

「水素利用等先導研究開発事業」  
中間評価報告書

平成30年3月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

平成30年3月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
理事長 古川 一夫 殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会 委員長 小林 直人

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「水素利用等先導研究開発事業」  
中間評価報告書

平成30年3月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

## 目 次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
評価概要	4
研究評価委員会委員名簿	6
研究評価委員会コメント	7
第1章 評価	
1. 総合評価	1-1
2. 各論	
2. 1 事業の位置付け・必要性について	
2. 2 研究開発マネジメントについて	
2. 3 研究開発成果について	
2. 4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて	
3. 評点結果	1-23
第2章 評価対象事業に係る資料	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会公開資料	2-2
参考資料1 分科会議事録	参考資料 1-1
参考資料2 評価の実施方法	参考資料 2-1
参考資料3 評価結果の反映について	参考資料 3-1

## はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「水素利用等先導研究開発事業」の中間評価報告書であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「水素利用等先導研究開発事業」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第55回研究評価委員会（平成30年3月16日）に諮り、確定されたものである。

平成30年3月  
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

## 審議経過

### ● 分科会（平成29年11月13日）

#### 公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

#### 非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

#### 公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

### ● 第55回研究評価委員会（平成30年3月16日）

「水素利用等先導研究開発事業」

中間評価分科会委員名簿

(平成29年11月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	えぐち こういち 江口 浩一	京都大学 大学院工学研究科 物質エネルギー化学専攻 教授
分科会長 代理	うちだ ひろひさ 内田 裕久	東海大学 工学部・平和戦略国際研究所 教授
委員	おおさわ しゅういち 大澤 秀一	大和証券株式会社 エクイティ調査部 投資戦略課 副部長／シニアアナリスト
	ちかひさ たけみ 近久 武美	北海道大学 大学院工学研究院 エネルギー環境システム部門 特任教授
	のだ ひでとも 野田 英智	中部電力株式会社 技術開発本部 研究企画グループ 研究企画グループ長（部長）
	まつもと ひろしげ 松本 広重	九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際 研究所 電気化学エネルギー変換研究部門 教授
	やかべ ひさたか 矢加部 久孝	東京ガス株式会社 技術本部 基盤技術部 基礎技術研究所 所長

敬称略、五十音順

## 評価概要

### 1. 総合評価

本プロジェクトは、日本における水素、エネルギーキャリアに関する研究開発の先駆けであり、世界的に見ても重要なプロジェクトである。研究計画は概ね合理的に設定されており、適宜テーマ間の協力体制も図りながらマネジメントされてきた。多くのテーマで目標を達成しており、中にはアルカリ水電解や水蒸気電解、液体水素貯蔵、膜分離技術など国際競争力のある技術も育っている。実用化に向けては、既存のシステムへの組み込みや他機関とのネットワークの構築をすでに進めるなどの取組がなされているテーマも見られる。

本プロジェクトを取り巻く環境は、事業開始時と比べると激変してきている。本分野は、特に欧州において活発に研究開発が進みつつあり、国際競争が激化することが予想される。重要な課題なので引き続き継続することが必要であるが、今後は、外部環境の変化を敏感に捉え、テーマの入れ替えや方針の見直しなどを柔軟に行い、有望な技術に関しては今後とも十分なサポートを期待する。また、他国との連携や情報収集などもより緊密に進められたい。

### 2. 各論

#### 2. 1 事業の位置付け・必要性について

本プロジェクトは、日本における水素社会の礎となる画期的な研究開発事業である。研究開発テーマは、現在、国際社会でも追及されている課題または日本独自のものであり、水素社会実現に向けて重要である。また、長期的視点に立った水素利用（水素製造・輸送・貯蔵・利用）に関する先導的研究開発には大きな意義と価値があることから、本事業実施の妥当性は十分にある。また、経済性、安全性、技術の難易度等に鑑みると、本事業を民間活動のみによって推進することは難しく、NEDO 事業として行うことは妥当である。それでもなお実用化までの道のりは遠いため、こうした技術開発活動を継続するための適切な事業が必要である。

#### 2. 2 研究開発マネジメントについて

研究開発目標は、各国の政策・技術動向も踏まえ、多くのテーマで明確な目標が定量的に設定されている。また、既存の仕組みとは異なる革新的な課題においても社会適合性を見込める目標が段階的に設定されており、効率良く研究開発が実施されている。実施体制については、一社で出来るテーマまたは、複数関係者で技術協力をしなければならないテーマがあり、必要に応じてテーマ間の協力体制も図りながらマネジメントされてきた。また、イノベーター的な成果の担い手となるベンチャー企業が参画し、果敢にチャレンジしてきたことは高く評価したい。

一方、本分野における世界的な情勢変化は著しく、そのような状況下において、競争力が確保できるよう、目標を常に新鮮に保つ努力が求められる。

今後は、世界の変化する状況を早期にかつ的確に捉え、開発ステージに応じた、より柔軟

なマネジメントを遂行していくことが望まれる。

### 2. 3 研究開発成果について

多くのテーマについて目標が達成されており、プロジェクト全般として中間目標を達成しているといえる。なかでも、アルカリ水電解、液体水素貯蔵は国際的にも高い成果が見られ、同種競合技術と比較しても優位性が認められる。最終目標についても多くは達成可能と考えられる。また、学術論文や雑誌・図書への発表、学会等における研究発表・講演など成果の普及も順調に進んでいる。

一方、特許出願数が少ないと感じられるテーマも見受けられるので、知財の確保をより積極的に進めてほしい。

今後は、実用化に向けた技術課題の抽出と解決が図られるとともに、国際的な競争力や経済性の確保に一層取り組むことが望まれる。

### 2. 4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

プロジェクト当初から、将来の実用化を意識した経済的な性能目標やビジネスシナリオなどが設定されており、概ね適切な実用化戦略が描かれている。また、既存のシステムへの組み込みや他機関とのネットワークの構築を進めるなど具体的な取組が実施され、実用化の見通しが高いと言えるテーマもある。

一方、研究開発レベルがまだ基礎段階であるものについては、非現実的な実用化の時期や規模、価格想定を行っている場合もあることから、研究段階に応じた実用化シナリオを描くことが望ましい。

水素のエネルギー利用は、社会基盤として水素の製造・輸送・貯蔵・利用が一貫して初めて成立するものであり、単独デバイス・システムを開発する一社のみでは実用化を見通すことに限界があると思われるため、今後は、研究開発全体を俯瞰的に把握し、政策動向にも十分注意を払いながら、実際の社会に生かされる技術へと成熟させることを目指してほしい。

## 研究評価委員会委員名簿

(平成30年3月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	こばやし なおと 小林 直人	早稲田大学 研究戦略センター 副所長・教授、 研究院 副研究院長
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	一般財団法人電力中央研究所 エネルギーイノベーション 創発センター 研究参事
	あたか たつあき 安宅 龍明	先端素材高速開発技術研究組合 (ADMAT) 専務理事
	いなば ようじ 稲葉 陽二	日本大学 法学部/大学院 法学研究科 教授
	かめやま ひでお 亀山 秀雄	東京農工大学 名誉教授/シニア教授
	ごないかわひろし 五内川 拓史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	さくまいちろう 佐久間 一郎	東京大学大学院 工学系研究科 附属医療福祉工学開発評 価研究センター センター長/教授
	さとう りょうへい 佐藤 了平	大阪大学 産学共創本部 名誉教授/特任教授
	たからだ たかゆき 宝田 恭之	群馬大学 特任教授
	ひらお まさひこ 平尾 雅彦	東京大学大学院 工学系研究科 化学システム工学専攻 教授
	まるやま まさあき 丸山 正明	技術ジャーナリスト/横浜市立大学大学院非常勤講師
	よしかわ のりひこ 吉川 典彦	名古屋大学 名誉教授

敬称略、五十音順

## 研究評価委員会コメント

第55回研究評価委員会（平成30年3月16日開催）に諮り、以下のコメントを評価報告書へ附記することで確定した。

- 水素関連事業に対する長期的な視点を踏まえつつ、外部環境の変化、コストの課題、国際競争力等を意識した適切なマネジメントをもって進められたい。

## 第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の箇条書きは、評価委員の主な指摘事項を、参考として掲載したものである。

## 1. 総合評価

本プロジェクトは、日本における水素、エネルギーキャリアに関する研究開発の先駆けであり、世界的に見ても重要なプロジェクトである。研究計画は概ね合理的に設定されており、適宜テーマ間の協力体制も図りながらマネジメントされてきた。多くのテーマで目標を達成しており、中にはアルカリ水電解や水蒸気電解、液体水素貯蔵、膜分離技術など国際競争力のある技術も育っている。実用化に向けては、既存のシステムへの組み込みや他機関とのネットワークの構築をすでに進めるなどの取組がなされているテーマも見られる。

本プロジェクトを取り巻く環境は、事業開始時と比べると激変してきている。本分野は、特に欧州において活発に研究開発が進みつつあり、国際競争が激化することが予想される。重要な課題なので引き続き継続することが必要であるが、今後は、外部環境の変化を敏感に捉え、テーマの入れ替えや方針の見直しなどを柔軟に行い、有望な技術に関しては今後とも十分なサポートを期待する。また、他国との連携や情報収集などもより緊密に進められたい。

### 〈肯定的意見〉

- 世界的に重要な将来のエネルギーに関する課題となってきたり、本プロジェクトは世界的なプレゼンスもある。多くは重要な課題が揃えられており、企業中心の出口も見据えたプロジェクトになっている。プロジェクトマネージャーの牽引やプロジェクトリーダーの役割分担も行われた結果、多くのテーマで目標を達成している。液体水素貯蔵やアルカリ水電解、水蒸気電解、膜分離技術など世界的競争力のある技術も育っている。全体として管理体制もうまく進んでいる。
- 世界に十分誇ることが出来る実用レベル成果として、「アルカリ水電解水素製造システムの研究開発」技術、「高温水蒸気電解システムの研究」技術、「水素液化貯蔵システムの研究開発」技術、「水素ガスタービン燃焼技術の研究開発」技術が挙げられる。基礎研究シーズ成果としては世界に誇れる新規性技術として、「次世代水素製造システムの研究」技術、「水素分離膜を用いた脱水素」技術が挙げられる。社会技術的アプローチによる「トータルシステム導入シナリオの調査研究」は、今後大いに発展が期待できる。しかし、提案モデルや推定の客観性を高めるためにも、国内外での発表と、異なる視点からの批評を多々受ける必要がある。
- 技術分野の網羅性、研究開発目標の設定水準、各項目の目標達成度合い等を総合的に考えれば、十分に期待に応える NEDO 事業だと考える。
- CO<sub>2</sub>削減が求められる将来社会において、変動の大きな再生可能エネルギーを有効利用する上で水素は重要なエネルギーキャリアとなる。本事業はそのために基本となる水素製造、貯蔵、および水素発電技術に関する技術研究を行うとともに、最も合理的な社会エネルギー構造を解析するものであり、開発研究事業の意義は大きい。また、事業により向上した技術が多数あり、成果も評価できる。したがって、全体的に概ね良好な事業であったと言える。

- ・ 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント、研究開発成果については、概ね良好であると評価できる。
- ・ 地球温暖化への対策や再生可能エネルギーの導入・利用促進といった観点から重要であり、加えて我が国にとってはエネルギーセキュリティーを向上する手法としても有効となり得る水素エネルギー利用技術が、製造・輸送・貯蔵・利用と言った各段階において、NEDO が主導して将来を見越した先導的な研究開発が進められており、かつ、経済的にも水素が社会に導入しうる状況を実現すべく研究開発が進められ、その成果が得られていることには大きな意義と期待を感じる。本事業は、そのような要請に応えられる全体および個別の研究開発の目標が設定され、その達成を含む有望な研究成果が、実用化を念頭に置いた形で得られている。知財の取得や研究成果の社会への還元といった点においても取り組みがなされており、全体的に、現段階において意義深い成果と見通しが得られていると評価できる。
- ・ 本プロジェクトは、日本における水素、エネルギーキャリアに関する研究開発の先駆けであり、本プロジェクトにけん引されて、本プロジェクト以外の類似の研究開発も活気を帯び、大きく進展した。日本における水素・エネルギーキャリアの可能性を示した点で、本プロジェクトの意義は大きい。本プロジェクトに触発されて、他国も水素やエネルギーキャリアに対する注目度が高まってきており、日本にとどまらず、世界的に見ても重要なプロジェクトであったと大いに評価できる。

#### 〈改善すべき点〉

- ・ 総じて良好な進捗が見られるものの、いくつかのテーマについては出口目標の設定が明確ではない。今後、水素を取り巻く環境は大きく変化していくことが予想される。重要な課題なので引き続き継続することが必要であるが、世界動向を見つつテーマの入れ替え、方針の見直しなどを交えながら対応していくことが期待される。目標達成だけにこだわりのではなく、研究途中であっても環境に応じて柔軟に対応していくのがよい。
- ・ 発表方法の明瞭化、データ提示など、改善を期待する。発表時間の延長もあり得る。
- ・ 事業の一部には、目的を達成するための取り組みが多少不十分と思えるようなものもあった。また、将来の技術選択を行う上で、対象技術の基本的性能や特性の提示が不明瞭なものもあった。この点、事業の開始および中間時点において、最終的に提示する具体的な項目のあり方について、十分な意見交換と確認を行うことが推奨される。
- ・ 成果の実用化に向けた取組及び見通しについては、共同実施者間で、実用化への考えに幾許（いくばく）かの齟齬があったケースがあったので、その点のマネジメントは改善を要す。
- ・ 本事業の目標設定や、各研究開発に関する個別の目標設定と達成度は十分評価できるものであり、研究開発によって得られた成果自体の水準は世界的に見ても十分高いものであるが、製品となった際の最終的な競争力という点においては、現段階で見通せている、あるいは比較できている記述や報告は多くない。水素利用技術が足の長い技術であることを考えれば無理のないところではあるが、目標の達成だけでなく個別の付加価値やユ

ニーク性といったものの醸成にも注力し、最終的に実用技術として生き残るものを作り出してほしい。

- 本プロジェクトの進捗は目を見張るものがあるが、一方で、本プロジェクトスタート時と比べると、取り巻く環境も激変してきており、CO<sub>2</sub>排出制約はより一層厳しさを増し、また、本プロジェクトに刺激されて、他国における水素・エネルギーキャリア開発にも火が付いた感がある。また、もともと Power to Gas の発祥の地であるドイツを中心としたヨーロッパでは、実用化レベルの開発や、すでに実用化ベースでの実証も多数開始されており、再生可能エネルギーの柔軟な活用という点では欧州の方が日本の先を行く。5年間のプロジェクトは、中間評価があるとはいえ、長期のプロジェクトである。外部環境の変化を敏感に捉え、さらにドラスティックに方向性の修正や目標の変更があってもよかったと感じる。

また、スタート時点では致し方なしであるが、あまりに基礎レベルを脱していないテーマも含まれており、イノベティブな技術を育成することは大事であるが、5年間でようやく原理的な部分が明らかになってきたレベルであることは否めない。レベル感やステージの違いすぎるテーマを同一プロジェクトで同様に扱っていくには無理があり、今後に向けては、テーマのレベル合わせは必要と思われる。

#### 〈今後に対する提言〉

- 水素製造、利用、エネルギーキャリアに関する技術は特に欧州において活発に研究開発が進みつつあり、今後大きな動きがあることが予想される。日本の技術の独自性を保つことはもちろんであるが、他国との連携や情報収集などより緊密に進めることが求められる。さらに水素の潜在的資源国との連携により個々の技術を実現に近づけていくことも重要である。より国際的な活動の拡大と各水素技術の導入シナリオの策定を重点的に進めることが求められる。
- 今回の中間発表に対する評価を踏まえた各取り組み機関の研究開発へのより活発な取り組みを期待したい。
- 世界のエネルギー需給や気候変動対策を考えれば、水素社会の到来は前倒しされる可能性があるが個人的には考えている。例えば、欧州地域においては、パリ協定の実効性を高めるために、脱炭素社会に向けて着実に水素社会の構築に向かっている。NEDOにおいても欧州地域等の海外の技術・市場動向を的確に関連事業に反映させることが今後も望まれる。
- 水素が将来社会においてどのように用いられるか、専門家や政府の中でもイメージがバラバラである。現状では単に水素利用技術の開発に力点が置かれており、海外から水素を大規模に輸入するような考えも多くある。その場合には、石油や天然ガスが水素に置き代わっただけで、日本のエネルギーの海外依存度は高いままとなるし、技術的には変動の小さなエネルギー利用形態となる。これに対して、再生可能エネルギーに基づいた自立的な社会形成を目指す場合には、国内における新たなエネルギー産業の形成と経済活性化に繋がる可能性があるほか、技術的には変動の大きなエネルギー利用のための水

素利用技術となる。

再生可能エネルギーを主体とする社会では、発生する電力を極力電力のまま利用し、その余剰分を水素変換して用いる構成が想定される。その場合には、水素製造は変動の大きな余剰電力による製造技術開発が対象となるし、稼働率を高めるための工夫も別途必要となる。また、水素の利用量も海外から大量に導入する場合と比べて少なくなることから、運輸部門における利用が中心になると思われる。したがって、その貯蔵技術はそれらを勘案した形態が対象となるし、季節変動を吸収するだけの期間に亘るエネルギー貯蔵でなければならない。こうしたシステムを想定し、圧縮水素、液化水素、有機ハイドライド、メタン化あるいはアンモニア変換のうち、いずれが最も適しているか判断されるべきと言える。今回の事業によって、この判断に有用な知見が得られたものと思う。一方、水素を用いた大規模発電の意義についても検討すべきである。海外から大量に水素が輸入されるならば、水素による大規模発電があり得る。しかし、再生可能エネルギーに主として基づいた社会では、生産される水素量はそれほど多くはならない。その場合の水素利用バックアップ発電はむしろ燃料電池コジェネレーション等の分散電源が主体となり、大規模なバックアップ発電は従来型の天然ガス発電でもよいように思う。そう考えると、大規模な水素ガスタービン発電等の技術については、適切な研究開始時期と目指す技術水準について（バックアップ電力なので、必ずしも高効率である必要はない）、適切に判断すべきように思う。

以上を総合的に判断し、短期的な技術開発と長期的な技術開発に区分して、今後の技術研究事業を計画すべきと考える。

- 基礎レベルのプロジェクトと実用に近いプロジェクトでは、同じようなレベルの目標設定にするのではなく、また、実用化の見通しについても、要求するレベルを異なったものにするなどの工夫をされると更に良くなるのではないか。
- 市場規模、水素利用の必要性に関する社会的切迫感、等の点において水素利用がまだ先の長い技術であることは現実である。しかし、その実現によって得られる効果を考えると、類する他のエネルギー関連技術とともに、水素利用技術についてもこれに取り組んでおかなければならない。また、いざ必要となった場合に、スムーズに実用に移行できる研究開発と技術的蓄積がなされることが求められる。現段階で、本事業はこのような要請に十分に応えていると感じられ、今後の実用技術としての成熟を、地球温暖化の抑制、我が国のエネルギーセキュリティおよびエネルギー自給率の向上を含む国益の増進、自然環境の保全、社会の持続性といった様々の観点から大いに期待する。
- 本プロジェクトにおいては、重要な成果が挙げられたと感じるが、今後実用化までの道のりは長い。ようやく実用化しても、その先にはさらに、普及拡大に至るプロセスが必要であり、本プロジェクトの技術が社会実装されて普及するためには、大きな困難を乗り越えていかなければならない。

日本における大幅な CO<sub>2</sub> 排出削減、そして、3E+S の実現のためには、本プロジェクトに係る技術の実現は不可欠であり、本件終了後も、有望な技術に関しては、今後ともに、十分なサポートを期待する。

## 2. 各論

### 2. 1 事業の位置付け・必要性について

本プロジェクトは、日本における水素社会の礎となる画期的な研究開発事業である。研究開発テーマは、現在、国際社会でも追及されている課題または日本独自のものであり、水素社会実現に向けて重要である。また、長期的視点に立った水素利用（水素製造・輸送・貯蔵・利用）に関する先導的研究開発には大きな意義と価値があることから、本事業実施の妥当性は十分にある。また、経済性、安全性、技術の難易度等に鑑みると、本事業を民間活動のみによって推進することは難しく、NEDO 事業として行うことは妥当である。それでもなお実用化までの道のりは遠いため、こうした技術開発活動を継続するための適切な事業が必要である。

#### 〈肯定的意見〉

- ・ 国際的なエネルギー問題で重要な位置を占める水素、エネルギーキャリアに関する課題であり、国内では先導的役割を担っているプロジェクトである。国際的にも本プロジェクトの活動及び成果が認められており、全体として高く評価されている。将来技術なので長期にわたって着実に進められており、着実な進捗が認められる。国のエネルギー政策にも沿った内容となっている。
- ・ 本プロジェクトで取り上げられている研究開発テーマは、現在、国際社会でも追及されている課題、または日本独自のものであり、水素社会実現に向けて重要であり、また本事業実施の妥当性は十分にあると考えられる。  
CO<sub>2</sub>フリー水素製造、低炭素化に向けた産業育成は、蓄電池による大量の電力貯蔵ではなく、再生可能エネルギーで発電された電力を水素で貯蔵すべきと議論された 2017 年 1 月のダボス会議の新コンソーシアムの結論でもあり、本プロジェクトの目指す目的と合致するものであり、本プロジェクトの妥当性は地球環境改善、持続可能な社会の実現（SDGs）の視点からみても本事業の必要性に客観性は十分にある。  
国際社会では、水素社会実現に一番近づいているのは日本であるという評価があり、本プロジェクトに参加している企業、研究機関の研究成果がそのような評価を与えていることは確かであり、日本の産業力の世界への発信であり、持続可能な経済発展に向けた寄与、アピールであると考えられる。
- ・ 持続可能な社会・脱炭素社会を実現するには、水素に代表される新しいエネルギーの研究開発と実用化に向けた投資を増やしていくことが重要と考える。この視点から、水素の製造からキャリア、利用（需要）までを通してカバーし、さらに技術開発シナリオの策定までが含まれる当事業の必要性は極めて高く、評価したい。  
また、昨今は企業の内部留保の水準が高まり、その活用法が話題となっているが、こうした投資余力のある企業の現預金を長期的な研究開発投資に向かわせるためにも、NEDO の関与が妥当だと考えられる。
- ・ 水素利用技術レベルの向上は将来的に重要な課題である。したがって、本事業の目的ならびに必要性は妥当である。さらに、本事業を民間活動のみによって推進することは難

しく、NEDO 事業として行うことは妥当である。

なお、本事業によって様々な技術が向上したが、それでもなお実用化までの道のりは遠い。こうした技術開発活動を継続するための適切な事業が必要である。

- ・内外の技術動向、エネルギー需給動向・(エネルギー)市場動向、政策動向、国際貢献等の観点から、事業は妥当と考えられる。経産省の施策に寄与している。経済性、安全性、技術の難易度等に鑑みると、NEDO の関与は必要と考える。
- ・地球温暖化の課題に対して、主たる GHG である二酸化炭素の排出の抑制に向けて、省エネルギー・創エネルギーのためのオプションとその技術的進展が求められる。水素の二次エネルギーとしての利・活用はその目的に合致して柔軟で多様な選択肢を与える一方、社会的な利用・普及はまだ緒に就いたばかりであるという状況において、本事業、すなわち長期的視点に立った水素利用(水素製造・輸送・貯蔵・利用)に関する先導的研究開発には大きな意義と価値があると言える。従来技術の性能改善だけでなく、イノベティブな技術をも取り扱っている点も評価できる。

一方、国際的に見て、欧州を中心とした Power to Gas、Power to Fuel の研究開発の進捗が著しい中で、日本が水素利用技術の研究開発に現時点で積極的に取り組むことが必要かつ妥当であると考えられる。

水素利用技術は、水電解をはじめとしたマルチスケールなものもあるが、たとえば水素発電のように比較的大きな規模が想定される場合も少なくなく、かつ、水素エネルギーがまだ普及前の段階にある現状において、開発のコストやリスクは小さくなく、NEDO 事業として行うことにも意味があると言える。水素のエネルギー利用は、離島の様な小さなコミュニティー、都市、国内、海外といった規模の大小はあるが社会基盤として製造・輸送・貯蔵・利用が一貫して初めて成立するので、一社のみでの努力や技術開発ではなしえず、それを束ねてバランス良く行き届いた研究開発がなされるべき点においても、NEDO 事業として行うべきである。

- ・ COP21 の、日本の約束草案である 2030 年に 2015 年比で 26%の CO<sub>2</sub>削減を達成するためには、再生可能エネルギーの積極利用および、低炭素社会の構築は必須である。欧州のように再エネ環境に恵まれない日本において、再エネを最大限活用し、低炭素社会を実現するためには、水素の積極的活用が重要であり、国内再エネだけでなく、海外の再エネ水素も視野に入れての、水素社会を実現していく必要がある。本プロジェクトは、日本における水素社会の礎となる画期的な研究開発事業であり、この 5 年間で果たしてきた役割は大きい。

#### 〈改善すべき点〉

- ・いくつかのテーマについては要素技術の初期段階にあるし、いくつかは市場を目指す時期である。予算規模や目標設定について、細かく見ていく必要性を感じる。実用化に至るマイルストーンや技術目標を掲げるだけでなく、各課題の開発の段階に応じた目標設定を考える必要がある。

- ・ 中間発表をみる限り、研究開発費と発表内容が十分に対応していないと思われるケースもあった。NEDO の発表に向けた指導も願いたい。
- ・ 当該技術分野においては研究開発投資とその成果の実用化時期を正確に予測することは難しいが、各研究開発項目（Ⅰ～Ⅳ）とシナリオ調査研究（Ⅴ）の関係性や成果のフィードバックが明らかになれば、当該事業の位置づけがより明確になると思われる。
- ・ 一部の研究開発項目で研究そのものの価値は認められるものの、実用化の見通しが不透明で、NEDO が関与するには時期尚早と思われるものもあったように感じる。
- ・ エネルギーの自給率が低い我が国としては、国際競争力の状況という観点での評価として他国とどの点・どのような領域で競争力を付けるのか、改めて整理し、進捗に合わせ位置づけを常に見直す必要はあると考える。  
新たなエネルギーソースを、社会に持ち込むということの難易度はどの国でも非常に高く、そう言う観点で言えば、“投じる研究開発費が多い”とは言えないのではないか。
- ・ NEDO が想定する研究開発の方向、具体的に実現したい技術や性能というものがまずあると考えた場合に、プロジェクトの研究開発方針・計画および得られた成果が、多少ずれていると感じられる場合がないわけではない。そのようなずれを最小限にするためには、中途での NEDO からの研究管理の程度がもう少し強まっても良いように感じられる。

（改善すべき点ではないが、オプションとして）水素利用に関して国際的に有利な状況を実現することは、我が国の国益にとって重要であり、その点においても本事業の価値は大きい。開発を国内というバウンダリーに絞った研究開発を進める一方で、国際的な協力や情報交換が、課題の解決や研究開発の期間短縮につながるのであれば、そういったことも進める、さらには、本事業に反映されることが望ましいように感じられる。

- ・ 本プロジェクトがスタートしてからのわずか5年足らずで、本プロジェクトを取り巻く社会環境が激変し、CO<sub>2</sub>排出削減制約はより一層厳しくなる一方で、その役割を水素に期待する向きも強くなってきた。水素に関する技術開発に関し、海外からも注目を浴びるようになり、世界的な競争も今後激化する可能性がある。海外 CO<sub>2</sub>フリー水素に関しても、今後水素がコモディティー化すると、日本優位の供給源開拓は難しくなっていく、世界的な需給バランスの中で水素の価格が決定していくというようなことが想定される。また、技術の面でも、今後は、必ずしも、日本が独走できるという状況ではなくなるリスクがある。そのような大きな環境変化を敏感に捉えながら、プロジェクトの方向性を臨機応変に変えていくマネジメントが求められる。

## 2. 2 研究開発マネジメントについて

研究開発目標は、各国の政策・技術動向も踏まえ、多くのテーマで明確な目標が定量的に設定されている。また、既存の仕組みとは異なる革新的な課題においても社会適合性を見込める目標が段階的に設定されており、効率良く研究開発が実施されている。実施体制については、一社で出来るテーマまたは、複数関係者で技術協力をしなければならないテーマがあり、必要に応じてテーマ間の協力体制も図りながらマネジメントされてきた。また、イノベティブな成果の担い手となるベンチャー企業が参画し、果敢にチャレンジしてきたことは高く評価したい。

一方、本分野における世界的な情勢変化は著しく、そのような状況下において、競争力が確保できるよう、目標を常に新鮮に保つ努力が求められる。

今後は、世界の変化する状況を早期にかつ的確に捉え、開発ステージに応じた、より柔軟なマネジメントを遂行していくことが望まれる。

### (1) 研究開発目標の妥当性

〈肯定的意見〉

- 多くのテーマについて明確な目標が定められており、満足できるレベルに達している。電解水素製造、水素膜分離など明確な目標設定が課せられ、実用化に近づいている。
- 研究開発の目標、計画、体制、進捗管理の妥当性に関しては大きな問題はないといえる。
- 現在の日本のエネルギー基本計画（2030年の水素の定量目標がない）と水素社会の実現予想時期（CO<sub>2</sub>フリー水素供給システムの確立は2040年頃に実現）をベースにすれば、研究開発目標を他国よりも一段、高く設定したことは妥当と考えられる。
- 全体的に概ね妥当と考える。
- 最終目標（水素の原料価格など）に対して、および、国際的な各国の政策・技術動向に対して妥当、かつ、戦略的な目標が設定されていると言える。  
多くの目標が数値的・定量的に設定されており、達成度の判定が容易に行えるように目標設定がなされている。  
研究開発によっては、既存の仕組みとは異なりかつそれを凌駕する可能性を秘めた革新的な課題も見られるが、そのような課題においても、社会への適合性を見込める現実味のある目標が段階的に設定されており、効率よい研究開発につながっていると感じられる。
- 本プロジェクトにおける研究開発テーマは、水素社会を構築する上で必要となるベース技術が中心であり、水素の製造側技術から利用側技術まで、多岐に渡っている。水素社会を実現していく上では、上流側から下流側まで、水素バリューチェーン全般のビジネススキームと、それを可能とする技術の構築が必要であり、本プロジェクトの内容は、ほぼ、その、必要な技術が網羅されている。  
水素社会実現に向けては、喫緊に技術目標をクリアして社会実装していくというよりも、地に足つけて、来るべき社会変化を見据えながら、2030年に向けて着実にステップアップとステージクリアを図っていくことが必要である。まずは、2020年東京オリンピ

ックを目の前にして、何をどこまで達成しておくか、ということであり、5年節目で見たときの達成目標と、それをクリアするための計画は妥当であったと評価する。

#### 〈改善すべき点〉

- 多くの課題で問題なく目標設定、実施、進捗管理がなされているが、水素専焼ガスタービンなどいくつかのテーマについてはどこまでが本プロジェクトの出口目標なのか明確な回答がなかった。
- 研究テーマによっては開発目標が曖昧なものがあるように思う。
- 目標、計画の妥当性と言う観点では、例えば、水電解の技術については、機器本体の想定寿命に対し、周辺機器の寿命などが評価されていないケースもあり、目標・計画の段階で、周辺機器まで網羅した目標設定・計画があった方が、より良かったのではないか。
- 水素利用技術という新規性の高い研究開発課題である一方、日本のみならず世界各国にとってエネルギーが重要な課題に位置づけられていることから、世界的に見た情勢の変化は著しい。そのような状況下において、競争力が確保できるよう、目標を新鮮に保つ努力の必要はあるかもしれない。
- 全体を通して、初期の目標設定、目標に対する進捗管理は適切であったと思うが、5年間の間に社会環境は激変している。中間評価等で、見直しは適宜行われて来たものの、この間想像以上に他国での技術進展も著しく、もっとドラスティックに目標の期中修正が必要だったのではないかと感じる。たとえば、水素製造技術では、アルカリ水電解に加えて、PEM 水電解の技術開発が熟を帯び、性能ばかりか、サイズ等の面でもアルカリ水電解を大きく凌駕する可能性も出てきた。また、SOEC に関する他国の技術進展も顕著であり、世界における競合がより一層激化する様相を呈する。本プロジェクト当初に建てた目標が、5年の間に陳腐化してきた感もあり、プロジェクト期間中における、さらなる目標見直しがあってもよかったのでは。

#### 〈今後に対する提言〉

- 研究によって要素研究、市場投入を目指す段階、新規性の高い課題等開発のステージが異なる。明確にして目標を設定するのがよい。

#### (2) 研究開発計画の妥当性

##### 〈肯定的意見〉

- アルカリ水電解は世界的にみても高効率で達成されており、SOEC、水素発電については欧州で競合技術が検討されており、競争力を保つためにも推進が必要である。
- 研究開発の目標、計画、体制、進捗管理の妥当性に関しては大きな問題はないといえる。

##### 【再掲】

- ほとんどの研究開発項目で進捗が確認できることから、計画は妥当だと言える。
- 個別案件をそれぞれ確認したが、実施体制や進捗管理、知財取得の戦略は妥当と考える。

- ・ 本事業は、既存技術の性能改善を図る課題と新規技術を新たに開発する課題とを含み、前者においてはある程度こなれた技術をさらに改良することに困難を伴い、一方、後者においては、目標達成のための技術課題そのものの把握が難しい場合も少なくない。そのような状況において、研究開発目標を達成するための計画は、おおむね合理的に設定されており、実際に多くの研究開発において目標達成がなされている、または、達成見込みであることから見ても、研究開発計画は妥当に設定されている。

#### 〈改善すべき点〉

- ・ 先に研究開発費が設定され、それに合わせて必要以上のサイズのもものが製作されているものもあるように思う。すなわち、フィジビリティスタディをするには、実用と同サイズで実験を行う必要は必ずしも無い。こうした研究では、様々な競合技術をまず明確にし、対象とする技術の優劣を判断するのに必要な研究開発を行うように、研究計画を設定すべきと思う。

### (3) 研究開発の実施体制の妥当性

#### 〈肯定的意見〉

- ・ 研究開発の目標、計画、体制、進捗管理の妥当性に関しては大きな問題はないといえる。  
【再掲】
- ・ 研究開発の実施体制は、妥当であると言える。  
多くの研究開発は委託先が、目標設定のために必要な部分・要素・支援的研究開発を企業大学等に再委託する形をとっているが、その選定は合理的であると言え、研究開発目標の達成度がおおむね高いことからその妥当性がうかがえる。

#### 〈改善すべき点〉

- ・ 一部の研究開発項目で、研究そのものの価値は認められるものの、実用化の見通しが不透明で、NEDO が関与するには時期早尚と思われるものもあったように感じる。

#### 〈今後に対する提言〉

- ・ 短期的に事業収益が見込めない研究開発課題に取り組めるのは体力のある大手企業であることは自明である。しかし、一方で、イノベーティブな成果は既存事業を持たないベンチャー企業（あるいは新規事業）が担い手となる場合も多い。本事業にもベンチャー企業が参画し、インパクトは大手企業に比べて印象が薄かったものの、果敢にチャレンジしてきたことは高く評価したい。今後も、審査時に革新性や先導性のウェイトを高めた評価付けするなどの工夫を行い、挑戦者により多くの機会を与えることを考えたい。
- ・ 水電解の技術については、アルカリ電解法が対象（2件）であったが、PEMの低コスト化なども、今後、プロジェクトの対象にしていくと更に良いのではないかと。

#### (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

##### 〈肯定的意見〉

- ・ 研究開発の目標、計画、体制、進捗管理の妥当性に関しては大きな問題はないといえる。  
【再掲】
- ・ 全体としてマネジメント、進捗には問題はないと思われる。
- ・ 研究開発であるため、予想とは異なる結果が得られる場合は少なくないが、そのような場合にも、課題解決および対策が図られている。
- ・ テーマや、テーマ目標を達成するために必要な実施体制も、一社でできるもの、複数関係者で技術協力をしなければいけないテーマ、それぞれであり、個社で難しい場合には、テーマ間の協力体制も図りながらマネジメントされてきたと感じる。

##### 〈改善すべき点〉

- ・ メタン化についてもどのように市場導入するか経済性の評価、アンモニア電解合成の有効性などは明確に判断する材料がないなどの課題がいくつかあった。
- ・ 担当企業によっては、進捗があったのか、十分な体制で行われているのか不明な発表もあった。  
解決すべき課題の難易度も高いが、進捗状況は各担当機関による違いがみられた。
- ・ 研究開発テーマによっては、研究開発目標の達成が見込みとなっている項目が多い場合が見られる。研究開発テーマの難易度にもより、また、研究開発であるため目標及び研究計画の段階で成果の達成を完全に見通すことは難しいが、進捗管理を適切に進められたい。
- ・ 開発を担当する個社ごとに、ビジネスモデルや事業性を評価していくことは重要であるが、どうしても、個社の立場に限ると独断的評価になりがちである。また、評価委員会での短い時間では、委員だけで事業性を見極めることも困難である。テーマの中に事業性評価、「トータルシステム導入シナリオ調査研究」があるので、もう少しこのテーマと、その他のテーマをリンクさせたほうがよかったのではないかと？

##### 〈今後に対する提言〉

- ・ 研究開発プロジェクトにおいて、合理的な目標設定とその達成に向けた効率的な計画をもって研究開発成果を得ることが重要であるが、まず、多くの研究開発が重要な成果に結びつけられているのが第一印象であり、研究開発のマネジメントが適切であったことを反映していると考えられる。  
一方、特に本事業においては、水素利用技術という新たな技術を開発する面が少なくなく、したがって、技術的な面での研究開発目標や計画の設定、研究成果の見通しは難しいと思われる。かつ、国際的に研究開発が活発である分野であることから、その技術水準は刻々と変化している。このような状況においては、設定目標が経時的に陳腐化（不十分化）する可能性もあり、望むらくは目標を凌駕する成果も得られるよう、意欲的に研究開発のマネジメントを行っていただきたい。

- かつて、太陽光パネルに関する技術は、日本が大きく先行していたが、普及段階では、より安価な中国の **Jinko Solar** やカナダの **Canadian Solar** 産のソーラーパネルの出荷が世界を席巻するようになった。他国との競合力を維持していく上では、実用化から普及に向けての長期戦略が必要であり、現在の開発の延長では、せつかくの日本の優位性も薄れ、将来、ソーラーパネルの二の舞になりかねないリスクがある。今後は、世界の変化する状況を早期にかつ的確に捉え、より柔軟なマネジメントを遂行していく必要性を感じる。
- 今回の事業に基づいて、今後力を入れるべき技術とそうでない技術を識別すべきである。今回対象とした技術全てに関して、今後も継続的な開発を行っていくべきとは思わない。

#### (5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

##### 〈肯定的意見〉

- 知的財産の取得は重要であるが、国内外への出願がある程度なされている。

##### 〈改善すべき点〉

- 今後、知財に関する取組や成果についても報告できる十分な発表時間を設けて欲しい。特に世界標準を狙う必要もあり、海外との競合を丁寧に説明して欲しい。
- 研究開発テーマにより、順調に知財を取得している場合も見られるが、一方で技術開発内容に比して、特許出願数が少ない場合も見られる。

##### 〈今後に対する提言〉

- 知財戦略については、どこの発表者からも余り触れられることはなかった。発表時間の問題かと思うが、次回からは知財に関する説明も各担当企業から聞きとれるようにしてほしい。
- 発表時間を長くして、発表内容を丁寧にしてほしい。

## 2. 3 研究開発成果について

多くのテーマについて目標が達成されており、プロジェクト全般として中間目標を達成しているといえる。なかでも、アルカリ水電解、液体水素貯蔵は国際的にも高い成果が見られ、同種競合技術と比較しても優位性が認められる。最終目標についても多くは達成可能と考えられる。また、学術論文や雑誌・図書への発表、学会等における研究発表・講演など成果の普及も順調に進んでいる。

一方、特許出願数が少ないと感じられるテーマも見受けられるので、知財の確保をより積極的に進めてほしい。

今後は、実用化に向けた技術課題の抽出と解決が図られるとともに、国際的な競争力や経済性の確保に一層取り組むことが望まれる。

### (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

〈肯定的意見〉

- 多くのテーマについて目標が達成されており、プロジェクト全般としては中間目標を達成しているといえる。
- 水電解、液体水素貯蔵など世界的にみても高い水準にあるものが見られる。

#### 1) 水素製造システム・技術

最も基本的な技術であり、各国、各地域のおかれた環境条件により異なるが、エネルギー資源を持たないわが国にとって、低コスト、高効率の水素製造技術は不可欠であり、確立することで国際社会でも通用する産業へと育成したい。

高効率、高耐久性アルカリ水電解技術の確立は、将来の展開に非常に大きな期待を持たせる成果であるといえる。優位性、将来の普及にも期待できる。

高効率低コスト水素製造システムの研究開発の報告は、耐久性試験データをみる限り、十分な成果を出したとは言い難い。電極メッキの問題点を指摘していたが、具体的な材料学的データの提示は一切なく、具体的なデータを示してほしい。

セルスタック技術は順調に開発が進んでいると考えられる。劣化メカニズムも追及されており、更なる成果の期待ができる。水素製造システムについては、変動電力への対応など制御方法も検討され、実用に耐えうる成果が着実に確立されつつあると考えられる。電力貯蔵システムは SOFC/SOEC/MCH を利用して新たな水素キャリア利用システム開発に挑戦しており、大いに評価できる。H2One をベースとした具体的なシステムの進化に大きな期待が持てる。再生可能エネルギーとの連結が可能で、世界初として大いに優位性をアピールできる独自性がある。

次世代水素製造システムの研究は、ニッケル水素電池の反応原理をベースにした新三次元電極の開発を試みており、実験室スケールでのデータをみる限り、新たな水素製造システムとして新規性がある。今後のスケールアップへの期待ができる。

#### 2) 大規模水素利用技術

今後の水素社会では、大量の水素消費が期待されており、その実現に向けた実現性ある開発成果が求められる。

液化水素技術システムと輸送技術の開発は、真空二重構造のタンク利用等、具体的な大量輸送に向けた技術が確立されていると考えられる。今後、海外からの水素輸入、それに伴う水素価格の低減実現にさらに寄与できるレベルにあると考えられる。

水素専焼対応型 **Dry Low NOx** 高温ガスタービンの研究開発は、机上の設計レベルであるが、当初の計画通り遂行された。次の研究ステップでは、十分な予算の元、燃焼用水素設備を充実させ、燃焼試験を実施することを期待する。

水素ガスタービン燃焼技術の研究開発は、**NOx** 低減、安定着火、安定保炎を確立しており、追いだきバーナの検討も進み、水素発電タービン実用化に近づいているといえる。この順調な開発を **NEDO** は日本の技術としてさらに支援すべきと考える。

### 3) エネルギーキャリアシステム

高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換は、いま世界で活発化している **Power-to-Gas**、**CO<sub>2</sub>** 利用技術の開発に繋がるものであり、また再生可能エネルギーの普及にも重要な技術であり、国際的な競争も激しい。

熔融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成は、非常に独創性があり、今後の発展が期待できる。電気化学反応では、中間反応プロセスが複雑で十分には理解されていないメカニズムもある。**N<sup>3-</sup>** の形成を熔融塩の化学分析により同定し確認されたことの報告を受けた。結果として、電解により **NH<sub>3</sub>** が生成できていることが重要である。今後、大型化した場合の開発に努力してもらいたい。

水素分離膜を用いた脱水素は、**MCH** を実用化するためには不可欠なものであり、精製水素純度が **4N**（工業用）ということなので順調な進捗と言える。水素の大量輸送でトルエン利用が可能になり、日本の優位性は高まることになり、更なる実用化に向けた展開を期待する。

### 4) トータルシステム導入シナリオ

社会技術の視点からのアプローチは、水素社会実現に向けて不可欠なものである。パラメータは極めて多く、モデルの立て方、分析方法など容易ではないと思われるが、可能な限りの分析を期待したい。こういった分析結果は、積極的に国際会議等で公表し、多くの異なる視点から批評を受け、客観性、普遍性の高い成果へと繋げるように努力してもらいたい。

- 全体的に優れた成果を収めていると評価できる。  
また、今回の事業によって、今後有望と考えられる技術を選択していく上で、有用な知見が得られたと考える。
- 他のエネルギーソースとの比較で競争力を評価することも重要と考える。特に、「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」は、国際的に見ても高い成果を挙げていると思われる。
- すべての研究開発において、設定された中間目標が達成もしくは達成見込みであり、多くの場合にそれらがデータとして定量的に示されている。また、得られた成果は世界的に見ても高い水準にあり、有意義な成果が得られていると強く感じる。

- ・ 個々のテーマにおいては、ほぼ、掲げられた目標が達成できており、プロジェクト推進の的確さと、各担当企業の努力の成果である。

#### 〈改善すべき点〉

- ・ 「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」については、概ね順調にプロジェクトは進んでいるようだが、一部目標レベルに達していないところもあり、技術の完成度として若干懸念点が残る。
- ・ 中間目標の達成が順調に進んでおり、かつ、目標以外にも実用に際して必要な課題解決が図られている場合も見られ、目標の達成度やその成果の意義は大きいと感じられるが、強いて挙げれば、国内外において技術レベルが常に向上している中で、目標の達成のみならず、他のエネルギー技術や国際競争力を常に確保できるような技術課題の設定が見られると良い。

#### 〈今後に対する提言〉

- ・ 研究成果の発表の仕方の基本が出来ている発表者・機関と、基本が出来ていないケースがあった。データもなく、成果だけを羅列した発表もあり、信頼性という視点から疑義を生むような発表はやめさせるべきである。NEDO としての指導をお願いしたい。
- ・ 「大規模水素利用技術の開発/水素液化貯蔵システムの研究開発」では、成果が十分出ているのは理解できるので、評価する側の立場で言えば、もう少し具体的なデータを多く提示して頂けると、更に評価がしやすくなるものと考えている。  
技術的難易度の高い基礎技術の研究プロジェクトについては、中々ブレイクスルーも難しい中で、あまり短い期間での評価スパンを設定しないなど、プロジェクトの性質に合わせた NEDO のマネジメントの工夫を期待したい。

### (2) 成果の最終目標の達成可能性

#### 〈肯定的意見〉

- ・ 高温水蒸気水電解、貯蔵システム、水素分離膜脱水素、水素タービン（小型）等については中間目標の成果や達成見込み、そのプレゼンテーションに説得力があり高く評価できる。
- ・ 一部を除き、概ね中間目標は達成されており、多くは同種競合技術と比較しても優位性がある。最終目標の達成も多くはクリアできるのではないかと判断される。
- ・ 本事業において取り上げられている研究開発には、元々の技術的成熟度において幅があるが、性能やコストの改善という点では、水素原料価格についての最終目標に向けて、適切な中間目標が設定され、かつ十分達成または達成見込みという状況であることから、最終目標の達成の可能性は高いと判断される。また、新規技術を扱った研究開発においては、最終目標に向けた段階的な中間目標が設定され、それが達成または達成可能であり、かつ、実用的な技術に結びついたときには、目標値を上回るパフォーマンスにつながることも期待される。これらの点からも、最終目標達成の可能性は高められていると

考えられる。

#### 〈改善すべき点〉

- ・ 中間目標はほとんどすべての課題で達成されており問題ないが、「熔融塩を用いた水と窒素からのアンモニア合成」のテーマについては、開発初期の新規電気化学反応器について十分に実用化を見通せるか明確な情報がわかりやすく示されていない。また市場投入の段階に近づいたものは導入シナリオが明確でないと感じた。
- ・ 各機関からの報告のみで判断することは難しいが、各機関の取り組み姿勢に違いがみられた。今回の中間報告等をベースに、NEDO には発表が不明確な機関への指導をお願いしたい。
- ・ 熔融塩電解合成法、水素タービン（大型）については、進捗や今後の展開が見通せない印象を持った。解決の道筋の有無を判断するのは難しいが、研究開発の内容というよりは、予算や人材等に課題があったように感じられた。
- ・ 特に、技術的に新規な研究開発テーマに関しては、その達成により既存技術を上回るパフォーマンスも見込める一方、実用化に向けてはまだ課題があるように感じられる場合がある。この点に関して、今後、さらに実用化に向けた実際的な目標・課題（たとえば、耐久性）の達成、解決が図られることで最終目標の達成に結びつけてほしい。

### （3）成果の普及

#### 〈肯定的意見〉

- ・ 国際的な協力活動に展開するのが適当と考えられる。メタン化なども離島への早期導入が期待できるレベルにある。
- ・ 研究開発においては、技術的目標の達成がまず重要でありつつも、成果の社会還元や普及の点から、可能な範囲で成果の公開が積極的に求められる。学術論文や雑誌・図書への発表はある程度なされている。一方、学会等における研究発表・講演は活発に行われているが、これは成果の発信だけでなく、情報の交換や収集の目的も果たしていると考えられ、研究開発が目標の達成に向けて努力されていることの表れでもあり、技術開発の実用化が積極的に取り組まれていることがうかがわれる。  
Web サイトや展示会における情報発信が積極的に行われており、成果の普及に有効であるとともに、実用化に向けた取り組みとしても寄与している。

#### 〈改善すべき点〉

- ・ 掲げた目標が達成されている一方、世界の追い上げも厳しくなり、今後、日本優位に技術開発が進んでいく保証はない。たとえば、水素製造の技術に関しては、世界の動向をウォッチしてはいるながらも、世界の競争技術の進展も目覚ましい。今後、国産技術が競争していけるかどうか、よりシビアな目標設定と、早期の実用化シナリオが必要と感じる。たとえば、アルカリ水電解技術が、スタート当初の目標を達成したことは、的確なマネジメントと、担当チームの努力によるものであるが、一方、PEM 水電解の性能も

大きく向上してきており、また、何よりも、他国の製品は、実用化ベースで実際に使用されており、すでに市場に入っている点は、一步先に進んでいると言わざるを得ず、水素製造技術の競合の面で脅威である。

#### 〈今後に対する提言〉

- ・ トータルシステム導入シナリオ調査研究については、技術開発と経済社会の統合モデルが日進月歩であるため、今後の進捗に大いに期待したい。
- ・ エネルギー技術に関しては、その規模や単価が大きく、たとえば情報技術などとは異なって一気に変化することは難しく、長期的な研究開発とならざるを得ない。そのような条件において、将来の実用化の際に実際にその担い手となる企業が中心となって、研究成果が上がっていることに大きな意義が感じられる。最終目標に向けて、より実際的な技術課題の抽出と解決が図られるとともに、国際的な競争力や経済性の確保によりいっそう取り組んでほしい。
- ・ 開発計画の妥当性と同様のコメントになるが、かつて、太陽光パネルに関する技術は、日本が大きく先行していたにもかかわらず、普及段階においては、より安価な中国の **Jinko Solar** やカナダの **Canadian Solar** 産のソーラーパネルの出荷が席卷するようになった。他国との競合力を維持していく上では、実用化に留まらず、さらにその先の普及に向けての長期戦略が必要であり、単に現在の開発の延長線上で実用化を考えてしまうと、ソーラーパネルの二の舞になりかねないリスクを感じる。他国に勝つための、実用化戦略と、先を見越した、さらなる高い目標設定が必要とを感じる。

#### （４）知的財産権等の確保に向けた取組

##### 〈肯定的意見〉

- ・ 知財については 2 名の PL が適切に分担して処理している。
- ・ 知的財産権についても戦略的に取り組んでおり、国際競争力の確保にも配慮が見られる。
- ・ 論文発表や知財確保は適切に行われている。
- ・ 特許等の取得は、ある程度なされていると言える。

##### 〈改善すべき点〉

- ・ 知財に関して報告が少なかったのは発表時間の制約ではなかったのか。もう少し発表時間を知財に特化して報告させてはどうか。
- ・ （1. 2. にも記したが）研究開発テーマにより、順調に知財を取得している場合も見られるが、一方で技術開発内容に比して、特許出願数が少ないと感じられる場合も見られる。実用化した際の経済的アドバンテージの確保のために知財の確保を積極に進めてほしい。

#### 〈今後に対する提言〉

- ・ 知財取得は順調と判断できるが将来国内技術を有利にするため戦略的な知財取得領域

の検討が必要。トータルシステムのチームとの協議により必要な分野を検討するのがよい。トータルシステムチームが将来必要な技術分野に加えて、すべての研究開発課題について将来性や技術動向について提言をすることが適当である。このチームの重要性は強く認められるが、現在は限られた課題を取り扱っているように感じる。

## 2. 4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

プロジェクト当初から、将来の実用化を意識した経済的な性能目標やビジネスシナリオなどが設定されており、概ね適切な実用化戦略が描かれている。また、既存のシステムへの組み込みや他機関とのネットワークの構築を進めるなど具体的な取組が実施され、実用化の見通しが高いと言えるテーマもある。

一方、研究開発レベルがまだ基礎段階であるものについては、非現実的な実用化の時期や規模、価格想定を行っている場合もあることから、研究段階に応じた実用化シナリオを描くことが望ましい。

水素のエネルギー利用は、社会基盤として水素の製造・輸送・貯蔵・利用が一貫して初めて成立するものであり、単独デバイス・システムを開発する一社のみでは実用化を見通すことに限界があると思われるため、今後は、研究開発全体を俯瞰的に把握し、政策動向にも十分注意を払いながら、実際の社会に生かされる技術へと成熟させることを目指してほしい。

### 〈肯定的意見〉

- いくつかの課題については実用化が見通せる段階にある。実用化の戦略は企業活動の一部であるため明確でない部分もあるが、着実に実用化に向かいつつあるものがいくつかある。開発ステージが初期であるアンモニア電解合成、新規水電解などのテーマは実用化の展開が今後の課題であるが、目標は掲げられており、その目標達成で実用化に近づくと考えられる。
- 実用化を意識した戦略という視点からいえば、本事業は企業を中心とした構成で、ビジネス化を意識している取り組み姿勢が感じられた。さらに産業化、ビジネス化を強力に推進、指導していただきたい。
- 水素製造の研究開発項目については、いずれもコスト分析、市場分析等を前提に研究開発が進められており、実用化に向けた見通しは明るいと評価できる。
- 今回対象とした技術が、このまますぐに実用に供していくとは思われない。そもそも、水素社会をどのような形で推進するのが最も合理的か、この点についても明確とは言えない。今後、トータルシステムシナリオ調査のような研究を推進し、さらに様々な視点からの議論を踏まえて、方向性を明確にしていく必要がある。その点、現段階における事業としては妥当であったと評価できる。
- 実用化の戦略については、水素活用の市場形成次第のところがある中ではあるが、各プロジェクトは概ね適切な戦略を描いている。
  - （１）成果の実用化に向けた戦略  
たとえば電解水素製造技術に関しては、当初オフグリッド・離島等への適用から規模の拡大を狙うなど、多くの研究開発において段階的な実用化が取り組まれており、現実味のある戦略がとられている。
  - （２）成果の実用化に向けた具体的取組  
既存のシステムへの組み込みや、他とのネットワークの構築をすでに進めている場合な

ど、個別に実用化を目指した取り組みがなされている場合が見られ、実用化の見通しが高いと言える。また、ホームページや展示会への出展を通じて、企業としての取り組みを積極的に発信しており、実用化に向けた技術内容や成果の周知にも取り組みが行われている。

### (3) 成果の実用化の見通し

本事業が扱っている研究開発テーマのもともとの技術的成熟度により一概には言えないが、個々の研究開発によっては緻密な実用化に向けた展開が想定されており、実用化が見通せる場合が多いと感じられる。

- ・ プロジェクト当初から、将来の実用化を意識し、実用化のための、経済的な性能目標やコスト意識、ビジネスシナリオなど、単に機器等のパフォーマンスだけではない目標設定がなされた点は評価できる。

### 〈改善すべき点〉

- ・ 開発ステージの浅いアンモニア電解合成、新規水電解については大規模化を急ぐのではなく、小規模なものでも確実に有効性を判断できるデータを取得するのがよい。
- ・ 取り組む機関によって、課題取組への本気度の違いを感じた。アカデミックな研究機関とは違う産業界としての取り組み意識を明確化させてほしい。これはとりもなおさず、具体的データを提示し、発表内容への信ぴょう性を明確にすることである。
- ・ 「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」では、実用化に向けて、前提条件であるガスエンジン排ガスからのCO<sub>2</sub>分離回収のエネルギー的負担等、実用化に向けて検討が不十分なところもあり、総合的なシステム・スキームとして実用化に向かうよう、NEDO マネジメントの一層の関与があると更に良いと考える。

共同実施者間で、実用化への考えに幾許（いくばく）かの齟齬があったケースがあったので、その点のマネジメントは改善を要す。

#### ・ (1) 成果の実用化に向けた戦略

特に実用化の相手として海外を候補としている場合には、先方との調整も重要であり積極的に進められたい。

#### (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

実用化に向けたマイルストーンは、主に開発の規模や想定に関しているが、実際のニーズがどれだけあり、それにどのように対応するかと言った観点をその設定根拠として校了する必要があるのではないか。

#### (3) 成果の実用化の見通し

どのような利用者が想定されるのか、同類の手法における他社との間での競争力、他の手法との比較において、技術的に実用レベルに習熟した後に、実際に市場参入が見込まれるのかに関して、さらなる調査や取り組みが求められる場合が見られる。

- ・ 近い将来の現実的な開発が行われたテーマがある一方で、研究開発が原理の面白さやユニークさに終始したテーマもあり、将来のイメージが単に理想論の域の議論に留まった

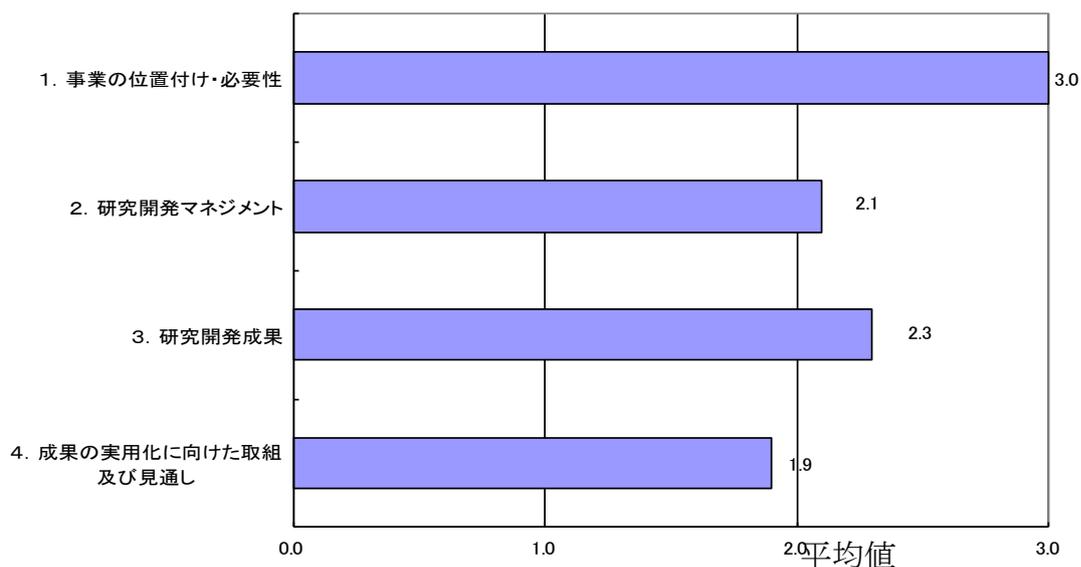
テーマが見受けられる。先進的な技術であるとは感じるが、研究開発レベルがあまりにも基礎段階であったり、小規模レベルの試験結果しか得られていないにもかかわらず、きわめて非現実的な実用化の時期や規模、価格想定を行うなど、製品化・実用化のプロセスを全く理解していないと思われるようなシナリオが描かれている例もあった。有望な技術であるからこそ、拙速でない、より現実的な実用化シナリオを描くよう、運営・指導していくべきである。

#### 〈今後に対する提言〉

- すべての課題で技術がこのプロジェクト中に進展し、要素技術開発から実用化を見通せるレベルに近づいたものもある。そのような課題についてもすぐには市場競争力が生まれるわけではなく導入のシナリオの策定など開発ステージに応じた研究内容に柔軟に変化させていくことが求められる。
- **NEDO** としては、水素利用技術を実用化させ、本気でビジネスにする意識を参加企業に強調して欲しい。公的資金があるから取り組んでいるというような意識では国際社会では戦えないことを企業は知っているはずである。意識させるためには、参加企業は必ず国際会議、国際集会で発表し、成果の独自性、トップにあるという客観的な感覚をもたせる指導をお願いしたい。国内の研究発表だけでは、客観性は乏しいものになってしまう。  
企業が行う研究開発は、大学や基礎研究を担当する機関とは違う。この点が不明確な企業発表もあり、残念であった。発表時間を伸ばしてでも、企業からの発表を丁寧にできるように改めてはどうか。
- 現時点で水素に価格競争力はないが、仮に今後、世界中でカーボンプライシング（炭素税や排出量取引制度）の導入・強化が進めば、化石エネルギーの価格が上昇するので、水素の目標価格（20～40 円/N m<sup>3</sup>、2030 年代）を上昇させる余地もでてこよう。そうなれば、実用化時期が前倒しされる可能性もあるため、事業者と **NEDO** の双方は政策動向にも十分、注意を払う必要がある。
- 実用化の見通しについては、基礎レベルのプロジェクトと実用に近いプロジェクトでは、同じようなレベルの“見通し”を要求する必要はないのではないか。
- 水素のエネルギー利用は、一社が単独のデバイス・システムを製品として開発しうる場合もあるが、基本的には、規模の違いはあれ社会基盤として水素の製造・輸送・貯蔵・利用が一貫して初めて成立し、一社のみ技術開発では実用化を見通すことに限界があるのも事実であろう。たとえば、水素燃焼は水素の製造、または／および、水素の輸送・貯蔵と関連して初めて成立する。したがって、それぞれの段階の技術を実用化する要件は、他の技術にも関連し、そこには水素利用技術の研究開発を俯瞰的に把握し、あるいは、導く立場として **NEDO** が重要な役割を果たすと考えられるが、個々の研究開発者もそのような他との関連を強く意識して実際に社会的に生かされる技術への成熟を目指してほしい。

- 開発ステージの明らかに異なる技術を、同じ評価軸で管理しながら同時進行で扱っていくことには無理がある。アウトカムの設定は、どの技術に対しても、どのようなステージレベルに対しても必要であるが、実用化に遠い技術に対しても、無理やり無謀な実用化シナリオを想定すると、技術の未熟さや粗さがかえって目立つ結果になりかねない。明らかにステージの違う、特にプリミティブな技術は、他のプロジェクトで扱うか、もしくは評価基準を明確に変えて扱ったほうがよいのではないか。

### 3. 評点結果



評価項目	平均値	素点 (注)							
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.1	B	A	B	B	B	C	A	
3. 研究開発成果について	2.3	B	A	B	B	A	B	B	
4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて	1.9	C	B	C	B	A	B	B	

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈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. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A          | ・明確 →A                   |
| ・よい →B             | ・妥当 →B                   |
| ・概ね適切 →C           | ・概ね妥当 →C                 |
| ・適切とはいえない →D       | ・見通しが不明 →D               |

## 第2章 評価対象事業に係る資料

## 1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「水素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
<b>I. 事業の位置付け・必要性について.....</b>	<b>11</b>
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
<b>II. 研究開発マネジメントについて .....</b>	<b>14</b>
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
<b>III. 研究開発成果について.....</b>	<b>35</b>
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
<b>IV. 実用化の見通しについて .....</b>	<b>50</b>
 (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/Nm<sup>3</sup> 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>&lt;アルカリ水電解水素製造システムの研究開発&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電流密度 0.6A/cm<sup>2</sup> 以上 (@電解電圧 1.8V)</li> <li>・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)</li> </ul> <p>&lt;高効率低コスト水素製造システムの研究開発&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電流密度 0.6A/cm<sup>2</sup> 以上 (@電解電圧 1.8V)</li> </ul> <p>II：高効率水素製造技術の開発の目標</p> <p>&lt;高温水蒸気電解システムの研究&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電流密度 0.5A/cm<sup>2</sup> (@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</li> <li>・4kW/Nm<sup>3</sup> 以下 (50Nm<sup>3</sup>/h 級) への改良指針を提示</li> <li>・劣化率：0.5%@1000 サイクル</li> </ul> <p>&lt;次世代水素製造システムの研究&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・25℃、0.1A/cm<sup>2</sup>、1.6V 以下</li> <li>・水素生成能力 ≥ 50Nm<sup>3</sup>/h (スタック単位体積あたり)</li> <li>・低コスト、アルカリ水電解と同等の耐久性</li> <li>・0.1kW 電解スタックの試作、連続運転</li> </ul> <p>III：大規模水素利用技術の研究開発の目標</p> <p>&lt;水素液化貯蔵システムの研究開発&gt; (周辺技術の研究開発)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水素液化システムの開発 (負荷変動対応、高効率システム)</li> <li>・液体水素タンクシステムの開発 (断熱タンクシステム)</li> <li>・液体水素ポンプの開発 (容量 200m<sup>3</sup>/h 以上、ポンプ効率 50%以上、揚程 260m の基盤技術確立)</li> <li>・ボイルオフ水素圧縮機の開発 (3,000m<sup>3</sup>/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)</li> </ul> <p>&lt;水素専焼対応型 Dry Low NO<sub>x</sub> 高温ガスタービンの研究開発&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・数百 MW 級の水素専焼ガスタービン燃焼器の開発 (低 NO<sub>x</sub>、安定運用可能なノズル基礎設計)</li> <li>・NO<sub>x</sub> 50ppm 以下</li> <li>・フラッシュバックを発生しない、安定燃焼に目途を得る。</li> </ul>
-------	---

<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/ $\text{Nm}^3$ 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/Nm<sup>3</sup>/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 -----> .....>					
		水素液化貯蔵システムの基盤技術開発 ----->					
	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研究開発 .....>					
		水素専焼対応型 Dry Low NO <sub>x</sub> 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 -----> .....>					
	熔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)	<b>I 低コスト水素製造システムの研究開発</b> 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  <b>II 高効率水素製造技術の研究</b> 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><b>Ⅲ 周辺技術(水素液化貯蔵システム)の研究開発（平成 25～27）</b>  <b>大規模水素利用技術の開発（平成 28～29）</b></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><b>Ⅳ エネルギーキャリアシステム調査・研究</b></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  <b>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）</b> 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	<p>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）</p> <p>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）</p> <p>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</p> <p>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</p>		
中間評価結果への対応	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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）。</p>		
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	

<p>3. 研究開発成果について</p>	<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3,000m<sup>3</sup> 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<sub>x</sub> 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>	
<p>投稿論文</p>	<p>39 件(平成 29 年 8 月末現在)</p>	
<p>特 許</p>	<p>「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</p>	

	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/Nm<sup>3</sup>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CO<sub>2</sub>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/Nm<sup>3</sup>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、CO<sub>2</sub>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<sup>※1</sup>程度まで拡大するとの予測<sup>※2</sup>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/Nm<sup>3</sup>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/Nm<sup>3</sup>/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/Nm<sup>3</sup>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  $0.6 \text{ A/cm}^2$  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/cm<sup>2</sup>以上の性能を維持しつつ、単セルの電極面積を 1～3 m<sup>2</sup>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/Nm<sup>3</sup>/h、6 万円/Nm<sup>3</sup>/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）
<b>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</b>
<p>① 電極の開発</p> <p>&lt;平成 28 年度開発目標&gt;</p> <p>1) 大型電解槽（MW 級電解用、電極面積 2～3m<sup>2</sup>/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 0.25m<sup>2</sup>/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>&lt;平成 29 年度開発目標&gt;</p> <p>1) 中型電解槽（数 100 k W 級電解用、電極面積 0.25m<sup>2</sup>/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>
<p>② 隔膜の開発</p> <p>&lt;平成 28 年度開発目標&gt;</p> <p>1) 大型電解槽（MW 級電解用、電極面積 2～3m<sup>2</sup>/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 0.25m<sup>2</sup>/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>&lt;平成 29 年度開発目標&gt;</p> <p>1) 中型電解槽（数 100 k W 級電解用、電極面積 0.25m<sup>2</sup>/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>
<p>③ 電解ユニットの開発</p> <p>&lt;平成 28 年度開発目標&gt;</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>&lt;平成 29 年度開発目標&gt;</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>④ 電解プロセスの開発・実証</p> <p>&lt;平成 28 年度開発目標&gt;</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>&lt;平成 29 年度開発目標&gt;</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>&lt;平成 28 年度開発目標&gt;</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/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>) 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>&lt;平成 29 年度開発目標&gt;</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/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>) 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>&lt;平成 29 年度開発目標&gt;</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/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>) 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)	
<b>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</b>	
<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/cm<sup>2</sup> 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 64cm<sup>2</sup>) 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 4,000cm<sup>2</sup>) および大型電解槽 (電極面積 1m<sup>2</sup>) 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：4,000cm<sup>2</sup>）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：4,000cm<sup>2</sup>）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 1m<sup>2</sup>）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 4,000cm<sup>2</sup>）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 4,000cm<sup>2</sup>）の単セルを製作し、電流密度 0.6A/cm<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> 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 4,000cm<sup>2</sup>）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 4,000cm<sup>2</sup>）の 3 セル・スタックを製作し、中型電解槽（電極面積 4,000cm<sup>2</sup>）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 1m<sup>2</sup>）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 4,000cm<sup>2</sup>）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 ～3m<sup>2</sup> 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 4,000cm<sup>2</sup>）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：1m<sup>2</sup>）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 4,000cm<sup>2</sup>）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/cm<sup>2</sup> 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/cm<sup>2</sup> 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 Nm<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup> 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/cm<sup>2</sup> 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/cm<sup>2</sup> 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"> <li>①セル・スタック評価試験装置の設計製作               <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 評価内容に応じた装置改造（随時）</li> </ul> </li> <li>②セル・スタックの試作、特性評価               <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul> </li> <li>③水素製造システム設計               <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul> </li> <li>④電力貯蔵システム設計               <ul style="list-style-type: none"> <li>1) SOEC - 蓄熱 - SOFC 連結システムの概念設計</li> </ul> </li> </ul>
平成 29 年度：	<ul style="list-style-type: none"> <li>①セル・スタック評価試験装置の設計製作               <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 評価内容に応じた装置改造（随時）</li> </ul> </li> <li>②セル・スタックの試作、特性評価               <ul style="list-style-type: none"> <li>1) SOEC セル・スタックの耐久性の継続評価。</li> <li>2) SOEC セル・スタックの劣化影響因子の明確化。</li> <li>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/cm<sup>2</sup> 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。</li> </ul> </li> <li>③水素製造システム設計               <ul style="list-style-type: none"> <li>1) SOEC マルチスタック試験の実施。運転性・制御性の評価。</li> <li>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。</li> <li>3) SOEC 水素製造システム検証機（10Nm<sup>3</sup>/h 級）の設計改良。性能目標：水素製造原単位 4kWh/Nm<sup>3</sup> 以下（50Nm<sup>3</sup>/h 級）への改良方針の提示。</li> </ul> </li> <li>④電力貯蔵システム設計</li> </ul>

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）	
<b>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</b>	
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 <sup>2</sup> ）、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 <sup>2</sup> 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<sup>※1</sup> 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。

- ・3,000m<sup>3</sup>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200m<sup>3</sup>/h以上、ポンプ効率<sup>※2</sup> 50%以上の液体水素ポンプ（揚程260m程度を想定）および容量3,000m<sup>3</sup>/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。

- ・3,000m<sup>3</sup>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3,000m<sup>3</sup>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 <sup>3</sup> 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 <sup>-1</sup> 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 <sup>-1</sup> 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 <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> 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）	
<b>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</b>	
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 <sub>2</sub> 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）	
<b>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</b>	
平成 28 年度：	

中間目標（平成 29 年）
<ul style="list-style-type: none"> <li>・水素バーナの改良検討を開始している。</li> <li>・追焚き併用の試作部品の設計を開始している。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul> <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"> <li>・水素バーナの改良検討、設計が完了し、発注（外作）している。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・高圧水素燃焼試験（1回目）を実施している。</li> </ul> <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"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
<p>平成 29 年度：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・高圧水素燃焼試験（2回目）を実施している。</li> </ul> <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/cm<sup>3</sup>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 m<sup>2</sup>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/m<sup>2</sup>・s・Pa、分離係数 H<sub>2</sub>/SF<sub>6</sub>

≥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"> <li>・（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。</li> <li>・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）</li> <li>・実証試験用メタン製造設備（定格メタン製造量12.5Nm<sup>3</sup>/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）</li> </ul>
平成29年度：	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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）</li> <li>・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</li> </ul>

##### 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/cm<sup>3</sup>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/cm<sup>3</sup>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 mΩm<sup>2</sup>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（ $\text{H}_2/\text{SF}_6$ ）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（ $\text{H}_2/\text{SF}_6$ ）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	<p>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<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>/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。</p> <p>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。</p>

**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)	
<b>V 「トータルシステム導入シナリオ調査研究」 /</b>	
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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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（50,000m<sup>3</sup>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。

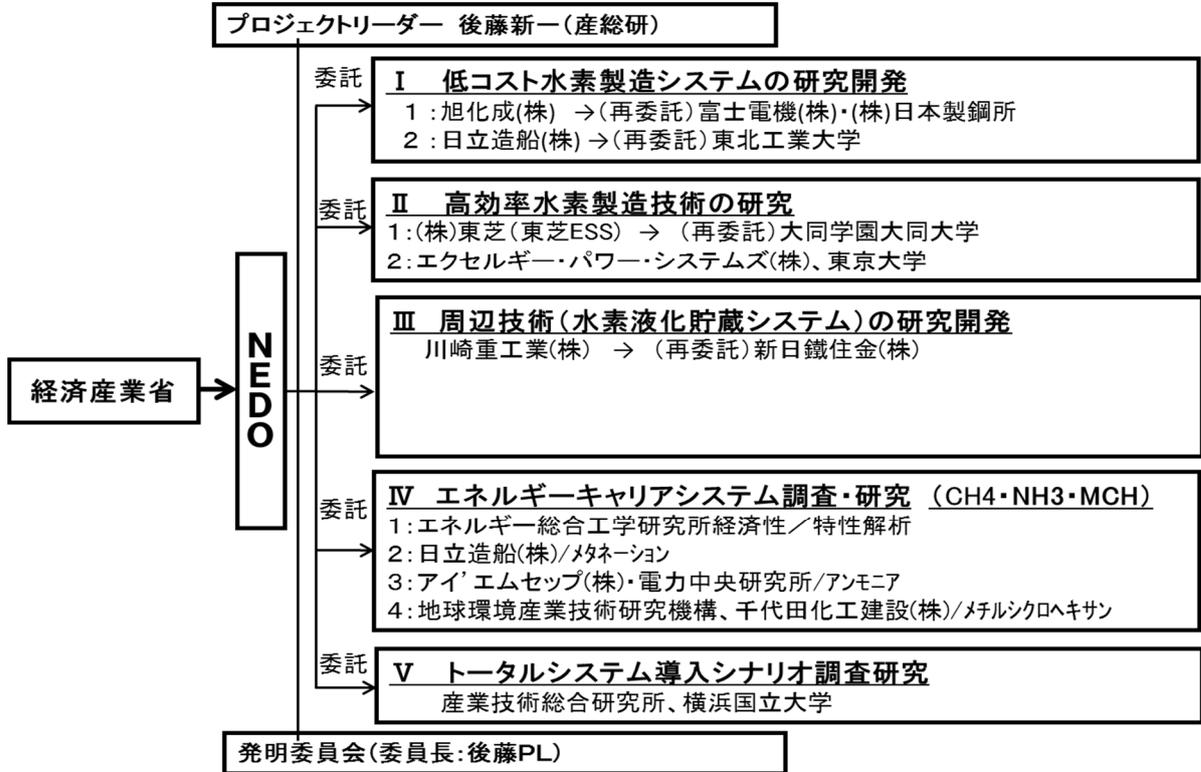
さらに、水素製造から貯蔵、輸送、利用に至るサプライチェーン全体を通じた経済性・環境影響等の分析・評価、エネルギーシステム全体の中での水素エネルギーの位置付けについての評価、要素・システム技術の将来予測に関する評価について、新たな評価軸の検討を含め、その方法を検討する。

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。

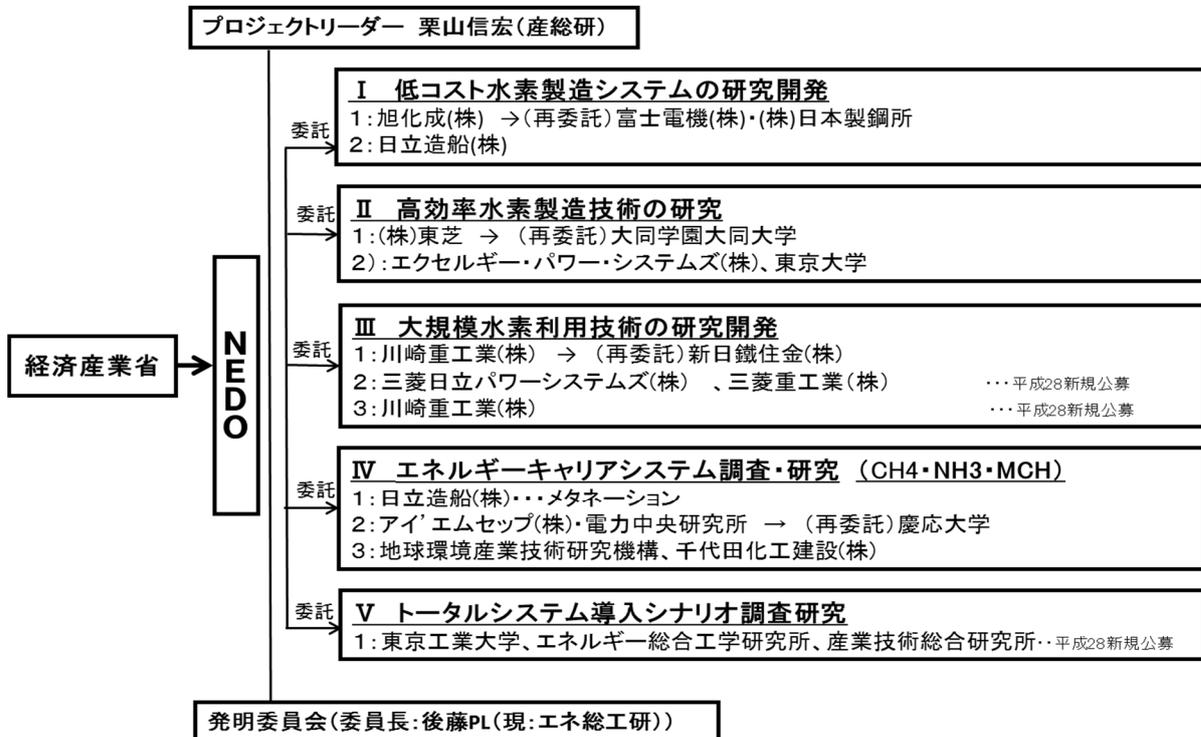
## 2. 2 研究体制の実施体制

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  $1\text{Nm}^3$  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/ $\text{Nm}^3/\text{h}$  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
- ・10～50Nm<sup>3</sup>/h 級機設計検討、<4kWh/Nm<sup>3</sup> 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/cm<sup>2</sup>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、1,000m<sup>3</sup> 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 NOx 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 NOx 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 NOx 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。

（NOx : 50ppm@15%O<sub>2</sub> (CC 効率 60%条件) 達成の目途付、フラッシュバック耐性 : 上記 NOx 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 NOx 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、NOx 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）
  - ・ $\text{H}_2\text{O}$  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  $\text{N}^{3-}$  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、CO<sub>2</sub> 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
<b>I -1 : 「アルカリ水電解水素製造システムの研究開発」</b>		
(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 <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> 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 <sup>2</sup> 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 <sup>3</sup> 、電解効率を 5kWh/Nm <sup>3</sup> とすると、年間約 3.5 億円の収入となる。	○
<b>I-2 : 「高効率低コスト製造システムの研究開発」</b>		
(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 <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup> )および中型セル(4,000cm <sup>2</sup> )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。	○
<b>II-1 : 「高温水蒸気電解システムの研究」</b>		
(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 <sup>2</sup> 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 <sup>3</sup> 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	○
<b>II-2 : 「次世代水素製造システムの研究」</b>		
(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 <sup>2</sup> で、電解電圧 1.69 V を確認  ・0.1 kW セル・スタックで 50Nm <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup> を試験中 ・0.1 kW セル・スタックで試験中	△
<b>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)</b>		
<b>「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~</b>		
(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 <sup>3</sup> 程度) を可能とする技術を開発	要素試験、1000m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /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	◎
<b>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」</b>		
(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	○
<b>Ⅲ-3: 「水素ガスタービン燃焼技術の研究開発」</b>		
(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。	○
<b>IV-1 : 「高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換」</b>		
<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 Nm<sup>3</sup>/h) にて熱回収率 58%、実証試験機 (処理量 62.5Nm<sup>3</sup>/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 100Nm<sup>3</sup>/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) CO<sub>2</sub> 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 62.5Nm<sup>3</sup>/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 62.5Nm<sup>3</sup>/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>	○
<b>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」</b>		
(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 <sup>3</sup> 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	△
<b>IV-3 : 「水素分離膜を用いた脱水素」</b>		
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	○
<b>V : 「トータルシステム導入シナリオ調査研究」</b>		
・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/Nm<sup>3</sup>）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 <sup>(注1)</sup>	0	13	14	25	8	60
展示会へ出展 <sup>(注1、注2)</sup>	0	9	13	20	10	52
特許出願 <sup>(注3)</sup>	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
<b>Ⅰ-1：「アルカリ水電解水素製造システムの研究開発」</b>		
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。
<b>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」</b>		
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
<b>Ⅱ-1：「高温水蒸気電解システムの研究」</b>		
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）
<b>Ⅱ-2：「次世代水素製造システムの研究」</b>		
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℃、1.6 V 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
<b>Ⅲ-1：「水素液化貯蔵システムの研究開発」</b>		
	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）
<b>Ⅲ-2：「水素専焼型 Dry Low NOx 高温ガスタービンの研究開発」</b>		
	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
<b>Ⅲ-3：「水素ガスタービン燃焼技術の研究開発」</b>		
	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
<b>Ⅳ-1：「高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換」</b>		
	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 <sub>2</sub> 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）
<b>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」</b>		
	①高性能窒素還元陰極 ・300mA/cm <sup>3</sup>	・平成 29 年 12 月達成予定 （現状：270mA/cm <sup>3</sup> ）

	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）
<b>IV-3：「水素分離膜を用いた脱水素」</b>		
	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
<b>V：「トータルシステム導入シナリオ調査研究」</b>		
	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「CO<sub>2</sub>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<sub>x</sub> 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<sup>※1</sup>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/Nm<sup>3</sup>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/Nm<sup>3</sup>/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/cm<sup>2</sup>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/cm<sup>2</sup>以上の性能を維持しつつ、単セルの電極面積を1～3m<sup>2</sup>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/Nm<sup>3</sup>/h、6万円/Nm<sup>3</sup>/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/cm<sup>2</sup>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/cm<sup>2</sup>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50Nm<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>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/cm<sup>2</sup>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/cm<sup>2</sup>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(50,000m<sup>3</sup>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<sup>※2</sup>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。
- ・3,000m<sup>3</sup>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200m<sup>3</sup>/h以上、ポンプ効率<sup>※3</sup>50%以上の液体水素ポンプ(揚程260m程度を想定)及び容量3,000m<sup>3</sup>/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。
- ・3,000m<sup>3</sup>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3,000m<sup>3</sup>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/cm<sup>3</sup>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0.05mΩm<sup>2</sup>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/m<sup>2</sup>・s・Pa、分離係数H<sub>2</sub>/SF<sub>6</sub> $\geq 16,000$ )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/Nm<sup>3</sup>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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/Nm<sup>3</sup>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、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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こととともに、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CO<sub>2</sub>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

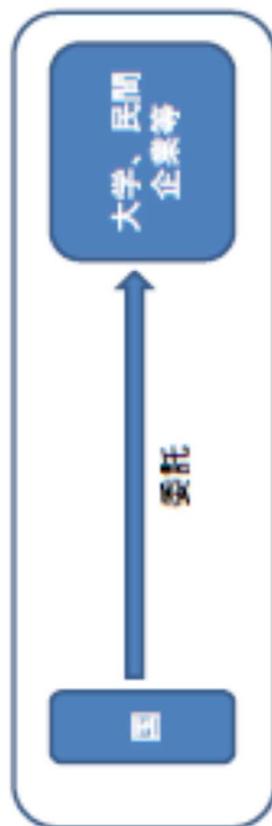
産学技術環境局研究開発課  
03-3501-9221

### 事業の内容

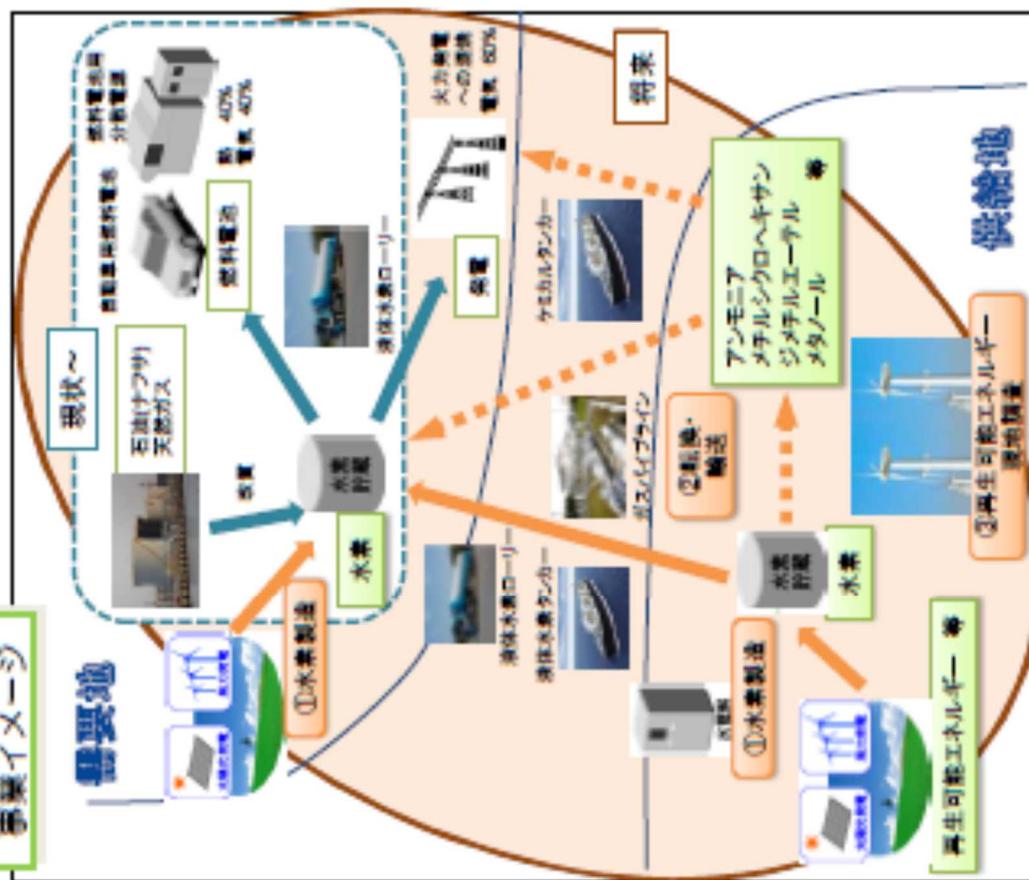
#### 事業の概要・目的

- 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



## 2. 分科会公開資料

次ページより、プロジェクト推進部署・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

# 「水素利用等先導研究開発事業」(中間評価)

(平成25年度～平成29年度 5年間)

## プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

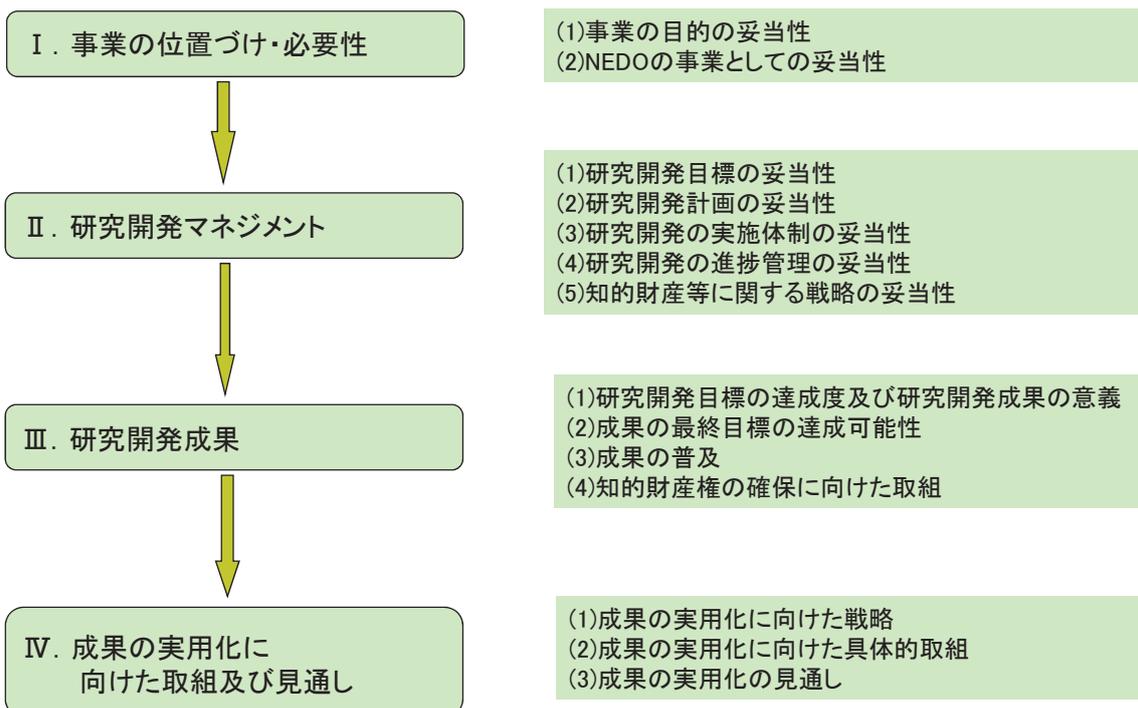
新エネルギー部

平成29年11月13日

0

発表内容

公開



1

## ◆社会的背景と事業の目的・内容

## 社会的背景

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。

## 事業の目的

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。

2

## ◆社会的背景と事業の目的・内容

## 事業の内容

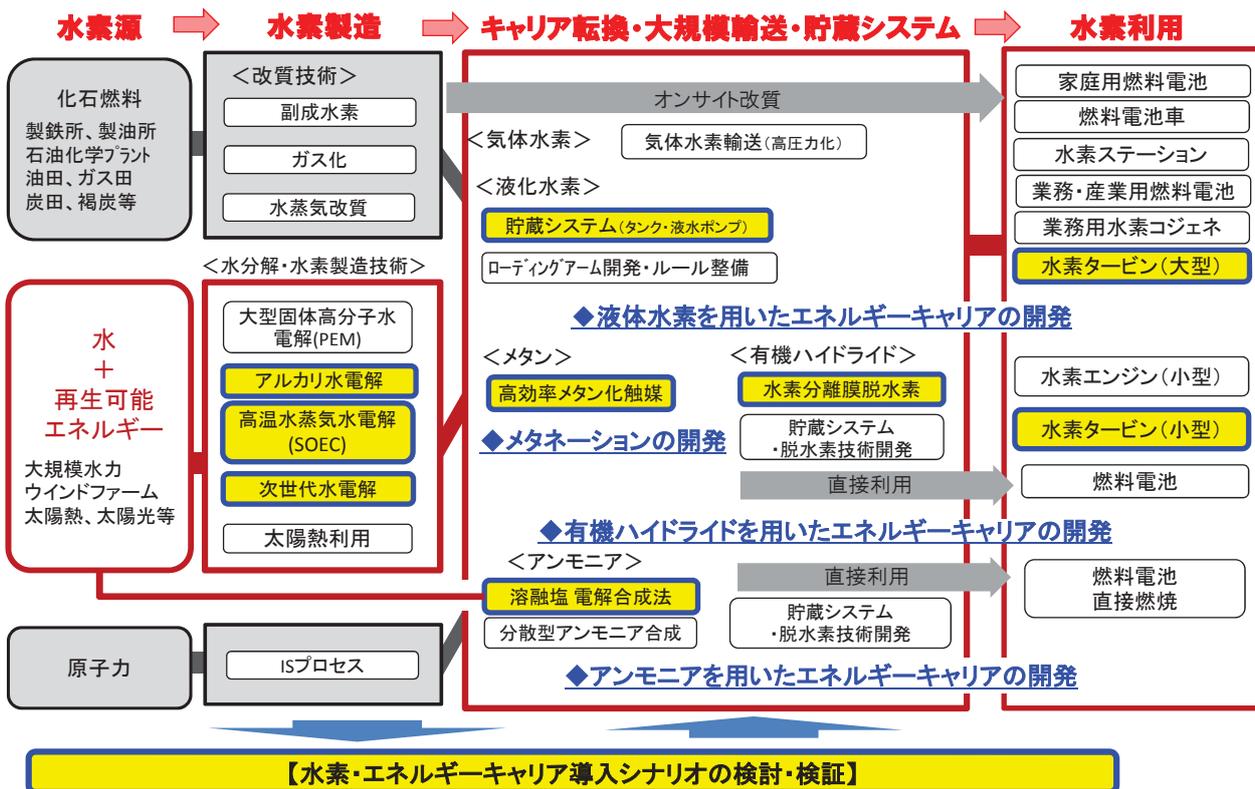
各種化石燃料等と競合できる価格の実現を目指すためには、再生可能エネルギーからの水素製造技術、水素の輸送・貯蔵のエネルギーキャリア技術、および水素利用技術の先導的な研究開発に取り組む。

3

I. 事業の位置付け・必要性について (1)事業の目的の妥当性

◆本事業着手の技術分野

本研究テーマ

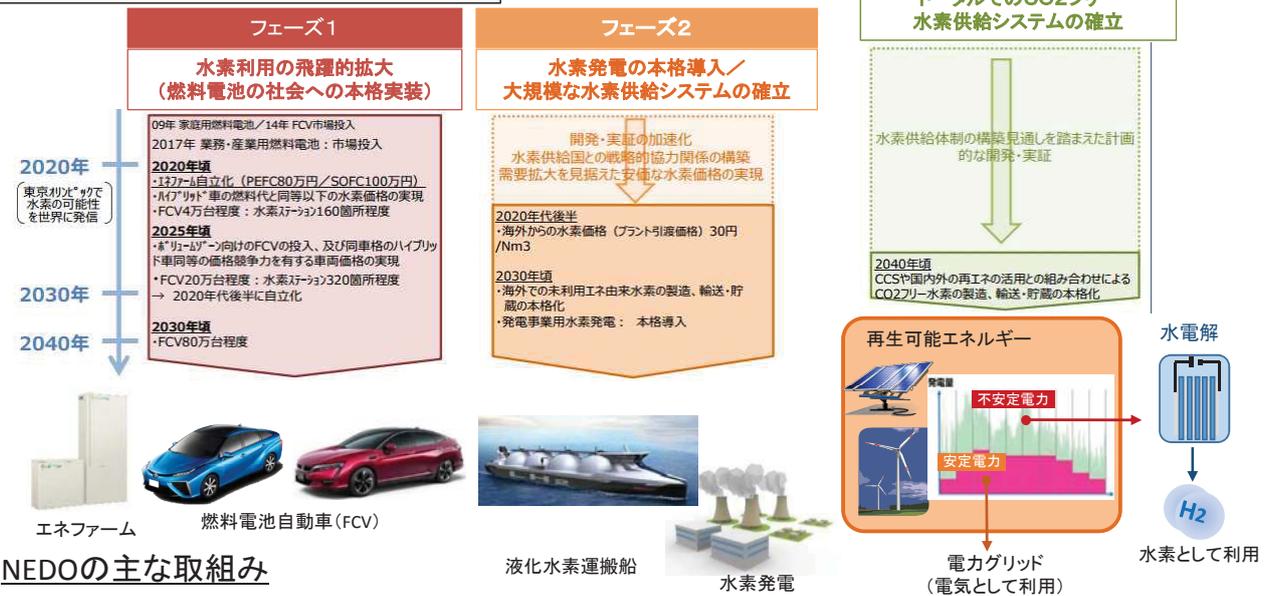


I. 事業の位置付け・必要性について (1)事業の目的の妥当性

◆国内外の研究開発の動向

研究分野	海外の動向	国内の動向
水素製造	<ul style="list-style-type: none"> <li>世界的大手のHydrogenics, Siemens, Protonsite, ITM, Ginerは、1~2MWの商品を発表している。アルカリとPEMの割合は50:50。アルカリの技術開発は進展しておらず、大型化に注力。</li> <li>PEM/アルカリについて標準化の動きがスタート。</li> <li>独サンファイアが可逆型水電解装置を開発中。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アルカリ: 本事業で旭化成が、海外大手メーカーの2~3倍の高効率のMW級大型電解槽を開発した。</li> <li>PEM: 日立造船がMW級大型電解槽を開発した。東レがフッ素系膜に代わる高性能炭化水素系膜を開発中。</li> <li>SOEC: 東芝が本事業で原単位4kWh/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>以下を目指した高効率SOECを開発中。</li> </ul>
輸送貯蔵	<ul style="list-style-type: none"> <li>欧米では100~200km水素専用パイプラインが複数整備されている。</li> <li>オーストラリア連邦科学産業研究機構(CSIRO)は、アンモニアから高純度水素を製造するメンブレンリアクタを開発した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本独自である、未利用エネ(褐炭等)から水素を製造し海上輸送するサプライチェーン構築を目指すプロジェクトを実施中(液化水素、MCH)。</li> <li>本事業にて川崎重工が液化水素システム、3000m<sup>3</sup>級液体水素タンクシステムを開発中。</li> <li>アンモニアをキャリアとした研究開発(アンモニア合成、直接燃焼、燃料電池等)を実施中。</li> </ul>
水素利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>オランダでは、440MW天然ガス発電所のうちの1つを、水素発電に変換する可能性評価を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCV、エネファームが拡大中。</li> <li>本事業において、川崎重工と三菱日立パワーシステムズ/三菱重工が水素専焼型ガスタービンの研究開発を実施中。</li> </ul>

◆水素・燃料電池戦略ロードマップ  
(経済産業省、2016年3月改訂)



NEDOの主な取組み

- 固体高分子形燃料電池 (主にFCV用途)
  - ・評価・解析、材料コンセプト理論化などの基盤研究
  - ・製造プロセスの生産性向上に向けた技術開発
- 業務・産業用燃料電池
  - ・2017年市場投入に向けたシステム開発・実証
- 水素ステーション
  - ・2020年の設置コスト半減に向けた取り組み
- 水素発電・サプライチェーン
  - ・水素専焼を視野に入れた低NOxガスタービン
  - ・未利用資源からの水素製造・長距離輸送技術
- 再生可能エネルギー利用水素製造・利用 (Power-to-gas)
  - ・水電解技術の大型化、効率向上、耐久向上
  - ・システムとしての運用技術

◆NEDOが関与する意義

2030年頃の実用化を視野に取り組む水素利用等先導研究開発は、

- 我が国の課題：エネルギーセキュリティ、環境対策への貢献
- 世界をリードする水素エネルギー産業の競争力強化に貢献
- その他、再生可能エネルギー最適地等の経済発展にも貢献
- 研究開発の難易度：高 (化石燃料等と競合できる価格の実現は、難易度高)
- 投資規模：大、開発リスク：大

(水素の「製造－輸送・貯蔵－利用」の一連の研究開発は、企業単体では困難)



NEDOがもつこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業

## ◆ 研究開発目標(アウトプット目標)

## ◆ 低コスト水素製造システムの研究開発

・設備コスト26万円/Nm<sup>3</sup>/hを実現させるために電解性能0.6A/cm<sup>2</sup>@1.8Vを達成する。

## ◆ 高効率水素製造技術の研究

・従来の電解システムと比較して飛躍的に電解効率を向上させ、さらなる消費電力コストの低減を図る。

## ◆ 大規模水素利用技術

・液化効率20%以上の高効率水素液化装置、ボイルオフ発生率0.1%/d以下の液体水素タンクシステムの基盤技術を開発する。

・50ppm以下の低NO<sub>x</sub>かつ逆火しない安定燃焼可能な水素専焼発電技術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

・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。

## ◆ トータルシステム導入シナリオ研究

・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。

8

## ◆ 研究開発目標(アウトカム目標)

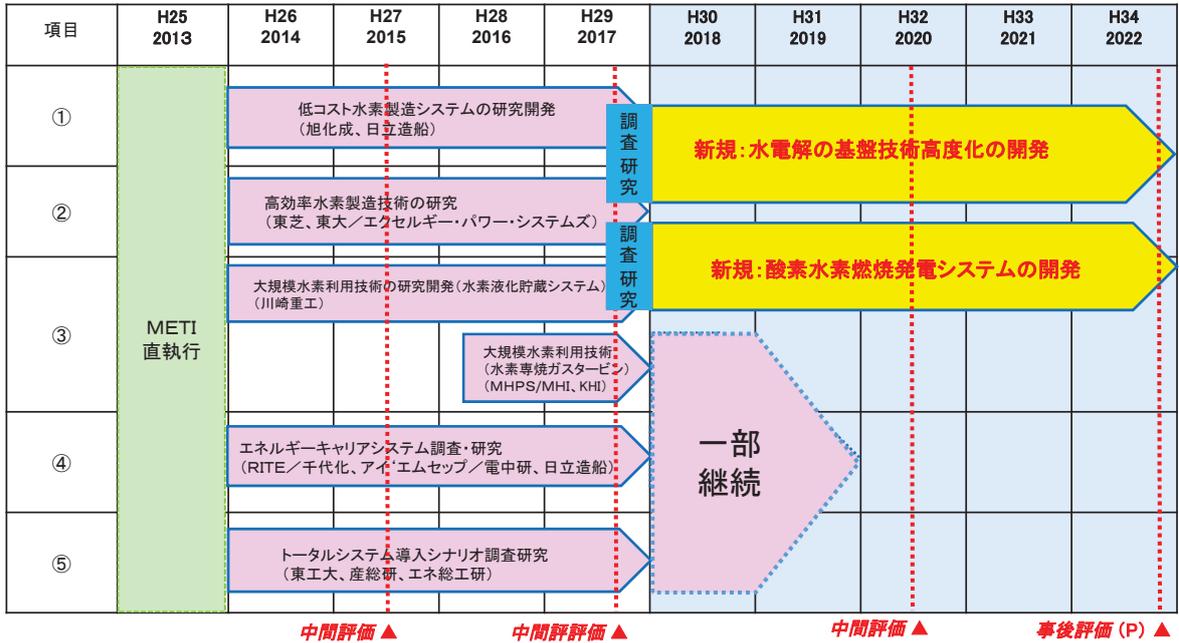
再生可能エネルギー等からの低コスト水素製造技術開発、水素の長距離輸送が容易となるエネルギーキャリアへの高効率転換・輸送技術開発に取り組む。

水素については、原料価格20~40円/Nm<sup>3</sup>を目標(2030年代)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。

9

## 水素利用等先導研究開発事業の計画(H25～H34年度)



10

### 1. 非連続ナショナルプロジェクト選定基準

#### 非連続ナショナルプロジェクト

非連続なイノベーション（非連続的な価値の創造）の創出を目的として行われる技術開発関連事業であって、特にリスクの高い（技術の不確実性）もの

選定基準	内容
非連続的な価値の創造	画期的で飛躍的な変化を伴う価値が創造され、提供されることにより、生活、環境、社会、働き方などを変える。
技術の不確実性	難易度が高い技術的課題や、新領域へのチャレンジなどにより、目標とする特性値や技術は従来の延長上にはなく、リスクが特に高い。

- 「非連続的な価値の創造」は、主として、プロジェクト全体のアウトカムを基に判断する。
- 「技術の不確実性」については、主として、各研究開発項目毎のアウトプット目標と技術開発内容を基に判断する。研究開発項目の1つに「技術の不確実性」が該当する場合は、プロジェクトとして「技術の不確実性」に該当するものとする。

「非連続的な価値の創造」と「技術の不確実性」のどちらにも該当する場合は「非連続ナショナルプロジェクト」とする。  
 （「技術の不確実性」についてはプロジェクトにおける研究開発項目の1つ以上が該当すればよい）

11

## 2. 非連続ナショナルプロジェクト選定のプロセスと候補プロジェクト

平成30年度新規要求プロジェクトにおける非連続ナショナルプロジェクトの選定のプロセス



<平成30年度新規非連続ナショナルプロジェクト候補>

【外部意見聴取済み】

- 高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発事業
- 地熱発電技術研究開発
- 次世代人工知能・ロボットの中核となるインテグレート技術開発

【外部意見未聴取】

- 水素利用等先導研究開発事業  
(事前評価対象外となったため)

12

## 3. 非連続ナショナルプロジェクト候補の理由

- 水素利用等先導研究開発事業 (新エネルギー部：平成26年度～34年度)

選定基準	該当	理由
①非連続的な価値の創造	○	酸素・水素燃烧発電の実現及び液化水素冷熱の有効活用により、システムのトータルでのエネルギー効率を向上して水素エネルギーとして社会で利用していく意義をより高めることが可能となるため、水素を新たな産業として確固たるものにさせる
②技術の不確実性	○	酸素水素燃烧型タービン発電技術の基盤研究開発では、現在実現していない新たなタービンの概念から研究するものであり技術の不確実性は高い。

13

## ◆開発予算

(単位:百万円)

年度	2013	2014	2015	2016	2017	合計
1) 低コスト水素製造システムの研究開発	206	348	499	241	116	1,410
2) 高効率水素製造技術の研究	276	308	321	261	204	1,370
3) 周辺技術(水素液化貯蔵システム)の研究開発	299	318	313	409	275	1,614
4) エネルギーキャリアシステム調査・研究	183	213	243	280	178	1,096
5) トータルシステム導入シナリオ調査研究	115	90	79	105	106	495
合計	1,079	1,277	1,455	1,296	879	5,986

【注】2013年度は経済産業省直執行予算

11

## 2018～2022年度の開発費用

- インプット
  - プロジェクト費用の総額 60億円(5年)
- アウトカム
  - 市場規模 4兆円/年(2050年までの累積)
  - CO2削減効果 最大8.5千万ton/年(2050年)
- 本プロジェクト終了後、更なる投資等が必要であるため、単純な投資対効果は算出できないが、将来の市場規模・二酸化炭素排出削減量ポテンシャルは大きい。

15

◆ 研究開発のスケジュール

◆: 継続/採択審査会

▲: 中間評価

●: 基本技術確立

	2013	2014	2015	2016	2017	最終目標値(2017年度末)
低コスト水素製造システムの研究開発						<b>【コスト】</b> ・実用化水素製造装置コスト $\leq 20$ 万円/Nm <sup>3</sup> ・実用化電力変換コスト $\leq 6$ 万円/Nm <sup>3</sup>  <b>【性能】</b> ・電解電圧 $\leq 1.8V@0.6A/cm^2$ <b>【大型化】</b> ・MW級電解槽試作検証(電極2-3m <sup>2</sup> /セル) ↓ 電解電圧 $\leq 1.8V@0.6A/cm^2$ かつ10000h以上の耐久性
高効率水素製造技術の研究						SOEC: 電解電圧1.3V以下、電流密度0.5A/cm <sup>2</sup> の初期条件で、V上昇率0.5%@1000hの技術確立  次世代: Ni-MH二次電池を応用した水電解システムにおいて、温度25°C、電流密度0.1A/cm <sup>2</sup> の運転条件下で、電解電圧1.45V以下の達成。 ↓ 0.1kWプロトタイプ製造装置の製作と稼働

◆ 研究開発のスケジュール

◆: 継続/採択審査会

▲: 中間評価

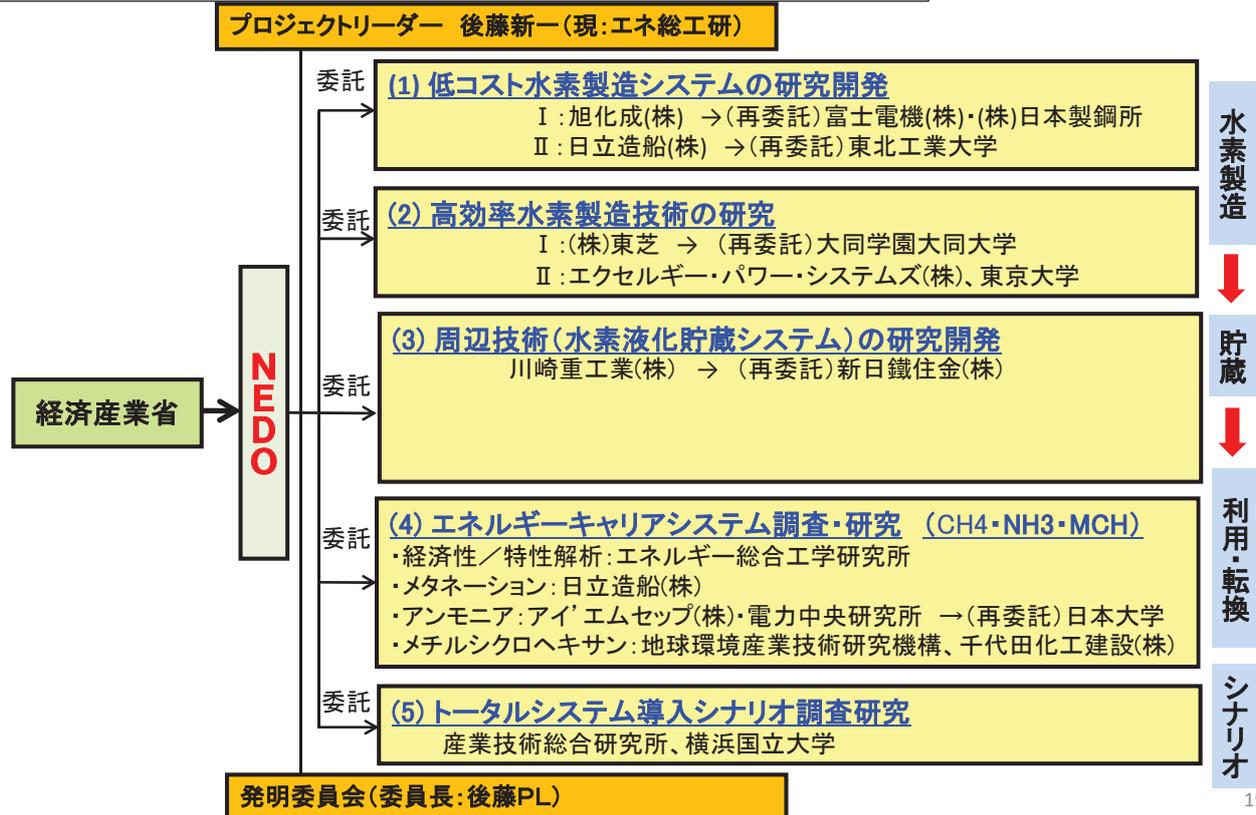
●: 基本技術確立

	2013	2014	2015	2016	2017	最終目標値
大規模水素利用技術の研究開発						・液化システムプロセス検討 液化効率 $\geq 25\%$ ・タンク B/O発生率 $\leq 0.1\%/d@3,000m^3$ タンク  ・低NO <sub>x</sub> (50ppm以下)、安定燃焼(逆火防止)
エネルギーキャリアシステム調査研究						・転換率低下率5%未満@8000h ・10Aプロトタイプ製造装置の試作と稼働(電解電圧2.3V以下を確認)  ・水素分離膜の大面积化(500mmLにて水素透過性 $1 \times 10^{-6} \text{ mol}/m^2 \cdot s \cdot Pa$ 、分離係数 $H_2/SF_6 \geq 16000$ )
トータルシステム導入シナリオ調査研究						前半2年で一通りのシナリオを完成させる。後半2年は、策定したシナリオの精緻化をし、技術開発シナリオを策定する。

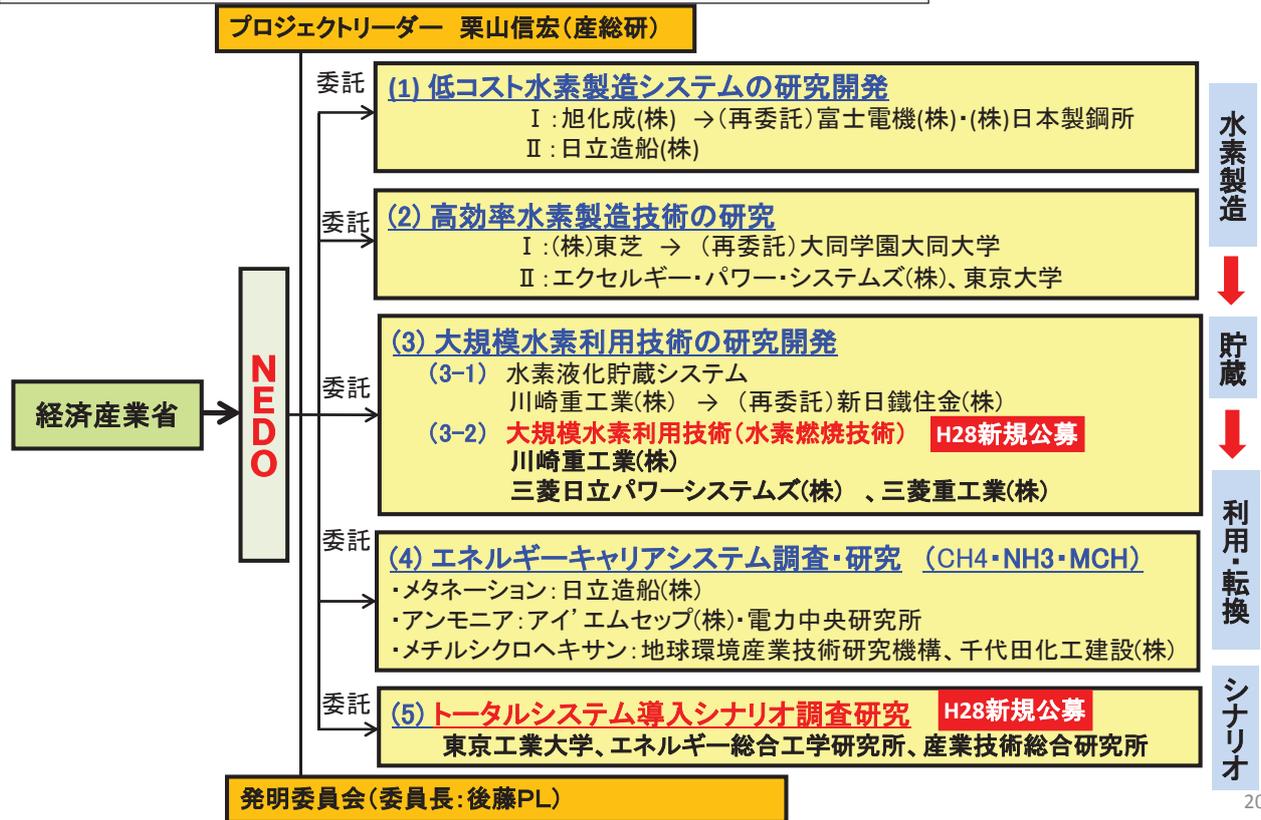
◆2015年, 中間評価結果への対応

指摘(改善すべき点)	対応
<p>1 <b>研究開発の実施体制の妥当性</b>                      トータルシステム導入シナリオ調査研究のテーマが壮大過ぎて開発スキームやフレームワークがやや曖昧で、再度論議が必要である。市場の形成に必要な需要サイドの研究テーマ(水素利用)が含まれていればより実現性の高い事業になる。実施体制の見直しが必要である。類似の課題のプロジェクトの選択、新規テーマとの入れ替え、各研究開発テーマの再編などを流動的にしかも的確に進める必要がある。</p>	<p>1. シナリオ調査研究については再公募し、新たな体制を構築し、内容をより精緻化する実施計画とした。</p> <p>2. 水素利用の研究テーマについては再公募し、水素発電を睨んだ、水素燃焼技術のテーマを新たに加えた。</p>
<p>2 <b>研究開発の進捗管理の妥当性</b>                      全てのテーマは、実用化まで足の長いテーマであり、また、本プロジェクトスタート後も国内外の環境変化が激しい。当初設定した目標やシナリオが陳腐化しかねない。適宜環境変化を敏感に捉え、柔軟なプロジェクト運営を期待する。</p>	
<p>3 <b>知的財産等に関する戦略の妥当性</b>                      知財取得は順調であるが、戦略的に必要な領域をカバーしていくことが求められる。</p>	<p>1. 知財情報収集と分析(報告会、ヒアリングの実施)                      2. INPIT(工業所有権情報・研修館)派遣専門家の助言                      3. Newsletter(知財情報、分析結果)の各委託先への発信                      4. プロジェクト全体の戦略の立案</p>

◆研究開発の実施体制(2013-2015年度)



◆ 研究開発の実施体制(2016-2017年度)



◆ 各研究開発目標の達成度

◎大幅達成、○達成、△達成見込み、×達成困難

(1) 低コスト水電解水素製造システムの研究開発(○)

- ・電解電圧1.8V@0.6A/cm<sup>2</sup>を達成し、コスト26万円/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>の見通しを得た。
- ・MW級大型水電解装置を作製・運転し、電解性能・耐久性共に問題が無いことを確認した。

(2) 高効率水素製造技術の研究(△)

- ・SOECの開発では、電解電圧1.3V@0.5A/cm<sup>2</sup>かつ劣化率:電圧上昇率:1%/1000hを達成した。
- ・次世代水素製造システムの開発では、Ni-MH電池を応用した水素製造装置において、1.45V@0.1A/cm<sup>2</sup>@25°Cを達成した。0.1kW級のプロトタイプ装置を作製中。

(3) 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は、液化効率25%のプロセスを作成した(現行の20%アップ)。
- ・3,000m<sup>3</sup>級液体水素タンクシステムの開発を実施し、重要基盤技術を確立した。
- ・水素専焼技術の研究開発では、低NO<sub>x</sub>および安定燃焼技術の要素技術を確立した。

(4) エネルギーキャリアシステム調査・研究(△)

- ・メタネーションでは、初期目標特性を維持しつつ、18000h(2年相当)の耐久性が得られた(目標3年)。
- ・熔融塩を用いたアンモニア電解合成では、各要素技術の開発完了。10A級プロトタイプ装置を作製中。
- ・水素分離膜の開発では、目標の水素分離性能を達成し、L200mmの単管膜の長尺化に成功した。さらなる長尺化(L500mm)、モジュール化は今年度末達成見込みである。耐久性評価は、課題として残る。

(5) トータルシステム導入シナリオ調査研究(△)

- ・サプライチェーン全体を含めた分析・評価、システム技術の将来予測に関する分析・評価を行った。成果の実用化・普及に活かす、より具体性を有した技術開発シナリオを作成中。

◆ 成果の最終目標の達成可能性

● 本プロジェクトの最終目標(アウトカム目標)は、2030-2040年時点の水素原料価格(20-40円/Nm<sup>3</sup>)の達成である。

● 水電解装置の性能およびコスト目標の達成、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の目標達成見込みの結果から、水素社会に向け、骨格をなすコア技術はほぼ目標通り達成できたと言える。

● 水素社会普及に向けて、開発した技術の社会実装における課題を解決し、かつ2030-2040年における水素導入量が、シナリオ通りに進めば、アウトカム目標は達成可能と言える。

成果の実用化に向けた詳細な戦略が必要  
⇒Ⅳ.(1) 成果の実用化に向けた戦略参照

◆ 知的財産権、成果の普及

	H25	H26	H27	H28	H29	計
論文(査読付き)	0	0	16(14)	13(8) 【うち学位:1】	10(5)	39(27)
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) (新聞記事は除外)	0	13	14	25	8	60
展示会への出展 (注1、注2)	0	9	13	20	10	52
特許出願	1	11	17	14	3	46
うち外国出願	0	1	14	7	0	22

※平成29年度8月31日現在

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、同様に出展(パネル)もカウントしております。

◆ 知的財産権等に関する戦略

知財運営委員会による知財マネジメント／活動

◇ 成果発表・特許出願の審議／承認の実施

- ・知財管理／集計の徹底
- ・各実施者の知財活動の傾向を分析  
⇒ 報告会にて、分析結果を公開、実施者にアドバイス実施。

◇ 工業所有権情報・研修館INPITから知財専門家を派遣／支援

- ・特許調査結果のデータベース化  
⇒ Newsletterにて実施者に展開

◇ 実施者に対する知財ヒアリング実施

- ・実施者への助言
  - ✓ 実用化時に障害となりうる権利関係の洗い出しと解決策
  - ✓ 他社との協業時における知財戦略
  - ✓ 技術流出防止・秘密保持体制等の整備の重要性

◆ 成果の実用化に向けた戦略

水素社会普及に向けて、**技術の社会実装における課題を解決**するために、後半5年で新しいテーマを設定する。

● 水電解の基盤技術高度化

再エネの変動電力に対応できる要素技術を反応メカニズムの解明に立ち返って開発するとともに、水電解装置のみならず、目的の水素品質を得るまでの水電解システム全体における要素技術を開発し、**システム全体の性能向上、コストダウン**を図るために、水電解基盤技術の高度化に取り組む。

● 酸素水素燃焼発電技術の開発

2050年を見据え、現在着手の水素専焼技術とは根本的に設計思想の異なる「酸素水素燃焼発電技術」の開発に着手する。画期的なCO2排出量削減、および発電効率75%という従来にない高効率実現により、**究極のクリーン、かつ化石燃料使用の発電コストと伍して戦える発電技術**を開発する。

## ◆ 成果の実用化に向けての今後の課題

テーマ	実用化に向けての今後の課題
① 低コスト水素製造システムの研究開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再エネ変動電力への対応を充実させる。</li> <li>・周辺機器を含むシステム全体の経済成立性を検証する。</li> </ul>
② 高効率水素製造技術の研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存技術との差別化が図れる棲み分けを検討し、優位性を見出す。</li> </ul>
③ 大規模水素利用技術の研究開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・液体水素タンクシステムについては、水素サプライチェーン実証事業にて、社会実装における課題を明確化する。</li> <li>・水素専焼技術については、低NOx化と安定燃焼の両立を実圧燃焼試験にて確認し、2020年以降から開始予定の実用化に備える。</li> </ul>
④ エネルギーキャリアシステム調査・研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>・それぞれのエネルギーキャリアにおいて、用途の棲み分けを検討し、優位性を見出す。</li> </ul>
⑤ トータルシステム導入シナリオ調査研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>・技術の社会実装におけるボトルネックの明確化とその解決方法を策定する。</li> </ul>

## 参考資料 1 分科会議事録

**研究評価委員会**  
**「水素利用等先導研究開発事業」(中間評価)分科会**  
**議事録**

日 時：平成29年11月13日(月)10:00~17:20

場 所：WTC コンファレンスセンター RoomA (世界貿易センタービル3階)

**出席者(敬称略、順不同)**

＜分科会委員＞

分科会長	江口 浩一	京都大学 大学院工学研究科 物質エネルギー化学専攻 教授
分科会長代理	内田 裕久	東海大学 工学部・平和戦略国際研究所 教授
委員	大澤 秀一	大和証券株式会社 エクイティ調査部 投資戦略課 副部長/シニアアナリスト
委員	近久 武美	北海道大学 大学院工学研究院 エネルギー環境システム部門 特任教授
委員	野田 英智	中部電力株式会社 技術開発本部 研究企画グループ 研究企画グループ長(部長)
委員	松本 広重	九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 電気化学エネルギー変換研究部門 教授
委員	矢加部 久孝	東京ガス株式会社 技術本部 基盤技術部 基礎技術研究所 所長

＜推進部署＞

近藤 裕之	NEDO 新エネルギー部 部長
生田目 修志	NEDO 新エネルギー部 統括研究員
大平 英二(PM)	NEDO 新エネルギー部 主任研究員
原 大周	NEDO 新エネルギー部 主任研究員
坂口 善樹	NEDO 新エネルギー部 主査
小池 善郎	NEDO 新エネルギー部 専門調査員
原田 信	NEDO 新エネルギー部 主査

＜実施者＞

栗山 信宏(全体PL)	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
後藤 新一(知財PL)	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

＜評価事務局＞

保坂 尚子	NEDO 評価部 部長
駒崎 聰寛	NEDO 評価部 主査
中井 岳	NEDO 評価部 主任

**議事次第**

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について

3. 分科会の公開について

4. 評価の実施方法について

5. プロジェクトの概要説明

5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント、研究開発成果、成果の実用化に向けた取組および見通しについて

5.2 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明

6.1 低コスト水素製造システムの研究開発

6.1.1 アルカリ水電解水素製造システムの研究開発【旭化成】

6.1.2 高効率低コスト水素製造システムの研究開発【日立造船】

6.2 高効率水素製造技術の研究

6.2.1 高温水蒸気電解システムの研究【東芝】

6.2.2 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、東京大学】

6.3 大規模水素利用技術の研究開発

6.3.1 水素液化貯蔵システムの研究開発【川崎重工業】

6.3.2 水素専焼対応型 Dry Low NOx 高温ガスタービンの研究開発【三菱日立パワーシステムズ、三菱重工業】

6.3.3 水素ガスタービン燃焼技術の研究開発【川崎重工業】

6.4 エネルギーキャリアシステム調査・研究

6.4.1 高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換【日立造船】

6.4.2 溶融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成【アイ・エムセップ、電力中央研究所】

6.4.3 水素分離膜を用いた脱水素【地球環境産業技術研究機構、千代田化工建設】

6.5 トータルシステム導入シナリオ調査研究【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】

7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評

9. 今後の予定

10. 閉会

## 議事内容

(公開セッション)

1. 開会、分資料の確認

・開会宣言（評価事務局）

・配布資料確認（事務局）

## 2. 分科会の設置について

- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
- ・出席者の紹介（評価事務局、推進部署）

## 3. 分科会の公開について

評価事務局より資料2及び3に基づき説明し、議題6.「プロジェクトの詳細説明」と議題7.「全体を通しての質疑」を非公開とした。

## 4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より資料4-1～4-5に基づき説明した。

## 5. プロジェクトの概要説明

5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント、研究開発成果、成果の実用化に向けた取組および見通しについて推進部署より資料5.に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【江口分科会長】 ありがとうございます。

技術の詳細につきましては議題6で扱いますので、ここでは主に事業の位置づけ、必要性、マネジメントについて議論いたします。ただいまの説明に対しまして、御意見、質問等をお願いいたします。

【矢加部委員】 10年にわたる非常に長い、そして大きなプロジェクトのちょうど中間期を迎えたということかなと思いますけれども、この5年を見て進捗著しく、個々の分野で再生可能エネルギーの利用、それから、実際にキャリアをつくって、最後はまた発電するところまで大きな技術進展が見られていると思うのですが、一方で、これから向こう10年を見据えたときに、どこに力を入れていくかで大きく技術課題が変わってくると思うのですが、大きくは海外の再生可能エネルギーを活用してCO<sub>2</sub>フリー水素を日本に持ってくる。もう一つは、日本国内の再生可能エネルギーをできる限り有効活用する。それぞれのポイントで技術の要点であったり違ってくると思うのですが、今後はどちらを重き、もしくは総花的に両方ともに活用するようにプロジェクトを推進されるのかをお聞かせいただければと思います。

【大平 PM】 御指摘の点に関しましては、私どもが取り組みます他事業も含めて取り組んでいきたいと思いますが、国全体の方向性としては、今年末に取りまとめられます基本戦略に基づくことになろうかと思ってございます。その中でも、特に水素の大量利用。これまで私ども、ロードマップ上は水素発電というところでやっておりましたけれども、さらに産業利用ですとか熱利用、この低炭素化というところにさらに拡大しよう。その中で、どのようなエネルギーミックスとして考えていくのかというのが、まさに国の政策ともリンクを張っておこうかと思ってございます。もちろん再生可能エネルギーからのCO<sub>2</sub>フリー水素というのは一つの案ではあると思いますけれども、ただ一方で、現在例えばオーストラリアと行ってございます未利用の化石燃料、CCSも加えることになりますけれども、未利用の化石燃料で大量に持ってくる局面というのは非常に重要かと思ってございます。

一方で、再生可能エネルギーの最大限の活用、日本におきましてもわずか数%でございますし、変動電源の観点から見ますと2030年10%程度ということで、欧州とは状況はまだ変わってくるわけではございますけれども、ただ一方で、そのような状況においても、局地的には負荷変動の問題というのが出てくる、系統の問題が出てくる状況になってございます。CO<sub>2</sub>フリー水素をつくるという観点だけではなくて、国内の場合は系統の安定化、再エネ拡大という流れの中で、そこと抱き合わせといいますか、1パッケージで対応していきたいと思ってございます。

やや総花的な感もしないでもないのですが、エネルギー全体のバランス、どこからエネルギーをどう調達していくのか、国内での自給率をどのように上げていくのか、このエネルギー政策とも密接に関係すると理解してございますので、その点に関しましては、私どもだけではなくて、資源エネルギー庁とも十分連携の上、取り組んでいく。

プロジェクトとすれば、ある程度期近といいますか、私ども、エネルギーで期近というと多分10年後とか15年後がどちらかといえば期近の部分になってくるかもしれませんが、期近のところと、先をある程度見た基礎研究とのバランスはしっかりとりながら取り組んでいきたいと思っています。

【江口分科会長】 ほかいかがでしょうか。

【大澤委員】 説明ありがとうございました。

日本のエネルギー政策は今いろいろと揺れているところだと思うのですが、2030年の目標を見ると、原発がどうもうまく目標達成しないのではないかというような見通しを語る方が多くて、そうすると火力で補うというのも1つなので、やはり本質的には再エネでそれを補ったほうが地球温暖化対策としてはいいので、もしかしたら再エネの電源構成の比率をもう少し高めないといけないのではないか。そうすると、当然再エネの安定化に蓄電池であるとか水素であるとか、そういったことがもう少し想定よりも早く実用化もしくは事業化されることが期待されると思います、国内に関しては。

ただ一方、海外では原油価格が低迷をしていて、米国中心にオイルとかガスとかが結構輸出を始めるということで、原油が安ければ、そういった再エネ水素の投資を少し先延ばししてもいいのではないかというような雰囲気も一方で出ていると思うのです。

そういった中で、日本の企業としては、こういった先端技術と戦うためには欧米企業と戦わないといけないということで、国内外の事業環境といいますか、いつ事業化するのかという読みが結構難しいと思うのですが、NEDOさんのほうではそういった原油安による再エネ投資の先送りと、あと国内の電源構成で再エネ比率が高まることによって蓄電池あるいは水素の必要性が高まる、前倒しされるというリスクもあると思うのですが、そういった時間軸はどのように整理されているのでしょうか。教えていただけますか。

【大平 PM】 申し上げましたとおり、大きな政策といいますか、方向性に関しましては、現状は経済産業省の水素・燃料電池戦略ロードマップ。これを立ち上げたときには、いわゆるCO2フリー水素というのは、これは再エネを主に考えてございますけれども、2040年ごろ。

ただ、その後にワーキンググループをその中で開催してございます。当初2040年と申し上げたのですが、システム制約の問題というのが意外と早く出てきたということで、Power to Gasというものに関しましてはもっと手前に入ってくるのではないか。具体的にいつなのかというのはまだ明確に出ていませんけれども、そういう状況。日本のような再エネがまだまだというところでもあるわけでございます。

再エネの対応、御指摘のとおり蓄電池というのは非常に重要なツールでございますし、今、大規模な実証研究をやられているところでございます。また、私ども、福島で大規模な水電解装置を使いながら、システムの安定化ができるかどうか検討してございます。加えて、水素発電、CO2フリー水素が前提になりますけれども、ガスタービンは基本的にシステムの安定化のために非常に負荷調整のために貢献できる。水素をためる部分、水電解装置でエネルギーを貯蔵する部分と、ガスタービン等々でエネルギーを有効活用していく、システム安定化をしていく、この2面のほうで水素が貢献できるポイントもあろうかと思っています。極めてエネルギー政策によるところでございますけれども、その点、前倒しになるということも注視しながら、対応は図っていきたくと思っています。

御指摘のとおり、アメリカはシェールガスの流れの中で、化石の再利用というのが出てきているわけですが、一方で欧州に目を転じてみれば、再エネの導入拡大、一方で高い電気だけだと困るものですから、逆に天然ガスではなくて石炭火力のほうに事業を振って、安い電気で賄っている。ただ、そこだとカーボン制約は出てくるというのは当然欧州の中での認識がある中で、オランダでも出ましたとおり、ガスタービンに水素を使っていくということ。今、ガスタービンは非常に稼働率が悪い、天然ガスが使えない中で悪いものですから、その稼働率を上げるという観点で水素というのが出てきている。

こういう動きも本当にここ数年出てきたものでございますので、そこは順次ウォッチしながら、情報をと

りながら対応はしていきたいと考えてございます。そのために、私どもも例えばアメリカであれば DOE ですか、ドイツであれば国土交通省もしくはその下の私どもと同じような組織、もしくはEUのプログラムのほうとも最低限年2回意見交換をするような場を設けてございます。

将来的には勝つ、負けるというのはあるのですけれども、単に日本企業が進出するというだけではなくて、海外の企業等々といかにコラボレーションできるのか、その点の場づくりも進めさせていただいているところであります。

【江口分科会長】 よろしいでしょうか。

【内田分科会長代理】 なかなか将来夢を持たせてくれるような御発表で、ありがとうございました。

私、国際水素エネルギー協会をずっと運営していきまして、世界水素エネルギー会議あるいは技術会議というのを毎年世界のどこかで開いてきているわけですけれども、その関係で世界の皆さんのいろいろな意見がどんどん入ってきます。現在、先ほど総花的というお話をされましたが、ある意味でちゃんとトータルにエネルギー政策の中に水素を組み込んで、日本という国の中ではこれをしっかりと総合的に進めているということなので、日本がやはり世界のトップを行っているというのが、現在の世界の認識だと思います。

今年もチェコで世界水素技術会議があって、その中でもかなり日本にも期待がありました。来年はブラジルのリオデジャネイロで世界水素エネルギー会議がございますけれども、ここはまさに1992年に地球サミット、サステナブル・ディベロプメントという概念が発信されたところなのです。ここでもやはり日本の取り組みが、渡り鳥でいうと三角形を描いたトップを行っているのが日本なのだから、ぜひ日本が世界のクリーンエネルギー、地球環境改善に向けた動きをぜひ引っ張ってほしい、こういう意見が非常に強いのです。ぜひこれはNEDOの役割はとても大きいと思っていますので、皆さんの今日の発表を非常に楽しみにしていますし、かなりいい成果も出ているようですので、今後、大量に水素を使っていく社会、水素社会の実現に向けてさらに進んでいただきたいと思います。コメントでございます。

【江口分科会長】 ほかにいかがでしょうか。

【松本委員】 先ほどプレゼンいただいたものはすごく将来的に役に立つのかなという印象だったのですけれども、NEDOの関与する意義というところを聞かせていただいたときに、多分エネルギーセキュリティのところにかかわるのだとは思いますが、日本という国のエネルギーの特徴として、エネルギーの自給率というのがほかの国に比べて、特に先進国に比べて極めて低いというのが一つの特徴だと認識しておりますし、それは国際的に今後経済的な競争という観点から、自給率を上げていくというのは重要だと常々思っているのですが、今回のこのプロジェクトを通じてエネルギーの自給率というのがどのように上がっていくという見通しがあれば教えていただきたいのですけれども。

【大平 PM】 このプロジェクト自体では、自給率がどの程度というのは、定量的なものをお示しできるのは難しいと思っています。ただ、一方で、特に再エネ水素製造に関していきますと、地域、地域でいかに再エネを大量に導入し、その中で完結したような社会ができるのか。よく地方自治体の方々と御議論させていただいていますけれども、再エネを入れる意義として、単にCO2フリーにするということだけではなくて、そこで系外に流れていたエネルギーコストを系内に閉じ込めることができるのではないかと。系内にエネルギーコストを落とすことができるのではないかと。そこは再エネの導入拡大に加えて、水素等々でそれを別のエネルギーに転換していく。それは電気だったり熱であったりということを施行できるかなと考えてございます。

それがエネルギーセキュリティ、自給率にどのくらいいきいてくるのかというのは、大きなエネルギー基本計画ですとかエネルギーミックスの中でなっていくのかと思いますけれども、日本が再エネの導入を拡大したときにそれが本当にスムーズに入れるように、柔軟性を持たせるものが水素の役割であり、それが水素製造技術であり、水素をためる技術もしくは利用する技術、利活用する技術と考えているわけでございます。直接的な幾らというような、この事業だけで申し上げることは難しいところでございますけれども、定性的にはそのような可能性、ポテンシャルを持っていると私どもは考えてございます。

【江口分科会長】 ほかいかがでしょうか。

【野田委員】 1つコメントでございます。2017年までの取り組みの評価というところでのお話はきょうこれからきっちりとお話が進んでいくものと思っておりますけれども、実はプレゼンの最後のほうに、これからまた新しい、非常に難易度の高い基礎研究をやられていくというお話もありまして、こういう難易度の高いもので非常に基礎的なものの評価をまた今後やっていかれるということだと思っておりますが、余り短いスパンでやられると、多分なかなかこういうのは芽が出にくいかなと思っておりますので、中間評価、それから最終評価のスパンのあり方、それからその間に至るマネジメントのあり方、少し工夫があるほうが進んでいくのかなとも思っておりますので、その辺をNEDOさんにはやっていただければと思います。

【大平PM】 御指摘ありがとうございます。

後半の2テーマ、どちらもどちらかというベーシックなリサーチでございますし、ものづくりではありませんので、それ自体が成果として非常にわかりづらいところかと思っております。

ただ、一方で、ある程度はその達成状況というのは進捗状況の評価をしていかなければならない、これまた事実でございます。今後仮に、これは予算がついたという前提でございますけれども、行う場合に関しましては、ポイント、ポイントで何をもちょうて成果ができたのか、このプロジェクト全体もそうでございますけれども、どこまで行けば次のステージで活用できるのか、それぞれテーマによって違うかと思っておりますけれども、その点については最終の段階で考えてまいりたいと思っております。

【江口分科会長】 ほかいかがでしょうか。

【近久委員】 短くコメントさせていただきます。皆さんからいろいろな質問が出たのは、私の解釈では、多分示された水素製造価格目標が20円～30円/Nm<sup>3</sup>と記述されているためではないかと思うのです。すなわち、国内でエネルギー自給率を高めていくには別に価格が少しくらい高くたっていいじゃないか、それが国内でお金が循環し経済発展にもつながる要素もあるんじゃないかという気持ちからいろいろな御意見が出ていると私なりに解釈いたしました。参考にいただければと思います。

【大平PM】 ありがとうございます。2030年、20～40円という、中値30円というのは、過去いろいろ議論があった中での、特に水素ステーションの自立であったり、もしくは、そのぐらいの価格であれば、今まで化石でつくられていた水素、産業利用になりますけれども、その転換であったり、そういったものが進むのではないかと、そういった意味での数値目標ではございます。

ただ、御指摘のとおり、このプロジェクトでやっている、もしくは別プロジェクトでやっているPower to Gasの価格については、単に水素を供給するというだけでなく、上流側としてどのようなサービス、どのような貢献ができるのか、トータルとしてのシステムとして考えていかなければならない。ただ、そこについてはなかなか定量的な評価というのはしばらく部分もややあつたりします。経済的になり得るかどうかということについての検討は、もちろん別のほうではさせていただいてございます。

御指摘の点を踏まえて、一つ目安としてあの数字につきましては置かせていただきましたけれども、それだけにこだわることなく、全体としてのベネフィットがどこにあるのか、改めて御議論させていただければ幸いです。

【江口分科会長】 ほかいかがでしょうか。

皆さん発言されたので、私も少し。マネジメントについてお伺いしたいのですが、前回の評価で、トータルシステム導入シナリオのところについての意見が出たと思うのですが、やはりほかのテーマが個々の技術として捉えられるわけですが、そこはちょっと性格が違うような気がするのですが、ほかの実施者と影響し合うのか、あるいはこのプロジェクト全体の動きに関与してくるのか、そこら辺の位置づけについて、どのようになっているかをお教えいただきたいと思っております。

【大平PM】 個々個別というのももちろん情報提供をすることによって参照いただきたいと思っておりますけれども、水素が入ることによって、どのように全体的な二酸化炭素であったりエネルギーのバランスであった

り変わっていくのか、そこをある程度定量的といいますか、技術的確からしきをもってシナリオというのをつくっていき、これは今後いろいろなところで公表しながら、またその議論を将来的な水素が入っていくためのシナリオの議論というものにつなげていきたいと思っております。

【江口分科会長】 あともう一つ、発明委員会というのが今度、前はプロジェクトリーダーと同じ方だったのが、今度独立して進めておられますけれども、そこら辺は各テーマから立ち上がったそういった知財を承認するかどうか、そういったことも含まれるでしょうし、こういう分野に知財が必要だという、そういった提言とかもされるのでしょうか。

【大平PM】 後期2年からプロジェクトリーダー2名体制にしたというのは、知財だけではなくて、成果の発表というものが非常にふえてきて、個別テーマも多いものですから、なかなか1人では難しいという中で、2人に分けさせていただいているわけでございます。

成果、もちろん今御指摘のとおり知財もしくは成果発表する前には確認をするというところでございますけれども、その他ニューズレターを発行しながら情報の共有というのを図らせていただいております。必要に応じてこの分野という御指摘については、個別については御指摘はさせていただいているところでございます。

【栗山 PL (全体)】 大体分担といたしましては後藤 PL のほうがかなりの部分の知財を見ておられて、私は一部分担しながら見ております。マネジメントとして、やはり実際日々のプロジェクトの進捗の管理とか、そういったものもありますので、1人だとかなりそこがハードになるという部分がありまして、そういう分担をさせていただいています。また、ヒアリングとかを行って、マネジメント側と実施者の皆様方の考え方のすり合わせとか、そこは特にマネジメントする場合に変な圧力になったりすることもないように議論をしながら進めているという形を後半とらせていただいております。

【江口分科会長】 ありがとうございます。

ほかございますでしょうか。

ほぼ時間が参りましたので、次の議題に移ります。

(非公開セッション)

#### 6. プロジェクトの詳細説明

省略

#### 7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

#### 8. まとめ・講評

【江口分科会長】 議題8、「まとめ・講評」です。

矢加部委員から始めて、最後に私という順序で講評いたします。それでは、矢加部委員、お願いします。

【矢加部委員】 率直な感想も含めて、4点お話しさせていただきます。

まず、本事業が始まりましたときには、水素、それからエネルギーキャリアというものがまだ海のものとも山のものともつかないような状況でスタートして、その中で本当に5年間大きな成果、それから進捗が見られたと思います。

この事業が果たした役割は非常に大きくて、まさしく水素利用等先導研究開発事業という名のごとく、この方面のいろいろな研究開発を腐心して牽引されたと思っております。その間にSIPが立ち上がり、社会構築事業が立ち上がり、非常に実用化、それから基盤技術を含めてのバランスのよい研究体制が国内で構築されてきた、そのまさしくかすがいいくなるような立場を牽引されたと思っております。

ヨーロッパの人たちと話をしますと、本当にヨーロッパはPower to Gasということで自慢しますけれども、ドイツなどはPower to Gasがすぐに実用化できるような環境があつて、天然ガスパイプラインも走っておりますし、バイオ燃料に対する考え方も既に整っておりますし、それに対して日本は同じような環境で同じような事業ができるわけでもありませんので、ぜひ日本オリジナルのエネルギーキャリアという形で世界に戦えるような技術開発を今後とも進めていただければと思っています。

一方で、この3~4年で非常に世の中の環境変化が著しく、ヨーロッパも改めてアンモニアであったり、水素の利用であったりということに目を向け始めましたので、ヨーロッパがキャッチアップできないぐらい早く事業を進めていただきたいと思ひますし、下手すると太陽光みたいに、国内のメーカーさんが先行していたのに、カナダであったり中国であったり、そういうメーカーが安いものを出してきて、国内の太陽光発電すら他国のものが入ってくる、そのようにならないように、うまくマネジメントしていただきたいと思ひますのが2点目でございます。

3点目ですけれども、本事業のマネジメントという意味では、非常にベーシックな技術、それから実用化に近い技術をまぜながらのマネジメントで非常に苦慮されたかなと思ひますが、実際にベーシックな技術のところは、なかなか非現実的な実用化のプロセスを検討されていたりもするようになりますので、今後ともにその技術をうまく実用化するために、いろいろな働きかけをしていただければと思ひます。

最後になりますけれども、これは前回もお話しさせていただきましたけれども、今回この事業が一旦終了して、2030年までは10年以上ありますし、その間に何らかのサポートを国を挙げてしていかないと、なかなか死の谷を越えられないということもあります。途中いろいろな発言の中で、今後ともほかのプロジェクトも含めてコラボを図っていくということもおっしゃっておられましたけれども、ぜひいろいろな大所高所からこの事業を支えていく、それから日本にエネルギーキャリアを根差すような形でサポートいただければと思ひております。

【江口分科会長】 では松本委員、お願いします。

【松本委員】 御報告をいただいて率直な感想ですけれども、水素を利用する技術というのが、まだ水素がちゃんとしたマーケットというのがない中で、ここまでしっかりと検討が進んでいるということ、驚きといひますか、すごく進んでいるなというのが率直な感想であつて、すごく皆様よく頑張られているなということを感じました。

まさしく企業中心で検討されている中で、計画、マネジメントもしっかりとやられているように印象を持ちましたし、その中にもイノベティブな技術というのが散見されたというのが私の印象であつて、私、大学では学生さんに講義をするときに、水素というのはCO<sub>2</sub>の削減にも絡めてどうしてもコストというのがネックになるのだという話をされていて、それはやはりそうなのだろうと思ひますので、その中にもちゃんと化石燃料にコストで戦えるというか、比較できるような状況も迎いつつあるというものの中にはあつたので、そういうところで非常に希望が見えたというのが率直な印象です。ですから、ぜひここで検討された技術を続けていただければなというのが私の印象です。

【江口分科会長】 ありがとうございます。

それでは、野田委員からお願いします。

【野田委員】 さきの御両名がお話になったことが大宗だと思ひますので、重なるところではないところを少しお話をさせていただきますが、それに先立ちまして、この5年間のプロジェクトの中で全体的に進捗状況は非常にいいと思ひております。NEDO様も含めてマネジメントがよく回っているということだと思ひておりますし、NEDO様と実施者の方々の御努力、御尽力に改めて敬意を表したいと思ひております。

それから、この中で私がちょっと感じたところでございますけれども、まず1つは、基礎的、革新的な取り組みというのが幾つかございます。この中で目指すところ、どういうところを目指していくのかというシナリオメイクが非常に重要だなという感想を持っておりまして、その辺の推進上のマネジメントみたいなと

ころも、より NEDO 様の一層の関与というか、引っ張っていくというところをぜひともさらに期待したいと思っていますし、これは水素に限らずかもしれませんが、やはり基礎力もつけていかなければいけないと思いますので、そういうところを非常に期待するところでもあります。

もう一つ、そういう中で特に基礎的なところ、革新的なところに関しては、一つの成果の出方としては、目指すところはあったとしても、小さな市場、それから小規模でもビジネスになっていくとか、そういうところはやはりあっていいだろうなと思っています。ただ、余りにも全体のシナリオから小さなところに落ち着き過ぎるがために取り組みが矮小化されないようなところも、こういう基礎的なところは特に進めていただければなと思ったということが1つ。

それからもう一つ、もうこれで5年間のプロジェクトですので、ほぼ成果が皆さん出てきたというところでもあります。ただ、今回思った中で、本当に一部ではございますけれども、まだまだ評価の段階でお見せいただくデータがなくて、こういうことを達成しました、こういうことを達成しましたと、成果としては出ているのはよくわかるのですけれども、その中でも何が課題であるかというのをもう少し見てみたいなというところがあって、そういう意味ではちょっとデータが少ないというところも、研究のグループさんによって、しっかりやられているところ、見せられているところと、どちらかというところと結果本位で見せられているところと両方あると思うのですけれども、もう少しデータを見せていただくと、課題というのがまだまだあるのかなのかというのがはっきりしたかなというところが少し残念なところかなと思っています。

以上です。

【江口分科会長】 ありがとうございます。

近久委員、お願いします。

【近久委員】 野田委員と同じなのですが、随分進捗状況はすばらしいというのが全体的な印象です。それでも一部、実用における性能や結果が不明瞭なものがある点も同様です。

かなり沢山の結果が出ていますので、再生可能エネルギーをスタートとして、最終的に発電部門や運輸部門で利用していくシステムの中で、最も合理的かつ有望な技術をそろそろ評価してもよいのではないかと感じました。その場合には、バランスのとれた多方面からのメンバーによって議論をしていただくのが重要と思います。

それから、最後の社会経済評価研究は非常におもしろいと思います。ただし、どのぐらい信用できるかというところが難しいところでありまして、その客観性についてさまざまな角度から随時評価を受け、解析を修正していくことが必要と思いました。また、このプロジェクトにかかわらず、この種の研究を支援していくことが望ましいと思います。

最後に、大規模なアンモニア利用に関して私は多少の疑問があり、安全性や社会的な総合効率を含めて、その選択をどこかできちっと検討されるのがいいのではないかと思います。

以上です。

【江口分科会長】 それでは、大澤委員、お願いします。

【大澤委員】 今の話の延長線上にあると思うのですけれども、電力自由化が進む一方で、国のエネルギー政策がなかなか決められないといいますが、非資源国の宿命でなかなか1つに選べないという中で、こういった NEDO さんを初め参加している企業の方というのは、それに当然左右される中でいろいろやっていけないとは思いますが、今、近久委員の話からあったように、取捨選択もある時期必要だろうということで、全体の話なのですけれども、ガバナンスという視点が少し足りないのかなと思ったりもしました。もちろんマネジメントの段階で厳しく管理をして、こういった中間評価とか事前評価とか事後評価とか、そういった意味でガバナンスの機能というのは当然組み込まれているのですけれども、それでも少し足りない部分があったような感じがするので、新しい組織をつくるというのはコストがかかって大変だと思うのですけれども、何らかの形でもう少しガバナンスをきかせて、つまり第三者の目を入れて、どこかで取捨選択

していった投資効果を上げるとか、そういったプロセスがもう少し必要なのではないかと感じました。  
以上です。

【江口分科会長】 ありがとうございます。

内田委員、お願いします。

【内田分科会長代理】 個々のことはもうほとんどの委員の方々がおっしゃったので、私は今日の発表を聞いていろいろ思い出したことがあります。私は40年以上水素の研究開発に取り組んできた中で、日本は60年代、70年代、公害問題をきっかけにして、1974年、通産省がサンシャイン計画というのを打ち出して、ちょうどそのころからいろいろと水素と材料の研究にかかわってきました。

そのころ、いつかは皆さん一生懸命やって、その後、原油価格が下がるとき一と水素ブームも引いて、その後またニッケル水素電池でまた国内は非常に盛り上がり、その後また燃料電池が出てきて、今ちょうどそのようなフェーズかなと思っっているいろいろと思い出していたのです。ただ、いずれにしても、一番大きな違いは、大学や研究機関が中心に動いていた時代と違って、今は企業さん、産業界が非常に中心になって動いている。これはとても大事なことだと思っっていて、やはり本当に水素社会を実現していくという方向に動いているのかなという実感を持っっています。

そういう意味では、細かなことはともかく、NEDOというところがしっかりとこういう日本の企業の力をうまく利用して、水素社会の実現に向けていろいろな策を練って、またそれをリードする、そのような立場をぜひとっていただきたい。今日はつくづくそんな思いがいたしました。ありがとうございます。

【江口分科会長】 ありがとうございます。

最後に私のほうから。水素を取り巻く環境というのは世界的にも認知されて、やはり見る目が変わってきたというか、重要性を帯びてきている課題だと思っっています。その中で、このプロジェクト、水素利用の先導研究というのは非常に重要な位置を占めていて、世界的にも認められているようなレベルにあるのではないかなと思っっています。

私、2年前の中間評価にも参加しましたが、フェーズとしては明らかに進んでいて、成果が上がっていることは間違いないかなと思っます。昨今こういった国プロというのは非常に短期間で成果を求められて、次の新しいテーマは何ですかとか、次の目標は何ですかということ求められるのですけれども、こういったエネルギーあるいは水素の研究というのは非常に長い目で見なければいけない面もございますので、そういった中でNEDOがうまくマネジメントをして、これを進めていくというのは非常によろしいことかなと思っます。今後も幾つかのテーマの見直しはあると聞いていますけれども、そういった中で進めていかれることを期待してあります。

何人かの委員から御指摘がありましたが、きょうの発表、幾つかの発表については説明が我々が求めていたポイントと少しずれているような面もありましたので、そこら辺は、評価を一生懸命させていただく身としては少し残念だったと感じています。全体としては非常にいい成果が出ていると思っますので、よろしくお願ひいたします。以上です。

【駒崎主査】 ありがとうございます。

最後にプロジェクトマネージャー及びプロジェクトリーダーから一言ございましたら、よろしくお願ひいたします。

【栗山PL (全体)】 本日は長時間にわたりありがとうございます。

確かにいろいろなフェーズ、すぐ直近のものから非常に基礎的な段階のものまで含めてマネジメントするのは大変なところがございました。物によってはいろいろな判断のためのデータをまずはここで整えたいだくというのに、逆に私としては集中した面もあります。本当はここで全部シナリオまで立てるといいのですが、そういうのをいろいろ使い分けながらやってきたのを御配慮いただければと思っっています。

ここ数年非常に状況が変わる中で一つの流れをつくられたなというのは、私は一緒にやったのは2年ほどで

すけれども、ちょうどその渦中にいられたので幸せであります。今後そういう流れをまた支えていくような事業として推進していければと思っております。よろしく申し上げます。

【後藤PL (知財)】 私のほうから簡単に、発明委員会の件ですが、いろいろ普及するという面から、特許、それから特許はヒアリングをずっとやっけていまして、なおかつ論文とかそこら辺がかなり件数が多いので、プロジェクトリーダーを分けて進めていました。

あと、知財のマネジメント委員会というのを2月に開きまして、件数から特許の様子、基本特許、派生した特許、それがどのように進んでいるか、それをまとめて、各社集まっていたいて紹介したというので、最後に刈り取りで、やはり論文、特許、ここら辺が重要なというので手伝いをしております。

あと、ニューズレターを毎月発行しております、これは特許の件数、それからいろいろおもしろそうな論文、RITE の講演とかも載せていますが、いろいろな最新情報を載せる、そのような形で裏方でサポートしてきたところでございます。

【大平PM】 本日は長時間にわたり御審議のほど大変ありがとうございました。

御指摘の点でございます。本事業、2013年に立ち上がったテーマにつきましては、大宗が終了するわけでございます。しかしながら、終了したら終わりというわけではなくて、実用化に向けたさまざまな方策、例えば国内外類似の事業への展開ですとか、そういったものを含めて、これまでも微力でございますが、やっているつもりではございますけれども、さらに、このテーマが終わったら終了ということではなくて、その後についてもしっかり考えていきたいと思っております。

また、御指摘にございました点、シナリオをしっかりつくっていくという点でございますけれども、なかなか水素自体がまだビジネスができていない中でシナリオをどうつくっていくのか、この技術がどういう形で普及していくのか、なかなか私どもとしても一つの解が出てきているわけではなくて、非常に苦労しているところでございます。これまでもいい解がない中で議論はしてきたわけでございます。それがうまく見えていなかったのは残念でございますが、ただ、先ほど申し上げました技術の展開という点につきましては、そのシナリオをどう描いていくのか、それを関係者がどう共有していくのかというのは極めて重要な視点でございます。この点についても力を入れて今後も進めていきたいと思っております。

また、技術のことでございますので、例えば特許も含めた知財管理、PL の御協力を得ながら、また、実施者様の御協力を得ながら知財についてはやっているところでございますけれども、より戦略的に、何を出し何を隠していくのか、これも含めた知財管理。これはシナリオとも連携するかと思いますけれども、この点につきまして、効率的にできるような方策につきましても今後考えていきたいと思っております。

いずれにいたしましても、水素は足の長い技術でございます。得られた成果につきましては何らかうまく展開できるように、今後全体として進めてまいりたいと思っております。

本日は御評価ありがとうございました。

【江口分科会長】 どうもありがとうございました。

それでは、以上で議題8を終了します。

9. 今後の予定

10. 閉会

## 配布資料

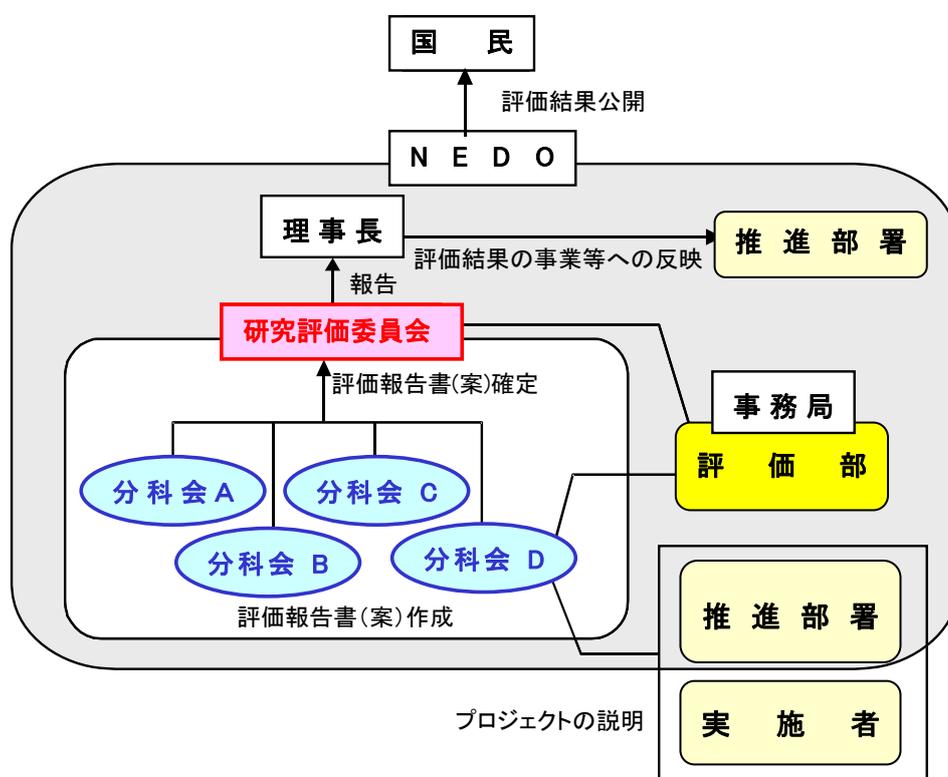
資料 1	研究評価委員会分科会の設置について
資料 2	研究評価委員会分科会の公開について
資料 3	研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
資料 4-1	NEDOにおける研究評価について
資料 4-2	評価項目・評価基準
資料 4-3	評点法の実施について
資料 4-4	評価コメント及び評点票
資料 4-5	評価報告書の構成について
資料 5	プロジェクトの概要説明資料（公開）
資料 6	プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
資料 7-1	事業原簿（公開）
資料 7-2	事業原簿（非公開）
資料 8	今後の予定

## 参考資料 2 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて実施する。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)における研究評価では、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



## 1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
  - 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む
  - 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する
- としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

## 2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員は、以下のような観点から選定する。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、委員を分科会委員名簿の通り選任した。

なお、本分科会の事務局については、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

## 3. 評価対象

「水素利用等先導研究開発事業」を評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

#### 4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び実施者からのヒアリング及び実施者側等との議論を行った。それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

#### 5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、NEDOが定める「標準的評価項目・評価基準」をもとに、当該事業の特性を踏まえ、評価事務局がカスタマイズしたものである。

評価対象プロジェクトについて、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義、実用化に向けての取組や見通し等を評価した。

## 「水素利用等先導研究開発事業」に係る 評価項目・評価基準

### 1. 事業の位置付け・必要性について

#### (1) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・ 上位の施策・制度の目標達成のために寄与しているか。

#### (2) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

### 2. 研究開発マネジメントについて

#### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標を設定しているか。
- ・ 達成度を判定できる明確な目標を設定しているか。

#### (2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費（研究開発項目の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・ 計画における要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続または長期の「プロジェクト」の場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んで活用を図っているか。

#### (3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・ 技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
- ・ 指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
- ・ 成果の実用化の戦略に基づき、実用化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。
- ・ 大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、その体制は企業の取組に貢献しているか。

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・ 研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
- ・ 社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応しているか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・ 知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 知的財産に関する取扱（実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む）を整備し、かつ適切に運用しているか。

### 3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ・ 成果は、中間目標を達成しているか。
- ・ 中間目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、解決の方針を明確にしているか。
- ・ 成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
- ・ 設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。

(2) 成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見通しはあるか。
- ・ 最終目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表を、実用化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及させる取組を実用化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 一般に向けて、情報を発信しているか。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取組

- ・ 知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化の戦略に沿って国内外で適切に行っているか。

### 4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

「実用化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用（顧客への提供等）が開始されることをいう。

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化の戦略は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取組

- ・ 実用化に向けて、課題及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・ 想定する製品・サービス等に基づき、市場・技術動向等の把握は進んでいるか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

以上.

## 「プロジェクト」の中間評価に係る標準的評価項目・基準

※「プロジェクト」の特徴に応じて、評価基準を見直すことができる。

「実用化・事業化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

### 「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することをいう。

なお、「プロジェクト」が基礎的・基盤的研究開発に該当する場合は、以下のとおりとする。

- ・「実用化・事業化」を「実用化」に変更する。
- ・「4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて」は該当するものを選択する。
- ・「実用化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

### 「実用化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることをいう。

## 1. 事業の位置付け・必要性について

### (1) 事業の目的の妥当性

- ・内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・上位の施策・制度の目標達成のために寄与しているか。

### (2) NEDO の事業としての妥当性

- ・民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDO の関与が必要とされる事業か。
- ・当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標を設定しているか。
- ・達成度を判定できる明確な目標を設定しているか。

### (2) 研究開発計画の妥当性

- ・目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費(研究開発項目の配分を含む)となっているか。
- ・目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・計画における要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・継続または長期の「プロジェクト」の場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んで活用を図っている

か。【該当しない場合、この条項を削除】

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
- ・指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
- ・成果の実用化・事業化の戦略に基づき、実用化・事業化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・目標達成及び効率的実施のために実施者間の競争が必要な場合、競争の仕組みがあり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、その体制は企業の取組に貢献しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
- ・社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応しているか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・知的財産に関する取扱(実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む)を整備し、かつ適切に運用しているか。
- ・国際標準化に関する事項を計画している場合、その戦略及び計画は妥当か。【該当しない場合、この条項を削除】

3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ・成果は、中間目標を達成しているか。
- ・中間目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、解決の方針を明確にしているか。
- ・成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
- ・世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
- ・設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。

(2) 成果の最終目標の達成可能性

- ・最終目標を達成できる見通しはあるか。
- ・最終目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か。

(3) 成果の普及

- ・論文等の対外的な発表を、実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及させる取組を実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。

・一般に向けて、情報を発信しているか。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取組

・知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化・事業化の戦略に沿って国内外に適切に行っているか。

・国際標準化に関する事項を計画している場合、その計画は順調に進捗しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて 【基礎的・基盤的研究開発の場合を除く】

(1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

・成果の実用化・事業化の戦略は、明確かつ妥当か。

・想定する市場の規模・成長性等から、経済効果等を期待できるか。

(2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

・実用化・事業化に取り組む者について検討は進んでいるか。

・実用化・事業化の計画及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化・事業化の見通し

・実用化・事業化に向けての課題とその解決方針は明確か。

・想定する製品・サービス等は、市場ニーズ・ユーザーニーズに合致する見通しがあるか。

・競合する製品・サービス等と比較して性能面・コスト面等で優位を確保する見通しはあるか。

・顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて 【基礎的・基盤的研究開発の場合】

(1) 成果の実用化に向けた戦略

・成果の実用化の戦略は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取組

・実用化に向けて、課題及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

・想定する製品・サービス等に基づき、市場・技術動向等の把握は進んでいるか。

・顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

【基礎的・基盤的研究開発の場合のうち、知的基盤・標準整備等を目標としている場合】

(1) 成果の実用化に向けた戦略

・知的基盤・標準の整備及び活用の計画は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取組

・知的基盤・標準を供給・維持するための体制の検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

・整備する知的基盤・標準について、利用の見通しはあるか。

・顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

### 参考資料3 評価結果の反映について

「水素利用等先導研究開発事業」（中間評価）の評価結果の反映について

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>①本分野における世界的な情勢変化は著しく、そのような状況下において、競争力が確保できるよう、目標を常に新鮮に保つ努力が求められる。</p> <p>②特許出願数が少ないと感じられるテーマも見受けられるので、知財の確保をより積極的に進めてほしい。</p> <p>③研究開発レベルがまだ基礎段階であるものについては、非現実的な実用化の時期や規模、価格想定を行っているテーマもみられる。研究段階に応じた実用化シナリオを描くことが望ましい。</p>	<p>①欧州、特にドイツにおけるP2Gの実証事業は活発に行われているので、常に最新の情報を更新するよう定期的な情報収集を実施する。必要に応じて、目標の妥当性も検討する。</p> <p>②引き続き、オープン／クローズに関しては、慎重に実施者と協議し、特許／ノウハウの構成を整備していく。また新規テーマについては、基礎的な研究開発に注力し、新たな発見・発明を促す。</p> <p>③研究開発レベルが基礎段階のテーマについては、実用化に向けたフォローを行う。 また新規テーマについてはステージゲートや中間評価等を実施し、実用化に向けた研究開発となるようマネジメントを行う。 比較的実用化に近いテーマについては、引き続き研究開発を実施し、その中で精緻な技術成立性、経済性を検証する。</p>

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 評価部

部長 保坂 尚子

担当 駒崎 聰寛

宮嶋 俊平

\*研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。

([http://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu\\_index.html](http://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html))

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162