

「水素利用等先導研究開発事業」

中間評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
評価概要（案）	2
評点結果	5

はじめに

本書は、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）の研究評価委員会分科会（2019年10月19日）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、第64回研究評価委員会（2021年3月1日）にて、その評価結果について報告するものである。

2021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「水素利用等先導研究開発事業」分科会
（中間評価）

分科会長 江口 浩一

「水素利用等先導研究開発事業」

(中間評価)

分科会委員名簿

(2020年10月現在)

敬称略、五十音順

	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 触媒科学講座 触媒設計工学分野 教授
分科 会長 代理	いとう ひびき 伊藤 響	中部大学 工学部 創造理工学実験教育科 教授
委員	ごとうだ ひろし 後藤田 浩	東京理科大 工学部 機械工学科 准教授
	ふじた てるのり 藤田 照典	三井化学 特別参与
	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 教授
	やかべ ひさたか 矢加部 久孝	東京ガス株式会社 デジタルイノベーション本部 基盤技術部長
	やたべ たかし 矢田部 隆志	東京電力ホールディングス(株) 経営技術戦略研究所 リソースアグリゲーション推進室 兼 技術戦略ユニット技術統括室 プロデューサー

「水素利用等先導研究開発事業」（中間評価）

評価概要（案）

1. 総合評価

当該事業は、研究開発のステージや難易度が異なる事業の集合体であり、研究開発のフェーズによる違いはあるが、NEDO、PL、PMの確かなマネジメントの結果、適切にマネージされ、全体として重要な課題が成功裏に進められつつあり評価できる。特にアルカリ水電解、大規模水素利用などは次のフェーズにつながる重要な技術であり、水蒸気電解についても国際的競争力をつけつつあるなど、水素利用に関する実用化の進展が期待される。全体として、水素社会に向けて必要な、水素を作る・運ぶ・使う、のすべての分野に関連する技術開発がテーマとして取り上げられており、中期的な目標に向かって着実な成果が得られている。

その一方で、テーマによっては一部注目される成果が見られるものの、将来の実用化への道筋が見え難いものもあり、今後テーマの選別などを検討するのが適当と考えられる。同種技術（材料）だけでなく異種技術（材料）に対しても比較を十分に行い、MUST（なければならない）技術を検討の中心に置くことも考えてほしい。

今後については、情勢の変化や競争状況（特に海外の技術進展）も適宜提供し、実用化時での競争力確保に向けた提案を行い、個々の達成目標（点）を線の形でつなげてほしい。また、設定された目標以上の成果が挙げられることでさらに革新的な技術に発展する可能性も想定し、想定外の成果につながるような運営・マネジメントが図られることを期待したい。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

水素製造・貯蔵・輸送・利用にかかる社会的背景や政策的位置づけ・シナリオの中で設定した本事業における研究開発課題にはそれぞれ高い意義が感じられる。長期にわたる投資を必要とする大型のインフラの構築も検討されており、さらに、短期収益を求める民間企業では躊躇する可能性のあるテーマも含まれることから、正にNEDOが行うべき事業と考える。特に、酸素水素燃焼を用いたクローズドガスタービンシステムの技術開発の独自性は高く、本事業の実施は挑戦的であり、国内の技術動向や政策動向の観点から高く評価できる。また、本事業開始以前あるいは事業進展中での国内外の技術動向や政策等の調査結果を踏まえて、共通する基礎・基盤技術の重要性を認識した結果、研究機関や大学などのアカデミアが取り扱うような基礎・基盤研究分野にも配慮されており、評価できる。

その一方で、事業を効率的に推進し、成功の確率を高めるためには、単一の技術開発の組合せではなく、有機的に結びつけることが必要であると思われる。

2. 2 研究開発マネジメントについて

実施者の多くは産学の共同グループで構成され、それぞれ担当の得意分野を組み合わせ、実施目標が達成されるように計画した上で、コンソーシアム化への移行、実用化後に想定される事業者との情報交換や橋渡し、他事業との関係の模索、などが進められており、「研究開発項目継続可否審査」によって中止の判断を受けた研究開発項目がある点についても、マネジメントが適正に実施されていることを示していると評価できる。また、各種動向を踏まえ将来の位置付けを明示する点においては総花的ではなく5つに絞っていることは判り易く、さらにNEDO自身でもロードマップを策定しており、本事業もこれに従って進められていることは評価できる。

その一方で、ほぼ全ての研究開発項目の達成度が「○」以上であり、達成できる目標を設定するのではなく、将来の実用化に繋がりうる目標を設定すべきであると考える。

今後については、チャレンジングな目標に対しては、「未達＝ネガティブ評価」ではなく、研究開発のプロセスと挽回の為の方策を評価するという、評価サイドの見識が必要であると考えられる。

2. 3 研究開発成果について

研究開発のステージや難易度が異なる事業の集合体ではあるが、全体として期待レベルの成果をあげている。特に、次フェーズや実証事業に移行した研究開発項目、ならびに事業者と契約を果たしたタービン用燃焼器やアルカリ水電解などの研究開発項目については、未だに技術的課題はあるものの、本事業の「実用化」の見通しが得られたと判断でき、最終目標も達成されたとしてもよいと考える。また、目標の達成や得られた成果について、次のステップに向けた課題の定義と解決方針が示されており、最終的な目的に向けた検討が行われていると評価できる

その一方で、全体に技術の比較が不十分であり、同種技術(材料)だけでなく異種技術(材料)に対しても比較した方がよいと思われる。また、本事業での開発成果が、世界最高水準のものであるか、次世代技術の新開拓にどのように貢献していくかを示していくことも重要である。

今後については、研究発表は行われているが、知財戦略の手薄感が否めないため、特許出願や国内外の原著論文(査読付き)への掲載も目指して頂きたい。

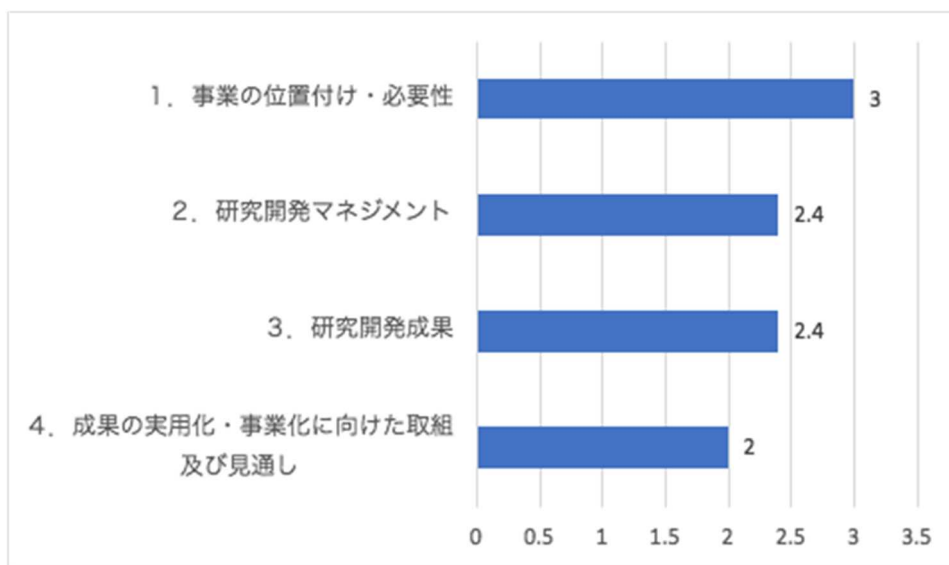
2. 4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

水素発電およびMCH(メチルシクロヘキサン)の研究開発においては、既に実用化に向けた実証試験が進んでおり、実用化戦略にしたがった着実な取り組みと評価される。基礎的な研究開発であっても、企業と早期にコンタクトを取りながら、実用化の可能性を模索し、実用化に向けたシナリオを描くべく努力していることが推察される。また、参加している事業者が各業界に跨いでおり、片寄りはないと思われる。成果を業界横断でシェアできることで他分野での利活用にも期待が持てる。

その一方で、基礎的な内容を含む研究開発の中には、大きなブレークスルーが期待されつつも、その技術を事業化すると言った道筋が見えにくいものがあることから、成果の実用化戦略の中に、商業収入をえるまでに、今後どれだけの開発費用が掛かるのか等の想定を明示するなど、個社における事業化の困難さを把握することが望まれる。

今後については、前提条件を明確にして、コスト試算に納得感を持たせるなど、活動の中でしっかり考察していただきたいと考える。また、中小企業では出来ない学術的な分析を行うことで、合理的な開発の道筋を示して支援を行うような取り組みもあって良いと思われる。

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメント	2.4	A	A	A	B	B	B	B	B
3. 研究開発成果	2.4	A	A	B	A	A	B	C	
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し	2.0	A	B	B	B	B	B	C	

(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〉

- | | |
|--|--|
| <p>1. 事業の位置付け・必要性について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・非常に重要 →A ・重要 →B ・概ね妥当 →C ・妥当性がない、又は失われた →D | <p>3. 研究開発成果について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・非常によい →A ・よい →B ・概ね妥当 →C ・妥当とはいえない →D |
| <p>2. 研究開発マネジメントについて</p> <ul style="list-style-type: none"> ・非常によい →A ・よい →B ・概ね適切 →C ・適切とはいえない →D | <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・明確 →A ・妥当 →B ・概ね妥当 →C ・見通しが不明 →D |

◆事業実施の背景と事業の目的

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。

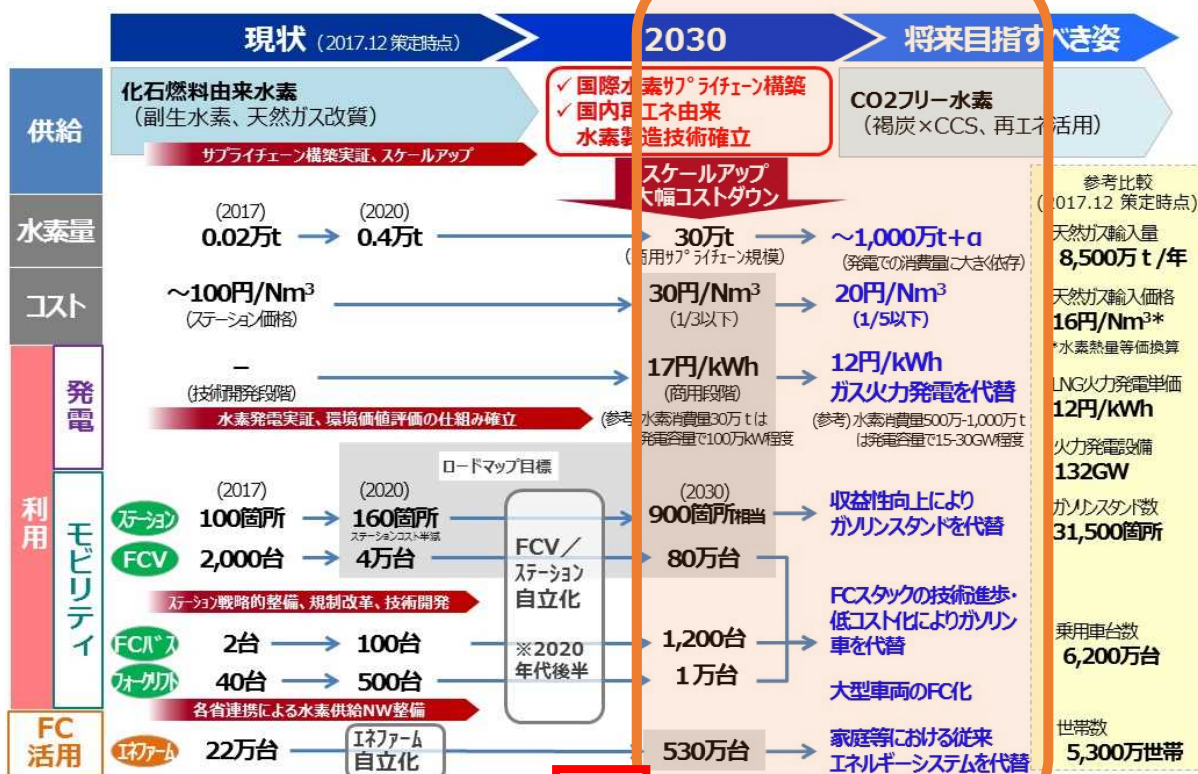
事業の目的

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、2040年以降という長期的視点を睨み、水素等の「カーボンフリーなエネルギーの新たな選択肢」としての地位を確立させることを目指す。このため、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炭化水素等からの二酸化炭素を排出しない水素製造技術、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、大規模水素利用技術等の先導的な研究開発に取り組む。

◆政策的位置付け

- 本事業は、水素基本戦略が示すシナリオの2030年以降の社会実装を目指した技術シーズの発掘。本事業で目指す領域

○水素基本戦略のシナリオ

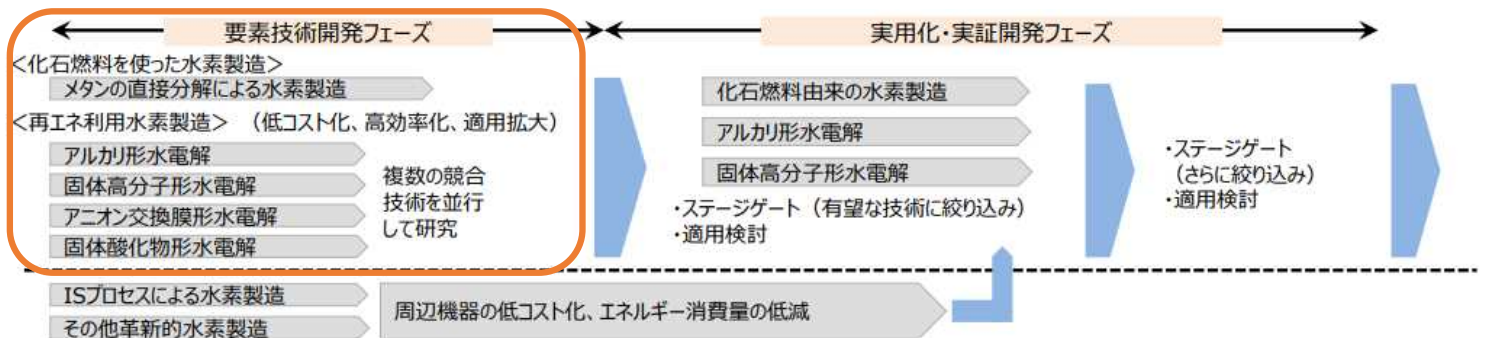


◆技術戦略上の位置付け

➤ 経済産業省(METI)の技術戦略上でも水素が重要分野として位置付け。

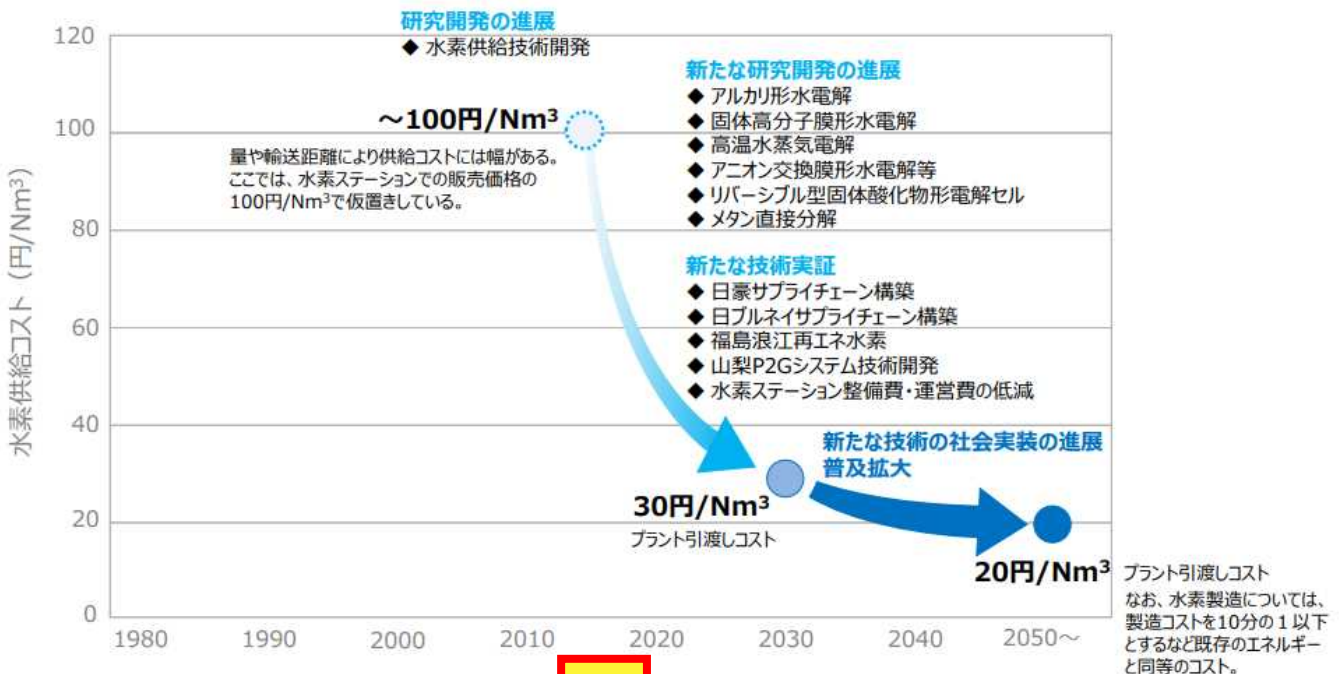
■ 革新的環境イノベーション戦略（2020年1月公表）

革新的技術の2050年までの確立を目指す具体的な行動計画（5分野16課題）－①コスト目標、世界の削減量、②開発内容、③実施体制、④基礎から実証までの工程をイノベーションアクションプランとして明記。水素も重要5分野の一つとして位置づけ。



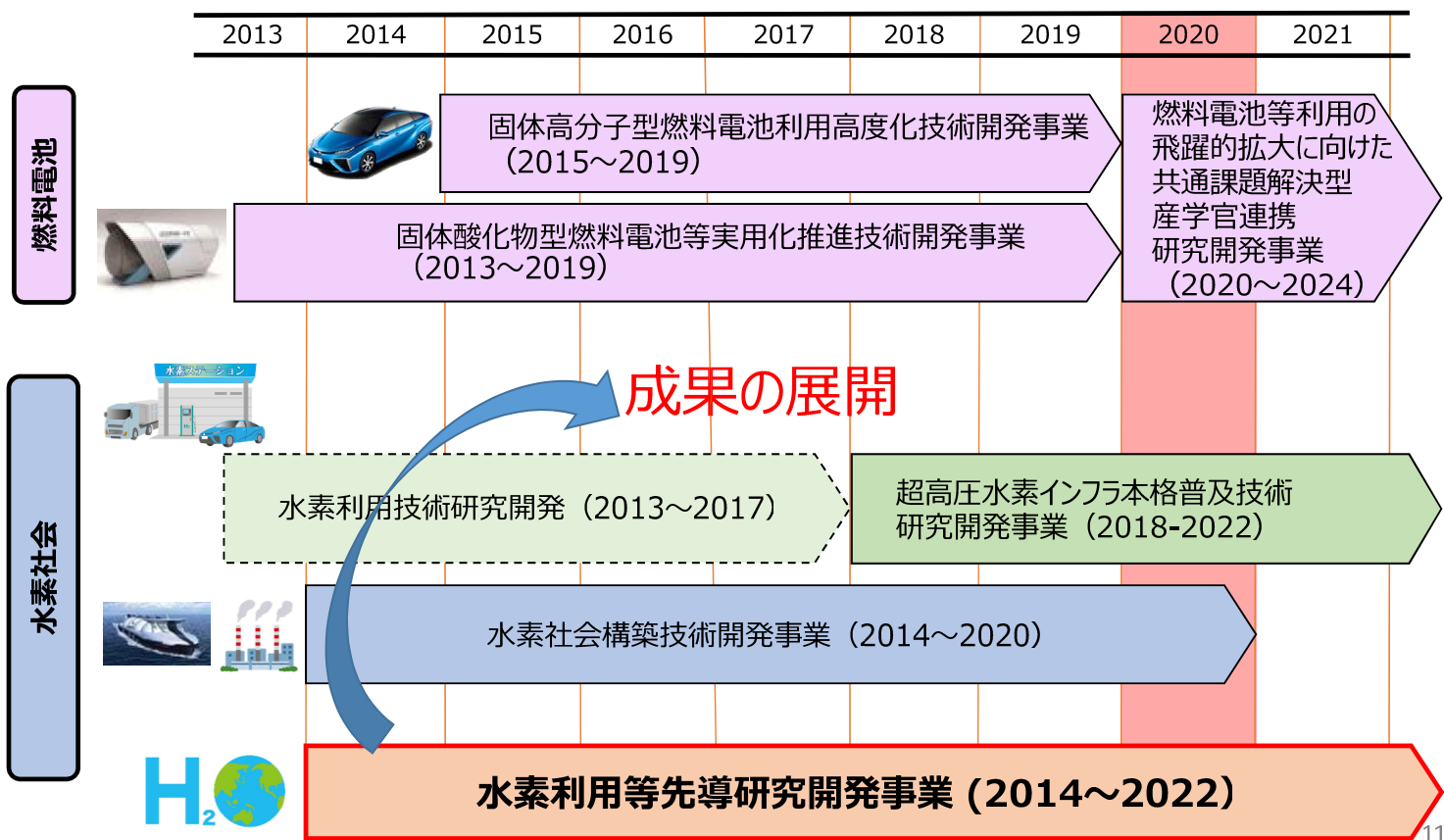
◆技術戦略上の位置付け

➤ 革新的環境イノベーション戦略（2020年1月）に示す水素関連目標の一例として「過去の経験と、現在見つかっている革新的な技術を勘案し、2050年までに水素のコストを既存エネルギー同等とする」としている。



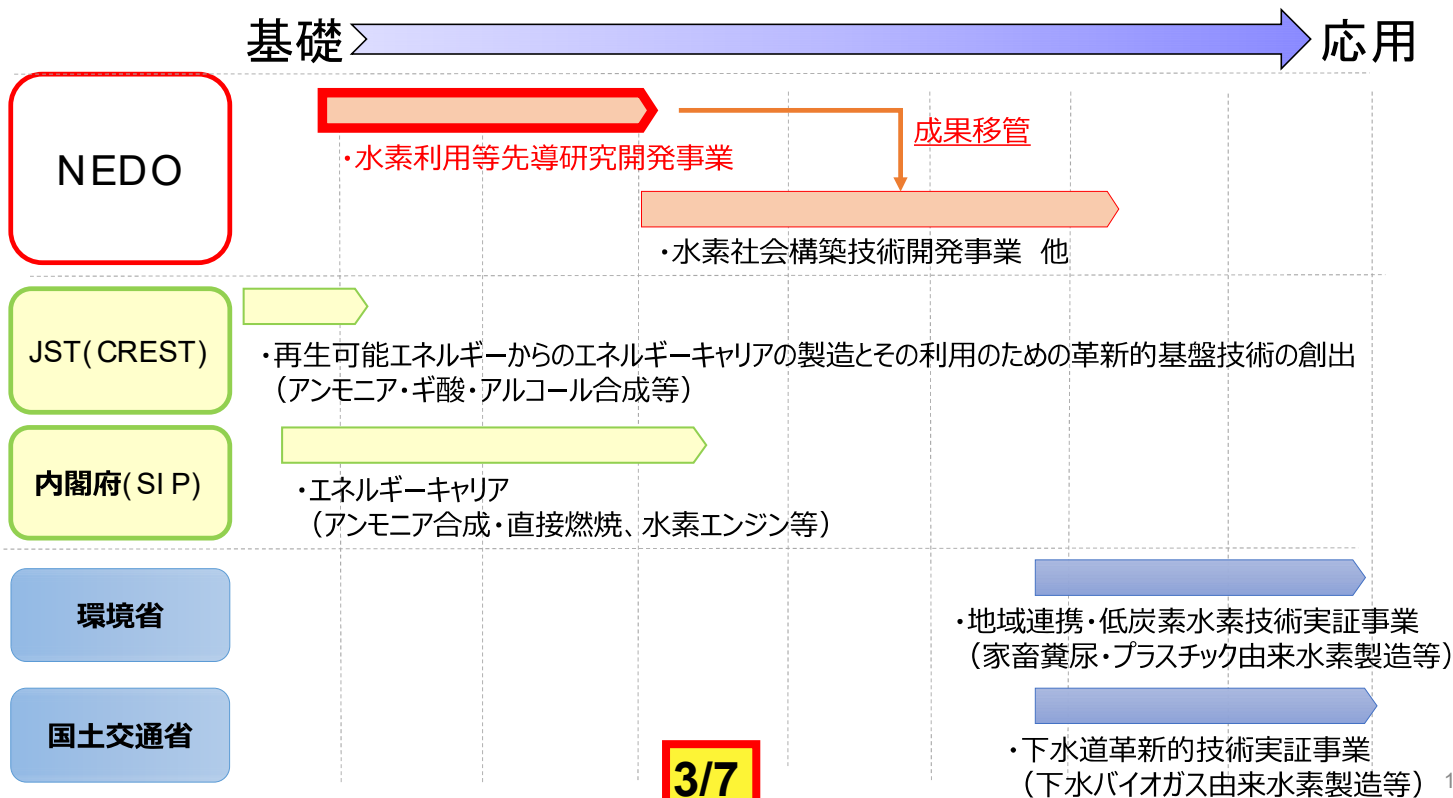
◆他事業との関係

- NEDOは、水素社会の早期実現に向けて水素の製造、輸送、利用まで全方位をカバーして事業を推進中。
- **本事業は先導研究という位置づけ**。創出した成果は他の事業へ展開。



◆他事業との関係

- 他事業と重複しない分野で課題設定型の案件を推進。その成果は次のフェーズの事業に円滑に移管。
- 他事業では、基礎フェーズで広く課題を公募して実施するものや、商業化直前の実証事業フェーズでテーマを推進。



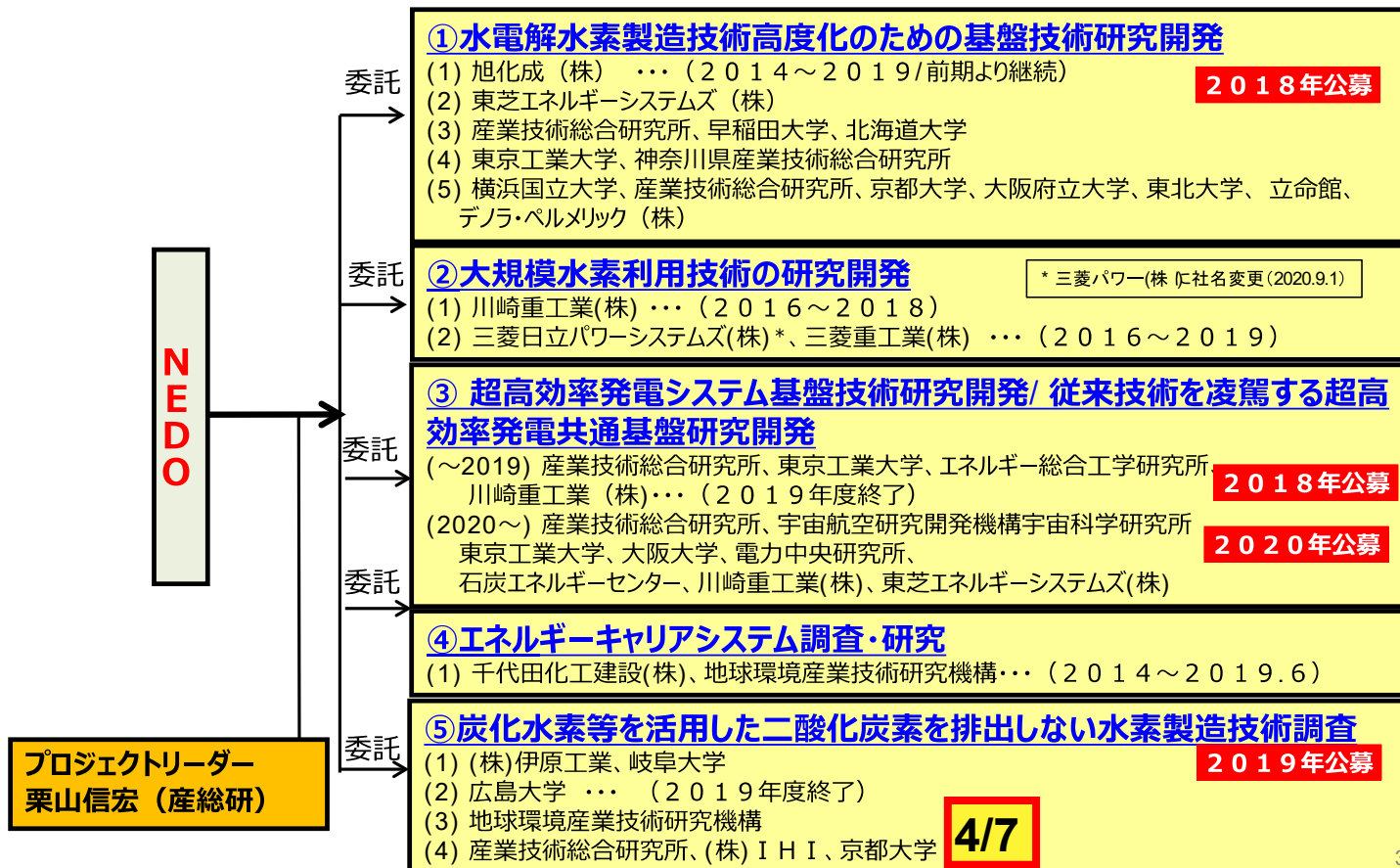
各研究開発項目の目標と成果の一覧概要

研究開発項目	目標	成果
①水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発	プラント引渡し価格30円/Nm ³ に資する電解性能、耐久特性、水素製造システムの開発に向けた指針の策定や性能等評価方法の確立	アルカリ、PEM、AEM型水電解技術開発に取り組み、高性能・高耐久・低コストを成立させる材料からシステム開発、評価技術、劣化加速プロトコルを開発。目標水素価格実現に向けての基盤技術開発を行った。
②大規模水素利用技術の研究開発	<ul style="list-style-type: none"> ・大型: 燃焼試験により、シングルクラスターバーナ出口NOx 50ppm以下を達成、フラッシュバックの発生なしの確認及び大型用クラスターバーナの基礎設計を完了 ・小型: 50%負荷から定格100%負荷相当条件にて、NOx 35ppm以下の達成、失火や逆火の無い安定燃焼の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・大型(2MW級)、小型(250MW級)ともに、フラッシュバックの無い安定燃焼を確認するとともに、実用化時の目標である低NOx値を下回る性能達成の目途を得た。
③超高効率発電システム基盤技術研究開発/従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発	事業終了時に、酸素水素燃焼器(実機レベル)に移行可能な要素技術の確立	技術成立性について、高圧で酸素水素燃焼が可能で、発電効率75%を達成しうるシステム構成を示し、経済性確保について1700°C級発電では大出力化とコストダウン、1400°C級合理化案を提示した。
④エネルギーキャリアシステム調査・研究	有機ハイドライドから水素を効率的に取り出すメンブレンリアクター(MR)の実用化に必須な要素技術の確立	量産性を見据えた新規モジュール構造を提案し、MRとしての有効性を確認。MRの耐久性も15,000hの耐久性を有していることを確認。水素分離膜型脱水素プロセスについて、既存プロセスと比較してランニングコストにおいて優位性を確認した。
⑤炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査	調査を実施後、項目継続可否審査において本研究開発項目の中間目標に対する評価と解決すべき課題を審議し、継続する方向性の決定	触媒・反応炉の耐久性向上、生成炭素のさらなる用途開発など解決すべき課題が具体的になった。

50

◆研究開発の実施体制 (2018-2020年度)

➤ 2018～2020年度は、以下のとおり5つの研究開発項目で、延べ14グループで研究を推進



◆ 開発予算

(単位：百万円)

年度	2018	2019	2020 (予定)	合計 (予定)
① 水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発	391	820	819	2,030
② 大規模水素利用技術の研究開発	208	51	—	259
③ 超高効率発電システム基盤技術研究開発/従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発	96	106	304	506
④ エネルギーキャリアシステム調査・研究	112	29	—	141
⑤ 炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査	—	303	347	650
調査事業	8	10	30	48
合計	815	1,319	1,500	3,634

32

◆ 研究開発のスケジュール

◆ : 継続/採択審査会 ▲ : 中間評価 ● : 終了

	2018	2019	2020	2021	2022	特記事項
① 水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発	<p>評価セルによる評価 (2018)</p> <p>実機を想定した試作・評価を通した設計指針原案策定 (2020)</p>					<ul style="list-style-type: none"> ✓ 事業前半はラボレベルでの小規模セルによる研究が中心。 ✓ 後半は実機を想定した試作、評価による設計指針原案を策定。
② 大規模水素利用技術の研究開発	<p>技術シーズの検証 (2018)</p> <p>次のフェーズの実証事業による検証 (2021)</p>					<ul style="list-style-type: none"> ✓ 小型 (2 MW級) は2018年度、大型 (250 MW) は2019年度に終了。 ✓ 両テーマとも本事業の研究開発を終了した後に「水素社会構築技術開発事業」の助成事業へ技術移転。

◆ : 継続可否審査 ▲ : 中間評価 ● : 終了

	2018	2019	2020	2021	2022	特記事項
③超高効率発電システム基盤技術研究開発/従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発						✓ 事業前半の2年間の先導研究の結果を踏まえ、本項目を継続すべきか否かを2019年度に「研究開発項目継続可否審査」として外部有識者でその後の方針を議論。 ✓ 2020年度からはクローズドサイクルとしての業界共通基盤技術を対象とした内容に変更して新規に公募。
④エネルギーキャリアシステム調査研究						✓ 水素分離技術の実用化に耐え得る寿命(脱水素触媒同等/15,000時間)を確認し、2019年度に研究を終了。 ✓ 現在は、メチル氏クロヘキサン(MCH)の社会実装に活用するための自主研究を継続中。
⑤炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査						✓ 事業前半の2年間の先導研究の結果を踏まえ、2020年度に「研究開発項目継続可否審査」としてその後の方針を議論予定。

31

◆各研究開発目標の達成度

- ① **水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発 (○)**
 - ・アルカリ水電解システムでは大型電解装では累計12000時間の長期運転の実績を積上げた。
 - ・高温・低温4つの方式で、中間目標を達成できる材料・デバイスを開発した。
 - ・評価試験法の構築においては電圧損出の大部分を占めるアノードの劣化機構を中心に実運転評価に基づく劣化機構を明らかにし、加速劣化試験プロトコル、材料・セルに関する設計指針原案を策定した。
- ② **大規模水素利用技術の研究開発 (○)**
 - ・250MW級の開発では、逆火耐性がある多孔噴流燃焼器を採用し、フラッシュバックの発生無く、安定燃焼を実現し、実機換算によりNOxが50ppm(15%O2換算)を下回る目途を得た。
 - ・2MW級の開発では、50%から100%負荷運転に相当する条件でNOx 35ppm以下を達成し、安定した水素燃焼を確認した。
- ③ **超高効率発電システム基盤技術研究開発/従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発 (○)**
 - ・1700℃級効率追求型(75%)のシステムの技術的成立性とコスト削減の課題を示した。
 - ・1400℃級合理化案のシステムで、経済成立性を満足しながら、発電効率68%以上を達成を示した。
- ④ **エネルギーキャリアシステム調査・研究 (○)**
 - ・水素分離膜として世界最高レベルの性能を得、実用的な耐久性(15,000時間以上)を見通した。
 - ・コジェネシステム等として、SOFCでは約15%、PEFCでは約10%の削減可能性を確認した。
- ⑤ **炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調 (○)**
 - ・メタンから炭素・水素を分離可能とする触媒プロセス開発とその最適化の検討を中心に進めた。
 - ・触媒失活回避と生成固体炭素の効率的分離・排出など次期事業に向けた課題を具体的に示した。

◆知的財産権、成果の普及

- 2017年度以前からの継続事業の成果を確実に知財化し、2018年度以降から開始した事業でも、基盤技術に関して特許出願（水電解、炭化水素）




年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	計
論文	0	0	16	13	10	3	9	1	52
研究発表・講演	0	24	100	176	57	68	121	11	557
受賞実績	0	0	0	2	0	0	0	0	2
雑誌・図書等への掲載 (新聞記事は除外)	0	13	14	25	15	23	11	1	102
展示会への出展	0	9	13	21	11	2	9	1	66
特許出願	4	10	8	15	5	9	13	7	71
うち外国出願	0	1	0	3	0	3	2	0	9

※2013年度は経済産業省直執行予算

※2020年8月25日現在

概 要

		最終更新日	2020年9月17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 14021
担当推進部/ PMまたは担当者	新エネルギー部 大平英二 (2013年4月～2018年3月) 次世代電池・水素部 原 大周 (2018年4月～現在)		
0. 事業の概要	<p>脱二酸化炭素の社会の潮流の中で世界各国は、水素に将来のエネルギー源としての役割を担わせる水素社会の実現に期待を寄せている。このため本事業は2040年以降の長期的視点を見据えて水素等の新たなエネルギー源が従来の化石燃料と競合できる価格となることを目指し、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、炭化水素等からの水素製造技術、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、及び高効率水素発電技術の先導的な研究開発に取り組むものである。</p>		
1. 事業の位置 付け・必要性につ いて	<p>我が国においては、過去の原子力発電所における事故等も踏まえて「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（化石燃料のグリーン化利用）等が重要である。</p> <p>このうち、再生可能エネルギー関係技術に対しては、出力変動のある太陽光発電、風力発電等を有効利用するための電力貯蔵や、移動体としての電気自動車用途を想定した二次電池の開発が進められているが、現状では電池のエネルギー密度が十分に高いとは言えないため、変動周期が長い風力発電等に対する大規模電力貯蔵能力の向上や、電気自動車の航続距離延長に貢献するための大規模蓄エネルギー体の実現が喫緊の課題となっている。また、海外では再生可能エネルギー又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>このような問題に対し本事業は、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開発、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、高効率な国内外の再生可能エネルギー等の大規模利技術開発、再生可能エネルギー適地等の経済発展支援、世界規模での炭酸ガス排出削減等を図るものであり、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。</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。水素製造・輸送については、2030年における水素コスト 30 円/Nm³ を目標とし、化石燃料等の他のエネルギー源と競合できる価格の実現を目指す。水素発電については、2040年以降、水素コスト 20 円/Nm³ において発電コスト 1.2 円/kWh 以下の実現を目指す。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。</p> <p>研究開発項目① 水電解水素製造技術高度化のための基盤技術開発（委託事業）</p> <p>【中間目標（2020年度）】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・変動する再生可能エネルギーに対する劣化メカニズムを解明する。 ・劣化等を規定する因子を見出すとともに、材料・セルに関する設計指針の原案を策定する。 		

	<p>【最終目標（2022年度）】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント引渡し価格 30 円/Nm³に資する電解性能、耐久特性、水素製造システムの開発に向けた指針の策定や性能等評価方法を確立する。 <p>研究開発項目② 大規模水素利用技術の研究開発（委託事業）</p> <p>【最終目標（2019年度）】</p> <p>＜水素専焼対応型 Dry Low NOx 高温ガスタービンの研究開発＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・燃焼試験により、シングルクラスタバーナ出口 NOx 50ppm 以下を達成する。 ・燃焼試験により、フラッシュバックを発生しないことを確認する。 ・大型ガスタービンに適用可能なクラスタバーナの基礎設計を完了する。 ・燃焼振動を抑制し、安定燃焼できる条件の閾値を算出し、燃焼器体格を決定する。 <p>＜水素ガスタービン燃焼技術の研究開発＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・50%負荷から定格 100%負荷相当条件にて、NOx 35ppm 以下を達成する。 ・失火や逆火が生じない、安定燃焼を確認する。 <p>研究開発項目③ 超高効率発電システム基盤技術研究開発（委託事業）</p> <p>【中間目標（2019年度）（研究開発項目継続可否審査）】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・F Sを行い、技術成立性・経済性確保の見通しを提示する。 ・上記を通じて、発電効率 75%を達成しうるシステム構成を提示する。 ・上記を通じて、競合技術の特定及びそれらに対する優位性を提示する。 <p>研究開発項目④ エネルギーキャリアシステム調査・研究（委託事業）</p> <p>【最終目標（2018年度末、事業は2019年6月終了）】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・低コストシール法と効率的熱伝導方式を組み合わせた実用的な水素分離膜を用いた水素分離モジュール構造を開発する。 ・1,000時間の耐久試験による、1万時間以上の実用的な耐久性を見通す。 ・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。 <p>研究開発項目⑤ 炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査（委託事業）</p> <p>【中間目標（2020年度）】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基礎研究の可能性調査を行い、技術成立性を理論的・科学的に提示する。 ・水素を消費者まで安価かつ大量導入する実用化シナリオ原案を構築、経済性を提示する。 ・2030年における水素コスト 30 円/Nm³に、当該技術がどのように貢献するか定量的に示す。 <p>【最終目標（2022年度）】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・上記の審査結果を踏まえ、継続することとなった場合には別途定める。 									
事業の計画内容	主な実施事項	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	年度
	後期5年（2018-2022年）									
	研究開発項目①	水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発 （…は予定を示す） 								
	研究開発項目②	大規模水素利用技術の研究開発 （前期からの継続） 								
研究開発項目③	超高効率発電システム基盤技術研究開発 									

		従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発 (2020年8月～) —————>								
	研究開発項目 ④	エネルギーキャリアシステム調査・研究 (前期5年からの継続) —————>								
	研究開発項目 ⑤	炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査 —————>								
前期5年(2013年度* - 2017年度)										
	年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
	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開発 —————>								
	研究開発項目 ③	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で継続)								
		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 —————>								
事業費推移 (会計・勘定別に NEDOが負担した 実績額(評価実施 年度については予 算額)を記載) (単位:百万円)	会計・勘定/年度	2013*	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	合計
	一般会計	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	特別会計 (電源・需給の別)	1,079	1,277	1,455	1,296	879	815	1,319	1,500	9,620
	開発成果促進財源	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	総NEDO負担額	1,079	1,277	1,455	1,296	879	815	1,319	1,500	9,620
	委託	1,079	1,277	1,455	1,296	879	815	1,319	1,500	9,620
【注】*2013年度は経済産業省直執行予算、2020年度は予定										

	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	<p>全体共通 PL :</p> <p>国立研究開発法人産業技術総合研究所 後藤新一 (2013~2015)</p> <p>国立研究開発法人産業技術総合研究所 栗山信宏 (2016~2020)</p> <p>知財管理 :</p> <p>一般財団法人エネルギー総合工学研究所 後藤新一 (2016~2017)</p>
	プロジェクトマネージャー	<p>新エネルギー部 大平英二 (2013年4月~2018年3月)</p> <p>次世代電池・水素部 原 大周 (2018年4月~現在)</p>
開発体制	委託先	<p>①水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発</p> <p>①-1 アルカリ水電解水素製造システムの耐久検証に係る運用方法確立のための研究開発 (～2019) 旭化成(株)</p> <p>①-2 高温水蒸気電解技術の研究開発 東芝エネギーシステムズ(株) / [再委託先] 国立研究開発法人産業技術総合研究所 / [再委託先] 一般財団法人ファインセラミックセンター</p> <p>①-3 非貴金属触媒を利用した固体高分子型水電解の変動電源に対する劣化解析と安定性向上の研究開発 国立研究開発法人 理化学研究所 / [再委託先] 東ソー(株) [再委託先] ブラザー工業(株) (～2020.1)</p> <p>①-4 アルカリ性アニオン交換膜を用いた低コスト高性能水電解装置の開発 国立研究開発法人産業技術総合研究所 / 学校法人早稲田大学 / 国立大学法人北海道大学大学院工学研究院</p> <p>①-5 高性能・高耐久な固体高分子形および固体アルカリ水電解の材料・セルの設計開発 国立大学法人東京工業大学 / [再委託] (株)ノリタケカンパニーリミテド (2019.6～) / 地方独立行政法人神奈川県立産業技術総合研究所</p> <p>①-6 アルカリ水電解及び固体高分子形水電解の高度化 国立大学法人横浜国立大学 / 国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人京都大学 / 公立大学法人大阪 / 国立大学法人東北大学 金属材料研究所 / 学校法人立命館 / デノラ・ペルメック(株)</p> <p>②大規模水素利用技術の研究開発</p> <p>②-1 水素専焼対応型 Dry Low NOx 高温ガスタービンの研究開発 (～2019) 三菱日立パワーシステムズ(株)※ / 三菱重工業(株) ※三菱パワー(株)に社名変更 (2020.9.1)</p> <p>②-2 水素ガスタービン燃焼技術の研究開発 (～2018) 川崎重工業(株)</p> <p>③超高効率発電システム基盤技術研究開発 (～2019)</p> <p>③-1 酸素水素燃焼タービン発電システムの研究開発 国立研究開発法人産業技術総合研究所 / 国立大学法人東京工業大学 一般財団法人エネルギー総合工学研究所 / 川崎重工業(株)</p> <p>③従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発 (2020.8～)</p> <p>③-2 酸素水素燃焼タービン発電の共通基盤技術の研究開発 国立研究開発法人産業技術総合研究所 / 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 / 国立大学法人東京工業大学 / 国立大学法人大阪大学 / 電力中央研究所 / 一般財団法人石炭エネルギーセンター / 川崎重工業(株) / 東芝エネルギーシステムズ(株)</p>

		<p>④エネルギーキャリアシステム調査・研究（MCH）（～2018.6）</p> <p>④-1 水素分離膜を用いた脱水素（MCH） 千代田化工建設(株)／公益財団法人地球環境産業技術研究機構</p> <p>⑤炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査</p> <p>⑤-1 膜反応器を用いたメタン直接分解による CO2 フリー水素製造技術 公益財団法人地球環境産業技術研究機構（無機膜研究センター）</p> <p>⑤-2 アルカリ金属を用いたレドックスサイクルによる熱化学水素製造（～2019） 国立大学法人広島大学</p> <p>⑤-3 メタン直接分解による水素製造に関する技術調査 (株)伊原工業／〔再委託〕 あいち産業化学技術総合センター／ 〔再委託〕 学校法人東京理科大学 国立大学法人東海国立大学機構岐阜大学</p> <p>⑤-4 メタンの熱分解による水素製造に関する技術調査 国立研究開発法人産業技術総合研究所／(株) I H I ／ 国立大学法人京都大学</p>
情勢変化への対応	<p>2013.6 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。</p> <p>2015.3 ワークショップの開催、継続して SIP との合同技術交流会開催（合計 4 回、～2017 年 3 月）</p> <p>2016.3 研究開発項目②（大規模水素利用技術の研究開発）公募</p> <p>2016.3 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）公募</p> <p>2018.3 研究開発項目③（超高効率発電システム基盤技術研究開発）公募</p> <p>2018.3 研究開発項目①（水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発）公募</p> <p>2019.1 研究開発項目⑤（炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査）公募</p> <p>2020.3 研究開発項目③（従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発研究）公募</p>	
中間評価結果への対応	<p>2017 に 2 回目の中間評価を実施し、各研究開発項目の進捗と整合性・連携状況の確認、政策動向・業界技術動向の把握等を行い、後期 5 年は以下の研究開発項目を新たに追加して実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発 ・高効率発電システム基盤技術研究開発 ・炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査 <p>その結果、事業における研究開発は基礎基盤の研究開発フェーズにシフトし、大学・国研といった事業化フェーズの役割を直接担うことが想定しにくい事業者の比率が増加した。そのため、研究開発成果を産業界へスムーズに橋渡しするために、研究開発成果の社会実装への貢献イメージの共有、目標とするアウトプットのイメージを共有など、確度高く社会実装されるための活動を推進した。</p>	
評価に関する事項	事前評価	2013 年度 実施 担当部 新エネルギー部
	中間評価	2015 年度 中間評価実施
	中間評価	2017 年度 中間評価実施
	中間評価	2020 年度 中間評価実施 次世代電池・水素部
3. 研究開発成果について	<p>①水電解水素製造技術高度化のための基盤技術開発</p> <p>アルカリ水電解システムの変動試験による電極、隔膜の劣化特性を評価し、シャットダウン過程の繰り返しにより過電圧が上昇することが判明した。大型電解装置では累計 12,000 時間の長期運転の実績を積み上げた。</p> <p>SOEC においては、セル・スタック構成部材の劣化要因を抽出して劣化機構を解明した。また、変動入力による劣化加速が少なく、長寿命化可能な SOEC セルの設計指針素案を策定した。</p>	

	<p>固体高分子形水電解においては、高性能、高耐久、低コストを成立させるべく、新規導電担体フリーの IrRu ナノ粒子連結触媒及び非貴金属 Mn 系酸化物触媒を開発した。</p> <p>アニオン交換膜型水電解においては、超高分子量型ポリマーを開発し、水電解セルで 0.6 A/cm² で 1.68 V (1M KOH) という高い性能を得た。また、無電解析出法による NiFe 酸化物触媒を開発した。</p> <p>評価試験法の構築においては、アルカリ水電解及び固体高分子水電解の劣化機構を解明するための評価解析試験法、加速劣化試験プロトコルを開発、材料・セルに関する設計指針原案を策定した。</p> <p>②大規模水素利用技術の研究開発</p> <p>250MW 級利用技術の開発では、逆火耐性がある多孔噴流燃焼器（クラスタバーナ）を採用した解析・非燃焼試験（気流試験）による単孔ノズルの基本設計、縮小モデルバーナを設計・製作し、燃焼試験による低圧・中圧試験条件において、フラッシュバックの発生無く、安定燃焼を実現し、実機換算により NOx が 50ppm(15% O₂ 換算) を下回る目途を得た。</p> <p>2 MW 級利用技術の開発では、50%から 100%負荷運転に相当する条件で NOx 35ppm 以下を達成するとともに、エンジンでの急負荷遮断および負荷投入を模擬した水素流量の急増減操作下での安定した水素燃焼を確認した。更に、高圧水素燃焼試験において、定格相当条件を 2 時間保持する試験で燃焼器部品に問題がないことを確認するとともに、水素着火試験における安定した着火性及びエンジンの起動（エンジンの低回転数）条件での安定した燃焼状態を確認した。</p> <p>③超高発電システム基盤技術研究開発効率</p> <p>1700℃級効率追求型のシステムは技術的には成立しうるものの、酸素製造設備など周辺機器を含めると経済成立性の面では厳しく、コスト削減が必要であることから、システムの構成を見直した1,400℃級合理化案では、経済成立性を満足しながら発電効率68%以上を達成できることを示した。技術の実現性の確度向上に鑑み、今後はまずはクローズド型ガスタービンの共通基盤として1,400℃級の実証試験を実現させて、次のステップとして1,700℃級クローズド型ガスタービンを目指すことを実用化シナリオ案とした。</p> <p>④エネルギーキャリアシステム調査・研究</p> <p>水素分離膜（シリカ膜）として世界最高レベルの性能を得るとともに、70mmL から 500mmL への長尺化に成功した。また、反応管を選ばない実用的モジュール構造を開発した。</p> <p>1,500 時間の加速耐久試験による劣化率の検証を行い、メンテナンス等を考慮した実用的な耐久性（15,000 時間以上）を見通した。また、不純物についても膜への影響がないことを確認した。</p> <p>コジェネシステム等として、SOFC、PEFC、水素ステーションを設定し、原料 MCH 量等を評価した。その結果、水素ステーションでは既存法とほぼ同等であるが、SOFC では分離膜の適用により約 15%、PEFC では約 10%の削減が可能であることを確認した。</p> <p>⑤炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査</p> <p>メタン熱分解に関する中核技術として反応器や触媒技術・経済成立性の観点で絞込をすすめた結果、触媒と炭素の分離、触媒失活回避、分解反応炉の最適設計など課題が整理された。また、生成炭素の用途の拡大と価値の創出、加えて安全性等もプラスの潜在力を確認できた。</p>
投稿論文	前・後期合計：29 件、 内 2018 年度～2020 年度：13 件（2020 年 8 月 25 日現在）
特 許	前・後期合計：「出願済」71 件(うち国際出願 9 件)、「登録」12 件、これらの内 2018 年度～2020 年度：「出願済」29 件(うち国際出願 5 件)、「登録」0 件 (同上)
その他の外部発表 (プレス発表等)	前・後期合計：研究発表・講演(557 件)／雑誌・図書等への掲載(102 件)（新聞記事は除外）、展示会へ出展(66 件)（同上）、 内 2018 年度～2020 年度：研究発表・講演(200 件)／雑誌・図書等への掲載 (35 件)（新聞記事は除外）、展示会へ出展（12 件）（同上）、

<p>4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて</p>	<p>①水電解水素製造技術高度化のための基盤技術開発 再エネ由来の変動電源に対する評価プロトコルの開発、劣化メカニズムの解明といった評価解析基盤技術を構築し、触媒、電解質といった材料開発、セル、電解槽における高性能・高耐久化とシステム規模での低コスト化を継続して検討することで、2030年以降の実用化を見通した。</p> <p>②大規模水素利用技術の研究開発 数 MW～数百 MW 級の水素専焼ガスタービンをターゲットに研究開発を実施し、低 NO_xでの逆火のない安定した燃焼等、製品化に必要な基本性能を確認したことから、本格的な実証フェーズに移行するための技術レベルに到達した。その結果、次のフェーズとしての助成事業に採択され、実証試験を実施中である。</p> <p>③超高効率発電システム基盤技術研究開発 1,700℃級効率追求型のシステムは技術的には成立しうるものの、酸素製造設備など周辺機器を含めると経済成立性の面では厳しい結果となったことから、システム構成を見直した1,400℃級合理化案のシステムにおいて経済成立性を満足しながら発電効率68%以上を達成できることを示した。この結果、2022年までに1,400℃級にて実証実験実施を可能とする計画を策定して2023年以降の次のフェーズの研究開発を目指すこととした。</p> <p>④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 MCH 脱水素プロセスと SOFC の組み合わせでメンブレンリアクターの経済優位性が確認できたことから、大規模化の検討とシステム規模での低コスト化を継続して検討することで、2030年以降の実用化を見通した。</p> <p>⑤炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査 メタン等の炭化水素等をはじめとした多様な水素化合物源から、二酸化炭素を排出せずに安価かつ大量の水素を製造するという、コア技術の可能性を調査した。その結果を踏まえて 2020 年には技術成立性と経済性に関する外部有識者からの評価を行うことで、2021 年度以降に当該研究開発項目を継続するか否かを審査する。</p>	
<p>5. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>2014 年 2 月 制定</p> <p>2014 年 3 月 制定</p> <p>2016 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</p> <p>2017 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</p> <p>2017 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</p> <p>2018 年 3 月 中間評価結果（2017年度）を踏まえ、事業期間の延長及び後期 5 年における実施内容の追加による改訂</p> <p>2018 年 5 月 プロジェクトマネージャー変更による改訂</p> <p>2019 年 1 月 研究開発項目②の達成目標の一部修正及び期間延長、研究開発項目⑤の追加</p> <p>2020 年 3 月 研究開発項目③の実施内容と名称の変更</p>