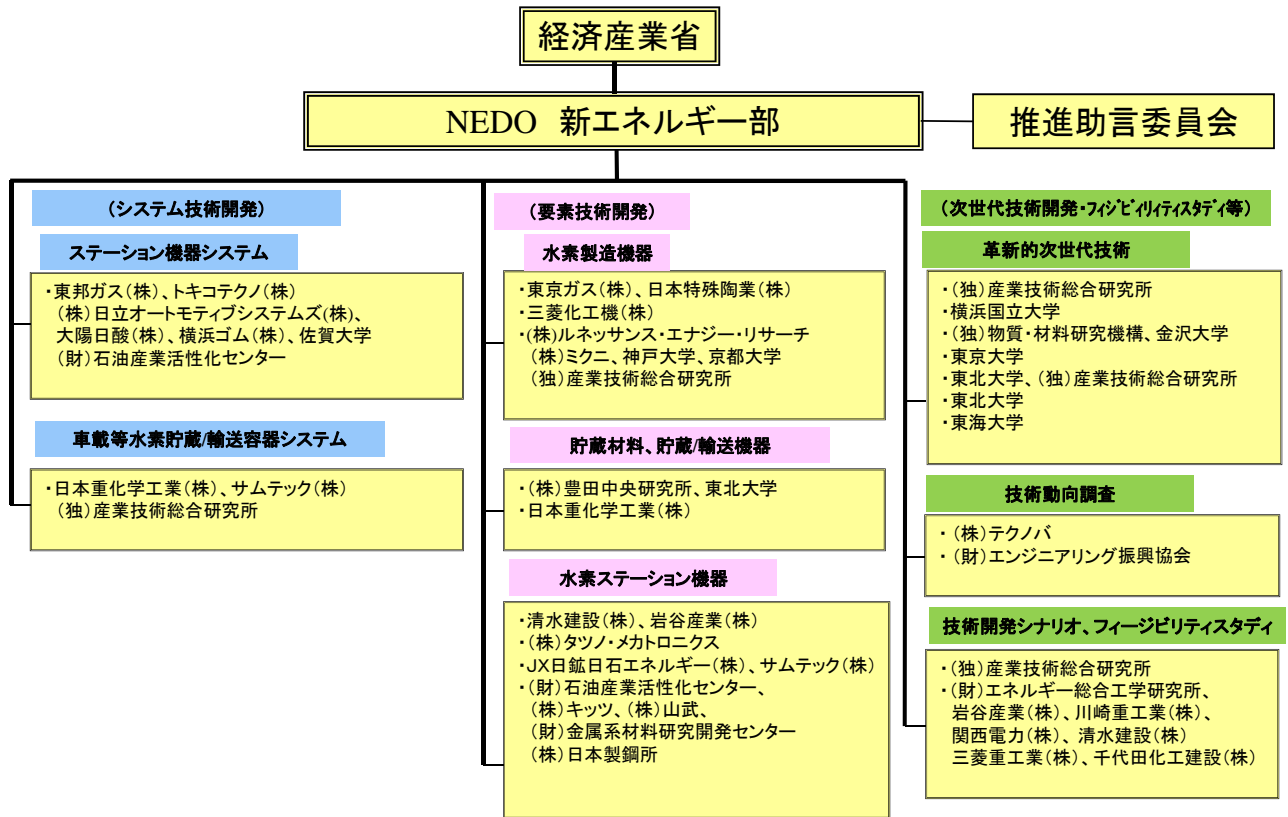
ンター、(株)日本製鋼所)

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

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

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

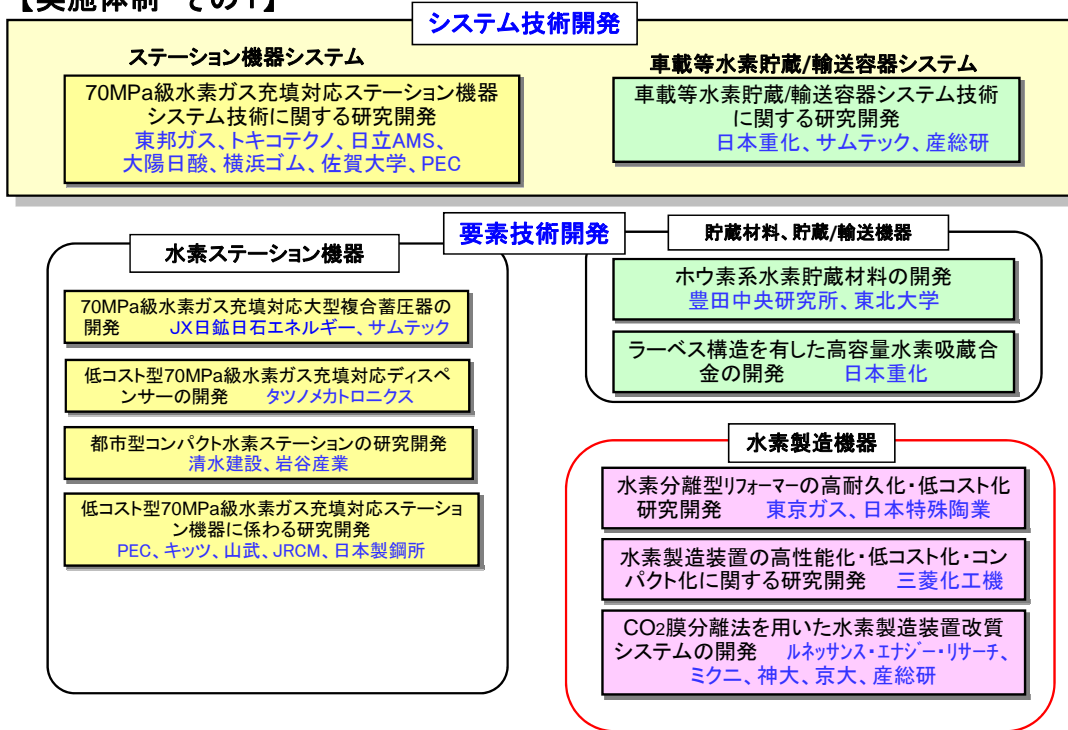
<事業実施体制の全体図>



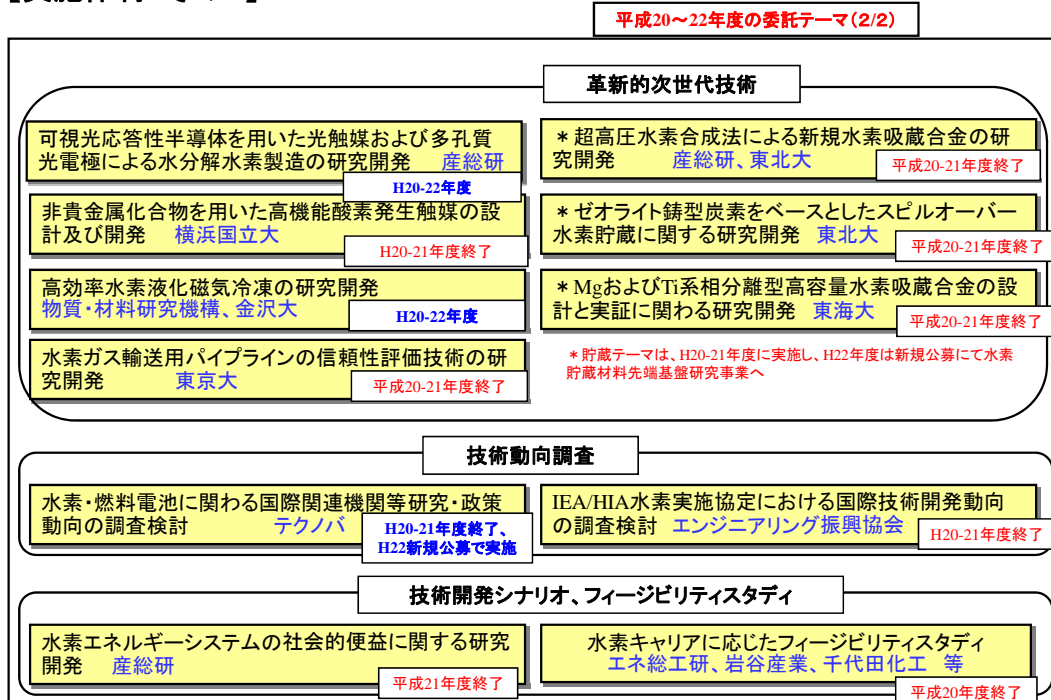
【実施体制 その1, その2】として各区分での実施テーマ名と実施者について下記に記す。

【実施体制 その2】では、実施年度についても記載した。

【実施体制 その1】



【実施体制 その2】



## 2.3 研究の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び研究開発責任者や研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標並びに本研究開発の目的及び目標に照らし適切な運営管理を実施する。

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

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

### 【研究開発の運営管理（WGの目的、実施状況）】

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

● 「水素ステーション関連WG」の参加対象テーマと実施者

(WGリーダー：(財)石油産業活性化センター)

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

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

このWGでは、最終目標である設備コスト 2億円以下/システム [300Nm<sup>3</sup>/h規模の場合、土地取得価格を除く] に向けて各機器メーカーと検討を行い、現時点で約2.5億円程度の見通しを得ており、最終目標値へ向けて検討中である。また、耐久性に関しても各機器メンテナンス回数 1回以下/年 [日常的な簡易検査やメンテナンスを除く] について各実施者が試験室レベルでデータ検証中であり、これに並行して各要素機器を組み合わせたシステムとして東邦ガス総合研究所でデータ検証試験中であり試験室レベルのデータとシステム実証データとを総合的に検討しながら最終目標値に向けて取り進めている。

● 「水素製造関連WG」の参加対象テーマと実施者

(WGリーダー：東京ガス(株))

- ・ 水素分離型リフォーマーの高耐久化・低コスト化研究開発 (実施者：東京ガス(株)、日本特殊陶業(株))
- ・ 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発 (実施者：三菱化工機(株))
- ・ CO<sub>2</sub> 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発 (実施者：(株)ルネサンス・エネジー・リサ-

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

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

●「水素貯蔵関連WG」の参加対象テーマと実施者

(WGリーダー：日本重化学工業(株))

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

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

●「水素キャリア委員会」の参加対象テーマと実施者

(WGリーダー：(財)エネルギー総合工学研究所)

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

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

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

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

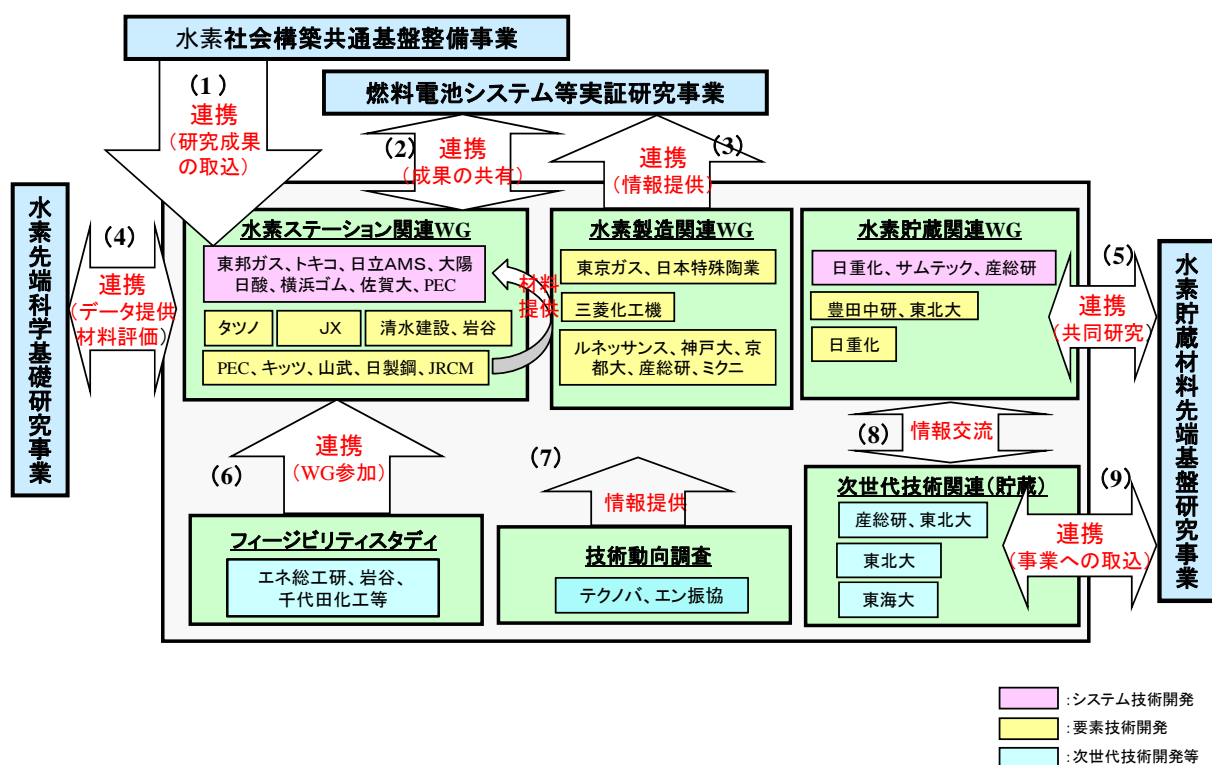
●NEDOと実施者との面談及び意見交換について

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

●他事業及び事業内のWGの連携体制について

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

【研究開発の運営管理（他事業及び事業内の連携）】



上記の(1)～(9)までの連携については以下のとおりである。

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



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

## 2. 4 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

2015年をFCV、水素インフラの普及開始期としての位置付けである。

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

## 3. 情勢変化への対応

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

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

このような情勢変化に対応するため、

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

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

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

#### 4. 評価に関する事項

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

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

水素ステーション関連WG 会議実績表

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

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

### 水素ステーション関連サブWG1 会議実績表

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

### 水素ステーション関連サブWG2 会議実績表

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

水素製造WG 会議実績表

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

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

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



水素貯蔵WG 会議実績表

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

水素キャリア委員会 会議実績表

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

### Ⅲ. 研究開発成果について

#### 1. 事業全体の成果

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

##### 1. 1 研究開発項目Ⅰ「システム技術開発」

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

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

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

##### 1. 2 研究開発項目Ⅱ「要素技術開発」

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

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

### 1. 3 研究開発項目Ⅲ「次世代技術開発・フイージビリティスタディ等」

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

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

## 1. 4 事業全体の成果概要

### 1. 4. 1 事業全体

研究開発項目の中間目標に対して、下記の表のとおり概ね達成する見込みである。

達成度「◎：大幅達成、○：達成、△：一部達成、×：未達」

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

### 1. 4. 2 研究開発項目別の成果

各テーマについての成果概要は以下のとおりである。

#### 研究開発項目Ⅰ：「システム技術開発」

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

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

研究開発項目Ⅱ：「要素技術開発」

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

<p>貯蔵材料（同材料容器や関連部品を含む）に関しては、  質量貯蔵密度＝6wt%以上、  水素放出温度＝150℃以下、  耐久性＝1000回吸放出で初期貯蔵性能の90%保持、  材料コスト＝1000円/kg</p>	<p>を選定し、その促進機構を解明した。また、微細構造を調査することによって、反応速度の支配因子を抽出した。  &lt;ラーベス構造&gt;  ・2段のプラトーが出現することで水素吸蔵量がそれまでの1.0質量%から1.7質量%に増加した、MgPrNi<sub>4</sub>組成のC15<sub>b</sub>型のラーベス構造を有した合金を開発した。  ・313Kで300サイクルの水素吸蔵・放出を繰り返した後も、95%以上の水素吸蔵・放出量を維持することができるMg<sub>1.4</sub>Pr<sub>0.6</sub>Ni<sub>4</sub>組成の合金を開発した。  ・C14型のラーベス構造を有したCaLi<sub>2</sub>組成合金および第3元素置換を行った合金を正確に作製することができる、ヘリウム雰囲気での浮遊溶解による手法を開発した</p>	
<p>（3）水素ステーション機器要素技術  水素ステーション機器システムに適用される要素技術として、下記目標達成に繋がる技術として確立する。  『中間目標』  普及に向けた水素ステーションシステム及び機器に関するコストダウン検討を行い、その対策案を検証する。  （参考）『最終目標』  低コスト化：設備コスト 2億円以下/システム  [300Nm<sup>3</sup>/h規模の場合、土地取得価格を除く]  高耐久性：各機器メンテナンス回数1回以下/年  [日常的な簡易検査やメンテナンスを除く]</p>	<p>&lt;ディスペンサー&gt;  ・ディスペンサーのプロトタイプを組み込み設計・試作が可能になった。  ・プレクール装置の仕様検討、評価装置を試作したことから、基礎評価の環境が整備できた。  ・70MPa大流量コリオリ流量計検出部、コアプロセッサタイプの計測部を設計、試作したことにより、性能評価が可能になった。  &lt;大型複合容器&gt;  ・アルミライナーを用いた高圧（破裂圧力300MPa以上）複合容器のトウプリプレグ（TPP）を使用したDRY法による試作に成功し、アルミライナーの設計仕様が確定した。  ・大型・長尺複合容器を製造しうる大型フィラメントワインディング（FW）装置の設計開発が終了し、大型複合容器の製造が可能となった。  ・内部加熱法の問題点（加熱ムラ）を確認し、装置の改良および内部加熱法に適した樹脂の開発を行い、内部加熱法を有効に利用するFW手法に目処が立った。  &lt;低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器&gt;  ・70MPa 級水素ステーション構成機器に対して技術、コスト両面から平成20年度分析したうえで、充填時間を考慮した最適化検討と、要素技術開発に取り組んだ。  （大容量鋼製蓄圧器、水素用高圧ボールバルブ）</p>	<p>中間目標に対してほぼ達成</p>



	<p>ブ、高強度金属材料、集中型制御システム、高耐久型流量調節弁)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・専門分野の異なる連名委託先が相互に連携し、ダイナミックシミュレーションを核とした総合的エンジニアリング技術と、これら要素技術を組合せることにより、低コスト型水素ステーションの技術的見通しを得た。</li> </ul> <p>&lt;都市型コンパクト水素ステーション&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ステーションの試設計を実施し、キャノピー上機器設置化や地下化することで配置計画、コンパクト化（敷地面積 517m<sup>2</sup> 及び 390m<sup>2</sup>）を実現できることを確認した。</li> <li>・反射圧低減壁の開発において、数値解析により反射波のピーク圧力を低減することが可能な壁（反射波低減壁）の開発を行い、検証実験によりその性能を確認した。</li> <li>・水素燃焼制御システムの開発にて、燃焼伝播の防止に必要な条件を確認した。また、水素の不活性化に関する研究では、着火に至らせない「安全濃度」を決定した。</li> </ul>	
--	---	--

**研究開発項目Ⅲ：「次世代技術開発・フイージビリティスタディ等」**

中間目標	研究開発成果	達成度
<p>(1) 革新的な次世代技術の探索・有効性検証          現有ガソリン供給インフラと同等の設備コストで対応可能となる（水素供給インフラを構成する）材料、機器、システムの設計指針または概念設計を確立する（平成21年度までの目標）。さらに、それまでの研究開発成果を評価し、更に1年間の継続可と判断する研究開発について、実用化のための詳細検討・検証等を行う（平成22年度までの目標）。</p>	<p>&lt;可視光応答性半導体 水分解&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・WO<sub>3</sub> 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。</li> <li>・BiVO<sub>4</sub> 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。</li> <li>・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。</li> </ul> <p>&lt;非貴金属化合物を用いた水電解&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・評価法の確立し、比活性がIrO<sub>2</sub>を上回るZr及びTa系材料の触媒の作製に成功した。</li> <li>・Zr及びTa系化合物は表面が酸化物であると酸素</li> </ul>	<p>ほぼ達成</p>

	<p>発生反応の活性が向上した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> </ul> <p>&lt;高効率水素液化磁気冷凍&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> <li>・ 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。</li> <li>・ 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。</li> </ul> <p>&lt;水素ガスパイプライン&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水素ガスパイプラインで想定される現実的な圧力・温度条件下では鋼中に拡散侵入する水素濃度は低く、準静的・動的条件下ともに水素脆化は顕著ではない。</li> <li>・ 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。</li> <li>・ 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。</li> </ul> <p>&lt;超高压水素合成法&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> <li>・ 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。</li> <li>・ Al 系共晶合金、アラネート、<math>AlH_3</math> 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。</li> </ul> <p>&lt;ゼオライト鑄型炭素&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> </ul>	
--	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul> <p>&lt;Mg およびTi系相分離型&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水素吸収・放出に伴う合金の「相分離」によって、MgH<sub>2</sub> が熱力学的に著しく不安定化することが実証された (合金構成元素間の結合力に依存)。</li> <li>・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。</li> <li>・Al 水素化合物の物理合成装置の設計・開発を行った。AlH<sub>2.5</sub> 組成を得ており、物理的合成の可能性が実証された。</li> </ul>	
<p>(2) 水素エネルギー導入・普及のための技術開発シナリオに関するフィージビリティスタディ等</p> <p>水素エネルギー導入・普及に向け、社会コストミニマムとなる展開シナリオ及び水素キャリア (有機ハイドライド、液体水素等) に応じたケーススタディやフィ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)。</p>	<p>&lt;IEA/AFCの動向&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・専門家による「先端燃料電池実施協定対応委員会」を組織、AFCIA の各作業部会に専門家を派遣、あるいはテクノバで参加し、我が国の R&amp;D 情報を提供した (NEDO の R&amp;D の状況、日本の政策、大規模実証やそのほかの具体的な R&amp;D プロジェクト)。このような情報提供を通じて、AFCIA に貢献した。</li> <li>・IPHE の議論を分析、わが国の政策や技術開発への影響を分析した。また国内の関係者とも協力し、日本の取り組みを PR するとともに、米国、カナダ、ドイツ、欧州連合などの主要国のイニシアティブを支援した。IPHE に対する我が国の貢献を明確になるように各種の報告などや作業を滞りなく進めた。</li> </ul> <p>&lt;IEA/HIAの動向&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul> <p>&lt;水素エネルギーシステム便益&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・FCV の導入普及初期の 5 年間 (H20 年度)、及び COCN の新導入シナリオ (H21 年度) をベースとし、環境便益の外部便益 (外部費用の削減)、および経済的波及効果を評価し、導入普及施策に</li> </ul>	<p>達成</p>

	<p>対する示唆を得た。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul> <p>&lt;水素キャリアに応じた&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul>	
--	--	--

### 1. 4. 3 研究開発成果の意義

#### (1) 成果の市場性

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

#### (2) 成果の水準

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

#### (3) 成果の汎用性

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

#### (4) 他の競合技術と比較しての優位性

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

### 1. 5 特許、論文、外部発表等の件数

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

具体的な特許、論文、外部発表の内容については添付リストを参照のこと。

#### 特許、論文、外部発表等の件数

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

\* H22 年度は 4、5、6 月までの集計数である。

### 1. 6 研究成果の最終目標の達成可能性について

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

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

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