

# 「革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発 事業」研究資金制度プログラム 終了時評価 補足説明資料

2022年1月25日

産業技術環境局総務課国際室

I 事業の概要

II 評価検討会の評価

# 1. 事業の概要 ①

## 事業の目的

- 2015年11月パリにおいて、国連気候変動枠組条約の「第21回締結国会議（COP21）」が開催され、この中で言及された「2℃目標」の実現にむけ、革新的エネルギー技術によるイノベーションの創出により、地球規模・長期の温暖化対策に貢献する。
- 具体的に、「エネルギー・環境イノベーション戦略」（2016年）に沿って、2050年頃を見据えた革新的技術分野の研究開発を進める。その中で、海外の研究機関等と我が国の研究機関等が連携し、お互いの強みを持ち寄って共同研究を実施することの意義にも言及された。また、2016年に開催された「G7北九州エネルギー大臣会合」の共同声明にて、研究機関間の国際共同研究の奨励が合意された。
- 本事業では、これらの流れを受け、欧米など主要国と連携し、エネルギー環境分野の国際共同研究開発を推進することで、研究開発・実証・社会実装に至るスピードを早めると同時に、我が国が研究開発において主導的な立場を維持することを目的とした。
- 海外が有する先進的な研究情報の入手や、日本国内にはない技術・設備の利活用等を進めることで、技術の効率的・加速的な開発を進めると共に、海外研究機関との連携を梃子に実用化段階での国際市場展開も視野にする効果も狙った。

# 1. 事業の概要 ②

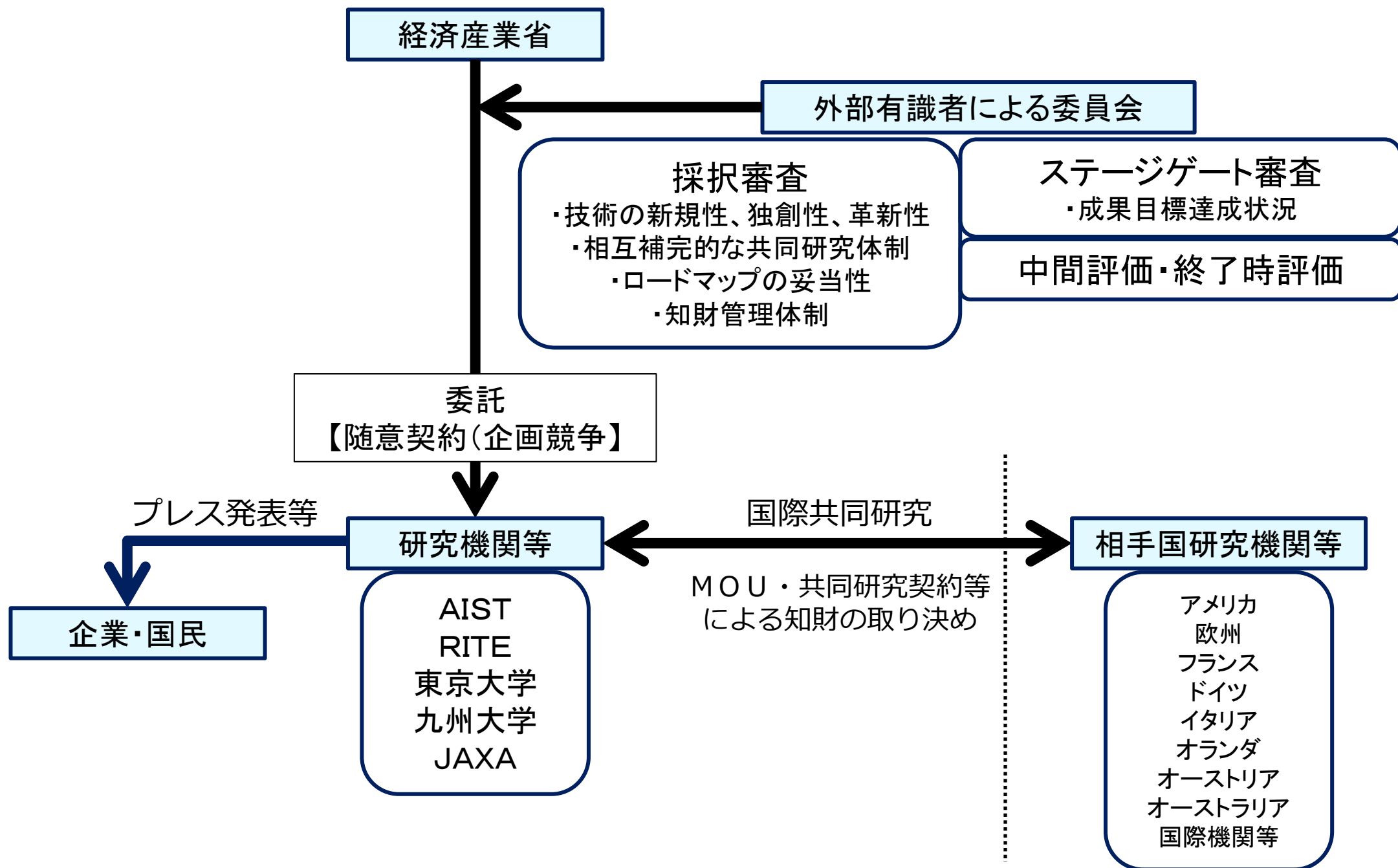
|              |                                           |        |        |        |        |                    |      |      |
|--------------|-------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------------|------|------|
| 類 型          | 複数課題プログラム / 研究開発課題（プロジェクト） / 研究開発資金制度     |        |        |        |        |                    |      |      |
| 実施期間         | 2015 年度～2020年度<br>（5年間 + 事故繰越しにより 1 年延長）  |        |        |        | 会計区分   | 一般会計 / エネルギー対策特別会計 |      |      |
| 評価時期         | 事前評価：2014年、中間評価：2017年、終了時評価：2021年         |        |        |        |        |                    |      |      |
| スキーム         | 国 → 日本に拠点を有する研究機関、大学等（委託） ↔ 海外研究機関等（共同研究） |        |        |        |        |                    |      |      |
| 執行額<br>（百万円） | 2015FY                                    | 2016FY | 2017FY | 2018FY | 2019FY | 2020FY             | 総執行額 | 総予算額 |
|              | 555                                       | 401    | 723    | 550    | 464    | 35                 | 2728 | 2886 |

# 1. 事業の概要 ③

- テーマ募集にあっては、「エネルギー・環境イノベーション戦略」における有望分野に関する技術から選定した

|         |                                                                                                                               |                                                                              | テーマ       |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 分野別革新技術 | <b>エネルギーシステム統合技術</b>                                                                                                          |                                                                              | ⑤、⑮       |
|         | ○革新技術を個別に開発・導入するだけでなく、ICTによりエネルギーの生産・流通・消費を互いにネットワーク化し、デマンドレスポンス（DR）を含めてシステム全体を最適化。 <b>AI、ビッグデータ、IoT</b> 等を活用。                |                                                                              |           |
|         | <b>システムを構成するコア技術</b>                                                                                                          | ○次世代パワエレ：電力損失の大幅削減と、新たなシステムの創造                                               | ⑩、⑭       |
|         |                                                                                                                               | ○革新的センサー：高耐環境性、超低電力、高寿命でメンテナンスフリー                                            |           |
|         |                                                                                                                               | ○多目的超電導：モーターや送電等への適用で、電力損失を大幅減                                               |           |
|         | <b>省エネルギー</b><br>                            | 1 革新的生産プロセス<br>○高温高压プロセスの無い、革新的な素材技術<br>➢ 分離膜や触媒を使い、20～50%の省エネ               | ①、②、⑥、⑬、⑯ |
|         |                                                                                                                               | 2 超軽量・耐熱構造材料<br>○材料の軽量化・耐熱化によるエネルギー効率向上<br>➢ 自動車重量を半減、1800℃以上に安定適用           |           |
|         | <b>蓄エネルギー</b><br>                          | 3 次世代蓄電池<br>○リチウム電池の限界を超える革新的蓄電池<br>➢ 電気自動車が、1回の充電で700km以上走行                 | ③         |
|         |                                                                                                                               | 4 水素等製造・貯蔵・利用<br>○水素等の効率的なエネルギーキャリアを開発<br>➢ CO <sub>2</sub> を出さずに水素等製造、水素で発電 | ④、⑪、⑰     |
|         | <b>創エネルギー</b><br>                          | 5 次世代太陽光発電<br>○新材料・新構造の、全く新しい太陽光発電<br>➢ 発電効率2倍、基幹電源並みの価格                     | ⑦、⑫       |
|         |                                                                                                                               | 6 次世代地熱発電<br>○現在は利用困難な新しい地熱資源を利用<br>➢ 地熱発電の導入可能性を数倍以上拡大                      | ⑧、⑨       |
|         | 7 CO <sub>2</sub> 固定化・有効利用<br>○排ガス等からCO <sub>2</sub> を分離回収し、化学品や炭化水素燃料の原料へ転換・利用<br>➢ 分離回収エネルギー半減、CO <sub>2</sub> 削減量や効率の格段の向上 |                                                                              |           |

# 1. 事業の概要 ④



# (参考) 公募・採択の実績

## H 2 7 年度採択テーマ

TRLで3～5程度の比較的アーリーステージの研究テーマを採択。

| 番号 | テーマ名                                              | 実施者         | 米国                            | 他国                                                                   |
|----|---------------------------------------------------|-------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1  | セルロース系バイオマスからの高効率バイオ水素生産プロセスの研究開発                 | RITE        | NREL                          | フランス国立科学研究センター（CNRS）                                                 |
| 2  | 高炭素収率を特徴とするセルロース系バイオマスからのバイオ燃料ブタノールの製造に関する研究開発    |             | NREL<br>PNNL                  | —                                                                    |
| 3  | 過酷温度環境作動リチウムイオン二次電池の開発                            | 産総研<br>JAXA | LBNL<br>SLAC<br>NREL<br>NASA  | ドイツ航空宇宙センター（DLR）<br>欧州委員会共同研究センター（JRC）<br>欧州宇宙機関（ESA）<br>オランダユトレヒト大学 |
| 4  | CO2を利用した水素製造・貯蔵技術 -二酸化炭素の再資源化技術によるクリーン水素キャリアシステム- | 産総研         | BNL<br>PNNL                   | ドイツライプニッツ触媒研究所<br>スイス連邦工科大学                                          |
| 5  | 系統協調型の分散電源大量導入技術の開発                               |             | SNL                           | オーストリア技術研究所（AIT）<br>国際エネルギー機関（IEA）                                   |
| 6  | 太陽光による有用化学品製造                                     |             | BNL                           | —                                                                    |
| 7  | 単結晶化・積層化による太陽電池の高効率化技術の開発                         |             | NREL                          | ドイツフラウンホーファー研究機構<br>スイス連邦材料試験研究所（EMPA）                               |
| 8  | 超臨界地熱資源による革新的発電のための坑内機器基礎技術・素材の開発                 |             | USGS、LBNL<br>SNL              | ドイツ地球科学研究センター（GFZ）<br>イタリア海洋学・実験地球物理学研究所（OGS）                        |
| 9  | EGS 設計技術による地熱発電可能地域の飛躍的拡大                         |             | USGS、LBNL<br>LLNL、SNL、<br>PSU | ドイツ地球科学研究センター（GFZ）<br>イタリア海洋学・実験地球物理学研究所（OGS）                        |
| 10 | 低毒性・超高効率熱電変換デバイスの開発                               |             | ANL<br>BNL                    | ドイツ航空宇宙センター（DLR）<br>フランスクリスマット研究所                                    |

# (参考) 公募・採択の実績

## H 2 8 年度採択テーマ

| 番号 | テーマ名                              | 実施者  | 米国            | 他国                                 |
|----|-----------------------------------|------|---------------|------------------------------------|
| 11 | CO2フリー水素社会を見据えた高効率・安価な水素貯蔵・利用技術開発 | 産総研  | PNNL<br>ミズーリ大 | フランスボルドー大学<br>オランダデルフト工科大学         |
| 12 | 革新的新構造太陽電池の国際共同研究開発               | 東京大学 | -             | フランス国立科学研究センター（CNRS）<br>フランスボルドー大学 |

## H 2 9 年度採択テーマ

| 番号 | テーマ名                                        | 実施者  | 米国             | 他国                                 |
|----|---------------------------------------------|------|----------------|------------------------------------|
| 13 | 様々な有用化学品の低コスト・低炭素型生産を可能にする革新的高汎用性バイオプロセスの開発 | RITE | NREL<br>PNNL   | —                                  |
| 14 | 第3世代パワー半導体β-Ga2O3の高品質化・高性能化技術               | 産総研  | —              | ドイツフ라운ホーファー研究機構                    |
| 15 | 3DライダーとAIによる風況フルスキャン手法の開発                   |      | —              | オランダエネルギー研究センター（ECN）<br>ドイツForWind |
| 16 | 光反応による低消費電力型製造プロセスとグリーンデバイスの開発              |      | ANL<br>テュレーン大学 | オーストラリア連邦科学産業研究機構（CSIRO）           |
| 17 | 高効率な水蒸気電解セルの開発と可逆動作可能な固体電解質燃料電池への展開         | 九州大学 | —              | ドイツユーリッヒ研究センター（FZJ）                |



## 2. 当省（国）が実施することの必要性

本事業は、30年以上先の中長期的な革新的技術創出を目的としており、技術的難易度や研究開発の継続性の観点から、民間企業では取り組みが困難なものである。また、コスト面、利便性の面で化石燃料に劣るクリーンエネルギー等の基礎的な技術を対象としており、民間企業では自発的に開発が進まない分野である。

さらに、国際的な共同研究開発の推進により、海外の優れたイノベーション政策について知見を深め、よいところを積極的に取り入れ、活用することで、我が国のイノベーションシステムの向上に資することが副次的効果として期待される。具体的には、国際共同研究を通じて、長期を要する基礎研究への支援の在り方や、相手国の公的研究機関を支える仕組み、基礎研究の成果を製品開発に繋げる橋渡し機能等を学ぶことによって、我が国の公的研究機関を支える仕組みや、研究開発における官民の役割分担の政策検討に活かす。

以上の理由から、本事業は国として行うべき予算事業である。

### 3. 事業アウトプット指標

- 事業のアウトプット指標には、複数のテーマで共通して評価できる、[査読論文・特許等の積算数値](#)を用いる事とした。
- 設定した目標値を上回る実績となった。

|       | 目標値  | 実績値           |
|-------|------|---------------|
| 中間評価時 | 22件  | 26件（2017年）    |
| 事業終了時 | 124件 | 231件（2020年度末） |

※事業者アンケートより

#### 【目標値の考え方】

中間評価時目標値：平均で1テーマ1件/年を目標とした。中間評価時までは1年目10テーマ、2年目12テーマで、合計22件とした。

終了時目標値：3年目以降は国際共同研究による研究開発の加速効果の発現により研究成果が増加すると仮定し、1テーマ2件/年を平均として、124件（22（1～2年目）+ 34 + 34 + 34）とした。

## 4. 短期アウトカム

- 研究機関間の連携による、研究開発スピードの加速を評価する観点から、「研究開発期間の短縮年数」を、また、研究機関間の連携強化の指標として、「査読論文の二国間共著率」も設定した。

| 事業アウトカム指標<br>(妥当性・設定理由・根拠等) | 目標値（計画）            | 達成状況<br>(実績値) |
|-----------------------------|--------------------|---------------|
| 研究開発期間の短縮年数                 | 5 年<br>(終了時評価時)    | 5.1年          |
| 査読論文の二国間共著率                 | 27 %以上<br>(終了時評価時) | 28.1%         |

※事業者アンケートより

### 【期間短縮の例】

テーマ②: 高炭素収率を特徴とするセルロース系バイオマスからのバイオ燃料ブタノールの製造に関する研究開発 より

相手国機関(NREL)が独自に有する、世界で最も低コストな糖化プロセス(セルロース系バイオマス糖化液調製技術)を、日本側機関(RITE)のバイオマスプロセスへの適用し、低コスト化を実現。日本単独で再現するには、5年以上を要すると考えられた。

# 5. 中長期アウトカムとロードマップ

- 本事業は、中長期アウトカムとして、2050年頃のCO2削減に貢献する革新的なエネルギー技術（事業終了時点でTRL4-5）を16件創出することを中長期アウトカムに設定した。また、将来的に、民間企業との共同研究につなげ、2030年頃に実用化レベル（TRL6-9）に達することも念頭に置いた。

## <中長期アウトカム>

| 事業アウトカム指標<br>(妥当性・設定理由・根拠等) | 目標値（計画） | 実績値         |
|-----------------------------|---------|-------------|
| 2030年時点の革新的なエネルギー技術の創出件数    | 16件     | 33件（事業終了時点） |

※事業者アンケートより

## <事業終了後の民間企業等との共同研究への移行状況>

| テーマ数<br>合計 | A. 事業終了後に共同<br>研究に移行 | B. 事業終了後に実証<br>フェーズに移行 | C. 移行にはもう少し時<br>間が必要 |
|------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| 17件        | 4                    | 6                      | 7                    |

※事業者アンケートより

### A. 「事業終了後に移行」した案件の事例

| テーマ            | 理由                                       |
|----------------|------------------------------------------|
| ⑥太陽光による有用化学品製造 | 本事業の成果を学会活動等で知った企業からコンタクトがあり、共同研究へと進展した。 |

※事業者アンケートより

## (参考) 海外機関との連携で入手した技術

- 本事業を通じた海外機関（54機関）との連携により入手した技術を類型別に整理したところ、以下の通り。

| 入手した技術の類型 | 件数 | 例                                                                                                 |
|-----------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 知見        | 35 | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 熱電材料の熱輸送特性の制御技術</li><li>・ 水素吸蔵合金薄膜の創製技術</li></ul>         |
| 材料・試料等    | 4  | <ul style="list-style-type: none"><li>・ セルロース系バイオマス糖化液</li></ul>                                  |
| 装置・設備     | 15 | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 熱力学シミュレーションによるLIBデータ分析</li><li>・ 風力用屋外大規模実証試験設備</li></ul> |
| 評価技術      | 15 | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 高圧条件の反応過程を観察するNMR技術</li><li>・ 熱電変換デバイスの性能評価</li></ul>     |
| ソフトウェア    | 2  | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 放射光スペクトル計算技術</li><li>・ 高温地熱システムシミュレーション技術</li></ul>       |

※事業者アンケートより

## 6. 実用化段階での国際市場展開に向けた成果

- 本事業では、2050年頃のCO2削減に貢献する革新的なエネルギー技術であって、2030年頃に実用化レベルに到達することを目的にしたテーマを取り扱ったが、現時点において、国際市場展開に向けた足がかりを有する案件は以下の通り。

＜海外市場展開に向けて足がかりを形成している案件の事例＞

| テーマ                         | 内容                                        |
|-----------------------------|-------------------------------------------|
| ③ 過酷温度環境作動リチウムイオン二次電池の開発    | 欧州委員会共同研究センター（JRC）と共に、評価法や安全性評価の国際標準化を検討。 |
| ⑩ 低毒性・高効率熱電変換デバイスの開発        | 本プロジェクトで、国際標準化の基礎となる標準デバイスの候補を開発。         |
| ⑤ 系統協調型の分散電源大量導入技術の開発       | 米欧の機関と開発した機器制御手法が、国際標準の基礎になった。            |
| ⑮ 3DライダーとAIによる風況フルスキャン手法の開発 | 欧州の屋外試験設備で性能を実証。実環境での民間共同研究に移行。国際標準化を想定。  |

※事業者アンケートより

## 7. 費用対効果

- 定量的に評価が可能な「事業アウトプット」である、論文数＋特許出願数について、費用対効果の検討を試みた。
- 以下の通り、日本全体の平均を上回るアウトプットを得ることができた。

### 【本事業】

研究開発予算総額 28.4億円 (5.9+4.2+7.5+5.8+5.0)

事業アウトプット (査読論文数＋特許出願数) 231件

1億円あたりの成果数  $231 \div 28.4 = \mathbf{8.1 \text{ 件/億円}}$

### 【日本全体の平均】

日本の研究開発費総額 195,260億円 (2018年)

日本の論文数 82,727件 (2018年)

日本居住者の特許出願数 (国内＋国外) 460,369件 (2018年)

成果数 (論文数＋特許出願数) 543,096件

※ 以上、『科学技術指標2020』より引用

1億円あたりの成果数  $543,096 \div 195,260 = \mathbf{2.8 \text{ 件/億円}}$

I 事業の概要

II 評価検討会の評価



# 1. 評価検討会の委員構成

|    | 氏名     | 所属、役職                |
|----|--------|----------------------|
| 座長 | 角南 篤   | 政策研究大学院大学 客員教授       |
| 委員 | 池谷 知彦  | 電力中央研究所 材料科学研究所 特任役員 |
|    | 井上 剛良  | 東京工業大学 工学院 教授        |
|    | 府川 伊三郎 | 旭リサーチセンター シニアリサーチャー  |
|    | 松本 真由美 | 東京大学 客員准教授           |

## 2. 審議経過

---

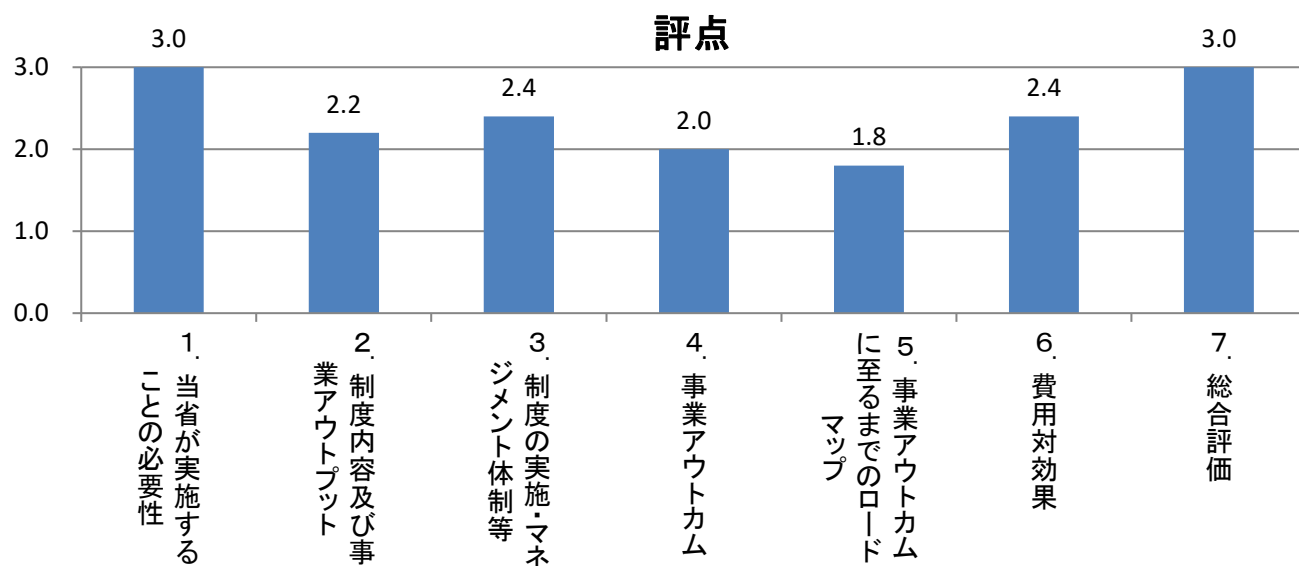
- 第1回 評価検討会（2021年6月24日）
  - 1. 開会
  - 2. 評価検討会の公開について
  - 3. 評価の方法について
  - 4. 技術評価報告書の構成について
  - 5. 事業概要の説明及び質疑応答
  - 6. 閉会
  
- 評価委員からの評価コメントの提出（2021年7月1日～8月8日）
  
- 第2回 評価検討会（2021年11月1日～11月12日）
  - （書面審議）
  - 技術評価報告書（案）の審議

### 3. 総合評価

- 国際連携をすることにより革新的エネルギー技術を短期間に開発し、2050年頃におけるCO<sub>2</sub>削減に寄与するという具体的な目的設定がされている優れた事業である。国際連携により効率的に短期間に成果を得られ、海外の新技术・ノウハウ・ソフトを入手することに成功し、研究者間の積極的な交流、及び共同研究が進められている。長期的テーマ、基盤的テーマや、国際標準化でも成果を挙げている。得られた経験は、今後も研究実施者のみならず、政府としても研究開発マネジメントや知財戦略、国際標準化への取組など重要な知見の蓄積として評価できる。
- 一方、本事業で顕在化した課題も指摘でき、継続的な改善が望まれる。30年以上先の中長期的な革新的技術創出とその実用化という点での評価は難しく、評価指標については、継続して検討していく必要があると思われる。人的交流も評価することで、更に国際連携が広がり、本事業終了後の研究活動にも効果が期待できる。各国の研究者にとって魅力ある設備を整備することを検討してほしい。今後、イノベーション技術の国際共同研究開発プロジェクトが増えることが予想され、革新的なエネルギー技術に関する国民理解を進めるための、さらなる取組が求められる。より実質的かつ効果的に政府と研究開発実施者との連携を図り、今後もより良い制度化に向けて検討を重ねてもらいたい。

## 4. 評点結果

- 各評価委員の評点の平均を算出する評点法を実施。
- 創出した技術が実用化できるまでは長い年数がかかるため、現時点でロードマップの妥当性を評価することは難しく、継続した検討が必要との評価を受けた。



### 【評価項目の判定基準】

#### ○ 1.～6.各評価項目

- 3点：極めて妥当
- 2点：妥当
- 1点：概ね妥当
- 0点：妥当でない

#### ○ 7. 総合評価

- 3点：実施された事業は、優れていた。
- 2点：実施された事業は、良かった。
- 1点：実施された事業は、不十分なところがあった。
- 0点：実施された事業は、極めて不十分なところがあった。

## 5. 提言及び対処方針

| 今後の研究開発の方向等に関する提言                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 対処方針                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>研究成果はもとより、人材育成の観点からも有益なプログラムであり、<u>何らかの形で継続することを期待する</u>。国際共同研究から得られた経験知を今後も最大限活用しながら、更に効果的な事業運営と制度設計に向けて引き続き検討されることを期待する。</li><li>事業アウトカムについては、有望なテーマに絞りもう少し研究者、識者と議論する場があった方がよい。アウトカムに関する評価を重視するよりも、もっとアウトプットについて重きを置いて評価すべきではないか。また、<u>数年おきにでも経産省が予算を獲得し、進捗をフォローアップすることを期待する</u>。創出した技術を国際標準にまで高めていく努力を期待する。</li><li>本国際共同研究開発事業での研究成果をベースに、可能な限り日本の企業や研究機関が関わる形で、製品化するなど<u>技術の社会実装を行い、我が国の経済発展につなげてほしい</u>。</li><li>研究実施者に、<u>より多くの若手を登用する制度があってもよい</u>。本事業を活用して、<u>国外から研究員を多く招聘して、日本に拠点を作れるとよい</u>。</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>研究開発の加速化と人材育成の観点から、国際共同研究の推進を検討する。この際、本評価委員会における委員のご意見および、事業者アンケートの結果も踏まえつつ、今回の事業で得られた経験を最大限活用しながら、今後実施する事業の内容および制度設計を検討する。</li><li>本事業は、技術の創出や国際標準化、将来的な排出削減といった中長期的な成果を目指すものであることを念頭に、事業アウトカムおよび事業アウトプットについて、可能な限り明確かつ効率的な評価を行ったものであるが、フォローアップの実施についても検討していく。</li><li>また、研究開発の成果が、日本の企業や研究機関による継続的な研究、実証や社会実装に効果的に橋渡しされるべく、事業の制度設計や事後のフォローアップにも反映する。</li><li>若手研究者の活躍の場の拡大、国際共同研究拠点形成の促進につながるような工夫についても、継続的に検討していく。</li></ul> |