

「水素利用等先導研究開発事業」(中間評価)

(2013年度～2022年度 10年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

次世代電池・水素部

2020年10月19日

1. 事業の位置づけ・必要性



2. 研究開発マネジメント



3. 研究開発成果



4. 成果の実用化に向けた取組
及び見通し

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権等の確保に向けた取組

- (1)成果の実用化に向けた戦略
- (2)成果の実用化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化の見通し

◆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

- 水素周りの特に主要な政策等は以下のとおり。

内閣

- 2050年を見据えたビジョン（水素をエネルギーの選択肢の1つとする）と、2030年までの導入目標値を提示

水素基本戦略

経済産業省(METI)

- 技術のスペックやコスト内訳について、様々な目標値を設定するとともに、取り組み内容を記述

水素・燃料電池戦略ロードマップ

NEDO

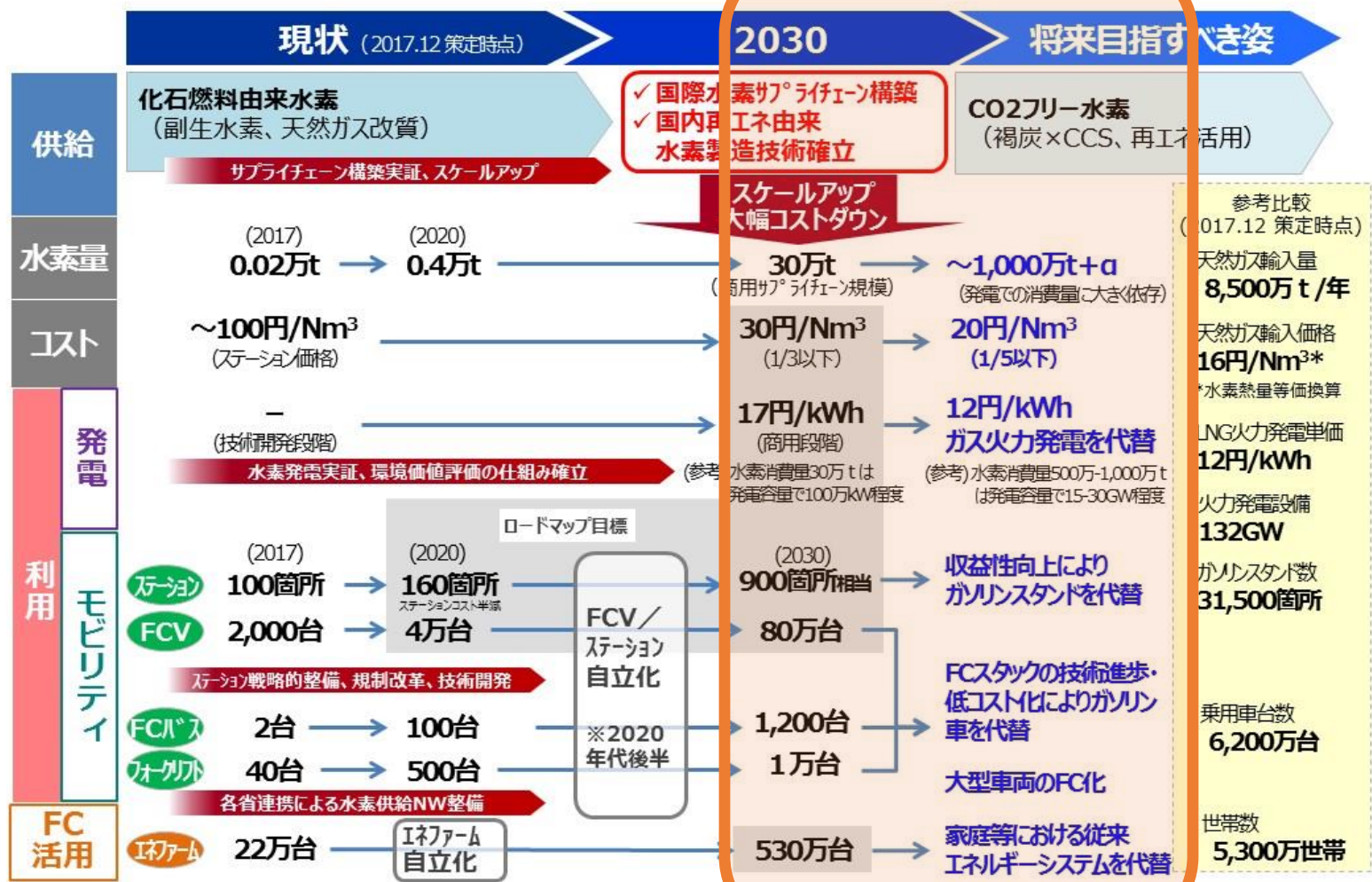
- 国の目標達成に向けた技術課題を設定
- 技術課題克服へ向けた研究開発、実証プロジェクトを展開

NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ 研究開発、実証プロジェクト

◆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



◆政策的位置付け

➤ 経済産業省(METI)「水素・燃料電池戦略ロードマップ」(2019年3月改訂)でも、本事業の内容は今我が国が取り組むべきアクションプランとして明確に位置づけられている。

(アクションプランの一例)

- 水電解装置の効率、耐久性の向上に向けた研究開発。
- 従来法に比して原理的に水素製造効率が高く、熱の循環利用による高効率な電力貯蔵システムを可能とする高温水蒸気電解技術の開発。
- 化石資源から水素と炭素を直接分解する水素製造等の技術開発。
- 低NOx燃焼器の開発や燃焼振動対策、冷却技術の開発など、将来的な水素専焼発電の実現に必要な技術開発。
- 低コストかつ高効率なエネルギーキャリア開発。

◆政策的位置付け

- その他、水素社会の実現に向けた政府の動きが本格化。

2014.4 エネルギー基本計画

⇒将来の有望な二次エネルギー、「水素社会」に言及

2014.6 経済産業省「水素・燃料電池戦略ロードマップ」策定

2015.12 気候変動枠組条約第21回締約国会合（COP21）

⇒「パリ協定」の成立

2016.3 「水素・燃料電池戦略ロードマップ」改訂

⇒FCV台数、水素ステーション設置数目標設定

2017.12 水素基本戦略

⇒府省横断的な、世界で初めての水素「戦略」

2018.7 エネルギー基本計画

⇒エネルギー安全保障と温暖化対策の切り札として水素の研究開発の
必要性を明確化

2018.10 水素閣僚会議2018

2019.3 「水素・燃料電池戦略ロードマップ」改定

⇒アクションプランの明確化

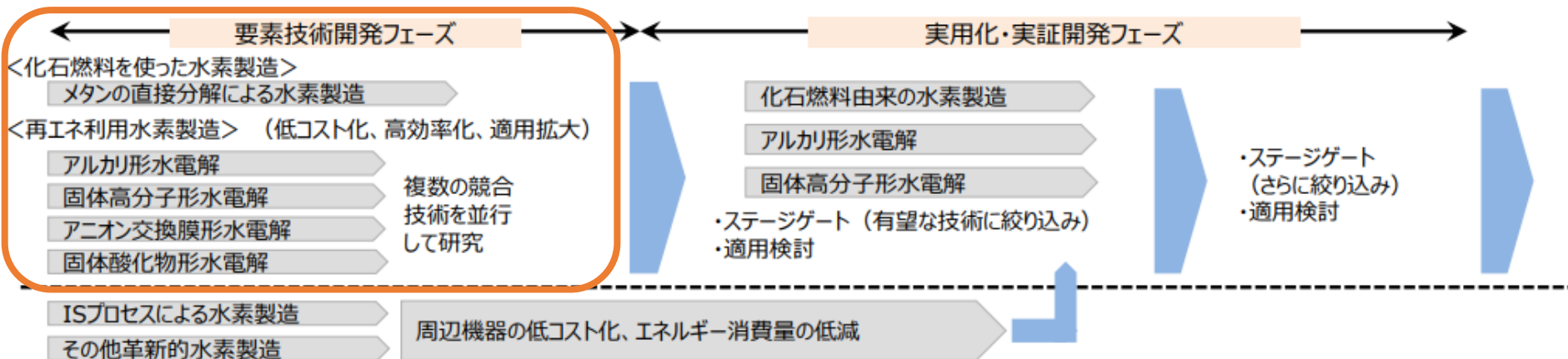
2019.10 水素閣僚会議2019

◆ 技術戦略上の位置付け

➤ 政府の技術戦略上でも水素が重要分野として位置付け。

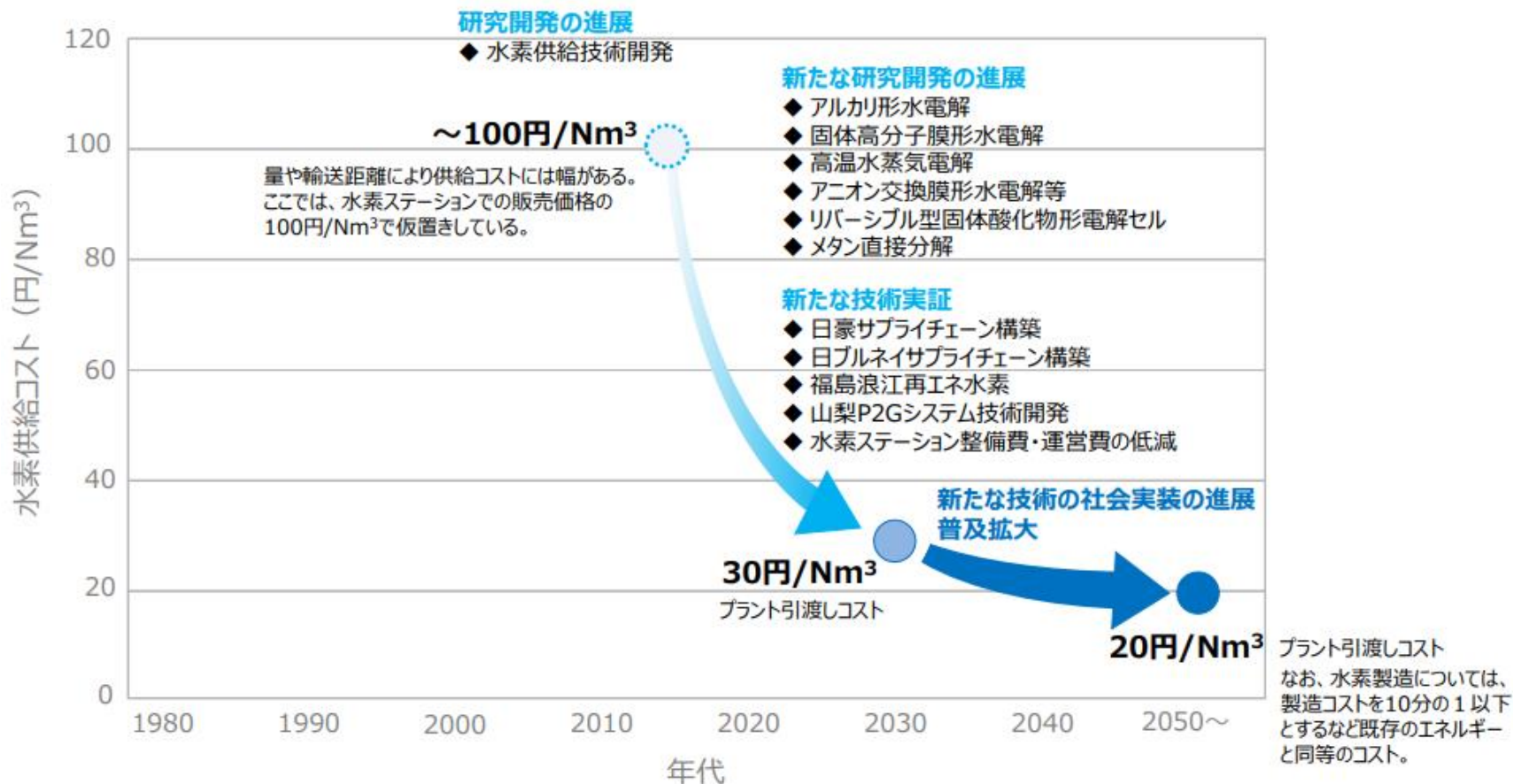
■ 革新的環境イノベーション戦略（2020年1月公表）

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と同等とする」としている。



◆国内外の研究開発の動向

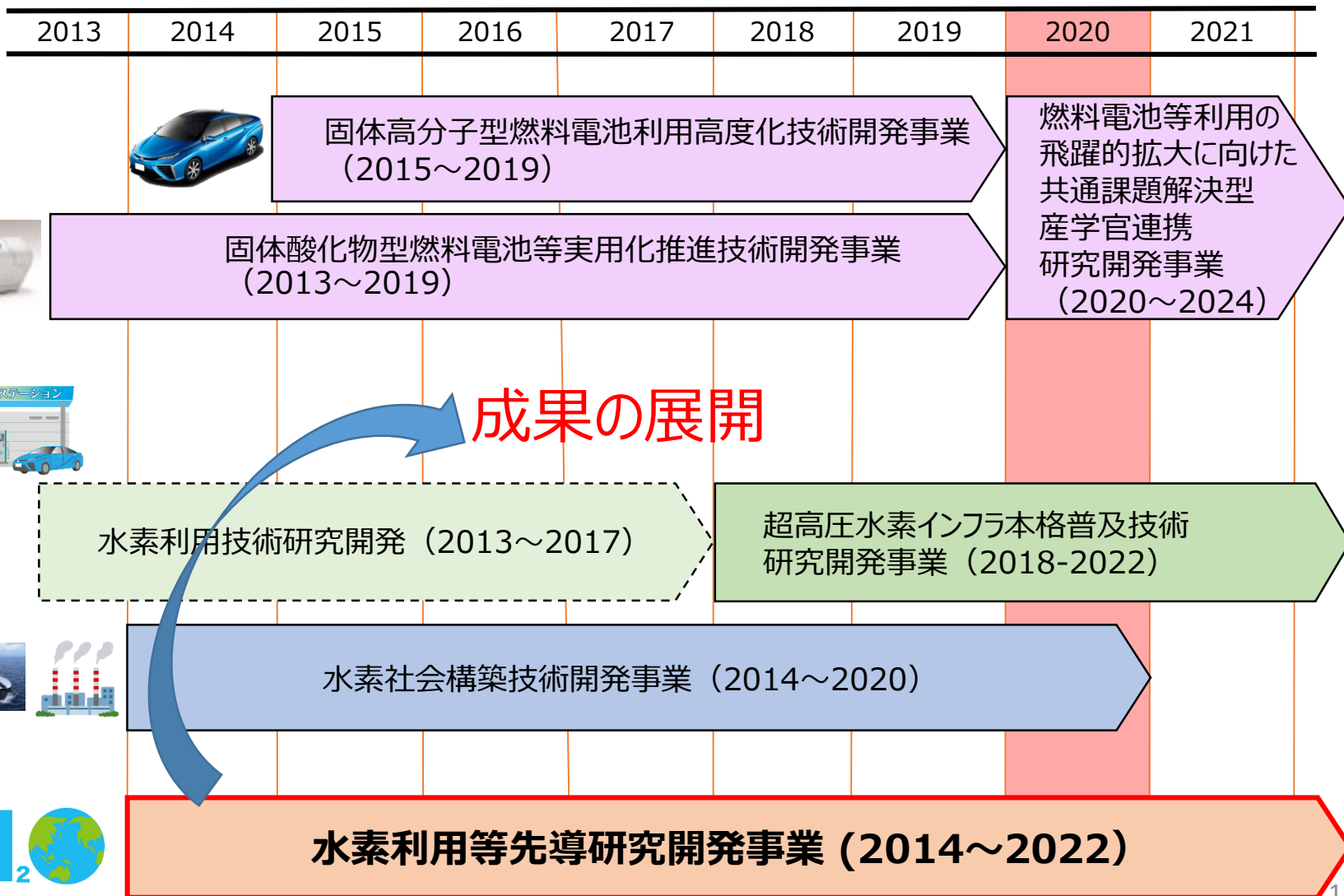
研究分野	海外の動向例	国内の動向
全体	<ul style="list-style-type: none"> EUは「再生可能エネルギー(特に風力、太陽光)および水素利用技術」にフォーカスした7,500億ユーロ(89兆円)の景気回復パッケージを発表。 英国ガスネットワーク会社5社は経済対策の一環として9億ポンド(1,200億円)のガスネットワークインフラへの投資を解放。 	<ul style="list-style-type: none"> 水素基本戦略等で従来より活動中。
水素製造	<ul style="list-style-type: none"> アルカリ水電解: Nel、Hydrogenics等が、大規模開発・実証を推進している。 固体高分子型水電解(PEM): Siemens、Nel、Hydrogenics、ITM Power等が、大規模開発・実証を推進している。 豪州Hazer社が、天然ガス及び類似のメタン原料に鉄鉱石触媒を利用して水素及びグラファイトに転換するプロセスを開発。 ドイツは経済へのテコ入れの一環として「国内外での水素製造能力の拡大」に90億ユーロ(1.1兆円)を計上。 デンマークでは「大規模な水素生産」への11億ユーロ(1,300億円)の投資含む政府提案を提出。 	<ul style="list-style-type: none"> アルカリ水電解: 旭化成が本事業で、再エネを利用した世界最大級の10MW級大型電解槽を開発した。 SOEC: 東芝が本事業で、原単位4kWh/Nm³-H₂以下を目指した高効率SOECを開発中。

◆国内外の研究開発の動向

研究分野	海外の動向例	国内の動向
輸送貯蔵	<ul style="list-style-type: none"> 欧米では100～200km規模の水素専用パイプラインが複数整備されている。 ノルウェーは水素戦略において、水電解や天然ガス改質等で製造した水素をパイプラインや船舶で輸出する可能性に言及している。 	<ul style="list-style-type: none"> 日本独自である、未利用エネルギー(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)。 本事業にて川崎重工が液化水素システム、3,000m³級液体水素タンクシステムを開発した。
水素利用	<ul style="list-style-type: none"> オランダでは、440MW天然ガス発電所のうちの1つを、水素専焼に転換する事業のFSを実施中。 ポルトガル政府は国家水素戦略を承認、70億ユーロ(8,800億円)を投資、水素利用拡大により天然ガス輸入量を削減。 	<ul style="list-style-type: none"> FCV、エネファームが拡大中。 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。

◆他事業との関係

- N E D O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。



事例①水電解水素製造技術（旭化成(株)：アルカリ水電解）

2013年～2019年に実施。低コスト高効率での大型（MW級）アルカリ水電解装置を開発し、約1.2万時間の長期運転で劣化が無いことを確認。

- 研究成果は「**水素社会構築技術開発事業／水素エネルギーシステム技術開発／再エネ利用水素システムの事業モデル構築と大規模実証に係る技術開発**」に移転。
- 再エネを大量導入した際の水素活用に向けたシステム実証（福島水素エネルギー研究フィールド）の水電解システムに活用。

本事業で開発した大型電解装置の仕様

セル電圧

1.78 V (@0.6 A/cm²)

電解セル面積

約3m² /セル

電流密度

最大 0.6 A/cm²

水素生産能力

～25Nm³/h

運転温度

<90℃

運転圧力

常圧



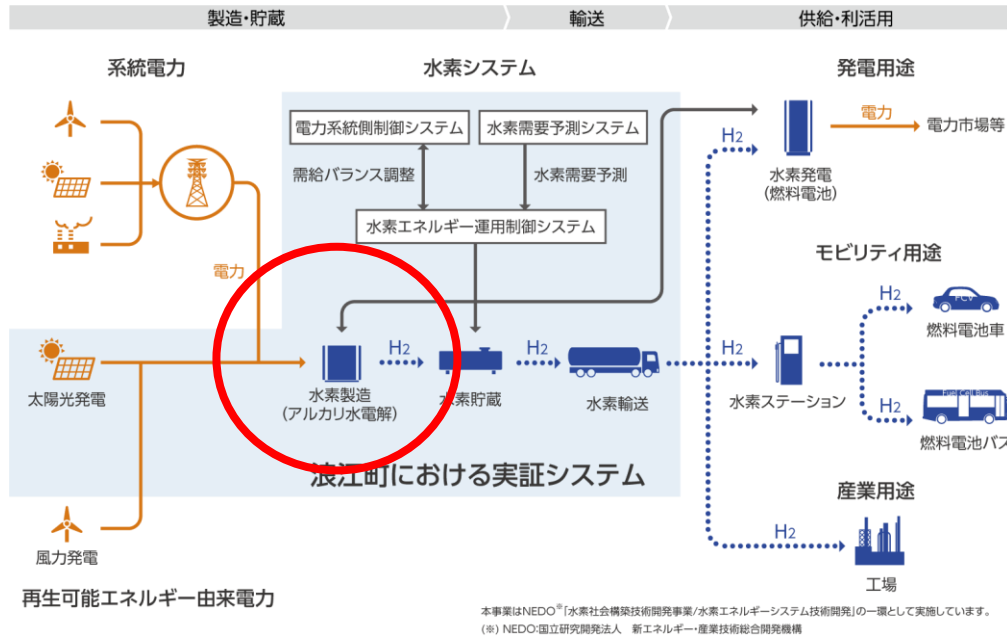
【参考】福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）へ導入された水電解装置の主な仕様

- ・整流器定格出力：10MW
- ・最大水素供給量：2000Nm³/h（1ユニットサイズとして世界最大）
- ・セル面積：2.7m²/セル
- ・セル数：170対

事例①の技術移転先の事業概要

福島県にて、再エネを大量導入した際の水素活用に向けたシステム実証開始

事業期間：2016年9月～2022年度



項目	仕様
機能	(1)水素製造・貯蔵・供給 (2)電力系統の需給バランス調整 (上げ・下げDemand Response)
年間水素製造能力 (定格)	900t-H ₂ /年
水素製造装置入力電力	(最大) 10MW (定格) 6MW (範囲) 1.5MW ~ 10MW

実証内容：

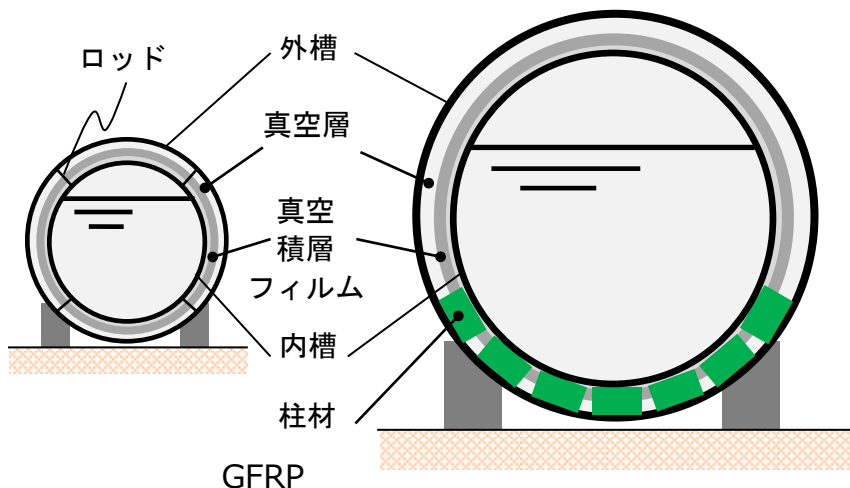
- 再エネの利用拡大を見据えた電力系統の需給バランス調整のための水素活用/販売事業モデルの確立
- 大規模再エネ水素エネルギーマネジメントシステムの開発/実用化

事例②液化水素貯蔵技術 (川崎重工業(株) : 超高性能断熱タンク)

2013年～2017年に実施。3,000m³級液体水素タンクシステムの構造・断熱などの重要基盤技術を確立。

- 研究成果は、「**水素社会構築技術開発事業 / 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**」に移転。
- 豪州の未利用エネルギーである褐炭を用いて水素を製造し、貯蔵・輸送・利用までが一体となった液化水素サプライチェーン実証において2019年度末に進水式を行った大型液水運搬船「すいそふろんていあ」に当該技術が導入。

1,000m³タンク試験設備外観と仕様



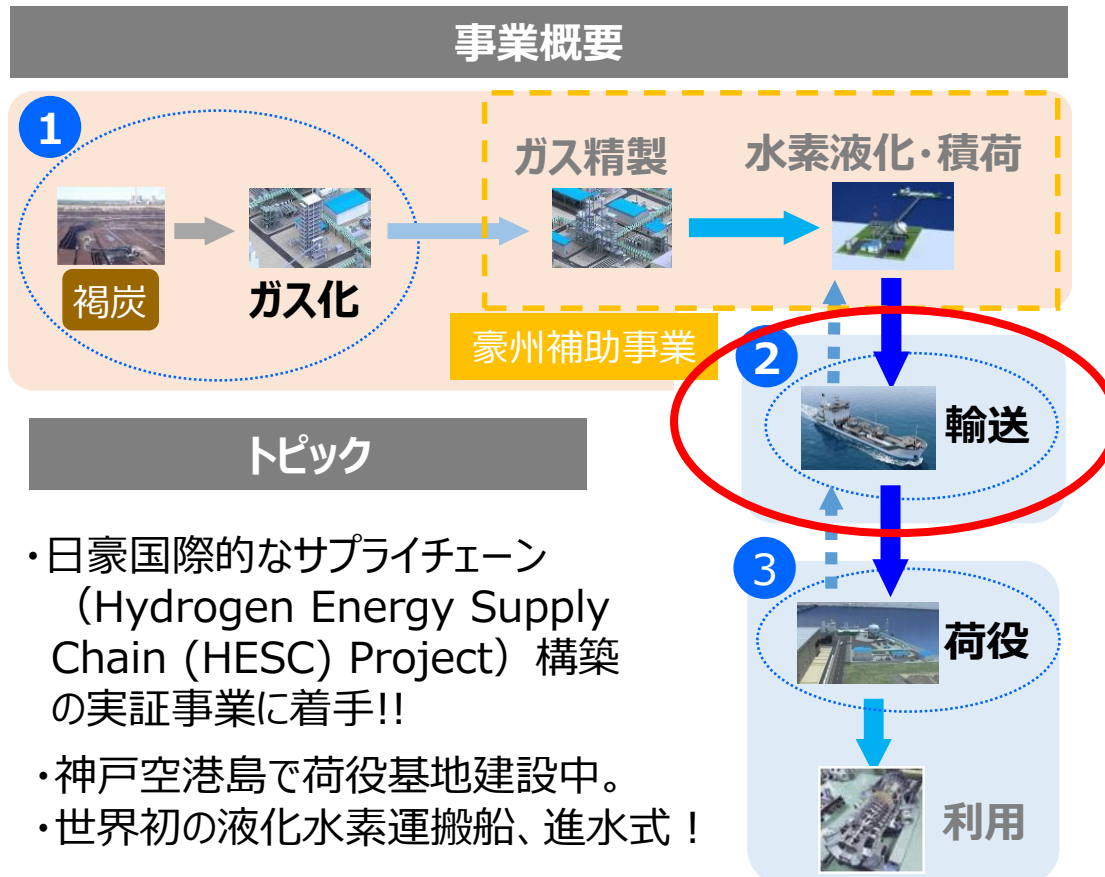
真空二重殻タンク構造(1)
(左：従来技術 右：本開発)



項目	仕様
形状	外径11 m × 長さ17 m
重量	200トン (うち内槽85トン)
容量	1,000 m ³ (幾何容積)
材質	オーステナイト系ステンレス鋼
板厚	15～30 mm
断熱方式	真空積層フィルム断熱

事例②の技術移転先の事業概要

- 豪州の未利用エネルギーである褐炭を用いて水素を製造し、貯蔵・輸送・利用までが一体となった液化水素サプライチェーン構築を目指す。
- 本事業では「①褐炭ガス化技術」「②液化水素の長距離大量輸送技術」「③液化水素荷役技術」を開発する。



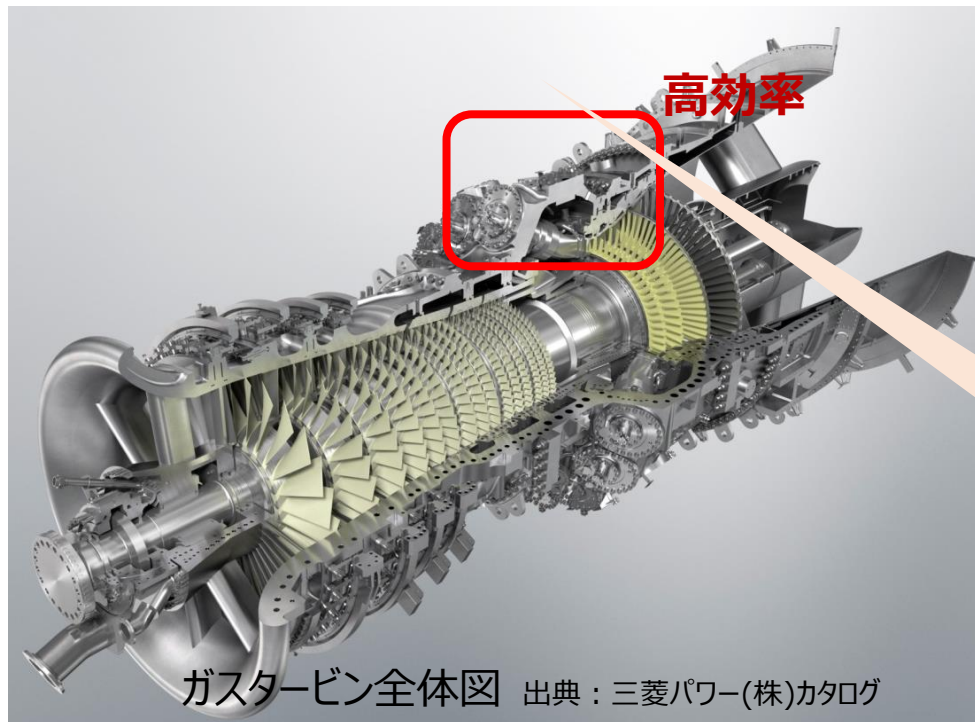
- ・日豪国際的なサプライチェーン (Hydrogen Energy Supply Chain (HESC) Project) 構築の実証事業に着手!!
- ・神戸空港島で荷役基地建設中。
- ・世界初の液化水素運搬船、進水式!

* 三菱パワー(株)に社名変更(2020.9.1)

事例③大型水素発電技術 (三菱重工業(株)/三菱日立パワーシステムズ(株)*)

2016年～2019年に実施。数百MW級発電事業者向け大型ガスタービンに適用可能な水素専焼ドライ低NOx燃焼器を開発。

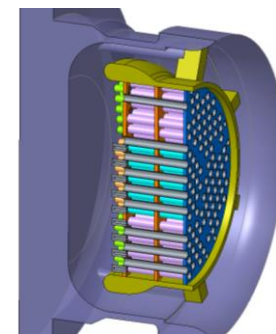
- 研究成果は2020年度に「**水素社会構築技術開発事業／大規模水素エネルギー利用技術開発／低炭素社会実現に向けた水素専焼対応型DryLowNOx高温ガスタービン発電設備の研究開発**」に移転。
- 2020年から、低炭素社会実現に向けた水素専焼対応型DryLowNOx高温ガスタービン発電設備の実証を開始。



ガスタービン全体図 出典：三菱パワー(株)カタログ

燃焼器

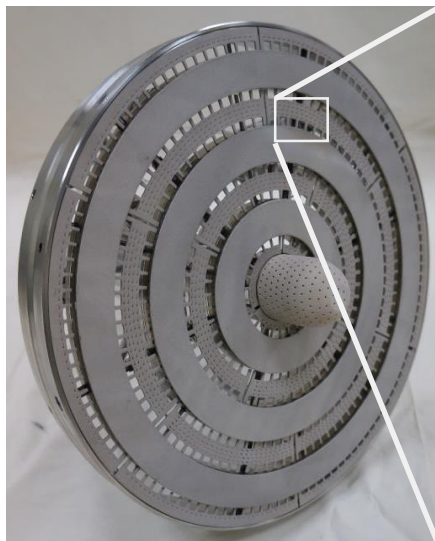
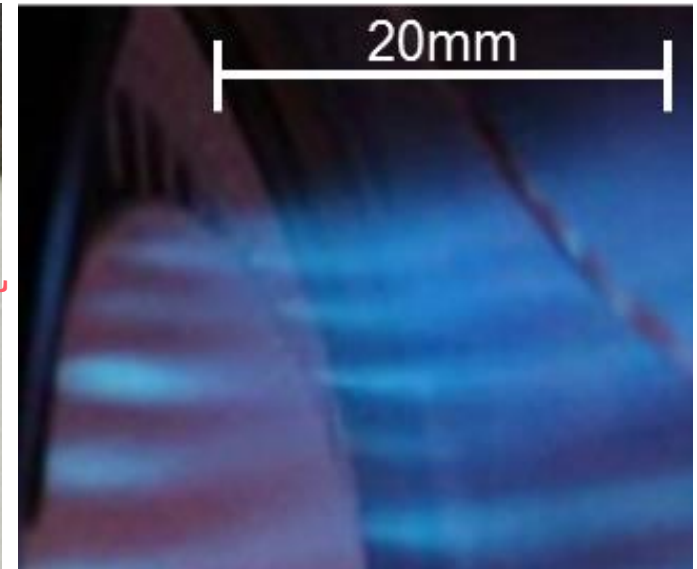
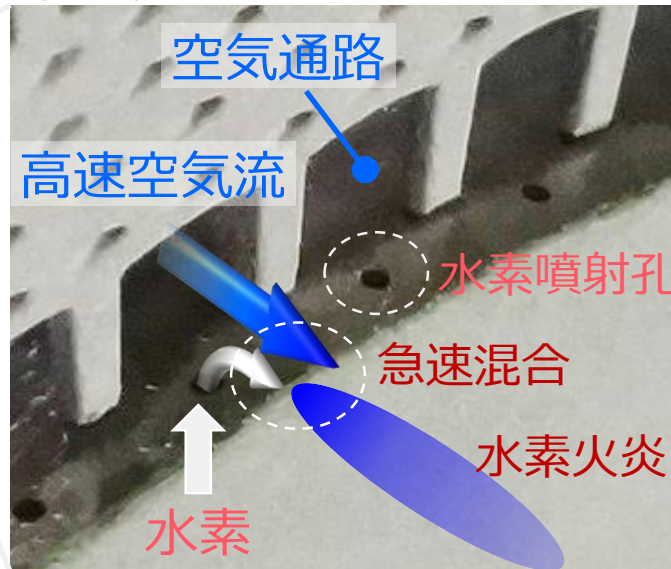
空気と燃料を混合、燃焼させて、タービンを作動する為の高温/高压ガスを生成させる。



クラスタバーナ

事例④小型水素発電技術 (川崎重工業(株) : 水素専焼GT) 2016年～2018年に実施。2MW級自家発電用小型ガスタービンに適用可能な水素専焼ドライ低NO_x燃焼器を開発。

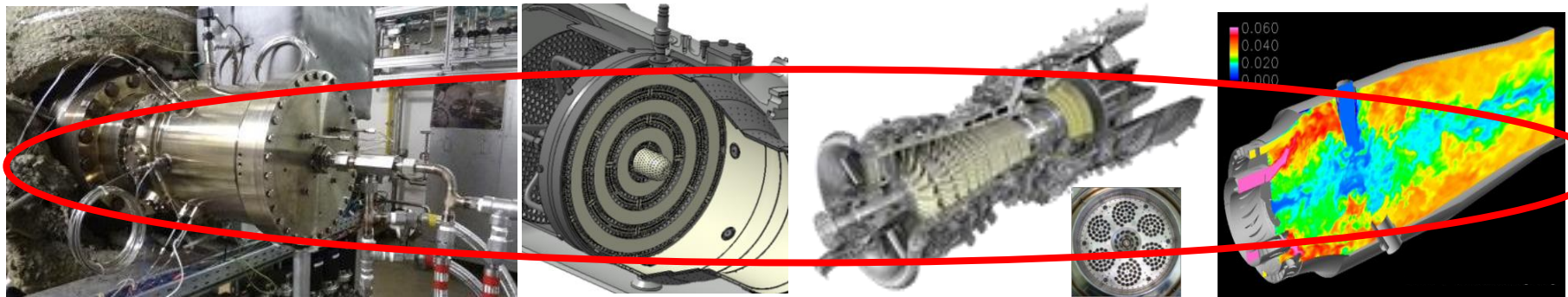
- プロジェクト成果は2019年度に、「**水素社会構築技術開発事業 / 大規模水素エネルギー利用技術開発 / ドライ低NO_x水素専焼ガスタービン技術開発・実証事業**」に移転。
- 2019年から、水素を燃料として既存の燃料と同等の発電効率、耐久性、環境性（低NO_x）を満たす専焼で発電する技術や、水素発電を組み込んだ低運用コストのエネルギーシステム技術の実証中。

低NO_x水素バーナ

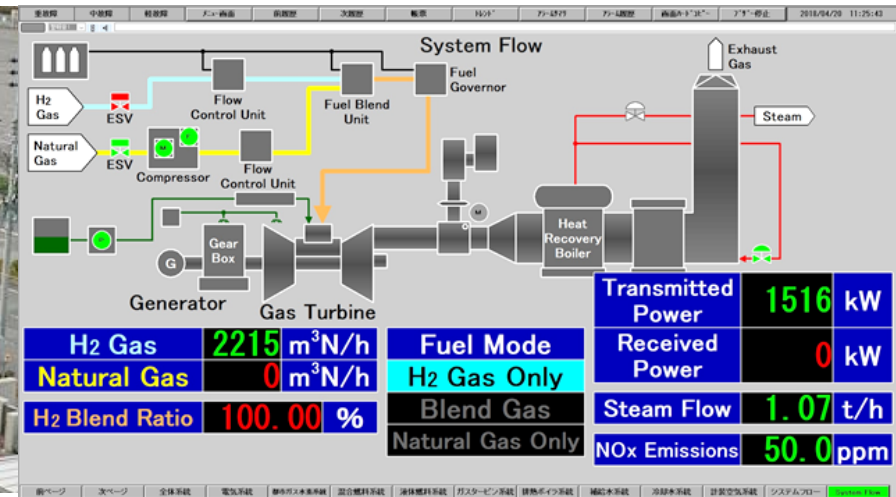
事例④の技術移転先の事業概要

- 水素を燃料とする1MW級ガスタービンの発電設備を用いて、地域レベルでの「電気」「熱」のエネルギー効率利用を目指す新エネルギーシステムを開発して実証運転する。
- 水素専焼ガスタービンの燃焼安定性の検証、双方向蒸気融通技術の確立、統合型EMSの経済的運用モデルを確立。

水素用ガスタービン燃焼器の開発



水素ガスタービンを用いた地域熱電供給実証



◆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。

基礎


応用

NEDO



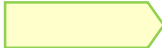
・水素利用等先導研究開発事業

成果移管



・水素社会構築技術開発事業 他

JST(CREST)




・再生可能エネルギーからのエネルギーキャリアの製造とその利用のための革新的基盤技術の創出
(アンモニア・ギ酸・アルコール合成等)

内閣府(SIP)




・エネルギーキャリア
(アンモニア合成・直接燃焼、水素エンジン等)

環境省



・地域連携・低炭素水素技術実証事業
(家畜糞尿・プラスチック由来水素製造等)

国土交通省



・下水道革新的技術実証事業
(下水バイオガス由来水素製造等)

1. 事業の位置付け・必要性

(1) 事業の目的の妥当性

- サプライチェーンを構成する「水素製造」、「輸送・貯蔵」、「利用」まで多様な技術をマッピング。
- P L (栗山信宏(産総研))や産業界等との対話を踏まえて今取り組むべき優先課題を抽出。
- 現在は、早急に水素20円/m³を達成するための最重要課題である水素製造と大規模利用に特化。

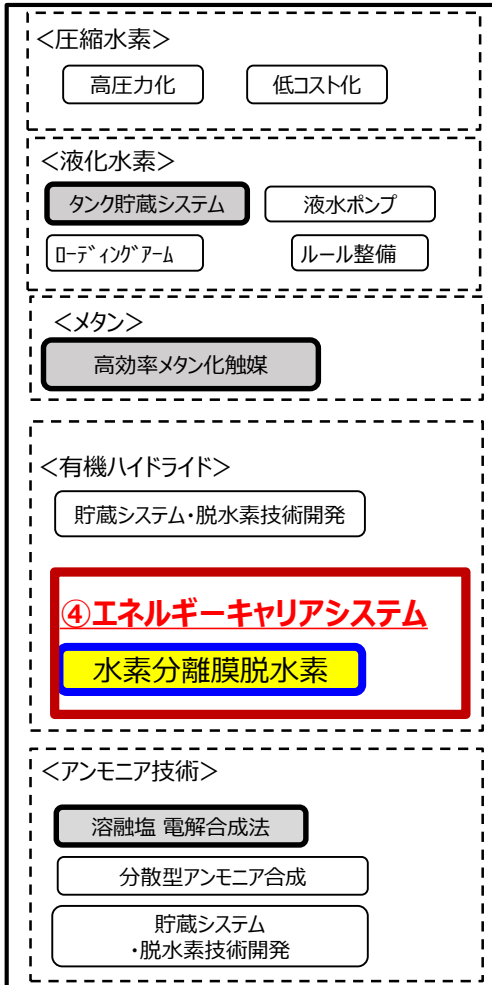
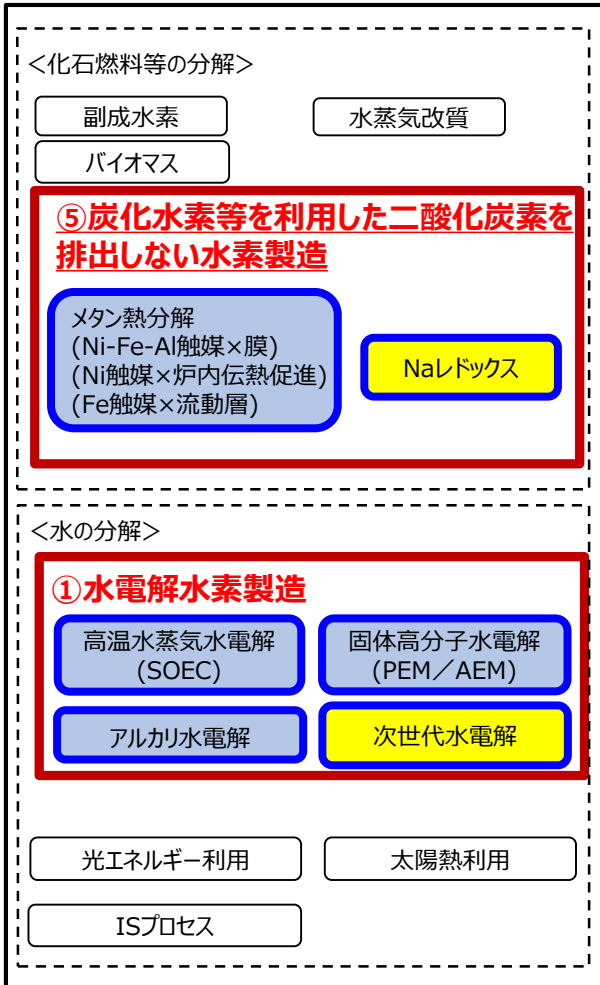
水素製造



キャリア転換・大規模輸送・貯蔵システム



水素利用

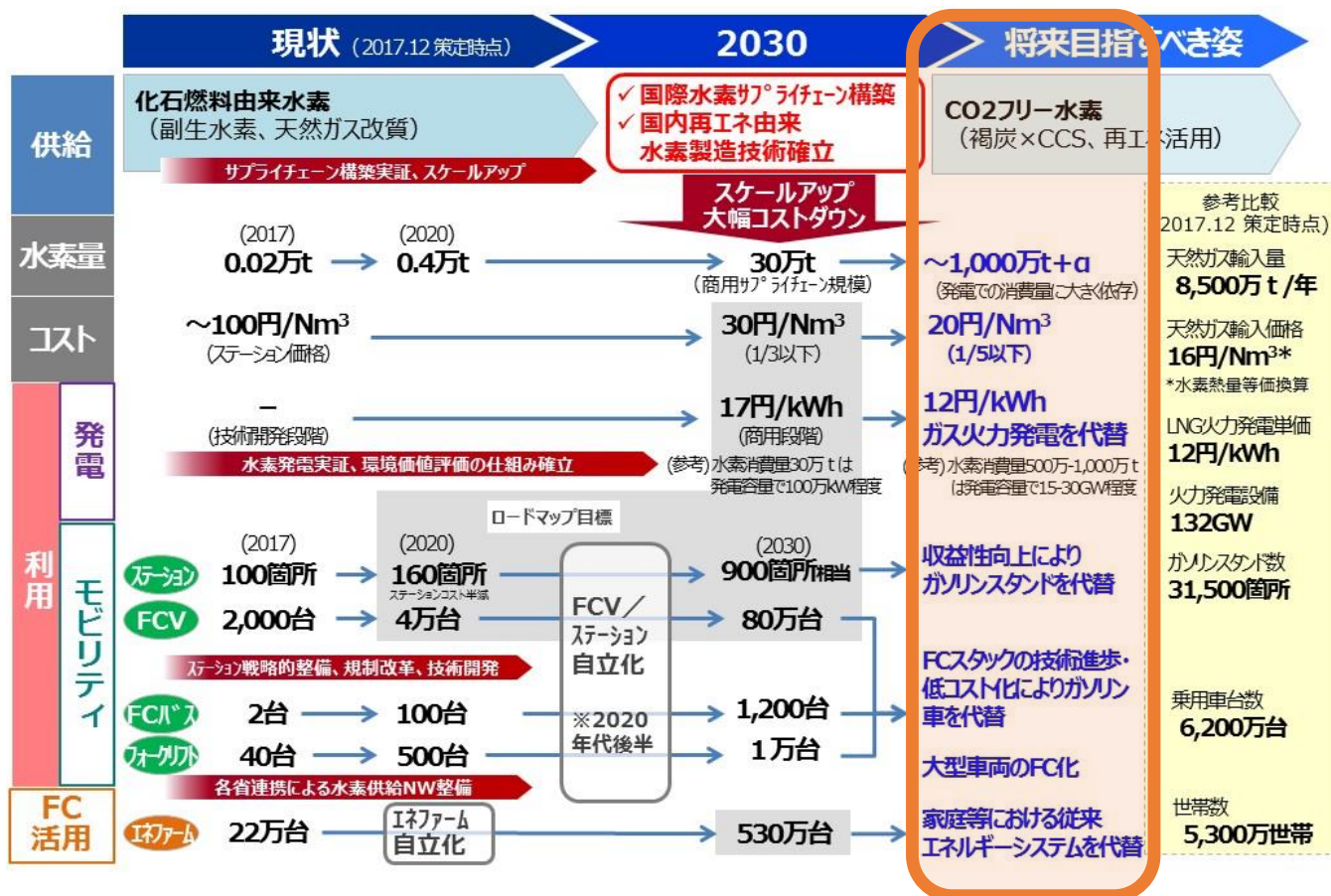


◆NEDOが関与する意義

- 社会に新規のエネルギー種を導入することは事業化リスクが高く、投資規模が大きいことから個別の民間企業等が取り組むことは困難であるため、国家プロジェクトとして資金を提供するスキームが必要である。
- 水素社会の実現には水素の「製造、輸送・貯蔵、利用」といった一連のサプライチェーンの構築が必要不可欠であり全体を俯瞰しながら個別要素研究を推進する必要があるが、それを遂行可能な個別企業は存在しないためN E D Oが国家プロジェクトを運営する必要がある。
- 国家プロジェクトというスキームは多様な機関（アカデミア、公的研究機関、企業等）が連携して共通課題に対処する研究開発体制の構築のトリガーとなる。
- 創出した成果を効果的かつ効率的に次の実用化フェーズの国家プロジェクトへ移行することが可能である。
- 水素閣僚会議、IPHE（国際水素・燃料電池パートナーシップ）等の政府間ハイレベル会合への参加を通じて各国政策機関と密に情報を共有し、必要に応じて迅速に国家プロジェクト運営に反映することや、各国政府に必要事項をインプット可能である。

◆実施の効果

- 本事業は、まさに水素基本戦略が示す将来目指すべき姿の実現を目指すもの。
- 世界的な脱二酸化炭素の大潮流の中で①利用時に二酸化炭素を発生しないこと、②出力変動を伴う再生可能エネルギーの電力インバランス調整、③原料となる水素化合物が地球上に普遍的に存在するというエネルギー安全保障、等を考慮すると新たなエネルギー媒体としての水素サプライチェーンの構築は必要不可欠。



◆研究開発項目とスケジュール

- 2018年度以降は5つの**研究開発項目**を実施。(次葉以降にて各項目の目標を説明)
- 特に技術成熟度が低い**基礎基盤フェーズ**のテーマは、2年目の継続可否審査でその技術成立性、経済成立性等を確認し、その後の継続可否や体制改変等を議論。

項目	2018	2019	2020	2021	2022
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				
②	大規模水素利用技術の研究開発				
③	超高効率発電システム 基盤技術研究開発	研究開発項目 継続可否審査	公募	従来技術を凌駕する超高効率発電共 通基盤研究開発	
④	エネルギーキャリアシステム 調査・研究				
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		研究開発項目 継続可否審査	公募 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

中間評価

事後評価

◆各研究開発項目の目標と主な設定根拠

➤ 基本計画における目標と政策上の主な設定根拠は以下のとおり。

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」

【研究開発内容】

アニオン交換膜（AEM）型水電解技術等の先端研究、変動電源に対する各種水電解技術の劣化機構の解明及び電解性能や劣化に関する共通評価手法の開発等。

【中間目標（2020年度）】

- 変動する再生可能エネルギーに対する劣化メカニズムの解明
- 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

【最終目標（2022年度）】

- 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の確立

【主な設定根拠】

水素基本戦略に「2030年頃に～中略～30円/Nm³程度の水素コストの実現を目指す」という記述。

研究開発項目②「大規模水素利用技術の研究開発」

【研究開発内容】

大規模発電システムにおける水素利用技術の開発。

【中間目標（2017年度）】（2017年度の中間評価で評価済み）

- 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。

【最終目標（2019年度）】

＜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GT）＞

- 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。

＜水素ガスタービン燃焼技術の研究開発（小型GT）＞

- 50%負荷から定格100%負荷相当条件にて、NOx 35ppm以下の達成
- 失火や逆火が生じない、安定燃焼の確認

【主な設定根拠】

大気汚染防止法で定められた70ppm(残存酸素16%換算値)を下回ることを必須とし、マージンの確保を含めて個々に設定。なお、その後の水素・燃料電池戦略ロードマップの記述とも対応する。

＜水素専焼対応型Dry Low NOx高温ガスタービンの研究開発＞については、「2030年頃の商用化を実現」という記述。

＜水素ガスタービン燃焼技術の研究開発＞については、「2020年までに発電効率27%（1MW級、発電端効率、LHV）、NOx35ppm」の記述。

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」

【研究開発内容】

水素サプライチェーンのLCA(Life Cycle Assessment:ライフサイクルアセスメント)全体で二酸化炭素排出をゼロにすることは困難であることから、水素発電技術の更なる高効率化は必要不可欠。従来の開放系サイクルを大幅に凌駕する高効率の発電システムを構築する。

【研究開発項目継続可否審査(2019年度)】

- FSを行い、技術成立性・経済性確保の見通しを提示すること。
- 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こと。
- 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こと。

【最終目標(2022年度)】

- 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を確立する。

【主な設定根拠】

水素基本戦略に「水素を安定的かつ大量に消費する水素発電は国際的なサプライチェーンの構築とセットで進めるべき最重要アプリケーション」との記述。

2019年度継続可否審査において最終目標は「2022年度の事業終了時に実機レベルに移行可能な要素技術を確立すべき」という有識者意見。

研究開発項目④ 「エネルギーキャリアシステム調査・研究」

【研究開発内容】

有機ハイドライド等、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。

【中間目標（2015年度末）】（2017年度の中間評価で評価済み）

- 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。

【最終目標（2019年6月）】

- 前年度までに開発した大面積化及び水素分離性能向上を行ってきた水素分離膜を用いて、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モジュール構造を開発する。
- また、1500時間の耐久試験により劣化率を検証し、少なくとも1万5千時間程度（脱水素触媒と同等以上）の実用的な耐久性があることを見通す。
- 水素分離膜型脱水素プロセスの経済的優位性の確認、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。

【主な設定根拠】

水素基本戦略に「2030年頃に～中略～30円/Nm³程度の水素コストの実現を目指す」との記述。

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」

【研究開発内容】

メタン等の炭化水素やバイオマス資源等をはじめとした水素源から安価かつ大量の水素を製造する、二酸化炭素を排出しないコア技術の可能性を調査する。

【中間目標（2020年度）】

- 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。また、当該技術を活用して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して経済性を提示する。
- 科学的根拠をもって実用面を踏まえた上で、長期目標としての水素コスト20円/Nm³を念頭に置いて、本事業のアウトカム目標である2030年における水素コスト30円/Nm³を目標に、当該技術がどのように貢献するか定量的に示す。当該実用化シナリオ原案を作成するにあたっては、国等が示す関連ロードマップに示す市場規模を用いることとする。

【最終目標（2022年度）】

- 継続可否審査結果を踏まえ、継続することとなった場合には別途定める。

【主な設定根拠】

水素基本戦略に「高効率な水電解・人工光合成、水素高純度化透過膜など、新たな水素製造技術に係る研究」という記述。

水素・燃料電池戦略ロードマップのアクションプランに「化石資源から水素と炭素を直接分解する水素製造等の技術開発」という記述。

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 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						<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						<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。

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ : 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						<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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						<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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						<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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。

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 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

◆非連続ナショナルプロジェクトとは

- N E D Oでは、**社会・経済的インパクトを持つ技術の創出**に貢献するテーマを対象にした「非連続ナショナルプロジェクト」という枠を設定している。具体的には以下のとおり。
 - ✓「非連続ナショナルプロジェクト」とは非連続なイノベーション（非連続な価値の創造）の創出を目的として行われる技術開発事業であって、特にリスクの高い（技術の不確実性）もの。
 - ✓「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を「非連続ナショナルプロジェクト」と定義する。

非連続ナショナルプロジェクトの選定基準と内容

選定基準	内容
非連続的な価値の創造 (プロジェクト全体のアウトカムを基に判断)	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 (アウトプット目標と技術開発内容を基に判断)	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。

- 本事業のうち、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」は非連続ナショナルプロジェクトとして扱う。

各選定基準に合致する理由

選定基準	理由
①非連続的な価値の創造	酸素・水素燃焼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	酸素水素燃焼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。

◆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15グループで研究を推進

N
E
D
O

委託

委託

委託

委託

委託

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

- (1) 旭化成(株) … (2014～2019/前期より継続)
 (2) 東芝エネルギーシステムズ(株)
 (3) 理化学研究所
 (4) 産業技術総合研究所、早稲田大学、北海道大学
 (5) 東京工業大学、神奈川県産業技術総合研究所
 (6) 横浜国立大学、産業技術総合研究所、京都大学、大阪府立大学、東北大学、立命館、
 テノラ・ペルメリック(株)

2018年公募

②大規模水素利用技術の研究開発

- (1) 川崎重工業(株) … (2016～2018)
 (2) 三菱日立パワーシステムズ(株)*、三菱重工業(株) … (2016～2019)

*三菱パワー(株)に社名変更(2020.9.1)

③超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効率発電共通基盤研究開発

- (～2019) 産業技術総合研究所、東京工業大学、エネルギー総合工学研究所、
 川崎重工業(株) … (2019年度終了)
 (2020～) 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
 東京工業大学、大阪大学、電力中央研究所、
 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)

2018年公募

2020年公募

④エネルギーキャリアシステム調査・研究

- (1) 千代田化工建設(株)、地球環境産業技術研究機構 … (2014～2019.6)

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

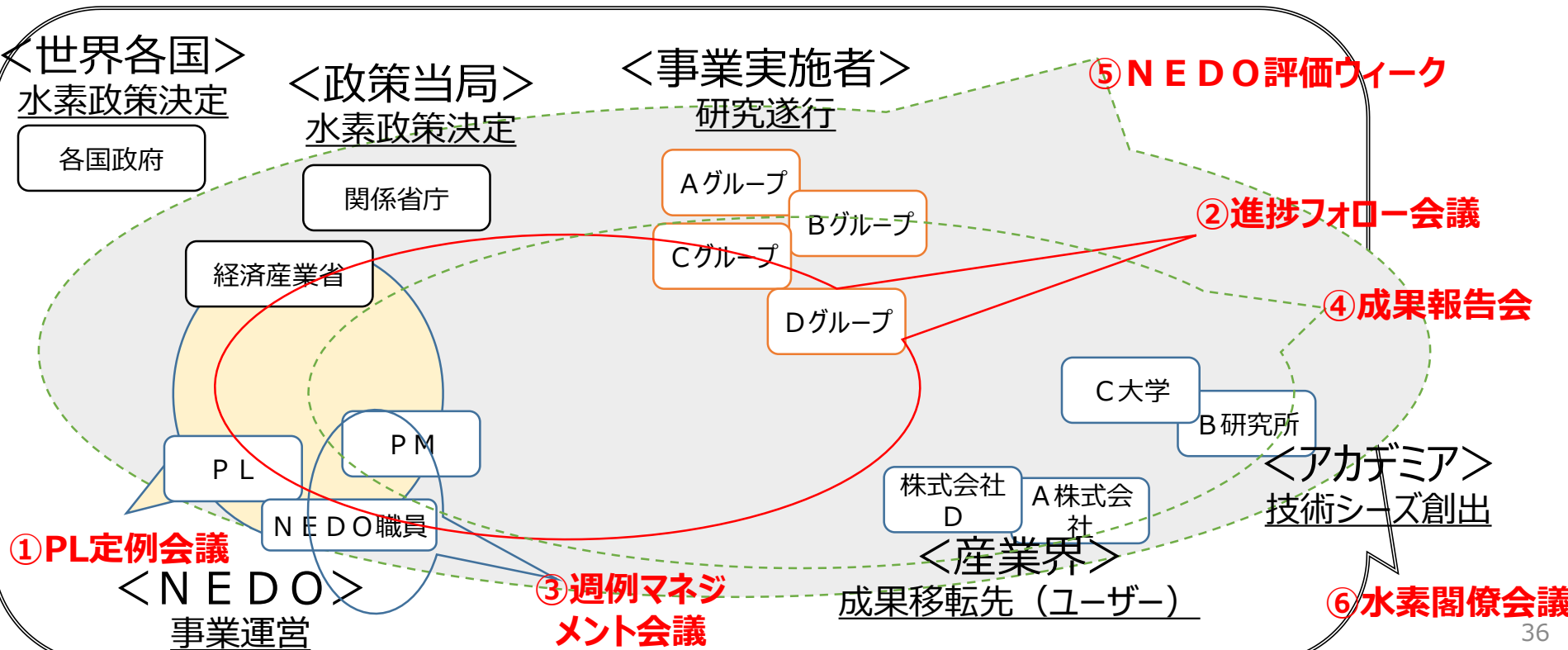
- (1) (株)伊原工業、岐阜大学
 (2) 広島大学 … (2019年度終了)
 (3) 地球環境産業技術研究機構
 (4) 産業技術総合研究所、(株)IHI、京都大学

2019年公募

プロジェクトリーダー
栗山信宏(産総研)

◆ 研究開発の進捗管理

- P Mは事業の資金計画を含む全体を運営。P Lは専門的知見からP Mを支援。
- 研究を遂行する事業実施者の他に、政策決定を担う政策当局、技術の移転先となる産業界、技術シーズを創出するアカデミア等、事業を取り巻く多様なステークホルダーが存在。
- N E D Oは上述のステークホルダーの貴重な意見を踏まえて多層的なチェック機能によるマネジメントを展開。主な例は以下のとおり。



➤ 各マネジメント機能の詳細は以下のとおり。

① PL定例会議（1回/月、事業開始時から）

目的：事業運営上の重要事項の情報を共有する。

- P L、P M、N E D O担当者、経済産業省が出席。
- 各テーマの研究進捗状況、知財取得状況、成果創出状況の最新情報を共有。
- 近年(2019年以降)の開催状況：
2019年：4/25,7/1,8/22,9/26,10/8,10/31,12/4
2020年：1/20,3/4,4/16,5/12,7/17,7/14,8/25

② 事業進捗フォロー（各事業につき2回/年、事業開始時から）

目的：研究の進捗状況を研究現場で確認する。

- 研究開発実施者、P L、N E D O担当者、経済産業省が参加。
- 各テーマの研究進捗状況を現場で確認すると共に、特に2019年度からは実用化に向けた知財戦略の議論を強化。

③ 週例マネジメント会議（1回/週、2019年度から）

目的：詳細な事務事項を含む最新情報の共有。

- P M、N E D O担当者が出席。
- N E D O内の方針、各事業で発生した最新情報を共有。

④ 成果報告会 (1回/年、事業開始時から) ⇒ P 39

目的：成果を報告し、今後の方針を検討する場。

- 事業実施者、産業界やアカデミアの有識者、P L、P M、N E D O 担当者、経済産業省等が出席。
- 成果技術の移転先となるユーザー企業等や技術アドバイザーたるアカデミアとの意見交換を通じて今後の研究方針を検討。

⑤ 評価課題共有ウィーク (1回/年、2019年度から) ⇒ P 40

目的：政策、産業界のニーズ、事業実施状況の差分を議論する。

- 事業実施者、産業界やアカデミアの有識者、P L、P M、N E D O 担当者、政策当局が出席。
- N E D O が実施する水素関連事業全体について、政策当局や産業界ニーズ等を踏まえて研究成果を議論。

⑥ 水素閣僚会議 (1回/年、2018年度から) ⇒ P 41

目的：世界各国の閣僚レベルが水素社会の実現に向けた意見を交換する。

- 2018年度は世界21、2019年度は35の国・地域・機関が参加。
- 2018年度に世界で初めて閣僚レベルが水素社会の実現をメインテーマとして議論を交わす「水素閣僚会議」を経済産業省と共催。その成果がTokyo Statement (東京宣言)。2019年度はグローバルな目標を共有するために「グローバルアクションアジェンダ」を設定。

NEDO次世代電池・水素成果報告会

- ▶ 毎年度、2日間にわたり分野ごとに口頭発表とポスター発表を実施。
- ▶ 延べ約1,000人が参加した2019年度の例は以下のとおり。

日時

2019年7月18日（木）から2019年7月19日（金）

場所

東京ビッグサイト 会議棟1階
レセプションホールA・B（口頭発表）
101会議室・102会議室（ポスター発表）



会場の様子（左：口頭、右：ポスター）

1日目：2019年7月18日（木）

時間	分野
午前	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 開会式 ✓ 水素利用等先導研究開発事業 ✓ 超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業
午後	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 先進・革新蓄電池材料評価技術開発 (SOLiD-EV) ✓ 革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発 (RISING2) ✓ 超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業 ✓ ポスター発表

2日目：2019年7月19日（金）

時間	分野
午前	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発 (SOFC) ✓ 水素社会構築技術開発事業
午後	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業 (PEFC) ✓ 水素社会構築技術開発事業 ✓ ポスター発表

水素・燃料電池プロジェクト評価・課題共有ウィーク

- ▶ 世界動向をしっかりと把握しつつ、日本の技術力の更なる向上に向けて、日本の水素関連政策、NEDO事業成果、ユーザー側からのニーズの差分を議論すると共に、新たなシーズを発掘する。
- ▶ 産学官の多様なステークホルダーが参加し、今後の水素社会の実現に向けたコミュニティ形成を支援するもの。

プログラム

主催：経済産業省・NEDO 参加者：延べ1,000名程度
発表数：47件（評価対象は22件）

6月17日 (月)	6月18日 (火)	6月19日 (水)	6月20日 (木)	6月21日 (金)
Plenary 特別講演 IEA Hydrogen Report IEA 60 min. 米国・欧州における水素・燃料電池技術開発動向 NEDO 50 min. 水素・燃料電池戦略RM METI 30 min. NEDOにおける水素・燃料電池技術開発 NEDO 30 min. 水素サプライチェーンプロジェクト評価 HySTRA AHEAD 全体討議 講評	水素発電およびPtGプロジェクト評価 水素・燃料電池戦略RM METI 10 min. 技術開発RMと事業説明 NEDO 10 min. 【水素発電】 バッテンフォール 三菱重工業 川崎重工業 【PtG】 山梨県企業局 東芝エネルギーシステムズ 豊田通商 東北大学 全体討議 講評	水素ステーションプロジェクト評価 水素・燃料電池戦略RM METI 10 min. 技術開発RMと事業説明 NEDO 10 min. JPEC HySUT 九州大学 JXTGエネルギー 加地テック 全体討議 講評	水素・燃料電池プロジェクトの課題提示と評価 水素・燃料電池戦略RM METI 10 min. 技術開発RMと事業説明 NEDO 10 min. トヨタ自動車 本田技研工業 FC-Cubic 同志社大学 山梨大学 千葉大学 東北大学 上智大学 電気通信大学 物質・材料研究機構 全体討議 講評	水素・燃料電池プロジェクトの課題提示と評価 FCCJ 慶応義塾大学 東京工業大学 東京電機大学 首都大学東京 九州大学 産業技術総合研究所 デンソー 東京大学 山梨大学 全体討議 講評 水素・燃料電池技術開発戦略の策定に向けて

評価ウィークのスキーム

事業の取組評価

ユーザー側からの
ニーズ提示新たなシーズ
の発掘

産官学全体に渡る活性化



水素閣僚会議2018

日時 : 2018年10月23日 (火)

場所 : 第一ホテル東京



～Tokyo Statement (東京宣言) の4項目～

1. 水素供給コスト及びF C V等の製品価格の低減加速化に向けた技術のコラボレーション、基準や規制の標準化やハーモナイゼーションの必要性
2. 水素ステーションや水素貯蔵に関する水素の安全性の確保や、様々な地域特性に応じたサプライチェーンの構築など、水素利活用の増大に向けて、各国が連携して取り組んで行くべき研究開発の推進
3. 水素社会実現に向けた認識の醸成・共有に資する水素ポテンシャル、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義
4. 水素ビジネスの投資拡大等につながる社会受容性向上のための教育や広報活動の重要性

水素閣僚会議2019

日時 : 2019年9月25日 (水)

場所 : ホテルニューオータニ



～グローバル アクション アジェンダ～

- 世界目標の共有 (例: 今後**10**年間で水素ステーション/**10,000**か所、燃料電池システム**1,000**万台等) (“**Ten, Ten, Ten**”)、モビリティ分野におけるインフラ 整備・市場拡大
- 水素の海上輸送拡大に向けた国際的なルール整備、貯蔵・輸送のための技術開発
- 水素発電や産業利用といった多様な分野での水素利用の促進に向けた技術の実証
- 国際機関による水素需要見通しに関する調査の実施
- 今後の水素利用拡大に向けた情報共有や啓蒙活動

◆ 動向・情勢の把握と対応

➤ 以下の様な情勢変化に迅速に対応した。

情勢	対応
2014年IEA水電解Annex 30開始。欧米のアカデミアを中心に評価技術構築を推進。	継続して情報交換するとともに、2019年9月から事業者主体でPME型ラウンドロビンテストに参画、主要メンバーとして議論推進。
中間評価（2017年度）の実施。	次ページのとおり中間評価の指摘を踏まえて対応。
2018年3月、内閣府「ボトルネック課題研究会」における“CO2 利用に当たってのボトルネック課題及び研究開発の方向性”を議論。水電解以外の水素製造の重要性に言及。	2019年1月、研究開発項目⑤炭化水素を利用した二酸化炭素の排出しない水素製造に関する調査事業を追加。
2019年3月、政府の「水素・燃料電池戦略ロードマップ」が改定され、毎年度技術の進捗状況をフォローアップすることとした。	2019年6月、N E D O 評価ウィークを開催し、研究開発の成果創出状況と産業界のニーズの差分を議論。
2019年5月、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」の継続可否審査を議論し、経済合理性を考慮しつつ目標を変更して継続することが妥当だと結論。	2020年4月、1400℃級クローズドサイクルの共通基盤技術開発に取り組むこととして研究開発項目③従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発事業に改組。

◆ 中間評価結果への対応

➤ 中間評価の指摘に対する対応状況は以下のとおり。

指摘	対応
欧州、特にドイツにおけるP 2 G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。	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 多様な水素製造技術を俯瞰する調査を実施し、世界中の水素製造技術を対象として技術開発の進捗や各技術の関係性を整理すると共に現在から取り組むべき新たな技術課題とその目標を検討する。
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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 知財届出申請書のフォーマットを変更し、成果の公開時に権利化していない場合はその理由も明記することで、気づきを慫慂。 ✓ 「仕上げたい技術の姿」様式を設定し、事業者との対話を開始した。 ⇒ P49
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。	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 年2回の進捗フォローアップ会議では、特に<u>成果の実用化に向けた知財戦略の意見交換を強化</u>。 ✓ 基礎的なテーマ（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、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）では、2年目に外部有識者による<u>継続可否審査を実施し、実用化に向けた体制変更等を議論</u>。 ⇒ P44 ✓ 基礎的な研究開発であっても実用化を目指したチャレンジングなテーマであれば採択し、1年後のステージゲートで当該テーマの期間延長を判断。
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。	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 新規公募テーマ（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、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）では、2年目に外部有識者による<u>継続可否審査を実施し、実用化に向けた体制変更等を議論</u>。

超高効率発電システム基盤技術研究開発の研究開発継続可否審査の実施状況

- 外部有識者による技術委員会により、2年間のF/S結果を踏まえて技術成立性と経済成立性の両面から当該研究開発項目の今後の方向性を議論。
- その結果、1,400℃級を目指したクローズドサイクルの業界共通基盤技術の構築を目指した研究開発内容に改組して、2020年度に新規に実施者を公募した。

委員会の結論概要

日時：2019年5月16日

場所：NEDO川崎会議室

委員一覧

氏名	所属・役職
塩路昌宏 (委員長)	京都大学 名誉教授
伊藤茂男	電中研エネルギー技術研究所 研究アドバイザー
大澤秀一	大和証券エクイティ調査部 ESGリサーチ課長
高村幸宏	中部電力 技術開発本部技術 企画室企画グループ長
橋本裕	日本エネルギー経済研究所 化石エネルギー・電力ユニット 研究主幹

項目	総合評価
技術成立性の検討	<ul style="list-style-type: none"> 2018年度における技術成立性の検討・技術課題の明確化は実現されており、2019年度における検証方法の提示・商用機導入に向けた長期研究開発計画の立案を期待させる内容となっている。 研究継続を肯定する結論で問題ないと判断。
経済成立性の検討	<ul style="list-style-type: none"> (1400℃級の)合理化案を短期マイルストーンとすることは、現実的提案である。
酸素水素高圧燃焼技術の研究	<ul style="list-style-type: none"> 反応モデルの構築、水蒸気希釈および圧力・乱流の影響、等について有用な知見が得られたと認められる。 限られた期間で、所期の目標の達成に向けて努力されており、一定の成果が得られている。
酸素水素燃焼タービンサイクルの研究	<ul style="list-style-type: none"> 発電効率75%を達成し得る酸素水素燃焼タービン発電サイクルのシステム構成を提示するとともに、技術成立性と経済性確保について検討し、その結果に基づいて構成設備の要件を明らかにしたことは高く評価できる。
2018年度の事業推進	<ul style="list-style-type: none"> 2018年度の実施項目は着実に進められてきている。

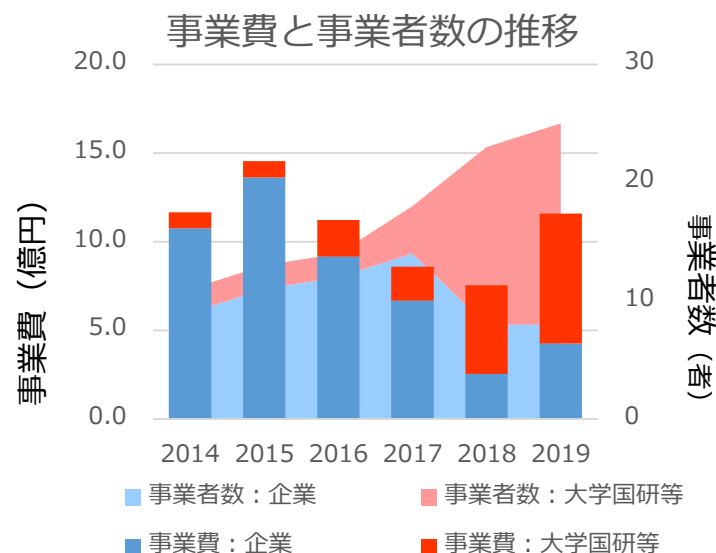
◆知的財産権等に関する戦略

知財権の考え方

- 基礎的な先導研究であろうとも、N E D O事業なので最終的には事業成果が市場獲得へ貢献することが重要。
- 市場獲得には市場価格、参入障壁、差別化等の要因があるものの、先導研究である本事業では、まずは技術的可能性を追求し基礎分野における知的財産権に注目し、特許の取得等を慫慂。

現状認識

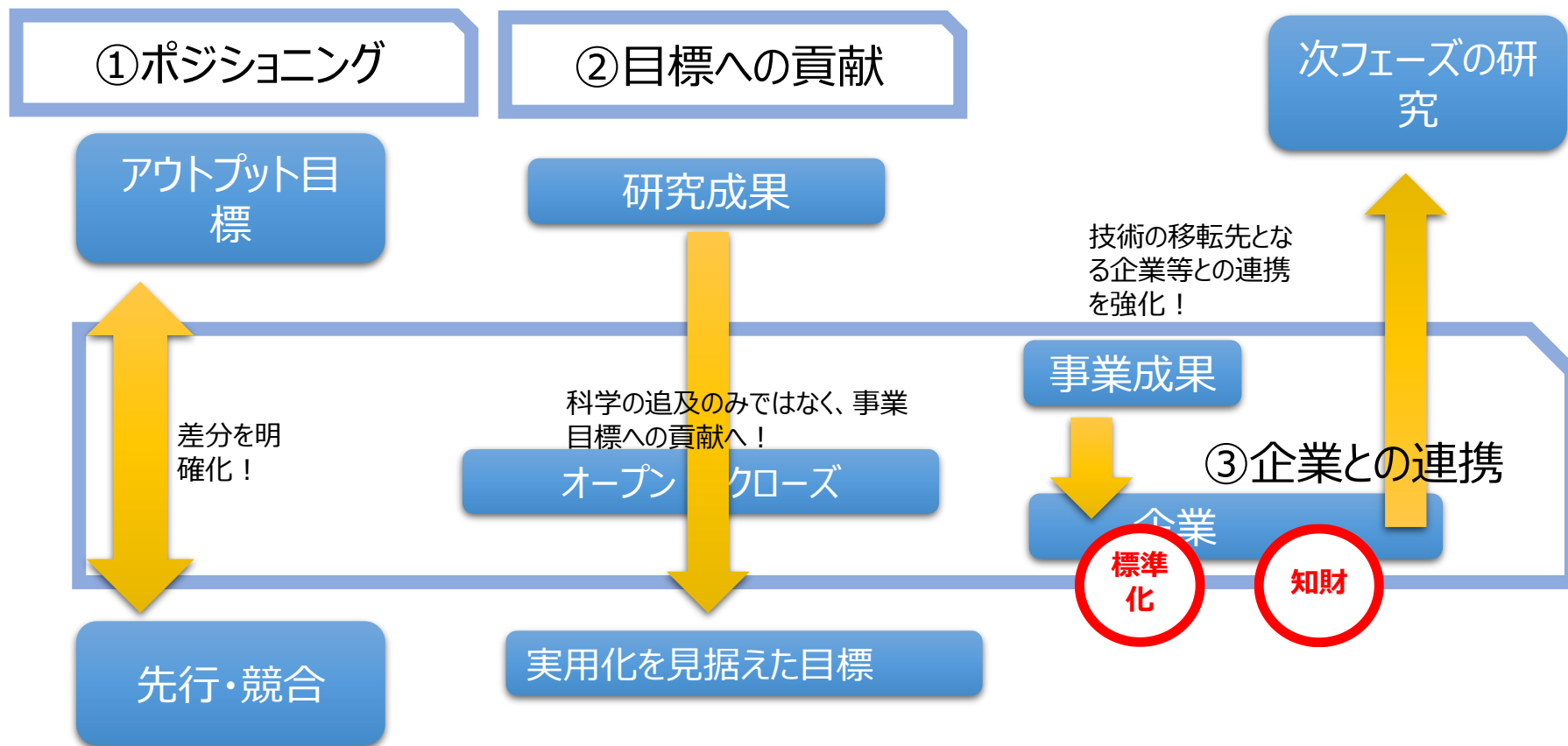
- 事業開始当初は、企業等の参加者が大勢。その後、対象分野が基礎基盤側へ移行したため、国研・大学等の研究機関の割合が増加。
- 以上の背景から、これまで以上に共通基盤的な基礎分野における基本特許の取得を期待し、今後はより一層知財戦略を強化。



2. 研究開発マネジメント (5) 知的財産権等に関する戦略の妥当性

➤ 知的財産戦略の大きな方針は以下の3つ。

- ① ポジショニング：先行又は競合技術と、本事業で創出する成果の差分を明確化。
- ② 目標への貢献：研究成果を、実用化を目指した事業目標に貢献するように知財化を支援。
- ③ 企業との連携：技術の移転先となる企業との連携を慫慂。（上記①と②に横串）



その他具体的なアクションは以下のとおり。

- ✓ NEDO知財マネジメント基本方針を周知徹底させる。
成果を最大限事業化に結び付ける方針。具体的には、事業成果の知的財産権主張強化を事業運営の重点施策に位置付けるもの。これに基づき、事業者と対話する。
- ✓ 継続的に知財戦略の重要性を訴え、意識改革を促す。
例えば第5期科学技術基本計画では企業や大学等が保有する知的財産の価値を最大化・知的財産や標準化意識を高め、知財創出意識促進の強化を謳っている。この様な政策も踏まえて研究実施者の意識改革を促す。
- ✓ 国際標準化方針の明確化。
テーマ毎に成果普及を見越した国際標準化への取組方針を確認する。

◆ 知的財産権の確保に向けた取組

- この3つの戦略を実行するツールとして、「仕上げたい技術の姿」と題した知財運用フォーマットを構築。
- これを事業実施者との対話ツールとした。

② 目標への貢献

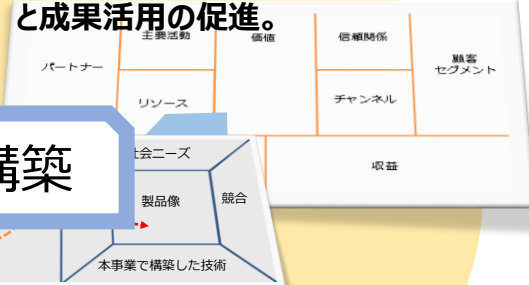
先行・競合に対する目標成果の
新規性・進歩性の確認

① ポジショニング

目標とする事業成果の
先行・競合知財の確認

③ 企業との連携構築

BMCの活用による研究成果
の価値と技術移転先の顕在化
と成果活用の促進。



社会実装に向けた
ボトルネックを顕在化させて関
係者で共有。

開発技術の社旗実装の姿を
イメージしてフィードバック

目標成果創出に向けた実施
計画との突合及び権利化・公
表スケジュールの確認

2020年8月25日現在	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度*
出願件数 (企業以外の出願)	10 (0)	8 (0)	15 (1)	5 (0)	9 (0)	13 (4)	7 (4)

2019年度下期以降、国研・大学等の機関からの特許出願件数が増加傾向

*20年度は4月～集計日まで

◆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)を下回る目的を得た。
- ・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。

3. 研究開発成果

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

各研究開発項目の目標と成果の一覧概要

研究開発項目名	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NO_x 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、NO_x 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抵NO_x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℃級発電では大出力化とコストダウン、1400℃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。

各研究開発項目の目標と成果の一覧詳細

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 (1)

個別研究テーマ名	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
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 アルカリ水電解水素製造システムの研究開発	1) 商用仕様の大型電解装置を用いた、変動電源を中心とした運転の実施 2) 長期運転でのプロセスの総合評価	1) 相馬に大型水電解装置を移設し、PV変動電源と連携した運転を2年間実施した。 2) 累計2655時間の運転の結果、平均電解効率は4.73 kWh/Nm ³ 。性能劣化はほとんど確認されず。	○	実証事業に展開中。
2. 高温水蒸気電解技術の研究開発	1) SOECセル・スタック部材の劣化機構を解明 2) SOECセル・スタック部材の設計指針を策定 3) SOECスタック運転条件の設計指針を策定	1) 劣化現象を把握し、劣化機構を解明した。 2) 上記を基に、セル構造、およびスタック部材の設計指針素案を策定した。 3) 一定及び変動入力運転でのスタック劣化現象を把握し、SOECスタック運転方法の素案を策定した。	○	1) 構成部材の継続検証及び、更なる改良による設計指針策定 2) 新規酸素極材料(電解質との抵反応、高活性)の材料設計検討を継続 3) 電解電圧/電流、ガス条件、変動入力条件等、劣化影響についての継続調査
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	1) 電極触媒の性能発現と劣化機構の解明 2) MEAとセル構造の最適化 3) 変動電源との連結による劣化特性評価	1) 新規なMn酸化物系触媒を開発、非貴金属触媒の可能性を示した。 2) 主劣化要因として、水の酸化側の構成部材の溶解を特定した。 3) 変動電源を印加可能な水電解評価装置を作製、劣化機構解析の調査活動中。	○	1) 非貴金属系触媒のさらなる特性向上 2) 長時間定常及び変動運転による評価を継続し、劣化機構の解析を進め、水電解セルの安定運転条件の提案

各研究開発項目の目標と成果の一覧詳細

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(2)

個別研究テーマ名	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
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	1) 電解機構解明、電極触媒の性能発現で電解装置の高効率化 2) 劣化機構、劣化評価法の解析を行い、耐久性向上へフィードバック 3) <i>in-situ</i> ナノバブル観察の実現	1) 触媒緻密層の制御で電解性能1.90V以下@1A/cm ² を達成 2) 100時間程の連続運転の性能安定性を確認 3) 世界初のリアルタイム観察達成	○	1) ナノバブル観察のフィードバックによる電極の触媒・電解液の最適化による更なる性能向上 2) 耐久性評価のプロトコルの確立に向けた変動負荷試験の推進
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	1) PEM形およびAEM形水電解用電解質膜、触媒の研究開発 2) 変動電源に追従できる高性能水電解セルの設計・開発 3) 水電解セルの変動電源に対する耐久性評価および劣化機構解析	・PEM形、AEM形水電解方式について、変動電源に適した電解質膜および触媒の設計指針原案を策定。これらを用いて電解セル試験を実施し変動電源への追従を確認。 ・エーテルフリーポリフェニレン系アニオン交換ポリマー・膜を用いたAEM形水電解セルにより高性能・高耐久の両立に成功	○	・開発した水電解材料・セルに対して水電解セルの負荷変動や起動停止模擬試験を実施して、耐久性・性能評価結果の材料・セル開発へフィードバックし、設計指針を策定する。 ・変動電源に対する耐久性評価手法を確立する。
6. アルカリ水電解及び固体高分子形水電解の高度化	1) アルカリ及びPEM形水電解槽内の物質移動現象の把握と構成材料評価基盤技術の開発 2) PEM形水電解触媒の活性・加速評価法開発とそのための劣化要因の解明 3) アルカリ水電解及びPEM形水電解電極性能・劣化機構/物質移送解明のための高度解析技術開発 4) アルカリ水電解用電極触媒の活性評価法開発 5) 再エネ出力変動に対応可能な水素製造システムモデルの開発	・再エネ電力変動による起動停止に伴う劣化に注目し、評価プロトコルを開発、電解槽劣化モードを明確化 ・電解槽の機能発現機構解明のための標準的なセルおよび試験法、並びに放射光や可視光を用いたラマン計測法を開発 ・再エネ電力の先行予測制御、水電解槽と蓄電池システムの連携制御アルゴリズムを開発し、最小の蓄電池容量のグリーン水素P2システム設計法を開発	○	これまでに明らかにした劣化機構をもとにした材料評価プロトコル、材料評価法、電解槽の非定常解析モデル、及びP2システム設計法を体系化する指針を示す。

各研究開発項目の目標と成果の一覧詳細

②大規模水素利用技術の研究開発

個別研究テーマ名	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1. 水素専焼対応型Dry Low NOx 高温ガスタービンの研究開発	<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。 ・フラッシュバックを発生しないことを確認。 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。	250MW級の開発において、縮小モデルバーナ燃焼試験（低圧・中圧 試験 条件）において、フラッシュバック発生無く、安定燃焼を実現し、実機換算で NOx50ppm（15%酸素換算）を下回る目途を得た。	○	実証事業において事業化に向けて活動中。
2. 水素ガスタービン燃焼技術の研究開発	<ul style="list-style-type: none"> ・50%負荷から定格100%負荷相当条件にて、NOx 35ppm以下の達成する。 ・失火や逆火が生じない安定燃焼の確認する。 	2MW級の開発において、50%から定格100%負荷運転条件にて、NOx 35ppm（残存酸素16%換算値）以下の安定燃焼を確認した。	○	実証事業において事業化に向けて活動中。

各研究開発項目の目標と成果の一覧詳細

③ 超高発電システム基盤技術研究開発効率

／ 従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発

個別研究テーマ名	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1. 酸素水素燃焼タービン発電システムの研究開発 (2018～2019年度)	競合技術の特定及びそれらに対する優位性を提示すること。 発電効率75%を達成しうるシステム構成を提示することそのうえで、技術成立性・経済性確保の見通しを提示すること。	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た。 経済性確保について1700℃級発電では大出力化とコストダウン、1400℃級合理化案を提示した。	○	(今後の方針について、外部有識者による「研究開発項目継続可否審査」を実施し決定。)
2. 従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発 (2020～2022年度)	・クローズドサイクル検証装置による制御技術の検証試験及び酸素水素用燃焼器による高温高圧酸素水素燃焼実証試験機器の設計・試作 ・クローズドサイクルの共通基盤技術開発 ・社会実装のシナリオの提示。	—	—	今年度実施予定。

各研究開発項目の目標と成果の一覧詳細

④エネルギーキャリアシステム調査・研究

個別研究テーマ名	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
<p>1. 水素分離膜を用いた脱水素</p>	<p>有機ハイドライドから水素を効率的に取り出すメンブリアクター(MR)の実用化に必須な要素技術を確立する。</p>	<p>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(単管)の耐久性も劣化予測から、15,000 h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。</p>	<p>○</p>	<p>次フェーズに向けた検討実施中。</p>

各研究開発項目の目標と成果の一覧詳細

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

個別研究テーマ名	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1. 膜反応器を用いたメタン直接分解によるCO ₂ フリー水素製造技術	<ul style="list-style-type: none"> 精密に細孔制御されたシリカ膜およびPd膜などの水素選択透過膜の開発 膜反応プロセスに好適な触媒の探索および開発 膜反応装置の開発および有効性の実証検討 	<ul style="list-style-type: none"> シリカ膜の高耐熱性、Pd膜の高水素透過性を確認。 Ni/Fe/Al₂O₃触媒の有効性を確認。 上記膜と触媒を組み合わせた膜反応器の有効性を確認。 	○	
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	<ul style="list-style-type: none"> 3段階の熱化学プロセスの金属分離反応$2\text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{Na}$について、スケールアップ時に制御可能にする材料の探索と反応制御技術の検討を行い、500℃以下で制御すること。 以上の反応を、10gスケールで90%以上の収率で進行させること。 	<ul style="list-style-type: none"> 酸化物、Al化合物、グラファイトや窒化ホウ素が比較的高い耐腐食性を示した。また、表面平滑化処理を施した多結晶体では、腐食速度が遅いことが示唆された。 太陽熱利用施設の事例を参考に、水素製造コストを試算し、20円/Nm³程度の水素製造コストを提示。 	△	(継続可否審査の結果2019年度で事業終了。)
3. メタン直接分解による水素製造に関する技術調査	<ul style="list-style-type: none"> 水素製造効率を向上するための致触媒の調査 生成炭素および生成ガスの特性解析 内加熱式反応炉の小型試験装置の制作実験 	<ul style="list-style-type: none"> 800℃で50%以上の水素変換効率を示す金属板触媒を開発。 高純度の生成炭素を直接分離し、工業材料の利用に目処を付けた。 反応炉内からの生成炭素の離脱、排出法を確立。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 触媒・反応炉の耐久性、信頼性の向上のための機器開発 生成炭素のさらなる用途開発。 小型の水素精製装置の開発。
4. メタンの熱分解による水素製造技術の研究開発	<ul style="list-style-type: none"> 触媒を用いた熱化学的メタン分解($\text{CH}_4 \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{C}$)による水素製造プロセスの最適戦略と副生物の利用・環境影響、経済成立性など総合的に調査し課題を抽出する。 	<ul style="list-style-type: none"> 固体炭素回収型プロセス向新規触媒を開発(特許出願) 水素製造原価30円/Nm³以下、IRR10%以上を達成する条件を把握(特許出願) 中規模シナリオおよび流動層反応器を用いた検討に重点を置くという方向性を提示 	○	

◆ 成果の最終目標の達成可能性

- これまでに開発した研究成果をベースとして、水素社会普及に向けて今後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ることで、アウトカム目標を達成可能。

● 本プロジェクトの主な最終目標（一部）

✓ 2030-2040年時点の水素原料価格（20-40円/Nm³）の達成

● これまでの成果：水素製造、貯蔵、利用の先導技術を計画通りに達成

水素製造	<ul style="list-style-type: none"> ・低コスト水素製造システム（前期）、再エネ由来の変動電源対応の水電解技術に対して、高性能、高耐久化に対する基盤技術を構築 ・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として、関連技術の技術ポテンシャルを把握
水素貯蔵	<ul style="list-style-type: none"> ・前期取組みで水素液化および貯蔵システムの基盤技術を構築
水素利用	<ul style="list-style-type: none"> ・水素専焼型ガスタービンの基盤技術を構築し、安定燃焼に係る先導技術を構築

◆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

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

◆ 成果の普及

(2018年度-2020年度成果)

- 製造、輸送・貯蔵、利用の幅広い技術成果を学会、展示会、新聞等で幅広く成果普及
- 水素製造技術においては、基盤研究成果を招待講演等で成果発信
- 輸送・貯蔵技術、利用技術は、比較的技術成熟度高く、セミナー・講演、新聞等で成果発信

➤ 国内外の学会等で多数の情報を発信。

- ✓ 化学工学会
- ✓ 電解討論会
- ✓ 米国電気化学会 (ECS) 等

□ 招待講演等

- ✓ 固体酸化物燃料電池-変換先端技術コンソーシアム戦略シナリオのシナリオ以外
- ✓ 3rd International Conference on Advanced Functional Materials (ICAFM 2019)
- ✓ International Conference on Energy and Environment (2件)
- ✓ International Conference on Separation Science and Technology (ICST 2019)
- ✓ 化学工学会 第85年 等

□ セミナー・講座講演

- ✓ 第33 回燃料電池セミナー
- ✓ 中国経産局「水素・次世代エネルギー研究会セミナー」
- ✓ FCEXPO 2019 専門技術セミナー
- ✓ 大阪工研協会 特別セミナー
- ✓ 技術情報セミナー CO2有効利用セミナー
- ✓ 日本工業出版株式会社 日工技術セミナー
- ✓ 火力原子力発電技術協会講習会
- ✓ 愛知県 水素エネルギー社会形成研究会 第4回セミナー
- ✓ 技術情報センターセミナー「低炭素発電技術と事業動向」
- ✓ 日EUエネルギービジネスセミナー
- ✓ 機械学会関西支部秋季技術フォーラム講演S
- ✓ International Gas Turbine Congress 2019(IGTC2019)
- ✓ 第48回ガスタービンセミナー 等

□ セミナー・講座講演

- ✓ 第48回ガスタービンセミナー
- ✓ Japan-Norway Hydrogen Seminar 2020
- ✓ 火力原子力発電技術協会 東北支部 令和元年度技術講演会
- ✓ 日本計画研究所セミナー
- ✓ 第47回ガスタービンセミナー
- ✓ “愛知県水素エネルギー社会形成研究会 第4回セミナー
- ✓ 兵庫県電気協会姫路支部開催第5回技術講習会
- ✓ 福岡水素エネルギー戦略会議人材育成事業 技術者育成セミナー
- ✓ 関西火力発電EXPO技術 次世代火力発電セミナー 等

・製造 ・輸送・貯蔵 ・発電

□ 展示会

- ✓ G20イノベーション展
- ✓ 水素閣僚会議
- ✓ COP25
- ✓ ASME Turbo Expo
- ✓ 第1回次世代火力発電EXPO、第2回次世代火力発電EXPO
- ✓ 次世代火力発電EXPO
- ✓ IGTC2019
- ✓ 第1回【関西】高機能セラミックス展、第2回高機能セラミックス展 等

□ 新聞、雑誌等

- ✓ Gas turbine world
- ✓ ガスレビュー (ハイドリズム)
- ✓ エネルギージャーナル社「創 省 蓄 エネルギー時報」
- ✓ 日経BP社「日経エコロジー」
- ✓ 電気新聞、朝日新聞
- ✓ 矢野経済研究所 月刊誌 Yano E Plus
- ✓ 月刊 ビジネスアイ エネコ 等

◆本事業における「実用化」の考え方

【本事業における「実用化」とは】

- 本事業は「先導研究」であり、多様なテーマで実施する技術シーズの技術成立性や経済成立性等を確認して次の研究開発フェーズへ移行させるか否かを判断するもの。
- 従って、本事業における「実用化」とは、「水素製造から、貯蔵・輸送、利用等まで水素サプライチェーンを構成する要素技術について、事業化に向けた次のフェーズの国家プロジェクトや自主研究開発等へ移行可能な技術が創出されること」と定義する。
- なお、事業化に向けてのテーマ毎にフェーズの違いがあることから、上記の基本的な考え方に則り、適切に判断する。

◆成果の実用化に向けた戦略

テーマ毎に社会実装に向けての「仕上げたい技術の姿」を共有することで、各ロードマップの下、確実に次のステップに移行することで社会実装化を推進する。

●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劣化メカニズムの解明を軸に開発するとともに、個々の技術の優位性、フェーズに応じて水電解装置の実用化に向けて、水電解基盤技術の高度化を推進する。

●超高効率発電システム基盤技術

2040年以降の水素社会を見据え、FS調査も踏まえ、究極の発電システムの実現に繋がる燃焼器やタービン等、業界共通の要素研究を着実に進める。

●炭化水素等を活用した水素製造

安価かつ大量の水素を製造しうる二酸化炭素を排出しないコア技術の実現可能性調査を通して、実現可能な有望技術を見極め、水電解を補う形で水素社会実現へと繋ぐ。

◆ 成果の実用化に向けての今後の具体的取組

研究開発項目	実用化に向けた具体的取組
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	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 事業間で連携を更に強化するとともに、劣化メカニズム解明に向けた活動の継続。 ➤ 各テーマの優位性を明確にし、実用化、低コスト化に向けたシナリオを個々に策定、確定する。 ➤ 一部テーマは次期事業へ移行。⇒P 12～13
②大規模水素利用技術の研究開発	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 実証事業を通して、実用化技術の検証・確立を実施する。 ➤ 2テーマとも次期事業へ移行。⇒P 16～18
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	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2年間のF S調査の結果を踏まえ、経済成立性及び技術成立性の観点から研究開発項目継続可否審査を実施。その結果、1400℃級クローズドサイクルの共通基盤技術開発に取り組むこととして改組して2020年度に新規に公募。
④エネルギーキャリアシステム調査・研究	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 水素分離技術としては完成。今後、小型/分散型コージェネシステム等への適用、事業化に向けて提携先を探す。
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	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2年間のF S調査の結果を踏まえ、経済成立性及び技術成立性の観点から2020年度に研究開発項目継続可否審査を実施する予定。