

2024年9月

## 「クリーンエネルギー分野における革新的技術の国際共同研究開発事業」 終了テーマ 終了時評価について

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術研究開発機構は、「クリーンエネルギー分野における革新的技術の国際共同研究開発事業」において2020年度に採択したテーマに対して、事業終了後の終了時評価を実施いたしました。

本終了時評価は、研究開発成果、今後の展開、今後の取り組みの検討状況や実施期間のマネジメントを確認するとともに、今後の研究開発に役立てて頂くことを目的に実施しております。

この度、2020年度に採択し、事業が終了したテーマ全13件についての終了時評価を終了致しましたので、下記のとおり公表いたします

### 記

#### 1. 終了時評価実施研究開発テーマと評価実施時期

- ・2020年度採択事業のうち、2023年度に終了したテーマ・・・13件
- ※終了時評価を実施したテーマは別紙1のとおり。

#### 2. 終了時評価の方法

##### (1) 終了時評価の手順

各テーマに対して当該技術分野を担当する複数の外部有識者による評価委員会により、以下

①②に基づき、ヒアリングを行い評価した。

①委託業務成果報告書(業務委託契約約款(一般用、大学国研用)第24条に基づき提出されたもの)

②委託業務成果報告書概要資料(事業者にて作成、非公開情報含む)

##### (2) 終了時評価項目と評価基準

以下の評価項目と基準に基づき、各項目を4段階(A・B・C・D)で評価した。

○先導研究プログラム終了時評価 評価項目及び評価基準(国際共同研究開発用に一部追記)

評価項目	評価基準
1) 研究開発成果	<p><b>【1】研究開発成果の価値の見極め</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発成果の価値について競合技術と比較し優位性があり、成果の波及効果が適切に検討されているか。</li> <li>・海外との共同研究開発について具体的な成果を上げ、当該成果を全体の研究計画に適切に反映できたか。また、海外の優れた技術や知見、若しくは、将来技術の海外展開を図る上で有意義な知見やネットワーク等を獲得することはできたか。(※1)</li> <li>・今後の課題は明確か。(新たな研究開発課題等も含み、その根本原因分析及び解決方針を明確にしているか。)</li> </ul> <p><b>【2】成果の権利化(※2)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・知的財産は、適切に権利化されているか又は権利化の検討を進めているか。</li> </ul>
2) 今後の展開	<p><b>【1】今後の展開の妥当性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・社会実装に向けた、計画・道筋が検討され、競合技術・製品と比較して性能面・コスト面等で優位を確保する見通しはあるか。</li> </ul> <p><b>【2】今後の展開に向けた取組</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・産学連携体制も含む今後の展開に向けた体制やネットワーク作りが進められているか。</li> </ul>
3) マネジメント	<p><b>【1】実施体制</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・海外の研究機関含め、指揮命令系統及び責任体制は明確で、研究開発の進捗状況に応じた適切な対処が行われたか。</li> </ul> <p><b>【2】研究開発計画</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発の進捗を管理する手法は適切であったか。</li> <li>・研究開発課題の解決に向けた研究開発計画に沿って、意義のある研究開発成果を見いだせるようにマネジメントできたか。</li> </ul>
4) 総合評価	<p>上記3項目の評価を踏まえて、本国際共同研究開発の取組の評価として、総合的な評価。</p>

※1: コロナ禍による渡航制限等の影響(研究活動の制約等)を考慮するとともに、コロナ禍における対応策や工夫を評価する。

※2: 研究開発期間の加味が必要な評価基準。

### 3. 終了時評価結果

各評価委員の「総合評価」について、A=3、B=2、C=1、D=0 と数値に換算し、終了時評価を実施した複数の評価委員の平均評価点を算出し、当該検討課題の評価点とした。この評価点に基づき、当該テーマに対して、以下の4段階の評価を決定した。

評価	評価点	評価
A	$2.6 \leq a \leq 3.0$	評価基準に適合し、非常に優れている
B	$2.0 \leq a < 2.6$	評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある
C	$1.0 \leq a < 2.0$	評価基準に一部適合しておらず、改善すべき点がある
D	$0 \leq a < 1.0$	評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である

終了時評価結果の4段階評価による内訳は以下のとおり。

また、各テーマの評価結果は別紙1のとおり。

#### 【終了時評価】（全13件）

評価	件数
評価基準に適合し、非常に優れている	5
評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある	5
評価基準に一部適合しておらず、改善すべき点がある	3
評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である	0

終了時評価の委員については別紙2のとおり。

【別紙1】 2020 年度採択事業 終了時評価 評価実施テーマと評価結果

【別紙2】 2020 年度採択事業 終了時評価委員名簿

以上

## ■評価実施テーマと評価結果

研究テーマ名	低コスト・高耐久太陽電池の国際共同研究開発
委託先	国立研究開発法人産業技術総合研究所
実施期間	2020年12月1日-2023年11月30日
総合評価	評価基準に適合し、非常に優れている
コメント	<p>革新技術1:安価な金属酸化物を用いたキャリア選択性パッシベーションコンタクトを開発し、Si表面欠陥の不活性化と電荷の選択的な取り出しを両立、および革新技術2:Si量子ドットとペロブスカイトのハイブリッド化により高耐久化に挑戦、ともに最終目標を達成すると共に、上記技術を適用したタンデム型太陽電池の動作を検証した点が優れている。また、国際共同研究開発の枠組みを上手くマネジメントしながら、適切に研究開発を最終目標に導いたことが高く評価される。</p> <p>2030年以降の実用化に向けて、一層の特性向上を実現する観点で、例えば、劣化メカニズムの解明と対策、損失解析による変換効率の改善などに鋭意取り組まれることを希望する。</p>

研究テーマ名	革新的多接合太陽電池の国際共同研究開発
委託先	国立大学法人東京大学
実施期間	2020年12月17日-2023年12月16日
総合評価	評価基準に一部適合しておらず、改善すべき点がある
コメント	<p>車両などの移動体や建築物の壁面などでの適用をも見込める、低コスト技術で、軽量かつフレキシブルなフルスペクトル超高効率太陽電池(目標エネルギー変換効率:35%以上)の2030年以降の実用化に向け、要素技術開発や素子開発に向けた国際的なネットワークの構築や研究の充実化が図られており、学会発表・論文作成が精力的になされている点が評価される。</p> <p>一方で、目標とするエネルギー効率を実現するため、開発した素子の一層のブラッシュアップ、多接合型太陽電池のモジュール化技術および低コスト化技術の確立などに精力的に取り組まれることを希望する。また、得られた成果の知的財産権確立にも鋭意取り組んでいただきたい。</p>

研究テーマ名	糖原料からの次世代ポリ乳酸の微生物生産技術開発
委託先	国立大学法人神戸大学／株式会社カネカ／国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学 ／国立研究開発法人産業技術総合研究所
実施期間	2021年1月1日～2023年12月31日
総合評価	評価基準に適合し、非常に優れている
コメント	<p>各研究開発課題の目標達成度は非常に高く、特許出願も適切に行われている。乳酸分率を高めるために行ったRNA-seqによって、乳酸代謝系からは予想もできなかった酵素遺伝子の欠損変異のヒントを得て乳酸分率を飛躍的に上げたことや、水素細菌を宿主にした場合に得られるLAHBが超分子量化すること、水素細菌へのキシロース資化性の付与、LAHB生産に適した乳酸脱水素酵素やPCTの探索、PLAへのLAHBのブレンドによる物性改善など、新規かつ重要な知見や成果が得られたことは高く評価できる。</p> <p>今後は技術の社会実装に向けた課題をより具体的に検討し対応するとともに、CO2の削減効果についても適切に評価・PRいただきたい。</p>

研究テーマ名	革新的アポミクス誘導技術の国際共同研究開発
委託先	国立大学法人埼玉大学／国立研究開発法人産業技術総合研究所／公立大学法人横浜市立大学 ／東京都公立大学法人東京都立大学
実施期間	2021年1月1日～2023年12月31日
総合評価	評価基準に一部適合しておらず、改善すべき点がある
コメント	<p>極めて独自性が高く、日本において貴重な研究開発テーマであり、双子葉及び単子葉植物を対象に、独自に考案・開発した技術を活用し、胚と胚乳に対して完全アポミクス性発生誘導を効率的に起こさせるための関連因子の探索や新たな知見が得られたことなどは評価できる。</p> <p>一方で、個々の研究開発成果について具体的、定量的に説明されていない部分も多く、研究開発全体としての成果も整理されておらず、やや不明確である。また、特許の取得や、技術の社会実装に向けた計画、推進体制についても十分検討されているとは言えず、研究ターゲットの絞り込みを含め、改善が望まれる。</p>

研究テーマ名	高効率な中温水蒸気電解酸化セルの国際共同研究開発
委託先	国立大学法人九州大学
実施期間	2021年2月9日～2024年2月8日
総合評価	評価基準に適合し、非常に優れている
コメント	<p>適切なマネジメントの下で着実に推進され、国際共同研究開発事業として優れた成果が創出された。コンポジット層の生成による改善効果を見出し、その効果も確認した。独自のセルを開発し、海外の研究機関の技術を活用することにより、500℃で良好な性能が得られることを実証することができた。本成果の権利化を進めていただくと共に、企業の協力を得て、実用化を進めてください。</p>

研究テーマ名	革新的な可逆水蒸気電解セルの国際共同研究開発
委託先	国立大学法人九州大学
実施期間	2021年2月1日～2024年1月31日
総合評価	評価基準に適合し、非常に優れている
コメント	<p>適切なマネジメントの下で着実に推進され、研究開発目標をほぼ達成し、優れた成果が創出された。本国際共同研究をきっかけとして、MIT だけでなく民間企業も含めた新規の大型プロジェクトが獲得されており、今後の展開も期待できる。今後、実用化に向けた研究を進めていくにあたっては、コスト面での検討課題も明確にして取り組んでいただきたい。</p>

研究テーマ名	ビスメタル固体触媒によるホルメート経由型化学品製造の国際共同研究開発
委託先	国立研究開発法人産業技術総合研究所／学校法人神奈川大学／国立大学法人広島大学
実施期間	2022年12月15日～2023年9月14日
総合評価	評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある
コメント	<p>チャレンジングな高い目標に向けて取り組み、一定の成果を挙げることができたが、一部の研究開発項目は、目標が達成されておらず、ビスメタル触媒の実用化に向けた今後の展開の中で継続して取り組む必要がある。H<sub>2</sub> と CO<sub>2</sub> からホルムアミドを生産するという画期的な試みはよいが、その効果が検証されていない。既存の技術との比較、エネルギー効率、損失、さらにコストなど、社会実装に向けて開発ロードマップと今後の進め方についての検討が不十分であり、現実的かつ具体的なイメージを持って検討していく必要がある。</p>

研究テーマ名	革新的高性能熱電発電デバイスと高度評価技術の国際共同研究開発
委託先	国立研究開発法人産業技術総合研究所
実施期間	2020年12月1日～2023年11月30日
総合評価	評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある
コメント	<p>材料の研究開発とデバイスの性能評価技術の双方で研究開発を実施し、材料開発とデバイス開発の技術の連携に貢献している。また、国際的な市場形成を念頭に、技術開発と評価技術に対してバランスの取れた取り組みを行っている。</p> <p>一方、最大発電効率が従来法に対して際だって優れていないため、研究開発・市場研究において、今後の社会実装性に向けて課題が残っている。</p>

研究テーマ名	炭酸ガス分解用ソーラー集熱反応器の国際共同研究開発
委託先	国立大学法人新潟大学／国立大学法人東京大学／国立大学法人信州大学
実施期間	2021年1月21日～2024年1月20日
総合評価	評価基準に一部適合しておらず、改善すべき点がある
コメント	<p>1600°C域の高温までに対応した材料を開発し熱化学分解実験を実施し、太陽集光から燃料までのエネルギー変換効率の評価を行っており、NREL との協力関係の構築や、複数の実験装置のデータの統一的な評価を行い社会実装に向けた可能性を広げた点は、評価できる。</p> <p>一方、フォームデバイスの材料開発は提案の実現のための主要技術であったが、反応転嫁率、材料の繰り返し利用に対する耐久性についての報告に進展が見られず、完成度が低く、材料改良に対する進展が不十分と判断された。結果として開発技術を用いた実用データが不十分なままに、モデル提案、評価が行われたため実用性の判断に必要な情報が十分でなかった。材料開発とそれに基づく1600°C域利用の価値を含めたシステム提案の再考が必要と判断された。国際連携を通じてさらに世界標準の技術であるということが分かるような活動成果・報告が望まれる。また全体的に研究開発項目の目標がいずれも定性的であるため、達成度を客観的に評価するための数値目標を設定していただきたい。</p>

研究テーマ名	SiC 結晶の生産性と品質を飛躍的に向上する革新的溶液成長技術の開発
委託先	国立研究開発法人産業技術総合研究所／国立大学法人大阪大学／国立大学法人京都大学
実施期間	2021年3月1日～2024年2月29日
総合評価	評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。
コメント	<p>研究開発成果として、CNRS と協力して表面再構成法技術による溶媒組成のスクリーニング評価手法を確立し、動的表面再構成法によりその妥当性を実証した。また SiC ライナー坩堝技術では、解決すべき重要な課題を抽出し、ライナー自体の有効性を実証した。更に熱対流シミュレーションを基盤とした装置最適化ツールを開発し、結晶育成シミュレータの有効性を実証するなど、溶媒組成の可能性や C 過剰供給を抑制する手法等の基礎的な知見を抽出する点で大きな価値が認められる。しかし、大口径化についての課題を明確にしつつ、その解決策として加熱電源の低周波化を提示しているものの、大型高速結晶成長の実証には至っていない。</p> <p>マネジメントとして、CNRS との共同研究では共通の視点を持って進められたことで貴重な成果が得られている。また、国内機関と分業が図られ、適切な管理が行われた。</p> <p>一方で学術的研究としてのマネジメント部分は良く行われているが、専用技術に展開しようとする部分はあまり進んでいない。</p> <p>社会実装に向けた展望として、市場では大口径化が進む中でこの成果の優位性、コストメリット、インチャップスケジュールの根拠を示す必要がある。他研究機関が持つノウハウとの融合、シミュレーション予測の検証と活用、大口径化に拘らないメリット等を追求する改善を期待したい。</p>

研究テーマ名	金属フリー型レドックスフロー電池の国際共同研究開発
委託先	国立研究開発法人産業技術総合研究所
実施期間	2020年12月1日～2023年11月30日
総合評価	評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある
コメント	<p>正極、負極活物質ともに分子の集積化による高濃度化というこれまでにない現象を見だし、実証セルでは 12Wh/L にとどまったものの、溶解度レベルで 40Wh/L を達成できたことは学問的にも高い成果であるのみならず、実用化が期待される成果である。また、イタリア ITAE 提供の SPEEK 膜をベースに新規イオン交換膜を提案するなど、国際共同開発での運用・技術交流体制はほどよく機能しており、国際共同研究としても高い成果が得られている。結果として今回の国際共同開発により、有機レドックスフロー電池の社会実装に向けた開発を継続する意義が見いだせた。</p> <p>エネルギー密度の観点からは、まだバナジウム系 RFB を越えたとは言い難く、さらに高密度化が必要である。また、有機活物質の価数変化による溶解度の変化や、耐久性等、RFB として明確になっていない部分が多い。本プロジェクトで取り組むべき課題と企業にまかせることのできる課題の選別をして、基礎的段階から、実用化に向けた検討に早く移れるようスピード感を持った開発を進めて欲しい。</p> <p>有機レドックスフロー電池の特性に大きな影響を与える炭化水素系イオン交換膜の改良を進める際、目標値とスケジュールを明確にした上で、開発を進めてほしい。</p>

研究テーマ名	クリーンエネルギー有効活用に向けた高耐圧デバイス・パワー要素技術の国際共同研究開発
委託先	国立研究開発法人産業技術総合研究所／一般財団法人電力中央研究所
実施期間	2021年2月4日～2024年2月3日
総合評価	評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。
コメント	<p>研究開発成果として、SJ 構造の効率的な製造にとって重要となる大きな深度へのイオン注入や新しい低濃度ドーピング手法として、超高エネルギーでのイオン注入におけるチャネリング現象を観測し、深いイオン打ち込み技術として利用できる可能性を示した。更に中性子照射によって SiC 中に P を生成する中性子核変換に成功するなど、新しいドーピング技術としての可能性を見出した。一方でモジュールは、中圧以下の実証に留まっているので、今後、高耐圧技術として更なる実証を期待したい。</p> <p>マネジメントとして、二つの性格を異にする研究プロジェクトに対して国内および海外の複数の研究機関と連携し、特に超高エネルギーの加速器や中性子照射など海外研究機関の持つリソースを活用するなど、高度かつ挑戦的な実験に取り組み成果を挙げている。</p> <p>社会実装に向けた展望として、製造プロセスは、海外機関の大型装置、知的財産に依るところがあるため整理が必要である。実用化へのステップアップに向け、国内で代替出来るパートナーを見つけ、開発計画を策定する等の取り組みを期待したい。</p>

研究テーマ名	セラミックス複合材料(CMC)の信頼性保証技術開発
委託先	学校法人片柳学園 東京工科大学／株式会社超高温材料研究センター／一般社団法人日本ファイナセラミックス協会
実施期間	2021年3月1日～2024年2月29日
総合評価	評価基準に適合し、非常に優れている
コメント	<p>いずれの研究開発項目においても、目標は達成されており、国際共同研究開発事業の成果として十分であると判断される。</p> <p>優位性の高い CMC 製造プロセスを構築し、さらに複数の非破壊検査技術を開発して、国際標準材料として提言を行っており高く評価できる。またコロナ禍の難しい時期にもかかわらず国際的なネットワークを構築して、海外エンジン OEM との連携まで達成している点も大いに評価される。</p> <p>一方で検討がやや不十分な点も見受けられ、予測手法と評価手法の信憑性がまだ十分に確保できていないと思われる。各検査法の適用限界及び複数検査技術の活用方法については、航空機エンジン用部材への適用をある程度仮定した上で、より具体的な検討が必要である。また今後の認証取得にあたっては、材料やプロセスは重要な領域であることから、認証に精通した DER 等を活用して、エンジン OEM の認証に向けて材料面から寄与できる部分を強化することが望ましい。</p>



## ■終了時評価委員名簿(敬称略、順不同)

氏名	所属機関名	役職
池谷 知彦	一般財団法人電力中央研究所 企画グループ	特任役員
石河 泰明	学校法人青山学院大学 理工学部 電気電子工学科	教授
石谷 治	国立大学法人広島大学 大学院先進理工系科学研究科	特任教授
稲葉 稔	学校法人同志社 同志社大学 理工学部 機能分子・生命科学科	教授
岡部 洋二	国立大学法人東京大学 生産技術研究所	教授
奥田 章順	株式会社航想研	代表取締役社長
加藤 之貴	国立大学法人東京工業大学 科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所	教授
喜多 浩之	国立大学法人東京大学 大学院新領域創成科学研究科	教授
木野 邦器	学校法人早稲田大学 理工学術院	教授
小長井 誠	学校法人五島育英会 東京都市大学 総合研究所	特別教授
佐藤 千明	国立大学法人東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所	教授
佐野 浩	三菱ケミカルグループ株式会社 ビジネス・サステナビリティ部	部長付
柴田 大輔	国立大学法人京都大学 エネルギー理工学研究所	特任教授
澁谷 陽二	国立大学法人信州大学 / 国立大学法人大阪大学	特任教授 / 名誉教授
正田 英介	公益財団法人鉄道総合技術研究所 理事室	フェロー
田岡 久雄	学校法人西大和学園 大和大学 理工学部理工学科	特任教授
高野 章弘	F-WAVE 株式会社	CTO
中島田 豊	国立大学法人広島大学 大学院統合生命科学研究科 生物工学プログラム	教授
中辻 知	国立大学法人東京大学 大学院理学系研究科 物理学専攻	教授
野瀬 嘉太郎	国立大学法人京都大学 大学院工学研究科 材料工学専攻	准教授
林 潤一郎	国立大学法人九州大学 先導物質化学研究所	教授
松本 孝直	元 一般社団法人電池工業会	
南川 明	インフォマインテリジェンス合同会社 C&D コンサルティング	シニアコンサルティング ディレクター
山田 明	国立大学法人東京工業大学 工学院	教授
山田 明	三菱重工業株式会社 総合研究所	顧問
吉田 洋之	関西電力株式会社 ソリューション本部 開発部門 蓄電池事業グループ	マネージャー
若林 敏祐	東洋エンジニアリング株式会社 プラントソリューション事業本部 先進技術ビジネス推進部	部長
渡辺 和徳	一般財団法人電力中央研究所 エネルギートランスフォーメーション研究本部	プラントシステム研究 部門長 研究参事

※所属・役職は終了時評価実施時点