

## 「水素利用等先導研究開発事業」基本計画

次世代電池・水素部

## 1 研究開発の目的・目標・内容

## (1) 研究開発の目的

## ①政策的な重要性

水素は、これを燃料とした場合に二酸化炭素を排出しないという環境特性に加え、エネルギーキャリアとして再生可能エネルギー等を貯蔵、輸送、利用することができる特性（貯蔵性、可搬性、柔軟性）を有する。水素を有効利用することで、これまで利用することが困難であった海外の豊富な再生可能エネルギー資源や未利用エネルギー資源、CCS適地等を活用することが可能となる。エネルギー資源の乏しい我が国にとって、水素はエネルギー安全保障と温暖化対策の切り札となる重要な政策である。

2017年12月26日に取りまとめられた『水素基本戦略』（再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議）では、2050年を視野に入れた水素社会実現に向けて将来目指すべき姿や目標として官民が共有すべき方向性・ビジョンが示されている。

## ②我が国の状況

化石燃料等の天然資源に恵まれない我が国は、1970年代の二度の石油危機以来、国民生活と産業活動の血脈であるエネルギーを海外に依存する構造的脆弱性を抱え続けている。加えて、2016年11月のパリ協定の発効を受け、深刻化する地球温暖化問題に対し、我が国としての責任を一層果たしていくことが求められている。一次エネルギーのほぼ全てを海外の化石燃料に依存する我が国においては、エネルギー安全保障の確保と温室効果ガスの排出削減の課題を解決していくことが必要である。

## ③世界の取組状況

水素は次世代のエネルギーとして国際的にも注目を集めており、欧米をはじめとする先進国のみならず、中国等のエネルギー需要の増大が続く新興国においても水素利用に向けた様々な取組が進められている。

個別の取組としては、特にドイツを中心として、再生可能エネルギー由来の電力を水素に変換するPower to Gasの取組が積極的に行われているが、製造した水素はそのまま貯蔵・利用される他、天然ガスパイプラインに供給されている。オランダでは440MW天然ガス発電所の一つを水素発電に変換する可能性調査を行っている<sup>(\*)</sup>。米国のGE社は、米国エネルギー省(DOE)のAdvanced Energy Systems

/Hydrogen Turbine プログラムに参画して、2020年頃までに1,450℃級の水素タービン、2035年頃までに1,700℃級の水素タービンの開発と実証実験を予定している<sup>(\*)2</sup>。また、IEA ANNEX 30等のワークショップでは、水電解に関する情報交換が定期的に行われている。

加えて2020年に入り、ドイツ政府が6月に国家水素戦略を策定し、水素製造装置設備に対して再エネ賦課金を免除するとした。これに次いでEUが7月に水素戦略を公表し、暫定的に低炭素水素（化石+CCUS）も活用し、製造、輸送・貯蔵、利用に向けて取り組むことを示した。また、フランスは9月に水素戦略を改定しグリーンで水素の生産に向けた方向を示すなど水素関連技術開発に拍車がかけられている状況である。

我が国には、こうしたグローバルな動向を適切に把握して世界と協調しつつ、水素社会の実現へ向けて世界をリードしていくなか、政府は2020年10月に「2050年までに温室効果ガスの排出量を実質ゼロ」とする目標を示してグリーンイノベーション戦略を強力に推し進めることとしており、その中でも特に水素は重要な役割として位置づけられている。

#### ④本事業のねらい

本事業では、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。

\*1 出典：Statoil ニュースリリース（2017年7月）

\*2 出典：経済産業省 水素発電に関する検討会 報告書（2015年3月）

## （2）研究開発の目標

### ①アウトプット目標

#### 【中間目標（2015年度末）】

- ・各研究開発テーマの中間目標（2015年度末）の達成
- ・研究戦略を策定し、新規テーマとの入れ替えも含め、各研究開発テーマを再編する。

#### 【中間目標（2017年度末）】

- ・中間目標の達成状況を踏まえ、研究戦略に基づく設定目標（2017年度末）の達成

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

【研究開発項目継続可否審査（2019年度）】

- ・後期5年間における研究開発項目③「超高効率発電システム基盤技術研究開発」については、研究開発項目継続可否審査によりテーマ継続の可否を判断。

【中間目標（2020年度）】

- ・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」及び研究開発項目③「超高効率発電システム基盤技術研究開発」については、中間目標の達成。

【最終目標（2022年度末）】

- ・中間目標（2020年度）の達成状況をふまえ、最終目標の達成。

②アウトカム目標

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

水素製造・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。

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。

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

③アウトカム目標達成に向けての取組

再生可能エネルギーからの電力を用いて水素を製造する場合には一般に水電解が用いられるが、生成した水素は大規模水力発電を利用する場合を除き、現状では高価格で化石燃料とは競合できない。水素コストの過半は電力変換システムと電解システムから構成される水素製造システムの設備コストと消費電力のコストが占めるため、低コスト水素製造システムの研究開発では、まず、設備コストを5万円/kW程度に低減する低コスト水素製造システムの研究開発を行い、さらに高効率水素製造技術の研究により電解システムの電解効率を向上させ消費電力コストの低減を図る。

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

する。

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

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

さらに、中間評価における指摘事項を踏まえ、水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発及び従来技術を凌駕する超高効率発電共通基盤研究開発に取り組む。

### (3) 研究開発の内容

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

#### 【前期4年間】

研究開発項目①低コスト水素製造システムの研究開発

研究開発項目②高効率水素製造技術の研究

研究開発項目③大規模水素利用技術の研究開発

研究開発項目④エネルギーキャリアシステム調査・研究

研究開発項目⑤トータルシステム導入シナリオ調査研究

#### 【後期5年間】

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

## 2 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、経済産業省において、2013年度より未来開拓研究プロジェクト「再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発」にて実施されているものであり、事業開始から5年間の研究開発実施者を経済産業省が2013年度に企業、大学等の研究機関（委託先から再委託された研究開発実施者を含む）から公募によって選定し、委託契約等を締結する研究体を構築して開始したものである。国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という。）が本研究開発の運営・管理を承継するに当たっては、その時点までの進捗状況を踏まえて実施体制の妥当性について審議を行い、最適な研究開発体制を構築し、実施する。

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

- ・全体共通 栗山信宏氏

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

- ・知財管理 後藤新一氏

（一般財団法人エネルギー総合工学研究所プロジェクト試験研究部 参事）

なお、2018年度からは、PLは上記栗山信宏氏の1名体制とする。

### (2) 研究開発の運営管理

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

### (3) その他

後期5年の「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」は技術の不確実性が高いことから、本事業を非連続ナショナルプロジェクトとして取扱う。

### 3 研究開発の実施期間

経済産業省は、未来開拓研究プロジェクト「再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発」の事業期間として2013年度から2022年度（10年間）を予定し、2013年度から2017年度までの5年間の実施体制を公募した。同事業がNEDOへ移管することを受け、NEDOは2014年度から2017年度までの4年間の基本計画を策定し、研究開発を実施した。その後2018年度から2022年度の5年間については、2017年度に実施した外部有識者による中間評価の結果等を踏まえ、延長することとした。

### 4 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び技術的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による評価を原則として中間評価を2015年度、2017年度及び2020年度に、事後評価を2022年度に実施する。

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

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

### 5 その他重要事項

#### (1) 研究開発成果の取扱い

##### ① 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

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

また、途中段階で得られた成果は他の施策と連携しつつ、事業化を図る。

##### ② 標準化施策等との連携

得られた研究開発の成果については、国際標準化等との連携を図るため、データベースへのデータ提供等を戦略的かつ積極的に行い、評価プロトコル策定や将来の標準化に繋げる。

##### ③ 知的財産権の帰属、管理等取扱い

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

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

#### ④知財マネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

#### ⑤データマネジメントに係る運用

本プロジェクトのうち研究開発項目③、④及び⑤は、「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針（委託者指定データを指定しない場合）」を適用する。

### （２）基本計画の変更

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

### （３）根拠法

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

### （４）その他

#### ①他省庁の施策との連携体制の構築

NEDOは、内閣府が所管する「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」と緊密に連携するため、各プロジェクトの統括者、所管省庁等の課室長等から構成される連携体制に参画する。当該連携体制では、プロジェクト間の事業計画の調整、成果の共有や取扱いの調整、設備の共用や研究人材交流の促進等について協議を行うものとする。

## 6 基本計画の改定履歴

2014年3月	制定
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
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
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

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
2018年5月	プロジェクトマネージャー変更による改訂
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
2020年3月	研究開発項目③の実施内容と名称の変更
2021年1月	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



## (別紙) 研究開発計画

### 【前期4年】

#### 研究開発項目①低コスト水素製造システムの研究開発

##### 1. 研究開発の必要性

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

##### 2. 研究開発の具体的内容

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

##### 3. 達成目標

#### 【中間目標（2015年度末）】

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

#### 【最終目標（2017年度末）】

- ・ 耐久性を低下させずに、変動する風力発電システム等との協調運転を可能とする技術を確立する。
- ・ 電解電圧1.8Vにおいて電流密度0.6A/cm<sup>2</sup>以上の性能を維持しつつ、単セルの電極面積を1~3m<sup>2</sup>程度まで大型化する技術等により、大量生産時の水電解装置コスト、電力変換装置コストとして20万円/Nm<sup>3</sup>/h、6万円/Nm<sup>3</sup>/h以下が見通せる技術を確立する。

#### 研究開発項目②高効率水素製造技術の研究

##### 1. 研究開発の必要性

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

施する。

## 2. 研究開発の具体的内容

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

## 3. 達成目標

### 【中間目標（2015年度末）】

- ・高温水蒸気電解システムとして、入力2kW程度の電解スタックにおいて各電解セルの平均電圧1.3V、水蒸気利用率70%程度の時、平均電解電流密度 $0.5\text{ A/cm}^2$ 以上を達成するセル・スタック製造技術を確立する。
- ・次世代水素製造システムとして、水素製造電圧1.6Vで電流密度 $0.6\text{ A/cm}^2$ 以上または水素製造装置の単位体積あたりの水素生成能力 $50\text{ Nm}^3/\text{h/m}^3$ を達成する技術を確立する。

### 【最終目標（2017年度末）】

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

## 研究開発項目③大規模水素利用技術の研究開発

### 1. 研究開発の必要性

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

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

## 2. 研究開発の具体的内容

本事業では、水素生成量の変動に対応可能な大型（50～100 t/day）高効率液化システム、断熱性に優れた大型（50,000 m<sup>3</sup>級）液体水素タンク等からなる水素液化貯蔵システムの基盤技術を開発する。

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

## 3. 達成目標

### ③-1 水素液化貯蔵システム

#### 【中間目標（2015年度末）】

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

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

※3 ポンプ効率＝ヘッド圧×体積流量／投入動力×100

#### 【最終目標（2017年度末）】

- ・想定液化容量5～10 t/day程度の水素液化システムに対し、25%以上の液化効率が見通せる技術を開発する。また水素製造量の時間変動に対応するための解決策を明確化する。
- ・液体水素ポンプ技術、ボイロフ水素用圧縮機技術等と組み合わせ、ボイロフ水素発生率がタンク容量の0.1%/dayの液体水素タンクシステム（容量3,000 m<sup>3</sup>程度）を可能とする技術を開発する。

### ③-2 大規模水素利用技術

#### 【中間目標（2017年度末）】

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

## 研究開発項目④エネルギーキャリアシステム調査・研究

### 1. 研究開発の必要性

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

### 2. 研究開発の具体的内容

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

### 3. 達成目標

#### 【中間目標（2015年度末）】

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

#### 【最終目標（2017年度末）】

#### ④-1 高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換

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

#### ④-2 溶融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成

窒素還元陰極の高性能化（ $300\text{mA}/\text{cm}^2$ 以上、一室型）、アンモニア生成反応制御の高収率化（収率90%以上）及び酸素発生陽極の高性能化（消費速度 $20\mu\text{m}/\text{年}$ 以下、電極内部抵抗 $0.05\text{m}\Omega\text{m}^2$ 以下）を達成する。

#### ④-3 水素分離膜を用いた脱水素

セラミックス系水素分離膜の大面積化（水素透過性 $\geq 1 \times 10^{-6}\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 、分離係数 $\text{H}_2/\text{SF}_6 \geq 16,000$ ）を達成する。水素分離膜型脱水素プロセスの経済的優位性の確認と多用途展開先の調査、商業化を見据えた水素分離膜型脱水素のパイロットプラントの概念設計を完了する。

## 研究開発項目⑤トータルシステム導入シナリオ調査研究

### 1. 研究開発の必要性

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

### 2. 研究開発の具体的内容

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

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

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

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

### 3. 達成目標

#### 【中間目標、最終目標について】

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

## 【後期 5 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

#### 1. 研究開発の必要性

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

#### 2. 研究開発の具体的内容

アルカリ水電解、固体高分子形水電解（PEM）、高温水蒸気電解法（SOEC）等の水電解各方式において、電極触媒の性能発現と劣化機構の高度解析、電解槽の劣化機構、劣化評価法に関する共通的解析を行い、性能向上へフィードバックする。また各方式に応じた材料やシステムの高度化に向けた指針を確立するとともに、次世代材料等の検討を行う。

また、本研究開発によって得られた設計指針の原案等の成果は、産業界（水電解メーカーや材料メーカー等）と共有することで研究開発を促進するとともに、耐久性等の評価方法については必要に応じて国際間で情報共有を図る。

#### 3. 達成目標

##### 【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/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

### 研究開発項目②大規模水素利用技術の研究開発

#### 1. 研究開発の必要性

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

#### 2. 研究開発の具体的内容

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

### 3. 達成目標

#### 3-1. 研究開発の必要性

環境負荷が低く、かつ大量水素エネルギーを効率的に利用可能な基盤技術を開発する。

#### 3-2. 研究開発の具体的内容

＜水素専焼対応型 Dry Low NOx 高温ガスタービンの研究開発＞

・数百 MW 級の水素専焼ガスタービン燃焼器の開発（低 NOx、安定運用可能なノズル基礎設計）

＜水素ガスタービン燃焼技術の研究開発＞

・2 MW 級の水素専焼ガスタービン燃焼器の開発（燃焼器の改良設計・試作）

・高圧水素燃焼試験

#### 3-3. 達成目標

【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＞

・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ー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＞

・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

### 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

#### 1. 研究開発の必要性

水素社会の実現のためには、需要を大幅に拡大するための大規模水素利用技術が必要であり、本事業で目指す2040年以降という長期的視点を睨み、従来の開放系サイクル技術とは一線を隔す超高効率の発電技術を現時点から検討しておく必要がある。

#### 2. 研究開発の具体的内容

本事業においてこれまで取り組んできた効率追求型1,700℃級発電技術の成果や外部技術委員会での議論を踏まえ、経済性が確保され、かつ従来技術を凌駕する技術を創出する可能性があると考えられる1400℃級超高効率発電を対象として、燃焼器やタービン等の業界共通の要素研究を推進する。

### 3. 達成目標

#### 【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。

### 研究開発項目④エネルギーキャリアシステム調査・研究

#### 1. 研究開発の必要性

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

#### 2. 研究開発の具体的内容

有機ハイドライド等、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。具体的には、新規プロセスに必要な材料・要素機器の小規模な試作、性能評価やそのプロセスを含むシステムの特性解析などを行い、システム全体の性能・経済性、開発課題、開発目標を把握する。

#### 3. 達成目標

##### 【最終目標（2019年6月）】

##### <水素分離膜を用いた脱水素>

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。



【最終目標（2022年度末）】

＜エネルギーキャリア合成の基盤技術開発＞

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。

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

1. 研究開発の必要性

様々な資源から製造できるという水素の利点を生かすため、二酸化炭素を排出しない水素製造のコア技術の可能性を検討することが必要である。

2. 研究開発の具体的内容

メタンやバイオマス等の炭化水素やその他の多様な水素資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（注）の可能性を調査する（基礎的な実験等を含む）。この際、エネルギー収支や効率、技術成立性、経済性等も検討する。

なお、2020年度に実施した技術成立性と経済性に関する外部有識者による継続可否審査の結果を踏まえ、2021年度からは二酸化炭素を排出しない水素製造プロセスに関する個別要素及びシステム全体の基盤技術を開発する。

（注）技術的新規性の低いもの、二酸化炭素を排出しないという意味においてCCS（Carbon dioxide Capture and Storage）を必要とするもの及び水電解水素製造技術等NEDOで既の実施しているものを除く。

3. 達成目標

【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20円/Nm<sup>3</sup>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/Nm<sup>3</sup>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。

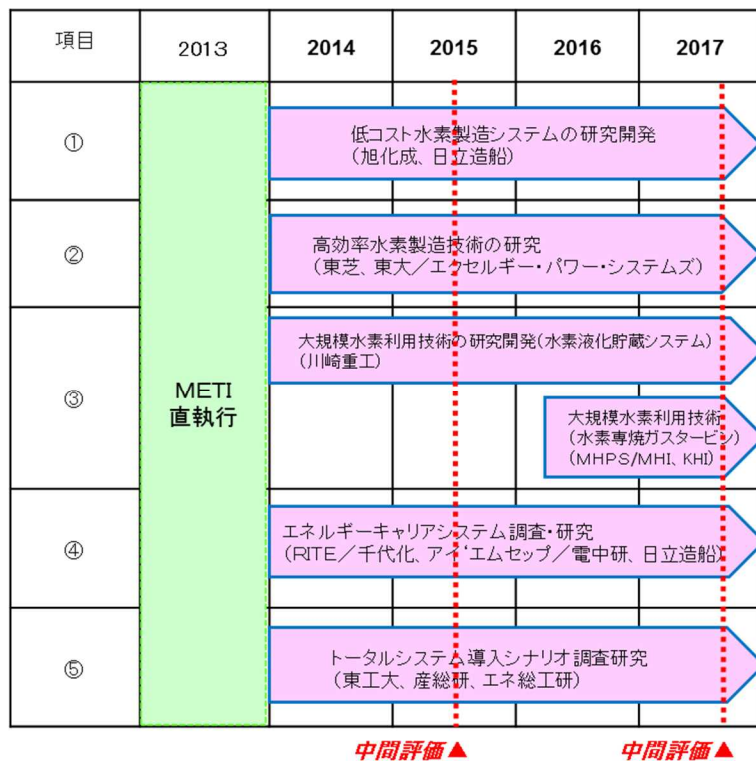
【最終目標（2022年度）】

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。

(別紙2)

研究開発スケジュール

前期5年(2013-2017)



後期5年(2018-2022)

