

## 平成29年度実施方針

## 新エネルギー部

## 1. 件名:水素利用等先導研究開発事業

## 2. 根拠法:

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第一号二

## 3. 背景及び目的・目標

## (1) 研究開発の背景及び目的

## ①政策的な重要性

東日本大震災を契機とした福島第一原子力発電所における事故に対し、現行のエネルギー基本計画をゼロベースで見直し、新たなエネルギーミックスとその実現のための方策を含む新しい計画について議論しているところである。

我が国の産業競争力を維持・強化していくためには、エネルギーの安定供給を確保し、安定的かつ低廉なエネルギーを供給することが不可欠である。また、厳しさを増す国際エネルギー情勢や地球温暖化問題などを踏まえ、技術先進国である我が国が、主要国や国際機関等と連携し、いかにして国際的な責任を果たしていくかが重要である。同時に、我が国の成長戦略にも資するという観点から、安定供給確保や技術開発の強化を含めた強靱なエネルギー政策が必要である。

## ②我が国の状況

地球温暖化、化石燃料の枯渇等の課題に対し、省エネルギー・節電対策の抜本的強化、再生可能エネルギー導入・普及の最大限の加速、環境負荷に最大限配慮した化石燃料の有効活用等が求められている。

また、将来の二次エネルギーとして、電気、熱に加え、水素が中心的役割を担うことが期待されており、このような水素を本格的に利活用する水素社会を実現していくことが求められている。

## ③世界の取組状況

再生可能エネルギーの導入については、例えば、風力発電の導入量は、世界では2011年40GW／年で増加し、2030年には最大2541GW<sup>※1</sup>程度まで拡大するとの予測もある。この際、再生可能エネルギーは出力変動が大きいので、再生可能エネルギー発電設

備の増大とともに、余剰電力量も増大していく見込みである。

このような余剰電力量の有効利用には、蓄電池あるいは水素等への変換によるエネルギー貯蔵技術が不可欠であり、特に変動周期が長く、容量が必要とされる場合は、水素等に変換して利用することが有効である。ドイツにおいては、風力発電の電力を水素に転換して利用する実証事業が行われている。

※1 Global wind energy council, ‘Global wind energy outlook 2012’, 2012.

#### ④本事業のねらい

本事業では、二次エネルギーとしての水素等を最大限に活用するため、2030年といった長期的視点を睨み、水素等のエネルギーキャリアについて各種化石燃料等と競合できる価格の実現を目指す。このため、4年間で再生可能エネルギーからの高効率低コスト水素製造技術、水素の長距離輸送、並びに大規模水素利用技術等の先導的な研究開発に取り組む。

### (2)研究開発の目標

#### 研究開発項目①低コスト水素製造システムの研究開発

##### 【中間目標(平成27年度末)】

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

##### 【最終目標(平成29年度末)】

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

#### 研究開発項目②高効率水素製造技術の研究

##### 【中間目標(平成27年度末)】

- ・高温水蒸気電解システムとして、入力2kW程度の電解スタックにおいて各電解セルの平均電圧1.3V、水蒸気利用率70%程度のとき、平均電解電流密度0.5A/cm<sup>2</sup>以

上を達成するセル・スタック製造技術を確立する。

- ・次世代水素製造システムとして、水素製造電圧1.6Vで電流密度0.6A/cm<sup>2</sup>以上または水素製造装置の単位体積あたりの水素生成能力50Nm<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>を達成する技術を確立する。

【最終目標(平成29年度末)】

- ・高温水蒸気電解システムとして、電解スタック(2kWへの拡張性を見込めるもの)について、各電解セルの平均電圧1.3V以下、平均電解電流密度0.5A/cm<sup>2</sup>程度の初期条件で電流密度一定で運転した時の、初期劣化後の定常的領域で1,000時間あたりの電圧上昇率1.0%以下を達成し、0.5%以下に向けた改良策を確立する。
- ・次世代水素製造システムの新しい水素連続製造システムにおいて、温度25℃、電流密度0.1A/cm<sup>2</sup>の運転条件下で、電力を水素に変換する効率について、90%以上を見通せる技術を確立する。

研究開発項目③大規模水素利用技術の研究開発

【中間目標(平成27年度末)】

○水素液化貯蔵システム

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

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

※3 ポンプ効率 = ヘッド圧 × 体積流量 / 投入動力 × 100

【最終目標(平成29年度末)】

○水素液化貯蔵システム

液体水素ポンプ技術、ボイルオフ水素用圧縮機技術等と組み合わせ、ボイルオフ水素発生率がタンク容量の0.1%/dayの液体水素タンクシステム(容量3,000m<sup>3</sup>程度)を可能とする技術を開発する。

## ○大規模水素利用技術

環境負荷( $\text{NO}_x$ 等)が低く、かつ大量水素を効率的に利用可能な基盤技術(水素専焼等)の課題を抽出し、主要要素技術開発に係る要素試験等に着手する。

### 研究開発項目④エネルギーキャリアシステム調査・研究

#### 【最終目標(平成29年度末)】

・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。

・熔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。

・水素分離膜を用いた脱水素

セラミックス系水素分離膜の大面积化(水素透過性 $\geq 1 \times 10^{-6}\ \text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 、分離係数 $\text{H}_2/\text{SF}_6 \geq 16,000$ )を達成する。膜モジュール構成・製作法の選定及び小型メンブレンリアクター装置によるデータ(物質収支、熱収支等)収集を完了する。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

#### 【最終目標(平成29年度末)】

本研究の成果を本事業者内外の有識者等との連携や成果の活用へと展開することで、技術先進国である我が国が継続的に国際的な責任を果たしていくための枠組みの構築へと繋げることができるシナリオの設定、分析を行う。

## 4. 実施内容及び進捗(達成)状況

プロジェクトマネージャーに NEDO 新エネルギー部 大平英二主任研究員を任命して、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た。

また、各実施者の研究開発資源を最大限に活用し、効率的に研究開発を推進する観点から、NEDOが選定した下記のプロジェクトリーダーの下で、各実施者がそれぞれの研究テーマについて研究開発を実施した。

・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)

#### 4. 1 平成28年度事業内容

##### 研究開発項目①低コスト水素製造システムの研究開発

実施者は以下の通り。

旭化成株式会社、日立造船株式会社

運転パラメータや構成部材の検討及び装置改良を図るべく、低コスト・高性能電解セル(電解電圧1.8Vにおいて電流密度0.6A/cm<sup>2</sup>以上)で構成される水電解ユニットによる連続耐久性試験を継続実施中。(旭化成-大型、日立造船-中型)

##### 研究開発項目②高効率水素製造技術の研究

実施者は以下の通り。

株式会社東芝、エクセルギー・パワー・システムズ株式会社、国立大学法人東京大学

・高温水蒸気電解の開発(株式会社東芝)

寿命評価試験を継続し、劣化影響因子の抽出及び改良施策の検討・評価を実施した。またマルチスタック試験を継続実施することで、更なる高効率化や低コスト化への検討実用化システムへの課題(変動電力、制御性、耐久性等)を抽出した。

・次世代水素製造システムの開発(エクセルギー・パワー・システムズ株式会社、国立大学法人東京大学)

1kW電解セルを用いた水素発生電極の耐久性試験により劣化メカニズムの解明を行い、耐久性向上の検討を行った。また前年度の研究で新たに見出した新型セルについて、最適スタック構造の最適化検討(構成材料、ガス分離法等)を行った。

##### 研究開発項目③大規模水素利用技術の研究開発

・水素液化貯蔵システム

実施者は以下の通り。

川崎重工業株式会社

前年度製造し、構造成立性を確認した大型真空二重殻タンク真空層の真空排気試験を実施し、前倒しで大容量真空排気技術の見通しを得た。また液体水素用新鋼材について、既存溶接方法により溶接し、溶接部の破壊靱性を明らかにした。

・大規模利用技術

実施者は以下の通り。

川崎重工業株式会社、三菱日立パワーシステムズ株式会社・三菱重工業株式会社

公募により研究開発実施者として、三菱日立パワーシステムズ株式会社・三菱重工業株式会社、川崎重工業株式会社を選定し、環境負荷が低い水素専焼タービン向け燃焼器2タイプ(数百MW級、数MW級)の開発に着手した。

#### 研究開発項目④エネルギーキャリアシステム調査・研究

実施者は以下の通り。

日立造船株式会社、アイ'エムセップ株式会社、一般財団法人電力中央研究所、千代田化工建設株式会社、公益財団法人地球環境産業技術研究機構

・高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換(日立造船株式会社)

不純物を含む原料ガスを用いた連続反応試験による実用化環境での性能劣化評価を実施するとともに、試験装置を用いて供給水素量変動を想定した負荷変動試験を実施し、メタン化プロセスの仕様及び運用条件を確立した。

・熔融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成(アイ'エムセップ株式会社、一般財団法人電力中央研究所)

高性能酸素発生陽極の耐久性向上を目的とした改良等を行うとともに、前年度までに実施した各要素技術開発の成果を踏まえ、一室型の評価試験装置の詳細設計を行い、10A級の実証装置の製作を完了した。

・水素分離膜を用いた脱水素(千代田化工建設株式会社、公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

平成27年度の成果を基に、実用化サイズのシリカ膜の長尺化技術を確立するとともに、パイロットプラントの概念設計(PFD、物質/熱収支、機器リスト等の作成)を実施した。

#### 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

実施者は以下の通り。

国立大学法人東京工業大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人エネルギー総合工学研究所

公募により研究開発実施者として、国立大学法人東京工業大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人エネルギー総合工学研究所を選定すると共に、以下の検討を実施した。

- ・水素の本格的な導入によるエネルギー需給や温室効果ガス削減、経済への影響等の水素製造から貯蔵、輸送、利用に至るサプライチェーン全体を含めた分析・評価
- ・多様な評価軸による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づけ及び学理に根差した各要素・システム技術の将来予測に関する分析・評価等

## 4.2 実績推移

	平成26年度	平成27年度	平成28年度
実績額推移 需給勘定(百万円)	1, 266	1, 396	1, 297
特許出願件数(件)	3	8	10
論文発表数(報)	1	16	52
フォーラム等(件)	17	105	77

## 5. 事業内容

プロジェクトマネージャーに NEDO 新エネルギー部 大平英二主任研究員を任命して、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。

また、各実施者の研究開発資源を最大限に活用し、効率的に研究開発を推進する観点から、NEDOが選定した下記のプロジェクトリーダーの下で、各実施者がそれぞれの研究テーマについて研究開発を実施する。

・全体共通 栗山信宏氏

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

・知財管理 後藤新一氏

(一般財団法人エネルギー総合工学研究所プロジェクト試験研究部 参事)

### (1)平成29年度事業内容

#### 研究開発項目①低コスト水素製造システムの研究開発

実施者は以下の通り。

旭化成株式会社、日立造船株式会社

大型・中型水電解ユニットによる連続耐久性試験終了後、耐久性影響要因を分析・評価し、必要に応じて電極等構成部材の改良方策を確立する。

#### 研究開発項目②高効率水素製造技術の研究

実施者は以下の通り。

株式会社東芝、エクセルギー・パワー・システムズ株式会社、国立大学法人東京大学  
・高温水蒸気電解の開発(株式会社東芝)

平均電圧 1.3V 以下、平均電解流密度 0.5A/cm<sup>2</sup> の条件下で、目標性能(劣化率:電圧上昇率0.5%/1,000h以下)の達成を確認し、4kWh/Nm<sup>3</sup>以下、寿命目標を実用レベルの10年とするSOEC水素製造システム実証機製造の目途をつける。

- ・次世代水素製造システムの開発(エクセルギー・パワー・システムズ、東京大学)  
前年度に抽出した課題を解決した0.1kW級電気化学水分解サイクル水素製造装置を製作し、温度25℃、電流密度0.1A/cm<sup>2</sup>の運転条件で電解電圧1.6V以下であることを試験で確認する。

### 研究開発項目③大規模水素利用技術の研究開発

実施者は以下の通り。

川崎重工業株式会社、三菱日立パワーシステムズ株式会社・三菱重工業株式会社

- ・水素液化貯蔵システム(川崎重工業株式会社)  
前年度前倒しで見通しを得た大容量真空排気技術をより確実にする為、外殻の破壊試験を実施する。また前年度に明らかにした溶接部の破壊靱性評価結果を基に、溶接材料および溶接法を検討する。

・大規模水素利用技術(三菱日立パワーシステムズ株式会社・三菱重工業株式会社(数百MW級)、川崎重工業株式会社(数MW級))

- ・数百MW級水素専焼ガスタービン向け燃焼器開発では、数値シミュレーション等により、目標環境性能(効率60%運転条件でNO<sub>x</sub> 50ppm以下)を有する燃焼器の要素設計を実施する。
- ・数MW級水素専焼タービン向け燃焼器開発では、試作燃焼器の改良を段階的に実施しながら段階的に性能改善を図り、目標性能(設計点でNO<sub>x</sub>35ppm以下)を達成可能な燃焼器の開発の目途をつける。

### 研究開発項目④エネルギーキャリアシステム調査・研究

実施者は以下の通り。

日立造船株式会社、アイ'エムセップ株式会社、一般財団法人電力中央研究所、千代田化工建設株式会社、公益財団法人地球環境産業技術研究機構

- ・高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換(日立造船株式会社)  
不純物を含む原料ガスを用いた連続反応試験を継続実施すると共に、前年度までに得られた成果を基に、大規模メタン化プロセスモデルの設計を完了する。
- ・熔融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成(アイ'エムセップ株式会社、一般財団法人電力中央研究所)  
前年度に製作を完了した10A級評価装置を用いた評価試験を実施して、窒素ガス還元陰極、酸素発生陽極及びアンモニア生成反応制御の基本性能を評価し、実証装置設計製作上の課題を洗い出し整理する。
- ・水素分離膜を用いた脱水素(千代田化工建設株式会社、公益財団法人地球環境産業技術研究機構)



長尺化した水素分離膜の開発目標値(水素透過性 $\geq 3.4 \times 10^{-6} \text{mol/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 、分離係数 $\text{H}_2/\text{SF}_6 \geq 16,000$ )を実現する技術を確立すると共に、法規変更に伴う高圧化に伴う有効を確認する。

#### 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

実施者は以下の通り。

国立大学法人東京工業大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人エネルギー総合工学研究所

以下の分析結果を統合して技術開発シナリオを作成する。

- ・水素本格導入に向けたシステム分析(経済性・環境性・技術マクロ分析等)
- ・学理に根差した技術評価・予測(研究開発動向の可視化・萌芽領域の抽出等)および新技術普及に向けた分析

#### (2)平成29年度事業規模

需給勘定 1,000百万円(継続)

事業規模については、変動があり得る。

### 6. その他重要事項

#### (1)評価の方法

NEDOは、技術的及び政策的観点から、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、技術評価実施規程に基づき、事後評価を平成30年度に実施する。

#### (2)運営・管理

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)複数年度契約の実施

原則、平成26～29年度の複数年度契約を行う。

#### (4)知財マネジメントにかかる運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。(平成26年度からの継続研究テーマに限り、経済産業省より委託を受けて平成25年度に実施した未来開拓プロジェクト「再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発」参画者間で締結した平成25年12月16日付「知的財産権の取扱いに関する合意書」に準ずるも

のとする)。

#### (5) その他

##### ① 他省庁の施策との連携体制の構築

NEDOは、文部科学省が所管する国立研究開発法人科学技術振興機構の「戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発」における「エネルギーキャリア研究加速プロジェクト」など基礎研究の実施体制と緊密に連携するため、各プロジェクトの統括者、所管省庁等の課室長等から構成される連携体制に参画する。当該連携体制では、プロジェクト間の事業計画の調整、成果の共有や取扱いの調整、設備の共用や研究人材交流の促進等について協議を行うものとする。

##### ② 大学における人材の流動化等に係る取組

大学の研究者の企業等への出向を容易にするための取組、守秘義務を課した形でのポストドク等のプロジェクト参加など、本プロジェクトを活用した実践的人材の育成への取組を促すこととする。また、大学側も、これらの取組を促進する方策について検討するものとする。

##### ③ 国立研究開発法人産業技術総合研究所の協力

国立研究開発法人産業技術総合研究所において独自に実施しているエネルギーキャリアに関連した安全性評価等の成果について定期的に情報共有や意見交換を行い、プロジェクトの研究開発又は事業化の方向性を検討する等の連携を求めていくものとする。

##### ④ 工業所有権情報・研修館の協力

本プロジェクトにおける知的財産に関する戦略策定や管理方法の検討に当たっては、必要に応じて、独立行政法人工業所有権情報・研修館に知財プロデューサーの派遣を求める。

##### ⑤ 標準化等との連携

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、標準技術情報(TR)制度への提案等を戦略的かつ積極的に行う。

#### 7. 実施方針の改訂履歴

平成29年2月22日 制定

平成29年3月27日 改訂

(別紙)

「水素利用等先導研究開発事業」 研究体制図

