

「水素利用等先導研究開発事業」
(中間評価)
事業原簿【公開】

担当部	国立研究開発法人 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	2
I. 事業の位置付け・必要性について.....	11
1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性	11
1. 1 NEDO が関与することの意義	11
1. 2 実施の効果（費用対効果）	11
2. 事業の背景・目的・位置づけ.....	12
II. 研究開発マネジメントについて	14
1. 事業の目標.....	14
1. 1 研究開発の目標	14
1. 2 各研究開発項目の目標	15
2. 事業の計画内容	29
2. 1 研究開発の内容	29
2. 2 研究体制の実施体制	31
2. 3 研究の運営管理	32
2. 4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性.....	33
3. 情勢変化への対応	34
4. 評価に関する事項	34
III. 研究開発成果について.....	35
1. 事業全体の成果	35
2. 研究開発項目別の成果.....	40
3. 研究開発成果の意義	45
4. 特許、論文、外部発表等の件数	46
5. 研究成果の最終目標の達成可能性について.....	47
IV. 実用化の見通しについて	50
 (添付資料)	
(添付-1) プロジェクト基本計画	
(添付-2) 事前評価関連資料（事前評価書）	

概 要

		最終更新日 平成 29 年 11 月 13 日	
プロジェクト名	水素利用等先導研究開発事業	プロジェクト番号	P14021
担当推進部 /PM または担 当者	新エネルギー部 大平英二（平成 25 年 4 月～平成 29 年 11 月）		
0. 事業の概 要	<p>将来の二次エネルギーとして、電気、熱に加え水素が中心的役割を担うことが期待されており、このような水素を本格的に利活用する水素社会を実現していくことが求められている。</p> <p>本事業では、二次エネルギーとしての水素等を最大限に活用するため、2030年といった長期的視点を睨み、水素等のエネルギーキャリアについて各種化石燃料と競合できる価格の実現を目指す。このため、5年間の期間で再生可能エネルギーからの高効率低コスト水素製造技術ならびに水素の長距離輸送、長時間貯蔵を容易にするためのエネルギーキャリア技術の先導的な研究開発に取り組む。</p>		
1. 事業の位 置付け・ 必要性に ついて	<p>福島第一原子力発電所における事故に対し「国民の安全の確保」を最優先とした上で、望ましいエネルギーミックスが可能となるようなエネルギー供給体制を構築することが求められている。</p> <p>エネルギーミックスの実現には、社会インフラの変革をも視野に入れ、省エネルギー・節電対策を抜本的に強化すること、再生可能エネルギーの開発・利用を最大限加速させること、天然ガスを始め、環境負荷に最大限考慮しながら、化石燃料を有効活用すること（化石燃料のクリーン化利用）等が重要である。</p> <p>このうち、再生可能エネルギーについては、出力変動のある太陽光発電、風力発電等を極力有効利用するため電力貯蔵用、電気自動車用の二次電池の開発が進められているが、電池のエネルギー容量が必ずしも十分でないため、変動周期が長い風力発電に対する貯蔵能力向上、電気自動車では航続距離の向上が課題となっている。また、海外では再生可能エネルギーあるいは炭酸ガス貯留技術と組み合わせた未利用化石燃料等の大規模開発が急速に進められているが、エネルギー適地がエネルギー消費地から長距離隔てられていることが開発の障害の一つとなっている。</p> <p>本事業は、このような問題に対し、①再生可能エネルギー等からの高効率低コスト水素製造技術と②高効率水素－エネルギーキャリア転換・輸送技術等の技術開発により国内外の再生可能エネルギー等の大規模利用、再生可能エネルギー適地等の経済発展を支援するとともに、世界規模での炭酸ガス排出削減を図るものである。エネルギーキャリアとしての期待大なる水素の製造から貯蔵、移動、大規模利用、更には将来の水素社会の実現へのシナリオ策定まで含めて網羅的に取り組む本事業は、我が国のエネルギーセキュリティの確保、並びに世界的な地球温暖化対策への貢献のために、本事業に国として投資を行うことは極めて重要である。</p>		
2. 研究開発マネジメントについて			

事業の目標	<p>[アウトプット目標]</p> <p>再生可能エネルギー等からの低コスト水素製造技術開発、水素の長距離輸送が容易となるエネルギーキャリアへの高効率転換・輸送技術開発に取り組む。2030-2040年時点において、水素原料価格 20~40 円/Nm³ を目標とし、化石燃料等の他のエネルギー源と競合できる価格の実現を目指す。</p> <p>また、我が国のエネルギーセキュリティの確保、再生可能エネルギーの適地等の経済発展に貢献する。</p> <p>I：低コスト水素製造システムの研究開発の目標</p> <p><アルカリ水電解水素製造システムの研究開発></p> <ul style="list-style-type: none"> ・電流密度 0.6A/cm² 以上 (@電解電圧 1.8V) ・風力発電システム等との協調運転の可能性追求 (耐久性含む) <p><高効率低コスト水素製造システムの研究開発></p> <ul style="list-style-type: none"> ・電流密度 0.6A/cm² 以上 (@電解電圧 1.8V) <p>II：高効率水素製造技術の開発の目標</p> <p><高温水蒸気電解システムの研究></p> <ul style="list-style-type: none"> ・電流密度 0.5A/cm² (@電解電圧 1.3V・水蒸気利用率 70%程度) のセル・スタックを確立 ・4kW/Nm³ 以下 (50Nm³/h 級) への改良指針を提示 ・劣化率：0.5%@1000 サイクル <p><次世代水素製造システムの研究></p> <ul style="list-style-type: none"> ・25℃、0.1A/cm²、1.6V 以下 ・水素生成能力 ≥ 50Nm³/h (スタック単位体積あたり) ・低コスト、アルカリ水電解と同等の耐久性 ・0.1kW 電解スタックの試作、連続運転 <p>III：大規模水素利用技術の研究開発の目標</p> <p><水素液化貯蔵システムの研究開発> (周辺技術の研究開発)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素液化システムの開発 (負荷変動対応、高効率システム) ・液体水素タンクシステムの開発 (断熱タンクシステム) ・液体水素ポンプの開発 (容量 200m³/h 以上、ポンプ効率 50%以上、揚程 260m の基盤技術確立) ・ボイルオフ水素圧縮機の開発 (3,000m³/h、効率 60%以上のボイルオフ水素用圧縮機を可能とする技術開発) <p><水素専焼対応型 Dry Low NO_x 高温ガスタービンの研究開発></p> <ul style="list-style-type: none"> ・数百 MW 級の水素専焼ガスタービン燃焼器の開発 (低 NO_x、安定運用可能なノズル基礎設計) ・NO_x 50ppm 以下 ・フラッシュバックを発生しない、安定燃焼に目途を得る。
-------	---

<水素ガスタービン燃焼技術の研究開発>

- ・NOx 45ppm 以下
- ・失火や逆火が生じない、安定燃焼に目途を得る。
- ・2 MW 級の水素専焼ガスタービンの開発（設計、試作及び改良）
- ・高圧水素燃焼試験

IV：エネルギーキャリアシステム調査・研究の目標

<高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換>

- ・メタン化触媒の耐久性確保（8000 時間以上耐久性、許容不純物濃度の把握）
- ・グリーンメタンプロセス最適化（リアクター出口水素濃度 5%以下、熱回収効率 35%以上、総合効率 75.7%以上）
- ・離島モデルの経済性評価（メタン貯蔵が蓄電池貯蔵・水素貯蔵よりも優位）
- ・離島モデル実証試験（リアクター出口水素濃度 5%以下、熱回収効率 35%以上）

<溶融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成>

- ・試作機の設計仕様確立、製作
- ・要素技術開発（陰極、反応制御、陽極、高性能水素透過金属膜）
- ・アンモニア収率 90%以上（一室型）、50%以上（二室結合型）
- ・10A スケール評価装置製作、運転、評価

<水素分離膜を用いた脱水素>

- ・水素透過性： $3.4 \times 10^{-6} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 以上
- ・分離係数：16000 以上
- ・水素分離膜（シリカ系）の長尺化（500mmL）
- ・成膜条件の最適化
- ・MR（メンブレンリアクター）検討
- ・モジュール化技術

V：トータルシステム導入シナリオ調査研究の目標

<トータルシステム導入シナリオ調査研究>

- ・各種データ分析に基づく技術開発シナリオの策定
（経済性、環境性、技術マクロ分析、シナリオ構築・評価手法の開発を含む）

[アウトカム目標]

再生可能エネルギー等からの低コスト水素製造技術開発、水素の長距離輸送が容易となるエネルギーキャリアへの高効率転換・輸送技術開発に取り組む。水素については、国内販売価格 20~40 円/ Nm^3 を目標とし、化石燃料等の他のエネルギー源と競合できる価格の実現を目指す。

また、我が国のエネルギーセキュリティの確保、再生可能エネルギーの適地等の経済発展に貢献する。

[アウトカム目標達成に向けての取り組み]

	<p>再生可能エネルギーからの電力を用いて水素を製造する場合には一般に水電解が用いられるが、生成した水素は大規模水力発電を利用する場合を除き、現状では高価格で化石燃料とは競合できない。水素コストの過半は電力変換システムと電解システムから構成される水素製造システムの設備コストと消費電力のコストが占めるため、本技術開発では、まず、設備コストを 25 万円/Nm³/h（技術戦略マップ 2010）程度に低減する低コスト水素製造システムの研究開発を行い、さらに高効率水素製造技術の研究により電解システムの電解効率を向上させ消費電力コストの低減を図る。</p> <p>次いで製造した大量の水素を効率よく貯蔵及び利用するため、大規模水素利用技術の研究開発において、高効率な水素液化装置やボイルオフの少ない水素タンクなどの水素貯蔵に関する周辺機器、水素をエネルギーとする発電技術などの基盤技術を開発する。</p> <p>エネルギーキャリアシステム研究では、従来プロセスに対し、エネルギー効率、経済性等を飛躍的に向上させる可能性のある新規プロセスについて、基盤技術を開発する。</p> <p>また、トータルシステム導入シナリオ研究では本事業で開発する技術の速やかな実用化・普及と技術課題の明確化、将来の技術課題・シーズの発掘を目指し、普及シナリオを作成する。</p>						
事業の計画内容	主な実施事項	H25 年度*	H26 年度	H27 年度	H28 年度	H29 年度	
	I：低コスト水素製造システムの研究開発	アルカリ水電解水素製造システムの研究開発 ----->>					
	II：高効率水素製造技術の研究	電解電流密度の向上、設備コスト低減、変動する再生可能エネルギーの有効活用 ----->>					
	III：周辺技術（水素液化貯蔵システム）の研究開発	セル・スタック製造技術の開発、水素製造技術の飛躍的向上、技術実証 ----->>					
	III：大規模水素利用技術の研究開発	水素液化貯蔵システムの基盤技術開発 ----->					
		水素液化貯蔵システムの研究開発>					
		水素専焼対応型 Dry Low NO _x 高温ガスタービン燃焼技術の研究開発>					
		水素ガスタービン燃焼技術の研究開発>					
	IV：エネルギーキャリアシステム調査・研究	経済性／特性解析 ----->					
		高効率メタン化触媒を用いた水素メタン変換の研究開発 ----->>					
	溶融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成の研究開発						

		----->.....>					
		水素分離膜を用いた脱水素の研究開発					
		----->.....>					
	V : トータルシステム導入シナリオ調査研究	再生可能エネルギーのポテンシャル調査、コスト分析、許容コストの分析等に基づいてシナリオ策定					
		----->					
		導入シナリオ検討、策定、技術目標の妥当性の確認					
	>					
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	総額
	一般会計	0	0	0	0	0	0
	特別会計(需給)	1,079	1,277	1,455	1,296	879	5,986
	開発成果促進財源	0	0	0	0	0	0
	総予算額	1,079	1,277	1,455	1,296	879	5,986
	(委託)	1,079	1,277	1,455	1,296	879	5,986
	(共同研究):負担率1/2	0	0	0	0	0	
	(助成):助成率1/2	0	0	0	0	0	
開発体制	経産省担当原課	産業技術環境局 研究開発課					
	プロジェクトリーダー	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 後藤新一 (平成25~平成27) 知財管理: 一般財団法人 エネルギー総合工学研究所 後藤新一 (平成28~平成29) 全体共通: 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 栗山信宏 (平成28~平成29)					
	委託先 (委託先が法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載)	I 低コスト水素製造システムの研究開発 I - 1 : アルカリ水電解水素製造システムの研究開発 旭化成株式会社 [再委託先] 富士電機株式会社、株式会社日本製鋼所 I - 2 : 高効率低コスト水素製造システムの研究開発 日立造船株式会社 [再委託先] 私立大学法人 東北工業大学 [オブザーバー] 国内電力株式会社 II 高効率水素製造技術の研究 II - 1 : 高温水蒸気電解システムの研究					

		<p>株式会社東芝（平成 29.10.1 付で東芝エネルギーシステムズ株式会社に承継） [再委託先] 学校法人 大同学園大同大学</p> <p>Ⅱ-2：次世代水素製造システムの研究 エクセルギー・パワー・システムズ株式会社 国立大学法人 東京大学</p> <p>Ⅲ 周辺技術(水素液化貯蔵システム)の研究開発（平成 25～27） 大規模水素利用技術の開発（平成 28～29）</p> <p>Ⅲ-1：水素液化貯蔵システムの研究開発 川崎重工業株式会社 [再委託先] 新日鐵住金株式会社</p> <p>Ⅲ-2：水素専焼対応型 Dry Low NOx 高温ガスタービン燃焼技術の研究開発 三菱日立パワーシステムズ株式会社（平成 28～29） 三菱重工業株式会社（平成 28～29）</p> <p>Ⅲ-3：水素ガスタービン燃焼技術の研究開発 川崎重工業株式会社（平成 28～29）</p> <p>Ⅳ エネルギーキャリアシステム調査・研究</p> <p>一般財団法人 エネルギー総合工学研究所（平成 25～27、平成 27 年度終了）</p> <p>Ⅳ-1：高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換 日立造船株式会社</p> <p>Ⅳ-2：溶融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成 アイエムセップ株式会社 [再委託先] 学校法人 日本大学 一般財団法人 電力中央研究所 [再委託先] 学校法人 慶応大学</p> <p>Ⅳ-3：水素分離膜を用いた脱水素 公益財団法人 地球環境産業技術研究機構</p>
--	--	--

		千代田化工建設株式会社 V トータルシステム導入シナリオ調査研究（平成 28 より新体制） トータルシステム導入シナリオ調査研究（平成 25～27） 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 国立大学法人 横浜国立大学 トータルシステム導入シナリオ調査研究（平成 28～29） 国立大学法人 東京工業大学 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 一般財団法人 エネルギー総合工学研究所	
情勢変化への対応	平成 25 年 6 月、戦略的イノベーションプログラム（SIP）が創設された。この情勢に対応し、研究者間の交流が促進されるよう、SIP との連携を図った。（ワークショップの開催平成 27 年 3 月） 継続して SIP との合同技術交流会開催（合計 4 回、～平成 29 年 3 月） 平成 28.3 研究開発項目（Ⅲ）（大規模水素利用技術の研究開発）追加公募 平成 28.3 研究開発項目（V）（トータルシステム導入シナリオ調査研究）追加公募		
中間評価結果への対応	平成 27 に中間評価を実施。①大規模水素利用技術について、2 テーマを追加公募し、水素製造、輸送、貯蔵、利用の全領域を網羅するテーマ構成とした。更に、中間評価の結果を受け、新 PL の下、平成 28 より進捗フォローを 2 回/年実施、最新の進捗を共有するとともに積極的にアドバイスを実施（PL 出席必須）。PL 定例会（1 回/月）にて進捗フォロー打ち合わせ結果の情報共有、その他懸念事項等、幅広く NEDO 事業について情報の共有化、協議を行った。知財委員会についても常時改善を盛り込み、継続実施（平成 29.2 知財マネジメント報告会実施、フィードバック、Newsletter での情報毎月発信等、定例会を毎月開催）。従来以上に知財関連の関与を強め、特許発明については全件の事前ヒアリングを実施し、アドバイス等を行った（知財プロジェクトディレクター（PD）参加）。		
評価に関する事項	事前評価	平成 25 年度実施 担当部 新エネルギー部	
	中間評価	平成 27 年度 中間評価実施	
	中間評価	平成 29 年度 中間評価実施	

3. 研究開発 成果につ いて	<p>I 低コスト水電解水素製造システムの研究開発 MW級大型電解槽を想定して電解性能、耐久性の確認を終え、目標をクリア。今後は実製品供給体制の構築のフェーズとなった。更に、出力変動が及ぼす影響を明確化し、実証試験装置による変動対策の確認を支障なく継続実施中。上記の成果により、低コスト化に繋がる大型装置試作へ向けた技術的見通しを得た。</p> <p>II 高効率水素製造技術の研究 SOECの開発では、セル・スタックの劣化率を改善するとともに、劣化原因を解明し、改良指針を得た。更にマルチスタック試験にて連結大型化、複数スタック運転・制御、変動電力対応を実証した。今後、更なる耐久性改善を行うとともに、実証機にて最終検証を行うレベルに達した。また次世代水素製造システムとして、Ni水素電池の原理を応用し、独自に3極の電極からなる新規水電解システムを考案・開発し、その将来的なポテンシャルを示すことができた。実用化には更なる検討が必要ではあるが、先導テーマとしての目的は達したと言える。</p> <p>III 周辺技術（水素液化貯蔵システム）の研究開発、大規模水素利用技術の研究開発 5t/d 級水素液化システムおよび3,000m³ 級液体水素タンクシステムの開発を実施し、目標通り、再生可能エネルギー由来水素液化システム実現に必要な重要基盤技術の開発を終えた。 また、水素専焼タービンについては、逆火を抑制した安定燃焼かつ低NO_x 燃焼のベースとなる基礎技術について確認を終え、大規模利用に向けた数百MW級～2 MW級のタービン実現への見通しを得た。</p> <p>IV エネルギーキャリアシステム調査・研究 3種のエネルギーキャリアの強みを活かす形で開発を進め、個々の特徴がより明確になった。 メタネーションでは、メタン化触媒の耐久性に目途がたち、グリーンメタンプロセスとしての総合的な開発が進み、小規模の実用化が見えるレベルに到達。 アンモニア製造では試験機の立ち上げでは、個々の課題に対する対策も見えており、今年度中に達成見込みである。 水素分離膜の開発も順調に進み、長尺化およびモジュール化技術と併せてMR技術の基盤を強化できた。次のステップとしては、耐久性の確認、改善を早期に行うとともに、事業化に向けて関連する企業を巻き込んでの活動が必要である。</p> <p>V トータルシステム導入シナリオ調査研究 平成27までに、一通りのシナリオは策定された。平成28に体制変更を実施し、東京工業大学を新たに加えることで、シナリオの精緻化し、新たに技術開発シナリオを策定する計画とした。技術開発シナリオは現段階で策定進行中であり、残された期間での、まとめ上げるようフォローする。</p>	
	投稿論文	39 件(平成 29 年 8 月末現在)
	特 許	「出願済」46 件、「登録」0 件、「実施」0 件(うち国際出願 22 件) (同上) 特記事項：経済産業省、直執行時の出願含む

	その他の外部発表 (プレス発表等)	研究発表・講演(342件)／雑誌・図書等への掲載(60件) (新聞記事は除外(同上)) 展示会へ出展(52件)(同上)	
4. 実用化・事業化の見通しについて	<p>I 水電解装置自体は製品化可能レベル、補器を含めた水素製造システムの経済性が成立する段階において実用化の見通しである。</p> <p>II 既存技術との差別化が図れる可能性があり、継続的な研究開発で確固たる技術に仕上げた後、実用化の可能性はある。</p> <p>III 液体水素タンクについては、水素サプライチェーン実証事業を経て実用化の見通しである。水素専焼タービンについては、残された課題を確実にクリアすれば、早い段階での実用化の見通しあり。</p> <p>IV 用途の棲み分けに向けて更なる研究開発が必要なテーマもあるが、継続改善が図れるならば、全テーマともに優位性を有した形で実用化の可能性はある。</p> <p>V 水素社会実現までの途中段階において、「技術開発シナリオ」に基づき、種々の課題に対して解決、実現していく(広く公開することで、水素社会実現に貢献する)。</p>		
5. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 25 年 2 月制定	
	変更履歴	<p>平成 26 年 3 月制定</p> <p>平成 28 年 2 月改定(中間評価を踏まえ、研究開発項目 III (③)、IV (④)、V (⑤) の内容及び目標を改定)</p> <p>平成 29 年 3 月改定(基本計画マニュアル改訂及び中間評価結果を踏まえ、プロジェクトリーダーの追記及び研究開発項目 II (②)、IV (④) の目標を改訂)</p> <p>平成 29 年 6 月改定(研究開発の実施期間及び 4. 評価に関する事項を一部改訂)</p>	

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

福島第一原子力発電所における事故に対し「国民の安全の確保」を最優先とした上で、望ましいエネルギーミックスが可能となるようなエネルギー供給体制を構築することが求められている。

エネルギーミックスの実現には、社会インフラの変革をも視野に入れ、省エネルギー・節電対策を抜本的に強化すること、再生可能エネルギーの開発・利用を最大限加速化させること、天然ガスシフトを始め、環境負荷に最大限配慮しながら、化石燃料を有効活用すること（化石燃料のクリーン利用）等が重要である。

このうち再生可能エネルギーについては、出力変動のある太陽光発電、風力発電等を極力有効利用するため電力貯蔵用、電気自動車用の二次電池の開発が進められているが、電池のエネルギー容量が必ずしも十分でないため、変動周期が長い風力発電に対する貯蔵能力向上、電気自動車では航続距離の向上が課題となっている。また、海外では再生可能エネルギーあるいは炭酸ガス貯留技術と組み合わせた未利用化石燃料等の大規模開発が急速に進められているが、エネルギー適地がエネルギー消費地から長距離隔てられている場合には効率的な輸送が難しいことが開発の障害となっている。

本事業は、このような問題に対し、①再生可能エネルギー等からの高効率低コスト水素製造技術と②高効率水素-エネルギーキャリア転換・輸送技術等の技術開発により国内外の再生可能エネルギー等の大規模利用、再生可能エネルギー適地等の経済発展を支援するとともに、世界規模での炭酸ガス排出削減を図るものであり、我が国のエネルギーセキュリティの確保、並びに世界的な地球温暖化対策への貢献のために、本事業に国として投資を行うことは極めて重要である。

1. 2 実施の効果（費用対効果）

本提案事業では、再生可能エネルギー等からの低コスト水素製造技術開発、水素の長距離輸送が容易となるエネルギーキャリアへの高効率転換・輸送技術開発に10年間の期間で取り組む。水素については、水素原料価格20～40円/Nm³を目標とし、化石燃料等の他のエネルギー源と競合できる価格の実現を目指す。

また海外の再生可能エネルギー分布状況調査を行い、再生可能エネルギーサイト候補地ポテンシャルを把握するとともに、得られたデータ、機器開発状況を踏まえ、段階的・効率的なシナリオを作成する。

2011年の世界の風力発電導入量は40GW/年で、今後さらに増大する見込みである。仮にこの5%程度を水素に変換するとした場合、2GW/年程度の水素発生機が必要であり、その市場は2千億円/年（発生機価格として10万円/kWを想定）となる。また、海外の再生可能エネルギー適地としては、アルゼンチン・パタゴニア地方、オーストラリア、サハラ砂漠等が考えられているが、例えばパタゴニアの風力発電については出力23億kW、エネルギー量9.7兆kWh/年（日本の総発電電力量の約10倍）程度と膨大なエネルギーを供給できる可能性がある。これらの1%を水素等に変換し自動車に利用可能とすると、日本の自家用車エネルギー消費量（2010年）の18%程度をまかなうことが可能となる。

このように本提案事業により、炭酸ガスの排出無しに膨大なエネルギー供給が可能なCO₂フリーエネルギーネットワークとそれを構築するためのエネルギー機器市場の形成が可能となる。

再生可能エネルギー等からの低コスト水素製造技術開発では、すでに一部実用化されているアルカリ水電解、固

体高分子水電解等に対し、再生可能エネルギーの変動に対する応答性向上ならびに低コスト化等の研究開発を実施する。また、より高効率期待できる水蒸気電解法等の次世代水素製造技術については、事業終了時までにはコンセプト実証機を試作する。長距離輸送のための高効率エネルギーキャリア転換・輸送技術開発については、エネルギーキャリア候補材料が複数想定されることから、各エネルギーキャリア候補材料について転換技術、輸送技術等の小規模な技術調査研究を4～5年程度実施して技術のポテンシャル、技術課題を確認後、有望な技術について課題克服のための技術開発を実施する。以上により、事業終了時の2022年には、2～7円/kWh程度の再生可能エネルギー等を用いた場合について、既存の化石燃料と競合可能な20～40円/Nm³の水素価格の実現にめどをつける。

さらに海外再生可能エネルギー分布状況調査では、海外の再生可能エネルギーサイト候補地に小規模な計測システムを設置し、2018年程度までにポテンシャルを把握するとともに、得られたデータ、機器開発状況を踏まえ、CO₂フリーエネルギーネットワークシステムを構成する水素製造、キャリア転換・輸送等の要素技術を段階的、効率的に開発・実用化するシナリオを作成する。

2. 事業の背景・目的・位置づけ

①政策的な重要性

東日本大震災を契機とした福島第一原子力発電所における事故に対し、現行のエネルギー基本計画をゼロベースで見直し、新たなエネルギーミックスとその実現のための方策を含む新しい計画について議論しているところである。

我が国の産業競争力を維持・強化していくためには、エネルギーの安定供給を確保し、安定的かつ低廉なエネルギーを供給することが不可欠である。また、厳しさを増す国際エネルギー情勢や地球温暖化問題などを踏まえ、技術先進国である我が国が、主要国や国際機関等と連携し、いかにして国際的な責任を果たしていくかが重要である。同時に、我が国の成長戦略にも資するという観点から、安定供給確保や技術開発の強化を含めた強靱なエネルギー政策が必要である。

②我が国の状況

地球温暖化、化石燃料の枯渇等の課題に対し、省エネルギー・節電対策の抜本的強化、再生可能エネルギー導入・普及の最大限の加速、環境負荷に最大限配慮した化石燃料の有効活用等が求められている。

また、将来の二次エネルギーとして、電気、熱に加え、水素が中心的役割を担うことが期待されており、このような水素を本格的に利活用する水素社会を実現していくことが求められている。

③世界の取組状況

再生可能エネルギーの導入については、例えば、風力発電の導入量は、世界では2011年40.5GW/年で増加し、2030年には最大2541GW^{※1}程度まで拡大するとの予測^{※2}もある。この際、再生可能エネルギーは出力変動が大きいため、再生可能エネルギー発電設備の増大とともに、余剰電力量も増大していく見込みである。

このような余剰電力量の有効利用には、蓄電池あるいは水素等への変換によるエネルギー貯蔵技術が不可欠であり、特に変動周期が長く、容量が必要とされる場合は、水素等に変換して利用することが有効である。ドイツにおいては、風力発電の電力を水素に転換して利用する実証事業が行われている。

※1 Global wind energy council, 'Global wind energy outlook 2012', 2012.

※2 Global wind energy council, 'Global wind energy outlook 2016' では“2110GW”

④本事業のねらい

本事業では、二次エネルギーとしての水素等を最大限に活用するため、2030年といった長期的視点を睨み、水素等のエネルギーキャリアについて各種化石燃料等と競合できる価格の実現を目指す。このため、5年間の期間で再生可能エネルギーからの高効率低コスト水素製造技術ならびに水素の長距離輸送、長時間貯蔵を容易にするためのエネルギーキャリア技術の先導的な研究開発に取り組む。

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

①アウトプット目標

【中間目標（平成27年度末）】

- ・各研究開発テーマの目標（平成27年度末）の達成
- ・研究戦略を策定し、新規テーマとの入れ替えも含め、各研究開発テーマを再編する。

【最終目標（平成29年度末）】

- ・中間目標の達成状況や中間目標をふまえ、研究戦略に基づく設定目標（平成 29年度末）の達成

注：（3）の研究開発項目Ⅳおよび研究開発項目Ⅴについて、研究成果を評価した上で必要性が認められるテーマを本格研究へ移行する。

②アウトカム目標

再生可能エネルギー等からの低コスト水素製造技術開発、水素の長距離輸送が容易となるエネルギーキャリアへの高効率転換・輸送技術開発に取り組む。水素については、水素原料価格20～40円/Nm³を目標とし、化石燃料等の他のエネルギー源と競合できる価格の実現を目指す。

また、我が国のエネルギーセキュリティの確保、再生可能エネルギーの適地等の経済発展に貢献する。

③アウトカム目標達成に向けての取組

再生可能エネルギーからの電力を用いて水素を製造する場合には一般に水電解が用いられるが、生成した水素は大規模水力発電を利用する場合を除き、現状では高価格で化石燃料とは競合できない。水素コストの過半は電力変換システムと電解システムから構成される水素製造システムの設備コストと消費電力のコストが占めるため、本技術開発では、まず、設備コストを25万円/Nm³/h（技術戦略マップ2010）程度に低減する低コスト水素製造システムの研究開発を行い、さらに高効率水素製造技術の研究により電解システムの電解効率を向上させ消費電力コストの低減を図る。

次いで製造した大量の水素を効率よく貯蔵するため、周辺技術の研究開発において高効率な水素液化装置、ボイルオフの少ない水素タンクなど、周辺機器のための基盤技術を開発する。更に、エネルギーキャリアシステム調査・研究では、従来プロセスに対し、エネルギー効率、経済性等を飛躍的に向上させる可能性のある新規プロセスについてシステムの性能、経済性、開発課題等を把握するための解析評価研究を行う。

また、トータルシステム導入シナリオ研究では本事業で開発する技術の速やかな実用化・普及と技術課題の明確化を目指し、普及シナリオを作成する。

1. 1 研究開発の目標

再生可能エネルギー等からの低コスト水素製造技術開発、水素の長距離輸送が容易となるエネルギーキャリアへの高効率転換・輸送技術開発に取り組む。水素については、国内販売価格 20～40 円/Nm³を目標とし、化

石燃料等の他のエネルギー源と競合できる価格の実現を目指す。また、我が国のエネルギーセキュリティの確保、再生可能エネルギーの適地等の経済発展に貢献する。

上記目標を達成するために、以下の研究開発を実施する。なお、各研究開発項目の具体的内容は、次項の研究開発計画に示す通りとする。これらの事業は、実用化まで長期間を要するリスクある「基盤的技術開発」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業であり、原則として委託事業として実施する。

研究開発項目Ⅰ 低コスト水素製造システムの研究開発

研究開発項目Ⅱ 高効率水素製造技術の研究

研究開発項目Ⅲ 周辺技術（水素液化貯蔵システム）の研究開発（平成 25～27）

大規模水素利用技術の研究開発（平成 28 年度～）

研究開発項目Ⅳ エネルギーキャリアシステム調査・研究

研究開発項目Ⅴ トータルシステム導入シナリオ調査研究（平成 25～27）

トータルシステム導入シナリオ調査研究（平成 28～、新体制下）

1. 2 各研究開発項目の目標

達成目標は下記の通り。

研究開発項目Ⅰ 低コスト水素製造システムの研究開発（委託事業）

【中間目標】（平成 27 年度）

- ・風力発電システム等からの交流出力を交直変換して水電解システムに直流電力を供給する従来システムに対し、風力発電システム等の発電機出力を水電解用の直流電力へ変換する効率を 5%以上向上させる技術を確立する。
- ・電解電圧 1.8V において電流密度 0.6 A/cm^2 以上を達成する電解セル技術を確立する。
- ・風力発電システム等の変動が水素製造システムに及ぼす影響を明確化する。

【最終目標】（平成 29 年度）

- ・耐久性を低下させずに、変動する風力発電システム等との協調運転を可能とする技術を確立する。

- ・電解電圧 1.8Vにおいて電流密度 0.6A/cm²以上の性能を維持しつつ、単セルの電極面積を 1～3 m²程度まで大型化する技術等により、大量生産時の水電解装置コスト、電力変換装置コストとして 20 万円/Nm³/h、6 万円/Nm³/h 以下が見通せる技術を確立する。

研究開発項目 I - 1 アルカリ水電解水素製造システムの研究開発（旭化成（株）、（再委託）富士電機（株）・（株）日本製鋼所）

中間目標（平成 29 年）	
I - 1 「低コスト水素製造システムの研究開発」 アルカリ水電解水素製造システムの研究開発	
① 電極の開発	<p><平成 28 年度開発目標></p> <p>1) 大型電解槽（MW 級電解用、電極面積 2-3m²/1 セル）を用いた、不安定電源（風力等を想定）における長期連続運転の実施による、電極への影響の評価。 （目標：稼働後、1 年での電解電圧の初期値に対する上昇率 25%以内）</p> <p>2) 中型電解槽（数 100 k W 級電解用、電極面積 0.25m²/1 セル）を用いた、電源の変動要素と電極への影響の関係の明確化。</p> <p>3) （1, 2 の検討の経過を踏まえ）小型電解槽を用いて、影響因子の特定、メカニズムの解析。</p> <p><平成 29 年度開発目標></p> <p>1) 中型電解槽（数 100 k W 級電解用、電極面積 0.25m²/1 セル）を用いた、電源の変動要素と電極への影響の関係の明確化（継続）。</p> <p>2) 小型電解槽を用いて、影響因子の特定（継続）、メカニズムの解析（継続）、必要に応じて改良へ向けた電極検討。</p> <p>3) 長期連続運転（大型電解槽、約 2 年間）後の電極解析</p>
② 隔膜の開発	<p><平成 28 年度開発目標></p> <p>1) 大型電解槽（MW 級電解用、電極面積 2-3m²/1 セル）を用いた、不安定電源（風力等を想定）における長期連続運転の実施による、隔膜への影響の評価。 （目標：稼働後、1 年での電解電圧の初期値に対する上昇率 25%以内）</p> <p>2) 中型電解槽（数 100 k W 級電解用、電極面積 0.25m²/1 セル）を用いた、電源の変動要素と隔膜への影響の関係の明確化。</p> <p>3) （1, 2 の検討の経過を踏まえ）小型電解槽を用いて、影響因子の特定、メカニズムの解析。</p> <p><平成 29 年度開発目標></p> <p>1) 中型電解槽（数 100 k W 級電解用、電極面積 0.25m²/1 セル）を用いた、電源の変動要素と隔膜への影響の関係の明確化（継続）。</p> <p>2) 小型電解槽を用いて、影響因子の特定（継続）、メカニズムの解析（継続）、必要に応じて改良へ向けた隔膜検討。</p> <p>3) 長期連続運転（大型電解槽、約 2 年間）後の隔膜解析</p>
③ 電解ユニットの開発	<p><平成 28 年度開発目標></p> <p>1) 大型水電解ユニットでの連続運転による変動電源に対するプロセスコントロール方法の確立</p> <p><平成 29 年度開発目標></p> <p>1) 大型水電解ユニットでの長期連続運転によるプロセスに対する影響の検討（長期運転後のシール部材・配管系・分析系等への影響調査・分析）</p> <p>2) 変動電源下におけるアルカリ水電解プロセスの総合評価（含む、メンテナンスに関する考察）</p>
④ 電解プロセスの開発・実証	<p><平成 28 年度開発目標></p> <p>1) 大型水電解ユニットでの連続運転による変動電源に対するプロセスコントロール方法の確立</p>

中間目標 (平成 29 年)	
<p><平成 29 年度開発目標></p> <p>1) 大型水電解ユニットでの長期連続運転によるプロセスに対する影響の検討 (長期運転後のシール部材・配管系・分析系等への影響調査・分析)</p> <p>2) 変動電源下におけるアルカリ水電解プロセスの総合評価 (含む、メンテナンスに関する考察)</p>	
<p>⑤水電解用直流電力供給装置開発</p> <p><平成 28 年度開発目標></p> <p>1) 低電圧・大電流直流電力供給装置の開発</p> <p>①実用直流電力供給装置 (1MW 級) の基本設計の実施。</p> <p>②①の結果に基づいた、実用直流電力供給装置 (1MW 級) の効率試算 (目標 95%以上) の実施。</p> <p>③①の結果に基づいた、実用直流電力供給装置 (1MW 級) の超概算コスト試算 (目標 6 万円/Nm³-H₂) の実施。</p> <p>2) 風車・分配器・電力変換器・水電解装置の協調制御の検討</p> <p>①風車・分配器・電力変換器・水電解装置の協調制御のシステム検討の実施。</p> <p>②①の結果に基づき風車・分配器・電力変換器・水電解装置の協調制御の効果試算の実施。</p> <p>③風車発電電力の売電電力・水素発生電力分配器の機能検証用ミニモデル(数 kW 級)の試作</p> <p><平成 29 年度開発目標></p> <p>1) 低電圧・大電流直流電力供給装置の開発</p> <p>①実用直流電力供給装置 (MW 級用) の詳細設計の実施。</p> <p>②①の結果に基づいた、実用直流電力供給装置 (MW 級用) の概算コスト試算 (目標 6 万円/Nm³-H₂) の実施。</p> <p>2) 風車・分配器・電力変換器・水電解装置の協調制御の検証</p> <p>①風車発電電力の売電電力・水素発生電力分配器の機能検証装ミニモデル(数 kW 規模)による分配性能の検証。</p> <p>②風車・分配器・電力変換器・水電解装置のトータルシステムでの運用検討。</p>	
<p>⑥水電解装置協調制御に係る研究開発</p> <p><平成 29 年度開発目標></p> <p>1) 低電圧・大電流直流電力供給装置の開発</p> <p>①実用直流電力供給装置 (MW 級用) の詳細設計の実施。</p> <p>②①の結果に基づいた、実用直流電力供給装置 (MW 級用) の概算コスト試算 (目標 6 万円/Nm³-H₂) の実施。</p> <p>2) 風車・分配器・電力変換器・水電解装置の協調制御の検証</p> <p>①風車発電電力の売電電力・水素発生電力分配器の機能検証装ミニモデル (数 kW 規模)による分配性能の検証。</p> <p>②風車・分配器・電力変換器・水電解装置のトータルシステムでの運用検討。</p>	

研究開発項目 I - 2 高効率低コスト水素製造システムの研究開発 (日立造船 (株))

中間目標 (平成 29 年)	
I - 2 「低コスト水素製造システムの研究開発」 / 高効率低コスト水素製造システムの研究開発	
<p>① アルカリ水電解の高効率化</p> <p>平成 28 年度は、ラボスケールにおいて電解性能差の対策案を実施し、電解電圧 1.80V 以下 (電流密度 0.6A/cm² 時) を確立する製作条件を決定する。ラボスケールの電解槽 (電極面積 64cm²) にて確認した本成果を④アルカリ水電解装置の大型化にて実施する中型電解槽 (電極面積 4,000cm²) および大型電解槽 (電極面積 1m²) の製作に適用する。</p>	

中間目標（平成 29 年）	
<p>② アルカリ水電解装置の耐久性評価</p> <p>平成 28 年度は、下記手順にて耐久性の評価を実施する。</p> <p>1) 変動電流試験開始 500 時間の電圧上昇幅が特に大きいことを平成 27 年度までに確認しているため、ラボスケール試験において劣化対策を実施した単セルにより 500 時間の変動電流試験を実施し、電圧上昇幅の低減効果を確認する。</p> <p>2) 500 時間の変動電流試験にて電圧上昇幅の低減効果を確認した後、ラボスケール単セルにより 4,000 時間の変動電流連続試験を実施して長期間の電圧上昇幅を確認し、40,000 時間の変化を予測する。</p> <p>3) 中型電解槽（電極面積：4,000cm²）仕様の中型合金メッキ電極を用いて 4,000 時間の電極耐久性試験を実施し、両極間の電圧上昇率 10%以内を達成する。（中型合金メッキ電極からいくつかの箇所からサンプル片を切り出して電極試験を実施する。）</p> <p>平成 29 年度は、ラボスケール単セルを用いて、平成 28 年度より継続して変動電流試験を行い、4,000 時間にて電解電圧上昇を 10%以内に抑制する。</p>	<p>③ アルカリ水電解装置の低コスト化</p> <p>平成 28 年度は、中型電解槽（電極面積：4,000cm²）における合金メッキの再現性や均一性を確認し、量産化した際の製作コストを把握する。（本合金メッキを実施した電極を用いて②アルカリ水電解装置の耐久性評価を実施する。）</p> <p>平成 29 年度は、大型電解槽（電極面積 1m²）に使用する大型電極に合金メッキを実施し、平成 29 年度目標達成に向けた装置全体のコスト目標と比較して対策案を整理する。</p>
<p>④ アルカリ水電解装置の大型化</p> <p>平成 28 年度は、下記手順にて電解槽の大型化を実施する。</p> <p>1) 中型電解槽（電極面積 4,000cm²）に使用するための中型合金メッキ電極を作成し、ラボスケール合金メッキ電極と同様の性能を示す製作条件を見出す。</p> <p>2) 中型合金メッキ電極を組み込んだ中型電解槽（電極面積 4,000cm²）の単セルを製作し、電流密度 0.6A/cm² における電解電圧 1.8V 以下を達成する。</p> <p>3) 電極面積 1 m² の大型電解槽の設計・解析作業を実施し、「大型電解槽シール金型」や電解槽部品を製作する。</p> <p>4) 絶縁効果を確認するための 20 セル・スタックの中型電解槽（電極面積 4,000cm²）を製作する。</p> <p>平成 29 年度は、下記手順にて電解槽の大型化を実施する。</p> <p>1) 中型合金メッキ電極を組み込んだ中型電解槽（電極面積 4,000cm²）の 3 セル・スタックを製作し、中型電解槽（電極面積 4,000cm²）の単セル・スタックにおける電解性能と比較する。</p> <p>2) 大型合金メッキ電極を組み込んだ大型電解槽（電極面積 1m²）の単セルを製作し、ラボスケールおよび中型電解槽（電極面積 4,000cm²）の単セル・スタックにおける電解性能と比較する。これにより、平成年度末目標の「電極面積 1～3m² 程度までの大型化」を達成する。</p> <p>3) 20 セル・スタックの中型電解槽（電極面積 4,000cm²）を用いて絶縁効果を確認する。</p>	<p>⑥ 水素製造システムの実証試験</p> <p>⑥-2</p> <p>平成 28 年度は、変換効率を維持して交直変換器のコストダウンを考え、目標とするコストを確認する。</p> <p>平成 29 年度は、大型電解槽（電極面積：1m²）の電解試験用汎用型交直変換器を製作する。</p> <p>⑥-5</p> <p>平成 28 年度は、交直変換器以外の⑥-3にて設計された実証試験に必要な設備を製作し、試運転を実施する。</p> <p>平成 29 年度は、実証試験に使用する中型合金メッキ電極を組み込んだ中型電解槽（電極面積 4,000cm²）の 55 セル・スタックを製作する。</p> <p>⑥-6</p> <p>平成 29 年度は、⑥-5にて製作した実証試験用水素製造システムを用いて実証試験を実施し、各構成機器の動作を確認し、⑤水素製造システムの F S の改良案を立案する。</p>

研究開発項目Ⅱ 高効率水素製造技術の研究（委託事業）

【中間目標】（平成 27 年度）

- ・高温水蒸気電解システムとして、入力 2 kW 程度の電解スタックにおいて各電解セルの平均電圧 1.3 V、水蒸気利用率 70% 程度の時、平均電解電流密度 0.5 A/cm² 以上を達成するセル・スタック製造技術を確立する。
- ・次世代水素製造システムとして、水素製造電圧 1.6 V で電流密度 0.6 A/cm² 以上または水素製造装置の単位体積あたりの水素生成能力 50 Nm³/h/m³ を達成する技術を確立する。

【最終目標（平成 29 年度末）】

- ・高温水蒸気電解システムとして、電解スタック（2 kW への拡張性を見込めるもの）について、各電解セルの平均電圧 1.3 V 以下、平均電解電流密度 0.5 A/cm² 程度の初期条件で電流密度一定で運転した時の、初期劣化後の定常的領域で 1,000 時間あたりの電圧上昇率 1.0% 以下を達成し、0.5% 以下に向けた改良策を確立する。
- ・次世代水素製造システムの新しい水素連続製造システムにおいて、温度 25℃、電流密度 0.1 A/cm² の運転条件下で、電力を水素に変換する効率について、90% 以上を見通せる技術を確立する。

研究開発項目 II - 1 高温水蒸気電解システムの研究（（株）東芝（東芝エネルギーシステムズ株式会社）、（再委託）大同学園大同大学）

中間目標（平成 29 年）	
II - 1 「高効率水素製造技術の研究」 / 高温水蒸気電解システムの研究	
平成 28 年度：	<ul style="list-style-type: none"> ①セル・スタック評価試験装置の設計製作 <ul style="list-style-type: none"> 1) 評価内容に応じた装置改造（随時） ②セル・スタックの試作、特性評価 <ul style="list-style-type: none"> 1) SOEC セル・スタックの初期特性、耐久性の評価。運転条件の影響把握。 2) SOEC セル・スタックの劣化挙動の評価。劣化影響因子の抽出。 ③水素製造システム設計 <ul style="list-style-type: none"> 1) SOEC マルチスタック試験の実施。変動入力応答、制御性、耐久性の評価。 2) シミュレーション解析。統合シミュレータを用いた、運転性・制御性の検証。 ④電力貯蔵システム設計 <ul style="list-style-type: none"> 1) SOEC - 蓄熱 - SOFC 連結システムの概念設計
平成 29 年度：	<ul style="list-style-type: none"> ①セル・スタック評価試験装置の設計製作 <ul style="list-style-type: none"> 1) 評価内容に応じた装置改造（随時） ②セル・スタックの試作、特性評価 <ul style="list-style-type: none"> 1) SOEC セル・スタックの耐久性の継続評価。 2) SOEC セル・スタックの劣化影響因子の明確化。 3) SOEC スタック(2kW への拡張性を見込めるもの)について、平均電圧 1.3V 以下、平均電解流密度 0.5A/cm² の条件で、初期劣化後の定常的領域で劣化率：電圧上昇率 1%/1000h 程度以下を達成、0.5%以下に向けた改良策を確立。 ③水素製造システム設計 <ul style="list-style-type: none"> 1) SOEC マルチスタック試験の実施。運転性・制御性の評価。 2) シミュレーション解析。実用システム開発への課題抽出。 3) SOEC 水素製造システム検証機（10Nm³/h 級）の設計改良。性能目標：水素製造原単位 4kWh/Nm³ 以下（50Nm³/h 級）への改良方針の提示。 ④電力貯蔵システム設計

中間目標（平成 29 年）	
1) SOEC – 蓄熱 – SOFC 連結システムの運転制御設計	
2) 熱循環利用が充放電効率へ及ぼす寄与の明確化。	

研究開発項目Ⅱ – 2 次世代水素製造システムの研究（エクセルギー・パワー・システムズ（株）、東京大学）

中間目標（平成 29 年）	
Ⅱ – 2 「高効率水素製造技術の研究」 / 次世代水素製造システムの研究	
① 1kW 級水素発生サイクル用電解セルの性能評価 （担当：エクセルギー・パワー・システムズ株式会社） 平成 27 年度に作製した水電解セル（水素発生サイクル用）の負極の性能評価を継続する。 平成 28～29 年度では水素発生サイクル用 1kW 級電解セルを用いて 0.5C（電流密度 0.05A/cm ² ）、3600 サイクルで維持率 80%を目標に負極電極のサイクル特性の評価を行う。これは、1 日で 1 サイクル運転を仮定した場合、10 年運転に相当の加速実験である。生成した水素は約 150L の耐圧容器（1 サイクルで約 300L 水素生成）に貯蔵される。	
② 電気化学水分解サイクルの基礎研究（担当：東京大学） 単セルまたはスタックセルを用いて電気化学水分解サイクルの基礎研究を行う。まず、中間電極の電気抵抗を低減する電極作製方法を検討し、中間電極の出力特性の向上を図る。具体的には、導電助剤の種類と量、電極成型時の圧着条件（温度、圧力）、電極材料の厚さ、電解温度などを検討する。また、動特性（電流パルス時間幅、電流密度）、それによる水素および酸素生成量、エネルギー効率（電流効率、電圧効率）、運転温度、電極の耐久性などを評価することにより、大型化に向けた最適運転条件を調べる。	
③ 電気化学水分解サイクル水素製造装置の最適スタック構造の設計（担当：エクセルギー・パワー・システムズ株式会社、東京大学） 提案した電気化学水分解サイクル水素製造装置は正極と負極、またこれらの間に中間電極が導入された装置である。このような構造を持った電気化学装置は今までにない。装置の大型化のためには電極の集積をどのような方法で行うかが非常に重要である。また、生成したガスの分離方法についても検討する必要がある。さらに正極、負極、中間電極に最も適切な電極の構造も異なると予想される。そのため、まず 1 W 級（約 1 A、1.5V）の小型の装置で最適なセルとスタックの構造を確立する。	
④ 0.1 k W 級電気化学水分解サイクル水素製造装置の製作（担当：エクセルギー・パワー・システムズ株式会社、東京大学） ①～③の結果を踏まえ、電気化学水分解サイクル水素製造装置のベンチ試験装置（0.1 k W）の試作を行う。0.1 k W の電解スタックの試作・実験により、システムの初期性能の確認、問題点の抽出および改良を行う。最終目標として 0.1 k W の電解セルを用いて温度 25℃、電流密度 0.1A/cm ² の運転条件で、電解電圧 1.6V 以下とする。また、既存のアルカリ水電解水素製造システムと比較して、同等かあるいはそれ以上の耐久性を持つことを目標とする。	
⑤ 電気化学水分解サイクルを用いた水素製造及び適用システム設計 （担当：エクセルギー・パワー・システムズ株式会社、東京大学） 電気化学水分解サイクルを用いた水素製造装置は、高効率の水素製造ができると共に高圧の水素及び酸素が得られ、水素社会において重要役割を担うことができる。そこで、以下の図に示すようにいくつかの具体的なケースを対象として社会実装した場合のコスト分析、エネルギー分析、シナリオ分析を行い、導入可能性を検討する。	

**研究開発項目Ⅲ 周辺技術（水素液化貯蔵システム）の研究開発（委託事業）（平成 25～27）
大規模水素利用技術の研究開発（委託事業）（平成 28～29）**

【中間目標（平成27年度末）】

・液化容量 1 t /day以上、液化効率^{※1} 20%程度のシステムを試作・開発して高効率化、大型化への課題

と解決策を明確化する。また水素製造量の時間変動がシステムに及ぼす影響を把握し、技術課題を明確化する。

- ・3,000m³程度の液体水素タンクシステムに用いる液体水素ポンプ、ボイルオフ水素用圧縮機について、それぞれ、容量200m³/h以上、ポンプ効率^{※2} 50%以上の液体水素ポンプ（揚程260m程度を想定）および容量3,000m³/h、効率60%以上のボイルオフ水素用圧縮機（入口圧力110kPaA、入り口水素温度30K、出口圧力200kPaAを想定）を可能とする技術を開発する。

- ・3,000m³程度の液体水素タンクシステムに使用可能な十分な耐久性を有する断熱材料（熱伝導率0.01W/m・K以下）を開発する。

※1 液化効率（逆カルノー効率）＝液化のための最小仕事／実際の投入エネルギー×100

※2 ポンプ効率＝ヘッド圧×体積流量／投入動力×100

【最終目標（平成29年度末）】

- ・想定液化容量5～10t/day程度の水素液化システムに対し、25%以上の液化効率が見通せる技術を開発する。また水素製造量の時間変動に対応するための解決策を明確化する。
- ・液体水素ポンプ技術、ボイルオフ水素用圧縮機技術等と組み合わせ、ボイルオフ水素発生率がタンク容量の0.1%/dayの液体水素タンクシステム（容量3,000m³程度）を可能とする技術を開発する。
- ・環境負荷が低く、かつ大量水素を効率的に利用可能な基盤技術を開発する（本項目は提案公募として実施し、目標はテーマごとに決定する）。
（大規模水素利用技術）
- ・環境負荷（NOx等）が低く、かつ大量水素を効率的に利用可能な基盤技術（水素専焼等）の課題を抽出し、主要要素技術開発に係る要素試験等に着手する。

研究開発項目Ⅲ 周辺技術（水素液化貯蔵システム）の研究開発（川崎重工業（株）、（再委託）新日鐵住金（株）（平成25～27）

研究開発項目Ⅲ-1 水素液化貯蔵システムの研究開発（川崎重工業（株）、（再委託）新日鐵住金（株）

中間目標（平成29年）	
Ⅲ-1 「大規模水素利用技術の研究開発」 / 水素液化貯蔵システムの研究開発	
④真空積層フィルム断熱の開発	1,000m ³ 程度のタンク試験設備を用いて気体輸送式真空ポンプ等により真空層の真空排気試験を実施し、10 ⁻¹ Pa程度の真空度を達成する見通しを得る。（平成28年度） 前年度に引き続き、気体輸送式真空ポンプ等により真空層の真空排気試験を実施し、粗引き開始からおおむね5か月で10 ⁻¹ Pa程度の真空度を達成できる、大容量真空排気技術を確立する。また、1,000m ³ 程度のタンク試験設備を開放し、真空排気後の真空積層フィルムのずれ、はがれ、やぶれ等がなく健全であること、および層密度を確認し、真空排気後においても製作時と同様に、断熱性能が0.01W/m・K以下（3,000m ³ 程度の液体水素タンクシステム換算）相当であることを確認する。（平成29年度）
⑤GFRP サドルの開発	

中間目標（平成 29 年）	
1,000m ³ 程度のタンク試験設備に設置した GFRP サドルについて、外槽設置後のひずみの経時変化を確認する。（平成 28 年度）	
1,000m ³ 程度のタンク試験設備を開放し、上記 GFRP サドルが健全であること確認する。（平成 29 年度）	
⑥50,000m ³ 級タンク技術の開発 前年度までに実施した真空パネルの開発成果を基に、50,000m ³ 級タンクを想定した、真空パネル以外の断熱方式について検討を行い、各方式における課題を明確化する。 また、50,000m ³ 級液体水素タンクを想定した、タンク形状や構造等の実現可能性を検討し、当該タンクシステム実現における課題を明確化する。（平成 28 年度）	
⑦液体水素用新鋼材の開発（再委託先：新日鐵住金株式会社） 既存の液体水素用オーステナイト系ステンレス鋼よりもニッケル量を低減した新鋼材 について、溶接継手数種類について既存溶接方法により溶接し、液体水素中機械試験装置を用いて、溶接部の破壊靱性を明らかにする。（平成 28 年度） 前年度までの成果に基づき、既存の液体水素用オーステナイト系ステンレス鋼よりもニッケル量を低減した新鋼材 について、適切な溶接材料および溶接方法の検討を行う。（平成 29 年度）	

研究開発項目Ⅲ－２ 水素専焼対応型 Dry Low NOx 高温ガスタービン燃焼技術の研究開発（三菱日立パワーシステムズ（株）、三菱重工業（株））

中間目標（平成 29 年）	
Ⅲ－２ 「大規模水素利用技術の研究開発」 / 水素専焼対応型 Dry Low NOx 高温ガスタービン燃焼技術の研究開発	
①単孔ノズルの解析・検証（担当：三菱日立パワーシステムズ株式会社、三菱重工業株式会社） 平成 28 年度：数値解析等による予測に基づき、フラッシュバックを発生しないノズル構造を設計する。 平成 29 年度：非燃焼試験により、流速分布および燃料濃度分布が平成 28 年度に計画した目標値に対しフラッシュバックを発生しない許容範囲にある事を検証する。	
②縮小モデルバーナの解析・検証（担当：三菱日立パワーシステムズ株式会社、三菱重工業株式会社） 平成 28 年度：シングルクラスタバーナに関する概念図を完成する。 平成 29 年度：非燃焼試験による燃料濃度分布および流速分布の検証実施に向けた試験装置の建設および試験供試体の設計を完了する。 コンバインド効率で 60%（LHV 基準）を達成可能な燃焼条件においてバーナ出口 NOx50ppm（15%O ₂ 換算）を達成可能とするシングルクラスタバーナの検証実施に向けた試験装置の建設および試験供試体の設計を完了する。	
③大型ガスタービンむけクラスタバーナの構造成立性検討 （担当：三菱日立パワーシステムズ株式会社） 平成 28 年度中にクラスタバーナの数百 MW 級ガスタービンへの適用に関するフェージビリティスタディを完了し、概念設計レベルでの成立性を確認する。 平成 29 年度には、研究開発項目①および②の成果を反映し、数百 MW 級のガスタービンに適用可能なクラスタバーナノズルの基礎設計を完了する。	
平成 28 年度：クラスタバーナの大型ガスタービン適用に関する FS を完了し、燃焼器の概念図を完成する。 平成 29 年度：研究開発項目①および②の成果を反映し、大型ガスタービン（250MW級）に適用可能なクラスタバーナノズルの基礎設計を完了する。 （燃焼器ノズル部の計画図の完成）	

研究開発項目Ⅲ－３ 水素ガスタービン燃焼技術の研究開発（川崎重工業（株））

中間目標（平成 29 年）	
Ⅲ－３ 「大規模水素利用技術の研究開発」 / 水素ガスタービン燃焼技術の研究開発	
平成 28 年度：	

中間目標（平成 29 年）
<ul style="list-style-type: none"> ・水素バーナの改良検討を開始している。 ・追焚き併用の試作部品の設計を開始している。 ・試作燃焼器を用いて、着火試験、始動時条件相当の低圧燃焼試験準備が完了している。 ・試作燃焼器を用いて、着火試験、始動時条件相当の低圧燃焼試験を実施。 <p>着火に必要な空気流量および燃料流量の取得ができています。また、問題点・課題の洗い出しができています。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素バーナの改良検討、設計が完了し、発注（外作）している。 ・追焚き併用の試作部品の設計が完了し、発注（外作）している。 ・水素バーナ部の非定常流動 PIV 計測および CFD 解析を実施している。 ・高圧水素燃焼試験（1 回目）を実施している。 <p>部品破損なく、NOx45ppm 以下を確認。</p> <p>追焚き併用方式での NOx 性能を取得し、問題点・課題の洗い出しができています。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素バーナ部背後に形成される水素火炎を可視化計測し、火炎挙動を把握している。 ・燃焼器部品温度計測装置（赤外線カメラ）の導入が完了し、試計測を実施している。
<p>平成 29 年度：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素バーナの改良試作品の低圧燃焼試験を実施している。 ・燃焼器部品温度計測装置により、燃焼器部品の温度計測を実施している。冷却改善に向けた検討を実施している。 ・改良試作燃焼器にて低圧水素燃焼試験を実施。NOx 性能を取得すると共に、始動時条件相当および燃料の遮断試験を実施し、水素燃焼で失火や逆火が生じず、500℃以上の燃焼ガスを安定に生成する安定燃焼に目途を得ている。 ・可視化/特殊計測および CFD 解析、低圧水素燃焼試験結果より、水素バーナの改良検討、設計、試作（外作）を完了している。 ・試作燃焼器の全体構造見直し、エンジン実装を考慮した燃焼器部品のモックアップを製作している。 ・高圧水素燃焼試験（2 回目）を実施している。 <p>水素バーナの改良試作品、および追焚き併用方式にて、以下を達成すること。</p> <p>① MW級ガスタービンエンジンの 50%負荷から定格 100%負荷運転に相当する燃焼器入口条件の NOx35ppm(残存酸素 16%換算値)以下の達成に向けた基礎データを取得し、課題整理と検討を行う。</p>

研究開発項目Ⅳ エネルギーキャリアシステム調査・研究（委託事業）

【中間目標（平成 27 年度末）】

本項目は提案公募として実施し、目標はテーマごとに決定する。研究期間は 4 年以内とし、研究成果を評価した上で、必要性が認められるテーマについては、本格研究へ移行する予定。

【最終目標（平成 29 年度末）】

④- 1 高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換

熱回収効率 35%以上の熱回収効率の最適化手法を確立して、総合効率 75.7%以上、転換率低下率 5%未満（8,000 時間後）の最適プロセスを開発、設計を完了する。

④- 2 溶融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成

窒素還元陰極の高性能化（300mA/cm³以上、一室型）、アンモニア生成反応制御の高収率化（収率 90%以上）及び酸素発生陽極の高性能化（消耗速度 20μm/年以下、電極内部抵抗 0.05mΩ m²以下）を達成する。

④- 3 水素分離膜を用いた脱水素

セラミックス系水素分離膜の大面积化（水素透過性 $\geq 1 \times 10^{-6}$ mol/m²・s・Pa、分離係数 H₂/SF₆

≥16,000) を達成する。水素分離膜型脱水素プロセスの経済的優位性の確認と多用途展開先の調査、商業化を見据えた水素分離膜型脱水素のパイロットプラントの概念設計を完了する。

研究開発項目Ⅳ エネルギーキャリアシステム調査・研究（エネルギー総合工学研究所：平成27年終了）

研究開発項目Ⅳ-1 高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換（日立造船株式会社）

中間目標（平成29年）	
Ⅳ-1 「エネルギーキャリアシステム調査・研究」 / 高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換	
平成29年度：	<ul style="list-style-type: none"> ・（純ガス耐久性）触媒の耐久評価試験を継続、（不純物耐久性）8000時間以上の耐久性となる許容濃度把握。 ・発電規模別の再生可能エネルギーのメタン変換プロセスのFS実施（メタン貯蔵が蓄電池貯蔵より優位なことを示す） ・実証試験用メタン製造設備（定格メタン製造量12.5Nm³/h）における流動変動に対応したプロセス仕様・設計の見直し（流動変動時において製造メタン中の出口水素濃度5%以下）
平成29年度：	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験用メタン製造設備のプロセス最適化・起動・停止および部分負荷運転の実施（製造メタン中の水素ガス濃度が5%以下） ・プロセス最適化、100MW級大規模再生可能エネルギーのプロセス試設計

研究開発項目Ⅳ-2 溶融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成（アイエムセップ株式会社）

中間目標（平成29年）	
Ⅳ-2 「エネルギーキャリアシステム調査・研究」 / 溶融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成	
①-1 陰極性能の向上（アイエムセップ）	<p>（平成28年度目標）評価装置用窒素還元陰極の作製・設置</p> <p>（平成29年度目標）陰極電流密度0.3 A/cm³以上の達成</p>
①-2 陰極反応生成物に関する検討（電力中央研究所）	<p>（平成28年度目標）陰極生成物の定量手法の確立</p> <p>（平成29年度目標）陰極電流密度0.3 A/cm³以上の達成</p>
②-1 アンモニア回収方法に関わる検討（A：アイエムセップ、B：電力中央研究所、慶應義塾大学）	<p>（A）（平成28年度目標）評価装置用アンモニア生成部の作製・設置</p> <p>（平成29年度目標）評価装置でのアンモニア連続合成時におけるアンモニア収率（水蒸気供給量に対するアンモニア回収量の割合）90%以上</p> <p>（B）（平成28年度目標）評価装置を模擬した測定系における溶存化学種分析手法の確立</p> <p>（平成29年度目標）評価装置でのアンモニア連続合成時におけるアンモニア収率（水蒸気供給量に対するアンモニア回収量の割合）90%以上</p>
②-2 微細気泡供給部に関する検討（アイエムセップ）	<p>（平成28年度目標）評価装置用大型水蒸気供給部の作製・設置</p> <p>（平成29年度目標）評価装置でのアンモニア連続合成時におけるアンモニア収率（水蒸気供給量に対するアンモニア回収量の割合）90%以上</p>
	<p>（平成28年度目標）評価装置用酸素発生陽極における消耗速度20 μm/y以下の達成</p> <p>（平成29年度目標）評価装置用酸素発生陽極における電極内部抵抗0.05 mΩm²以下の達成</p>

中間目標（平成 29 年）	
(A)	（平成 28 年度目標）評価装置の製作・設置 （平成 29 年度目標）評価装置稼働試験による性能評価に基づく事業化目標（電解電圧 2.3 V 以下）の達成の目途を得る
(B)	（平成 28 年度目標）アンモニア高収率運転条件の明確化 （平成 29 年度目標）アンモニア電解合成プロセスの実用化可能性の定量的評価

研究開発項目Ⅳ－3 水素分離膜を用いた脱水素（公益財団法人地球環境産業技術研究機構、千代田化工建設株式会社）

中間目標（平成 29 年）	
VI-3 「エネルギーキャリアシステム調査・研究」 / 水素分離膜を用いた脱水素	
(7)	セラミック系水素分離膜（単管膜）の大面積化 平成 28 年度上期に製膜装置の改造を行い、その後、これら諸条件の検討を進め、500mmL 長尺化を達成する。 平成 28 年度は原料にジメトキシジフェニルシラン（DMDPS）を用いて 500mmL シリカ膜の製膜を検討し、水素透過性 $1 \times 10^{-6} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 、分離係数（ H_2/SF_6 ）16000 以上の標準性能を有するシリカ膜 500mmL、 $\phi 10 \sim 20 \text{ mm}$ の製膜を実現する。 平成 29 年度は、(8)-2 で開発した高分離性能のシリカ膜を用いて 500mmL 長尺化を実現するとともに、製膜の量産性を考慮して、製膜時のキーファクターを明確化して再現性（歩留り）の向上を検討する。
(8) - 1	モジュール化検討 平成 28 年度は、メンブレンリアクター実用化に必須と考えられる量産性を備えた低コストシール方法およびモジュールへの効率的な熱供給を可能とする構造を考案し、試作により課題の明確化を行う。 平成 29 年度は、平成 28 年度に抽出された課題に基づいた改良を加えた構造を検討し、改良構造の試作を行って考案した構造の有効性を検証する。
(8) - 2	水素分離性能向上 平成 28 年度末までに水素透過性を $3.4 \times 10^{-6} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 以上、分離係数（ H_2/SF_6 ）16000 以上の水素分離膜を開発する。具体的には、シリカプレカーサ種類、製膜条件、支持体種類、中間層種類・形成方法を含め検討を行う。シリカプレカーサ種類の検討にあたっては、DMDPS より大きな細孔径の形成可能性が基礎検討により確認されているトリフェニルメトキシシラン（TPMS）に関し豊富な技術・知見を有している工学院大学への再委託により、TPMS その他の新規プレカーサの検討を行う。 平成 29 年度は、水素分離性能の向上したシリカ膜について、500mmL 長尺製膜に対応した材料のチューニングを行う。
(8)-3	小型メンブレンリアクター装置によるデータ収集 平成 28 年度は引き続き DMDPS 200mmL 膜を用いて、熱供給量、熱媒と反応管の温度差等を測定し、総括伝熱係数の算出を行うとともに、500mmL の水素分離膜に対応した反応管を製作し、DMDPS 500mmL $\phi 10 \text{ mm}$ の水素分離膜を用いて、シールに加えて、熱応力、耐久性の確認を行うとともに、操作条件の検討を行い、概念設計に必要な各種データを収集する。なお、平成 29 年度については、本項目は実施しない。
(9)	高圧化基礎検討 ((公財)地球環境産業技術研究機構) 平成 28 年 11 月 1 日付の高圧ガス保安法の運用及び解釈の変更により高圧ガス保安法の対象とならずに運用できる圧力の上限が引き上げられたことに伴って、使用圧力の高圧化が脱水素反応に及ぼす影響について、基礎的検討を行う。単管メンブレンリアクターを高圧対応に改造し、標準性能シリカ膜および高性能シリカ膜について、供給圧 300kPaG から 600kPaG（状況に応じて最大 1000kPaG 未満）の範囲で、転化率、純度、回収率、分離膜の耐圧性、装置のシール性などに関する検討を行い、適用範囲に関する知見を得るとともに、高圧化の有効性を検証する。

中間目標（平成 29 年）	
(10) 水素分離膜型脱水素プロセスの概念設計及び他用途展開 平成 28 年度では、平成 32 年度以降を想定している分離膜反応器のパイロット試験（7Nm ³ -H ₂ /hr 程度）による水素分離膜型脱水素反応装置の検証運転に向けて、平成 28 年 11 月 1 日付の高圧ガス保安法の運用及び解釈の変更を反映したパイロットプラントの概念設計（PFD、物質/熱収支、機器リスト等の作成）を実施する。 平成 29 年度には、将来の適用拡大に向けて、FCV、他メーカーの SOFC/PEFC 等の水素利用用途向け、及び、本研究の成果の応用によりメンブレンリアクターの実用化に必須な要素技術が確立することを予想した水素利用以外の用途も対象とした分離膜システムの概念検討を実施する。	

研究開発項目 V トータルシステム導入シナリオ調査研究（委託事業）

産業技術総合研究所、横浜国立大学（平成 25～27）

東京工業大学、エネルギー総合工学研究所、産業技術総合研究所（平成 28～29）

【中間目標、最終目標について】

本項目は提案公募として実施し、研究期間は 4 年とする。前半 2 年で一通りのシナリオを完成させる。後半 2 年は、中間評価等も踏まえ、策定したシナリオの精緻化や新たなシナリオの設定、分析を行う。

研究開発項目 V トータルシステム導入シナリオ調査研究（産業技術総合研究所、横浜国立大）（平成 25～27）

研究開発項目 V トータルシステム導入シナリオ調査研究（東京工業大学、エネルギー総合工学研究所、産業技術総合研究所）（平成 28～）

中間目標（平成 29 年）	
V 「トータルシステム導入シナリオ調査研究」 /	
① 水素本格導入に向けたシステム分析 （産業技術総合研究所、エネルギー総合工学研究所） （1） 経済性・環境性・技術マクロ分析 （産業技術総合研究所、エネルギー総合工学研究所） a) コスト・効率分析 （エネルギー総合工学研究所） [平成 28 年度] コスト・効率分析の結果を用いて技術課題を考察・抽出する。 [平成 29 年度] 検討対象の候補は、チェーンの規模、液化水素の冷熱利用、高純度の水素が得られる点、反応熱の低コスト供給・有効利用等であり、これらが、コスト・効率に与える影響について考察を行う。 b) ライフサイクル分析 （産業技術総合研究所） [平成 28 年度] 最新のプロセスデータを反映させることによって分析結果の精緻化を図る。 [平成 29 年度] 分析対象とする水素サプライチェーンからの環境負荷を定量化する。 c) 経済波及効果・国富流出分析 （産業技術総合研究所） [平成 28 年度] 水素発電導入による経済波及効果と国富流出を分析するための産業連関モデルを構築する。 [平成 29 年度] 発電以外の水素利用技術の分析をし、水素利用技術の導入による経済波及効果と国富流出への影響を定量化する。 d) 我が国の長期需給影響分析 （産業技術総合研究所） [平成 28 年度] 水素関連技術の学習効果に関する感度分析により、学習効果が水素導入量に及ぼす影響の定量的分析を、平成 27 年度までに対象とした水素等の受入・転換技術から、水素利用技術にまで拡大して実施する。	

中間目標（平成 29 年）	
<p>[平成 29 年度]学習効果を組み込んだ MARKAL モデル等を用いた全体最適化を行い、複数の時間断面における水素導入量への効果を定量的に明らかにする。</p> <p>e) 世界のエネルギー需給・CO₂削減効果分析（エネルギー総合工学研究所）</p> <p>[平成 28 年度] COP21 の後に提出されたものを含め、各国の GHG 排出目標を詳細に調査し、2030 年までの排出シナリオとして整備するとともに、世界合計で長期 2℃目標相当の排出制約と接続する。新たな排出目標と整合的な長期エネルギー需給シナリオの実現可能性と、技術の利用可能性などの前提条件による数種類の感度分析を行い、低炭素エネルギーキャリアの位置づけを明らかにする。</p> <p>[平成 29 年度]前年度評価を受けて、長期かつ国際的にみた水素などの低炭素エネルギーキャリアの導入可能性をセクター別、地域別の需給面から評価すると同時に、パリ協定を考慮したその世界 CO₂削減における位置付けや、エネルギーシステムに与える影響を原子力や CO₂回収貯留（CCS）の外的要因を変化させた感度分析を通じて包括的に分析し、評価結果のとりまとめを行う。</p> <p>平成 28 年度]・環境条件の俯瞰的整理（産業技術総合研究所、エネルギー総合工学研究所）</p> <p>技術が使われる地域、利用形態等について整理する。また、具現化するための、環境条件・制約条件等について整理する。</p> <p>・技術の俯瞰的整理（エネルギー総合工学研究所、産業技術総合研究所）</p> <p>製造から利用に至る主要なプロセスの技術開発の現状、開発状況等を海外の技術政策・導入シナリオと併せて整理する。</p> <p>・ケースの設定（産業技術総合研究所、エネルギー総合工学研究所）</p> <p>上記整理を踏まえ、推進委員会等の意見も参考に、規模／地域を考慮した、技術導入にインパクトが大きいと思われる具体的な分析ケースを複数設定する。</p> <p>[平成 29 年度]</p> <p>・主に最適化分析に基づくケーススタディー（産業技術総合研究所）</p> <p>選択したケースについて全体最適化の観点から、システム内における水素等と他のエネルギーキャリアの競合・補完関係を分析する。</p> <p>・主に経済性分析に基づくケーススタディー（エネルギー総合工学研究所）</p> <p>平成 27 年度までに「水素利用等先導研究開発事業／エネルギーキャリアシステム調査・研究」で実施した「エネルギーキャリアシステムの経済性評価・特性解析」の成果を活用し、経済性分析・評価を、競合技術と対比するケーススタディーとして行う。実施するケースは、平成 28 年度に設定した複数ケースの中から 1 ケース程度を選定する。これによって、当該技術の位置付けを評価すると共に、実現のために必要となる技術開発課題、目標等を提示する。</p>	<p>② 学理に根ざした技術評価・予測および新技術普及に向けた分析（東京工業大学）</p> <p>（1）学理に根ざした技術評価、技術の将来予測（東京工業大学）</p> <p>本プロジェクトにおいて対象とする要素技術・システム技術は下記である。</p> <p>(a) 電解による水素製造技術に関する要素技術の将来予測</p> <p>(b) 水素を利用したエネルギー貯蔵に関する要素・システム技術の将来予測</p> <p>(c) 高効率水素燃焼ガスタービン関連技術の将来予測に関する研究事例の体系的要点整理（平成 29 年度より実施）</p> <p>[平成 28 年度]論文・特許情報ならびに学術俯瞰システムを活用し、研究開発動向の分析を行い、萌芽的技術・革新的技術候補を抽出する。分析結果をもとに、抽出した研究課題のグローバルな研究開発環境の中での位置づけの評価や将来予測に繋げる。</p> <p>さらに、固体酸化物形電解セル/燃料電池、固体高分子形電解セル/燃料電池を対象に、すでに東工大で有するこれら発電装置を活用し、学理に根差した技術評価および技術の将来予測を行うための基礎データを取得し検討を行う。</p> <p>[平成 29 年度] 研究開発動向の分析、および東工大で有する固体酸化物形燃料電池、固体高分子形燃料電池を活用した基礎データの取得を継続するとともに、取得したデータを解析し、学理に根差した技術評価、技術予測を行う。</p> <p>（2）新技術の導入および普及に関する分析（東京工業大学）</p> <p>[平成 28 年度]雇用圏や流通圏、実質地域や等質地域といった地理学的な区分法を活用しながら、地域特性に応じ</p>

中間目標（平成 29 年）

たエネルギーシステムの設計・分析を実施する。また、過去の水素・エネルギー技術の新規導入事例において、研究開発、実証実験、社会実装の流れの中でどのようなステークホルダーが関与したのか、各ステークホルダーがどのような行動を取った/取らなかったのか、その背後にはどのような意思決定の構造があるのかを調査検討する。これにより、実装に至る過程での様々な障壁がどのように乗り越えられてきたのか、その理由は何か、逆に乗り越えられなかったのはなぜかについて、各ステークホルダーの意思決定構造からの分析を行う。

〔平成 29 年度〕

水素・エネルギーキャリアの輸送特性などの検討に加えて、より多面的で具体的な地域特性について考察し、導入効果の高い技術/低い技術のマッピングを行う。具体的な事例として、離島や北海道での再エネ等を利用した水素製造・貯蔵・輸送、寒冷地での熱利用やコンビナート等での Power to Gas を想定し、社会導入シナリオの設計やフィージビリティ評価を行う。

さらに、過去の事例分析を参考にしながら、ステークホルダーの行動とその背後にある意思決定の構造を調査およびステークホルダーのネットワーク構造の可視化することで、各ステークホルダーの意思決定や社会導入におけるボトルネックの予測や解消方法についての検討を行う。以上を通じて、社会受容可能な水素・エネルギーシステムの設計を行うとともに、ステークホルダー群が主体的・自律的に取り組むことを誘発する水素・エネルギーに関するイノベーションエコシステムの設計に繋げる。

（3）シナリオにおける多様な評価軸の検討（東京工業大学）

水素エネルギーシステムの有する価値の最大化、社会実装のため障壁の克服のために、水素エネルギー等が持つ多様な価値を評価する。

〔平成 28 年度〕水素エネルギーシステムの有する価値の最大化、社会実装のため障壁の克服のためには、コストや CO2 排出削減量のみならず、エネルギー資源の多様化等によるエネルギー安全保障、水素エネルギーに関する新たな産業創造による経済成長、再生可能エネルギー由来のエネルギー貯蔵等の多様な評価軸での評価が必要となる。平成 28 年度では、そのような多様な評価軸を体系的に整理する。

〔平成 29 年度〕多様な評価軸をもとに、水素エネルギーのエネルギーシステムや社会の中での位置づけを整理し、有する価値やポテンシャルを定性的に分析する。また、評価のためのフレームワークとして整理を行う。

③ 技術開発シナリオの作成

（東京工業大学、産業技術総合研究所、エネルギー総合工学研究所）

①、②の成果を活かし、「水素利用等先導研究開発事業」の成果の速やかな実用化・普及の実現に対し、水素エネルギーシステムの価値の最大限の発揮に向け必要となる要素・システム技術ならびに開発目標を明確にするための技術開発シナリオを検討し、技術目標の妥当性を確認するとともに、その更なる具体化を含む戦略策定の基礎となる情報を提供する。

〔平成 28 年度〕

東京工業大学、産業技術総合研究所およびエネルギー総合工学研究所により「共同研究者会議」（仮称）を設置し、本研究開発項目実施者らの間で前提条件や分析結果を共有する。それにより、分析結果を技術開発シナリオとして統合するための検討を行う。

〔平成 29 年度〕

「共同研究者会議」（仮称）を継続的に運営する。また、作成したシナリオに対して外部有識者からの意見をいただく場として「推進委員会」（仮称）を設置し、水素・エネルギーシステムの技術開発、実用化・普及において中心的な役割を果たすことが期待される企業との連携を深め、シナリオ作成に取り組む。なお、その運営については NEDO と相談の上、進める。

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、研究開発を実施する。

研究開発項目Ⅰ：「低コスト水素製造システムの研究開発」

アルカリ水電解、固体高分子型水電解等の水電解システムについて、電解電流密度の向上、電解セル大型化等により設備コストを低減するとともに、従来システムと同等の耐久性を維持しつつ、変動する再生可能エネルギーの有効活用が可能な水素製造システムの研究開発を行う。

研究開発項目Ⅱ：「高効率水素製造技術の研究」

原理的に電解効率に優れた高温水蒸気電解等の技術について、電解セル構成材料、セル構造、セル運転条件等の革新及びセル・スタック製造技術の開発、耐久性向上の研究等により変動する再生可能エネルギーへの追従性を確保するとともに、水素製造効率を飛躍的に向上させる次世代水素製造技術の研究開発を行い、水素製造電力消費の低減、電力貯蔵等への適応可能性を明らかにする。

研究開発項目Ⅲ：「周辺技術（水素液化貯蔵システム）の研究開発」（平成 25～27）

「大規模水素利用技術の開発」（平成 28～29）

本事業では、水素生成量の変動に対応可能な大型（50～100 t/day）高効率液化システム、断熱性に優れた大型（50,000m³級）液体水素タンク等からなる水素液化貯蔵システムの基盤技術を開発する。また環境負荷が低く、かつ大量水素の利用に繋がる基盤技術を開発する（但し燃料電池は除く）。

研究開発項目Ⅳ：「エネルギーキャリアシステム調査・研究」

有機ハイドライド、各種の炭化水素、アンモニア、金属など水素を効率的に貯蔵・輸送等できるエネルギーキャリアについて、既存の水素附加プロセス、水素脱離プロセスと比較してエネルギー効率、経済性の飛躍的向上が期待できる新規プロセスの有効性を確認する解析評価研究を行う。具体的には、新規プロセスに必要な材料・要素機器の小規模な試作、性能評価やそのプロセスを含むシステムの特性解析などを行い、システム全体の性能・経済性、開発課題、開発目標を把握する。

研究開発項目Ⅴ：「トータルシステム導入シナリオ調査研究」

水①再生可能エネルギーのポテンシャル調査（ケーススタディ等による量やコスト等の把握）、②エネルギーキャリア技術のコスト分析、③許容されるコスト（競合する既存システムのコスト等から導かれる）の分析等に基づいてシナリオを策定する。併せて、シナリオが実現した際のエネルギー需給や炭酸ガス排出削減、経済成長への寄与等を検討する。

シナリオは、①本事業で開発する水素製造技術、②液体水素、メチルシクロヘキサン等のエネルギーキャリア技術及び①と②を組み合わせたトータルシステムについて最低限策定する。シナリオの設定や分析にあたっては、秘密情報の確実な管理を前提に、本事業の参加者から技術情報等を収集するとともに、本事業内外の有識者の知見を幅広く得られる適切な体制を構築する。

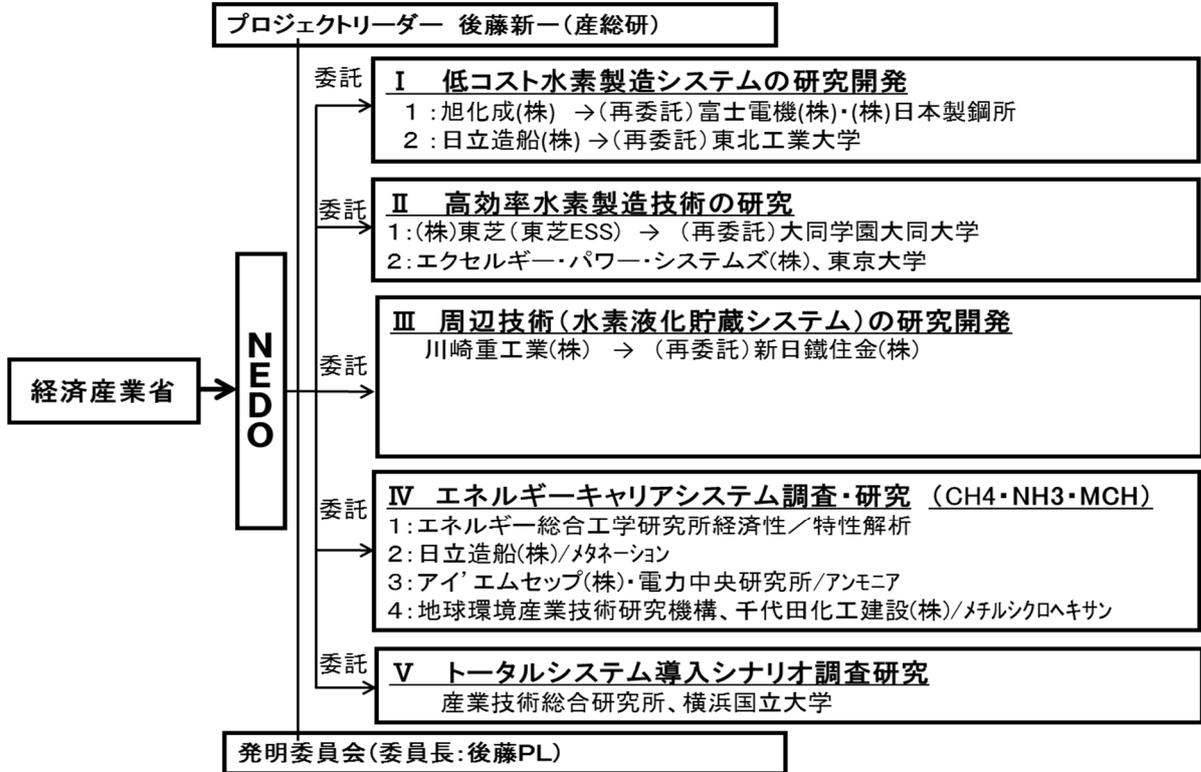
さらに、水素製造から貯蔵、輸送、利用に至るサプライチェーン全体を通じた経済性・環境影響等の分析・評価、エネルギーシステム全体の中での水素エネルギーの位置付けについての評価、要素・システム技術の将来予測に関する評価について、新たな評価軸の検討を含め、その方法を検討する。

シナリオ作成にあたっては、秘密保持の確実な管理を前提に、本事業の参加者との十分な連携による技術情報等の収集やフィードバックを行うとともに、本事業内外の有識者の知見を反映させることが可能な適切な体制を構築する。

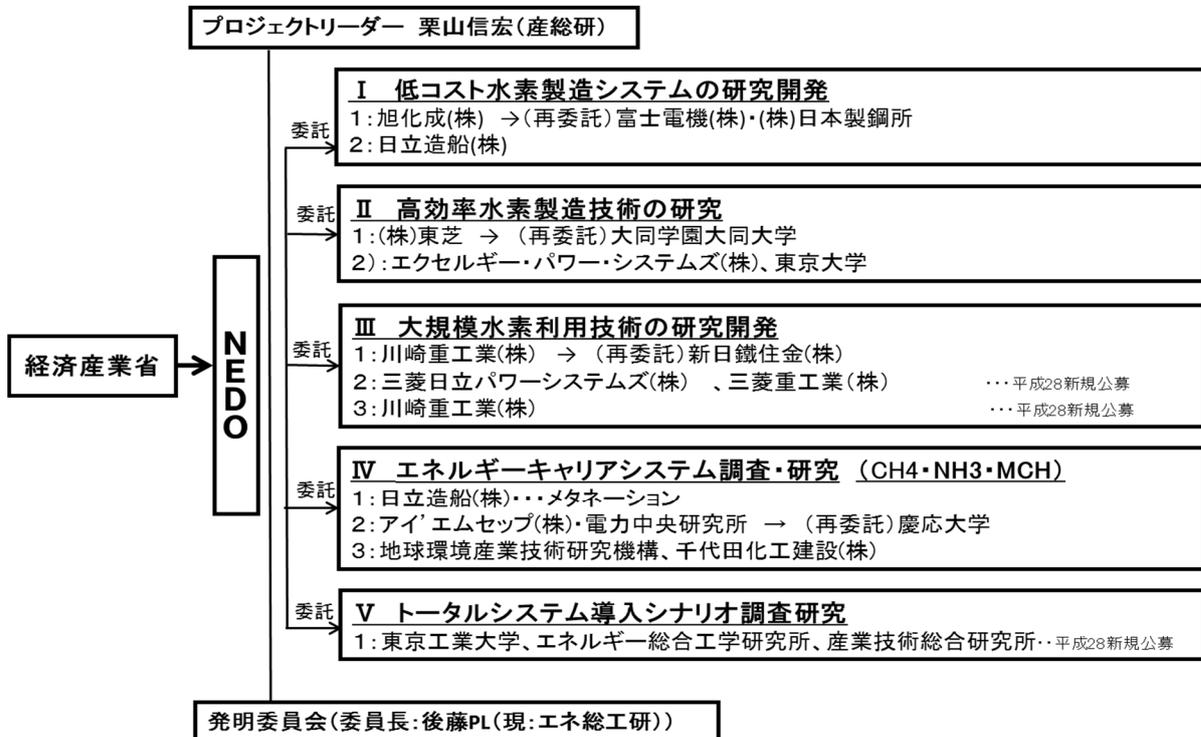
2. 2 研究体制の実施体制

平成 25 年から現在までの実施体制について以下に示す（平成 28 より新体制）。

実施体制の全体図（平成 25～27）



実施体制の全体図（平成 28～29）



2. 3 研究の運営管理

●研究開発の進捗管理の妥当性

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 PL や研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、事業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、必要に応じて研究開発実施者が設置する WG 等における外部有識者の意見を実施計画に反映させると同時に、NEDO、PL はオブザーバ出席を行い適切な助言を行う他、適時委託先から実施計画の進捗について報告を受ける等を行う。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。

●NEDO と実施者との面談及び意見交換について

各実施者が設置する WG 等へのオブザーバ出席を通して、実施計画に基づく「進捗状況の報告、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助言等を行った。更に平成 27 年の中間評価の結果を受け、平成 28 年から 2 回/年の頻度で全実施者との進捗フォロー会議を導入、継続して実施している。実施計画書のスケジュールに対しての進捗をタイムリーに確認することで、正確な状況を把握することが可能となり、PL の協力の下、専門的なアドバイスに加えて進捗管理の観点からも助言を行った。なお、進捗フォロー会議においては、知財管理、安全管理事項も含めて幅広く協議を実施した。知財管理に関しては、平成 29. 2 に知財マネジメント報告会を開催し、全テーマについてフィードバックを実施。さらに、毎月の PL 定例会にて関連情報の共有化、フリー協議を実施した。

また毎年の成果については、毎年度毎のマイルストーンを設け、毎 3 月提出される中間年報により確認をしている。また予算執行状況については、毎月提出される執行調査票をもとに内容確認、管理を行うとともに、毎 9 月と毎 3 月に中間検査を行い、実施計画と乖離が認められる場合については事業者個別に適切な予算運営を指導した。以上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連携体制について

他事業との連携体制について、関係する事業として「水素利用技術研究開発事業(P13002)」「水素社会構築技術開発事業(P14026)」「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発(P13001)」「固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業(P15001)」があり、必要に応じて事業担当者と情報共有、連携して対応を進めた。

事業番号	事業名	内容
P13002	水素利用技術研究開発事業	2020 年以降の FCV 及び水素供給インフラの本格普及に向けて、FCV 及び水素ステーション関連に資する事業を行う。
P14026	水素社会構築技術開発事業	大規模な水素利用、輸送、貯蔵手段を検討し、2030 年頃には世界に先駆け本格的な水素サプライチェーンを構築に資する事業を行う。
P14021	水素利用等先導研究開発事業	2030 年頃の長期的視点を睨み、水素等のエネルギーキャリアについて各種化石燃料等と競合できる価格を狙う。
P15001	固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業	固体高分子形燃料電池(PEFC)の社会への本格実装に向けて、PEFC の大量普及に必要な要素技術を確立する。

P13001	固体酸化物形燃料電池等 実用化推進技術開発	固体酸化物形燃料電池(SOFC)エネファームの本格普及及び中・大容量システムへの展開のための技術開発及び実証研究を、以下の項目について行う。
--------	--------------------------	--

本事業は、再生可能エネルギー等からの低コスト水素製造技術開発、水素の長距離輸送が容易となるエネルギーキャリアへの高効率転換・輸送技術開発に取り組み、水素社会実現のための基盤技術に資するもとともに、我が国のエネルギーセキュリティの確保、再生可能エネルギーの適地等の経済発展に貢献するものである。

また事業内については NEDO および PL が進捗フォロー会議、WG 等へ参加し、直接、実施者との打合せを通じ、必要な場合は他事業の成果の紹介や他 WG への参加等を助言することで、連携を行っている。

2. 4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

(1) 研究開発成果の取扱い

①成果の普及

開発された成果を我が国の産業競争力強化に繋げるため、事業者だけでなく、潜在的なユーザー等の意見を聴いて、標準化戦略や成果の市場への受容を促すための安全・性能証明の方策を含む事業化戦略を策定する。また、途中段階で得られた成果は他の施策と連携しつつ、事業化を図る。

②知的財産権の取扱い

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第 2 5 条の規定等に基づき、原則として、委託先に帰属させることとする。

また、推進体制を構成する企業等が相互に連携しつつ、研究開発及び事業化を効果的に推進するために、知的財産管理規程等を定めることを求める。

(2) 基本計画の変更

NEDO は、関連技術や市場の動向を随時把握し、最新の技術や知見を取り込むこととし、毎年度、必要に応じて、基本計画に掲げられた研究開発プロジェクトの目標や研究開発の内容を評価し、必要に応じて変更するものとする。

(3) 根拠法

本研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 1 項第一号二に基づき実施する。

(4) その他

①他省庁の施策との連携体制の構築

NEDO は、文部科学省が所管する独立行政法人科学技術振興機構の「戦略的イノベーション創造プログラム」における「エネルギーキャリア研究開発計画」など基礎研究の実施体制と緊密に連携するため、各プロジェクトの統括者、所管省庁等の課室長等から構成される連携体制に参画する。当該連携体制では、プロジェクト間の事業計画の調整、成果の共有や取扱いの調整、設備の共用や研究人材交流の促進等について協議を行うものとする。

②大学における人材の流動化等に係る取組

大学の研究者の企業等への出向を容易にするための取組、守秘義務を課した形でのポスドク等のプロジェクト参加など、本プロジェクトを活用した実践的人材の育成への取組を促すこととする。また、大学側も、これらの取組を促進する方策について検討するものとする。

③国立研究開発法人産業技術総合研究所の協力

独立行政法人産業技術総合研究所において独自に実施しているエネルギーキャリアに関連した安全性評価等の成果について定期的に情報共有や意見交換を行い、プロジェクトの研究開発又は事業化の方向性を検討する等の連携を求めていくものとする。

④工業所有権情報・研修館の協力

本プロジェクトにおける知的財産に関する戦略策定や管理方法の検討に当たっては、必要に応じて、独立行政法人工業所有権情報・研修館に知財プロデューサーの派遣を求める。

3. 情勢変化への対応

下記の対応を実施した。

- (1) 平成 25 年 6 月、戦略的イノベーションプログラム（SIP）が創設された。この情勢に対応し、研究者間の交流が促進されるよう、SIP との連携を図った。（ワークショップの開催平成 27 年 3 月～平成 29 年 3 月、計 4 回実施）
- (2) 平成 28 年 8 月、水素利用拡大を見据えて、「大規模水素利用技術の開発」の公募を実施。水素専焼タービン関連テーマを 2 件採択。
- (3) トータルシステム導入調査研究のテーマについて、より活動を強化する為、新たに東京工業大学を加えた体制とし、活動の推進を実施。

4. 評価に関する事項

NEDO は、技術的及び技術的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による評価を原則として中間評価を平成 27 年度（公開済）、事後評価を平成 29 年度に前倒して実施する。また、中間評価結果、本プロジェクトにおける目標達成度、他省庁における連携事業の進捗状況、内外の研究開発動向の変化、社会・経済情勢の変化、政策動向の変化その他の情勢の変化を踏まえ、本プロジェクトの必要性、目的、目標、研究開発の内容、推進体制等についてゼロベースで見直しを行い、次期の基本計画を改定するものとする。

なお、評価の時期については、当該研究開発に掛かる技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

特に研究開発の最終段階にあるものや早期に成果が見込まれるものは、事業化の促進の取組みも含め、適切に見直しを行うものとする。

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、水電解装置の性能およびコストの達成、水素液化貯蔵システムの性能達成、および水素利用における水素専焼型ガスタービン目標達成見込みの結果から、ポイントとなる技術課題はクリアできたと言えることから、目標を達成みこみであり、水素社会に向けての骨格をなす基盤技術を構築した。

☆水素製造：目標コストを見通せる性能を実現し、MW 級大型電解槽を稼働させ、耐久性も良好であった。

☆液体水素タンクシステム：目標性能を実現させ、水素サプライチェーン実証事業に移行する。

☆水素専焼タービン：逆火防止、NOx 低減の要素技術を開発し、目標達成の目途を得た。

各テーマとも、達成状況は下記の通りであり、当初の目標を概ね達成、達成見込みである。

1. 1 研究開発項目 I：「低コスト水素製造システムの研究開発」

[I - 1] アルカリ水電解水素製造システムの研究開発

先行する欧米のアルカリ水電解と比較して、10%以上高効率な装置を開発、再エネ電力使用時の課題である電力変動追従性・耐久性も確認できた。早期のスケールアップを進めて MW 級の規模に適用できるシステム開発、2 年間／1 万時間超の長期運転を実施し、実用化可能なことを証明した。

・水電解用電力供給装置の設計・製作・運転を実施し、高効率化・低コスト化の目途を得た。

・水電解装置/電力供給装置コストについては現在精査中であるが、(大量生産時) 100MW 以上の大規模設備においてそれぞれ目標値水素 1Nm^3 あたり 20 万円/6 万円 $\text{Nm}^3\text{-H}_2$ 以下が見通せる技術の確立の目途が立った。

・水電解装置協調制御の研究開発では、変動出力に対する効果的な風力－水電解協調制御手法を開発し、系統の需給状況に応じた協調制御手法も開発した。これにより、系統受容性を高めつつ、再エネ事業者の収益の最大化を図ることが可能となり、水素製造コストを下げることを期待できる結果を得た。

[I - 2] 高効率低コスト水素製造システムの研究開発

水電解装置を軸に開発を行い、ラボスケール試験にて電解電圧 1.8V において電流密度 $0.6\text{A}/\text{cm}^2$ 以上の安定運転を達成するとともに、再エネ使用時における寿命改善の見通しも得た。全体システムとしての検討も実施済。

・電極基板の前処理方法やメッキ厚の最適化を行うことにより、ラボスケール試験にて電解電圧 1.8V において電流密度 $0.6\text{A}/\text{cm}^2$ 以上の安定運転を達成した。中型電解槽および大型電解槽の性能を確認中。

・中型電解槽電極 1 式の製作コストを従来の 4 割弱へコストダウンが可能と算出した。大量生産により目標コストを達成する見込み。(約 3 割へのコストダウンが必要)

・電力変換装置コスト 6 万円/ Nm^3/h 以下を達成した。

・電極面積 $4,000\text{cm}^2$ 、20 セルの電解槽にて電解試験を実施し、ラボスケール試験および電極面積 $2,500\text{cm}^2$ 、20 セル電解試験との比較を実施し、出力変動が水素製造システムに及ぼす影響を明確にした。

。

1. 2 研究開発項目Ⅱ：「高効率水素製造技術の研究」

〔Ⅱ-1〕高温水蒸気電解システムの研究

セル・スタック技術、水素製造システム、電力貯蔵システムの研究開発を通して、個々の目標を達成するとともに更なる改善へとつながる指針を得た。

- ・高い電解特性および劣化耐久性を持つシステム適用レベルのスタックを開発した。
- ・セル・スタック劣化率を改良し、更に改良指針を提示した。
- ・マルチスタック試験で、連結大型化、複数スタック運転・制御、変動電力対応を実証した。
- ・シミュレータで運転動特性を評価、運転・制御設計。変動電力対応の制御方法を考案
- ・10～50Nm³/h 級機設計検討、<4kWh/Nm³ 見通しを得た。
- ・SOEC-蓄熱-SOFC 電力貯蔵システム設計で熱循環利用の有効性を検証

〔Ⅱ-2〕次世代水素製造システムの研究

中間電極を有する構成による水電解システムを新規に考案・開発し、その将来的な可能性として、常温動作、低電圧、交流利用等の特長を実験データで示した。

- ・負極に MH、正極に水酸化ニッケルを用いた三次元（粒子）電極からなる新規水電解システムを開発（電気化学反応が二相界面で起こるため、過電圧を低減でき、エネルギー変換効率を大きくできる）
- ・中間電極を用いて水電解反応を水素発生サイクルと酸素発生サイクルの二つの電気化学サイクルに分割した電気化学水分解サイクルの基本的技術を開発（中間電極があるためセパレーターの厚さを薄くでき、抵抗過電圧を低減できる、パルス電流を流すことにより、濃度過電圧を低減できる）
- ・常温で、電解電圧が 1.6V では、エネルギー変換効率は 93%となり、既存のアルカリ水電解をはるかに凌駕する技術を確認した（エネルギー変換効率を高め、電解水素コストを低減できる、ラボスケールにて、25℃、電流密度 0.2A/cm²にて、電解電圧 1.6V 以下を確認）。
- ・中間電極を用いた電気化学水分解サイクルの 0.1kW 級プロトタイプの水素製造装置を立ち上げ中（平成 29 年 9 月時点）。

1. 3 研究開発項目Ⅲ：「周辺技術（水素液化貯蔵システム）の研究開発」（平成 25～27）

「大規模水素利用技術の開発」（平成 28～29）

〔Ⅲ-1〕水素液化貯蔵システムの研究開発

大型真空二重殻タンクをはじめとする、エネルギーキャリア（二次エネルギー用途）としての高効率・大型水素液化貯蔵技術として水素液化システムおよび大型液体水素タンクシステムの開発を実施し、再生可能エネルギー由来水素液化貯蔵システム実現に必要な重要基盤技術を確立した。

- ・5t/d 級液化システム実証およびプロセスシミュレーションにより高効率液化プロセス成立確認し、液化効率 25%を見通せる技術を策定した。動特性解析による負荷変動対応の課題を明確化した。

- ・要素試験、1,000m³ タンク試験により、大型真空二重殻タンクの断熱・構造開発を完了。現在（平成 29 年 9 月）、タンク試験設備外を開放し、断熱・構造の健全性を確認中。

【Ⅲ- 2】水素専焼対応型 Dry Low NO_x 高温ガスタービンの研究開発

大型バーナの要となる単孔ノズルについて詳細に調査、研究し、形状等の最適化を行うことで、実機へとつながる基礎技術を開発した。

- ・単孔ノズルの解析・検証（単孔ノズルの設計）：断面内最高濃度の低減(低 NO_x 化)と壁面濃度の上昇抑制（フラッシュバック耐性確保)を両立する為、単孔ノズルの燃料孔配置を数値解析により検討した。更なる低 NO_x 化、フラッシュバック耐性確保のため、ノズル入口形状を改良していく。
- ・単孔ノズルの解析・検証：単孔ノズルの拡大モデルで非燃焼場の水素燃料濃度分布が計測可能な装置を製作。縮小モデルバーナの非燃焼試験にも適用可能である。
- ・単孔ノズルの解析・検証：濃度分布は数値解析結果とほぼ同様であるが、断面内最高濃度の減衰および壁面最高濃度の増加は気流試験の方が緩やかである⇒数値解析では濃度の拡散を速く見積もっている可能性がある。気流試験では燃料孔数が少ないとやや非対称性が生じる。
- ・縮小モデルバーナの解析・検証（燃焼試験装置の製作）：縮小モデルバーナの燃焼試験を実施可能な試験装置を計画中。H30 年度実施予定の燃焼試験では下記の検証が可能である。

（NO_x : 50ppm@15%O₂ (CC 効率 60%条件) 達成の目途付、フラッシュバック耐性 : 上記 NO_x 達成条件においてフラッシュバックしないこと)

- ・大型ガスタービンむけクラスタバーナの構造成立性検討：最適化の結果、大型ガスタービンむけクラスタバーナは天然ガス焚き燃焼器の 1.2～1.4 倍程度の直径サイズになる見込みであることを確認した。

【Ⅲ- 3】水素ガスタービン燃焼技術の研究開発

実機エンジンの実現につながる要素技術を開発、個々の目標性能を達成するとともに、エンジン実証が可能なレベルに達した。

- ・水素の微細な火炎を形成する水素専焼ドライ低 NO_x 燃焼技術を用いたガスタービン用の燃焼器について、燃焼器要素開発段階でのベース技術確立の目途を得た。
- ・高圧水素燃焼試験を実施し、2MW級ガスタービンエンジンの 50%負荷から定格 100%負荷運転に相当する燃焼器入口条件において、NO_x 40ppm(残存酸素 16%換算値)以下のレベルになっている。
- ・低圧水素燃焼試験を実施し、2MW級ガスタービンエンジンの着火、エンジンの回転数上昇時を想定した 5%、20%、40%、80%、100%回転数を模擬した各種条件において、水素燃焼で失火や逆火が生じず、500℃以上の燃焼ガスを安定に生成する安定燃焼を達成した。

1. 4 研究開発項目Ⅳ：「エネルギーキャリアシステム調査・研究」

【Ⅳ- 1】高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換

グリーンメタンプロセスの実現の基になる関連技術を開発し、再エネ水素・メタン変換の大規模変換・輸送事業の可能性を示した。

- ・触媒耐久性試験において、18,000 時間後も初期性能を維持し、極めて高い耐久性確認
- ・高メタン変換率および熱回収効率を実現するシェルアンドチューブ型反応器を含む離島モデルのプロセス設計を実施
- ・経済性評価として、貯蔵エネルギー当たりの設備コストがメタン変換/貯蔵が蓄電池貯蔵・水素変換/貯蔵よりも有利であることを示した。
- ・水素処理量 $50\text{Nm}^3/\text{h}$ の実証用メタン製造設備を製作し、定格運転、部分負荷運転、起動/停止を含めた総合運転により高純度のメタン製造が可能であることを検証した。

[IV-2] 熔融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成

- 要素技術の開発により、陰極の分極特性、陽極の耐久性の向上、アンモニア生成時の反応メカニズム解明、収率の大幅向上など、本方式の実現に向けた多くの成果が得られ、事業化に向けた大きなステップとなった。
- ・陰極電流密度 2 桁向上、導電性セラミックスの薄膜化陽極作製技術の確立など、電極開発において飛躍的な性能向上を実現（今後の装置大型化に向けた電極製造方針の確定）
 - ・ H_2O 供給方法確立、アンモニア生成時の反応メカニズムの解明（大型装置稼働時・異常発生時における状況把握）
 - ・熔融塩中の N^{3-} や溶存アンモニア種の分析手法を確立（装置大型化に向けた開発を加速する分析ツール）
 - ・製作した 10A スケール評価装置の稼働試験と、今後の装置大型化に向けた課題抽出は現在進行中（事業化目標（電解電圧 2.3 V 以下達成の目途を得る）は低電流通電領域（5A 以下）で達成見込み）

[IV-3] 水素分離膜を用いた脱水素

- 個別の目標は全て達成し、設計まで含めて、量産、実用化が見通せるレベルに技術を高めることで、今後につながる成果を得た。
- ・セラミック系水素分離膜の長尺化：既存膜の 500mmL への長尺化を達成し、改良膜については長尺化への課題を把握し、年度内達成見込み
 - ・世界最高の性能を有する水素分離膜を開発
 - ・分離膜システムの低コスト化/量産化を目指したモジュール化検討を実施、200mmL×7本、500mmL×3本のモジュールによる反応検討を実施し、単管膜と同様の水素引き抜き効果を実証するとともに、低コスト化に繋がるモジュール化構造を考案し、試作を実施。
 - ・小型・分散型 MCH 脱水素システムとしての経済的実現可能性を確認した。

1. 5 研究開発項目 V : 「トータルシステム導入シナリオ調査研究」

[V]

新たに学理に根ざした技術評価の観点から、従来シナリオを大幅に補強、強化し、将来のシナリオを検討する際に活用可能な技術開発シナリオが見えてきた。

・グローバル水素利用の拡大には、各エネルギーキャリア（液化水素、有機ヒドライド、アンモニア）には特長があり、CO₂ 制約の強さ、技術の成熟度、関連インフラの整備状況、安全性など、（時間軸、規模）によって役割分担が必要。

・ローカル蓄エネ水素の利用拡大には、太陽電池+分散型 PtoG による水素蓄エネシステムが重要である。

詳細については、次表のとおりであり、全テーマ、項目ともに達成可能である。

2. 研究開発項目別の成果

各テーマについての成果および達成度は以下のとおりである。(◎大幅達成、○達成、△達成見込み、×達成困難)

研究開発項目 I : 「低コスト水電解水素製造システムの研究開発」

中間目標 (平成 29)	研究開発成果	達成度
I -1 : 「アルカリ水電解水素製造システムの研究開発」		
(1) アルカリ水電解装置用高耐久性・低過電圧電極・隔膜の開発 :	各種電極から過電圧の低い陽・陰極の選択を行った。合わせて、電解で用いる隔膜については自社開発した膜製造装置で製造条件を検討し、電気抵抗が小さく且つガス遮断性に優れた隔膜の製造条件を構築した。 変動電源に対する耐久性評価基準 : 以下の条件で電解電圧の上昇率 10%以下 a) 変動電源 (短周期・長周期) 連続 1,000Hr 運転 b) 一定時間通電後、電源シャットダウンの繰り返し 500 回	○
(2) 電解システムの大型化の達成	小型電解装置で目標の電解性能の達成が見込まれたので、数百 KW 級、数 MW 級の規模で使用する電解セルの製作とシステム構築を進めた。電解セルの単セル面積を小型電解装置から、それぞれ約 100 倍、1,000 倍のスケールアップを行った。 100MW 以上の大規模設備において目標値の 20 万円/Nm ³ -H ₂ 以下が見通せる技術の確立の目途が立った。	○
(3) 電解システムの長期運転によるシステム安定性の達成	小型電解装置での変動電源に対する耐久性の基本評価を実施し、良い評価が得られているので (項目 (1))、電解システムの大型化の目的で設置した中型及び大型電解装置を用いて、長期の運転評価を実施した。 電解の基本性能「0.6A/cm ² の電流密度において電解電圧 1.8V」が維持できており、長期運転での耐久性を有することが証明された。	○
(4) 水電解用低電圧・大電流直流電力供給装置開発	水電解整流器のシステム設計、電気回路設計と装置製作 : 小電流 (50A)、中電流 (2,500A)、大電流 (16,200A) の 3 種類の水電解整流器のシステム設計、電気回路設計を実施し、装置を製作した。 半導体スイッチング素子 (IGBT) の高周波スイッチングで出力電流を制御するため、風車発電電力の急峻な変動に追従した水電解装置への電力供給が可能であり、それぞれの規模の水電解装置での稼働が確認できた。	○

中間目標 (平成 29)	研究開発成果	達成度
(5) 水電解装置協調制御に係る研究開発	1 年間のシミュレーションの結果、制御なしの風車では 25.4GWh 発電するが、電力需要協調制御を入れた場合、系統に 13.6GWh、水電解に 8.1GWh となり、出力制御分は 3.6GWh となった。売電単価を 22 円/kWh、売水素単価を 30 円/Nm ³ 、電解効率を 5kWh/Nm ³ とすると、年間約 3.5 億円の収入となる。	○
I-2 : 「高効率低コスト製造システムの研究開発」		
(1) アルカリ水電解の高効率化	ラボスケール試験にて目標達成。 中型・大型セルにて性能を確認中。	○
(2) アルカリ水電解装置の耐久性評価	・変動運転時の電圧上昇に対してめっき条件の改良により解決した。 ・ラボスケール試験にて変動試験を実施し、耐久性を確認中。	△
(3) アルカリ水電解装置の低コスト化	メッキ方法を見直して製造コストの低減を検討中。 電力変換装置コスト 6 万円/Nm ³ /h 以下を確認済み。	○
(4) アルカリ水電解装置の大型化	小型セル(2,500cm ²)および中型セル(4,000cm ²)を製作し、性能確認済み	△
(5) 水素製造システム FS の実施	・システムの FS を実施済み。 ・水素製造システムの出力下限値をラボスケール試験、小型セルおよび中型セルにより把握済み。	△
(6) 水素製造システムの実証試験	・基本設計にて 5%以上向上できることを確認済み。	○
II-1 : 「高温水蒸気電解システムの研究」		
(1) セル・スタック技術 ・平均電圧 1.3V 以下、平均電流密度 0.5 A/cm ² の条件で電圧上昇率 1%/1000 h 程度以下	・劣化率に及ぼす運転条件の影響を評価、劣化率 1%/kh 以下を達成 ・セル劣化要因を抽出。改良施策で<0.5%へ見通し	○
(2) 水素製造システム ・SOEC 水素製造システム検証機的设计、運転・制御方法、系統・機器仕様の具体化。	・マルチスタック試験で拡張性、変動電力応答性を実証 ・シミュレータで運転動特性を評価、変動電力に対応する制御方法を考案 ・検証機を設計。改良方針抽出、4kWh/Nm ³ に見通しを得た。	○
(3) 電力貯蔵システム ・SOEC-蓄熱-SOFC 連結システム概念・運転制御設計	・システム概念構築 ・高温蓄熱の要素特性取得 ・運転・制御方法を考案。熱循環の効率寄与を明確化	○
II-2 : 「次世代水素製造システムの研究」		
(1) 三次元粒子電極を用いた新規水電解 ・負極及び正極材料の探索 ・正極構造の最適化 ・最適スタック構造の設計 ・ベンチ試験装置の試作と実験	・ベンチ試験の水電解・放電のエネルギー変換効率 98.3%、79.6%と高効率を確認した。 ・1kW セル・スタックでエネルギー効率 95.3%(@0.2C)を確認。	○

中間目標 (平成 29)	研究開発成果	達成度
(2) 新規電気化学水分解サイクル ・1 kW 級水素サイクル用セル評価 ・電気化学サイクルの基礎研究 ・最適スタック構造の設計 ・0.1 kW 水素製造装置の試作 ・システム設計	・ベンチ試験装置で、周波数 50Hz 以上、25℃、0.2 A/cm ² で、電解電圧 1.69 V を確認 ・0.1 kW セル・スタックで 50Nm ³ /h/m ³ を試験中 ・0.1 kW セル・スタックで試験中	△
Ⅲ-1: 「周辺技術 (水素液化貯蔵システム) の研究開発」 (平成 25~27) 「水素液化貯蔵システムの研究開発」/「大規模水素利用技術の研究開発」 (平成 28~		
(1) 水素液化システムの開発 液化容量 5~10t/day 程度の水素液化システムに対し、25%以上の液化効果が見通せる技術を開発、水素製造量の時間変動に対応するための解決策を明確化	5 t/day 液化システム実証およびプロセスシミュレーションにより高効率液化プロセス成立確認 動特性解析による負荷変動対応の課題明確化	○
(2-1) 液体水素タンクシステムの開発 ボイルオフ水素発生率 0.1%/day の液化水素タンクシステム (容量 3000m ³ 程度) を可能とする技術を開発	要素試験、1000m ³ タンク試験により、大型真空二重殻タンクの断熱・構造開発完了	△
(2-2) 現行のオーステナイト系ステンレス (9~12w t %Ni) に対し、Ni 量を 6w t %まで低減した新鋼材	新鋼材の機械的特性が従来鋼と同様であることを確認、汎用溶接材による溶接特性取得	△
(3-1) 容量 200m ³ /h 以上、ポンプ効率 50% 以上、揚程 260m の液体水素ポンプを可能とする基板技術確立	30m ³ /h 級ポンプによる移送試験完了、絶縁材の浸漬試験性能取得	○
(3-2) 容量 3000m ³ /h、効率 60%以上のボイルオフ水素用圧縮機を可能とする技術を開発	極低温二相水素解析・設計技術を確立 解析的に目標性能を確認	○
(3-3) エネルギー輸出国の選定、再生可能エネルギー由来等水素ポテンシャル調査	ノルウェー等豊富な水素ポテンシャルと近年の再生可能エネルギー開発を確認	◎
Ⅲ-2: 「水素専焼対応型 Dry Low NOx 高温ガスタービンの研究開発」		
(1) 単孔ノズルの解析・検証	・壁面フラッシュバック発生限界の濃度計画値策定 ・非燃焼試験装置の製作完了し、計測実施中	○
(2) 縮小モデルバーナの解析・検証	・NOx50ppm 以下達成の濃度計画値策定中 ・非燃焼試験装置の製作完了 ・燃焼試験装置の概念設計完了	○
(3) 大型ガスタービンむけクラスターバーナの構造成立性検討	・概念図作成	○
Ⅲ-3: 「水素ガスタービン燃焼技術の研究開発」		
(1) 高圧水素燃焼試験 NOx 排出特性	・高圧水素燃焼試験を実施し、2 MW級ガスタービンエンジンの 50%負荷から定格 100%負荷運転に相当する燃焼器入口条件において、NOx 40ppm(残存酸素 16%換算値)以下のレベルになっていることを確認した。	○

中間目標 (平成 29)	研究開発成果	達成度
(2) 水素安定燃焼	・低圧水素燃焼試験を実施し、2 MW級ガスタービンエンジンの着火、エンジンの回転数上昇時を想定した5%、20%、40%、80%、100%回転数を模擬した各種条件において水素燃焼で失火や逆火が生じず、500℃以上の燃焼ガスを安定に生成する安定燃焼を達成した。	○
IV-1 : 「高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換」		
<p>(1) 熱回収効率最適化手法の検討</p> <p>1)ベンチ実証設備および、シミュレーション計算によるリアクター構造の最適化検討</p> <p>2)熱回収に適した触媒組成・形状の検討および、耐久評価</p> <p>実ガス中に含まれる不純物に対し、8,000 時間後の反応において水素理論最高転換率 90.1%に対し、低下率 5%以内</p> <p>(不純物許容濃度把握)</p> <p>3) 総合効率最適化プロセス検討</p> <p>総合効率 75.7%以上</p>	<p>1) 高効率変換および高熱回収率に適したメタン化リアクターを設計し、ベンチ試験機 (処理量 6 Nm³/h) にて熱回収率 58%、実証試験機 (処理量 62.5Nm³/h) にて 73.2%を検証。</p> <p>2) 純ガスを用いた連続反応試験評価を実施し、18000 時間後も初期性能を維持し、高い耐久性を示す。ガス中に含まれる不純物影響および許容濃度を把握した。</p> <p>3) 処理量 100Nm³/h 規模におけるメタン変換からガスエンジン発電までの総合効率は 77.2%である。</p>	○
<p>(2)</p> <p>1) CO₂ 源の選定と物質収支試算とプロセス設計</p> <p>・発電規模別の再生可能エネルギーのメタン変換プロセスの FS 実施</p> <p>2) 水素転換率の最適条件検討</p> <p>・リアクター出口における水素濃度 5%以下</p>	<p>1) 国内離島を想定した風力発電、アルカリ水電解、メタン化、ガスエンジン発電までを含む離島モデル規模のグリーンメタンプロセスの設計を完了。</p> <p>経済性評価を行い、メタンへの変換/貯蔵が、水素への変換/貯蔵および蓄電池貯蔵より優位であることを示す。</p> <p>2) メタン化反応試験により高純度メタンが製造できることを検証し、リアクター出口の水素濃度は実証試験機 (処理量 62.5Nm³/h) にて 0.7%であった。</p>	○
<p>(3) 離島モデル実証試験</p> <p>1) 離島モデル実証試験</p> <p>2) プロセス設計</p>	<p>1) メタネーション実証試験機 (処理量 62.5Nm³/h) を設計・製作。高い熱回収効率 73.2%にて高純度メタン (リアクター出口水素濃度 0.7%) を製造できることを実証。</p> <p>2) 水素流動変動下においても安定して運転可能であり、起動・運転・停止までを自動制御・運転する技術を構築。</p>	○
IV-2 : 「溶融塩を用いた水と窒素からのアンモニアの電解合成」		
(1) 高性能窒素ガス還元陰極 (一室型・二室結合型共通)	・270 mA/cm ³ を確認済	△
(2) アンモニア生成反応制御 (一室型)	・収率 100%を確認	○
(3) 高性能酸素発生陽極	・溶出成分検出限界以下 ・内部抵抗評価用陽極準備中	△
(4) 高性能水素透過金属膜 (二室結合型)	・改善継続中	△

中間目標 (平成 29)	研究開発成果	達成度
(5) 評価装置の試作と評価	・10A スケール評価装置を製作・設置 ・評価試験継続中	△
IV-3 : 「水素分離膜を用いた脱水素」		
① セラミック系水素分離膜の長尺化・大面積化	・標準膜で大面積化 (→500mmL) 達成 ・高性能膜の製膜 (条件検討中)	△
② 水素分離性能向上	・透過性 $3.5 \times 10^{-6} \text{mol/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 、分離係数 16000 以上を達成	◎
③ 単管 MR による反応検討	・外側触媒構造が適用可能であることを見出し、平 衡シフト効果確認	◎
④ 小型 MR の設計・試作、データ収集	・装置製作、平衡シフト効果確認	○
⑤ モジュール化検討	・ガラスシール法の可能性確認 ・伝熱能力向上のための試作検討中	△
⑥ 高圧化基礎検討	・供給圧を 500kPa-A 以上にすれば、低コスト化 が図れる「透過側常圧」の採用可能があることを 確認(シミュレーション)	△
⑦ プロセス経済性検討	・100kWSOFC 連携システムの機器コスト、ランニ ングコストを推算	○
V : 「トータルシステム導入シナリオ調査研究」		
・マクロ分析に基づく現状・近未来技術のシナリオ分析	・マクロ分析を実施した。	○
・技術的革新性 (社会的合理性を付与)	・技術的革新性について分析実施、継続中。	△
・技術開発シナリオの提示 (水素エネルギーシステムの 価値を最大化)	・シナリオ策定中 (①グローバル水素利用の拡大、 ②ローカル蓄エネ水素の利用拡大)	△

3. 研究開発成果の意義

(1) 成果の市場性

- ・一部遅れがあるものの、研究テーマ毎の中間目標は達成及び達成見込みであり、プロジェクトとしての中間目標は概ね達成の見込みである。
- ・本プロジェクトの最終目標（アウトカム目標）は、2030-2040年時点の水素販売価格（20～40円/Nm³）の達成であり、現時点の成果はその達成に直結するものではないが、水素社会の実現に向けた骨格となる技術は形成されたとと言える。
- ・旭化成による水電解装置の開発など、完成度が高いものも含まれており、今後拡大が期待される水素関連市場において、その牽引役としても期待される。
- ・川崎重工の水素液化システムおよび液体水素タンクシステムは、ポイントとなる技術は完成したと言える。今後、水素サプライチェーン実証事業で本技術を生かし、実用化に見通しを付ける予定である。
- ・三菱日立パワーシステムズ、三菱重工、および川崎重工の水素専焼ガスタービンの研究開発では、確実に技術は完成されると見込んでいる。2020年頃より徐々に導入が開始され、インフラが整う2030年頃から、水素発電の本格展開がなされると期待される。

(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ものも存在し、NEDO事業として取り組んだ結果とも言える。

(3) 成果の汎用性

- ・全て汎用性のある成果と考えられるが、今後も水素を取り巻く世界情勢を踏まえた上で、製品化に向けた開発を進めていく必要がある。

(4) 他の競合技術と比較しての優位性

- ・アルカリ水電解装置の性能、新規水電解技術など世界的に通用する技術と考えられ、今後、如何に市場へとスムーズに移行していくかが重要となる。基礎的な研究開発テーマについては、特長ある技術が生まれており、個別テーマの技術ステージに適した形で、継続したサポートが必要と考えられる。

4. 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平成 29 年 8 月末で以下の表のとおりである。論文発表、研究発表等は順調に成果をあげ、特許出願については、後半での出願が少ない傾向にはあるが、権利化活動は積極的に行っており、初期のアイデア段階を経て、一通り出尽くした感がある。また、個々の実施体による特許戦略もあり一概には言えない。さらに、基本特許的なものは、既に本プロジェクトを開始する以前に取得済のところが多く、その影響もあると考えられる。

	H25	H26	H27	H28	H29	計
論文	0	0	16	13	10	39
研究発表・講演	0	24	100	173	45	342
受賞実績	0	0	0	2	0	2
雑誌・図書等への掲載 ^(注1)	0	13	14	25	8	60
展示会へ出展 ^(注1、注2)	0	9	13	20	10	52
特許出願 ^(注3)	1	11	17	14	3	46
うち外国出願	0	1	14	7	0	22

注 1：NEDO 発表会の講演では、講演とともに抜き刷り集（図書）や出展（パネル）もカウントしております（図書やパネルのみの場合もあります）。

注 2：「展示会への出展」が、講演等と同時に実施の時には、同様に展示（パネル）もカウントしております。

注 3：平成 29 年 8 月末時点で集計

※詳細は各項目の成果詳細に記載

5. 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 29 年度末までの達成見通しは以下のとおりである。

研究開発項目Ⅰ：「低コスト水電解水素製造システムの研究開発」

	最終目標（平成 29 年度末）	達成見通し
Ⅰ-1：「アルカリ水電解水素製造システムの研究開発」		
①	低電圧・高耐久性電極の開発	・達成 ・2年間/連続1万時間超の運転で耐久性確認済（内部解析でメンテナンス評価予定）
②	低電圧・高耐久性隔膜の開発	・達成 ・2年間/連続1万時間超の運転で耐久性確認済（内部解析でメンテナンス評価予定）
③	電解ユニットの開発	・達成
④	電解プロセスの開発・実証	・達成 ・百メガワット級の装置であれば、目標コストの達成は可能（年度末までに精査予定）
⑤	水電解用直流電力供給装置開発	・平成 29 年度末までに電力供給装置の仕様を決定し、5%効率化とコスト低減の見通しをつける。
⑥	風力発電と水電解装置の協調制御法検討	・平成 29 年度末までに、系統電源安定化に向けたシステム設計を完成させる。
Ⅰ-2：「高効率低コスト水電解水素製造システムの研究開発」		
①	アルカリ水電解の高効率化	・達成（ラボスケール試験）
②	アルカリ水電解装置の耐久性評価	・平成 29 年 12 月達成予定（ラボスケール試験にて耐久性確認中）
③	アルカリ水電解装置の低コスト化	・達成
④	アルカリ水電解装置の大型化	・平成 30 年 1 月達成予定（小型セル、中型セルでは性能確認済）
⑤	水素製造システム FS の実施	・平成 29 年 11 月達成予定（システムの F S を実施済）
⑥	水素製造システムの実証試験	・達成（基本設計にて 5%以上向上できることを確認済）

研究開発項目Ⅱ：「低コスト水電解水素製造システムの研究開発」

	最終目標（平成 29 年度末）	達成見通し
Ⅱ-1：「高温水蒸気電解システムの研究」		
①	セル・スタック技術	・達成（劣化率に及ぼす運転条件の影響を評価、劣化率 1%/kh 以下を確認）
②	水素製造システム	・達成（マルチスタック試験にて拡張性、変動電力応答性を実証）
③	電力貯蔵システム	・達成（システム概念構築、運転・制御方法を考案、熱循環の効率寄与を明確化）
Ⅱ-2：「次世代水素製造システムの研究」		
①	三次元粒子電極を用いた新規水電解	・達成（ベンチ試験の水電解・放電のエネルギー変換効率 98.3%、79.6%）

	最終目標（平成 29 年度末）	達成見通し
	②新規電気化学水分解サイクル	・達成見込み（ベンチ試験にて 25℃、1.6V を確認、0.1kW セル・スタックで試験中）

研究開発項目Ⅲ：「周辺技術（水素液化貯蔵システム）の研究開発」

「大規模水素利用技術の研究開発」

	最終目標（平成 29 年度末）	達成見通し
Ⅲ-1：「水素液化貯蔵システムの研究開発」		
	①水素液化システム	・達成（5 t/day 級液化システム実証及びプロセスシミュレーションにより高効率液化プロセス成立確認）
	②液体水素タンク	・平成 30 年 2 月達成予定
	③液体水素用新鋼材	・平成 30 年 2 月達成予定
	④液体水素ポンプ	・達成
	⑤ボイルオフ水素圧縮機	・達成
	⑥水素ポテンシャル調査	・達成（ノルウェー等調査）
Ⅲ-2：「水素専焼型 Dry Low NOx 高温ガスタービンの研究開発」		
	① 単孔ノズルの解析・検証 ・数値解析によるフラッシュバックレス構造設計 ・非燃焼試験による燃料濃度許容範囲内	・平成 30 年 2 月達成予定（単孔ノズルの形状改良により達成見込み）
	② 縮小モデルバーナの解析・検証	・平成 30 年 2 月達成予定（単孔ノズルの解析、検証に関する成果を反映することで達成見込み）
	③ 大型ガスタービン向けクラスターバーナの構造成立性検討	・平成 30 年 2 月達成予定
Ⅲ-3：「水素ガスタービン燃焼技術の研究開発」		
	①高圧水素燃焼試験 ・NOx 排出特性	・達成予定（水素バーナ部の形状改良を実施中）
	②水素安定燃焼 ・水素着火性能	・平成 30 年 2 月達成予定（追焚きバーナの形状改良を実施中）

研究開発項目Ⅳ：「エネルギーキャリアシステム調査・研究」

	最終目標（平成 29 年度末）	達成見通し
Ⅳ-1：「高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換」		
	① 熱回収率最適化手法の検討 ・触媒組成・形状検討/耐久評価	・達成（純ガス：18000 h 後、初期特性維持）
	② CO ₂ 源選定と物質収支試算とプロセス設計 ・水素貯蔵、蓄電池との比較	・達成（離島モデルのプロセス設計完了、設備コスト：メタン > 水素 > 蓄電池）
	③プロセス設計 ・大規模システム試設計	・達成見込み（最適化結果を反映し、100MW 級プロセス試設計実施）
Ⅳ-2：「熔融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成」		
	①高性能窒素還元陰極 ・300mA/cm ³	・平成 29 年 12 月達成予定 （現状：270mA/cm ³ ）

	最終目標（平成 29 年度末）	達成見通し
	②アンモニア生成反応制御 ・収率 90%以上	・達成（収率 100%）
	③高性能酸素発生陽極 ・消耗速度：20 $\mu\text{m}/\text{y}$ 以下 ・電極内部抵抗:0.05 $\text{m}\Omega\text{m}^2$	・平成 29 年 12 月達成予定
	④評価装置の特性評価 ・大型化に向けた課題抽出 ・2.3V 以下に目途	・平成 29 年 12 月達成予定（10A スケール評価装置立ち上げ中）
IV-3：「水素分離膜を用いた脱水素」		
	④セラミック系水素分離膜の長尺化・大面積化	・達成見込み（製膜条件を検討し、年度内の達成を予定）
	⑤水素分離性能向上	・達成（世界最高の性能）
	⑥単管 MR による反応検討	・達成（外側触媒構造が適用可能であることを見出）
	④小型 MR の設計・試作、データ収集	・達成（装置製作、平衡シフト効果確認）
	⑤モジュール化検討	・達成見込み（ガラスシール法の可能性確認、熱伝導フインの効果検証）
	⑥高圧化基礎検討	・達成見込み
	⑦プロセス経済性検討	・達成見込み（他用途展開における経済性概念検討）

研究開発項目 V：「トータルシステム導入シナリオ調査研究」

	最終目標（平成 29 年度末）	達成見通し
V：「トータルシステム導入シナリオ調査研究」		
	①マクロ分析に基づく現状・近未来技術のシナリオ分析	・達成見込み（平成 29 年度末、更なる分析を加え充実）
	②技術的革新性 社会的・組織的合理性を付与	・達成見込み（平成 29 年度末、更なる検討を加え充実）
	③技術開発シナリオの提示 ・水素エネルギーシステムの価値を最大化	・達成見込み（平成 29 年度末までに具体的シナリオを提示）

IV. 実用化の見通しについて

先導事業ということで、リスクが高く難しいテーマが多い中、確実に結果も出ており、事業化へと移行が見えるものもある。各テーマ間の難易度にも幅があることから、やむを得ない結果と考えられる。今後、早期に事業化へと移行できるテーマと継続して研究開発が必要なテーマを分類し、将来的なポテンシャルの高いものについては、継続した活動が必要である。

各研究開発項目での実用化、事業化の見通しについて以下に詳述する。

1.1 研究開発項目Ⅰ：「低コスト水電解水素製造システムの研究開発」の実用化、事業化の見通しについて

[I-1]：当面は、社会実験や市場開拓が進んでいる欧州市場への参入を目指す。日本国内に関しては、市場の立ち上がり時期が見通せない現状であると捉えている。日本での市場開拓の可能性を協調制御に関する研究開発で検討し、事業性が成り立つ電力価格や水素需要・価格の水準を示したが、市場立ち上がりには何らかの優遇措置が必要である。

電力供給装置についても今後事業化を目指し、設計した1MW級水電解整流器の製作・評価を行い、効率、および、コスト試算の妥当性を検証する必要がある。さらに、水電解システムにエネルギーマネージメントを組み合わせることにより、より一層のエネルギーの有効活用を検討して行く。

[I-2]：ラボスケール電解槽により確認された性能を中型電解槽および大型電解槽にて維持させるためには多くの課題がある。また、目標とするコストにするためには部材（主に電極）の大量生産が必要になり、電解装置の容量を大きくする必要がある。ただし、本事業の目標が達成されると既存のメーカー（主に海外メーカー）の性能およびコストと比較して大幅に有利になると考えられ、事業化が可能になると考えられる。

特にI-1については完成度も高く、早期の市場投入が期待される。

1.2 研究開発項目Ⅱ：「低コスト水電解水素製造システムの研究開発」の実用化、事業化の見通しについて

[II-1]：将来の大型化が見通せる実験機を開発し、運転実証した。今後、高温水蒸気電解システムの商用化に向けて、以下が課題と考えられる。

セル・スタックについては、スタック装荷数低減、交換寿命延伸によるコスト低減のため、一層の劣化率改良と特性再現性が望まれる。そのためには、スタック構成、運転条件、被毒などの影響メカニズムを更に包括的に把握することで、改良を図る必要がある。また、高温モジュールに関して、水素／水蒸気環境における構造材料の耐環境性評価と改良、響と評価と設計指針への反映、および低コスト化技術開発が課題である。これらの技術開発と並行して、検証機、実証機と製作・運転試験を進め、事業化を進める。

[II-2]：ラボスケール電解槽により確認された性能を中型電解槽および大型電解槽にて維持させるためには多くの課題が残る。また、目標とするコストの実現には部材（主に電極）の大量生産が必要になり、電解装置の容量を大きくする必要もある。ただし、本事業の目標が達成されると既存のメーカー（主に海外メーカー）の性能およびコストと比較して大幅に有利になると考えられ、これをポイントに事業化検討を進める。

1.3 研究開発項目Ⅲ：「周辺技術（水素液化貯蔵システム）の研究開発」 「大規模水素利用技術の研究開発」の実用化の見通し等について

[Ⅲ-1]：事業化に向けた具体的な取り組みとしては、2016年2月に川崎重工業(株)、岩谷産業(株)、シエルジャパン(株)、電源開発(株)による技術研究組合「CO₂フリー水素サプライチェーン推進機構」（略称：HySTRA）」を設立し、水素サプライチェーン事業の展開を目指している。本取り組みは2015～2020年度(予定) NEDO 課題設定型産業技術開発費助成事業「未利用褐炭由来水素大規模海上輸送サプライチェーン構築実証事業」において実施しており、将来の事業化を目標に2020年までにパイロットスケールでの技術実証に必要な技術開発を行う予定である。

再生可能エネルギー由来水素の導入検討については、わが国における再生可能エネルギーの導入拡大の動き、海外、特に欧州での水素を利用した再生可能エネルギー導入利用をサポートするプロジェクトの進展を鑑み、川崎重工業(株)、九州大学カーボンニュートラル国際研究所、(株)テクノバ、トヨタ自動車(株)、(株)ローランド・ベルガーにより、「HyGrid 研究会」を発足しており、再生可能エネルギー大量導入時代をみすえた水素による低炭素社会を2030年までに実現させることを目指し、地域単位で産学官等による検討体制を構築している。以上の取り組みとあわせて、さらなる大型化に必要な技術を確立し、2030年までに商用規模での水素液化貯蔵システムの事業化を目指す。

[Ⅲ-2]：事業化までのマイルストーンとしては、中小型ガスタービン（コージェネ、自家発電）の実機展開の後、大型ガスタービンのリプレイス（天然ガス焚きから水素混焼へ）、水素発電の本格展開（水素専焼ガスタービン導入）の順が想定される。

[Ⅲ-3]：2020年頃の自家発電水素発電の本格導入開始、2030年頃の発電事業用水素発電の本格導入開始を睨み、事業化までのシナリオとして、以下のステップが想定される。

- ・本研究開発事業の完遂により得られる水素ガスタービンの差別化技術、水素の微細な火炎を形成する水素専焼ドライ低 NO_x 燃焼技術をベースとする水素発電装置の実用化検討を実施する。
- ・実用化検討とし、次の開発ステップである実機エンジン搭載に向けた量産試作設計やエンジン実証に向けた燃料制御技術を確立する。
- ・エンジン実証試験にて事業化に向けた更なる課題抽出と解決、長期的な運用信頼性の向上を図る。

1.4 研究開発項目Ⅳ：「エネルギーキャリアシステム調査・研究」の実用化、事業化の見通しについて

[Ⅳ-1]：2018年を目処に、離島等向けの小型電力エネルギー貯蔵システムの市場投入を進める。次に2023年を目処に大型発電所向けの中型電力エネルギー貯蔵システムへと対応し、さらに2030年を目処に大型燃料製造設備市場への投入を開始する。最終的には、国が計画している海外の再生可能エネルギーを活用したエネルギー貯蔵・輸送事業へ対応する。

[Ⅳ-2]：本アンモニア電解合成技術は、小規模生産においてもハーバー・ボッシュ法と同等以上の効率が見込める特長がある。今後の実用化・事業化においては、本事業の成果を十分に活用し、本事業の延長線上

にあるエネルギー貯蔵・輸送媒体としてアンモニア生産の大規模化に向けた実証試験からプラントへの適用までの開発に取り組む。

具体的には、評価装置での一連のオペレーションにより実績を蓄積し、デモンストレーション等により本技術の有効性と用途の広がりについての産・学・官の各方面への認知度向上に努め、大規模設備開発を強力に推進するためにプラントエンジニアリング企業、周辺設備メーカー、および実証試験を実施する風力・太陽光発電所など、多くのパートナーの参加・協力体制の構築を図る。2018年度から2022年度にかけては、60kW級のプロトタイプ設備を開発する。同設備を利用して、風力・太陽光発電所等での電力貯蔵試験を開始し、操業下での性能評価とともに稼働データの蓄積を行う。同時に、発電効率は良いが送電線の敷設が困難な日本領海遠洋での洋上風力への展開等についても検討を開始する。2023年度以降に本技術の本格的な実用化に向け、100MW級の中規模プラントを構築して実証実験に入る。2028年度以降にはさらにステップアップし、大規模再生可能エネルギー施設に対応する1000MW級の大規模プラントを稼働させ事業化を目指す。

[IV-3]：脱水素装置（実機）では個別技術開発は、すべて目標達成済みあるいは達成見込みであり、2018年度以降、2年間で量産用モジュール構造開発、耐久性評価、エンジニアリングデータ収集及びプロセス検討を進め、実機の詳細設計を経て、順次スケールアップを図る。シリカ膜モジュール量産化技術についてはMCHの脱水素プロセスに適した量産用モジュール構造の開発、耐久性の評価・確認を行い、セラミックメーカーが主体的にシリカ膜MRの開発を進める体制を整備すれば、量産化が促進される。更にSOFCとの連携、多用途展開へと積極的な事業化活動が好ましい。

1.5 研究開発項目V：「トータルシステム導入シナリオ調査研究」の実用化、事業化の見通しについて

[V]：本調査研究で開発した分析手法やシナリオ策定のフレームワークを、水素・エネルギー技術全体に拡張することで、より妥当性及び有効性の高い水素エネルギー技術開発シナリオの作成に繋げ、その結果を広く公開することにより、水素関連事業の実用化、事業化を支援することが期待される。その意味においても年度内の確実な目標達成が望まれる。

(添付-1)

プロジェクト基本計画

「水素利用等先導研究開発事業」基本計画

新エネルギー部

1 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

① 政策的な重要性

東日本大震災を契機とした福島第一原子力発電所における事故に対し、現行のエネルギー基本計画をゼロベースで見直し、新たなエネルギーミックスとその実現のための方策を含む新しい計画について議論しているところである。

我が国の産業競争力を維持・強化していくためには、エネルギーの安定供給を確保し、安定的かつ低廉なエネルギーを供給することが不可欠である。また、厳しさを増す国際エネルギー情勢や地球温暖化問題などを踏まえ、技術先進国である我が国が、主要国や国際機関等と連携し、いかにして国際的な責任を果たしていくかが重要である。同時に、我が国の成長戦略にも資するという観点から、安定供給確保や技術開発の強化を含めた強靱なエネルギー政策が必要である。

② 我が国の状況

地球温暖化、化石燃料の枯渇等の課題に対し、省エネルギー・節電対策の抜本的強化、再生可能エネルギー導入・普及の最大限の加速、環境負荷に最大限配慮した化石燃料の有効活用等が求められている。

また、将来の二次エネルギーとして、電気、熱に加え、水素が中心的役割を担うことが

期待されており、このような水素を本格的に利活用する水素社会を実現していくことが求められている。

③世界の取組状況

再生可能エネルギーの導入については、例えば、風力発電の導入量は、世界では2011年40.5GW／年で増加し、2030年には最大2541GW^{※1}程度まで拡大するとの予測もある。この際、再生可能エネルギーは出力変動が大きいので、再生可能エネルギー発電設備の増大とともに、余剰電力量も増大していく見込みである。

このような余剰電力量の有効利用には、蓄電池あるいは水素等への変換によるエネルギー貯蔵技術が不可欠であり、特に変動周期が長く、容量が必要とされる場合は、水素等に変換して利用することが有効である。ドイツにおいては、風力発電の電力を水素に転換して利用する実証事業が行われている。

※1 Global wind energy council, 'Global wind energy outlook 2012', 2012.

④本事業のねらい

本事業では、二次エネルギーとしての水素等を最大限に活用するため、2030年といった長期的視点を睨み、水素等のエネルギーキャリアについて各種化石燃料等と競合できる価格の実現を目指す。このため、4年間の期間で再生可能エネルギーからの高効率低コスト水素製造技術、水素の長距離輸送、長時間貯蔵を容易にするためのエネルギーキャリア技術及び大規模水素利用技術の先導的な研究開発に取り組む。

(2) 研究開発の目標

①アウトプット目標

【中間目標(平成27年度末)】

- ・各研究開発テーマの目標(平成27年度末)の達成

・研究戦略を策定し、新規テーマとの入れ替えも含め、各研究開発テーマを再編する。

【最終目標(平成29年度末)】

・中間目標の達成状況や中間目標を踏まえ、研究戦略に基づく設定目標(平成29年度末)の達成

注:(3)の研究開発項目④及び研究開発項目⑤について、研究成果を評価した上で必要性が認められるテーマを本格研究へ移行する。

②アウトカム目標

再生可能エネルギー等からの低コスト水素製造技術開発、水素の長距離輸送が容易となるエネルギーキャリアへの高効率転換・輸送技術開発に取り組む。水素については、国内販売価格20～40円/Nm³を目標とし、化石燃料等の他のエネルギー源と競合できる価格の実現を目指す。

また、我が国のエネルギーセキュリティの確保、再生可能エネルギーの適地等の経済発展に貢献する。

③アウトカム目標達成に向けての取組

再生可能エネルギーからの電力を用いて水素を製造する場合には一般に水電解が用いられるが、生成した水素は大規模水力発電を利用する場合を除き、現状では高価格で化石燃料とは競合できない。水素コストの過半は電力変換システムと電解システムから構成される水素製造システムの設備コストと消費電力のコストが占めるため、本技術開発では、まず、設備コストを25万円/Nm³/h(技術戦略マップ2010)程度に低減する低コスト水素製造システムの研究開発を行い、さらに高効率水素製造技術の研究により電解システムの電解効率を向上させ消費電力コストの低減を図る。

次いで製造した大量の水素を効率よく貯蔵及び利用するため、大規模水素利用技術の研究開発において、高効率な水素液化装置やボイルオフの少ない水素タンクなどの水素貯蔵に関する周辺機器、水素をエネルギーとする発電技術などの基盤技術を開発する。

エネルギーキャリアシステム研究では、従来プロセスに対し、エネルギー効率、経済性等を飛躍的に向上させる可能性のある新規プロセスについて、基盤技術を開発する。

また、トータルシステム導入シナリオ研究では本事業で開発する技術の速やかな実用化・普及と技術課題の明確化、将来の技術課題・シーズの発掘を目指し、普及シナリオを作成する。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発を実施する。なお、各研究開発項目の具体的内容は、(別紙)の研究開発計画に示す通りとする。これらの事業は、実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術開発」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業であり、原則として委託事業として実施する。

研究開発項目①低コスト水素製造システムの研究開発

研究開発項目②高効率水素製造技術の研究

研究開発項目③大規模水素利用技術の研究開発

研究開発項目④エネルギーキャリアシステム調査・研究

研究開発項目⑤トータルシステム導入シナリオ調査研究

2 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、経済産業省において、平成25年度より未来開拓研究プロジェクト「再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発」にて実施されているものであり、事業開始から5年間の研究開発実施者を経済産業省が平成25年度に企業、大学等の研究機関（委託先から再委託された研究開発実施者を含む）から公募によって選定し、委託契約等を締結する研究体を構築して開始したものである。国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という。）が本研究開発の運営・管理を承継するに当たっては、その時点までの進捗状況を踏まえて実施体制の妥当性について審議を行い、最適な研究開発体制を構築し、実施する。

本事業のプロジェクトマネージャー（以下「PM」という）に、NEDO新エネルギー部大平英二を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDOは研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を選定し、各実施者はプロジェクトリーダーの下でそれぞれの研究テーマについて研究開発を実施する。

なお、各実施者の研究開発資源を最大限に活用し、効率的に研究開発を推進する観点から、NEDOが選定した下記のプロジェクトリーダーの下で、各実施者がそれぞれの研究テーマについて研究開発を実施する。

・全体共通 栗山信宏氏

（国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域電池
技術研究部門 副研究部門長）

・知財管理 後藤新一氏

（一般財団法人エネルギー総合工学研究所プロジェクト試験研究部 参
事）

(2) 研究開発の運営管理

PMは、経済産業省、プロジェクトリーダー、研究開発実施者等と緊密に連携し、適切な運営管理を実施する。また、外部有識者や産業界の意見等を踏まえ、研究進捗把握等のマネジメントを行う。

3 研究開発の実施期間

経済産業省は、未来開拓研究プロジェクト「再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発」の事業期間として平成25年度から平成34年度(10年間)を予定し、平成25年度から平成29年度までの5年間の実施体制を公募した。同事業がNEDOへ移管することを受け、NEDOは平成26年度から平成29年度までの4年間の基本計画を策定し、研究開発を実施する。その後平成30年度から34年度の5年間については、平成29年度に実施する評価をもって延長の有無を判断し、延長の場合は、再度基本計画を策定するものとする。

4 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び技術的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による評価を原則として中間評価を平成27年度及び平成29年度に実施する。また、中間評価結果、本プロジェクトにおける目標達成度、他省庁における連携事業の進捗状況、内外の研究開発動向の変化、社会・経済情勢の変化、政策動向の変化その他の情勢の変化を踏まえ、本プロジェクトの必要性、目的、目標、研究開発の内容、推進体制等についてゼロベースで見直しを行い、次期の基本計画を改定するものとする。

なお、評価の時期については、当該研究開発に掛かる技術動向、政策動向や当該研究

開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

特に研究開発の最終段階にあるものや早期に成果が見込まれるものは、事業化の促進の取組も含め、適切に見直しを行うものとする。

5 その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

① 成果の普及

開発された成果を我が国の産業競争力強化に繋げるため、事業者だけでなく、潜在的なユーザー等の意見を聴いて、標準化戦略や成果の市場への受容を促すための安全・性能証明の方策を含む事業化戦略を策定する。

また、途中段階で得られた成果は他の施策と連携しつつ、事業化を図る。

② 標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備事業または国際標準化等との連携を図るため、データベースへのデータ提供、標準技術情報(TR)制度への提案等を戦略的かつ積極的に行う。

③ 知的財産権の取扱い

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、委託先に帰属させることとする。

また、推進体制を構成する企業等が相互に連携しつつ、研究開発及び事業化を効果的に推進するために、知的財産管理規程等を定めることを求める。

(2)基本計画の変更

NEDOは、関連技術や市場の動向を随時把握し、最新の技術や知見を取り込むこととし、毎年度、必要に応じて、基本計画に掲げられた研究開発プロジェクトの目標や研究開発の内容を評価し、必要に応じて変更するものとする。

(3)根拠法

本研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第一号二に基づき実施する。

(4)その他

①他省庁の施策との連携体制の構築

NEDOは、文部科学省が所管する国立研究開発法人科学技術振興機構の「戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発」における「エネルギーキャリア研究加速プロジェクト」など基礎研究の実施体制と緊密に連携するため、各プロジェクトの統括者、所管省庁等の課室長等から構成される連携体制に参画する。当該連携体制では、プロジェクト間の事業計画の調整、成果の共有や取扱いの調整、設備の共用や研究人材交流の促進等について協議を行うものとする。

②大学における人材の流動化等に係る取組

大学の研究者の企業等への出向を容易にするための取組、守秘義務を課した形でのポスドク等のプロジェクト参加など、本プロジェクトを活用した実践的人材の育成への取組を促すこととする。また、大学側も、これらの取組を促進する方策について検討するものとする。

する。

③国立研究開発法人産業技術総合研究所の協力

国立研究開発法人産業技術総合研究所において独自に実施しているエネルギーキャリアに関連した安全性評価等の成果について定期的に情報共有や意見交換を行い、プロジェクトの研究開発又は事業化の方向性を検討する等の連携を求めていくものとする。

④工業所有権情報・研修館の協力

本プロジェクトにおける知的財産に関する戦略策定や管理方法の検討に当たっては、必要に応じて、独立行政法人工業所有権情報・研修館に知財プロデューサーの派遣を求める。

6 基本計画の改定履歴

平成26年3月 制定

平成28年2月 中間評価結果を踏まえ、研究開発項目③④⑤の内容及び目標を改定

平成29年3月 基本計画マニュアル改訂及び中間評価結果を踏まえ、プロジェクトリーダーの追記及び研究開発項目②、④の目標を改訂

平成29年6月 3. 研究開発の実施期間及び4. 評価に関する事項を一部改訂

(別紙)研究開発計画

研究開発項目①低コスト水素製造システムの研究開発

1. 研究開発の必要性

我が国の産業競争力を維持・強化していくためには、エネルギー安全保障を確保し、安定的かつ低廉なエネルギーを供給することが不可欠である。そのため、本研究開発項目を実施する。

2. 研究開発の具体的内容

アルカリ水電解、固体高分子型水電解等の水電解システムについて、電解電流密度の向上、電解セル大型化等により設備コストを低減するとともに、従来システムと同等の耐久性を維持しつつ、変動する再生可能エネルギーの有効活用が可能な水素製造システムの研究開発を行う。

3. 達成目標

【中間目標(平成27年度末)】

- ・風力発電システム等からの交流出力を交直変換して水電解システムに直流電力を供給する従来システムに対し、風力発電システム等の発電機出力を水電解用の直流電力へ変換する効率を5%以上向上させる技術を確立する。
- ・電解電圧1.8Vにおいて電流密度0.6A/cm²以上を達成する電解セル技術を確立する。
- ・風力発電システム等の変動が水素製造システムに及ぼす影響を明確化する。

【最終目標(平成29年度末)】

- ・耐久性を低下させずに、変動する風力発電システム等との協調運転を可能とする技術

を確立する。

- ・電解電圧1.8Vにおいて電流密度0.6A/cm²以上の性能を維持しつつ、単セルの電極面積を1～3m²程度まで大型化する技術等により、大量生産時の水電解装置コスト、電力変換装置コストとして20万円/Nm³/h、6万円/Nm³/h以下が見通せる技術を確立する。

研究開発項目②高効率水素製造技術の研究

1. 研究開発の必要性

水素を利用して、出力変動緩和のための蓄エネルギーシステムの可能性評価及び開発、再生可能エネルギーの調整電源化等を行うことで再生可能エネルギーを効率的、安定的に活用可能とすることとなり、エネルギーセキュリティ、エネルギー産業の国際競争力強化の観点から極めて重要である。そのため、本研究開発項目を実施する。

2. 研究開発の具体的内容

原理的に電解効率に優れた高温水蒸気電解等の技術について、電解セル構成材料、セル構造、セル運転条件等の革新及びセル・スタック製造技術の開発、耐久性向上の研究等により変動する再生可能エネルギーへの追従性を確保するとともに、水素製造効率を飛躍的に向上させる次世代水素製造技術の研究開発を行い、水素製造電力消費の低減、電力貯蔵等への適応可能性を明らかにする。

3. 達成目標

【中間目標(平成27年度末)】

- ・高温水蒸気電解システムとして、入力2kW程度の電解スタックにおいて各電解セルの平均電圧1.3V、水蒸気利用率70%程度の時、平均電解電流密度0.5A/cm²以上

を達成するセル・スタック製造技術を確立する。

- ・次世代水素製造システムとして、水素製造電圧1.6Vで電流密度0.6A/cm²以上または水素製造装置の単位体積あたりの水素生成能力50Nm³/h/m³を達成する技術を確立する。

【最終目標(平成29年度末)】

- ・高温水蒸気電解システムとして、入力2kW程度の電解スタックにおいて各電解セルの平均電圧1.3V以下、平均電解電流密度0.5A/cm²程度の初期条件でスタックを2,000時間以上電流密度一定で運転した時の1,000時間あたりの電圧上昇率0.5%以下を達成する技術を確立する。
- ・次世代水素製造システムの新しい水素連続製造システムにおいて、温度25°C、電流密度0.1A/cm²の運転条件下で、電力を水素に変換する効率について、90%以上を見通せる技術を確立する。

研究開発項目③大規模水素利用技術の研究開発

1. 研究開発の必要性

大量の水素の貯蔵・輸送に当たり、エネルギー密度を向上させるため、水素を液化、貯蔵することが有効である。現状では、液化のエネルギー効率が低い、液体水素のボイルオフ率が大きい等の課題が普及の障害となっている。また、再生可能エネルギーを利用して水素を製造する場合は、水素生成量が変動するので、その変動に対応した水素液化システムが必要となる。

更に水素エネルギー市場の形成の為には、需要を大幅に拡大するための大規模水素利用技術が必要となる。

2. 研究開発の具体的内容

本事業では、水素生成量の変動に対応可能な大型(50~100t/day)高効率液化システム、断熱性に優れた大型(50,000m³級)液体水素タンク等からなる水素液化貯蔵システムの基盤技術を開発する。

また環境負荷が低く、かつ大量水素の利用に繋がる基盤技術を開発する(但し燃料電池は除く)。

3. 達成目標

③-1 水素液化貯蔵システム

【中間目標(平成27年度末)】

- ・液化容量1t/day、液化効率^{※2}20%程度のシステムを試作・開発して高効率化、大型化への課題と解決策を明確化する。また水素製造量の時間変動がシステムに及ぼす影響を把握し、技術課題を明確化する。
- ・3,000m³程度の液体水素タンクシステムに用いる液体水素ポンプ、ボイルオフ水素用圧縮機について、それぞれ、容量200m³/h以上、ポンプ効率^{※3}50%以上の液体水素ポンプ(揚程260m程度を想定)及び容量3,000m³/h、効率60%以上のボイルオフ水素用圧縮機(入口圧力110kPaA、入口水素温度30K、出口圧力200kPaAを想定)を可能とする技術を開発する。
- ・3,000m³程度の液体水素タンクシステムに使用可能な十分な耐久性を有する断熱材料(熱伝導率0.01W/m・K以下)を開発する。

※2 液化効率(逆カルノー効率)=液化のための最小仕事/実際の投入エネルギー×100

※3 ポンプ効率=ヘッド圧×体積流量/投入動力×100

【最終目標(平成29年度末)】

- ・想定液化容量5~10t/day程度の水素液化システムに対し、25%以上の液化効率が

見通せる技術を開発する。また水素製造量の時間変動に対応するための解決策を明確化する。

- ・液体水素ポンプ技術、ボイルオフ水素用圧縮機技術等と組み合わせ、ボイルオフ水素発生率がタンク容量の0.1%/dayの液体水素タンクシステム(容量3,000m³程度)を可能とする技術を開発する。

③-2 大規模水素利用技術

【最終目標(平成29年度末)】

環境負荷が低く、かつ大量水素を効率的に利用可能な基盤技術を開発する。本項目は提案公募として実施し、目標はテーマごとに決定する。

研究開発項目④エネルギーキャリアシステム調査・研究

1. 研究開発の必要性

国内外の再生可能エネルギー等を効率的、安定的に活用可能とすることは、エネルギーセキュリティ、エネルギー産業の国際競争力強化の点からも極めて重要であり、本事業の一刻も早い取組が求められている。

2. 研究開発の具体的内容

有機ハイドライド、各種の炭化水素、金属など水素を効率的に貯蔵・輸送等できるエネルギーキャリアについて、既存の水素附加プロセス、水素脱離プロセスと比較してエネルギー効率、経済性の飛躍的向上が期待できる新規プロセスの有効性を確認する解析評価研究を行う。具体的には、新規プロセスに必要な材料・要素機器の小規模な試作、性能評価や

そのプロセスを含むシステムの特長解析などを行い、システム全体の性能・経済性、開発課題、開発目標を把握する。

3. 達成目標

【中間目標(平成27年度末)】

本項目は提案公募として実施し、目標はテーマごとに決定する。研究期間は4年以内とし、研究成果を評価した上で、必要性が認められるテーマについては、本格研究へ移行する予定。

【最終目標(平成29年度末)】

④-1 高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換

熱回収効率35%以上の熱回収効率の最適化手法を確立して、総合効率75.7%以上、転換率低下率5%未満(8,000時間後)の最適プロセスを開発、設計を完了する。

④-2 溶融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成

窒素還元陰極の高性能化(300mA/cm³以上、一室型)、アンモニア生成反応制御の高収率化(収率90%以上)及び酸素発生陽極の高性能化(消耗速度20μm/年以下、電極内部抵抗0.05mΩm²以下)を達成する。

④-3 水素分離膜を用いた脱水素

セラミックス系水素分離膜の面積化(水素透過性 $\geq 1 \times 10^{-6}$ mol/m²・s・Pa、分離係数H₂/SF₆ $\geq 16,000$)を達成する。水素分離膜型脱水素プロセスの経済的優位性の確認と多用途展開先の調査、商業化を見据えた水素分離膜型脱水素のパilotプラントの概念設計を完了する。

研究開発項目⑤トータルシステム導入シナリオ調査研究

1. 研究開発の必要性

本事業の成果(研究開発項目①～④)の速やかな実用化・普及を実現するため、水素・エネルギーキャリア技術が社会に導入されるシナリオを検討し、技術目標の妥当性の確認、更なる具体化を含む本事業の戦略策定の基礎となる情報を収集する必要がある。

2. 研究開発の具体的内容

①再生可能エネルギーのポテンシャル調査(ケーススタディ等による量やコスト等の把握)、②エネルギーキャリア技術のコスト分析、③許容されるコスト(競合する既存システムのコスト等から導かれる)の分析等に基づいてシナリオを策定する。併せて、シナリオが実現した際のエネルギー需給や炭酸ガス排出削減、経済成長への寄与等を検討する。

シナリオは、①本事業で開発する水素製造技術、②液体水素、メチルシクロヘキサン等のエネルギーキャリア技術及び①と②を組み合わせたトータルシステムについて最低限策定する。シナリオの設定や分析にあたっては、秘密情報の確実な管理を前提に、本事業の参加者から技術情報等を収集するとともに、本事業内外の有識者の知見を幅広く得られる適切な体制を構築する。

さらに、水素製造から貯蔵、輸送、利用に至るサプライチェーン全体を通じた経済性・環境影響等の分析・評価、エネルギーシステム全体の中での水素エネルギーの位置付けについての評価、要素・システム技術の将来予測に関する評価について、新たな評価軸の検討を含め、その方法を検討する。

シナリオ作成にあたっては、秘密保持の確実な管理を前提に、本事業の参加者との十分な連携による技術情報等の収集やフィードバックを行うとともに、本事業内外の有識者の知見を反映させることが可能な適切な体制を構築する。

3. 達成目標

【中間目標、最終目標について】

本項目は提案公募として実施し、研究期間は4年とする。前半2年で一通りのシナリオを完成させる。後半2年は、中間評価等も踏まえ、策定したシナリオの精緻化や新たなシナリオの設定、分析を行う。

(添付- 2)

事前評価関連資料

(事前評価書)

再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発 事前評価報告書

平成24年6月
産業構造審議会産業技術分科会
評価小委員会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」(平成20年10月31日、内閣総理大臣決定)等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」(平成21年3月31日改正)を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発の事前評価であり、評価に際しては、当該研究開発事業の新たな創設に当たっての妥当性について、省外の有識者から意見を収集した。

今般、当該研究開発事業に係る検討結果が事前評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(小委員長:平澤 冷 東京大学名誉教授)に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成24年6月
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委員名簿

委員長 平澤 冷 東京大学 名誉教授

池村 淑道
長浜バイオ大学
バイオサイエンス研究科研究科長・学部学部長
コンピュータバイオサイエンス学科 教授

大島 まり
東京大学大学院情報学環 教授
東京大学生産技術研究所 教授

太田 健一郎
横浜国立大学 特任教授

菊池 純一
青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長

小林 直人
早稲田大学研究戦略センター 教授

鈴木 潤
政策研究大学院大学 教授

中小路 久美代
株式会社S R A先端技術研究所 所長

森 俊介
東京理科大学理工学部経営工学科 教授

吉本 陽子
三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社
経済・社会政策部 主席研究員

(委員敬称略、五十音順)
事務局:経済産業省産業技術環境局技術評価室

再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発の事前評価に当たり意見をいただいた外部有識者

牛山 泉 足利工業大学 学長

松橋 隆治 東京大学大学院工学系研究科 教授

山地 憲治 公益財団法人地球環境産業技術研究機構 理事・研究所長

(敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局研究開発課

再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発の評価に係る省内関係者

【事前評価時】

産業技術環境局 研究開発課長 福島 洋（事業担当課長）

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 岡本 繁樹

再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発事前評価
審議経過

○新規研究開発事業の創設の妥当性に対する意見の収集(平成24年5月)

○産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(平成24年6月8日)

・事前評価報告書(案)について 6

目次

はじめに

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 委員名簿

再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発の評価に当たり意見をいただいた外部有識者

再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発の評価に係る省内関係者

再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発事前評価 審議経過

ページ

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要1

2. 新規研究開発事業の概要及び創設における妥当性について1

3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等4

第2章 評価コメント6

第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針10

参考資料 再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発の概要(PR資料)

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要

経済産業省では、東日本大震災を契機とした福島第一原子力発電所における事故に対し、現行のエネルギー基本計画をゼロベースで見直し、新たなエネルギーミックスとその実現のための方策を含む新しい計画について議論しているところ。

我が国の産業競争力を維持・強化していくためには、エネルギー安全保障を確保し、安定的かつ低廉なエネルギーを供給することが不可欠である。また、厳しさを増す国際エネルギー情勢や地球温暖化問題などを踏まえ、技術先進国である我が国が、主要国や国際機関等と連携し、いかにして国際的な責任を果たしていくかが重要である。同時に、我が国の成長戦略にも資するという観点から、安定供給確保や技術開発の強化を含めた強靱なエネルギー政策が必要である。

本事業では、将来にわたって国民が安心できる持続可能性のあるエネルギー社会を実現するとともに、世界に貢献する技術を実現する。

2. 新規研究開発事業の概要及び創設における妥当性について

①事業の必要性及びアウトカムについて（研究開発の定量的目標、社会的課題への解決や国際競争力強化への対応等）

イ)事業の必要性（どのような社会的課題等があるのか？）

福島第一原子力発電所における事故に対し「国民の安全の確保」を最優先とした上で、望ましいエネルギーミックスが可能となるようなエネルギー供給体制を構築することが求められている。

エネルギーミックスの実現には、社会インフラの変革をも視野に入れ、省エネルギー・節電対策を抜本的に強化すること、再生可能エネルギーの開発・利用を最大限加速化させること、天然ガスシフトを始め、環境負荷に最大限配慮しながら、化石燃料を有効活用すること（化石燃料のクリーン利用）等が重要である。

このうち再生可能エネルギーについては、出力変動のある太陽光発電、風力発電等を極力有効利用するため電力貯蔵用、電気自動車用の二次電池の開発が進められているが、電池のエネルギー容量が必ずしも十分でないため、変動周期が長い風力発電に対する貯蔵能力向上、電気自動車では航続距離の向上が課題となっている。また、海外では再生可能エネルギーあるいは炭酸ガス貯留技術と組み合わせた未利用化石燃料等の大規模開発が急速に進められているが、エネルギー適地がエネルギー消費地から長距離隔てられている場合には効率的な輸送が難しいことが開発の障害となっている。

本事業は、このような問題に対し、①再生可能エネルギー等からの高効率低コスト水素製造技術と②高効率水素-エネルギーキャリア転換・輸送技術等の技術開発により国内外の再生可能エネルギー等の大規模利用、再生可能エネルギー適地等の経済発展を支援するとともに、世界規模での炭酸ガス排出削減を図るものであり、我が国のエネルギーセキュリティの確保、並びに世界的な地球温暖化対策への貢献のために、本事業に国として投資を行うことは極めて重要である。

ロ)アウトカム（目指している社会の姿）の具体的内容とその時期

本提案事業では、再生可能エネルギー等からの低コスト水素製造技術開発、水素の長距離輸送が容易となるエネルギーキャリアへの高効率転換・輸送技術開発に10年間の期間で取り組む。水素については、国内販売価格20～40円/Nm³を目標とし、化石燃料等の他のエネルギー源と競合できる価格の実現を目指す。

また海外の再生可能エネルギー分布状況調査を行い、再生可能エネルギーサイト候補地ポテンシャルを把握するとともに、得られたデータ、機器開発状況を踏まえ、段階的・効率的なCO₂フリーエネルギーネットワークシステム開発のシナリオを作成する。

ハ)アウトカムが実現した場合の経済や競争力、問題解決に与える効果の程度

2011年の世界の風力発電導入量は40GW/年で、今後さらに増大する見込みである。仮にこの5%程度を水素に変換とした場合、2GW/年程度の水素発生機が必要であり、その市場は2千億円/年（発生機価格として10万円/kWを想定）となる。また、海外の再生可能エネルギー適地としては、アルゼンチン・パタゴニア地方、オーストラリア、サハラ砂漠等が考えられているが、例えばパタゴニアの風力発電については出力23億kW、エネルギー量9.7兆kWh/年（日本の総発電電力量の約10倍）程度と膨大なエネルギーを供給できる可能性がある。これらの1%を水素等に変換し自動車に利用可能とすると、日本の自家用車エネルギー消費量（2010年）の18%程度をまかなうことが可能となる。

このように本提案事業により、炭酸ガスの排出無しに膨大なエネルギー供給が可能なCO₂フリーエネルギーネットワークとそれを構築するためのエネルギー機器市場の形成が可能となる。

ニ)アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標（技術的成果等）の具体的内容とその時期

再生可能エネルギー等からの低コスト水素製造技術開発では、すでに一部実用化されているアルカリ水電解、固体高分子水電解等に対し、再生可能エネルギーの変動に対する応答性向上ならびに低コスト化等の研究開発を実施する。また、より高効率期待できる水蒸気電解法等の次世代水素製造技術については、事業終了時までにはコンセプト実証機を試作する。長距離輸送のための高効率エネルギーキャリア転換・輸送技術開発については、エネルギーキャリア候補材料が複数想定されることから、各エネルギーキャリア候補材料について転換技術、輸送技術等の小規模な技術調査研究を4～5年程度実施して技術のポテンシャル、技術課題を確認後、有望な技術について課題克服のための技術開発を実施する。以上により、事業終了時の2022年には、2～7円/kWh程度の再生可能エネルギー等を用いた場合について、既存の化石燃料と競合可能な20～40円/Nm³の水素価格の実現にめどをつける。

さらに海外再生可能エネルギー分布状況調査では、海外の再生可能エネルギーサイト候補地に小規模な計測システムを設置し、2018年程度までにポテンシャルを把握するとともに、得られたデータ、機器開発状況を踏まえ、CO₂フリーエネルギーネットワークシステムを構成する水素製造、キャリア転換・輸送等の要素技術を段階的、効率的に開発・実用化するシナリオを作成する。

② アウトカムに至るまでの戦略について

イ) アウトカムに至るまでの戦略（研究開発のみならず、知財管理の取扱、実証や国際標準化、性能や安全性基準の策定、規制緩和等を含む実用化に向けた取組）

研究開発については当省が売独で実施するのではなく、エネルギーキャリア転換技術の基礎研究、先進的な水素製造方法（熱化学法など）については、文部科学省と連携し実施することを想定している。

またCO₂フリーエネルギーネットワークの実現には、国内水素需要と社会インフラの導入・整備等が不可欠であるが、これまで当省では水素利用技術開発や家庭用燃料電池の規制緩和、水素ステーション等技術開発・整備（2015年までに100ヶ所）等が進められており、本提案事業による技術が確立されれば、整備されたステーション等を利用して再生可能エネルギーを用いた水素エネルギーの社会導入が実現できる。

さらに海外再生可能エネルギー分布状況調査では、ポテンシャル調査とともに再生可能エネルギー開発支援等により、諸外国との協力体制構築も実施する予定である。

ロ) 成果のユーザーの段階的イメージ・仮説（技術開発成果の直接的受け手や社会的インパクトの実現までのカギとなるプレイヤーは誰か）

水素製造技術、水素から輸送用エネルギーキャリアへの転換・輸送技術等の研究開発に対しては、研究開発のみならずビジネス化についても十分な知見を有している企業を中心に独法研究機関、大学が連携する体制を予定している。

また、海外再生可能エネルギー分布状況調査、トータルシステムシナリオ調査に関してはこれまでこの分野に実績のある大学等の成果をベースに風力発電等の再生可能エネルギー開発企業、海外エネルギー情勢に詳しい商社、エネルギー関連企業等から構成される研究体制を構築することを想定しており、上記技術開発とあわせて最終的にビジネス化で勝てる体制を目指す。

なお、研究の推進に当たっては風力発電等の再生可能エネルギー開発企業、商社、エネルギー関連企業、有識者等からの意見を十分反映出来る体制を予定している。

③ 次年度に予算要求する緊急性について

これまで当省ではCO₂排出の大幅低減を目指し、家庭用燃料電池の規制緩和、水素ステーション等技術開発・整備（2015年までに100ヶ所）等が推進されている状況であるが水素の製造については当面は化石燃料からの製造を想定している。

現在見直されているエネルギー基本計画では、化石燃料のいっそうの有効利用、省エネルギーの推進、再生可能エネルギーの開発・利用等を進める議論が展開されている。本事業はこのような状況を踏まえて、国内の再生可能エネルギーのみならず、海外の再生可能エネルギーをも将来的には利用可能とする技術開発を実施するとともに、このような技術を有するエネルギー産業の競争力強化をはかるものである。

国の内外の再生可能エネルギー等を効率的、安定的に活用可能とすることはエネルギーセキュリティ、エネルギー産業の国際競争力強化の点からも極めて重要であり、本事業の一刻も早い取組が求められている。

④国が実施する必要性について

イ) 科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性（我が国が強みを持ち、世界に勝てる技術分野か、また、他の研究分野等への高い波及効果を含む）

我が国は、これまでに水素利用技術開発を行い、世界に先駆けて家庭用燃料電池の市場投入を果たすなど、水素・燃料電池分野の国際競争力を有する。

また、本事業は国内外のCO₂フリーエネルギーネットワークの実現を目指した事業であり、新成長戦略におけるグリーンイノベーション関連施策にあたるとともに、我が国のエネルギー政策の重要な部分を担うこととなる。また個別産業に留まる技術開発ではないため、民間企業が取り組むことは、非常にハードルが高く、投資リスクが大きい。国が強いリーダーシップを持って、国家プロジェクトとして実施する必要がある。

さらに、本事業の実現を通じて、国内のみならず海外においても地球環境問題に貢献できると考えられる。

ロ) 未来開拓研究、民間とのデマケの整理等

本研究開発は未来開拓研究として位置づけられている。また、民間企業においては水素関連の種々の要素技術開発は実施されている。しかしながら、本事業がターゲットとするCO₂フリーエネルギーネットワークの実現は、民間企業にはリスクや必要資金が大きすぎるため、民間企業のみでの実施は困難である。

⑤省内又は他省庁の事業との重複について

本事業は未来開拓研究のスキームに基づいて、文部科学省と連携して実施する予定である。省内については、関連事業としてこれまでに、家庭用燃料電池の技術開発を推進し、世界に先駆けて市場へ製品を投入した実績や、燃料電池自動車導入を目指し、水素ステーション等技術開発・整備（2015年までに100ヶ所）を実施しているが、水素製造については化石燃料からの水素を用いる事としており、再生可能エネルギーからの低コスト水素製造技術の開発を目指す本事業とは重複していない。

また、オーストラリアで埋蔵量が豊富な褐炭について、石炭ガス化技術と炭酸ガス貯留技術を用いて水素を生成し、日本に輸入するためのFSをNEDOが実施しているので、本事業ではそれらで得られた知見も取り入れることを予定している。

3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等

本事業の内容は以下に示すように「運輸部門の燃料多様化」「新エネルギーの開発・導入促進」に寄与する技術として技術戦略マップに位置づけられている。この分野は上で述べたように、これまで燃料電池自動車等の早期導入普及を目指し、水素ステーション等の水素利用技術を中心に技術開発を推進してきており、近々これらの整備が開始される予定である。

本事業では、このような状況を踏まえ技術戦略マップの長期的な展望に沿って新たに水素製造、転換・輸送技術の開発を実施し、従来からの利用技術開発と連携して再生可能エネルギーの大規模導入・有効利用を目指す。

第2章 評価コメント

新規研究開発事業の創設の妥当性に対するコメント ①政策的位置付けの妥当性について
現在は電力の議論が多いが、本来は電力でまかなえない燃料系についてもエネルギー問題、地球温暖化問題に対する対策が必要である。本技術開発はこれらへの対策として考えることができる。また、本技術は再生可能エネルギーシステムとあわせて整備されるものであるため、本技術を海外展開する場合は「技術（再生可能エネルギーシステム）」と「資源（得られるエネルギー）」をバーター交換する政策をとることができるようになる。燃料電池自動車、水素ステーションの開発にめどがついてきた現在、低炭素化をもう一度考えるべき時期に来ている。

なお、まずは第一ステップとして、化石燃料からの水素供給インフラを確立することが大前提。その上で第二ステップとして、海外の風力等再生可能エネルギーからの水素製造・輸送というシナリオであれば、水素社会の実現に向けて再生可能エネルギーがシームレスに繋がる。この部分のシナリオを打ち出し、国の長期的なエネルギー政策の中できちんと位置づけて国主導で実施すべきである。

再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発

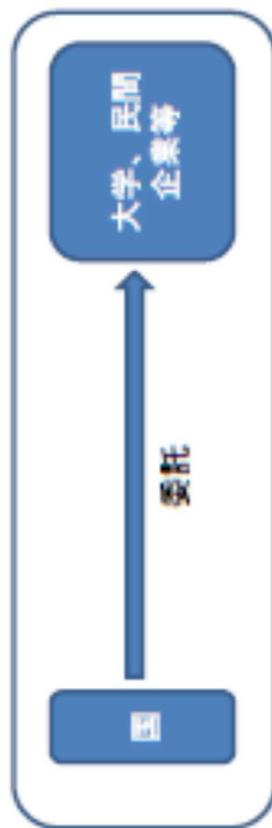
産学技術環境局研究開発課
03-3501-9221

事業の内容

事業の概要・目的

- 本事業では、再生可能エネルギー等からの高効率低コスト水素製造技術、高効率な水素-エネルギーキャリア転換・輸送技術等の技術開発を行います。さらに、国内外の再生可能エネルギーサイト候補において、風況等の現地調査を実施し、得られたデータ等を技術開発に反映するとともに段階的・効率的な再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発のシナリオを作成します。
- これにより、国内外の再生可能エネルギー等の大規模利用を可能とし、我が国のみならず世界規模での炭酸ガス排出削減を図るとともに、我が国のエネルギーセキュリティの確保、再生可能エネルギー適地等の経済発展を実現します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

