

「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」

中間評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	16
評点結果	28

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」（中間評価）

分科会委員名簿

(平成22年8月現在)

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

敬称略、五十音順

注*：実施者の一部と同一大学であるが、所属部署が異なるため（実施者：東京工業大学 原子炉工学研究所）「NEDO 技術委員・技術評価委員規程(平成22年7月1日改正)」第34条（評価における利害関係者の排除）により、利害関係はないとする。

プロジェクト概要

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、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	「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。							
事業の計画内容	主な実施事項	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy		
	システム技術開発	低コスト化・コンパクト化・耐久性に繋がる開発・検証					→	
	要素技術開発	低コスト化・耐久性等のための開発・検証					→	
	次世代技術開発等	脱化石燃料による水素製造技術、シナリオ、FS等					→	
開発予算 (単位：百万円)	会計・勘定	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	総額	
	一般会計	0	0	0			0	
	特別会計 (需給)	1700	1360	1350			4410	
	補正予算	180	0	0			180	
	総予算額	1880	1360	1350			4590	
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課・燃料電池推進室						
	プロジェクトリーダー	なし						
	委託先	(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、日本重化学工業(株)、サムテック(株)、(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)ルネッサンス・エナジー・リサーチ、(国)神戸大学、(国)京都大学、(株)ミクニ、(株)豊田中央研究所、(国)東北大学、(株)タツノ・メカトロニクス、JX日鉱日石エネルギー(株)、(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、清水建設(株)、岩谷産業(株)、(株)テクノバ、(財)エンジニアリング振興協会、(国)横浜国立大学、(独)物質・材料研究機構、(国)金沢大学、(国)東京大学、(学)東海大学、(財)エネルギー総合工学研究所、川崎重工業(株)、関西電力(株)、三菱重工業(株)、千代田化工建設(株)						

<p>情勢変化への対応</p>	<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（FCGJ）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。</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。</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>													
<p>評価に関する事項</p>	<p>事前評価</p>	<p>平成19年度実施 担当部 燃料電池・水素技術開発部</p>												
	<p>中間評価</p>	<p>平成22年度実施 担当部 研究評価部</p>												
<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<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="432 1301 1453 1794"> <thead> <tr> <th>実施項目</th> <th>中間目標（H22年度）</th> <th>最終目標（H24年度）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ステーション建設コスト低減検討</td> <td>検討前提仕様作成、設計費50%減</td> <td rowspan="4">設備コスト2億円以下、各機器メンテナンス回数1回以下/年に繋がる技術を開発・評価</td> </tr> <tr> <td>ステーションシステム運転技術開発検討</td> <td>水素ステーション完成、1年以上の耐久性確認</td> </tr> <tr> <td>ディスプレイ機器コスト低減検討 機器耐久性検証 故障予知技術検討</td> <td>機器に関し50%減 1年以上耐久性確認 故障予知技術確立</td> </tr> <tr> <td>フレール設備開発検討</td> <td>初期改良型フレール設備製作、コスト低減方法立案</td> </tr> </tbody> </table> <p><成果></p> <ul style="list-style-type: none"> 動的解析モデルによるステーション圧力損失解析、流量解析を実施し、充填時間短縮するための設計指針提示を可能とした。 建設コスト低減検討を実施し、現状コスト約6億円を約2.5億円に低減可能な結果を得た。またそのための課題を整理した。特に設計費は50%削減の見通しが得られた。 耐久性検証に供するディスプレイ、フレール設備を製作した。それらの機器を組み合わせ水素ステーション 		実施項目	中間目標（H22年度）	最終目標（H24年度）	ステーション建設コスト低減検討	検討前提仕様作成、設計費50%減	設備コスト2億円以下、各機器メンテナンス回数1回以下/年に繋がる技術を開発・評価	ステーションシステム運転技術開発検討	水素ステーション完成、1年以上の耐久性確認	ディスプレイ機器コスト低減検討 機器耐久性検証 故障予知技術検討	機器に関し50%減 1年以上耐久性確認 故障予知技術確立	フレール設備開発検討	初期改良型フレール設備製作、コスト低減方法立案
実施項目	中間目標（H22年度）	最終目標（H24年度）												
ステーション建設コスト低減検討	検討前提仕様作成、設計費50%減	設備コスト2億円以下、各機器メンテナンス回数1回以下/年に繋がる技術を開発・評価												
ステーションシステム運転技術開発検討	水素ステーション完成、1年以上の耐久性確認													
ディスプレイ機器コスト低減検討 機器耐久性検証 故障予知技術検討	機器に関し50%減 1年以上耐久性確認 故障予知技術確立													
フレール設備開発検討	初期改良型フレール設備製作、コスト低減方法立案													

システムを建設し1年間/メンテナンスの耐久性検証を実施した。
 ・また構成機器の耐久性を検証し、システム運転時の課題を抽出した。

(I-2) 車載等水素貯蔵/輸送容器システム技術に関する研究開発

『中間目標』

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

<成果>

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

●研究開発項目Ⅱ：要素技術開発

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

(II-1) 水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発

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

<成果>

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

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

実施項目	最終目標 (H22 年度)
水素製造装置要求仕様の調査, 検討	装置仕様の確定
高性能反応器の開発	改質効率: HHV85%以上 スチームカーボン比: 2.5 以下
高性能水素 PSA の開発	水素回収率: 85% システムサイズ: 現状比 1/3
50Nm ³ /h 試作機的设计、製作、	改質効率: HHV82.5%以上

検証運転	起動時間：1時間
50Nm ³ /h 試作機的设计, 検証運転のユーザ評価	試作機设计、運転結果に対しユーザ視点で評価を行う。

<成果>

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

(II-3) CO₂膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発

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

<成果>

- ・CO₂選択透過膜は180°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	—	劣化要因の解明とその対処

解明 (H23-)		法の確立
実用化技術開発 (H23-)	—	材料系の最適化、大量合成技術の開発、低コスト化の指針
実用性評価 (H23-)	—	耐久性評価、小型タンク評価、実用化の課題抽出

<成果>

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

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

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

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

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

(II-5) ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発

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

<成果>

・2 段のプラトーが出現することで水素吸蔵量がそれまでの 1.0 質量%から 1.7 質量%に増加した、MgPrNi₄組成の C15_b型のラーベス構造を有した合金を開発した

・313K で 300 サイクルの水素吸蔵・放出を繰り返した後も、95%以上の水素吸蔵・放出量を維持することができる Mg_{1.4}Pr_{0.6}Ni₄組成の合金を開発した

・C14 型のラーベス構造を有した CaLi₂組成合金および第 3 元素置換を行った合金を正確に作製することができる、ヘリウム雰囲気での浮遊溶解による手法を開発した

(II-6) 低コスト型 7 O M P a 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。
- ・ブレイク装置の仕様検討、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。

(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

<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。大容量鋼製蓄圧

器 水素用高圧ボールバルブ 高強度金属材料 集中型制御システム 高耐久型流量調節弁

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

(Ⅱ-9) 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発

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

<成果>

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

●研究開発項目Ⅲ：次世代技術開発・フ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、あるいはテクノパで参加し、我が国の R&D 情報を提供した (NEDO の R&D の状況、日本の政策、大規模実証やそのほかの具体的な R&D プロジェクト)。このような情報提供を通じて、AFCIA に貢献した。
- ・IPHE の議論を分析、わが国の政策や技術開発への影響を分析した。また国内の関係者とも協力し、日本の取り組みを PR するとともに、米国、カナダ、ドイツ、欧州連合などの主要国のイニシアティブを支援した。IPHE に対する我が国の貢献を明確になるように各種の報告などや作業を滞りなく進めた。

(Ⅲ-2) IEA/HIA 水素実施協定における国際技術開発動向の調査検討

NO	目標

1	国際技術開発動向の把握
2	各 Annex(作業部会) の分析活動動向の把握
3	得られた情報の展開・普及及び共有化活動

<成果>

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

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

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

<成果>

- ・ WO_3 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。
- ・ $BiVO_4$ 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_2 を上回る Zr 及び Ta 系材料の触媒の作製に成功した。
- ・ Zr 及び Ta 系化合物は表面が酸化物であると酸素発生反応の活性が向上した。
- ・ Zr 系化合物を電極触媒として電解試験を行い、水電解効率は 60%であった。

(Ⅲ-5) 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発

NO	目標

1	実用磁気冷凍磁性材料の開発
2	高効率水素液化機構の開発
3	蓄冷型磁気冷凍機の開発
4	測定技術要素研究
5	水素液化磁気冷凍システムの調査と解析

<成果>

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

(Ⅲ-6) 水素ガス輸送用パイプラインの信頼性評価技術の研究開発

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

<成果>

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

(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。

<成果>

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

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

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

<成果>

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

(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、MgH₂が熱力学的に著しく不安定化することが実証された(合金構成元素間の結合性に依存)。
- ・ 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)	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> 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。 </td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> </table> <p><成果></p> <ul style="list-style-type: none"> ・FCV の導入普及初期の 5 年間 (H20 年度)、及び COCN の新導入シナリオ (H21 年度) をベースとし、環境便益の外部便益 (外部費用の削減)、および経済的波及効果を評価し、導入普及施策に対する示唆を得た。 ・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" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">NO</th> <th>目標</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>前提条件の設定及び全体の評価を行う</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>高圧水素供給フローの検討を行う</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>液体水素供給フローの検討を行う</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>有機ケミカルハイドライド法の検討を行う</td> </tr> </tbody> </table> <p><成果></p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成 27 年 (2015 年) を想定した水素供給インフラ市場立ち上げに向け、各水素キャリア (高圧水素、液体水素、有機ケミカルハイドライド) を用いた、オフサイト型水素製造から水素ステーションにおける燃料電池自動車への充填までの一連のフローにおける、経済的成立性や実現性及び普及に向けた今後の技術開発課題について抽出・検討を行なった。また、課題の解決策についての提言も行なった。 <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">投稿論文</td> <td>「査読付き」38 件、「その他」20 件</td> </tr> <tr> <td>特 許</td> <td>「特許出願」43 件、「PCT 出願」 3 件 (予定も含む)</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表 (プレス発表等)</td> <td>「外部発表」219 件</td> </tr> </table>	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。		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
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。																				
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																			
IV. 実用化、事業化の見通しについて	燃料電池実用化推進協議会 (FCGJ) 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 FCV 2000 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。																			
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 20 年 3 月 制定																		
	変更履歴	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。																		

公開



1. 事業の位置付け・必要性

【日本のエネルギー政策上の位置付け】

低炭素社会づくり行動計画（H20年7月）

環境エネルギー技術革新計画（H20年5月）

Cool Earth—エネルギー革新技術計画（H20年3月）

エネルギー基本計画（H19年3月改訂）


新・国家エネルギー戦略（H18年5月）

**エネルギー革新技術に定置用燃料電池、燃料電池自動車
及び水素製造・輸送・貯蔵が位置付けられる。**

事業原簿 I-(1),(2)

5

公開



1. 事業の位置付け・必要性

【研究開発政策上の位置づけ】

エネルギーイノベーションプログラム

【5つの政策の柱】 **I, II, III, V に寄与**

I. 総合エネルギー効率の向上

II. 運輸部門の燃料多様化

達成目標：バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や**燃料電池自動車**などの導入により、現在ほぼ100%の運輸部門の石油依存度を2030年までに80%程度とすることを目指す。

年度	石油依存度 (%)
1973年度	97%
2000年度	98%
2030年度 (目標)	80%

【図】 運輸部門における我が国の石油依存度と目標値】

III. 新エネルギー等の開発・導入促進

IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

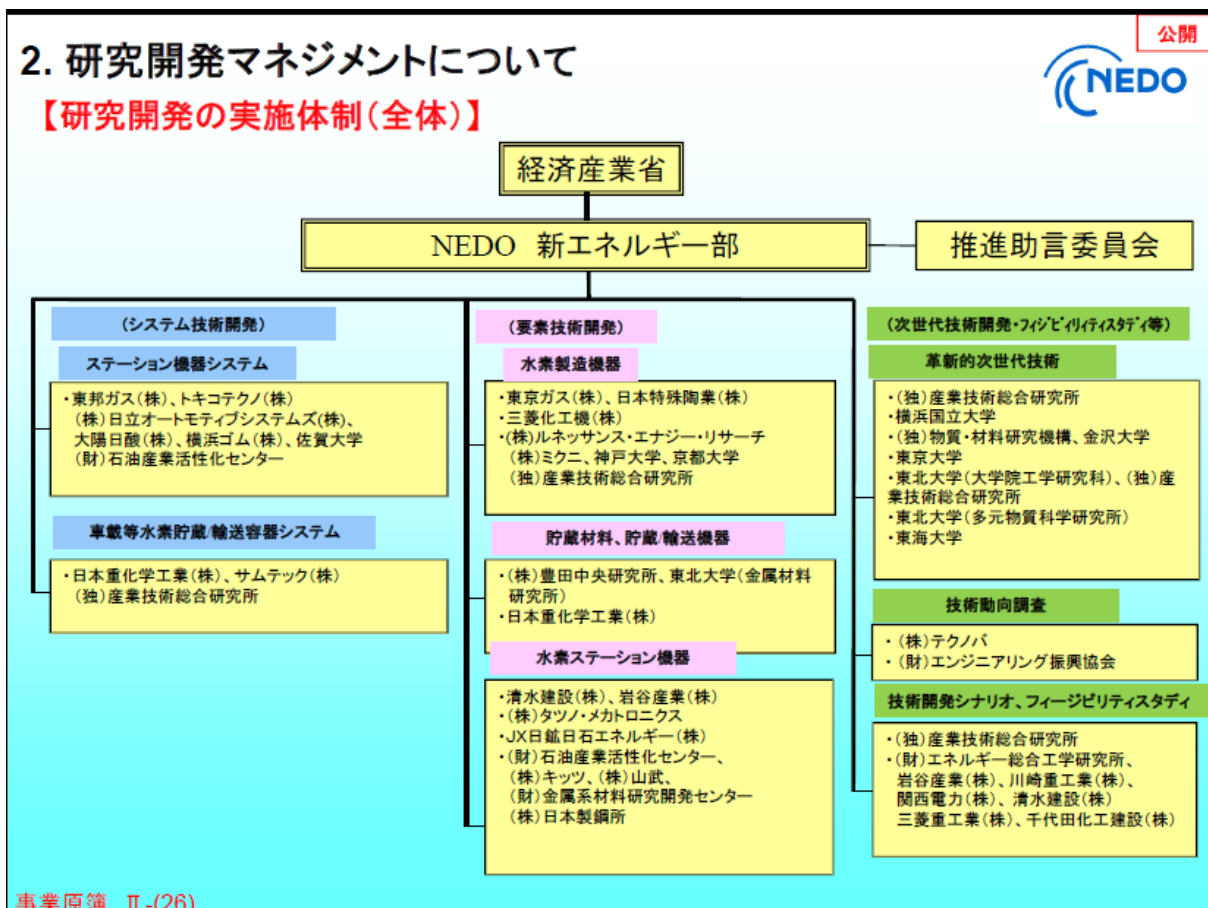
V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

事業原簿（添付資料）

6

「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」

全体の研究開発実施体制



「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」（中間評価）

評価概要（案）

1. 総論

1) 総合評価

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

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

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

2) 今後に対する提言

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

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

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

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

2) 研究開発マネジメントについて

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

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

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

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

3) 研究開発成果について

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

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

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

4) 実用化、事業化の見通しについて

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

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

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

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

個別テーマに関する評価

	成果に関する評価	実用化の見通しに関する評価	今後に対する提言
システム技術開発 ① 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発	<p>中間目標はおおむね達成されており、順調に推移している。</p> <p>動的解析モデルによる解析によって、直充填の見通しが得られそうなのは進歩と言える。また、試算の根拠はより明確にする必要があるが、建設コスト低減検討により、70MPa 級水素充填対応ステーション機器システム技術建設コストを 2.5 億円まで低減できたことは、最終目標である 2 億円の可能性が見えてきた。さらに、耐久性検証により、1 年間ノーメンテナンスの見通しを得たことは評価できる。今後はこの検証実験を基に、安全性を保証しながら特に厳しいといわれる我が国の規制緩和に寄与してほしい。</p> <p>一方、故障予知技術実用化に関しては、複数の技術を連結した時</p>	<p>実用化に向けて、それぞれ着実に進行していると評価する。特に、目標値までのコストダウンが技術的に可能という結果が得られた点は特筆できる。本課題の成果は、実質的な水素エネルギー適用元年となるであろう 2015 年の普及開始につながる成果を達成しつつあり、大いに期待できる。基準作りが同時に進む興味ある事例であるが、実用化に向けた課題も明確で概ね道筋も完成している。</p> <p>一方では、これを実際に市場に導入する際に水素貯蔵量による立地規制から、どのような区域に立地可能なのか、ガソリスタンドと同等のユーザー利便性を得るために、立地制限を受けないようにする為に必要な安全技術開発</p>	<p>我が国のエネルギー供給安全保障や CO₂ エミッション削減等から、課題の緊急性が極めて高い。70MPa 級の水素インフラ全体としての FS を行い、運転効率、コスト、耐久性、安全性等の指針を与える必要がある。70MPa なのか 35MPa なのかは、FCV 車両側の標準化とも関連するので早期の規格化が望ましい。</p> <p>また、最終年度までには、2015 年にユーザー数 2000 台の商用ベースに移行していく水素ステーションを考慮した場合に、更に必要となる技術開発があるのか、ステーションコストはどの程度になるのか等、課題を示してほしい。さらに、耐久性の判定手段として使用するセンサーの種類・使用法の開示、事業化されたときの</p>

	<p>に、ある段階で起った故障の原因が上流のどこにあったか、直ちに推定できるような、統合された予知技術を開発すべきである。</p> <p>特にホースの漏れやシールの漏れ等、安全に関する課題は、今まで行ってきた試験の妥当性も含め検証すべき。実際の使用条件を良く調べた上で、単体試験条件を設定すべきである。</p>	<p>等があるのかないかを示してほしい。また、実用化に必要な個別機器の耐久性の実証がまだ不足している。そして、この技術が完成した暁には、ユーザーは水素をいくらで購入できるかの試算を提示することも必要である。</p>	<p>状況想定、欧米での実施状況を視察するなどして、ノーメンテナンス適用可能性についての完成度の高い結論を導いて欲しい。</p> <p>さらに、水素の供給源の見通しを明確にし、水素をステーションまで運搬するのか、ステーションで水素を発生させるのか、開発のターゲットをもっと絞り込むべきである。運用による課題抽出、先行地域との事例比較など客観的評価も必要であり、オフサイト方式に移行した時のスタンドの汎用性についても考慮してほしい。</p>
<p>システム技術開発</p> <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>車載用水素タンクとしては、水素吸蔵合金（MH）との組み合わせによるハイブリッド貯蔵容器や 70MPa 高圧水素容器が最も実用化に近いとされており、そのため、要素技術をはじめ、実用化に向けた技術開発を行うことは重要である。</p>	<p>MH 合金を格納する MH カートリッジについての要素技術および MH 合金の開発が進んでいることは評価できる。従って、競合する複合容器との比較において、実用化のためには高性能な MH 合金の開発が鍵となる。</p> <p>ただし、今回開発している</p>	<p>車載ハイブリッド容器システムに関しては、車トータルの性能機能が成立する見通しを十分検討した上で、開発継続を判断する必要が有る。そして、最終目標の達成には、水素吸蔵合金の高容量化も必要条件であることから、本技術が早期（2015 年）の実用化</p>

	<p>より低圧で車載水素量を増やす試みとして、中間目標値を超える性能のハイブリッド貯蔵タンクの開発に成功したことは評価できる。</p> <p>ただし、水素吸蔵材料に関しては、基礎研究として可能性を示すことが出来ても実証や最終目標へのアプローチはかなり困難な状況であろう。特に耐久性や材料コストに対しては何らかのブレークスルーが必要である。車載用とした場合、貯蔵密度や充填速度の目標だけではなく、低温時の起動を含め温水回し等のシステムが成立するのか等十分な検討が必要である。</p>	<p>Ti-V-Mn 水素貯蔵合金に使われているバナジウムは、地球上では戦略物質となっているため、安価で多量に生産する自動車用としては、使用に心配がある。さらに、世界の大勢が 70MPa の充填圧力の水素ステーションの開発に向かっていく中で、35MPa の充填圧力のハイブリッド貯蔵タンクが本当に実用化されるのか不透明である。</p> <p>実用化のためには、水素吸蔵にともなう圧密化の回避や、これと連動する圧力損失上昇と熱伝導率上昇のトレードオフの克服が必要と考えられる。</p>	<p>に間に合うのか再評価し、プロジェクトの位置付けを再検討する必要がある。</p>
<p>要素技術開発 ① 水素製造機器要素技術に関する研究開発 ①-1 水素分離型リフォーマーの</p>	<p>全体として概ね中間目標を達成しており、今後の道筋も明確である。世界的に見ても技術水準は高く、国際競争力も獲得していると考えられる。水素ステーション用水素製造技術は水素インフラ</p>	<p>安全性を担保したうえでの低コスト化を実現して、早期の事業化を目指して欲しい。加えて、本成果の汎用性、より広い応用への波及効果に期待したい。水素分離型リフォーマーにおいて、分散型</p>	<p>技術活用の拡大のためにも、更なる技術の高度化に期待するが、水素製造のための CO₂ エミッションは極力避けるべきで、LCA を用いた評価も必要である。</p> <p>水素スタンドを含めた水素イ</p>

<p>高耐久性・低コスト化研究開発</p> <p>①-2 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発</p> <p>①-3 CO₂ 膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発</p>	<p>構築のために必須の技術であり、水素スタンド整備に向け着実に成果が得られている。特に、水素分離型リフォーマーで目標を上回る耐久性が実証されたこと、および水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究で、改質器のサイズの大幅な小型化に成功したことは評価できる。</p> <p>一方では、水素発生装置においてスケールアップした場合に、現検証機からのアナロジーが成立するかどうか、今後、シミュレーションなどによる検証が必要である。</p> <p>また、水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化は、改質器の小型化に成功するなど成果がありながら特許出願がされていないのは問題である。CO₂ 膜分離法を用いた水素製造改質システムについては、技術内容の</p>	<p>水素製造としては世界初の CO₂ 回収が実証されており、波及効果大きい。今後は触媒一体型モジュールの性能向上に期待したい。</p> <p>水素製造機器要素技術に関する3種類の研究開発が並行して進められているが、それぞれの技術の実用化までに要する期間がまちまちであり、早期の実用化のストーリーが明確ではない。水素分離型リフォーマー、および水素製造装置の高性能化については、これまでの NEDO の他のプロジェクトにおいても活発に行なわれており、それらの成果を十分に取り入れた研究開発が望まれる。</p>	<p>ンフラ全体としての FS を行い、効率、コスト、大きさ等の指針を与えて、水素製造装置の開発目標に反映させるべきである。水素製造機器要素技術に関する3つの研究開発では、小型試作機については、システム規模(40、50、10Nm³/h)がさまざまであるため、その性能を横並びする等の指導を願いたい。そうすれば、将来、容易にテーマの合体、組合せ技術の成果が予測でき、NEDO ならではの開発マネジメントの特長として打ち出せるのではないか。</p> <p>また、早期の実用化に耐える技術を選別し、重点投資すべきで、より実用化が遠い技術については、長期スパンの研究開発に位置付けを変えるべきである。</p> <p>さらに、この成果は、モビリティへの水素供給にとどまらず、より広範な水素エネルギーの面的利用拡大にも寄与できる。また</p>
---	---	--	--

	開示が不十分である。		他の用途（化学工業等）での水素製造にも、適用可能である。
<p>要素技術開発</p> <p>② 水素貯蔵材料・水素貯蔵/輸送機器要素技術に関する研究開発</p> <p>②-1 ホウ素系水素貯蔵材料の開発</p> <p>②-2 ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発</p>	<p>いずれのテーマにおいても貯蔵の目標値にはまだ達していないが、高容量の水素貯蔵材料開発のためにチャレンジングな技術開発が行われていると評価できる。その中で、ホウ素系水素貯蔵材料において、再吸蔵可能な材料の開発指針が明確化されたのは特筆できる。複錯陰イオンという物質群に目を向けた着想も秀逸である。ホウ素系水素貯蔵材料およびラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の両者において、最新の解析技術の動員が進んでいる。</p> <p>このように、ホウ素系、ラーベス合金ともに、基礎的な知見の集積が進んでいるが、目標達成には困難が予想される。実用レベルに至るまでには、反応速度の大幅な改善、反応温度の低下を図らねば</p>	<p>現状では水素貯蔵材料の 2015 年頃の実用化は難しいと判断せざるを得ないが、実現すればその分波及効果も大きい。</p> <p>しかしながら、実用化への指標として最も重要な 150℃の水素放出温度、6 wt%級の再水素吸蔵の目標を同時に達成することができておらず、2015 年頃に普及開始のインフラ技術確立を目指す本事業の目的と乖離が出てきている。ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金において、候補合金の組成を見た瞬間に 6 質量%の達成が不能というケースが多々見られる。設計指針が得られたとして、それをどう実用化と結びつけるのか、自らを厳しく問い詰める必要がある。実用化を議論する段階には至っていない。</p>	<p>ホウ素系水素貯蔵材料及びラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金は、基礎研究の段階であり、開発の位置づけを、「要素技術開発」から「次世代技術開発」に変更すべきである。あるいは、水素貯蔵材料先端基盤研究事業へ移管することを検討すべきではないか。</p>

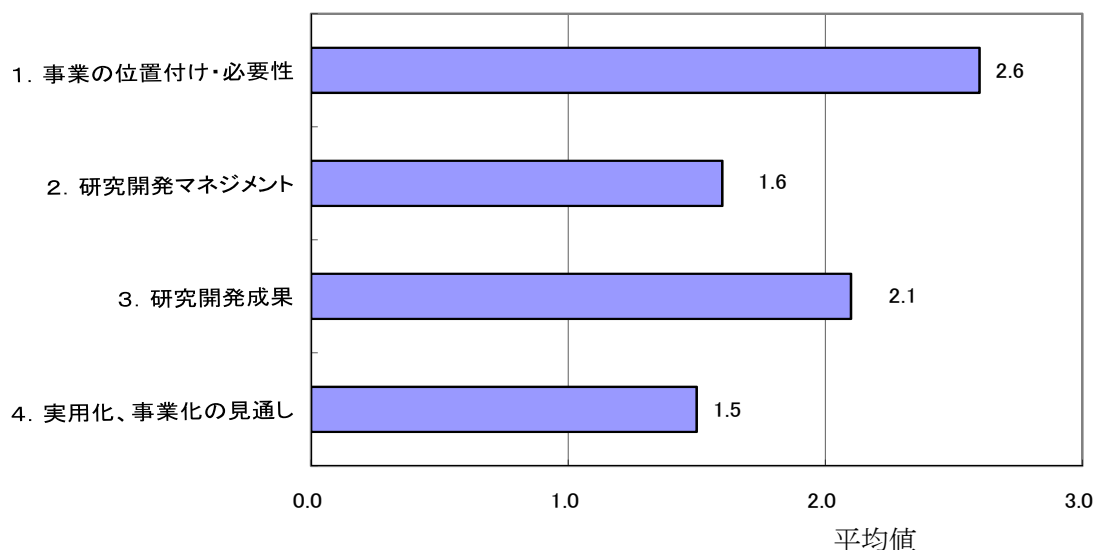
	<p>ならない。</p> <p>貯蔵材料として合金系、無機系、有機系、炭素系などがあるが、今回のホウ素系やラーベス系合金が取り上げられる必然性がどこにあるのかをもっと明らかにする必要がある。</p>		
<p>要素技術開発</p> <p>③水素ステーション機器要素技術に関する研究開発</p> <p>③-1 低コスト型70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発</p> <p>③-2 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発</p> <p>③-3 低コスト型70MPa 級水素ガ</p>	<p>ディスペンサー（流量計）、大型複合蓄圧器、その他機器、及び都市型ステーションの4つのテーマにおいて、総じて中間目標値を達成し、プロトタイプ機的设计製作、認証獲得等へ進展している。</p> <p>且つ、個々の要素についても、安全性の担保と低コスト化に努力している。特に、水素ステーション設置のための安全技術に関する研究成果は重要である。</p> <p>また、低コスト型70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発で、70MPa 用コリオリ型流量計開発の見通しを得られたことは、中間目標達成に対して大</p>	<p>プロトタイプ的设计や試作の見通しが得られているので、システム技術開発に取り込み、更なる実証実験による信頼性確保と低コスト化を目指していただきたい。特に、70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器においては、原材料供給以外の全ての工程を一貫して扱っているため、確実な技術開発がなされている。</p> <p>一方、個々の機器がバラバラに開発されており、最終的にシステムとしてどのような機器構成になり、各機器間のインターフェイスは誰が責任を負うのか不明確である。また、想定するステーシ</p>	<p>実用化に際しては、特に水素ステーションの安全性が大きな問題である。安全性を担保したうえでの低コスト化を実現して、早期の事業化を目指して欲しい。加えて、本成果の汎用性、より広い応用へ（特に水素の面的利用）の波及効果に期待したい。水素ステーションの全国展開を見込んだ場合、地域特性に配慮が必要であり、高度化、低コスト化にあわせて容易な操作性も考慮しておくべきである。</p> <p>また、70MPa 級水素ステーションの開発全体に責任を負うプロジェクトマネージャーを置き、</p>

<p>ス充填対応ステーション機器に係わる研究開発 ③-4 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発</p>	<p>変に希望が持てる。また、70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器で破裂圧力 300MPa 以上を達成した意義は大きい。</p> <p>ただし、ディスペンサーの開発について特許出願されていないのが気になる。また、蓄圧器の開発では、80MPa での水素透過の実施検討が必要である。さらに、水素ステーションにおける危険対策を施す重み付けをつけることが必要である。</p> <p>水素ステーション機器要素技術の開発では、世界に先駆けて低コストの 70MPa 級充填対応ステーションを手がけているので、知的財産権等の取得及び標準化を世界の中心になって進めてほしい。</p>	<p>ョンの目標とする仕様もバラバラであり、統一すべきである。他事業の燃料電池システム等実証研究事業 (JHFC) で都市ガス以外にも灯油、LPG 等の異なる燃料を扱うステーションも同時検討しており、JHFC 事業との更なる連携強化が必要である。</p> <p>実用化のためには、都市部では特に、安全性に関する技術は重要である。</p>	<p>個々の機器の開発の整合性を図るべきである。</p> <p>2015 年の FCV 本格普及については、ISO などの国際標準化活動を推進している本プロジェクトの他テーマとの連携が望ましい。</p>
<p>次世代技術開発・フィージビリティスタディ等 ① 革新的な次世</p>	<p>水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討については、わが国の水素シナリオ推進のためにも重要な役割</p>	<p>(本個別テーマは「実用化の見通し」)</p> <p>高効率水素液化磁気冷凍の研究開発については、冷凍試験機による効果の確認もされ、更なる研</p>	<p>水素・燃料電池に関わる研究・政策動向の調査検討については、より一層、我が国からの情報発信を積極的に行なうことによって、</p>

<p>代技術の探索・有効性検証に関する研究開発</p> <p>①-1 水素・燃料電池に関わる国際関連機関等研究・政策動向の調査検討</p> <p>①-2 可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発</p> <p>①-3 高効率水素液化磁気冷凍の研究開発</p>	<p>を担っていると評価できる。可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造、および高効率水素液化磁気冷凍は、直ちに実用化に至る技術ではないが、世界水準に比肩すべき成果が得られている。磁気冷凍による液化は、効率の面で他の液化技術と比較して優位性がある。液化以外の冷凍あるいは冷蔵法に適用できないか、汎用性を追究してほしい。</p> <p>ただし、水素・燃料電池の調査検討については、NEDO 開発事業に提言できる具体的な技術動向に焦点を絞って纏めてほしい。また、水素技術についての単なる情報収集や動向調査で済ますことなく、水素エネルギーに係わるプロジェクト全体を戦略的、且つ効率的に推進させることができるよう国際的にイニシアチブが取れる活動が望まれる。</p>	<p>究で実用化の目途がたつものと期待する。本技術による液化水素製造に必要なエネルギーと70MPa 圧縮水素製造に必要なエネルギーとの比較があると本技術の価値がわかり易くなる。</p> <p>技術の有効性は確認できているので、競合他技術との比較の上にならば今後の展開を検討すべきである。特にランニングコストを中心とした経済性に関する検討は、競合他技術との比較の上で重要である。もちろんイニシャルコストにも言及してほしい。</p> <p>一方、可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造においては、人工光合成システムを実現できるレベルの光触媒が見出されているが、実用には更なる効率向上が必要である。コスト試算ではなく効率の6-10倍の向上を第一に目指すべきではないか。</p>	<p>国際的なリーダーシップを発揮し、国際標準化をリードして欲しい。次世代技術をどのような形で広報するのか、また周知させるのかは今後極めて重要であろう。水素技術については、常に日本がイニシアチブを取りリードする立場にあって、国際規格化や標準整備に向けて日本の立場をしっかりと確保して欲しい。</p>
---	---	---	---

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

評点結果〔プロジェクト全体〕



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

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

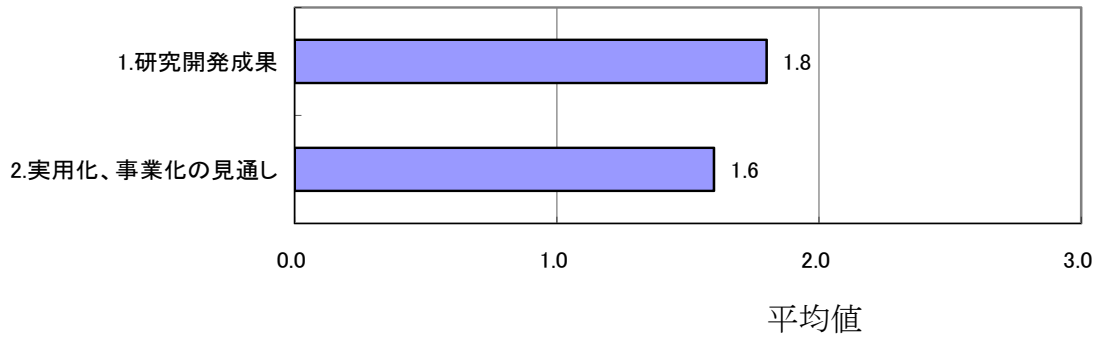
〈判定基準〉

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

評点結果〔個別テーマ〕

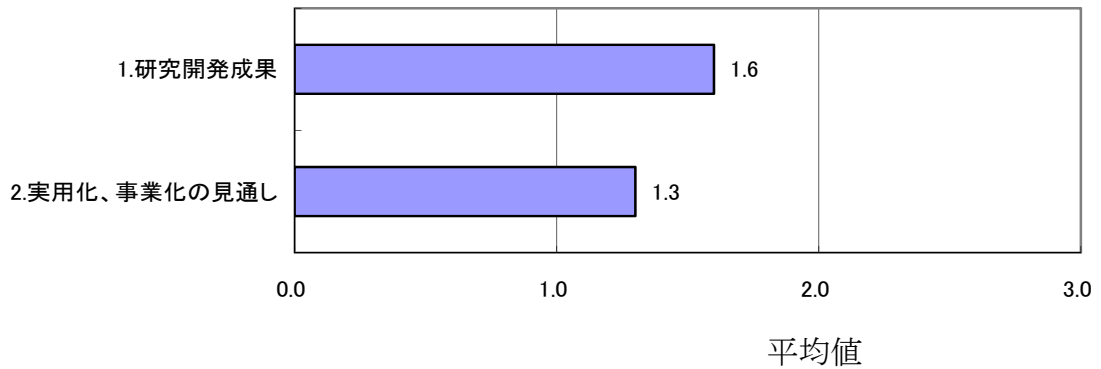
システム技術開発

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



システム技術開発

② 車載等水素貯蔵／輸送容器システム技術に関する研究開発

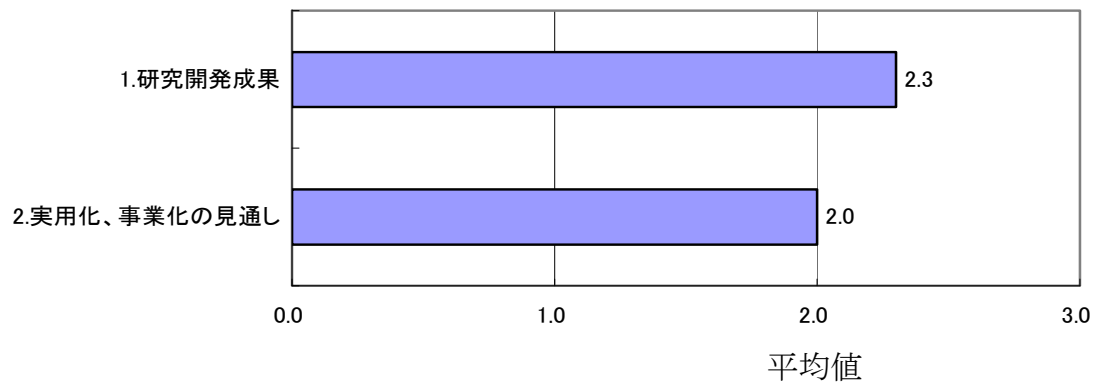


要素技術開発 ① 水素製造機器要素技術に関する研究開発

①-1 水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発

①-2 水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発

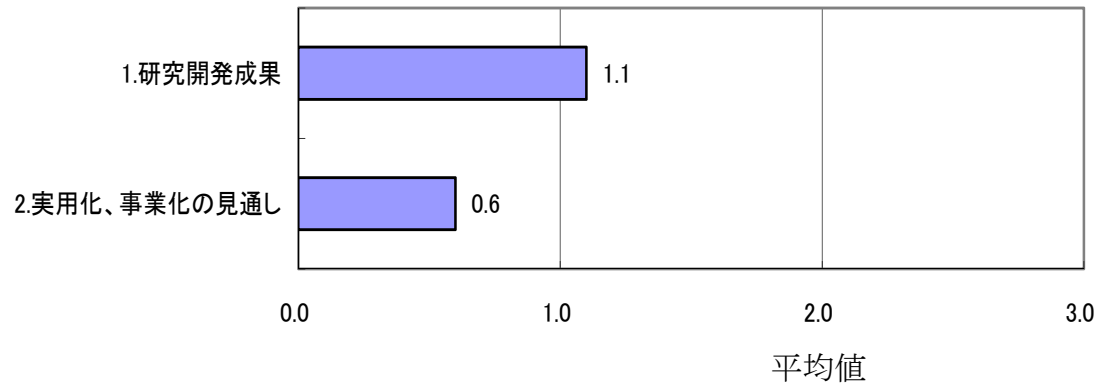
①-3 CO₂膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発



要素技術開発 ②水素貯蔵材料・水素貯蔵/輸送機器要素技術に関する研究開発

②-1 ホウ素系水素貯蔵材料の開発

②-2 ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発



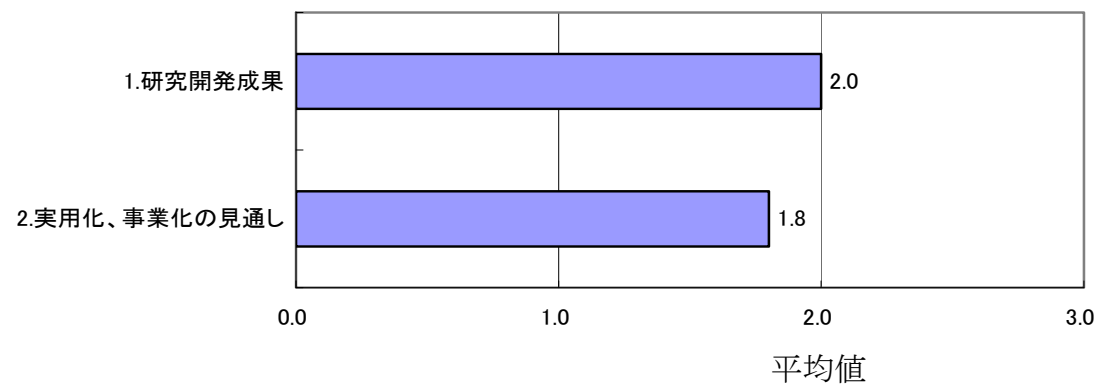
要素技術開発 ③水素ステーション機器要素技術に関する研究開発

③-1 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ディスペンサーの開発

③-2 70MPa 級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発

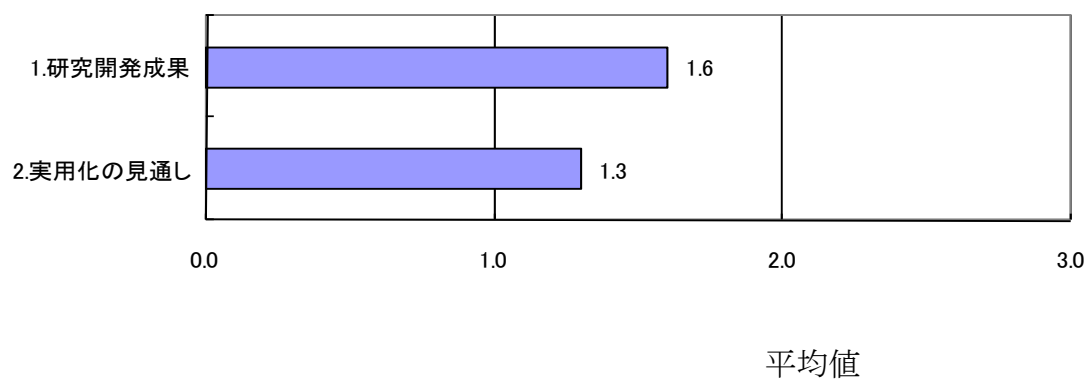
③-3 低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーション機器に係わる研究開発

③-4 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発



次世代技術開発・フィージビリティスタディ等

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



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

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

〈判定基準〉

- | | |
|---------------|----------------------|
| 1. 研究開発成果について | 2. 実用化、事業化の見通しについて |
| ・非常によい | →A ・明確 →A |
| ・よい | →B ・妥当 →B |
| ・概ね適切 | →C ・概ね妥当であるが、課題あり →C |
| ・適切とはいえない | →D ・見通しが不明 →D |