

## 分科会資料抜粋版

# 「水素利用等先導研究開発事業」(終了時評価) 2013年度～2022年度 10年間

## プロジェクト概要(公開版)

2023年10月06日

# 水素利用等先導研究開発事業

スマートコミュニティ・エネルギーシステム部

田中博英（燃料電池・水素室室長代理）

関連する技術戦略：革新的環境イノベーション戦略、水素基本戦略、水素・燃料電池戦略ロードマップ等



## プロジェクトの概要

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。

## 想定する出口イメージ等

アウトプット目標	<p>（評価対象期間である2021～2022年度の実施項目を記載）</p> <p><b>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</b> プラント引渡し価格30円/Nm<sup>3</sup>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</p> <p><b>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</b> 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。</p> <p><b>研究開発項目④エネルギーキャリアシステム調査・研究</b> 2030年における水素コスト30円/Nm<sup>3</sup>の達成に資する、高性能、低コストが両立する水素化基盤技術等を構築する。</p> <p><b>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開発</b> 2030年における水素コスト30円/Nm<sup>3</sup>の達成に資する、二酸化炭素を排出しない水素製造技術の設計指針を確立。</p>
アウトカム目標	<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。</p> <p>水素製造・輸送については、2030年における水素コスト30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>水素発電については、2040年以降、水素コスト20円/Nm<sup>3</sup>において発電コスト12円/kWh以下の実現を目指す。</p>
出口戦略（実用化見込み）	<p>本事業では先導研究としてそれぞれの要素技術についての実現可能性などの見極めを実施。技術の進捗状況を踏まえつつ、実用化の目処がたってきた技術については、スケールアップや、他の技術との統合によるシステム研究等への移行を検討。</p> <p>国際標準化提案：無 / 第三者提供データ：無</p>
グローバルポジション	<p>現在：DH⇒PJ終了時：LD （LD：リーディング、DH：デッドヒート、RA：ランアフター）</p>

## 既存プロジェクトとの関係

本研究開発は、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」として開始し、2014年度からNEDOに移管。2018年以降の後期5年間はアカデミアを中心にTRLの低い先導的な研究開発を実施。NEDOの以下の他事業とも連携して、事業を実施する。

社会実装～基盤基礎研究：グリーンイノベーション基金事業  
 実証ステージ：水素社会構築技術開発事業 / 地域水素利活用技術開発  
 要素技術開発ステージ：燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業

## 事業計画

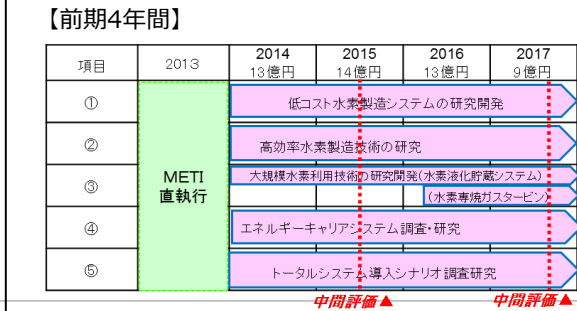
期間：2013～2022年度（10年間）  
 総事業費（NEDO負担分）：127億円（実績）（委託）

2013*	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	合計
1,079	1,277	1,455	1,296	879	815	1,319	1,500	1,335	1,670	12,625

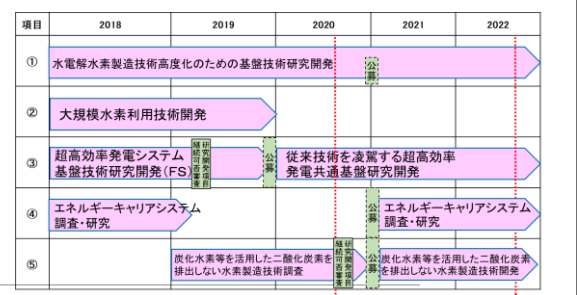
（百万円）

【注】\*1：2013年度は経済産業省直執行予算、

### <研究開発スケジュール・評価時期>



### 【後期5年間】



## 1. 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋



## 2. 目標及び達成状況(概要)



## 3. マネジメント

(※)本事業の位置づけ・意義  
(1)アウトカム達成までの道筋  
(2)知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 国内外の動向と比較
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 知的財産・標準化戦略
- 知的財産管理

(1)アウトカム目標と達成見込み  
(2)アウトプット目標と達成状況

- アウトカム目標の設定及び根拠
- 波及効果
- 本事業における「実用化・事業化」の考え及び見込み
- 費用対効果
- アウトプット(研究開発成果)のイメージ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の意義
- 副次的成果及び波及効果
- 特許出願及び論文発表

(1)実施体制  
(※)受益者負担の考え方  
(2)研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- アウトプット(研究開発成果)のイメージ(再掲)
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理: 中間評価結果への対応
- 進捗管理: 動向・情勢変化への対応
- 進捗管理: 開発促進財源投入実績
- モティベーションを高める仕組み(該当事業のみ)

(※) 評価対象外  
事前・中間評価時の資料ページは残す

(塗りつぶしなし) : 評基対象外

## 1. 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

(※)本事業の位置づけ・意義  
(1)アウトカム達成までの道筋  
(2)知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 国内外の動向と比較
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 知的財産・標準化戦略
- 知的財産管理

(塗りつぶしなし): 評価対象外

## 2. 目標及び達成状況(概要)

(1)アウトカム目標と達成見込み  
(2)アウトプット目標と達成状況

## 3. マネジメント

(1)実施体制  
(※)受益者負担の考え方  
(2)研究開発計画

(※) 評価対象外  
事前・中間評価時の資料ページは残す

## ＜評価項目 1＞ 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

(※)本事業の位置づけ・意義 \* 終了時評価においては対象外

(1)アウトカム達成までの道筋

(2)知的財産・標準化戦略

## 事業の背景・目的

水素をカーボンフリーな新たなエネルギーの選択肢として確立させることを目的にスタート。近年は水素の利用が現実味を帯びる中で期待される文脈も多様化

### 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。

### 開始時以降の水素を取り巻く状況変化

- ・カーボンフリー（グリーン）な水素 → LCAで見る炭素強度に注目した“グリーン”な水素へ。
- ・将来的な二次エネルギー → エネルギーだけでなく化学品の原料や製鉄の還元剤としても期待が高まる。

## 政策・施策における位置づけ

### 事業開始と同時期より水素社会の実現に向けた政府の動きが本格化

- 2014.4 第4次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 第5次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（以後毎年開催）
- 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
- 2020.1 革新的環境イノベーション戦略
- 2020.12 グリーン成長戦略
- 2021.6 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
- 2021.10 第6次エネルギー基本計画  
⇒2030年のエネルギーミックスにおいて水素・アンモニアで1%
- 2023.6 水素基本戦略改訂

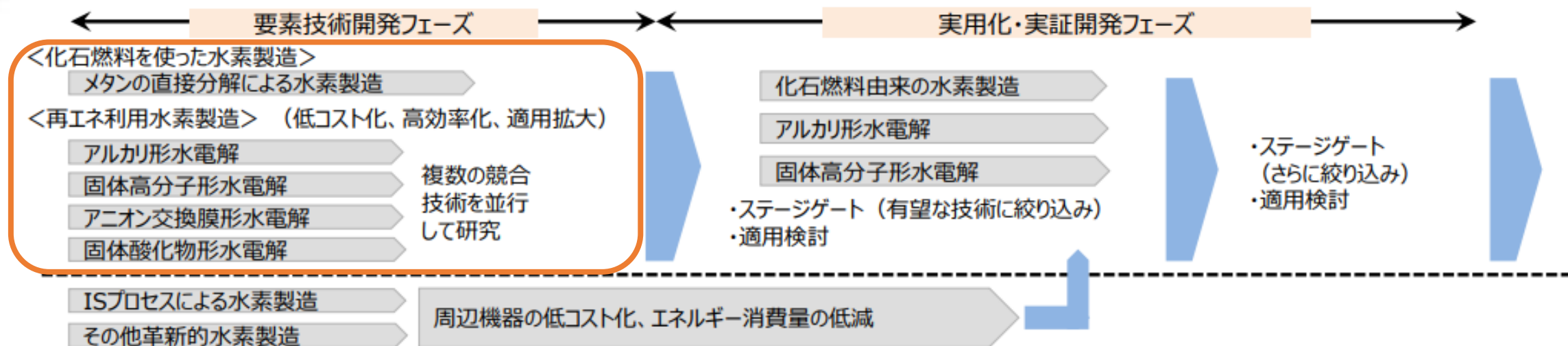
# 技術戦略上の位置づけ

経済産業省(METI)の技術戦略上でも水素が重要分野

## ■ 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。







# 政策・施策における位置づけ

水素基本戦略が6年ぶりに改定。従来の目標に加え、水素導入量の2040年目標、我が国関連企業による水電解装置の導入目標を新規設定。

### 「水素基本戦略」の改定のポイントについて

**水素基本戦略** (アンモニア等を含む) を改定し、関係府省庁が一体となって水素社会の実現に向けた取組を加速する。

①2030年の水素等導入目標300万トンに加え、2040年目標を**1200万トン**、2050年目標は2000万トン程度と設定 (コスト目標として、現在の100円/Nm<sup>3</sup>を2030年30円/Nm<sup>3</sup>、2050年20円/Nm<sup>3</sup>とする) ②2030年までに国内外における日本関連企業の水電解装置の導入目標を**15GW程度**と設定 ③**サプライチェーン構築・供給インフラ整備に向けた支援制度を整備** ④**G7で炭素集約度に合意、低炭素水素等への移行**

**水素産業戦略** ~ 「我が国水素コア技術が国内外の水素ビジネスで活用される社会」実現 ~

①「技術で勝ってビジネスでも勝つ」となるよう、**早期の量産化・産業化を図る。**  
 ②**国内市場に閉じず、国内外のあらゆる水素ビジネスで、我が国の水素コア技術 (燃料電池・水電解・発電・輸送・部素材等) が活用される世界を目指す。**  
 ▶脱炭素、エネルギー安定供給、経済成長の「一石三鳥」を狙い、大規模な投資を支援。(官民合わせて**15年間で15兆円**のサプライチェーン投資計画を検討中)

つくる	はこぶ	つがう
<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 水電解装置</li> <li>□ 電解膜、触媒などの部素材</li> <li>□ 効率的なアンモニア合成技術</li> </ul> <p>・A社 (素材) は、国内外大手と連携、水電解装置による国内外の大規模グリーン水素製造プロジェクトに参画。                  ・B社 (自動車) は、燃料電池の技術力をベースに多くの共通技術を活かす水電解装置を開発・実装。                  ・C社 (ベンチャー) は、GI基金を通じアンモニア製造の新技術を開発・実証。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 海上輸送技術 (液化水素、MCH等)</li> </ul> <p>・D社 (重工) は、世界初の液化水素運搬技術を確立し、G7でも各国関係から高い関心。                  ・E社 (エンジニアリング) は、欧州でのMCHによる輸送プロジェクトの事業化調査に着手。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 燃料電池技術</li> <li>□ 水素・アンモニア発電技術</li> <li>□ 革新技術 (水素還元製鉄、CCUS等)</li> </ul> <p>・F社 (自動車) は、燃料電池の海外での需要をみこして多用途展開を促し、コア技術としての普及を目指す。                  ・G社 (重工) は、大型水素発電の実証・実装で世界を先行。                  ・H社 (発電) は、アンモニア混焼の2020年代後半の商用運転開始に向け、実証試験を実施。</p>

**水素保安戦略** ~ 水素の大規模利用に向け、安全の確保を前提としたタイムリーかつ経済的に合理的・適正な環境整備 ~

---

### 供給一体の国内市場の創出 規制・支援一体型の制度を、需給の両面から措置、水素普及の加速化

供給	需要
<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 既存燃料との価格差に着目した大規模サプライチェーン構築支援                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-S+3Eの観点からプロジェクト評価</li> <li>-ブレンデッド・ファイナンスの活用</li> </ul> </li> <li>□ 効率的な供給インフラ整備支援 -国際競争力ある産業集積を促す拠点を整備</li> <li>□ 低炭素水素への移行に向けた誘導的規制の検討</li> <li>□ 保安を含む法令の適用関係を整理・明確化</li> <li>□ 上流権益への関与や市場ルール形成による安定したサプライチェーンの確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 需要創出に向けた省エネ法の活用                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-工場、輸送事業者・荷主等の非化石転換を進め、将来的に水素の炭素集約度等に応じて評価。</li> <li>-トップランナー制度を進展させ、機器メーカーに水素仕様対応等を求めることを検討。</li> </ul> </li> <li>□ 燃料電池ビジネスの産業化 (セパレーター等の裾野産業育成)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-国内外のモビリティ、港湾等の燃料電池の需要を一体で獲得することでコストダウン・普及拡大</li> <li>□ 港湾等における「塊の需要」や意欲ある物流事業者等による先行取組への重点的支援</li> </ul> </li> <li>□ 地域での水素製造・利活用と自治体連携※、国民理解 ※特に「福島新エネルギー社会構築」取組加速</li> </ul>

**世界市場の獲得 拡大する欧米市場で初期需要を獲得、将来のアジア市場を見越し先行投資**

<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 規模・スピードで負けないよう大胆な民間の設備投資を促す政策支援</li> <li>□ 大規模サプライチェーン構築支援の有効活用</li> <li>□ 海外政府・パートナー企業との戦略的連携、トップセールスによる海外大規模プロジェクトへの参画</li> <li>□ 『アジア・ゼロエミッション共同体 (AZEC)』構想等の枠組みを活用したアジア連携</li> <li>□ 日本の水素ビジネスを支える国際的な知財・標準化の取組 (GI基金等も活用)</li> <li>□ 人材育成の強化・革新技術の開発</li> </ul>	<p>米国：インフレ削減法 (IRA) により、低炭素水素製造に10年間で最大3ドル/kgの税額控除を実施予定 (約50兆円規模 ※水素以外も含む)                  欧州：グリーンディール産業計画で、グリーン投資基金の設立や水素銀行構想を発表 (約5.6兆円規模 ※水素以外も含む)                  英国：国内低炭素水素製造案件について15年間の価値支援や、拠点整備支援を実施予定 (第一弾として約5,400億円規模)</p>
---	---

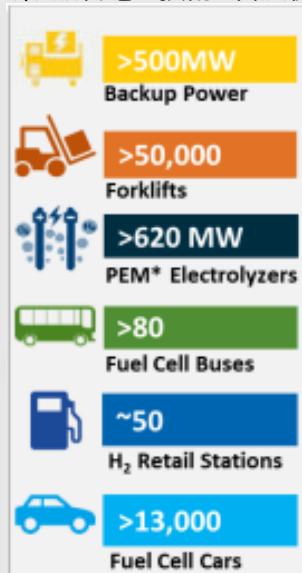
## 国内外の動向



### 米国

- 2022年9月に、国家グリーン水素戦略とロードマップのドラフトを公表（現在、改訂作業中）。
- 2022年8月にはインフレ抑制法が成立し、水素の生産と投資に長期かつ大規模な税額控除制度を創設。
- **グリーン水素ハブ構想（インフラ投資・雇用法）**：グリーン水素の生産・加工・輸送・貯蔵・利用を一体的に実証するための**グリーン水素地域ハブの構築に総額80億ドルを助成**。

【水素・燃料電池技術の普及状況】



- **【現状】**  
水素は主にメキシコ湾岸で製造され、総計1,600マイルに及ぶ水素パイプラインで、製油所やアンモニア・メタノール製造工場に供給。**PEM型の電解装置は、2022年5月時点で620MWが稼働中または建設中。**
- **【見通し】**  
DOEは、水素価格が各分野の支払意思額まで低下した場合の**想定需要量を積み上げる**と、少なくとも**2030年に1,000万トン、2040年に2,000万トン、2050年に5,000万トンと試算**。

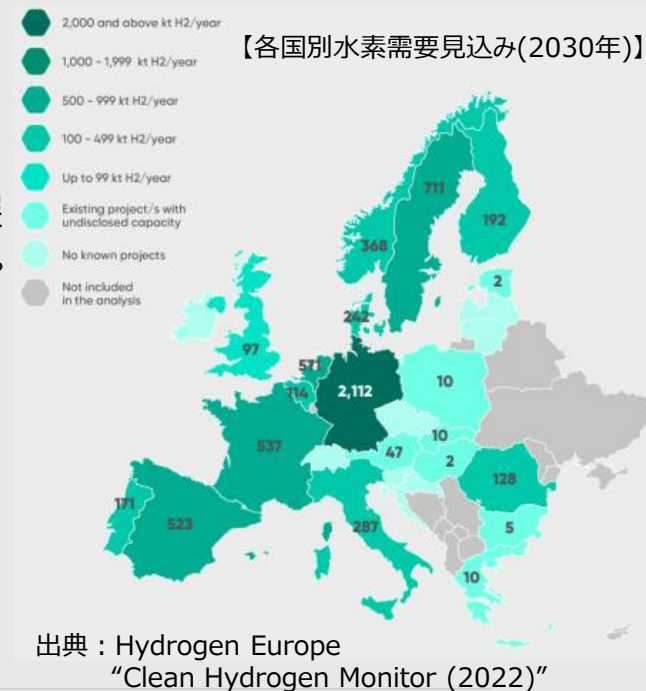
出典：DOE National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap (Draft)



### 欧州

- **2022年「REPowerEU計画」の公表**  
「水素加速化計画」により、**2030年に2,000万トン導入**（域内1,000万+輸入1,000万）
- **2023年「グリーンディール産業計画」の公表**  
「ネットゼロ産業法案」により、規制環境整備、許認可を迅速化。電解槽技術を含むネットゼロ戦略分野においては、2030年までに域内供給比率40%を目指す。

- 各国の政策（代表例）
  - ・【ドイツ】  
欧州域外からの水素輸入サポートメカニズムH2Globalを展開、2023年度予算は35億€。
  - ・【ポルトガル】  
ガスパイプラインに混入する水素調達を目的とした入札制度導入、合計3,000t/年を10年契約にて調達。
  - ・【欧州委員会】  
イギリスでのCfD制度導入検討に続き、「水素銀行構想(予算規模:88億€)」を検討。



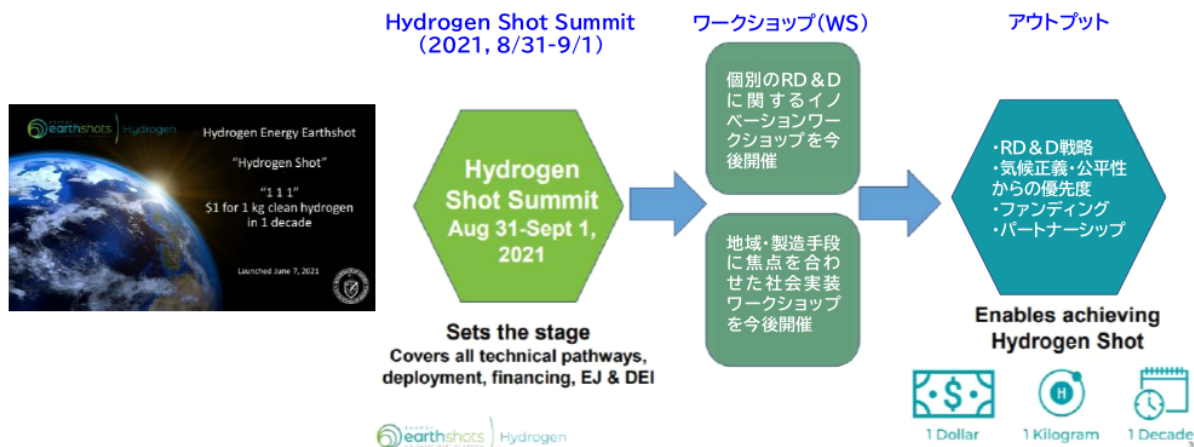
出典：Hydrogen Europe “Clean Hydrogen Monitor (2022)”

# 国内外の技術動向

- 米国DOEではHydrogen Shotにおいて野心的目標を掲げて研究開発を実施
- 欧州ではクリーン水素製造のスケールアップのための研究開発も推進

## 米国におけるグリーン水素製造の研究開発(Hydrogen Shot)

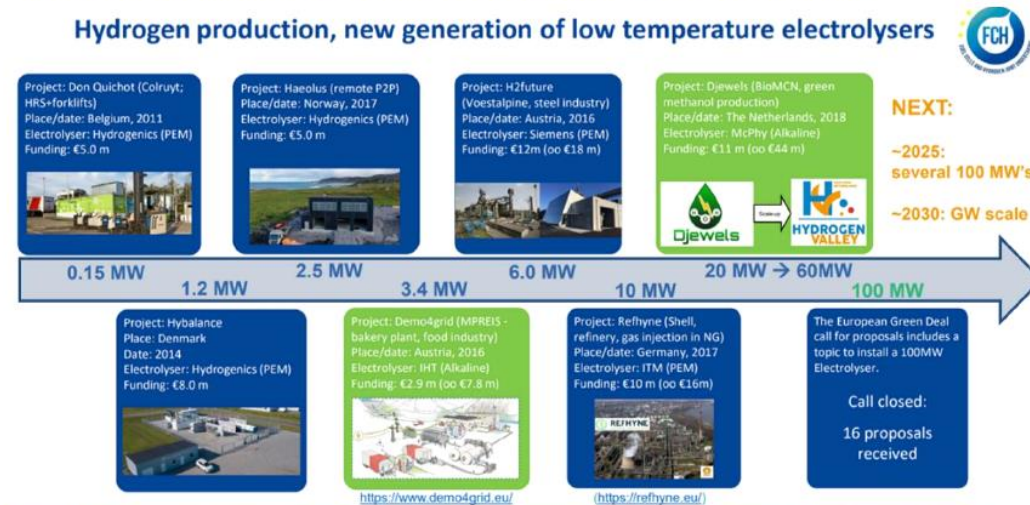
- DOEが新プロジェクト「Hydrogen shot」を立ち上げ、2021/8/31に「Hydrogen Shot Summit」開催
- 「今後10年で水素製造コストを1\$/kgとする」という野心的目標に向けて、水電解や化石燃料改質+CCSの他にも、あらゆる製造技術の可能性を追求、複数の製造技術の開発を推進する計画
- 個別のRD&D(研究開発&技術実証)や社会実装に向けたワークショップでの議論を経て、今後RD&D戦略等を打ち出す計画



【出典】Sunita Satyapal, John Litynski, Linda Horton(DOE) "Hydrogen shot Overview" "Hydrogen Shot"の今後の計画

## 欧州におけるグリーン水素製造の研究開発(MWからGWスケールへ)

- 現状開始中のFCHJUプロジェクトでは、例えば、オランダデルフト州での20MWの加圧形のアルカリ水電解装置(McPhy製)によるグリーン水素からのメタノール製造プロジェクト「Djewels」が最大級、2022年運転開始計画
- 今後、2025年までに数百MWの電解装置、2030年頃までにGWスケールに拡張する計画



Scaling up challenges: new manufacturing processes to lower cost, increase capacity and lifetime

【出典】Bart Biebuyck(FCHJU)"Scaling-up Innovations on Renewable Hydrogen Production and Use"に基づき当社作成

第8回FC-Cubicオープンシンポジウム 競争が激化するグリーン水素製造の世界動向 みずほリサーチ&テクノロジーズ (2022年7月13日) 資料より抜粋して引用 掲載許諾を得たうえで引用



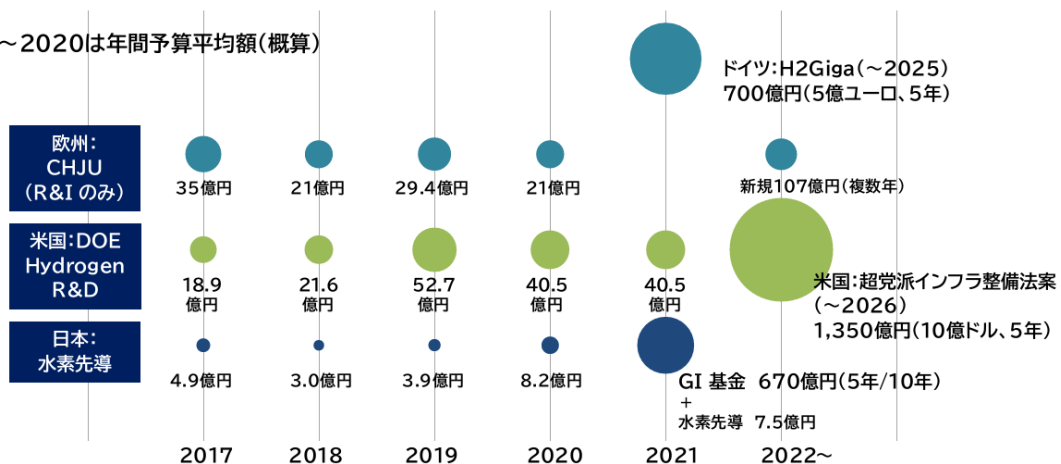
# 国内外の技術動向

- 国内外で水電解への予算は増加傾向。国内でも21年度からGI基金事業での水電解事業も開始
- 欧州の近年の動向としてSOECの増加やAEMの着手が目立つ。当事業でも2018年（一部は2013年）から実施

## 海外と国内の水素製造(電解)に対する研究開発予算

- 水電解(低温・高温)の研究開発に関する予算の推移についてはグラフに示す通り、2021年までは各国数十億円規模の予算の下で研究開発が進行
- 昨年度、国内はGI基金「再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造」で670億円(政府支援分)、ドイツでも2030年5GWの電解装置大量生産を目指したH2Gigaプロジェクト(総額5億ユーロ)が開始。米国ではクリーン水素電解プログラムで電解装置の大量普及に向けた総額10億ドルの大規模な投資が計画

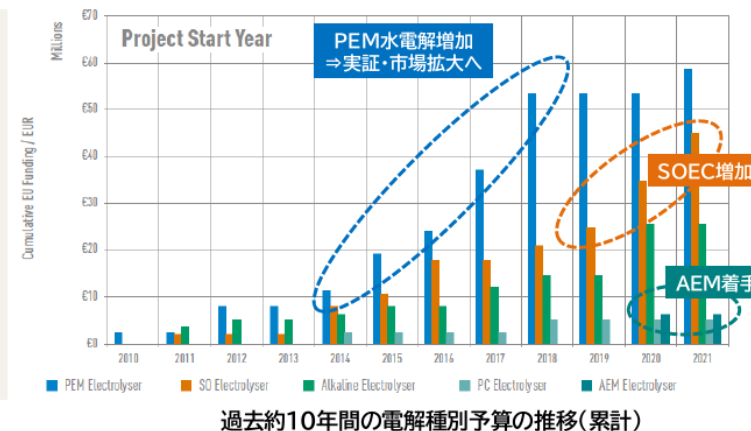
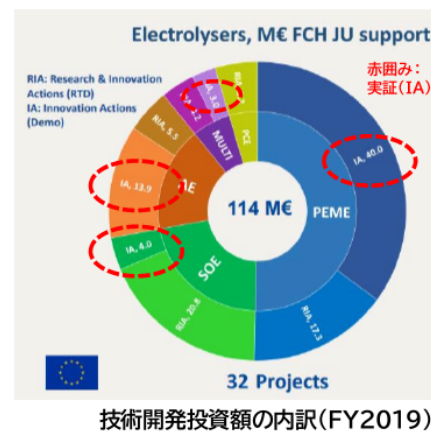
※～2020は年間予算平均額(概算)



【出典】各種資料よりMHRT作成。金額は以下のレートを使用: 135円/ドル, 140円/ユーロ

## 欧州におけるグリーン水素製造の研究開発(電解種別予算の変化)

- 水電解プロジェクト全体の50%以上が実証(下左図の「IA」)に関するテーマで水電解技術の普及に注力、実証に関して積極的に投資を行っている点が特色。PEM形電解装置に関する実証で、電解装置全体の投資額の1/3を占める
- 電解種別の投資額内訳の推移を見ると、PEM水電解が一貫して多かったが近年はSOEC/アルカリ水電解への投資も拡大していることに加え、AEM(アニオン固体高分子形)への研究開発も開始



【出典】FCHJU Programme Review Days資料をもとに作成

第8回FC-Cubicオープンシンポジウム 競争が激化するグリーン水素製造の世界動向 みずほリサーチ&テクノロジーズ (2022年7月13日) 資料より抜粋 掲載許諾を得たうえで引用

# 国内外の技術動向

メタン熱分解については、米国DOEのARPA-Eプロジェクトで「Methane Cohort」が2019年に開始。ドイツ水素戦略(2020年6月)において「ターコイズ水素」として定義され、各国で取り組みが行われる。

オーストラリアHazer社	ドイツカールスルーエ工科大	米国Monolith社	ドイツBASF社他
触媒法	溶融金属	プラズマ法	無触媒法
500-1000℃	1 000-1175℃	低温プラズマ：700℃以下 熱プラズマ：700℃以上	1 200-1400℃
<p>鉄鉱石触媒を用いた独自のメタン熱分解の開発を進めており、水素3.6t/年生産できるパイロットプラントを2018年実証済み。同社のプロセスで副生するグラファイトは製鉄向けの他車載用バッテリーや電極へ利用可能なグレードとされる。2020年2月には千代田化工建設との日本展開に関する覚書を発表。国内未利用バイオマス等からの水素・グラファイト製造や地産地消水素サプライチェーン構築に取り組む。</p>	<p>ドイツのカールスルーエ工科大学(KIT)はサステナビリティ研究所と溶融金属(スズ)を用いたメタン熱分解システムを開発し、ラボスケールプラントで変換効率78%を達成。パイロットプラントへのスケールアップのための開発を実施中。</p>	<p>米国のMonolith社はメタン熱分解(熱プラズマ)によるカーボンブラック製造の技術開発を進める。 ・カリフォルニアで700tのカーボン+200tの水素を製造可能な実証プラントを3700時間以上安全運転。 ・2020年中にネブラスカで商用プラントを建設する計画。副生水素は125MWの火力発電所で燃料に利用予定。</p>	<p>・BASF、Linde、Thyssenkruppらは2013年よりドイツ連邦の支援を受けてメタン熱分解(無触媒)の研究を開始。 ・製造した水素を合成ガス製造に利用するとともに、副生炭素を製鉄プロセスで利用する構想を発表している。 ・2025年にパイロットユニットの試験を行う計画を発表済み。</p>
<p><b>Hazerのシステム概念図</b></p> <p>出典：Hazer“Hydrogen Production Disruption”</p>	<p><b>KITのシステム概念図</b></p> <p>出典：Alberto Abánades et al. “Development of methane decarbonisation based on liquid metal technology for CO2-free production of hydrogen”</p>	<p><b>建設中のプラント</b></p> <p>出典：Monolith“ AICHE Ammonia Production from Natural Gas Pyrolysis”</p>	<p><b>プロセスの概念図</b></p> <p>出典：BASF“ The quest for CO2-free hydrogen - methane pyrolysis at scale”</p>

当事業では  
2018年から調査事業を開始(2か年)。  
2020年11月の項目継続可否審査を経て開発事業を開始(2か年)



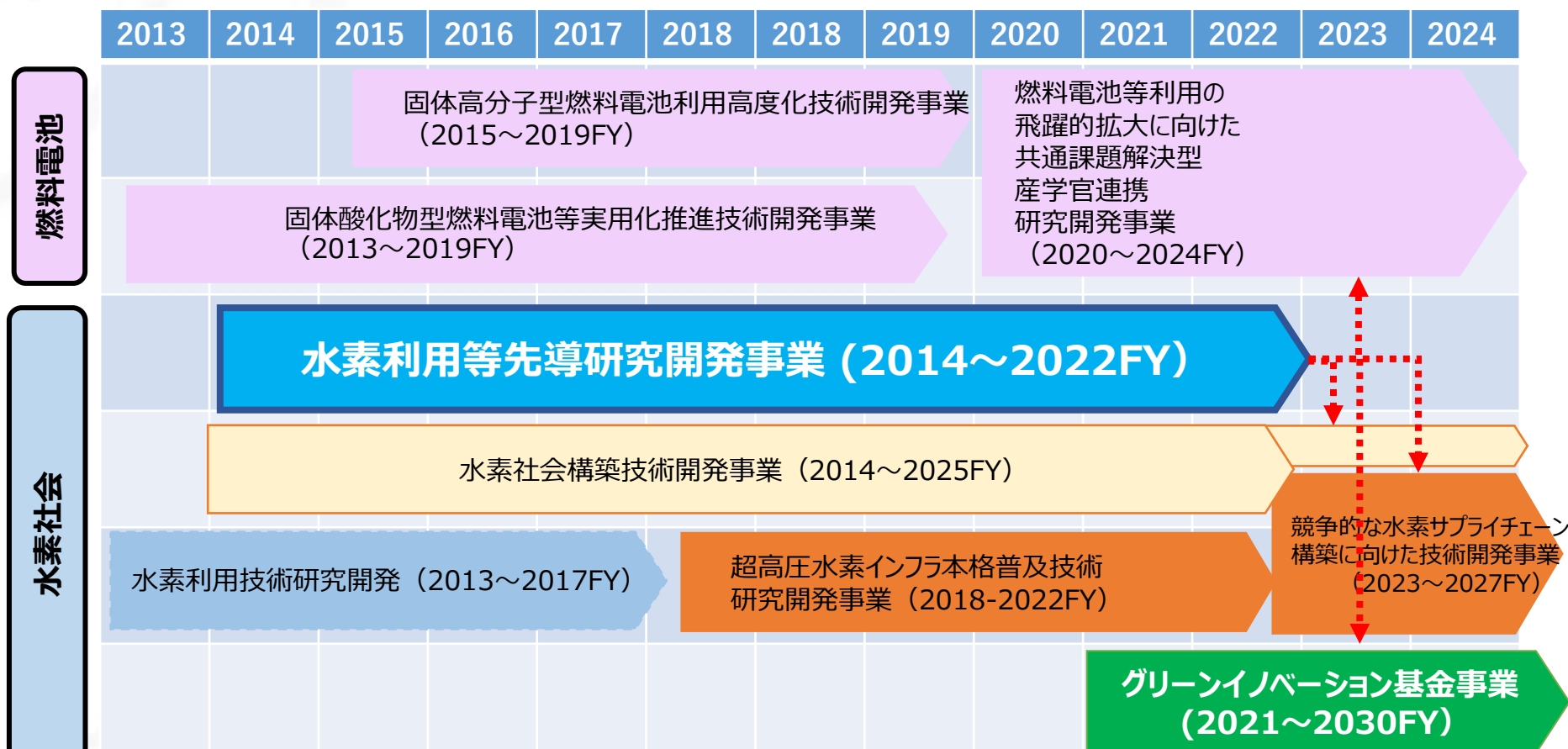
## 他事業との関係

経済産業省をはじめとして、多くの予算を水素・燃料電池事業に投入。NEDOは経済産業省の研究開発・実証部分を担う。

省庁	事業名及び概要
環境省	<p><b>脱炭素社会構築に向けた再エネ等由来水素活用推進事業</b> 脱炭素な地域水素サプライチェーン構築、および水素活用による運輸部門等への脱炭素化を支援。</p>
経済産業省	<p><b>グリーンイノベーション基金事業</b> 2050年カーボンニュートラルに向けて、政策効果が大きく、長期間の継続支援が必要な領域において、最大10年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援。</p> <p><b>水素利用等先導研究開発事業</b> 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。具体的には、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主として取り組む。</p>
(NEDO)	<p><b>水素社会構築技術開発事業（地域水素利活用技術開発）</b> 様々な①水素製造源、②輸送・貯蔵手段、③水素の利活用先等を組み合わせたモデル構築のための技術開発・実証を行い、水素製造の低コスト化、効率的な水素サプライチェーンを構築するとともに、基盤となる技術を確立。将来的な水電解技術の商用化や水素の社会実装に向けた展望を開く。</p> <p><b>競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業</b> 水素の供給基盤を確立するため、設備・機器・システム等の更なる高度化・低廉化・多様化につながる研究開発、および水素サプライチェーンにおける規制の整備や合理化、国際標準化のために必要な研究開発等について支援。</p> <p><b>燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業</b> 2030年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システムを実現するための基盤技術、多用途展開のための技術並びに大量生産を可能とする生産プロセス又は検査技術、システム化技術等の開発について支援。</p> <p><b>脱炭素化・エネルギー転換に資する我が国技術の国際実証事業</b> 脱炭素化・エネルギー転換に資する我が国の技術について、海外実証を通じてその有効性・優位性を可視化し、実証国・地域等での導入及び我が国での普及展開に裨益することを目的とした事業（実施項目：⑤低コストな水素関連技術）</p>
国土交通省	<p><b>カーボンニュートラルポートの形成等の港湾・海事分野における脱炭素化の推進</b> 「カーボンニュートラルポート（CNP）」の形成、海事分野のカーボンニュートラルを推進する。（水素に関しては、水素・アンモニア燃料船のバンカリング（燃料供給）に関するガイドラインの整備を実施）</p>

## 他事業との関係(燃料電池・水素室)

- 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。



# 他事業との関係

NEDOの事業の中でも製造、輸送・貯蔵、利用までの幅広い分野をカバー

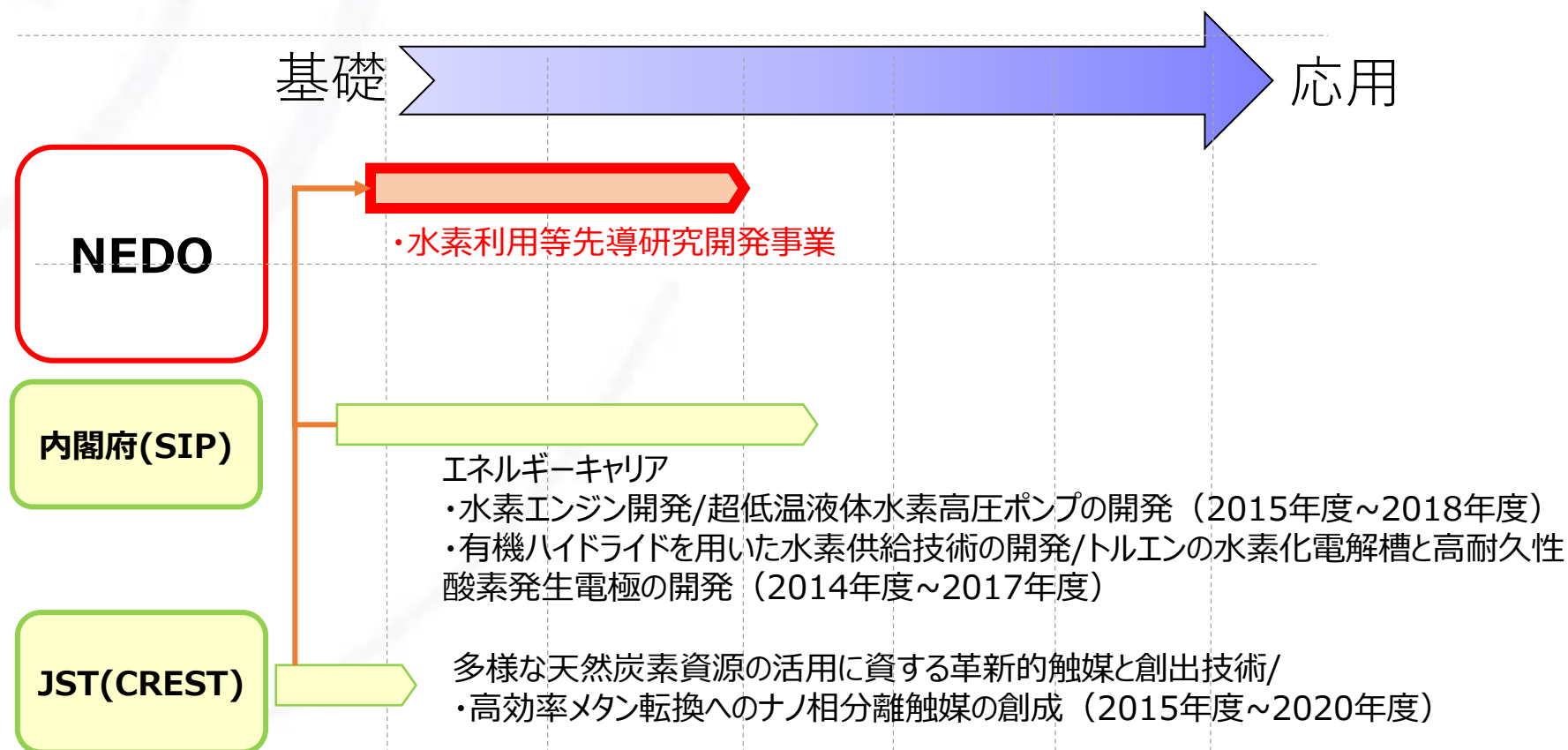
	革新的技術開発	要素技術の研究開発～技術実証		大規模化・商用化実証
製造	<b>水素利用等先導研究開発事業★</b> 研究開発項目①水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発 研究開発項目②大規模水素利用技術の研究開発 研究開発項目③従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発 研究開発項目④エネルギーキャリアシステム調査・研究 研究開発項目⑤炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術開発	燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業 II 水素利用等高度化先端技術開発 (水電解システム)	競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業	<b>グリーンイノベーション基金事業</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>水電解装置の大型化技術等の開発</li> <li>Power-to-X 大規模実証</li> <li>水電解装置の性能評価技術の確立</li> <li>水素輸送技術等の大型化・高効率化技術開発・実証</li> <li>革新的な液化、水素化、脱水素技術の開発</li> <li>水素発電技術(混焼、専焼)の実機実証</li> </ul>
輸送・貯蔵		燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業 II 大規模水素エネルギー利用技術開発 (イ) 未利用エネルギー由来水素サプライチェーン構築 (ロ) 水素エネルギー利用システム開発		
利用		燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業 I 共通課題解決型基盤技術開発 II 水素利用等高度化先端技術開発 (燃料電池) III 燃料電池の多用途活用実現技術開発		
分野横断	水素社会構築技術開発事業/ III 地域水素利活用開発 (ア) 水素製造・利活用ポテンシャル調査 (イ) 地域モデル構築技術開発	水素社会構築技術開発事業/ I 国内規制適正化に関わる技術開発 III 国際展開、国際標準化等に関する研究開発 共通基盤技術開発	脱炭素化・エネルギー転換に資する我が国技術の国際実証事業	

※ ★は、今回の終了時評価における対象部分。



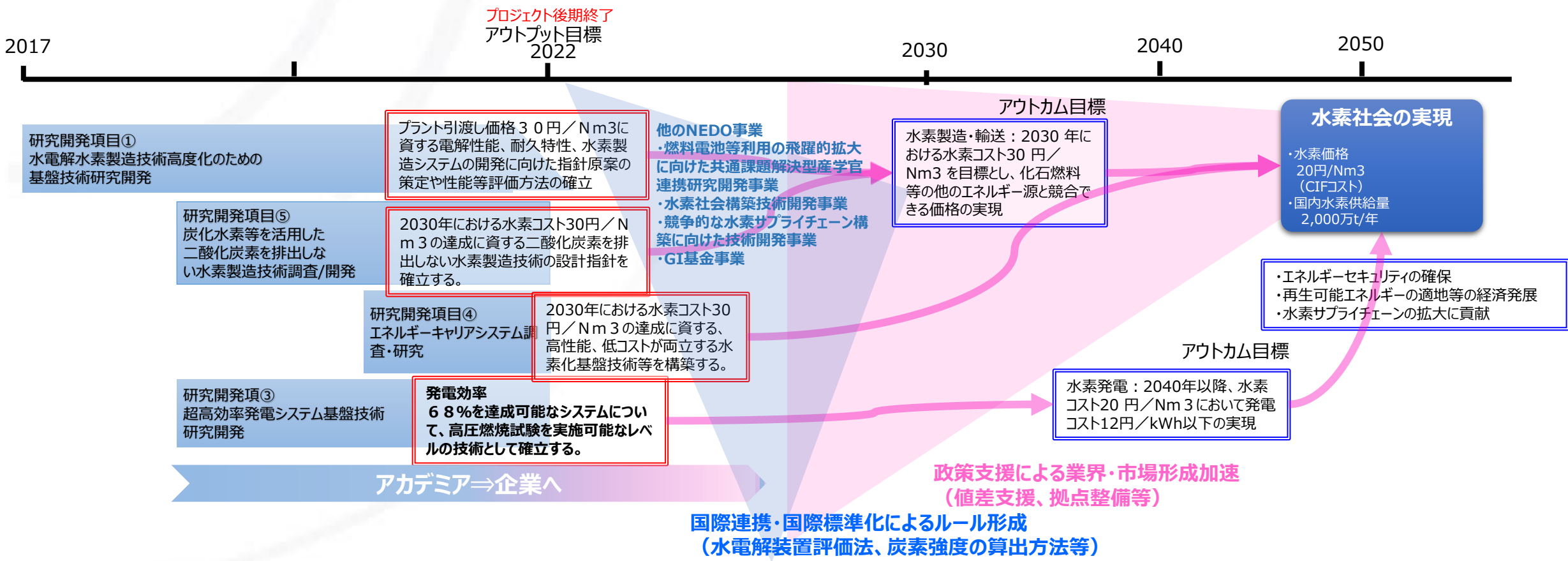
## 他事業との関係

- 他省庁の先導的な研究開発事業とは分野／期間で重複しないよう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



# アウトカム達成までの道筋

- 技術開発の主体をアカデミアから企業へ段階的に移行し、継続することで技術の実用化へ道筋
- METIによる政策的支援や国際連携によるルール形成等と連携し、水素社会の実現に貢献



## 知的財産・標準化戦略

- 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、特許の取得等を強く推奨

- 知的財産戦略の大きな方針は以下の3点

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

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

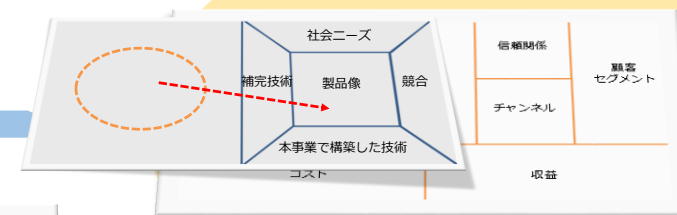
企業との連携：技術の移転先となる企業との連携を強く推奨

# 知的財産・標準化戦略

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し、事業実施者との対話に用いて意識付けを行った。

## ③ 企業との連携構築

- ・成果の社会実装と収益確保に必要なステークホルダーの顕在化
- ・連携の推進とバックキャスト視点に基づく事業終了後の具体化



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。

## ② 目標への貢献

- ・知財形成に関するマネジメント方針
- ・計画とステアリング

先行・競合に対する目標成果の  
新規性・進歩性の確認

開発技術の社会実装の姿を  
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

## ① ポジショニング

- ・先行・競合・目標との差分の明確化

目標とする事業成果の  
先行・競合知財の確認

# 知的財産・標準化戦略

TRLの低いステージであるからこそ社会実装に向けた知的財産形成を見据え、

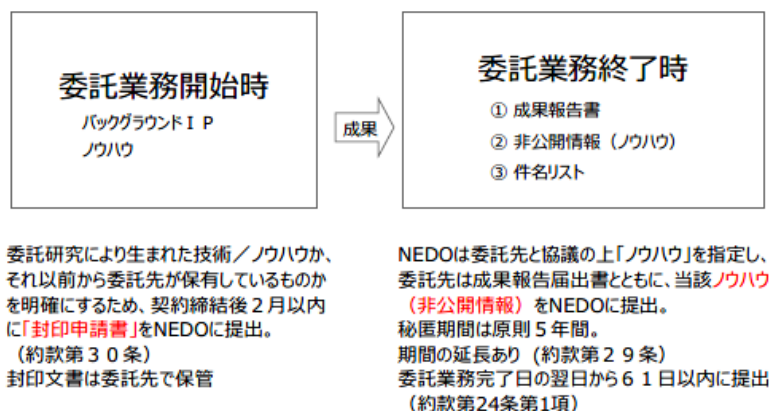
- 公募時の提案書様式（別添 1）において以下の項目を追加

## 「研究開発対象のポジショニング」

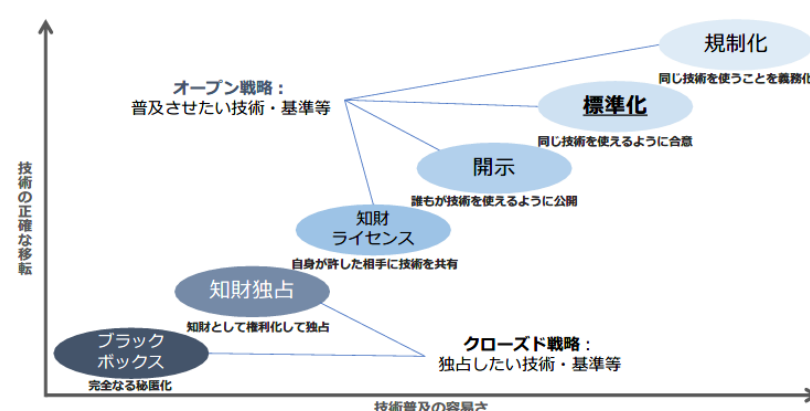
## 「成果の取り扱いに関するマネジメント戦略」

- 課題に対する解決方法として提案する技術の優位性の説明や特許出願による権利化だけでなく、秘匿化も含めオープンクローズの整理についても応募段階で説明を要求
- 採択者説明会では特にクローズ戦略に対してNEDO事業成果に対するノウハウ指定の手続きについて強調して説明

### ● 説明会で取り上げたノウハウ指定の手続き



### ● 事業の特性に応じたマネジメントの参考



# 知的財産管理

## ● 知的財産権の帰属

委託事業と補助・助成事業 		
項目	委託(共同研究含む)	補助・助成
事業の主体	NEDO	事業者
事業の実施者	委託先	事業者
取得資産の帰属	NEDO (約款20条1項該当)	事業者
事業成果 (知的財産権)の帰属	NEDO バイ・ドール条項遵守の 場合は委託先帰属 (注)	事業者
収益納付	なし	あり

(注) 実証事業及び調査事業の委託では、約款上バイ・ドール条項に関する規定はない。

NEDO Web 掲載「知的財産権に関する説明資料 (2022年7月版) 抜粋

＜委託研究開発における知的財産マネジメントに関する運用ガイドライン＞に示される以下の観点を実施者に改めて理解を求めた。

- 研究開発成果を最大限事業化に結び付け、国富を最大化することを念頭において運用することが重要
- そのためには事業戦略を鑑みた権利化・秘匿化を十分考慮し、成果を最大限国富に貢献させるようマネジメントする。

そのうえで以下の手続きをすすめ、知財形成に関するマネジメント基盤を整備いただいた。

- 知財マネジメント基本方針（「NEDO知財方針」）に関する事項  
NEDO知財方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）」を整備し、「知財の取扱いに関する合意書」を作成する。
- データマネジメントに係る基本方針（NEDOデータ方針）に関する事項  
NEDOデータ方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）」を整備し、「データの取扱いに関する合意書」を作成する。

**上記NEDO知財方針を事業者に理解いただいた上で、事業者に判断いただくためのツール（次ページ）を提供した**



# 知的財産管理

## 成果の権利化・公表については事前にその内容を確認するための様式を活用

出願や公表については事前に確認して事業成果としての知的財産管理を実施

### <実施計画との整合>

- 知財委員会での合意があるか（複数事業者の場合）
- 成果に関する実施計画書における位置づけ・整合
- 事業内成果と事業外成果の確認（必要に応じて）

### <公表内容の権利化状況>

- 公表する成果に関する権利化状況
- 権利化せずに公表する成果に関する理由
- 権利化も公表もしない成果については

秘匿化としてノウハウ指定の手続きについて様式を通じて継続的に理解を求めた。

これらを推進するために<仕上げたい技術の姿>（前述）を活用して以下の確認を行った

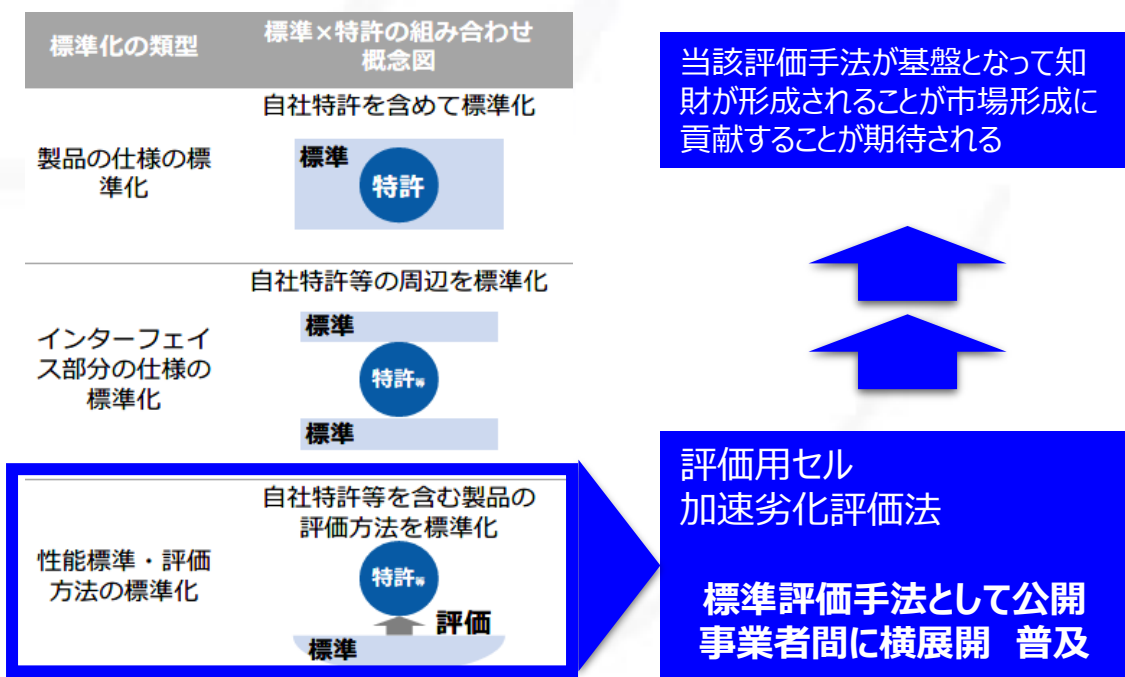
- 競合・代替技術との対比
- バックグラウンドIPの状況・フォアグラウンドIPの計画
- ステークホルダーとの関係

水素先導事業 発明（権利化・ノウハウ指定）/論文・講演等（公表）届出/申請書 フルダウンロードメニューになってます			
提出日*	年 月 日	受付番号(NEDO記入)	***-0 記号 MIA1
提出書類の区分		NEDO承認番号	
知財委員会承認番号			
契約者管理番号*			
事業名	大項目	水素利用等先導研究開発事業	
	中項目*	水電解水素製造技術高度化のための基礎技術研究開発	
	小項目*		
提出事業機関名*			
提出者氏名			
研究開発責任者等			
> 事業機関名			
> 氏名			
知財運営委員会委員長			
> 事業機関名			
> 氏名			
申請・届出の説明			
> 権利化・公表の区分			
> 種別			
> 氏名（筆頭者に○を付す）			
> 区分			
> 名称* 出願名称や論文等の題名			
> 概要			
> 実施計画書の該当箇所			
権利化の詳細			
> 出願ルート			
> 出願国、指定期			
備考(管理番号等)			
公表の詳細			
> 講演会名・雑誌名			
> 開催地・発行地			
> 要旨・論文提出期限			
> 発表・発行日			
> 公表内容の権利化状況			
出願番号/管理番号			
> 当該特許なしの場合の理由			
当該特許なしの理由(知財委員会での判断の根拠をご記入ください)			
> 添付資料			
有無		*備考があれば記入	
種類			
> パスワード			
チェックリスト			
<input type="checkbox"/> 提出内容の記載漏れチェック済(特に提出日)		<input type="checkbox"/> 他機関の著作権侵害の権限済(公表の場合)	
<input type="checkbox"/> 知財運営委員会(設置されている場合)及び所属機関の了解済		<input type="checkbox"/> 知的財産権確保に関する協議済(公表の場合)	
<input type="checkbox"/> 本事業の成果であることの記載を確認済			
その他(NEDOへの連絡・質問・確認事項があればご記入ください)			
N E D O 担当者			
コメント及び印			
確認日			
注意事項			
申請 当該公表内容の初回公表時→承認番号を付与します			
届出 一度申請し、承認を受けた内容を別の場で公表する場合は			
申請については投稿先等の締め切りの2週間前までに手続きをお願いします。直前の場合、ご希望の期限までに承認できない場合があります。			

# 知的財産・標準化戦略

## 標準化に係る考え方

- 水電解市場の本格的な形成はこれからであるが、要素技術も含めるとそのプレイヤーは多岐に渡る
- 使われ方も様々である中で、性能の共通的な評価手法は健全な市場形成においても重要であり、本事業で取り組む評価手法を積極的に横展開



## 出願状況

国内出願：電気化学セル

PCT出願：アノードの加速評価方法

(国内移行：CN、EP、KR、US、CA)

そのうえで評価手法を公開

研究開発項目 I の他事業者や企業に横展開するとともに、GI基金で実施する水電解システムの評価基盤とも連携

学術誌にも掲載し広く周知

(電気化学2022年 90 巻 2 号 p. 136-158)

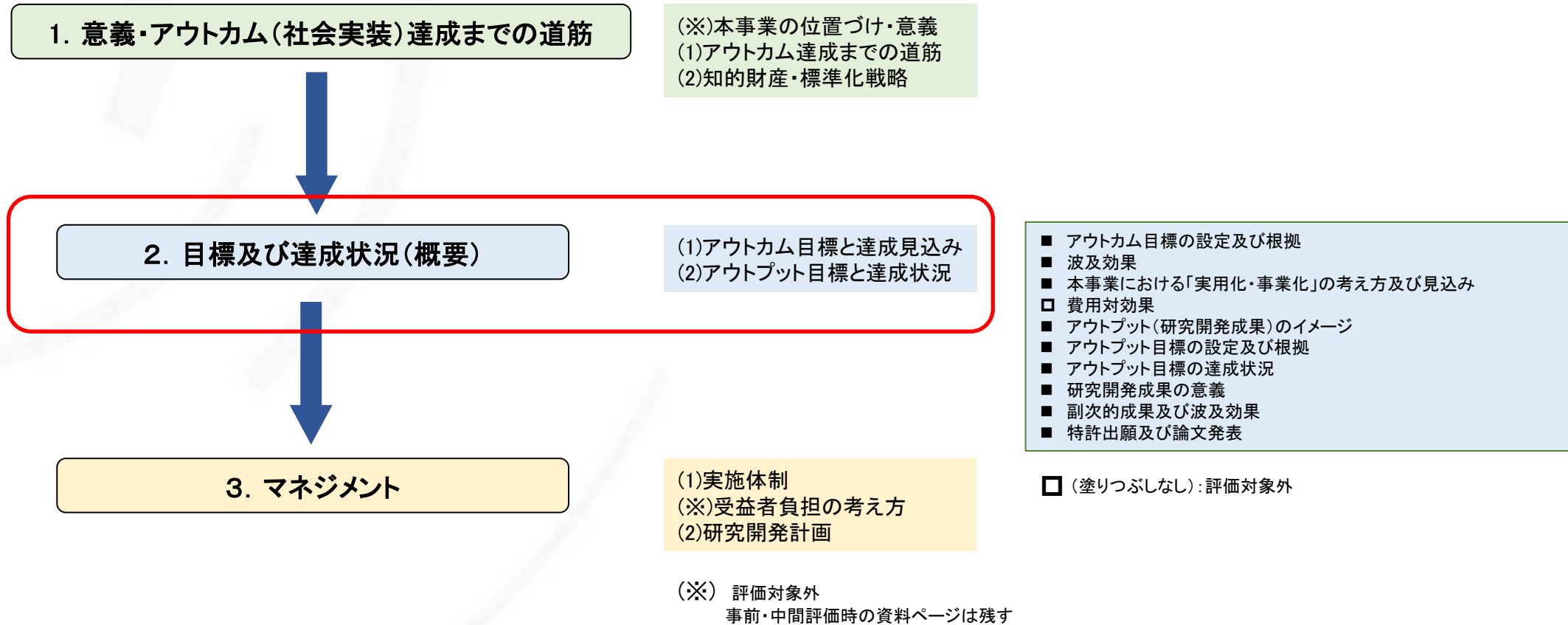
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/denkikagaku/90/2/90\\_22-TE0003/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/denkikagaku/90/2/90_22-TE0003/_article/-char/ja/)

標準化ビジネス戦略検討スキル学習用資料<https://www.meti.go.jp/policy/economy/hyojun-kijun/katsuyo/business-senryaku/pdf/002.pdf>「標準化をビジネスで用いるための戦略・知財と標準化の連携」より抜粋引用



## ＜評価項目 2＞ 目標及び達成状況

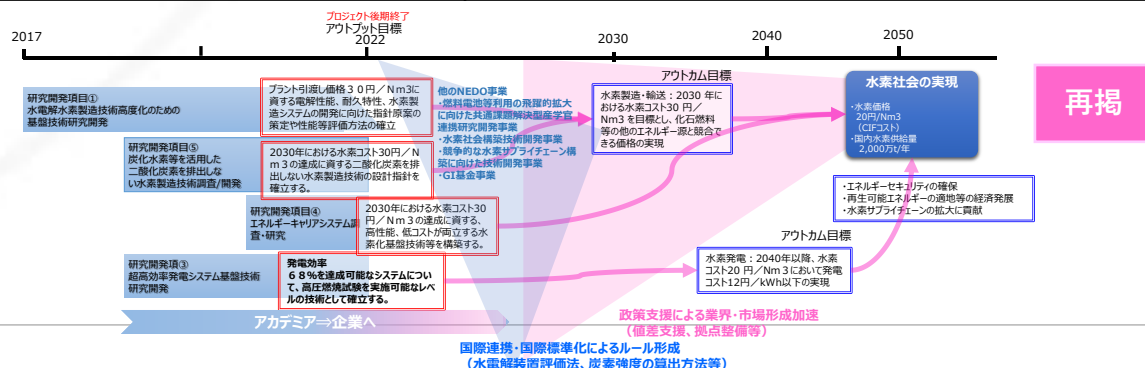
- (1)アウトカム目標及び達成見込み
- (2)アウトプット目標及び達成状況



# アウトカム目標の設定及び根拠

- 水素基本戦略の目標や既存化石燃料使用時と比較して同等の発電コストが本事業の基本計画上のアウトカム目標の設定根拠
- 他方で、これらの目標は前提条件に大きく依存するところ、成果の価値は技術の使われ方に応じて柔軟に評価する必要あり
- 最終的な狙いは、水素導入量目標（2030年300万t、2040年1200万t、2050年2000万t）・水素社会実現への貢献

研究開発項目	アウトカム目標	根拠	最終的な狙い
研究開発目標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」	2030年における水素コスト30円/Nm <sup>3</sup> を目標都市、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。	2030年ごろに～中略～30円/Nm <sup>3</sup> 程度の水素コストの実現を目指す」という記述。水素基本戦略平成29年12月26日	水電解システム普及による水素導入目標・水素社会実現への貢献
研究開発目標③「超高効率発電システム基盤技術研究開発」	水素発電については、2040年以降、水素コスト20円/Nm <sup>3</sup> において発電コスト12円/kWh以下の実現を目指す。	水素がLNGと同等のコスト競争力を持つと期待される、2040年以降において、現行の日本のガス火力の発電コストと同等のコスト。	エミッションフリーな超高効率発電を実現する酸素水素燃焼発電タービンの社会実装・普及を通じた、水素導入目標・水素社会実現への貢献
研究開発項目④「エネルギーキャリアシステム調査・研究」	2030年における水素コスト30円/Nm <sup>3</sup> を目標都市、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。	2030年ごろに～中略～30円/Nm <sup>3</sup> 程度の水素コストの実現を目指す」という記述。水素基本戦略平成29年12月26日	水素キャリアの輸送コスト低減による水素導入目標・水素社会実現への貢献
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開発」	2030年における水素コスト30円/Nm <sup>3</sup> を目標都市、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。	2030年ごろに～中略～30円/Nm <sup>3</sup> 程度の水素コストの実現を目指す」という記述。水素基本戦略平成29年12月26日	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システム普及による水素導入目標・水素社会実現への貢献

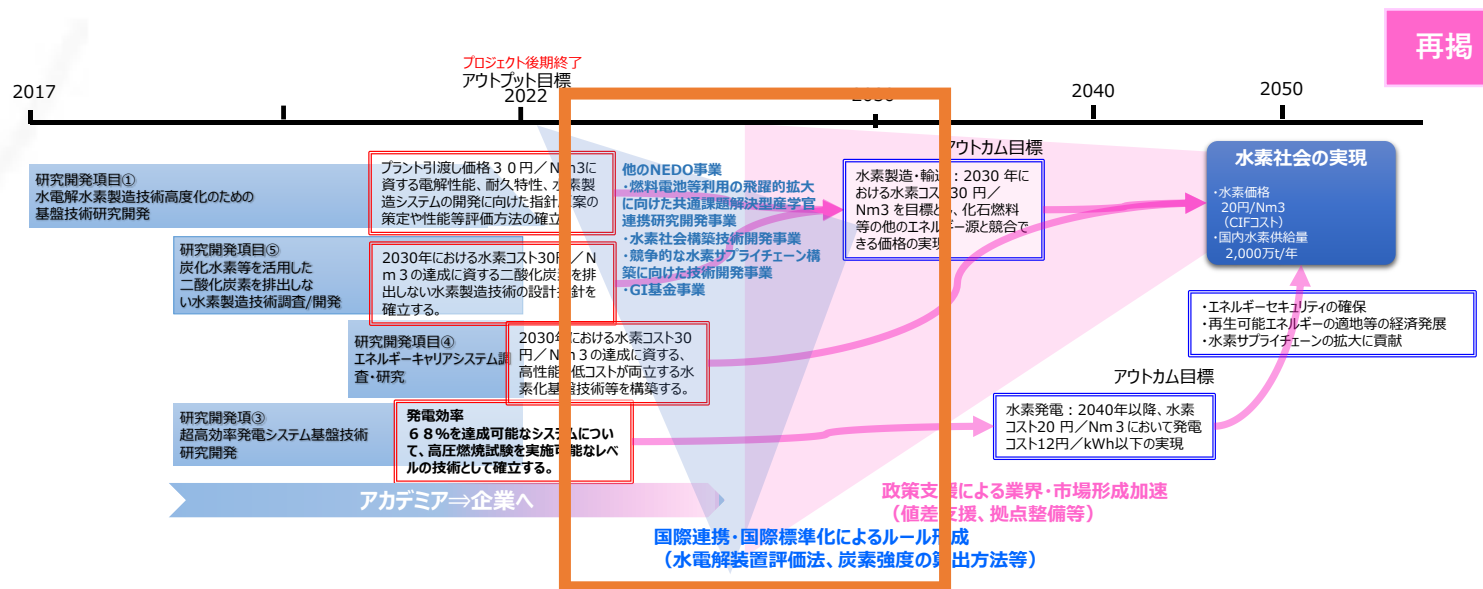


# 本事業における「実用化」の考え方

当該事業は「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。

そのため、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。

プロジェクト類型	実用化・事業化の考え方	
標準的研究開発	プロジェクト終了後5年を目処に、 <b>事業化</b> まで達することを旨とする研究開発	該当しない
基礎的・基盤的研究開発	プロジェクト終了後5年を目処に(もしくはそれ以上の期間で)、 <b>実用化</b> まで達することを旨とする研究開発	該当
知的基盤・標準整備等の研究開発	知的基盤・標準整備等を目的としており、研究開発成果による <b>事業化・実用化</b> を目標としていない事業	該当しない

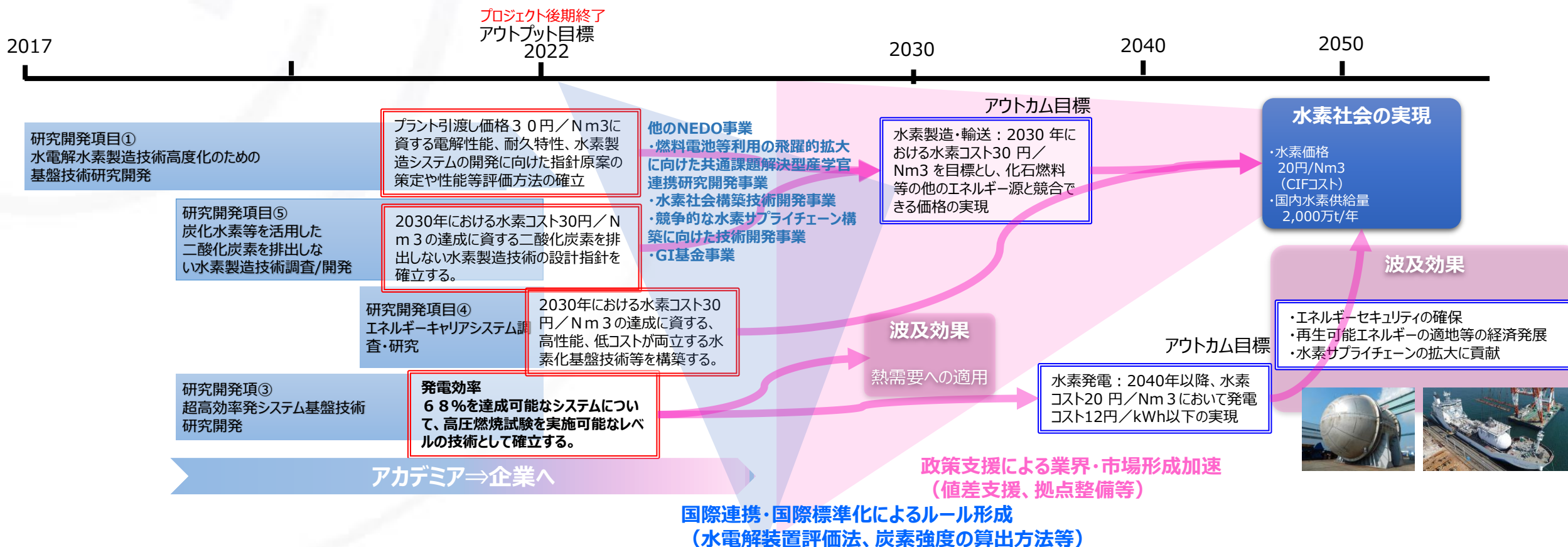


# アウトカム目標の達成見込み

研究開発項目	アウトカム目標	最終的な狙い	現状	達成見込み	根拠	課題
研究開発目標 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	2030年における水素コスト30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。	水電解システム普及による水素導入目標・水素社会実現への貢献	アカデミア主体のテーマの内多くが社会実装を担う企業を巻き込み、次フェーズの研究開発に移行。企業による実施テーマは自主的な開発を継続し、成果の一部の実証を計画。	○	複数件のテーマが企業を体制に加えて開発を継続しているほか、一部テーマは成果の実証を計画しており、社会実装に向けて着実に研究会開発は継続しているため。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・要素技術プレイヤー間連携の流動性向上</li> <li>・BOPコスト低減/電気化学以外のプレイヤーの参入（プラントエンジニアリングや運転制御最適化）</li> </ul>
研究開発目標 ③ 超高効率発電システム基盤技術研究開発	2040年以降、水素コスト20円/Nm <sup>3</sup> において発電コスト12円/kWh以下の実現を目指す。	エミッションフリーな超高効率発電を実現する酸素水素燃焼発電タービンの社会実装・普及を通じた、水素導入目標・水素社会実現への貢献	発電利用よりも早期に社会実装する適用先として熱需要への適用を調査研究に着手	△	現時点では次フェーズの発電技術開発に進んではいないが、本テーマのアウトプットを基に熱需要でいち早く酸素水素燃焼の社会実装を実現し、その成果を将来的な発電技術開発に活かす計画であるため。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃焼試験結果に基づく要素技術開発の継続</li> <li>・熱需要向け適用先での燃焼完結性及び制御方法の確立</li> </ul>
研究開発項目 ④ エネルギーキャリアシステム調査・研究	2030年における水素コスト30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。	水素キャリアの輸送コスト低減による水素導入目標・水素社会実現への貢献	基盤技術としての計測やシミュレーション手法の利活用やその高度化を行い、企業に知見提供すると共にコンソーシアムを構築。	○	本テーマが直接的に輸送システムを開発するわけではないが、MCH/液水を活用する企業へ基盤技術を提供する体制を構築したため。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・難易度の高い計測技術の課題解決</li> <li>・液水関連企業との連携と設計実務への深い関与</li> </ul>
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開発	2030年における水素コスト30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。	炭化水素等既存のエネルギーを活用した二酸化炭素を排出しない水素製造システム普及による水素導入目標・水素社会実現への貢献	複数テーマにおいて事業化を目指す企業が中心となって次のフェーズ（要素開発、実証）に進んでいる。	○	企業を体制に加えて次フェーズの開発・実証（計画含む）を継続しているため。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水素製造コスト低減と副生炭素機能性獲得のトレードオフ最適化</li> <li>・メタン直接熱分解の炭素強度計算の扱い</li> </ul>

# 波及効果




水素社会を実現することで、エネルギーセキュリティの確保や再エネ適地の経済発展に繋がるほか、他産業（化学業界、製鉄業界等）における脱炭素化へも貢献。



# 費用対効果

## プロジェクト費用の総額

総額127億円（前期59.8億円・後期67.5億円 うち評価対象期間（21~22年度）31.2億円）

	生産	輸送	利用
	水電解装置 	水素運搬船 (液水、MCH、アンモニア等) 受入基地 (陸上タンク等) 	 発電    モビリティ (熱需要、鉄・化学等)    産業
2050年における市場規模試算*	約4.4兆円	約5.5兆円	【水素発電タービン】約23兆円 【産業用（鉄鋼）】約40兆円 【定置用FC】約1.1兆円 【FC商用車】約300兆円
日本企業による2050年の獲得可能市場規模試算**	約35兆円		
海外の主なプレイヤー	Siemens (独) Thyssenkrupp (独) NEL (ノルウェー) ITM Power (英) Cummins (米)	韓国造船海洋 (韓) 大宇造船海洋 (韓) Shell (英) Linde (独)	【発電】GE (米) Siemens (独) 【産業利用（熱）】Siemens (独) 【定置用FC】Bosch (独) 【車】上海汽車 (中)、ヒュンダイ (韓)、Daimler (独)
<small>* 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（本文）」（2021年6月18日）            ** 第11回 産業構造審議会 産業技術環境分科会 グリーントランスフォーメーション推進小委員会／総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 2050年カーボンニュートラルを見据えた次世代エネルギー需給構造検討小委員会 合同会合 資料1「GXを実現するための政策イニシアティブの具体化について」より資源エネルギー庁試算（2022年12月14日）</small>			

# 非連続ナショナルプロジェクトに該当する根拠

## ◆非連続ナショナルプロジェクトの考え方

- 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。

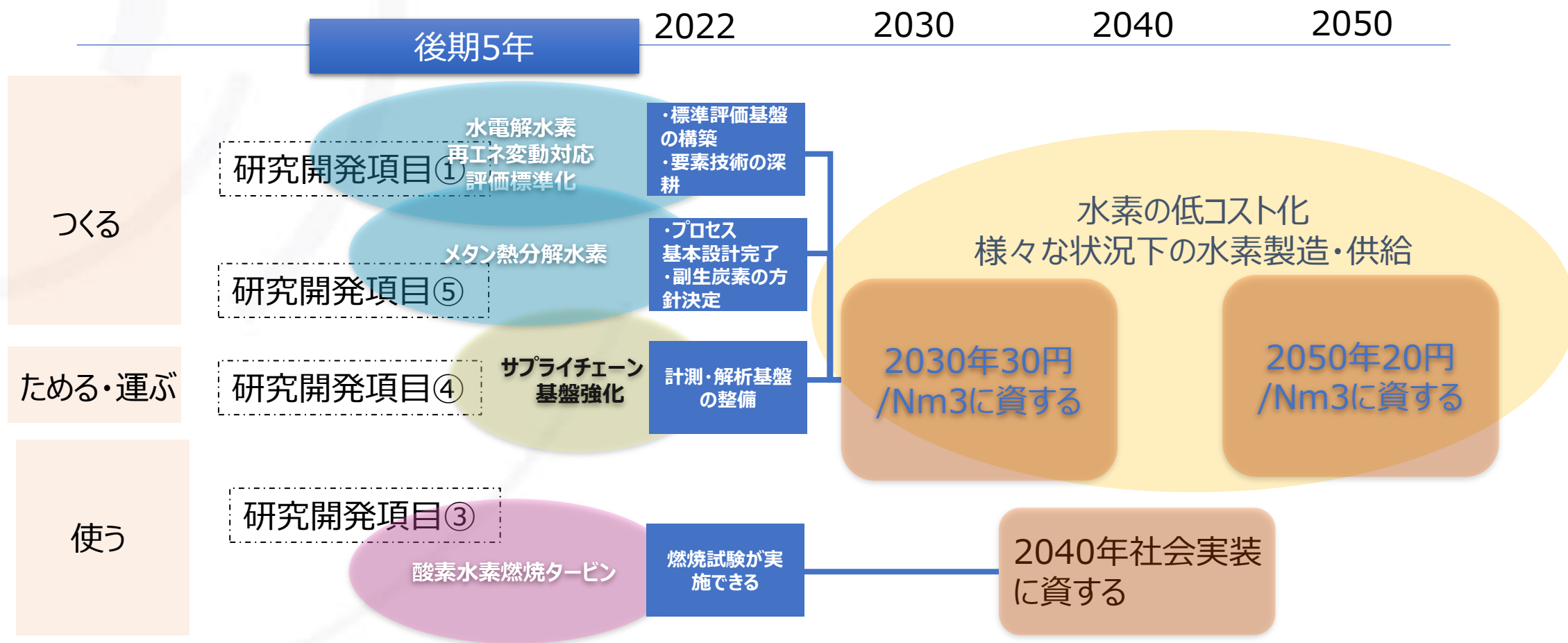
	内容
非連続的な価値の創造	画期的で飛躍的な変化を伴う価値が創造され、提供されることにより、生活、環境、社会、働き方などを変える
技術の不確実性	難易度が高い技術的課題や、新領域へのチャレンジなどにより、目標とする特性値や技術は従来の延長上にはなく、リスクが特に高い

- 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。

	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。



# アウトプット(研究開発成果)のイメージ



# アウトプット(終了時)目標の設定及び根拠

研究開発項目	研究開発内容	最終目標 (2022年 3月)	根拠
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	アニオン交換膜 (A E M) 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。	プラント引渡し価格 30 円 / Nm <sup>3</sup> 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。	水素基本戦略に「2030年頃に～中略～30円 / Nm <sup>3</sup> 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③ 超高効率発電システム基盤技術研究開発	水素サプライチェーンの L C A (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。	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。	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	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。	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、2030年における水素コスト 30 円 / Nm <sup>3</sup> の達成に資する、高性能、低コストが両立する水素化基盤技術等を構築する。	水素基本戦略に「2030年頃に～中略～30円 / Nm <sup>3</sup> 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	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。	2030年における水素コスト 30 円 / Nm <sup>3</sup> の達成に資する二酸化炭素を排出しない水素製造技術の設計指針を確立する。	水素基本戦略に「2030年頃に～中略～30円 / Nm <sup>3</sup> 程度の水素コストの実現を目指す」との記述。

# アウトプット目標の達成状況

研究開発項目	目標 (2023年3月)	成果(実績) (2023年3月)	達成度	達成の根拠/解決方針
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	プラント引渡し価格30円/Nm <sup>3</sup> 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原案の策定や性能等評価方法の確立する。	MI等も活用し、アルカリ、PEM、AEM、SOEC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開発の指針原案や性能等評価方法を確立した。	○	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原案の策定をし、水電解装置やプラント基本設計に向けたプレイヤー間の連携を具体化させた。また評価標準化にむけプロトコルの確立とその水平展開も進めたため。なお、高IF誌への掲載や出願数も2年間で100件を超えとともに、SOECについては生成ガス純度および流量、等の測定方法をIEC 62282-8-301第1版に反映するなど一部テーマでは想定・計画以上の成果を創出。
研究開発項目② 超高効率発電システム基盤技術研究開発	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を確立する。	発電効率68%達成可能なシステムに係る高圧燃焼試験を実施した。また社会実装の検討においては2030年に社会実装を視野に熱需要への酸素水素燃焼の適用について具体的に案をまとめた。	○	システム検討において動特性解析モデルを構築し、負荷変化や周波数変動に対する動特性解析を可能とした。安定した酸素水素燃焼を可能にする高温高圧燃焼機器の開発においてシングルバーナにて0.8MPa・1kW以上の条件にて燃焼試験を実施し、クローズサイクルを模擬した検証装置を構築する準備を整えることができたため。
研究開発項目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、2030年における水素コスト30円/Nm <sup>3</sup> の達成に資する、高性能、低コストが両立する水素化基盤技術等を構築する。	有機ハイドライド製造及び液体水素に関する解析モデルによる設計技術の構築と要素材料技術開発に取り組み、解析手法の提示と活用を進めた。	○	有機ハイドライド製造についてはファラデー効率(水素生成を抑制し、MCH直接製造割合95%超え)を高める技術開発・設計指針の導出、及び運転プロトコルの導出により、他事業で実施する企業の実証に重要な知見を提供。液体水素については新規の現象把握を達成するとともに水素需要分野に新規に進出するプレイヤーの拡大にも貢献した。
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開発	2030年における水素コスト30円/Nm <sup>3</sup> の達成に資する二酸化炭素を排出しない水素製造技術の設計指針を確立する。	水素製造プロセスについてベンチスケール試験を推進するとともに、副生する炭素の回収や利用についても検討が進み、プロセス設計指針を確立したことで、実証フェーズの検討を具体的に取り組むことができた。	○	1事業が実証フェーズに、2事業が実証フェーズの検討段階に進み、実証フェーズに進んだ事業については、量産可能な触媒設計及び全体プロセスの仕様確定を踏まえ、実機スケールプラントの基本設計及び事業シナリオの策定を完了したため。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

## 特許出願及び論文発表(特許)

- 20年以降特許出願は飛躍的に件数が増加。全事業1件以上の出願あるいは出願を準備中
- 予算当たりの出願件数としても2020年度以前を大きく上回る。
- アカデミアからの出願が増加し、外国出願のほか、第三者への実施権付与（2例）、権利移転（1例）も。
- 企業出願案件においては特に国内移行事例が増加し市場を視野に入れた動きが見て取れる。

( ) 内はアカデミアの単独あるいは共同出願の件数

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
予算	1,079	1,277	1,455	1,296	879	815	1,319	1,500	1443	1675
特許	4	10	8	15	5	9	13	11 (7)	54(36)	70(21)

特許出願	ファミリー数	外国出願							外国出願 小計 (PCT含む)	計
		PCT	CN	EP	US	AU	CA	KR		
2021年度	21(11)	5(5)	4(0)	6(4)	6(4)	2(0)	6(4)	4(4)	33(25)	54(36)
2022年度	34(15)	6(6)	1(1)	8(0)	9(0)	7(0)	5(0)	0(0)	36(6)	70(21)
計	55(26)	11(11)	5(0)	14(4)	15(4)	9(0)	11(4)	4(4)	69(31)	124(57)

## 特許出願及び論文発表(論文)

- 論文だけでなく、口頭発表やポスター発表においても査読付きの事例あり。
- 事業成果を含む論文が高IF誌への掲載も。  
(21年3月：東京工業大学がACS Applied Energy Materials表紙掲載\*・22年2月：理化学研究所がNat. Cat.に掲載)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
予算	1,079	1,277	1,455	1,296	879	815	1,319	1,500	1443	1675
論文	0	0	16	13	10	3	9	12	32	62
学会発表 (ポスター含む) 講演・講師	0	24	100	176	57	68	121	61	109	127

論文投稿	査読		計	口頭発表	査読		計	ポスター発表	査読		計
	あり	なし			あり	なし			あり	なし	
2020	8	4	12	2020	7	36	43	2020	0	8	8
2021	26	6	32	2021	7	56	63	2021	1	7	8
2022	51	11	62	2022	15	68	83	2022	0	12	12
計	85	21	106	計	29	160	189	計	1	27	28

## 特許出願及び論文発表(メディア)

メディアへの取り上げ事例も増加。事業成果を含む東京工業大学ACS Applied Energy Materials表紙掲載関連記事では19例も。

年度	事例数	記事名称	媒体	掲載日	研究開発項目
2020	19	極めて安価な金属で世界トップクラスの活性を持つ水電解用触媒を開発	東工大ニュース	2021/3/1	②-2
		Dethroning electrocatalysts for hydrogen production with inexpensive alternative material	Phys. org	2021/3/2	②-2
2021	11	Dethroning electrocatalysts for hydrogen production with inexpensive alternative material	Eurekaalert!	2021/3/2	②-2
		Dethroning electrocatalysts for hydrogen production with inexpensive alternative material	Bioengineer.org	2021/3/2	②-2
2022	13	Dethroning electrocatalysts for hydrogen production with inexpensive alternative material	ScienMag	2021/3/2	②-2
		Dethroning electrocatalysts for hydrogen production with inexpensive alternative material	Science Daily	2021/3/2	②-2
		Dethroning electrocatalysts for hydrogen production with inexpensive alternative material	Mirage News	2021/3/3	②-2
		Scientists Find Remarkable Electrocatalyst Candidate for Cost-Effective Water Splitting	Azom.com	2021/3/3	②-2
		Dethroning Electrocatalysts for Hydrogen Production with Inexpensive Alternative Material	Nanotechnology Now	2021/3/4	②-2
		Tokyo Tech team develops high-performance bimetallic OER electrocatalyst for water splitting	Green Car Congress	2021/3/4	②-2
		東工大・物材機構、水電解の安価な触媒開発	日刊工業新聞 電子版	2021/3/5	②-2
		水電解の安価な触媒	日刊工業新聞 朝刊19面	2021/3/5	②-2
		水の電気分解用、安価な触媒開発	日本経済新聞 朝刊11ページ	2021/3/8	②-2
		水の電気分解用、安価な触媒開発	日本経済新聞電子版	2021/3/8	②-2
		鉄とカルシウム CO2削減の『切り札』に	産経新聞 電子版	2021/3/13	②-2
		Dethroning electrocatalysts for hydrogen production with inexpensive alternative material	Chem Europe	2021/3/16	②-2
		水の電解触媒 価格3万分の1	日経産業新聞 朝刊6ページ	2021/3/22	②-2
		安価・高活性な水電解正極	化学工業日報 朝刊3面	2021/4/7	②-2
		アニオン交換膜を利用した水電解による高性能、高耐久、低コストの水素製造システム	東工大ニュース	2021/4/7	②-2
		水電解技術のダークホース『AEM形』 安価な鉄が高性能触媒に	日経XTECH	2021/12/6	②-2

(全事例アカデミア)

## ＜評価項目3＞マネジメント

(1)実施体制

(※) 受益者負担の考え方 \* 終了時評価においては対象外

(2)研究開発計画

## 1. 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

(※)本事業の位置づけ・意義  
(1)アウトカム達成までの道筋  
(2)知的財産・標準化戦略

## 2. 目標及び達成状況(概要)

(1)アウトカム目標と達成見込み  
(2)アウトプット目標と達成状況

## 3. マネジメント

(1)実施体制  
(※)受益者負担の考え方  
(2)研究開発計画

(※) 評価対象外  
事前・中間評価時の資料ページは残す

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- アウトプット(研究開発成果)のイメージ(再掲)
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理: 中間評価結果への対応
- 進捗管理: 動向・情勢変化への対応
- 進捗管理: 開発促進財源投入実績
- モティベーションを高める仕組み(該当しない場合は削除)

□ (塗りつぶしなし): 評価対象外

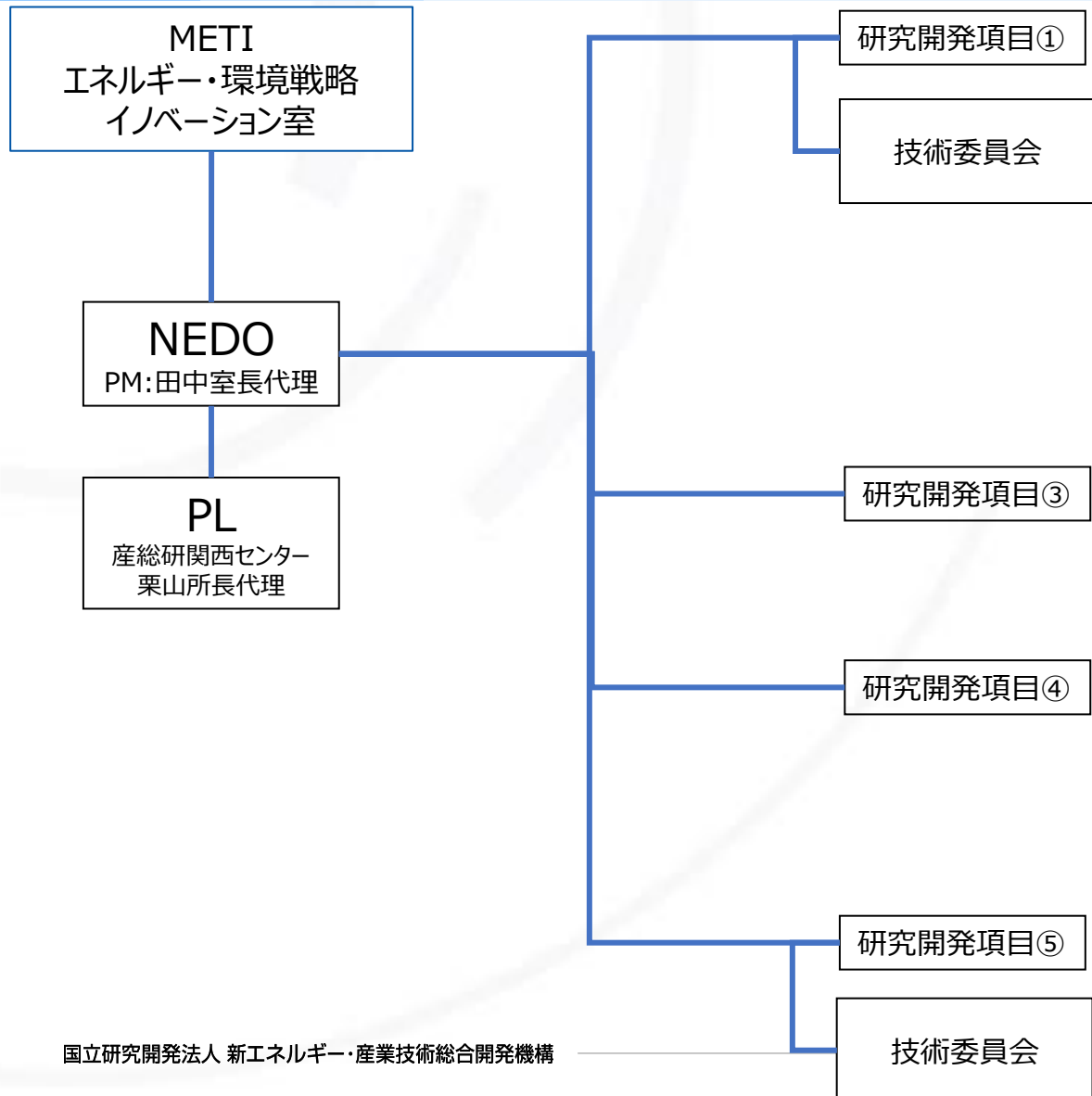


## NEDOが実施する意義

- 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やIEA TCP等の各国技術開発機関のネットワークを通じて各国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、各国機関に必要事項をインプット可能である。



# 実施体制(2021年度以降)



**水電解水素製造技術高度化のための基礎技術開発**

高温水蒸気電解システムの研究 (SOEC)  
 ・東芝エネルギーシステムズ

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 (PEM)  
 ・理化学研究所

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 (AEM)  
 ・産業技術総合研究所/早稲田大学/北海道大学

高性能・高耐久な固体高分子形及び固体アルカリ水セルの設計開発 (AEM)  
 ・東京工業大学

アルカリ水電解及び固体高分子形水電解の高度化 (PEM/AWE)  
 ・横浜国立大学/京都大学/東北大学/公立大学法人大阪/産業技術総合研究所/立命館/デノラ・ペルメレック/  
 アルカリ系水電解質及び固体高分子系電解質用酸素発生電極触媒でのマテリアルズインフォマティクスによる材料探索に関する調査研究 (PEM/AWE)  
 物質・材料研究機構

高性能アニオン膜型アルカリ水電解のための材料開発と膜電極接合体に関する研究開発 (AEM)  
 ・山梨大学/パナソニックホールディングス/タカハシプレジジョン/日本化学産業/東北大学

低コストAEM型水電解システムの実現に向けたアニオン交換膜材料の高口バスト化 (AEM)  
 ・日本触媒/東京工業大学

プロセスインフォマティクスへの拡張性を考慮したマテリアルズインフォマティクスに関する調査研究 (PEM)  
 ・北海道大学

**従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発**

酸素水素燃焼タービン発電の共通基盤技術の研究開発  
 ・産業技術総合研究所/宇宙航空研究開発機構/東芝エネルギーシステムズ/東京工業大学/大阪大学/電力中央研究所/石炭フロンティア機構/川崎重工業

**エネルギーキャリアシステムの調査・研究**

トルエン直接電解水素化電解槽の水挙動の解析と電流効率の向上  
 ・横浜国立大学/東北大学

水素キャリアシステムの高性能化と課題解決のための基盤流体技術の構築  
 ・早稲田大学/東京大学/荏原製作所

**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開発**

ホウ化水素を用いた熱による水からの水素生成技術の研究開発：2021年度まで  
 ・筑波大学/東京工業大学/物質・材料研究開発機構/大阪大学

メタン活性化と炭素析出の反応場分離による水素製造  
 ・物質・材料研究機構/太陽鉱工/静岡大学

メタン直接改質法による鉄系触媒を用いた高効率水素製造システムの研究開発  
 ・戸田工業/エア・ウォーター

メタン熱分解による水素製造技術の研究開発  
 ・産業技術総合研究所/IHI/京都大学

メタン直接分解による水素製造技術開発  
 ・伊原工業 (東京理科大：2021年度まで)

\* 緑字は前回中間評価(2020年度)以降に採択

## 個別事業の採択プロセス

2021年以降、研究開発項目I、IV、Vにおいて追加公募を実施。

採択テーマ	公募予告	公募期間	採択数	特記事項
研究開発項目①水電解水素製造技術高度化のための基礎技術開発 <b>アルカリ系水電解質及び固体高分子系電解質用酸素発生電極触媒でのマテリアルズインフォマティクスによる材料探索に関する調査研究</b> <b>高性能アニオン膜型アルカリ水電解のための材料開発と膜電極接合体に関する研究開発</b> 研究開発項目④エネルギーキャリアシステムの調査・研究 <b>トルエン直接電解水素化電解槽の水挙動の解析と電流効率の向上</b> <b>水素キャリアシステムの高性能化と課題解決のための基盤流体技術の構築</b> 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開発 <b>ホウ化水素を用いた熱による水からの水素生成技術の研究開発</b> <b>メタン活性化と炭素析出の反応場分離による水素製造</b> <b>メタン直接改質法による鉄系触媒を用いた高効率水素製造システムの研究開発</b> <b>メタン熱分解による水素製造技術の研究開発</b> <b>メタン直接分解による水素製造技術開発</b>	2021年1月7日	2021年2月8日 ～2021年3月10日	2	AEM形2件採択 採択条件：予算の大幅削減
			2	採択条件：予算の大幅削減
			5	採択条件：予算の大幅削減。うち2件は1年目終了時に継続可否審査を実施の条件付き。
研究開発項目①水電解水素製造技術高度化のための基礎技術開発 <b>アルカリ系水電解質及び固体高分子系電解質用酸素発生電極触媒でのマテリアルズインフォマティクスによる材料探索に関する調査研究</b>	2021年11月1日	2021年11月15日 ～2021年11月29日	1	
研究開発項目①水電解水素製造技術高度化のための基礎技術開発 <b>プロセスインフォマティクスへの拡張性を考慮したマテリアルズインフォマティクスに関する調査研究</b>	2022年7月12日	2022年7月26日～ 2022年8月9日	1	

審査にあたり、採択審査基準 評価項目 (2) 提案技術の新規性・優位性に関する「評価の視点」には前回の中間評価の指摘事項を反映

- ① 既存技術が明確に説明され、それとの比較により提案内容のポジショニングが示されているか。
  - ・他の従来技術のベンチマークができていないか。
  - ・ベンチマークとの比較により客観的に提案技術の新規性、優位性が示されているか。
- ② 開発テーマの技術的問題点を明らかにし、その課題を解決できる提案内容か。
  - ・現状のボトルネックとなっている課題を具体的に示し、その解決に対する仮説と検証方法が具体的に示されているか。
- ③ 科学的根拠に立脚した 理論的な仮定が明確に説明されているか。
  - ・提案する技術は科学に立脚した仮定を検証するものであるか。
  - ・その仮定は、科学的に理論が広く受け入れられているものであるか。

## 予算及び受益者負担

- いずれの研究開発項目も市場形成が未成熟あるいは2040年をにらんだ次世代技術シーズであり、TRLが低い。
- アカデミアや公的機関に参画を促すとともに、民間企業においてもリスクの高い技術領域に取り組んでもらうことを狙い委託事業として実施

研究開発項目	2021年度	2022年度	合計
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	820	1060	1880
③従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発	235	242	477
④エネルギーキャリアシステム調査・研究	84	109	193
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開発	195	259	454
合計	1335	1670	3005

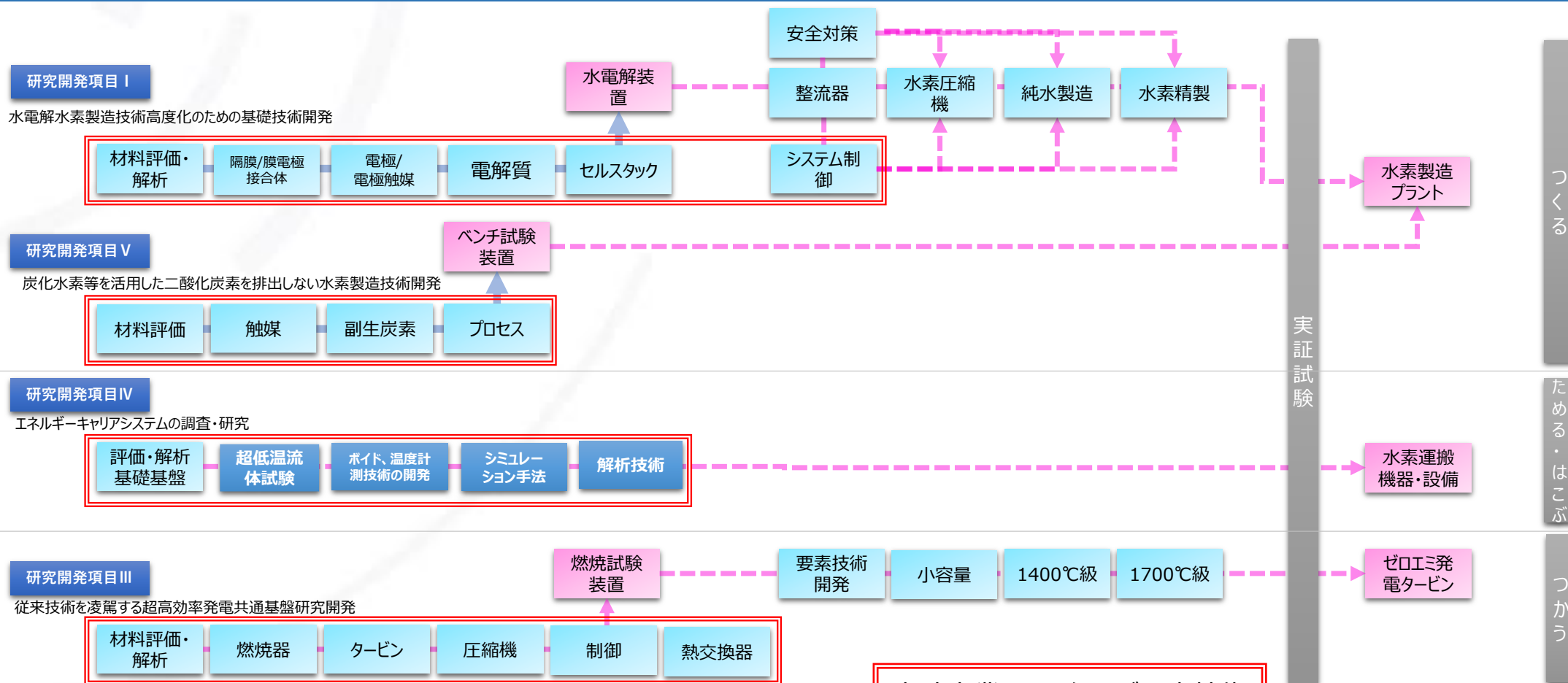
2023年8月29日の実績値に基づくただし、一部契約額で集計

# 研究開発のスケジュール

研究開発項目		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		公募		公募	公募	技術委員会 公募
② 大規模水素利用技術の研究開発				AEM追加 2件採択	MI追加1件採択	MI調査1件採択
③ 超高効率発電システム基盤技術研究開発		1700℃級の評価/1400℃級の提案	研究開発項目 継続可否審査	公募	1400℃級の要素技術開発と社会実装シナリオ構築	
④ エネルギーキャリアシステム調査・研究				公募	2件採択	
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開発		公募	継続可否審査 (1件終了)	公募	技術委員会 継続可否審査 (1件終了)	
評価時期				中間評価		終了時評価 (2023年度)
予算 (億円)	委託	8.15	13.19	15.00	14.43	16.75

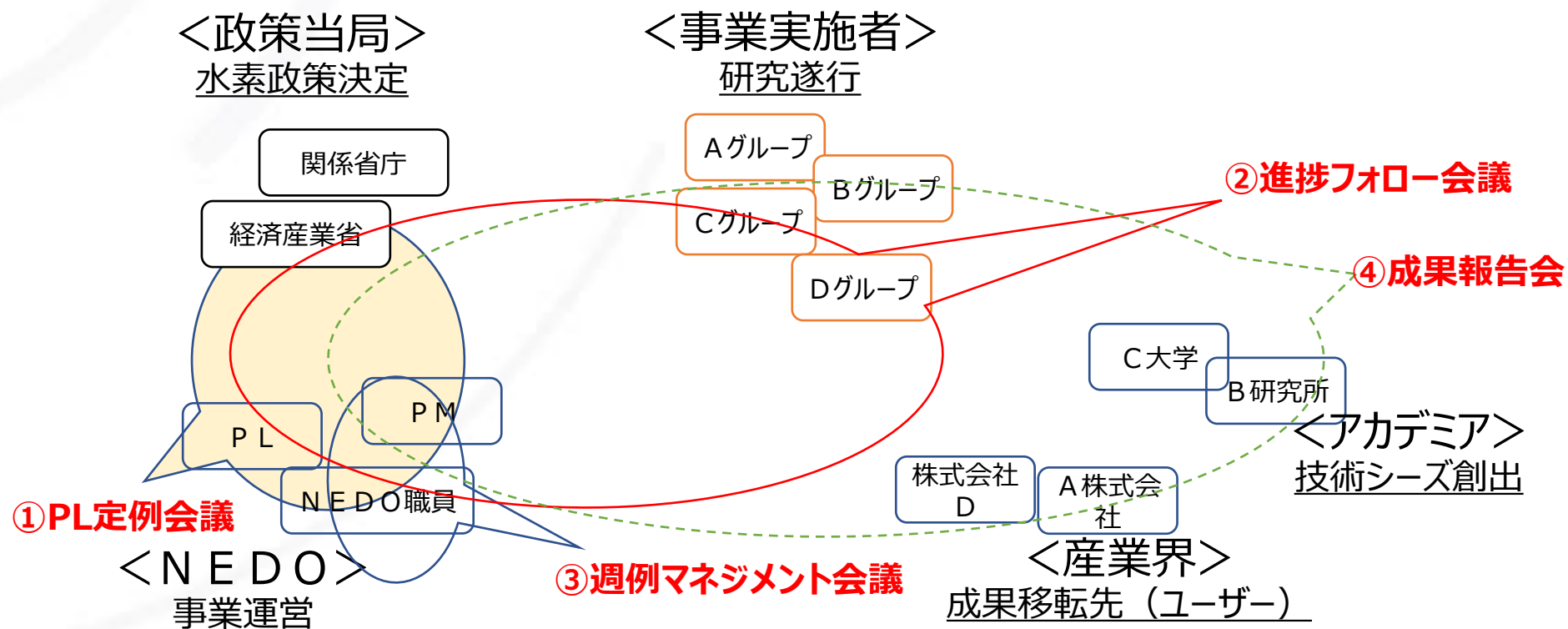
# 目標達成に必要な要素技術

各研究開発項目が目指す「製品」に向けては本事業で取り組む技術以外にも様々な要素技術が必要。本事業では、コアとなる技術や共通基盤技術にフォーカス。



# 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



## 進捗管理

### 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
  - 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

### 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）

- 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



## 進捗管理

### ② 事業者進捗フォロー

- 年に2回、技術開発状況について報告を受け、進捗状況を把握すると共にPLからアドバイスを実施
- 対話にあたり、先述の知財管理フォーマット〈仕上げたい技術の姿〉を活用し、オープン・クローズマネジメントに留意

### 事業成果の〈姿〉の共有

### 仕上げたい技術の姿 ② 目標への貢献 の様式を用いた事業者との対話

#### 事業開始時

研究開発項目ごとの成果のまとめ方について方針とスケジュール確認した。

#### 事業開始後

研究開発項目ごとにその進捗を確認した。

知財・論文スケジュール	事業開始前 (参考情報)	事業期間開始後				
		20fy	21fy上期	21fy下期	22fy上期	22fy下期
研究開発項目Ⅰ 特願2016-○○○○●● 〈○○の機能を向上させる材料開発〉	出願	●発表 ●論文	●			
研究開発項目Ⅱ 〈○○に関する機能を発揮する構造の最適化〉		出願準備		出願	●発表 ●論文	
研究開発項目Ⅲ 〈●を△にすることによる機能向上〉						

注: 図表には「国内優先期間」と「審査請求期限」の期間が示されています。また、項目ⅠとⅢの進捗は項目Ⅱの進捗と関連していることが示されています。

# 進捗管理

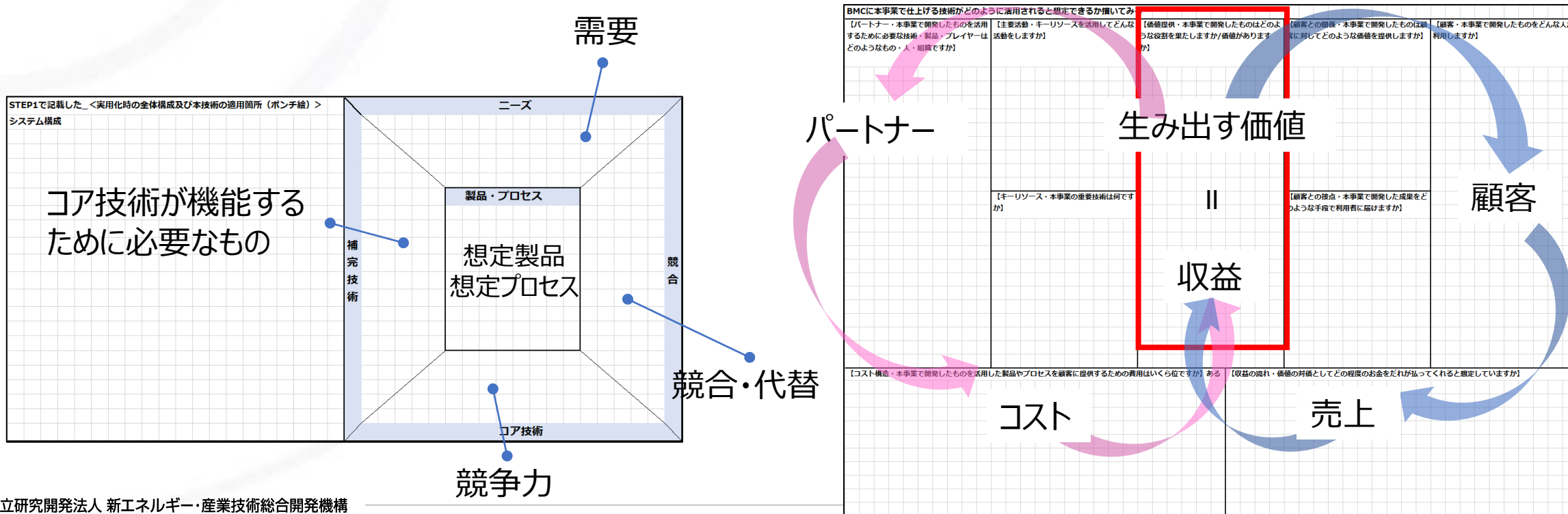
## ②事業者進捗フォロー

### 対象技術のポジショニング

技術の側面：想定する**製品・プロセス**とその**ニーズ**・取り組む**技術開発のコア**とその**補完技術/競合**の整理

事業の側面：技術開発成果で得られる見込みの**価値**や**パートナー**、**収益構造**の整理

ビジネスモデルキャンパス (BMC) の適用



# 進捗管理

## ④ NEDO水素・燃料電池成果報告会

- 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した。
- 2023年は対面参加延べ約1,100人、動画再生約5100回

**日時** 2023年7月13日（木）および2023年7月14日（金）

**場所** パシフィコ横浜 アネックスホール

**開催形式** ハイブリッド・動画配信あり

### 水素利用等先導研究開発事業からの口頭発表



基調講演



ポスターセッション

事業名	実施者
高温水蒸気電解技術の研究開発	東芝エネルギーシステムズ株式会社
アルカリ水電解及び固体高分子形水電解の高度化／アルカリ系水電解質及び固体高分子系電解質用酸素発生電極触媒でのマテリアルズインフォマティクスによる材料探索に関する調査研究	デノロ・ペルメック株式会社／学校法人立命館／国立大学法人東北大学金属材料研究所／公立大学法人大阪／国立大学法人京都大学／国立研究開発法人産業技術総合研究所／国立大学法人横浜国立大学／国立研究開発法人物質・材料研究機構
高性能アニオン膜型アルカリ水電解のための材料開発と膜電極接合体に関する研究開発	日本化学産業株式会社／国立大学法人東北大学流体科学研究所／国立大学法人山梨大学／タカタブレシジョン株式会社／パナソニックホールディングス株式会社
酸素水素燃焼タービン発電の共通基盤技術の研究開発	東芝エネルギーシステムズ株式会社／川崎重工業株式会社／一般財団法人石炭フロンティア機構／一般財団法人電力中央研究所／国立大学法人大阪大学／国立大学法人東京工業大学／国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構／国立研究開発法人産業技術総合研究所
水素キャリアシステムの高性能化と課題解決のための基盤流体技術の構築	国立大学法人東北大学流体科学研究所／国立大学法人東京大学／株式会社荏原製作所／学校法人早稲田大学
メタン直接改質法による鉄系触媒を用いた高効率水素製造システムの研究開発	戸田工業株式会社／エア・ウォーター株式会社

## 進捗管理：中間評価結果への対応

指摘		対応
事業の位置付け・必要性	【1】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。	本指摘は特に研究開発項目①に関する指摘と認識。水電解分野の技術開発においてはその性能向上やコスト低減に対し部材レベルでのシーズ探索が点在している様相であったが、これらのシーズ開発が要素部品開発を経て製品開発さらには水電解プロセスに貢献し水素製造価格目標に到達するために事業者に対しバリューチェーンの上下流だけではなく、ステークホルダーに対する理解や連携を促した。その結果、後継事業では企業との共同提案が加速されただけでなく、これまであまり注目されなかったBOPのコストに対する課題認識を醸成することができた。
研究開発マネジメント	【2】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らう目標を設定すべきであると考え。	中間評価後の21年度公募・研究開発項目⑤においてステージゲートを設定した採択を行った。継続可否の審査において、1事業については独自性はあるものの研究の進め方、結果の解釈などに改善の余地があることから終了し、原理実証の目処がついてから再度NEDO事業へ応募することを推奨した。また1事業については共同提案であるアカデミアの取り組みが技術開発のバックアップとして十分機能していないとの判断から適切なアカデミアへの組換えを行った。
	【3】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。	
研究開発成果	【4】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良いと思われる。	公募時の提案書様式に提案技術のポジションを明示的な記述を促すことを目的に、競合技術、代替技術及びそれらの水準について記載するよう工夫した。また、仕上げたい技術の姿において競合・代替技術を具体的に記述するなどに取り組み、提案技術の位置付けがより明確になった。
	【5】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。	高IF誌への掲載（東工大1件、理研1件）もあり、当該事業での研究開発レベルをアピールすることができたことと認識。この掲載がきっかけでアカデミアである事業者と企業との連携が加速された。
	【6】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。	「仕上げたい技術の姿」を活用し、事業において取り組む技術開発のバックグラウンドIP及びフォアグラウンドIPを整理し、研究開発項目ごとに想定される知的財産の権利主張や公表の計画などを事業開始時に確認し、その進捗をステアリングした。
成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し	【7】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。	研究開発項目③においてはコスト・効率・必要性・実現性から発電用途としての事業化の困難さを把握した。他方、技術開発の成果をより早く社会実装するために熱需要への適用を見出した。
	【8】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。	研究開発項目④では将来水素が必要とされつつも、市場が未成熟であるためユースケースの具体化が難しい側面もあるが、社会実装の姿を鑑みつつ部材開発の仕様を具体化する必要性があることを認識してマネジメントに取り組んだ。研究開発項目③では発電コストワーキンググループのコストレビューシート*を参照したうえで試算をおこなった。
	【9】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。	研究開発項目⑤の1事業については適切な助言が期待できるアカデミアを新たに再委託するだけでなく、技術委員会の委員による進め方委員会の形成や、副生炭素の利活用について助言できる外部有識者との連携を促すマネジメントを進めた結果、プロセス化を推進する企業の関心を得るとともに、副生炭素の新たな機能発見につながった。

## 進捗管理: 動向・情勢変化の把握と対応

➤ 以下の様な情勢変化に迅速に対応した。

情勢	対応
2020年1月革新環境イノベーション戦略	2021年2月の公募に反映
中間評価（2020年度）の実施。	中間評価の指摘を踏まえて対応。（別スライドにて説明）
2020年11月26日 研究開発項目V「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」の研究開発項目継続可否審査を実施し、多様な水素製造を持つということは重要で、メタンからの水素・炭素についても継続して取り組むという結論。	2021年2月に「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開発」として公募開始。2021年4月に採択決定し事業を実施。
2021年6月、2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略	GI基金の立ち上げで実施者に共通基盤的知見の提供
IEA AFC TCP TASK 30 (electrolysis) の開催	情報収集とその共有、課題設定の検討を継続。
水電解触媒分野にてM I を取り入れた動き	2021年度以降公募を実施し、2事業を開始
2022年1月20日 研究開発項目V「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開発」の継続可否審査・技術推進委員会を実施。	テーマAについて、独自性はあるものの研究の進め方、結果の解釈などに改善の余地があり、一旦終了して原理実証の目処がついてから再実施することとした。 テーマBについて、協業が技術開発の加速や効率化には結びついていないことから、協業体制を見直して継続実施することとした。

# 進捗管理: 動向・情勢変化への対応

水電解触媒の開発においてもマテリアルズインフォマティクスが活用される中で、本事業においても既存テーマとの連携や将来的な課題抽出を見据え、調査研究を実施

- 2020年10月に、カーネギーメロン大学とFacebook AI Researchが水素製造要反応の触媒に関するオープンプロジェクト「Open Catalyst Project OC20」とデータセットを公開。
- 機械学習モデルをトレーニングするためのOpenCatalystデータセットには120万の分子緩和が含まれており、2億5000万を超えるDFT計算の結果が得られる。

## Open Catalyst Project OC20

<https://opencatalystproject.org/>

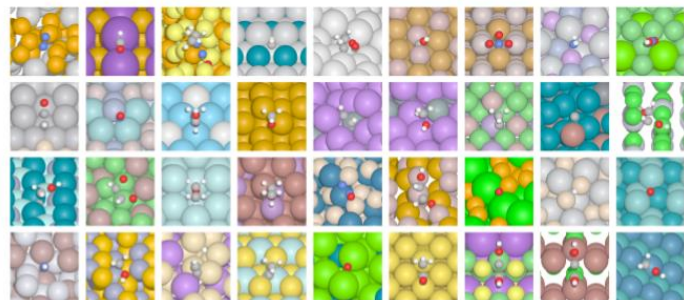


Figure 13. Examples of catalysts (larger atoms) and adsorbates (smaller atoms) in the OC20 dataset. Spheres represent the atoms with their color and size indicating the atomic number (element type) and the atomic radii, respectively. For example, the small white, red, grey, and blue spheres are hydrogen, oxygen, carbon and nitrogen, and the larger spheres are mostly metals.

Reaction	Name
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$	Hydrogen Evolution Reaction (HER)
$2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$	Oxygen Evolution Reaction (OER)
$\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	Hydrogen Oxidation Reaction (HOR)
$4\text{e}^- + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	Oxygen Reduction Reaction (ORR)
$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	Methanation
$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_3$	Haber-Bosch
$\text{N}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \longrightarrow 2\text{NH}_3$	Nitrogen Reduction Reaction (NRR)
$2\text{NH}_3 \longrightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2$	Ammonia Decomposition
$\text{CO}_2 + \text{ne}^- + \text{nH}^+ \longrightarrow \text{products}$	CO <sub>2</sub> Reduction Reaction (CO <sub>2</sub> RR)
$\text{CO} + \text{H}_2 \longrightarrow \text{products}$	Fischer-Tropsch
$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$	Water Gas Shift (WGS)
$\text{C}_2\text{H}_6 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	Non-Oxidative Ethane Dehydrogenation

出典: "An Introduction to Electro-catalyst Design using Machine Learning for Renewable Energy Storage"

みずほ情報総研(現みずほR&T)が作成したものを許可を得て引用・補足

2021年度以降2件のテーマを採択して追加実施

**アルカリ系水電解質及び固体高分子系電解質用酸素発生電極触媒でのマテリアルズインフォマティクスによる材料探索に関する調査研究**

国立研究開発法人物質・材料研究機構

**プロセスインフォマティクスへの拡張性を考慮したマテリアルズインフォマティクスに関する調査研究**

国立大学法人北海道大学

## 進捗管理: 追加予算

成果創出の加速化や、社会実装を担う企業との連携を見据えた追加データの取得等のために、技術委員会やPLの助言を踏まえつつ期中の追加予算についても柔軟に対応

### 2021～2022年度加速実績

研究開発項目	加速テーマ数、総額	内容	狙い・効果
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	5テーマ、150百万	MEA評価の面積化、サンプル数増加によるMIデータ精度向上、より精緻なデータを取るための計測・評価装置の追加取得等	成果創出の加速、企業との連携に向けた追加データ取得等
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テーマ、14百万	液体窒素実験設備の改造およびテーパー型ボイド率センサーの開発	企業との連携に向けた精度の高いデータ取得等





## 概要

		最終更新日	2023年9月4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/ P M g r 及び METI 担当課	○担当推進部/ P M g r 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～2021年7月) スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 田中博英 (2021年8月～2023年3月) ○METI 担当課 産業技術環境局 環境政策課 エネルギー・環境イノベーション戦略室		
0. 事業の概要	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。		
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋			
1.1 本事業の位置付け・意義	<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>		
1.2 アウトカム達成までの道筋	<p>本事業は「基礎的・基盤的研究開発」であり、プロジェクト終了後5年を目処に（もしくはそれ以上の期間で）、実用化まで達することを目指す研究開発として位置づけ、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。</p> <p>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。</p> <p>本事業終了後、後継事業を橋渡しとして実施し、2030年のアウトカム目標「水素製造・輸送：2030年における水素コスト30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」につなげる。ひいては、水素基本戦略で掲げる水素導入量目標（2030年300万t、2040年1200万t、2050年2000万t）に貢献し、水素社会の実現を目指す。</p>		
1.3 知的財産・標準化戦略	<p>「NEDO 知財マネジメント基本方針」及び「経済産業省委託研究開発における知的財産マネジメントに関する運用ガイドライン」に則り戦略を策定した。特にアカデミア成果についてはオープン/クローズ戦略を進めるうえで重要な戦略としての出願やノウハウ指定などの権利主張についても丁寧な議論を推奨すると共に、「仕上げたい技術の姿」という定型プラットフォームを構築して、実施計画書に記載する実施項目のアウトプット</p>		

		トの絵姿を見える化したことで具体的な議論を推進した。また、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、知財創出に対する気付きを醸成した。			
2. 目標及び達成状況					
2.1 アウトカム目標及び達成見込み	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12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。			
	目標に対する達成度	本事業では、「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の創出」を達成し、本事業終了後、全て後継事業に繋がっており、アウトカム達成に向けた取り組みは計画通り進んでいると考えられ、目標は達成の見込みと言える。			
2.2 アウトプット目標及び達成状況	研究開発項目	最終目標 (2022年度)	達成 状況	説明	
	I 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/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原案の策定や性能等評価方法を確立する。	○	MI等も活用し、アルカリ、PEM、AEM、SOEC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開発の指針原案や性能等評価方法を確立した。	
	Ⅲ 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を確立する。	○	発電効率68%達成可能なシステムに係る高圧燃焼試験を実施した。また社会実装の検討においては2030年に社会実装を視野に熱需要への酸素水素燃焼の適用について具体的に案をまとめた。	
	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、2030年における水素コスト30円/Nm3の達成に資する、高性能、低コストが両立する水素化基盤技術等を構築する。	○	有機ハイドライド製造に関する及び液体水素に関する解析モデルによる設計技術の構築と要素材料技術開発に取り組み、解析手法の提示と活用を進めた。	
	V 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開発	2030年における水素コスト30円/Nm3の達成に資する二酸化炭素を排出しない水素製造技術の設計指針を確立する。	○	水素製造プロセスについてベンチスケール試験を推進するとともに、副生する炭素の回収や利用についても検討が進み、プロセス設計指針を確立したことで、実証フェーズの検討を具体的に取り組むことができた。	
3. マネジメント					
3.1 実施体制	経産省担当原課	産業技術環境局 環境政策課 エネルギー・環境イノベーション戦略室			

	プロジェクトリーダー	産業技術総合研究所 関西センター所長代理 栗山信宏
	プロジェクトマネージャー	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～2021年7月) スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 田中博英 (2021年8月～2023年3月)
	委託先 (2021-2022年度)	<p>I 水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発 (委託事業)</p> <p>(1) 高温水蒸気電解技術の研究開発 (東芝エネルギーシステムズ)</p> <p>(2) 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 (理化学研究所)</p> <p>(3) 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 (産業技術総合研究所、早稲田大学、北海道大学)</p> <p>(4) 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 (東京工業大学)</p> <p>(5) アルカリ水電解及び固体高分子形水電解の高度化/アルカリ系水電解質及び固体高分子系電解質用酸素発生電極触媒でのマテリアルズインフォマティクスによる材料探索に関する調査研究 (横浜国立大学、産業技術総合研究所、京都大学、公立大学法人大阪、東北大学、学校法人立命館、デノラ・ペルメック、物質・材料研究機構)</p> <p>(6) 高性能アニオン膜型アルカリ水電解のための材料開発と膜電極接合体に関する研究開発 (山梨大学、パナソニック ホールディングス、タカハタプレジジョン、日本化学産業、東北大学)</p> <p>(7) 低コストAEM型水電解システムの実現に向けたアニオン交換膜材料の高ロバスト化 (東京工業大学、日本触媒)</p> <p>(8) プロセスインフォマティクスへの拡張性を考慮したマテリアルズインフォマティクスに関する調査研究 (2022年度から) (北海道大学)</p> <p>III 従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発 (委託事業)</p> <p>(1) 酸素水素燃焼タービン発電の共通基盤技術の研究開発 (産業技術総合研究所、宇宙航空研究開発機構、東京工業大学、大阪大学、電力中央研究所、石炭フロンティア機構、川崎重工業、東芝エネルギーシステムズ)</p> <p>IV エネルギーキャリアシステム調査・研究 (委託事業)</p> <p>(1) トルエン直接電解水素化電解槽の水挙動の解析と電流効率の向上 (横浜国立大学、東北大学)</p> <p>(2) 水素キャリアシステムの高性能化と課題解決のための基盤流体技術の構築 (早稲田大学、荏原製作所、東京大学、東北大学)</p> <p>V 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開発 (委託事業)</p> <p>(1) ホウ化水素を用いた熱による水からの水素生成技術の研究開発 (2021年度まで) (筑波大学、東京工業大学、物質・材料研究機構、大阪大学)</p> <p>(2) メタン直接改質法による鉄系触媒を用いた高効率水素製造システムの研究開発 (戸田工業、エア・ウォーター)</p> <p>(3) メタン直接分解による水素製造技術開発 (伊原工業、東京理科大学 (2021年度まで))</p> <p>(4) メタン熱分解による水素製造技術の研究開発 (産業技術総合研究所、京都大学、IHI)</p> <p>(5) メタン活性化と炭素析出の反応場分離による水素製造 (物質・材料研究機構、太陽鋳工、静岡大学)</p>

3.2 受益者負担の考え方  事業費推移 (会計・勘定別にNEDOが負担した実績額(単位:百万円))	実施事項	2017fyまで	2018fy	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy			
	研究開発項目Ⅰ									
	研究開発項目Ⅱ									
	研究開発項目Ⅲ									
	研究開発項目Ⅳ									
	研究開発項目Ⅴ									
	会計・勘定	2017fyまで	2018fy	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy	総額		
	一般会計	0	0	0	0	0	0	0		
	特別会計(需給)	5,986	815	1,319	1,500	1,335	1,670	12,625		
	開発成果促進財源	0	0	0	0	0	0	0		
	総NEDO負担額	5,986	815	1,319	1,500	1,335	1,670	12,625		
3.3 研究開発計画										
情勢変化への対応	<p>本事業実施期間中、METI 革新的環境イノベーション戦略が2020年1月に公表された。ここでは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され、水素も重要5分野の一つとして位置づけられた。これを受けて2021年度に新たなテーマ公募を実施し、新たな研究開発の進展を図った。</p>									
中間評価結果への対応	指摘				対応					
	<p>事業の位置付け・必要性 【1】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。</p>				<p>本指摘は特に研究開発項目Ⅰ水電解に関する指摘として理解した。水電解分野の技術開発においてはその性能向上やコスト低減に対し部材レベルでのシーズ探索が点在している様相であった。そのため、これらのシーズ開発が要素部品開発を経て製品開発、さらには水電解プロセスに貢献し水素製造価格目標に到達するために事業者に対しバリューチェーンの上下流だけでなく、ステークホルダーに対する理解や連携を促した。その結果、後継事業では企業との共同提案が加速されただけでなく、これまであまり注目されなかったBOPのコストに対する課題認識を醸成することができた。</p>					
	<p>研究開発マネジメント 【2】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を目標を設定すべき。 【3】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。</p>				<p>中間評価後の21年度公募・研究開発項目Ⅴにおいて独創的かつチャレンジングな案件も、年度内に継続可否審査を受けることを条件に採択。継続可否の審査においては、1事業については仮説検証が不十分として中止の判断をした。また1事業については共同提案であるアカデミアの取り組みが技術開発のバックアップとして十分機能していないとの判断から適切なアカデミアへの組換えを行った。</p>					
	<p>研究開発成果 【4】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。</p>				<p>公募時の提案書様式に提案技術のポジションを明示的な記述を促すことを目的に、競合技術、代替技術及びそれらの水準について記載するよう工夫した。また、仕上げたい技術の姿において競合・代替技術を</p>					

			具体的に記述するなどに取り組み、提案技術の位置付けがより明確になった。
	研究開発成果	【5】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。	高IF誌への掲載（東工大1件、理研1件）もあり、当該事業での研究開発レベルをアピールすることができたと認識している。この掲載がきっかけでアカデミアである事業者と企業との連携が加速された。
	研究開発成果	【6】研究発表は行われているが、知財戦略の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。	「仕上げたい技術の姿」を活用し、事業において取り組む技術開発のバックグラウンドIP及びフォアグラウンドIPを整理し、研究開発項目ごとに想定される知的財産の権利主張や公表の計画などを事業開始時に確認し、その進捗をステアリングした。
	成果の実用化に向けた取り組み及び見通し	【7】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。	研究開発Ⅲにおいてはコスト・効率・必要性・実現性から事業化の困難さを把握した。他方、技術開発の成果をより早く社会実装するために熟需要への適用を見出した。
	成果の実用化に向けた取り組み及び見通し	【8】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。	研究開発項目Ⅰでは将来水素が必要とされつつも、市場が未成熟であるためユースケースの具体化が難しい側面もあるが、社会実装の姿を考慮しつつ部材開発の仕様を具体化する必要性があることを認識してマネジメントに取り組んだ。研究開発項目Ⅴでは条件が明確な実証地を得たうえで、実証試験に進むめどを立てた。
	成果の実用化に向けた取り組み及び見通し	【9】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。	研究開発項目Ⅴの1事業については適切な助言が期待できるアカデミアを新たに再委託するだけでなく、技術委員会の委員による進め方委員会の形成や、副生炭素の利活用について助言できる外部有識者との連携を促すマネジメントを進めた結果、プロセス化を推進する企業の関心を得るとともに、副生炭素の新たな機能発見につながった。
	評価に関する事項	事前評価	2013年度 実施
		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
		終了時評価	2023年度 終了時評価実施
別添			
	投稿論文	2021年度 32件、うち査読付き 26件 2022年度 62件、うち査読付き 51件	
	特許	2021年度 54件、うちPCT 5件、外国出願 28件（国内移行含む） 2022年度 70件、うちPCT 6件、外国出願 30 5 4件（国内移行含む）	

<p>その他の外部発表 (プレス発表等)</p>	<p>・口頭発表 2021 年度 63 件、うち査読付き 7 件 2022 年度 83 件、うち査読付き 15 件</p> <p>・ポスター発表 2021 年度 8 件、うち査読付き 1 件 2022 年度 12 件</p> <p>・メディアでの取り上げ 2021 年度 11 件、2022 年度 13 件 水の電気分解用、安価な触媒開発 日本経済新聞 朝刊 11 ページ 2021/3/8 他</p> <p>・特記事項 ACS Applied Energy Materials 表紙 Reproduced with permission from Y. Sugawara, K. Kamata, A. Ishikawa, Y. Tateyama, T. Yamaguchi Efficient Oxygen Evolution Electrocatalysis on CaFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and Its Reaction Mechanism. ACS Appl. Energy Mater. 2021, 4, 4, 3057–3066 Copyright © 2021 American Chemical Society.</p>	
<p>基本計画に関する 事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>2014 年 3 月 作成</p> <p>2016 年 2 月 改定 (中間評価結果を踏まえ、研究開発項目の内容及び目標を改定)</p> <p>2017 年 3 月 改訂 (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の目標を改訂)</p> <p>2017 年 6 月 改訂 (研究開発の実施期間及び評価に関する事項を一部改訂)</p> <p>2018 年 3 月 改訂 (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 改訂 (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 改訂 (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 改訂 (研究開発項目③の実施内容と名称の変更)</p> <p>2021 年 1 月 改訂 (研究開発項目④及び⑤の達成目標の追加、研究開発項目⑤の名称変更による改訂)</p> <p>2022 年 2 月 改訂 (事後評価実施年度の変更による改訂)</p>
	<p>変更履歴</p>	