

令和5年度事前・中間評価報告書集
(プロジェクト・研究資金制度事業)

2023 年 8 月

産業技術環境局研究開発課

～目次～

事業名	時期	事業実施	担当課室	頁
プログラム：3. 産業技術・環境対策の促進並びに産業標準の整備及び普及				
【ディープテック・スタートアップの起業・経営人材確保等支援事業】うち、事業会社が有する技術シーズを活用した起業・事業化支援に係るテーマ	事前 評価	NEDO	技術振興・大学 連携推進課	5
プログラム：4. 情報処理の促進並びにサービス・製造産業の発展				
【宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業（SERVIS プロジェクト）】うち、超小型衛星の汎用バスの開発・実証支援に係るテーマ	中間 評価	METI	宇宙産業室	1 4
【次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業】うち、RNA 標的創薬技術開発に係るテーマ	中間 評価	METI	生物化学産業課	3 7
【次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業】うち、国際競争力のある次世代抗体医薬品製造技術開発に係るテーマ	中間 評価	METI	生物化学産業課	5 7
【次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業】うち、腸内マイクロバイオーム制御による次世代創薬技術の開発に係るテーマ	中間 評価	METI	生物化学産業課	7 6
【次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業】うち、次世代送達技術開発に係るテーマ	事前 評価	METI	生物化学産業課	9 4
【再生医療・遺伝子治療の産業化に向けた基盤技術開発事業】うち、遺伝子治療開発加速化研究事業に係るテーマ	事前 評価	METI	生物化学産業課	1 0 4
プログラム：6. 鉱物資源及びエネルギーの安定的かつ効率的な供給の確保並びに脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進				
【資源自律経済システム開発促進事業】うち、アルミニウム素材高度資源循環システム構築事業に係るテーマ	中間 評価	NEDO	金属技術室	1 1 5
5G 等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業	中間 評価	NEDO	ものづくり政策 審議室	1 3 6
電気自動車用革新型蓄電池開発	中間 評価	NEDO	自動車課、電池 産業室	1 5 8
【先端計算科学等を活用した新規機能性材料合成・製造プロセス開発事業】うち、機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発に係るテーマ	中間 評価	NEDO	素材産業課	1 7 9
航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業	中間 評価	NEDO	金属課、航空機 武器宇宙産業課	2 0 3

事業名	時期	事業実施	担当課室	頁
航空機向け革新的推進システム開発	事前 評価	NEDO	航空機武器宇宙 産業課	2 2 4
省エネエレクトロニクス製造基盤強化に向けた技術開発事業	中間 評価	NEDO	情報産業課	2 3 2
【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】 のうち、水素エネルギーシステム技術開発（研究開発項目Ⅰ） ※に係るテーマ 【産業活動等の抜本的な脱炭素化に向けた水素社会モデル構築 実証事業】 のうち、地域水素利活用技術開発（研究開発項目 Ⅲ）※に係るテーマ ※ NEDO 事業「水素社会構築技術開発事業」の内数	中間 評価	NEDO	水素・燃料電池 戦略室	2 5 1
【再生可能エネルギーの大量導入に向けた次世代型の電力制御 技術開発事業】 うち、電源の統合コスト低減に向けた電力シス テムの柔軟性確保・最適化のための技術開発事業に係るテーマ	事前 評価	NEDO	新エネルギーシ ステム課	2 6 8
地熱・地中熱等導入拡大技術開発事業	中間 評価	NEDO	新エネルギー課	2 7 8
【地熱・地中熱等導入拡大技術開発事業】 うち、再生可能エネ ルギー熱の面的利用システム構築に向けた技術開発事業に係る テーマ	事前 評価	NEDO	新エネルギー課	3 0 1
【地熱・地中熱等導入拡大技術開発事業】 うち、地熱開発促進 に資する技術支援事業に係るテーマ	事前 評価	JOGMEC	資源・燃料部政 策課	3 0 9
【化石燃料のゼロ・エミッション化に向けた持続可能な航空燃 料(SAF：Sustainable Aviation Fuel)・燃料アンモニア生産・ 利用技術開発事業】 うち、燃料アンモニア利用・生産技術開発 に係るテーマ	中間 評価	NEDO	資源・燃料部政 策課、石油・天 然ガス課	3 1 7
【次世代燃料安定供給のためのトランジション促進事業】 う ち、製油所の脱炭素化研究開発に係るテーマ	中間 評価	METI	燃料供給基盤整 備課	3 3 9

プログラム：3. 産業技術・環境対策の促進並びに産業標準の整備及び普及

新規研究開発事業に係る事前評価書

1. 事業情報

事業名	事業会社が有する技術シーズを活用した起業・事業化支援 (「ディープテック・スタートアップの起業・経営人材確保等支援事業」に追加する新規スキーム)
担当部署	経済産業省産業技術環境局 技術振興・大学連携推進課 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) イノベーション推進部
事業期間	2024 年度 ～ 2027 年度末 (4 年間)
概算要求額	2024 年度 3,100 百万円の内数
会計区分	☒ 一般会計 / ☐ エネルギー対策特別会計
類型	☐ 研究開発プロジェクト / ☒ 研究資金制度
上位政策・施策の目標 (KPI)	スタートアップ育成 5 か年計画 (令和 4 年 1 1 月 2 8 日内閣官房とりまとめ) における目標 ・ 2027 年度に、スタートアップへの投資額を、2021 年度比 10 倍超の規模 (10 兆円規模) に拡大 ・ 将来においてユニコーンを 100 社創出
事業目的	ディープテック分野における、事業会社が有する技術シーズの事業化・社会実装に向けて、自身での又は他者との起業に取り組もうとする者又は取り組む者に対して、一定の研究開発費支援・事業化に知見を有する人材による伴走支援・技術シーズを有する者と経営スキルを有する者とのマッチング等の支援等を提供することを通じ、事業会社等に蓄積されている優れた技術シーズの事業化・社会実装の実現を後押しするとともに、ディープテック領域における起業を更に拡大させることによってディープテック・スタートアップ・エコシステムの拡大に資することを目的とする。
事業内容	① 技術の事業性の評価を外部の視点を入れて行う仕組みの構築をしようとする事業会社等と連携し、その仕組みを活用してカーブアウトに取り組む者及びカーブアウトした者に対する研究開発費の補助や事業開発支援を実施 (NEDO による人材発掘・起業家育成事業 (NEP) にカーブアウト特化型を新設)。 ② 早期の事業化を目指す観点から、組織内の技術シーズの事業化促進に向けた経営人材等とのマッチング (カーブアウトしようとする者又はカーブアウト後に経営人材を探索している者に対して、VC・人材紹介会社が保持する経営人材を紹介。) を推進。また、スタートアップの成長に必要不可欠な、事業会社で一定の経験を積んだ人材 (事業開発部や製造・調達・品質管理等の社員等) とスタートアップとのマッチング支援も併せて実施。 ③ カーブアウト活動を広げていくために、ガイドライン (事例紹介、知財活用や人事規程などの組織内部規程のモデル例、資本関係モデル等の提示等) を作成し、普及に向けた活動を実施。加えて、カーブアウトした者やカーブアウトに取り組む者、事業会社においてカーブアウトを支援する者等で構成されるコミュニティの形成等を支援。

アウトカム 指標		アウトカム目標
短期目標 (令和 8 年 度)	採択者のうち、事業終了後 1 年以内に VC 等からの事業化資金を確保した者の割合	50%以上
中期目標 (令和 9 年 度)	採択者のうち、事業終了後 2 年以内に VC 等からの事業化資金を確保した者の割合。	60%以上
長期目標 (令和 1 2 年 度)	採択者のうち、事業終了後 5 年以内に VC 等からの 2 回目以上の事業化資金を確保し た者の割合	30%以上
アウトプット 指標		アウトプット目標
中間目標 (令和 8 年 度)	累計の支援件数 (事業会社が有する技術シーズを活用して 起業・事業化活動に取り組む起業家候補人 材に対する支援の実施件数)	・ 240 件 (個人 200 件、法人 40 件) ※初年度 120 件 (個人 100 件、法人 20 件)、 次年度以降 60 件 (個人 50 件、法人 10 件) の 支援を実施 (令和 6 年度～令和 8 年度)。
最終目標 (令和 9 年 度)	累計の支援件数 (事業会社が有する技術シーズを活用して 起業・事業化活動に取り組む起業家候補人 材に対する支援の実施件数)	・ 300 件 (個人 250 件、法人 50 件) ※初年度 120 件 (個人 100 件、法人 20 件)、次年度以降 60 件 (個人 50 件、法人 10 件) の支援を実施 (令和 6 年度～令和 9 年度)。
マネジメント	・ 経済産業省において、NEDO と共同して、事業内容を検討及び予算要求を実施。 ・ 予算確保後、NEDO において、基本計画等を策定。 ・ 執行開始後、事業の実施状況は NEDO から経済産業省に適宜報告し、執行のブラッシュアップを図る。	
プロジェクトリーダー	－	
実施体制	経済産業省 ⇒ NEDO (交付金) ⇒ 実施者 (定額助成等)	
	経済産業省：事業内容の設計、事業管理、他省庁・他政府機関との連携 等	
	NEDO：基本計画等の策定・公表、本事業の執行 等	

2. 評価

経済産業省研究開発評価指針（令和 5 年 1 月 1 日）に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて事前評価を行い、適合性を確認した。以下に、外部評価者の評価及び問題点・改善点に対する対処方針・見解を示す。

(1) 外部評価者

東 博暢 株式会社日本総合研究所 プリンシパル

岩佐 琢磨 株式会社 Shiftall 代表取締役 CEO

清水 洋 早稲田大学商学大学院 教授

（五十音順）

※評価期間：4 月 27 日～5 月 15 日

(2) 評価

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

これまで取組みとして十分ではなかった「事業会社」の内部の技術や人材をカーブアウトし、スタートアップを成長させる取組みであり、有意義な事業である。社会的な波及効果の高い研究開発型スタートアップの創出に加えて、企業内部に眠るプレ起業家人材及びそれを支える人材の流動化が進むことが期待できる。出向起業制度との補完的な関係も期待されるほか、専門家がいないと対応が困難な初期の知財戦略も支援されるのはよい。

【問題点・改善点・今後への提言】

アウトカム指標が民間 VC からの資金調達になっている点は、VC の好む投資領域に本取組みによる支援が偏る可能性がある。また、これまでの支援事業と異なり元となる事業会社との関わりもディープテック・スタートアップの成長に関わってくるので、「事業会社」の関与度合いについても注視する必要。加えて、本事業に応募してくれる主体を増やすことや、補完的な取組み（規制緩和、標準化戦略、省庁調達におけるスタートアップ比率の向上など）の実施、VC の理解が得られにくい領域の重点的な支援の実施も求められる。

② 目標

【肯定的意見】

アウトプット・アウトカム指標・目標について、野心的かつ具体的であり、多くのディープテック・スタートアップを支援できる点は評価できる。また、スタートアップ創出数ではなく事業化資金の確保とされている点は評価できる。

【問題点・改善点・今後への提言】

指標・目標の設定の仕方はまだ工夫が必要。例えば、①長期アウトカム指標として、初期的なプロダクトやサービスをマーケットに供給し、市場に貢献できているかという視点を設ける、②アウトプット目標として件数だけでなく、領域あるいは重点領域の目標支援件数を設定する、③事業化資金の確保を見るときも、本当に必要な資金を確保できたか（例えば、ネガティブな調達やつなぎ増資でないなど）を見る、④長

期的な視野で、(イギリスの大学で導入されている)インパクト評価の考え方をを用いる、といった工夫の仕方があり得るのではないか。

③ マネジメント

【肯定的意見】

METI-NEDO で事業をマネジメントしていくことには、これまでの蓄積等があるため問題ないと思われ、参加者に対する様々なサービスの実施が期待される。また、スタートアップの特性(目標は機動的に変えるべき、外部評価が難しい)も踏まえ、懸賞金制度や目標の達成度に応じたインセンティブの支払いがないことは評価できるし、補助率 100%は(スタートアップを)たくさん産むということに対して有用。

【問題点・改善点・今後への提言】

NEDO の人的リソースに関しては常に配慮すべきである。また、補助率を 100%とすることは、不正な使われ方がしないように審査し、場合によっては容赦なく中止判断を下すことも求められる。加えて、参加者のモチベーションを高める仕組みのみならず、元の事業会社との関係を意識した設計(事業会社に所属しながら本事業に取り組む個人・法人のモニタリングや支援の観点、事業会社側に対する魅力の提示)を盛り込むことが重要。その他、公募の周知方法も、従来のものにはない工夫が求められる。

(3) 問題点・改善点に対する対処方針

① 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
・元の事業会社との関わりによって、ディープテック・スタートアップの成長軸がこれまでの支援事業とは異なるものを描かれることも期待できるため、「事業会社」の関与度合いについても注視していただきたい。	・本事業では、研究開発費等の支援の対象者として、事業会社における、新規事業創出を主眼とする内部プログラムを経てカーブアウトに取り組む者を想定しており、事業会社による一定の関与があることを想定している。関与の度合いについては、申請時や伴走支援・モニタリング等の際に確認する仕組みを盛り込むこととしたい。
・民間 VC からの資金調達がアウトカム指標となっている点について、VC は投資領域に偏りがあり、特定の領域にのみに資金が集中する。結果、VC が好まない(が、国として推し進めるべき)領域のスタートアップが本取り組みから生まれなないことになる懸念がある。	・本事業による支援対象が特定の領域に偏らないよう、一定の工夫(VC 等から出資関心表明を得られなくとも支援を受けられる仕組み等)を事業開始までに検討してまいりたい。
・採択する側も、VC が好む領域を選んで採択しなければアウトカムの達成ができない恐れが高まり、選定責任を問われかねず、結果忖度して VC が好む領域の採択に偏る可能性もある。	

・ディープテック・スタートアップの成長に重要なのは VC の理解が得られにくいシリーズ A（1 億円～2 億円程度）であり、ここを重点的に支援すべき。	・本事業を通じて起業したスタートアップが、「ディープテック・スタートアップ支援事業」に繋がるよう、事業期間中に外部の専門家による伴走支援も実施してまいりたい。
・カーブアウトを促進する本事業に応募してくれる主体をいかにして増やしていくかは重要な課題であろう。応募が増えれば、本事業のインパクトは大きくなる。	・事業設計の段階から広報を意識した取組み（例えば、カーブアウトに関心のある事業会社・コミュニティの発掘・発掘、事業会社が所属する経済団体との関係構築 等）を実施することで、事業開始後の応募促進を図りたい。
・本事業ですべてをカバーできるわけではないが、補完的な事業として、新規参入が起こりやすいような規制緩和や、標準化のための戦略、省庁の調達におけるスタートアップの比率の向上などまだまだやれることは多いのではないだろうか。	・スタートアップ新市場創出タスクフォースやグリーゾーン解消制度（規制緩和関係）、新市場創造型標準化制度（標準化のための戦略）、S B I R 指定補助金等事業における政府調達の促進（省庁調達関係）といった取組もある。いずれにしろ、様々な施策を通じて、スタートアップによる経済の活性化を目指してまいりたい。

② 目標

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
・アウトカム指標として事業化資金を確保した者のみが指標化されているが、長期アウトカム指標として、プロダクトやサービスがβ版、創薬では第一相試験でも構わないがそれを何かしらの形でマーケットに供給し（顧客にいくらかリーチできている）、市場に貢献できている状況になっているか、という観点を加えても良いのではないか。	・アウトカム指標の長期目標（採択者のうち、事業終了後 5 年以内に VC 等からの 2 回目以上の事業化資金を確保した者の割合。）については、事業化資金の確保に加え、御指摘の観点を含めるよう事業開始までに検討してまいりたい。
・アウトプット目標が件数だけとなっている点について、例えば領域を幾つか設けて（創薬・電子部品・水産業 etc）、各領域での目標支援数を達成することなどをしないと大きく偏る可能性が高い。	・本事業による支援対象が特定の領域に偏らないような工夫（領域と目標の設定、支援対象の偏り応じた次年度での採択の調整等）を事業開始までに検討してまいりたい。
・重点領域を設定し、当該領域の支援件数を規定しておくことも良い手かもしれない。	
・VC 等からの資金調達はネガティブ調達も 1 とカウントされる。長期目標のアウトカム指標にはこれらをカウントしないような配慮がほしい。また、本当に必要な資金を確保できたのかを見るべき。20 億ないとできない事業なのに、つなぎ増資で 1 億もらったところでそれはアウトカム指標として評価すべきではない。	・アウトカム指標の計測（採択者に対して、事業終了後に追跡アンケート調査を実施することを想定。）時に、資金調達目的を確認し、事業化のために真に必要な資金を調達できたかという点もフォローすることも事業開始までに検討したい。
・費用対効果の厳密な策定は短期間では難しいだろ	・御指摘のとおり、長期的な視点に基づく費用対効

う。その点で、少し長期的に見たうえで、イギリスの大学で導入されているインパクト評価のようなものをするのも一つのあり方ではないだろうか。	果の考え方や測定の方法を事業開始までに検討してまいりたい。
---	-------------------------------

③ マネジメント

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
・ NEDO に様々な政策 PJ が投入されているため、人的リソースに関しては常に気をかけていただきたい。	・ 既存事業で蓄積したリソース（伴走支援人材のネットワーク等）を活用することで、NEDO 側の負担が最小限になるよう工夫してまいりたい。
・ 受益者負担の考え方については、立ち上げリスクの高い領域であるため補助率 100%は問題ない一方で、事業会社との関係性にもよるが他のスタートアップ施策と比して、本事業は事業会社に所属しながら、という所謂「身分の安全保障」がある上で実施されることが多いと思料されるため、採択された個人・法人のモニタリングや支援についても注意が必要。	・ 本事業の支援対象者は、事業会社に所属しながら本事業における取組みを行うことを踏まえ、支援対象者に対する伴走支援やモニタリングに際して、研究開発や事業開発の進捗がスケジュールに沿って進んでいるか、そうでない場合は合理的な理由があるかといった点に関して、厳格に確認することを基本的な方向性としたい。また、支援対象者以外に利する取組（事業経緯・内容の詳細を元に、他の事業会社の参考となるような資料の作成・公表等）となるよう、事業開始までに検討したい。
・ 補助率 100%は、不正な使い方とならないよう審査や、中止判断には一層の注意が必要。中止判断を容赦なくできる、という運用が望まれる。形だけルールはあるが、実際蓋をあけてみたら「中止ゼロ件」などといったことはあってはならない。	・ 支援対象者に対する伴走支援やモニタリングに際して、研究開発や事業開発の進捗がスケジュールに沿って進んでいるか、そうでない場合は合理的な理由があるかといった点に関して確認することを基本的な方向性としたい。その上で、不正な使い方となっている又は合理的な理由なく事業が進捗していない等、継続が不適切と判断できる場合には中止することとする。
・ 多くの人に応募してもらう（あるいは、カーブアウトに興味を持ってもらう）ことも本事業の重要な目的の 1 つであるとすれば、公募の周知方法も従来のものだけでなく、何か工夫ができないだろうか。	・ 事業設計の段階から広報を意識した取組み（例えば、カーブアウトに関心のある事業会社・コミュニティの発掘・活用、事業会社が所属する経済団体との関係構築 等）を実施することで、事業開始後の応募促進を図りたい。
・ 参加者のモチベーションを高める仕組みも非常に大事だが、事業会社側に対する魅力の提示も極めて重要になってくる。	・ 経営におけるカーブアウトの意義や効果など、事業会社としてカーブアウトに取り組む魅力も併せて提示することで、事業会社としてカーブアウトを進める機運を高めてまいりたい。

（参考）外部評価者の評価コメント

以下、外部評価者から入手した意見を記載する。

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・これまで、大学発など新規にスタートアップを創出する政策メニューに関しては充実してきている一方で、「事業会社」の内部の技術や人材をカーブアウトし、スタートアップとして成長させる取り組みは十分ではなく、本事業は有意義である。
- ・スタートアップの創出も重要であるが、企業内部に眠るプレ起業家人材及びそれを支える人材の流動化が進むことが期待できる。
- ・知財まわりは専門家がいないと戦略立案が困難。初期の知財戦略を支援する方策はとてもよい。
- ・研究開発型のスタートアップは社会的な波及効果も高いため、これを促進する本事業の重要性は極めて高い。
- ・出向起業制度との補完的な関係としても本事業は重要である。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・元の事業会社との関わりによって、ディープテック・スタートアップの成長軸がこれまでの支援事業とは異なるものを描かれることも期待できるため、「事業会社」の関与度合いについても注視していただきたい。
- ・民間 VC からの資金調達が出カム指標となっている点について、VC は投資領域に偏りがあり、特定の領域にのみに資金が集中する。結果、VC が好まない（が、国として推し進めるべき）領域のスタートアップが本取り組みから生まれないことになる懸念がある。
- ・採択する側も、VC が好む領域を選んで採択しなければアウトカムの達成ができない恐れが高まり、選定責任を問われかねず、結果忖度して VC が好む領域の採択に偏る可能性もある。
- ・ディープテック・スタートアップの成長に重要なのは VC の理解が得られにくいシリーズ A（1 億円～2 億円程度）であり、ここを重点的に支援すべき。
- ・カーブアウトを促進する本事業に応募してくれる主体をいかにして増やしていくかは重要な課題であろう。応募が増えれば、本事業のインパクトは大きくなる。
- ・本事業ですべてをカバーできるわけではないが、補完的な事業として、新規参入が起こりやすいような規制緩和や、標準化のための戦略、省庁の調達におけるスタートアップの比率の向上などまだまだやれることは多いのではないだろうか。

② 目標

【肯定的意見】

- ・アウトプット・アウトカム指標については、野心的な目標を掲げていると評価できる。
- ・予算規模が大きく、アウトプット目標の数値が大きくなっている点（それだけたくさんのディープテック企業を支援できる）は素晴らしいことだと思う。
- ・アウトカム目標、アウトプット目標ともに具体的であり、本事業の成果を評価できるかたちとなっている。これだけの研究開発型のスタートアップを促進できればその波及効果も期待できるだろう。
- ・単なるスタートアップの数ではなく、事業化資金の確保という点も評価できる。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・アウトカム指標として事業化資金を確保した者のみが指標化されているが、長期アウトカム指標として、プロダクトやサービスがβ版、創業では第一相試験でも構わないがそれを何かしらの形でマーケットに供給し（顧客にいくらかリーチできている）、市場に貢献できている状況になっているか、という観点を加えても良いのではないか。
- ・アウトプット目標が件数だけとなっている点について、例えば領域を幾つか設けて（創薬・電子部品・水産業 etc）、各領域での目標支援数を達成することなどをしないと大きく偏る可能性が高い。
- ・同じくアウトプット目標について。重点領域を設定し、当該領域の支援件数を規定しておくとかも良い手かもしれない。
- ・VC 等からの資金調達はネガティブ調達も 1 とカウントされる。長期目標のアウトカム指標にはこれらをカウントしないような配慮がほしい。また、本当に必要な資金を確保できたのか？ を見るべき。20 億ないとできない事業なのに、つなぎ増資で 1 億もらったところでそれはアウトカム指標として評価すべきではない。
- ・費用対効果の厳密な策定は短期間では難しいだろう。その点で、少し長期的に見たうえで、イギリスの大学で導入されているインパクト評価のようなものをするのも一つのあり方ではないだろうか。

③ マネジメント

【肯定的意見】

- ・マネジメント体制については、これまでの METI-NEDO の信頼関係に基づいたこれまでの蓄積や、NEDO 側の METI 政策の深い理解があるため問題はないと思料。
- ・懸賞金制度や目標の達成度に応じたインセンティブの支払いが無いことは良いことだと思う。スタートアップの目標は機動的に変えていくべきだし、懸賞制度など外部絡みで評価することは難しい。
- ・補助率 100%は「たくさん産む」ということに対して有用であり、理にかなっていると感じる。
- ・NEDO の支援は極めて重要であり、参加者に対するさまざまなサービスを行ってもらいたい。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・NEDO に様々な政策 PJ が投入されているため、人的リソースに関しては常に気をかけていただきたい。
- ・受益者負担の考え方については、立ち上げリスクの高い領域であるため補助率 100%は問題ない一方で、事業会社との関係性にもよるが他のスタートアップ施策と比して、本事業は事業会社に所属しながら、という所謂「身分の安全保障」がある上で実施されることが多いと思料されるため、採択された個人・法人のモニタリングや支援についても注意が必要。
- ・補助率 100%は、不正な使い方とならないよう審査や、中止判断には一層の注意が必要。中止判断を容赦なくできる、という運用が望まれる。形だけルールはあるが、実際蓋をあけてみたら「中止ゼロ件」などといったことはあってはならない。
- ・多くの人に応募してもらう（あるいは、カーブアウトに興味を持ってもらう）ことも本事業の重要な目的の 1 つであるとすれば、公募の周知方法も従来のものだけでなく、何か工夫ができないだろうか。
- ・参加者のモチベーションを高める仕組みも非常に大事だが、事業会社側に対する魅力の提示も極めて重要になってくる。

プログラム：4．情報処理の促進並びにサービス・製造産業の発展

宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業（SERVIS
プロジェクト）（うち、超小型衛星の汎用バスの開
発・実証支援）
中間評価報告書

2023 年 7 月

宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業（SERVIS
プロジェクト）（うち、超小型衛星の汎用バスの開
発・実証支援）
評価検討会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月21日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省研究開発評価指針」（令和4年10月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している「宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業（SERVIS プロジェクト）（うち、超小型衛星の汎用バスの開発・実証支援）」は、国内での小型衛星コンステレーション構築能力の確保を目指すことを目的として、小型衛星コンステレーションの構築に取り組む製造事業者等が行う小型衛星コンステレーションの構築に必要な研究開発及び軌道上実証の支援するため、2021年度より実施しているものである。

今般、省外の有識者から構成される宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業（SERVIS プロジェクト）（うち、超小型衛星の汎用バスの開発・実証支援） 中間評価検討会において、個別事業の進捗状況や目標達成状況の評価結果を踏まえて将来像（目的・ビジョン）を実現するための重要性や想定される社会インパクトの評価を行うため、経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて中間評価を行った。本評価報告書はその評価結果として取りまとめたものである。

【本中間評価検討会 委員構成】

座長 安達 昌紀 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構 常務理事
岩田 隆敬 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 独立評価チーム長
木村 真一 東京理科大学 創域理工学部 電気電子情報工学科 教授
竹森 祐樹 株式会社日本政策投資銀行 業務企画部担当部長
西村 竜彦 株式会社 INCJ ベンチャー・グロース投資グループ
マネージングディレクター

【本研究開発評価に係る省内関係者】

製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室長 伊奈 康二
評価担当部署 産業技術環境局 研究開発課 技術評価調整官 大隅 一聡

【本中間評価の審議経過】

第1回評価検討会（2023年5月23日）

- ・事業概要の説明及び質疑応答

第2回評価検討会（2023年7月11日）

- ・評価及び対処方針の確認

目次

はじめに	2
事業情報	4
第1章 評価	8
1. 評点法による評価結果	9
2. 評価	10
第2章 問題点・改善点に対する対処方針	17
第3章 評価対象事業に係る資料	23

【事業情報】

事業名	宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業（SERVIS プロジェクト）（うち超小型衛星の汎用バスの開発・実証支援）				
担当部署	製造産業局宇宙産業室				
事業期間	2021 年 ～ 2025 年 評価時期：事前（2020 年度）、中間（2023 年度）、終了時（2026 年）				
予算額	2021 年度 ※契約額	2022 年度 ※契約額	2023 年度 ※予算額	全期間の 執行総額	全期間の 事業総額 ※23 年度は契約額、24-25 年 度は概算要求予定額を合計
	3.6 億円	10.7 億円	12.6 億円	21.5 億円	52.8 億円
上位施策 及び KPI	（関係する計画） 宇宙基本計画(令和 5 年 6 月 13 日閣議決定) 【概要】 今後 20 年を見据えた 10 年間の宇宙政策の基本方針を定めたもの。スピード感を持って、関係省庁間・官民の連携を図りつつ、予算を含む資源を十分に確保し、これを効果的かつ効率的に活用して、政府を挙げて宇宙政策を戦略的に強化していく。また、宇宙政策に係る更なる態勢の強化について検討していく。 宇宙基本計画(令和 5 年 6 月 13 日閣議決定) 2. 目標と将来像 宇宙空間というフロンティアにおける活動を通じてもたらされるスペース・トランスフォーメーションにおいて、我が国として目指すべき目標と将来像として、以下を描き、その実現のために必要な施策を、時機を逸することなく講じていく。 また、目標と将来像を確実に実現する上で、我が国の宇宙活動の自立性を支える産業・科学技術基盤の強化が必須である。これにより宇宙の利用を拡大することで、基盤強化と宇宙利用の拡大との好循環を実現し、自立した宇宙利用大国となることを目指す。 その際、宇宙産業を日本経済における成長産業とするため、宇宙機器と宇宙ソリューションの市場を合わせて、2020 年に 4.0 兆円となっている市場規模を、2030 年代の早期に 2 倍の 8.0 兆円に拡大していくことを目標とする。				
事業目的	我が国の宇宙活動の自立性の確保のためには、超小型衛星や小型ロケットの産業競争力の確保が必要不可欠であり、民生技術を活用した低コスト・高性能な部品・コンポーネントからなる新たなサプライチェーンの構築が必要。				

	衛星のバス部分は協調領域と言えるが、各社が重複してバス開発に投資を行っている状況であり、ロットが出にくく量産体制に持ち込めていない状況。 本事業により、超小型衛星事業者が連携しつつ汎用衛星バスを開発する取組に補助することで、バス部分への重複投資を排除し、量産体制を構築する。これによりバスの価格を下げ、各社が競争領域であるミッション部に注力できる状態を作ること、我が国全体としての小型衛星産業の国際競争力を確保する。		
事業内容	本事業では、小型衛星コンステレーションの構築に取り組む製造事業者等が行う小型衛星コンステレーションの構築に必要な研究開発及び軌道上実証の支援を行う。 具体的には、100kg 級衛星及び Cubesat（6U 程度。1U は 10×10×10cm サイズの衛星）を活用し、小型衛星コンステレーション構築能力確保のために必要な基盤的技術（汎用バスを迅速・高効率に複数機生産する技術、汎用バスの複数機の自動運用技術等）の開発を行う。また、ISS 放出機構を活用またはロケット打上げ等による軌道上実証を行うことを目指す。		
アウトカム指標		アウトカム目標	達成状況
短期目標 2030 年度	政府事業での汎用バスの活用件数	政府事業での汎用バスの活用件数 累計 3 件（政策課題解決に寄与）	—
	日本の小型衛星の打上機数	日本の小型衛星の打上機数を事業開始時（2021 年）の 3 倍に	—
	世界のリモートセンシング市場及び通信衛星市場規模	世界のリモートセンシング市場及び衛星通信市場における日本の衛星メーカーのシェア獲得に寄与 ※2022 年度時点では、2030 年度のリモセン市場は 80 億 \$、通信市場は 102 億 \$ に拡大すると予測	—
	日本の宇宙産業市場規模	日本の宇宙産業の市場規模の拡大に寄与 ※政府目標は 2020 年度時点（4.0 兆円）から倍増	—
長期目標 2040 年度	政府事業での汎用バスの活用件数	政府事業での汎用バスの活用件数 累計 6 件（政策課題解決に寄与）	—
	日本の小型衛星の打上機数	日本の小型衛星の打上機数を事業開始時（2021 年）の 5 倍に	—

	世界のリモートセンシング市場及び通信市場規模	世界のリモートセンシング市場及び通信衛星市場における日本の衛星メーカーのシェア獲得に寄与 ※2022 年度時点では、2030 年度のリモセン市場は 80 億 \$、通信市場は 102 億 \$ に拡大すると予測	—
	日本の宇宙産業市場規模	日本の宇宙産業の市場規模の拡大に寄与 ※2020 年度時点（4.0 兆円）からの 3 倍増	—
アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況
中間目標 2023 年度	想定ミッションの要求に対応可能な性能を有する超小型衛星の汎用バス（100kg 級、6 U）の開発・実証基数	想定ミッションの要求に対応可能な性能を有する汎用バス（100kg 級、6 U）の開発・実証機数累計 6 基。	達成見込み
	汎用バスの量産体制の設計・試行	量産検証体制の稼働。 スケーラブルな量産体制の構築。	達成
	本事業での成果物（汎用バス）を用いた小型衛星製造プロセスの効率化に向けた検討	ユーザー候補へのヒアリングを行い、汎用バスを用いた場合の小型衛星の製造プロセスを調整し、プロセス期間の短縮化に繋がる製造体制の基本設計を行う。	達成
最終目標 2025 年度	量産・コンステレーション化を見据えた設計・製造・運用技術等により、低価格・高性能化を実現し、かつ様々なミッションに活用できる、超小型衛星の汎用バス（100kg 級、6U）の実用化数	2025 年度までに、量産・コンステレーション化を見据えた設計・製造・運用技術等により、低価格・高性能化を実現し、かつ様々なミッションに活用できる、超小型衛星の汎用バス（100kg 級、6U）のフライトモデルを 10 基開発し、2025 年度までに 2 サイズの汎用バスを実用化する。	—
	汎用バスの量産体制の確立	量産体制の本格稼働。	—

	本事業での成果物（汎用バス）を用いた小型衛星製造プロセスの効率化	汎用バスを用いた小型衛星の製造プロセスを従来の一般的な納品期間の2～3年間から1.5年程度に短縮する。	—
マネジメント	【2021年度～2022年度まで】 採択審査委員会（外部）：公募ごとに開催。申請内容を審査し、採択可否を判断。 ステージゲート審査（外部）：原則、年度末に開催。間接補助事業の進捗状況を審査し、間接補助事業の継続可否を判断。 【2023年度以降】 技術検討委員会（外部）：2回/年程度開催。技術開発の進捗状況を確認し、技術及び事業化の観点から助言等を実施。 ※複数年度交付決定のためステージゲート審査は実施しない		
プロジェクトリーダー	【2021年度～2022年度まで】 一般社団法人社会実装推進センター 猪股理事 【2023年度以降】 NEDO 新領域・ムーンショット部 綾統括主幹（プロジェクトマネージャー）		
実施体制	【2021年度～2022年度まで】 METI ⇒ 一般社団法人社会実装推進センター（以下、JISSUI）（補助1/2（中小企業等2/3）） ⇒ 実施者 【2023年度以降】 METI（交付金） ⇒ NEDO（補助1/2（中小企業等2/3）） ⇒ 実施者		

第 1 章 評価

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準	各委員の評価					評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋						
(1) 事業の目的・位置づけ	B	B	A	A	B	2.4
(2) アウトカム達成まで道筋	B	C	A	B	A	2.2
(3) 知的財産・標準化戦略	B	C	A	A	A	2.4
2. 目標及び達成状況						
(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	C	B	C	B	1.6
(2) アウトプット目標及び達成状況	B	B	B	C	A	2.0
3. マネジメント						
(1) 実施体制	B	B	A	B	A	2.4
(2) 受益者負担の考え方	A	A	A	B	A	2.8
(3) 研究開発計画	B	B	A	B	A	2.4

《 判定基準 》

A：評価基準に適合し、非常に優れている。

B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。

D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価検討会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「(参考) 外部評価者の評価コメント」に、各評価検討会委員の指摘事項を参考として列記している。

(1) 意義・アウトカム（社会実装）までの道筋

近年急速に拡大しつつある宇宙機器産業における小型衛星コンステレーション事業をターゲットの1つとした汎用バス開発は、量産化・汎用化を前提とし抜本的な国際競争力獲得を目指すものであり、大変意義が高いと認められる。

他方、本事業の価値は、本事業成果の他の政府事業への活用や、本事業成果を出発点とした事業者の世界市場獲得により最大化される。既に政府においてはその様な観点での立体的施策を構想されていると理解しており、本資料の中で、政府の様々な部署で進められている小型衛星コンステレーション事業を戦略的につなげた全体像を示してはどうか。

アウトカム達成までの道筋では、自社ビジネスの推進、他社ビジネスや副次的ビジネスへの展開などの段階的な事業化、官民の役割、自立化のタイミングをある程度明確にしておくべきであると考えらる。一方、世界的には既に速いスピードで変わり続けている市場であるので、事業者のタイムリーなビジネス戦略見直しに追従した政府としての協力・支援（オープン・クローズ戦略、標準化施策なども含む）を実現してほしい。

また、「衛星量産製造の効率化」や「自動運用」が、研究開発レベルのものである場合には、その段階から事業化までの流れを整理いただきたい。

(2) 目標及び達成状況

設定されているアウトカム・アウトプットは、十分達成が見込まれる。引き続き技術的優位性、経済的優位性の確保に繋がる点を重視頂きたい。

他方、アウトカム指標では、「宇宙産業振興・宇宙利用による社会的課題の解決」といった観点を加えてはどうか。また、アウトカム目標の市場規模倍増、3倍増は、本事業が主要因となることは無理があるため、本事業による汎用バスが普及することによる衛星機数や衛星売上額をアウトカム目標としてはどうか。これらを踏まえて、アウトカム目標及びアウトプット目標では、本事業の波及効果や副次効果も含めるといった一段の工夫を検討いただきたい。

特許・論文等についても、本事業の波及に繋がるものとしていただきたい。

また、当初計画を変更すべき事態が生じた際には、ビジネス成果を最大化、事業への影響を最小化するように臨機応変な対応を検討いただきたい。

(3) マネジメント

マネジメントの体制としては、適切であると考えられる。今後の NEDO の執行では、効率的量産技術の開発は企業経営との両立が不可欠であるため、企業経営をフォローできる人材を是非アサインしていただきたい。また、引き続き適切な見直しや適宜再検討を行い、我が国の宇宙活動の自立性確保並びに小型衛星産業の国際競争力を確保に繋がることを期待する。

他方、次回以降、経産省が求める事業を実施者が実施できているかどうか、ステージゲート審査の具体的な結果の報告を検討してはどうか。

また、事業者の体制、事業者間の連携、本事業の成果とユーザーの関与などを明確にしていきたい、さらには、事業者/衛星毎のより具体化したスケジュール（計画）及び実績の整理も検討いただきたい。加えて、今後、実用化・事業化を目指した体制の構築を検討いただきたい。

受益者負担は、第 1 回評価検討会で整理いただいた内容に工夫してはどうか。

引き続き適切に事業の運用を行っていただき、今後の進捗管理についても、実効性あるものとしていただきたい。

(参考) 外部評価者の評価コメント

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- 目指す将来像は妥当で、それを実現するために、遅れを取りつつある宇宙機器産業へのテコ入れが必要である。そのための手段として、小型衛星コンステレーションをターゲットとしたバス開発を加速化するのは一つの道である。
- 本事業は、近年急速に拡大しつつある小型衛星コンステレーション事業について、特に迅速高効率な生産と運用の効率化の観点で、戦略的に必要な研究開発及び軌道上実証の支援を行うものであり、意義が非常に高い。
- 国産衛星の“量産”に真正面から取り組む意義として、産業の拡大とサプライチェーン含む経済安保の両面から極めて意義が高いと認める。
- 知財戦略の重要性は事業者ともしっかり共有できている内容。
- 本件は宇宙活動の自立性の確保するために重要な協調領域であり、本邦企業の競争優位性の確立に繋がる非常に意義深い事業と認められる。

【問題点・改善点・今後への提言】

- 他政府事業との関連（本事業成果を他事業へ活用すること、あるいは他事業成果を本事業に活用することによる政府資金の効率化）とか、本事業そのものの効用（Ex.実施者の資金調達がしやすくなる、実施者製品の保険料率が下がる、事業がなければ企業が負うことになってしまったリスクのヘッジ）についても可能な範囲で触れても良いのかなと感じました。
- 上位の目的達成にどのように寄与するかは示されているが、既に差が出ている超小型衛星とそれによるコンステレーションだけが、目的達成への解の全てかには疑問が残る。この程度の数・規模のテコ入れだけで、海外では進んでしまっている小型衛星コンステレーションとそのための衛星バスに対抗できるのか疑問が残る。政府の様々な部署で進められている小型衛星コンステレーション事業を戦略的につなげた全体像を示すべきだと思う。
- 本計画を進めてほしいし、進めるべきだと思うが、これだけで将来像、アウトカム（eg.市場規模倍増、3倍増）を実現するのは無理がある。
- このプログラムが掲げる超小型衛星事業者の連携は、実質的に機能しておらず、国内で重複してバス開発を行っている状況に変化をもたらさない。但し、それでいいと考える。政府が強制的に連携・統合する試みは、いろいろな事業でこれまでもうまくいっておらず、むしろ適者が生き残ることを強化するアプローチがいい。
- 先日の評価委員会でも「事業化」の具体的内容について質問がありましたが、例えば以下の様な段階別表現など何らかの追加表現ができると、少しわかりやすくなるかなと思います。
第一段階：成果を活用した自社衛星ビジネス、自社コンステビジネスの推進。
第二段階：第一段階の成果を活用した他社衛星ビジネス、他社コンステビジネスの推進。
第三段階：他社のビジネス成果による副次的ビジネスの推進。

- P.7 の FY2026～FY2030 の各項目の中身の具体的記述が不足していると思います。誰が、何を、どのように実施するか、時間軸を含めて明確にする必要があると思います。特に、事業化の中身は不明で、これを明確にする必要があると思います。

アウトカム達成までの道筋における、官民（METI、NEDO、助成先（事業者））の役割分担を明確にする必要があると思います。

本事業終了後の自立化のタイミングが明確ではありません。

技術課題として、複数機の生産と自動運用に焦点を当てているのは、妥当だと思いますが、特に、自動運用については、ここに示されたような、いきなり企業の仕事としてしまうアプローチの前に、一定の研究開発が必要だと思います。

以上をまとめて、道筋に具体性が不足していると思います。

- 国際的に非常に競争が激しく、先行している企業も多く、変化の激しい領域なので、アウトカムにつながるよう適切に、適時戦略を見直ししながら進める事が期待される。
- アウトカムの目標そのものの見直しは必要と思うが（2-(1)）、そこまでの“道筋”評価として事業者の事業化を適切に勘案しながら設定している。
- 設定されている短期、長期目標は、定量的な目標設定として合理的と考えられるが、本質的には事業目的にある通り宇宙活動の自立性の確保につながる事が重要であり、アウトカム達成を目指して、定量的、定性的の両面で、本邦や本邦企業の競争優位性の確立に繋がるように、適宜必要な更新を行うことを含めて検討されたい。
- 事業評価としては、常識的な方針となっていることを確認するというよりは、実施者側からビジネス戦略の一つとして標準化を活用したいとの申し入れがあった際に政府としてどう協力・支援することにしたのか、とか、知財保護の観点から政府の期待する「成果の当事者外への流布」が困難との申し出があった際にどう調整したか、といった事例があれば、それを確認するという事なのかなと思います。
- オープン・クローズ戦略に関して、両実施事業者の戦略（方針レベル）は、適切であるが、当たり前のプラクティスになっていて、これが新たな戦略的な強みになるようなものが見当たりません。
- 標準化については、後発の両事業者が、この戦略だけで、デファクトスタンダードを獲得できるか、疑問があります。国際標準化のための、仲間作り、TC/SC 等の設置、主導的な立場の獲得等も含めた必要な事項の盛り込みや実用化・事業化を見据えた時間軸の設定は、なされているようには見えません。しかし、現状の遅れた状況で、さしてユニークなアイデアもなく、デファクトスタンダードを獲得させようという要求には無理があると思います。現状を考えると、世界の標準にアンテナを張って、勝てる標準を早期に取り込んだ方がいいのではないかと思います。

2. 目標及び達成状況

【肯定的意見】

- アウトカム指標・目標値は見直されています。
- 開発・実証機数、量産体制の中間目標はまだ達成されていませんが、当初計画より遅れてはいるものの、達成が見込まれます。

- 副次的成果や波及効果等はまだ成果は得られていませんが、期待はできます。
- 設定されているアウトカム・アウトプットは十分達成が見込まれる。
- 設定済みのアウトカム目標に対し、現時点の達成状況等は順調と認められる。引き続き技術的優位性、経済的優位性の確保に繋がる点を重視頂きたい。

【問題点・改善点・今後への提言】

- 今回の事業は、衛星開発・製造企業の製品力向上であり、一部 Satellite Operator の運用コスト低減、ではありますが、「宇宙産業振興・宇宙利用による社会的課題の解決」というアウトカムを目指した総合施策の重要なピースの一つでもあると思います。その点を追加してはいかがでしょうか。
- リアルビジネスには想定外の課題・状況変化に臨機応変に対応する必要があります。従って当初計画を変更すべき事態が生じた際に、ビジネス成果を最大化しつつ、政府の期待する成果への影響を最小限に抑えるための調整が行われることが極めて大事なことだと思いますので、今後該当事項あればその点をご報告いただくのが良いと思います。
- ここでカウントする衛星コンステレーションの規模（機数）をどう定義するかにもよりますが、この事業のアウトプットにより構築されるアウトカムでこの目標数の達成は難しいと考えます。しかし、コンステレーション数や、さらにはコンステレーションであることにこだわる必要はないのではないか、このバスを使った、衛星機数が衛星売上額にした方がいいのではないかと思います。コンステレーション構築という目標設定は必要だと思いますが。
- アウトカム目標のうち、市場規模倍増、3 倍増については、この程度の投資（53 億円）で、後発である状況下、市場規模増の差分となる 4～8 兆円の主要因となるのは無理があると思います。世界をリードするような革新的な技術があるのならまだしも、複数機の製造技術も自動運用技術も、既に世界では実現されているものであり、これらだけでは、市場成長の応分の分け前は得られたとしても、投資の数百倍ものリターンは難しいと思います。
- すでに、事業として動きつつある状況を考え、また、実効的に、世界に互していくことを考えた場合、アウトカム・アウトプットの設定方法について、工夫が必要と考えられる。また、宇宙産業の市場規模を指標として用いることは、この事業そのものを評価するという意味では適切とは考えにくい。
- アウトカム目標としてコンステの数およびマクロ市場の予測値を入れているが、本制度の意義の深さや波及効果、経済安保含めた国家戦略としての重要性なども鑑み、より KPI 設定を工夫されたい。
- アウトプットも同様の意見なるも、副次効果として表現された内容も含めて KPI 設定を工夫されたい。（両方ともインパクト評価の手法が参考になると思慮）
- 本質的な目標に対して目標関連項目の設定には一段の工夫の余地があるが、もっとも、評価会議での説明にあったように、必要に応じて項目の見直し等にも既に積極的な検討に取り組んでいると認められる。今後も同様の姿勢で取り組んで頂くことを期待する。
- 特許・論文等は、まだ生み出されていません。見込みの 5 件は、発表学会からして、それほどインパクトがあるものとは期待できません。

3. マネジメント

【肯定的意見】

- 他に同様に適切な機関は存在すると思いますが、執行機関（NEDO）は適切だと思います。
- 今回の資料だけでは情報が不十分ですが、昨年度までの情報から、実施者（助成先と解釈）は技術力、実用化・事業化能力を、ユーザー部分を除いて、おおむね発揮していると考えます。
- 個別事業の採択プロセスは適切だと考えます。
- 研究開発データの利活用・提供方針等は概ね妥当だと考えます。
- 非常に優れているというほどではありませんが、評価基準に適合していると思います。また、現状の補助率の維持は、成果を出すために適切かつ必要だと考えます。
- マネジメントの体制としては、適切であると考えられる。
- NEDO の執行に期待。効率的量産技術の開発は企業経営との両立が不可欠であり、企業経営をフォローできる人材を是非アサインしていただきたい。
- 実施体制、受益者負担、研究開発計画に重大な課題、問題はない。引き続き適切な見直しや適宜再検討して、我が国の宇宙活動の自立性確保並びに小型衛星産業の国際競争力を確保に繋がることを期待する。

【問題点・改善点・今後への提言】

- 下記 2 項目については、経産省の意図通りに実施者が作業遂行できていることをもって判断することになりますので、今回の場合であればステージゲート審査の結果について具体的にご報告頂く必要があったと思います。次回以降、ご検討ください。
 - ・実施者は技術力及び実用化・事業化能力を発揮しているか。
 - ・実施者間での連携、成果のユーザーによる関与など、実用化・事業化を目指した体制となっているか。
- 下記 2 項目については、経産省の意図通りに実施者が作業遂行できていることをもって判断することになりますので、今回の場合であればステージゲート審査の結果について具体的にご報告頂く必要があったと思います。次回以降、ご検討ください。
 - ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえ、アウトプット目標達成に必要な要素技術、要素技術間での連携、スケジュールを適切に見直しているか。
 - ・研究開発の進捗を管理する手法は適切か（WBS 等）。進捗状況を常に関係者が把握しており、遅れが生じた場合、適切に対応しているか。
- 助成先（バスユーザー等）について、明確な記述がないので、明らかにする必要があると思います。
- 指揮命令系統及び責任体制は、組織間および NEDO 内は明確に示されていますが、助成先（汎用バス開発事業者等）内は、明確ではありません。実用化・事業化を目指した体制を準備する事業者を経済産業省殿が選択できているかを評価するにせよ、助成先（事業者）内の体制も何らかの形で示されないといけないと思います。
- 実施者間での連携、成果のユーザーによる関与などの、実用化・事業化を目指した体制は、ユーザー候補へのヒアリングを除いて、出来ていないようなので、今後、構築する必要があると思います。

- 研究の健全性・公平性の確保については、そもそもこれは開発で研究と呼べるような中身がありません。但し、これは、開発とそれによる実用化・事業化が主たる目的なので、他の点も含めて無理に研究の評価項目を適用する必要はないのではないかと思います。
- 助成先の体制も明確にすべきだと思います。
- 経済産業省殿が研究開発の進捗管理や関係者間での進捗状況を適切に把握し、対応できているかを確認するためであっても、p.22 の中期スケジュール、p.24 の短期スケジュールともに、事業者毎、衛星毎の、より具体化したスケジュール（計画）が提示され、それに対する実績が、モニタされることが必要だと思います。
- 計画の推進の仕組みについては適切であると考えられるので、今後、適時運用して行くことが重要と考える。
- 受益者負担につき審査会での QA で内容理解したものの表現に改善余地あり。
- ステージゲートによって事業者と進捗管理する際はもう少し KPI を明確にし、KPI と実績のデルタを議論しつつ次のゲート/KPI を柔軟に見直すなど、実効性ある進捗管理をお願いしたい。

第2章 問題点・改善点に対する対処方針

(1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
本事業の価値は、本事業成果の他の政府事業への活用や、本事業成果を出発点とした事業者の世界市場獲得により最大化される。既に政府においてはその様な観点での立体的施策を構想されていると理解しており、本資料の中で、政府の様々な部署で進められている小型衛星コンステレーション事業を戦略的につなげた全体像を示してはどうか。	本事業の成果物である汎用バスは、他の政府事業の K Program で活用することとしており、K Program では小型衛星コンステレーションの開発・実証に取り組む。その関係性を評価用資料の 1－2. アウトカム達成までの道筋（ロードマップ）に追記する。 また、K Program に限らず、政府で実施する小型衛星やコンステレーションに係る実証事業に本事業の成果が積極的に活用されるよう、他省庁との連携も含めて取り組んでいく。
アウトカム達成までの道筋では、自社ビジネスの推進、他社ビジネスや副次的ビジネスへの展開などの段階的な事業化、官民の役割、自立化のタイミングをある程度明確にしておくべきであると考ええる。	評価用資料の 1－2. アウトカム達成までの道筋（ロードマップ）に各汎用衛星バスにおける事業化に向けた段階的な方針として、 ① 自社ビジネスの推進 ② 他社ビジネスへの展開 ③ 副次的ビジネスへの展開 に分け、より具体的なステップを追記し、事業者の自立に向けたロードマップを明記する。 また、官と民の役割分担、連携を明記する。
世界的には既に速いスピードで変わり続けている市場であるので、事業者のタイムリーなビジネス戦略見直しに追従した政府としての協力・支援（オープン・クローズ戦略、標準化施策なども含む）を実現してほしい。	2021 年度～2022 年度における直執行では、一般社団法人社会実装推進センター（JISSUI）が執行支援業務を実施した。本執行体制では、JISSUI が実施事業者とともに、社会実装に向けて重視すべき要件を定義するとともに、その評価項目に沿ってステージゲート審査を実施し、ユーザーニーズの把握状況、汎用バスの開発・実証状況等を複数の項目から事業の進捗状況について確認するとともに、伴走支援を行った。 今後の NEDO での執行では、ステージゲート審査にかわって技術検討委員会が設置される。これまで同様に、事業者の進捗確認に限らず、事業化に向けた伴走支援の視点で助言等を実施していく。 新たな強みとなるオープン・クローズ戦略では、本事業の成果を十分に活用するために、事業者と検討していく。また、本事業のデファクトスタン

	ダード化だけでなく、世界的な標準化の動向も把握しながら、本事業の成果を十分に活用するために事業者と検討していく。
アウトカム達成までの道筋での「衛星量産製造の効率化」や「自動運用」は、研究開発の段階から事業化までの流れを整理いただきたい。	本事業は補助事業であり、事業者の営業内容に繋がる機微な情報を含むため、事業の体制や事業者間のやり取りを公開することは困難である。 なお、どちらも 2028 年度には事業化していくことを想定している。

(2) 目標及び達成状況

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
アウトカム指標では、「宇宙産業振興・宇宙利用による社会的課題の解決」といった観点を加えてはどうか。	社会的課題の解決に向けた政府事業では、本事業の成果物である汎用バスを活用していくものもある（例：K program）。今後も、他の社会的課題解決等に資する政府事業において、本事業で開発する汎用バスを活用することにより、効率的な事業の実施、政策目的の達成に資するよう、検討を続けていく。 評価用資料の 2－1. アウトカム目標及び達成見込みで、アウトカム指標に「政府事業での汎用バスの活用件数」を追加し、新たにアウトカム目標を設定する。
アウトカム目標の市場規模倍増、3 倍増は、本事業が主要因となることは無理があるため、本事業による汎用バスが普及することによる衛星機数や衛星売上額をアウトカム目標としてはどうか。これらを踏まえて、アウトカム目標及びアウトプット目標では、本事業の波及効果や副次効果も含めるといった一段の工夫を検討いただきたい。	国内における衛星機数や衛星売上額は、他事業による影響、国際的な状況の変化といった様々な外的要因が考えられるため、本事業の成果物である汎用バス寄与度を定量的に示すことは困難と考える。 一方で、本事業の成果物である汎用バスは、政策課題の解決に資する他の政府事業で活用されることが予定されている。 また、本事業の成果である汎用バスの活用により、価格競争力のある小型衛星コンステレーションの構築が加速化されるほか、様々な衛星利用ニーズに応えることが可能となり、国内の小型衛星産業の振興に寄与する。その観測指標の一つとなる、小型衛星の打上数の増加も見込まれる。 これにより、衛星部品メーカーやロケット会社の引き合いが増えるほか、衛星データの直接販売や

	二次利用によるビジネスを行なう企業にも裨益が見込まれ、宇宙産業市場の拡大へ寄与すると考えられる。 なお、世界のリモートセンシング市場及び通信衛星市場では、現時点では米民間企業等による数千機規模の小型衛星コンステレーションビジネスが市場を席巻しているものの、競争力のある汎用バスの開発により我が国の受注量や打ち上げ数が伸びればさらなる市場拡大へ寄与することも可能と考えられる。 以上を踏まえ、本事業のアウトカムとして、新たに「政府事業での汎用バスの活用件数」、「日本の小型衛星の打上機数の増加」、「世界のリモートセンシング市場及び衛星通信市場における日本の衛星メーカーのシェア獲得への寄与」を設定することとしたい。 評価用資料の 2－1. アウトカム目標及び達成見込みにおいて、上記のアウトカム目標を追記する。 アウトプットについては、単に開発した汎用バスを実証することだけではなく、その開発したバスが競争力を有しているものであることが必要であるため、一点目のアウトプットについて、「想定ミッションの要求に対応可能な性能を有する超小型衛星の汎用バス（100kg 級、6 U）の開発・実証基数」と修正する。また、競争力の観点では、本事業を通じて開発される汎用バスを活用することにより、衛星の受注から納品までの期間を短縮することが事業の一つの狙いであることから、 「本事業での成果物（汎用バス）を用いた小型衛星製造プロセスの効率化」をアウトプットとして設定することとしたい。 評価用資料の 2－2－1. アウトプット目標及び達成見込みにおいて、上記のアウトプット目標を追記する。
特許・論文等についても、本事業の波及に繋がるものとしていただきたい。	本事業での成果物である汎用バスを効果的に普及していくためにも、特許や論文発表や、より規模の大きな学会や国際的な展示会への参加等、事業

	者の知財戦略に配慮しつつ、事業者とともに検討を進める。
当初計画を変更すべき事態が生じた際には、ビジネス成果を最大化、事業への影響を最小化するように臨機応変な対応を検討いただきたい。	本事業の目的達成には、事業実施者による本補助事業成果のビジネス化が必要不可欠である。事業者によるビジネス化に向けたスケジュールが最も効率的に進むよう、必要に応じたスケジュール変更など、臨機応変な対応に努める。また、衛星開発の性質上、部品調達や打ち上げスケジュール等、他律的な要因による影響が生じうるものであることにも鑑み、適切なマネジメントを行う。

(3) マネジメント

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
次回以降、経産省が求める事業を実施者が実施できているかどうか、ステージゲート審査の具体的な結果の報告を検討してはどうか。	2021 年度～2022 年度における JISSUI を通じた執行では、ステージゲート審査を行っている。非公開のため、具体的な審査結果を報告することは困難だが、事業者が実施する事業でのユーザーとのヒアリング状況、汎用バスの開発・実証状況等を複数の項目から事業の進捗状況の確認しており、加えて、事業者の抱える課題へアドバイスも行っている。 今後の NEDO での執行では、ステージゲート審査にかかわって技術検討委員会が設置される。これまで同様に、事業者の進捗確認に限らず、事業の促進に繋がるアドバイス等を行うことにも努めたい。
事業者の体制、事業者間の連携、本事業の成果とユーザーの関与などを明確にいただき、さらには、事業者/衛星毎のより具体化したスケジュール（計画）及び実績の整理も検討いただきたい。	事業実施体制や、事業者及び衛星ごとのより具体的な実施計画及び進捗状況については、2022 年度までは、外部審査委員会（ステージゲート審査）において事業者に報告を求め、確認・審査している。外部審査委員会及びその議事内容は非公開であるが、これまで開催された委員会において、必要なフィードバックが行われた上で、実施体制やスケジュール等について問題ないことが認められて、事業継続が認められている。 なお、今年度以降の NEDO 執行の下では NEDO 内部に設置している「契約・助成審査委員会」で、2022 年度までの実施体制を NEDO 事業でも

	継続することの妥当性を審議した上で採択決定を行ったところ。事業者内の実施体制や進捗についても、外部有識者で構成される「技術検討委員会」においてフォローアップしていく。
今後、実用化・事業化を目指した体制の構築を検討いただきたい。	実用化・事業化の体制を構築することは、本事業の成果物である汎用バスの普及に向けて重要であり、引き続き事業者とも検討していく。
受益者負担は、第1回評価検討会で整理いただいた内容に工夫いただきたい。	受益者の負担に関する説明が不明瞭であったため、評価用資料3-2. 受益者負担の考え方を更新する。
引き続き適切に事業の運用を行っていただき、今後の進捗管理についても、実効性あるものとしていただきたい。	2021年度～2022年度におけるJISSUIを通じた執行では、ステージゲート審査を行っている。非公開のため、具体的な審査結果を報告することは困難だが、事業者による想定ユーザーのヒアリング状況、汎用バスの開発・実証状況等を複数の項目から事業の進捗状況の管理してきた。 今年度以降、NEDOではステージゲートを実施しないものの、技術検討委員会を立ち上げて進捗管理を行っていく。技術検討委員会の詳細は今後設計していくこととなるが、ステージゲート審査での評価項目を踏まえ、実効性のある実施方法をNEDOとも検討していく。 また、実施事業者側においても本事業の意義と目的を理解し、本事業のアウトプット、アウトカム の達成に繋がる成果を上げるよう、事業者側のコミットメントを求めている。

第 3 章 評価対象事業に係る資料

以下、省略

RNA 標的創薬技術開発 中間評価報告書

2023 年 7 月

次世代治療・診断実現のための
創薬基盤技術開発事業
評価検討会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月21日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省研究開発評価指針」（令和4年10月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している「次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業」は、個別差を踏まえたより効能の高い治療を実現する「個別化医療」を推進するために、新モダリティとして注目される次世代抗体医薬品、核酸医薬品、マイクロバイーム制御医薬品等の研究開発を行っている。これらにより、患者の方々のQOL（Quality of Life）を向上させるとともに、治療の適正化による医療費増加の抑制を図ることを目指し、2015年度より実施しているものである。

今般、省外の有識者から構成される次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業 中間評価検討会において、個別事業の進捗状況や目標達成状況の評価結果を踏まえて将来像（目的・ビジョン）を実現するための重要性や想定される社会インパクトの評価を行うため、経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて中間評価を行った。本評価報告書はそのうち「RNA 標的創薬技術開発」にかかる評価結果として取りまとめたものである。

【本中間評価検討会 委員構成】

座長 大滝 義博	株式会社バイオフィロンティアパートナーズ 社長
伊東 祐二	鹿児島大学大学院理工学研究科 教授
大門 良仁	東北大学 OI 事業戦略機構 特任教授
	メディップコンサルティング合同会社 代表社員
松川 泰久	Veneno Technologies 株式会社 事業開発担当 取締役
松木 隆広	株式会社ヤクルト本社中央研究所
	基盤研究所共生システム研究室 室長

【本研究開発評価に係る省内関係者】

事業担当課長 商務・サービスグループ 生物化学産業課長 下田 裕和
評価担当部署 産業技術環境局 研究開発課 技術評価調整官 大隅 一聡

【本中間評価の審議経過】

第1回評価検討会（2023年6月1日）

- ・事業概要の説明及び質疑応答

第2回評価検討会（2023年7月10日～7月18日：書面審議）

- ・評価及び対処方針の確認

目次

はじめに	2
事業情報	4
第1章 評価	7
1. 評点法による評価結果	8
2. 評価	9
第2章 問題点・改善点に対する対処方針	15
第3章 評価対象事業に係る資料	20

【事業情報】

事業名	RNA 標的創薬技術開発 【上位事業名：次世代治療・診断実現のための創薬基盤開発事業】				
担当部署	商務・サービスグループ 生物化学産業課				
事業期間	2021 年 ～ 2025 年 評価時期：事前（2020 年）、中間（2023 年）、終了時（2026 年）				
予算額 ※暫定値	2021 年度	2022 年度	2023 年度	全期間の 事業総額	執行総額 (2021-2023)
	15.4 億円	16.1 億円※	14.7 億円※	85 億円※	46.2 億円※
上位施策 及び KPI	新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画（令和 4 年 6 月 7 日） （4）再生・細胞医療・遺伝子治療等 ③治療薬・ワクチンの開発 世界的に医薬品市場が成長を続ける中、我が国においても、創薬を成長産業とすべく取組を進める。特に、今後の感染症危機に備えるため、治療薬やワクチンの開発に取り組む。				
事業目的	核酸医薬品の市場は急成長が予測されており、我が国アカデミアが高い技術力を有していることから、我が国の製薬企業が世界市場を担うべき領域である。本事業では、品質分析技術や立体構造解析技術等、個別企業での対応が困難な基盤技術を確立し、産学官の結集によって、核酸医薬品のみならず RNA 等を標的とする医薬品が、我が国発で幅広く実用化される環境の構築を目指す。				
事業内容	優れた核酸医薬品を実用化するため、企業では対応が難しい非競争領域の製造技術、精製技術、分析技術等の研究開発を行い、各技術を融合させて、速やかに医療現場へ創薬基盤技術を提供するため、以下の研究開発課題を実施している。 （研究開発課題①）核酸医薬品実用化のための製造及び分析基盤技術開発 （研究開発課題②）標的 RNA の機能解析・構造解析基盤技術開発 （研究開発課題③）新規 RNA 標的医薬品の研究開発				

アウトカム指標		アウトカム 目標	達成状況
短期目標 2027 年度	事業成果である各種技術を活用した我が国発の核酸標的医薬品シーズの前臨床試験の件数	1 件	1 件の研究開発課題が現在順調に進行しており、現時点では目標は達成されると見込まれる。
長期目標 2030 年度	事業成果である各種技術を活用した我が国発の核酸標的医薬品シーズの前臨床試験の件数	3 件	—
長期目標 2040 年度	国産の核酸医薬品の核酸医薬品市場における世界シェア	15%	—
アウトプット指標		アウトプット 目標	達成状況
中間目標 2023 年度	本事業で整備した分析拠点等において分析したモデル核酸等の件数 具体例：siRNA、硫黄またはハウ素架橋アンチセンス、モルフォリノ、アプタマー、デコイ、CpG オリゴ等（うち本事業で見出された修飾核酸を分析した数）	4 件 (2 件)	現時点で 3 件（3 件）達成しており、更に今年度中に複数件の達成を見込んでいる。
	解析した核酸及びタンパク質複合体等の構造について、データベース（PDBj：日本蛋白質構造データベース）への登録件数	2 件	2 件
最終目標 2025 年度	本事業で整備した分析拠点等において分析したモデル核酸等の件数 具体例：siRNA、硫黄またはハウ素架橋アンチセンス、モルフォリノ、アプタマー、デコイ、CpG オリゴ等（うち本事業で見出された修飾核酸を分析した数）	10 件 (5 件)	—
	解析した核酸及びタンパク質複合体等の構造について、データベース（PDBj：日本蛋白質構造データベース）への登録件数	5 件	—

マネジメント	AMED 中間評価（外部）： 中間評価によるステージゲート審査も含めた個別事業課題の研究開発評価を実施。 AMED PSPO 会議（内部）： 月 1 回程度開催。PSPO と PL の参加は必須とし、必要に応じて個別課題担当者を招集し、課題毎の進捗状況の管理を実施。	
プロジェクトリーダー	東京理科大学薬学部生命創薬科学科 和田 猛 教授	
実施体制	METI（定額補助） ⇒ AMED（委託） ⇒ 大学・民間企業等	
	研究開発課題①	東京理科大学 和田 猛、大阪大学 小比賀 聡
	研究開発項目②	JBIC 嶋田 一夫、大阪大学 中谷 和彦
	研究開発項目③	慶應義塾大学 谷口 博昭、京都大学 竹内 理、東京大学 程 久美子、岐阜大学 上野 義仁、大阪大学 中森 雅之

第 1 章 評価

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準	各委員の評価					評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋						
(1) 事業の目的・位置づけ	A	A	A	A	A	3.0
(2) アウトカム達成まで道筋	B	A	B	A	B	2.4
(3) 知的財産・標準化戦略	B	B	B	A	A	2.4
2. 目標及び達成状況						
(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	A	A	A	B	2.6
(2) アウトプット目標及び達成状況	B	B	A	A	B	2.4
3. マネジメント						
(1) 実施体制	A	A	B	A	B	2.6
(2) 受益者負担の考え方	B	B	B	A	B	2.2
(3) 研究開発計画	A	B	B	A	B	2.4

《 判定基準 》
A：評価基準に適合し、非常に優れている。
B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価検討会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「(参考) 外部評価者の評価コメント」に、各評価検討会委員の指摘事項を参考として列記している。

(1) 意義・アウトカム（社会実装）までの道筋

核酸医薬に対するニーズが急速に高まっているところ、核酸医薬は従来医薬品では制御できなかった疾患標的にも対応が可能なモダリティであり、本事業では、実用化のために欠かせない製造・分析技術、機能解析・構造解析等の基盤をなす技術を開発することから、今後の核酸医薬品分野の成長を見越した産業化戦略のプロジェクトとしての意義は大変大きく、国内産業の競争力強化、および未来の経済的価値が高まると期待される。また、オープン・クローズド戦略により、競争領域を知的財産で確保する一方、非競争領域で製薬各社が自社に活用したり、アカデミアやベンチャー企業がさらに新しい技術開発や複合技術の開発を行えば、大きく日本の競争力の強化につながるとともに、アカデミアの知財戦略に企業のナレッジを組み入れることで、広範な知財保護を抜け目なく進められる点が評価できる。

他方、核酸医薬の分野の革新的な技術開発が成長戦略のカギとなることは間違いないことから、この分野の更なる強化が必要と考えられ、本当にオール・ジャパン体制を構築するためには、開発品や情報などの成果が十分に橋渡しされる体制となっているかが重要となる。また、知財の面では、AMED 側でサポートする知財専門家に加えて、製薬企業出身又は現役の知財専門家が各プロジェクトにアサインする体制や、最低でも1年に1度は、本分野での世界の研究開発動向を調査し、事業参加者に周知させる体制を構築することが必要である。さらには本事業のオープン可能な情報を提供したり、各企業のニーズ、意見も集約できるような窓口を非参加企業も含めて設置できれば、産官学連携の核酸創薬エンジンとして機能するのではないかと。なお、核酸医薬の開発研究を円滑に進めるためには、チーム内にバイオロジーや疾患研究者、創薬ベンチャーが入ることが望ましい。

(2) 目標及び達成状況

アウトカム目標として、短期目標（シーズの前臨床試験、臨床試験）と長期目標（薬事承認申請、上市、シェア）に対して、先行品をベンチマークすることで設定されている点で妥当と言えるし、経済効果もベンチマークから推定されていることから、投資に対するリターンの予想も妥当と言える。アウトプット目標は、現状順調に進捗しており、目標達成が見込まれている点は評価でき、さらに特許出願件数もアウトプット数に応じて増えてくることが見込まれる。なお、アウトプット指標の具体例が示されており、その達成度や内容、質をイメージしやすい。

他方、2040 年度に世界シェア 15%という高い目標設定にしては、短期目標 2027 年度の前臨床試験数（アウトカム目標）1 件は少ない印象がある。また、現状、国内特許 4 件のみであるので、残り 2 年で AMED の知財部、各大学の TLO も巻き込んで知財化に向けた支援体制を構築する必要がある。さらに知財が発生した技術については、企業にどれだけライセンスできたか等も積算しておく必要がある。さらに、オープン・クローズド戦略で異なる有効成分との組み合わせで、多くの開発品が生まれることを期待している。

(3) マネジメント

研究コンソーシアム形式は、技術基盤の共有化に適した仕組みであり、現状、研究開発は順調に進捗しており、実施体制としては、申し分ない体制が組まれている。また、本プログラムでは分析拠点を中心として、統一したデータの蓄積と管理をする点が重要であるが、その点をカバーしていると考ええる。受益者のリスクを考慮した受益者負担は実効性が高く、良い支援事業と考えたとともに、リスクが大きい医薬品開発において、オープン戦略を推進することで受益者負担を軽減するアイデアは基礎研究の活性化につながると考える。

他方、各研究代表者が事業の目的を共有し、協力・連携を図る機会を積極的に設けることが重要であり、これまで開発してきた各要素技術を適切に組み合わせて創薬システムとして組み上げ固定化するために、全体を俯瞰できる人材にも参加を求めることや、よりスムーズに医薬品（製品）に結びつけるために、規制当局（国衛研や PMDA）と情報交換できる体制を構築することが必要である。研究開発計画の策定、管理については、製薬会社・CRO 等からの現役トップ・マネジメント層からの直接的な助言や評価を期待したい。また、オープン・クローズ戦略において、実施者の範囲をコントロールして管理するための組織がないなどの問題点があるとともに、早期にアカデミアから企業への基盤技術の供与が重要であり、コンソーシアムの技術のオープン化の道筋をもう少し明確化した方が良い。なお、研究課題3は競争領域ではあるが、アウトプットを確実に達成させるためには企業情報に上手くアクセスできるような仕組みがあると良い。

(参考) 外部評価者の評価コメント

(1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- 製造分析、構造解析、標的の柱を立てて、今後の核酸医薬品分野の成長を見越した産業化戦略のプロジェクトの意義は、大変大きい。
- 核酸医薬は従来からの低分子医薬品、抗体医薬品とは薬効メカニズムが異なり、遺伝子発現調節、転写レベルでの制御、翻訳レベルでの制御等が可能となる。従来医薬品では制御できなかった疾患標的にも対応が可能なモダリティであることから必ず研究開発しておくべき領域として本事業実施の意義は大きい。
- 本事業では、実用化のために欠かせない製造・分析技術、機能解析・構造解析等の基盤をなす技術を開発し、我が国の核酸医薬品開発体制の底上げを狙っており、重要なポジションに位置する事業として期待は大きい。
- COVID-19 mRNA ワクチンの登場以降、核酸医薬に対するニーズが急速に高まっている。
- 本プロジェクトは次世代技術のモダリティとして核酸医薬を選択している点で、一歩先を行く取り組みとして良いポジションを取れている。また、核酸医薬もアンチセンス、siRNA、miRNA、m-RNA、人工染色体、リボザイムと種々のモダリティで構成されているが、共通した製造法、分析法や評価法によりそれぞれの品質向上が見込まれる。従って、これらの拠点形成は非常にいい取り組みと考えられる。
- 本プログラムは創薬基盤技術の開発に最適化されている素晴らしいプログラムと考える。
- オープン・クローズド戦略により、非競争領域で製薬各社が自社品に活用したり、アカデミアやベンチャー企業がさらに新しい技術開発や複合技術の開発に繋がれば、大きく日本の競争力の強化につながる。
- アカデミアの知財戦略に企業のナレッジを組み入れることで、広範な知財保護を抜け目なく進める点はいい進め方と考える。指摘の様に、製薬業界のビジネス戦略に合致した知的財産となるよう、製薬業界の知財担当等の意見を聴取した上で出願書類等を作成し、出願することが重要である。
- RNA 標的医薬品は最近の数年間で実用化が急速に進んでいる。一方で RNA 標的創薬は国内でも競争力のある基礎研究が行われている。この分野への応用研究支援事業はタイミングがよく、支援を通じて国内産業の競争力強化、および未来の経済的価値が高まると期待される。
- 競争領域を知的財産で確保するクローズ化戦略の一方、共通基盤技術を公開することで規制部分による採用や一層の技術の高度化が進むようにオープン化戦略が取られている。BioJapan2022 など AMED 共催セミナーが実施され、領域を牽引している先生方の対話の機会が設けられている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- 「薬剤送達技術の開発による対象疾患の拡大等によって更なる市場拡大が期待される」との記載もあり、この分野の革新的な技術開発が成長戦略のカギとなることは間違いないことから、この分野の更なる強化が必要と考えられる。
- アカデミア/創薬ベンチャー/製薬企業/CRO等を結集した一気通貫の開発体制を目指している点は評価できる。但し、本当にオール・ジャパン体制を構築するためには、開発品や情報などの成果が十分に橋渡しされる体制となっているかが重要となる。研究成果が事業参加者内だけで死蔵されることがないように、オープン化できる情報は非参加企業であっても定期的に受け取り社内の関連部署に伝達してくれる情報受け取り窓口の設定等を各企業に要望し、核酸関連の製薬企業の底上げを目指すことも国家プロジェクトとしてあって良いのではないかと思料する。これらの窓口ができれば、各企業のニーズや意見を集約する仕組みとしても働き、まさに、産官学連携の核酸創薬エンジンとして機能するのではないか。
- 核酸医薬の研究開発分野では、世界的に熾烈な競争が繰り広げられており、技術開発も日進月歩の状況にある。このような中で、適切な知的財産・標準化戦略を進めていくためには、最低でも1年に1度は、本分野での世界の研究開発動向を調査し、事業参加者に周知させることが必要ではないかと考える。
- 今後は、AMED側でサポートする知財専門家に加えて、製薬企業出身又は現役の知財専門家が各プロジェクトにアサインされる体制づくりがあると尚良い。その際、シーズ毎に臨床家が策定するTarget Product Profileに基づいた、製薬会社目線の価値ある知財ポートフォリオ及び出願計画を策定し、出口戦略を意識したオープン・クローズ戦略の実行を意識したい。
- 核酸医薬はバイオロジーと核酸医薬モダリティの組み合わせが必要であり、核酸モダリティ研究は合成化学者が主導する場合が多い。チーム内にバイオロジーや疾患研究者が入ることが望ましい。
- 残り2年間のプログラムであるが、2030年の臨床試験を考えると早期の治療ターゲットの設定が望まれる。そのための、橋渡しのプログラムが必要と考える。
- 核酸医薬の開発研究はベンチャー企業により進められているプログラムが多い。そのため、製薬協などの団体加盟企業に支援が集中すると、有効成分の開発研究に繋がらないことも考えられる。そこで、創薬ベンチャーのプログラムも採択されるように公募をして欲しい。

（2）目標及び達成状況

【肯定的意見】

- 前回評価時の「アウトプット目標の明確化」に関する指摘に対して、真摯に再検討して目標の具体化がなされている。その目標に沿って、現状、順調に進捗しており、目標達成が見込まれている点は評価できる。
- アウトプット目標に対して、本事業で見出された修飾核酸を分析した数は既に3件、また今年度中に複数件の達成を見込んでいることから目標値を上回ることが期待されて

いる。一見、特許出願件数は 2022 年度が国内出願 2 件、PCT 出願 2 件と少なめに見えるが、特許出願件数もアウトプット数に応じて増えてくることが見込まれる。

- 短期目標（シーズの前臨床試験、臨床試験）と長期目標（薬事承認申請、上市、シェア獲得）に対して、先行品をベンチマークすることで設定されている点で妥当と言える。
- 経済効果もベンチマークから推定されていることから、投資に対するリターンの予想も妥当と言える。
- プロジェクトの中間目標と最終目標は、製品化などの経済的指標ではなく、技術の実使用と科学的観点から技術の到達度合いで設定されており、科学的到達度でアウトプット目標を設定することは研究の目標達成度を評価する上で重要である。
- アウトプット目標をほぼ達成見込みとなっている。報告会資料(15 ページ)では、短期目標の達成見込みの事例が具体例として示されており、その達成度や内容、質をイメージしやすい。

【問題点・改善点・今後への提言】

- 2040 年度に世界シェア 15%という高い目標設定にしては、短期目標 2027 年度の前臨床試験数（アウトカム目標）1 件は少ない印象がある。
- 製造・分析技術/機能解析・構造解析等の基盤技術構築におけるアウトカム目標設定は困難ではあるものの、知財が発生した技術については、企業にどれだけライセンスできたか等も積算しておく必要があるのではないかと考える。開発した技術の有用性の判断も可能となる。
- 事業が中間地点を過ぎたことから、残り 2 年で特許出願できる技術は確実に知財化してほしい。現状、国内特許 4 件のみであるので、AMED の知財部、各大学の TLO も巻き込んで知財化に向けた支援体制をしっかりと構築する必要があるのではないかと考える。
- オープン・クローズド戦略で異なる有効成分と組み合わせで、多くの開発品が生まれることを期待している。この点からはより多くの研究が行われることを期待する。

（３） マネジメント

【肯定的意見】

- 実施体制としては、申し分ない体制が組まれている。
- 現状、研究開発は順調に進捗しており、実施体制は適切に機能していると考えられる。研究コンソーシアム形式は、技術基盤の共有のためにはいい仕組みであると考えられる。
- 国内製薬企業は薬価ならびに国民皆保険へ貢献することで国民の健康維持増進に貢献してきた。そのため、海外企業に比べて、研究費の源泉が小さい傾向にあったことから、今回の受益者のリスクを考慮した負担は実効性が高く、良い支援事業と考える。
- リスクが大きい医薬品開発において、オープン戦略を推進することで受益者負担を軽減するアイデアは基礎研究の活性化につながると考える。
- 本プログラムでは分析拠点を中心として、統一したデータの蓄積と管理をする点が重要である。コンソーシアムでよく失敗する点として、知財が各グループに点在してまとま

っていないかったり、競争領域と近いために開示されていないことも多いが、その点をカバーしていると考ええる。

- BioJapan2022 など AMED 共催セミナーが実施され、領域を牽引している先生方の対話の機会が設けられている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- 技術の産業化によって、よりスムーズに医薬品（製品）に結び付けるためには、規制当局（国衛研や PMDA）との情報交換が重要であり、このような情報交換の体制を構築する必要がある。
- これまでは各要素技術の確立に向けて進んできたが、中間地点を超えた今後は、各要素技術を適切に組み合わせて、継続的な核酸医薬創出のための創薬エンジンに仕上げる必要がある。そのためには、全体を俯瞰できる人材にも参加を求め、各要素を創薬システムとして組み上げ固定化する作業を行わないと事業期間終了と共に胡散霧消してしまうことにもなりかねないので注意が必要。国としては本事業参加者をコアとして、全国の関連研究者、企業を結集して日本版核酸創薬エンジンの構築を試みても良いのではないか。
- 研究開発計画の策定、管理については、製薬会社・CRO 等からの現役トップ・マネジメント層からの直接的な助言や評価を期待したい。
- 早期にアカデミアから企業への基盤技術の供与が重要であり、コンソーシアムの技術のオープン化の道筋をもう少し明確化した方が良い。
- オープン戦略における受益者の範囲をコントロールして管理するための組織がないなどの問題点がある。本プログラムでは知財がアカデミアにあることが想定されるので、各アカデミアの産学連携部門が担当すると考えられる。しかしながら、産学連携部門では管理や公開に限界があるので、何らかの支援体制が必要と考える。
- 研究課題 3 がアウトプットを確実にするために非常に重要であり、多くの企業情報が使えるような仕組みがあるといいが、競争領域ではあるがうまくアクセスして欲しい。
- 各研究代表者が事業の目的を共有し、協力・連携を図る機会を積極的に設ける（支援する）ことが重要であると考えます。

第2章 問題点・改善点に対する対処方針

(1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
「薬剤送達技術の開発による対象疾患の拡大等によって更なる市場拡大が期待される」との記載もあり、この分野の革新的な技術開発が成長戦略のカギとなることは間違いないことから、この分野の更なる強化が必要と考えられる。	本分野の一層の競争力強化のために、令和6年度に「次世代送達技術開発事業」を新規要求することを予定している。
アカデミア/創薬ベンチャー/製薬企業/CRO等を結集した一気通貫の開発体制を目指している点は評価できる。但し、本当にオール・ジャパン体制を構築するためには、開発品や情報などの成果が十分に橋渡しされる体制となっているかが重要となる。研究成果が事業参加者内だけで死蔵されることがないように、オープン化できる情報は非参加企業であっても定期的に受け取り社内の関連部署に伝達してくれる情報受け取り窓口の設定等を各企業に要望し、核酸関連の製薬企業の底上げを目指すことも国家プロジェクトとしてあっても良いのではないかと思料する。これらの窓口ができれば、各企業のニーズや意見を集約する仕組みとしても働き、まさに、産官学連携の核酸創薬エンジンとして機能するのではないかと。	採択された各グループには、提案の際の条件として製薬企業等の参加が前提となっており、新たな核酸モダリティ開発グループでは当該技術に関心を持つ製薬企業等が、構造解析のグループでは製薬企業の構造解析等の担当部門が、またmRNA標的制御やデータベース開発グループには製薬協の企業コンソーシアム（研究分担者として登録された大手製薬企業の幹部が会議に出席）が参加していることから、必要な製薬企業内の該当部門との連携体制が出来ているものと考えられるが、今後一層企業内での情報の周知に配慮した運用に努め、核酸関連の製薬企業の底上げを目指す。
核酸医薬の研究開発分野では、世界的に熾烈な競争が繰り広げられており、技術開発も日進月歩の状況にある。このような中で、適切な知的財産・標準化戦略を進めていくためには、最低でも1年に1度は、本分野での世界の研究開発動向を調査し、事業参加者に周知させることが必要ではないかと考える。	これまでも公益法人JBAの知財専門家の協力を得て知財調査等を行っているが、今後は戦略的な知財の確保のために、AMEDの研究開発管理費等を活用して国際的な研究開発動向の調査を行い、事業参加者への周知に努めたいと考えている。
今後は、AMED側でサポートする知財専門家に加えて、製薬企業出身又は現役の知財専門家が各プロジェクトにアサインされる体制づくりがあると尚良い。その際、シーズ毎に臨床家が策定するTarget Product Profileに基づいた、製薬会社目線の価値あ	プロジェクトの採択段階で、参加機関で締結した知財合意を事業途中で変更するためには、マネジメント面での工夫が必要であるものの、研究開発実施者にもモチベーションが生まれるような形での知財戦略の支援体制を検討することとしたい。

る知財ポートフォリオ及び出願計画を策定し、出口戦略を意識したオープン・クローズ戦略の実行を意識したい。	
核酸医薬はバイオロジーと核酸医薬モダリティの組み合わせが必要であり、核酸モダリティ研究は合成化学者が主導する場合が多い。チーム内にバイオロジーや疾患研究者が入ることが望ましい。	ご指摘のとおり核酸モダリティ研究は我が国の強みでもある合成化学者が主導する場合が多いが、本プロジェクトにおいては市場化のために不可欠なレギュラトリー系の専門家なども参加しており、今後は補足的にバイオロジーや疾患研究者の協力についても検討することとしたい。
残り2年間のプログラムであるが、2030年の臨床試験を考えると早期の治療ターゲットの設定が望まれる。そのための、橋渡しのプログラムが必要と考える。	すでに参加している製薬協のコンソーシアム企業によって、競争領域である治療ターゲットに関する検討が進められることから、円滑な橋渡しが進むように支援したい。
核酸医薬の開発研究はベンチャー企業により進められているプログラムが多い。そのため、製薬協などの団体加盟企業に支援が集中すると、有効成分の開発研究に繋がらないことも考えられる。そこで、創薬ベンチャーのプログラムも採択されるように公募をして欲しい。	研究開発課題③は創薬ベンチャーの参画も想定したプログラムであり、さらにAMEDで実施する個別技術課題の中間評価によってステージゲートが行われた際には、創薬ベンチャー等を想定した新規RNA標的医薬品に関する追加公募が行われる可能性もある。

(2) 目標及び達成状況

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
2040年度に世界シェア15%という高い目標設定にしては、短期目標2027年度の前臨床試験数（アウトカム目標）1件は少ない印象がある。	RNA標的創薬の各種モダリティについては、国衛研、PMDAが参加して不純物の安全性評価等における課題解決を目指している現状であるため、短期目標としては慎重な設定をしているものの、評価技術等の課題解決を契機に急速にパイプラインが増加することが期待されることから、合成技術に強みのある我が国として2040年には世界シェアの15%という高い目標設定をしている。
製造・分析技術/機能解析・構造解析等の基盤技術構築におけるアウトカム目標設定は困難ではあるものの、知財が発生した技術については、企業にどれだけライセンスできたか等も積算しておく必要があるのではないか。開発した技術の有用性の判断も可	知財権の戦略的な確保と共に、企業への導出実績に関しても把握することで、開発技術の有用性を一層高めるような運用に配慮する。

能となる。	
事業が中間地点を過ぎたことから、残り2年で特許出願できる技術は確実に知財化してほしい。現状、国内特許4件のみであるので、AMEDの知財部、各大学のTLOも巻き込んで知財化に向けた支援体制をしっかりと構築する必要があるのではないか。	事業後半での開発成果の確実な知財化に向けて、関係機関で連携して支援体制を構築することを検討する。
オープン・クロード戦略で異なる有効成分と組み合わせで、多くの開発品が生まれることを期待している。この点からはより多くの研究が行われることを期待する。	中間評価以降は、研究開発課題間での連携も含めて、多くの開発品が生まれることを目指しており、引き続き多くの研究開発が成果につながるよう推進する。

(3) マネジメント

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
技術の産業化によって、よりスムーズに医薬品（製品）に結び付けるためには、規制当局（国衛研やPMDA）との情報交換が重要であり、このような情報交換の体制を構築する必要がある。	すでに大阪大学小比賀グループにおいて、国衛研のリーダーシップによって品質評価・解析拠点を整備しており、PMDAの協力も得て安全性等の評価を実施する体制を構築していることから、評価技術の確立と共に円滑な医薬品の市場化が進むものと期待している。
これまでは各要素技術の確立に向けて進んできたが、中間地点を超えた今後は、各要素技術を適切に組み合わせて、継続的な核酸医薬創出のための創薬エンジンに仕上げる必要がある。そのためには、全体を俯瞰できる人材にも参加を求め、各要素を創薬システムとして組み上げ固定化する作業を行わないと事業期間終了と共に胡散霧消してしまうことにもなりかねないので注意が必要。国としては本事業参加者をコアとして、全国の関連研究者、企業を結集して日本版核酸創薬エンジンの構築を試みても良いのではないかな。	現在参画している各採択課題は、我が国の本分野での中核的な産学官の結集グループであり、事業後半においては将来に向け、ご指摘の点を踏まえた核酸創薬エンジンを構築することを想定して、新規要求中の次世代送達技術開発プロジェクト等も含めた継続的な推進体制を検討していただくように問題提起する予定である。
研究開発計画の策定、管理については、製薬会社・CRO等からの現役トップ・マネジメント層からの直接的な助言や評価を期待したい。	現状においても、製薬協の企業コンソーシアムメンバーの一部に該当する方も関与しているが、今後はより一層現役トップ層からの助言等を求める運用に配慮していきたい。
早期にアカデミアから企業への基盤技術の	統括プロジェクトリーダーの指揮のもとで、既に

供与が重要であり、コンソーシアムの技術のオープン化の道筋をもう少し明確化した方が良い。	全体会議での技術情報の共有を踏まえて複数の課題間連携も進んでおり、今後は中間評価を経て、一層の開発基盤技術の産業界への供与を推進することとしたい。
オープン戦略における受益者の範囲をコントロールして管理するための組織がないなどの問題点がある。本プログラムでは知財がアカデミアにあることが想定されるので、各アカデミアの産学連携部門が担当すると考えられる。しかしながら、産学連携部門では管理や公開に限界があるので、何らかの支援体制が必要と考える。	東京理科大学の集中研を支援する公益法人 JBA において、特許は INPIT からの知財 PD の支援を得ながら管理を行っており、中間評価を踏まえて現状の知財合意を前提とした全体管理等の可能性について検討したい。
研究課題 3 がアウトプットを確実にするために非常に重要であり、多くの企業情報が使えるような仕組みがあるといいが、競争領域ではあるがうまくアクセスして欲しい。	研究開発課題 3 には、すでに課題 1 や 2 との課題間連携が進んでいるテーマもあり、今後は一層の産学での緊密な連携を目指したい。
各研究代表者が事業の目的を共有し、協力・連携を図る機会を積極的に設ける(支援する)ことが重要であると考えます。	統括プロジェクトリーダーの和田教授の指導のもとで、全体会合等の場を活用して事業目的の共有と共に、課題間の協力・連携等を積極的に推進しているところである。

第3章 評価対象事業に係る資料

以下、省略

国際競争力のある次世代抗体医薬品製造技術開発 中間評価報告書

2023 年 7 月

次世代治療・診断実現のための
創薬基盤技術開発事業
評価検討会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月21日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省研究開発評価指針」（令和4年10月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している「次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業」は、個別差を踏まえたより効能の高い治療を実現する「個別化医療」を推進するために、新モダリティとして注目される次世代抗体医薬品、核酸医薬品、マイクロバイオーム制御医薬品等の研究開発を行っている。これらにより、患者の方々のQOL（Quality of Life）を向上させるとともに、治療の適正化による医療費増加の抑制を図ることを目指し、2015年度より実施しているものである。

今般、省外の有識者から構成される次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業 中間評価検討会において、個別事業の進捗状況や目標達成状況の評価結果を踏まえて将来像（目的・ビジョン）を実現するための重要性や想定される社会インパクトの評価を行うため、経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて中間評価を行った。本評価報告書はそのうち「国際競争力のある次世代抗体医薬品製造技術開発」にかかる評価結果として取りまとめたものである。

【本中間評価検討会 委員構成】

座長 大滝 義博	株式会社バイオフロンティアパートナーズ 社長
伊東 祐二	鹿児島大学大学院理工学研究科 教授
大門 良仁	東北大学 OI 事業戦略機構 特任教授
	メディップコンサルティング合同会社 代表社員
松川 泰久	Veneno Technologies 株式会社 事業開発担当 取締役
松木 隆広	株式会社ヤクルト本社中央研究所
	基盤研究所共生システム研究室 室長

【本研究開発評価に係る省内関係者】

事業担当課長 商務・サービスグループ 生物化学産業課長 下田 裕和
評価担当部署 産業技術環境局 研究開発課 技術評価調整官 大隅 一聡

【本中間評価の審議経過】

第1回評価検討会（2023年6月1日）

- ・事業概要の説明及び質疑応答

第2回評価検討会（2023年7月10日～7月18日：書面審議）

- ・評価及び対処方針の確認

目次

はじめに	2
事業情報	4
第1章 評価	7
1. 評点法による評価結果	8
2. 評価	9
第2章 問題点・改善点に対する対処方針	15
第3章 評価対象事業に係る資料	19

【事業情報】

事業名	国際競争力のある次世代抗体医薬品製造技術開発 【上位事業名：次世代治療・診断実現のための創薬基盤開発事業】				
担当部署	商務・サービスグループ 生物化学産業課				
事業期間	2021 年 ～ 2025 年 評価時期：事前（2020 年）、中間（2023 年）、終了時（2026 年）				
予算額 ※暫定値	2021 年度	2022 年度	2023 年度	全期間の 事業総額	執行総額 (2021-2023)
	17.4 億円	18.4 億円※	11.5 億円※	約 85 億円※	47.3 億円※
上位施策 及び KPI	新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画（令和 4 年 6 月 7 日） （4）再生・細胞医療・遺伝子治療等 ③治療薬・ワクチンの開発 世界的に医薬品市場が成長を続ける中、我が国においても、創薬を成長産業とすべく取組を進める。特に、今後の感染症危機に備えるため、治療薬やワクチンの開発に取り組む。				
事業目的	現在、医薬品市場は抗体医薬品の伸びが大きく、抗体薬物複合体（ADC）や放射性同位体を利用した抗体（RI 抗体）等に代表される次世代の抗体医薬品の研究が活発に行われており、今後も成長が続くと予想される。本事業では次世代抗体医薬品等の研究開発及び製造技術開発を通じて、我が国発の医薬品の創出及び幅広く実用化するための環境構築を図る。				
事業内容	今後、抗体医薬品の世界市場の伸びを牽引する次世代型の抗体医薬品について、国産の抗体生産細胞技術の確立や実用化を見据えた技術開発を行い、我が国企業の抗体医薬品の分野における産業競争力を確保しつつ、サプライチェーンの安定性確保の観点からも、国内において抗体医薬品の開発や製造を安定的に実施する実力を備えるため、以下の研究開発課題を実施している。 （研究開発課題①）製造基盤開発技術 （研究開発課題②）分析・品質評価及び管理手法の開発 （研究開発課題③）国産高性能細胞株の社会実装に関する研究開発 （研究開発課題④）製造プロセスの先端的シミュレーション技術の開発 （研究開発課題⑤）革新的な次世代抗体製造技術の研究開発				

アウトカム指標		アウトカム 目標	達成状況
短期目標 2027 年度	事業成果である各種技術を活用した我が国発の抗体医薬品シーズの前臨床試験の件数	2 件	1 件の研究開発課題は現在順調に進行しており、現時点では目標は達成されると見込まれる。
	開発した製造技術を利用した製造設備の設置拠点	1 件	次世代抗体の製造基盤技術開発、国産高性能細胞株の社会実装に向けた基盤技術開発はそれぞれ順調に進行しており、現時点では目標は達成されると見込まれる。
長期目標 2030 年度	事業成果である各種技術を活用した我が国発の抗体医薬品シーズの前臨床試験の件数	5 件	—
	開発した製造技術を利用した製造設備の設置拠点	5 件	—
長期目標 2040 年度	我が国発の抗体医薬品の世界市場におけるシェア	10%	—
アウトプット指標		アウトプット 目標	達成状況
中間目標 2023 年度	各種次世代抗体の品質分析等のために製造したサンプル数（具体例：ADC、RI 抗体、VHH、scFv 等）	3 件	6 件
	国産の抗体生産細胞を用いて試験製造した抗体の件数	1 件	1 件
最終目標 2025 年度	各種次世代抗体の品質分析等のために製造したサンプル数（具体例：ADC、RI 抗体、VHH、scFv 等）	7 件	—
	国産の抗体生産細胞を用いて試験製造した抗体の件数	3 件	—
マネジメント	AMED 中間評価（外部）： 中間評価によるステージゲート審査も含めた個別事業課題の研究開発評価を実施。 AMED PSPO 会議（内部）： 1 回/月程度開催。PSPO と PL の参加は必須とし、必要に応じて個別課題担当者を招集し、課題毎の進捗状況の管理を実施。		

プロジェクトリーダー	大阪大学大学院工学研究科 大政 健史 教授	
実施体制	METI（定額補助） ⇒ AMED（委託） ⇒ 大学・民間企業等	
	研究開発課題①	北里大学 片山 和彦、神戸大学 近藤 昭彦、群馬医療福祉大学 辻 祥太郎
	研究開発課題②	国立医薬品食品衛生研究所 石井 明子
	研究開発課題③	次世代バイオ医薬品製造技術研究組合 大政 健史
	研究開発課題④	東京大学 杉山 弘和
	研究開発項目⑤	千葉大学 川島 博人、愛媛大学 竹田 浩之、名古屋大学 西島 謙一、自然科学研究機構 谷中 冴子、大阪大学 山野 範子

第 1 章 評価

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準	各委員の評価					評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋						
(1) 事業の目的・位置づけ	A	A	B	A	A	2.8
(2) アウトカム達成まで道筋	A	A	B	A	B	2.6
(3) 知的財産・標準化戦略	B	B	B	A	B	2.2
2. 目標及び達成状況						
(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	A	A	A	B	2.6
(2) アウトプット目標及び達成状況	B	B	B	A	B	2.2
3. マネジメント						
(1) 実施体制	B	A	B	A	B	2.4
(2) 受益者負担の考え方	B	A	B	A	B	2.4
(3) 研究開発計画	B	B	B	A	B	2.2

《 判定基準 》
A：評価基準に適合し、非常に優れている。
B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価検討会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「(参考) 外部評価者の評価コメント」に、各評価検討会委員の指摘事項を参考として列記している。

(1) 意義・アウトカム（社会実装）までの道筋

本プロジェクトは、医薬品市場における抗体医薬品の重要性、今後さらに次世代抗体医薬品の市場の伸びが大きくなること、現状、抗体医薬品の約9割が海外で生産されていることを踏まえており、今後も発展が期待できる次世代抗体医薬品開発、分析、製造技術の国内の基盤構築、特に国産高性能細胞株の樹立、製造・品質評価及び管理手法を目標としたプロジェクトであり、国における実施に大変意義があるとともに、これにより国内産業の競争力強化、および未来の経済的評価が高まると期待される。

他方、知財に関して、医薬品の上市には十数年がかかることを考えると、低分子抗体や抗体工学のように、これから開発が活発化する分野での知財構築に力を入れる必要があるとともに、AMED 側でサポートする知財専門家に加えて、製薬企業出身又は現役の知財専門家が各プロジェクトにアサインされる体制づくりがあると尚良い。また、国内の抗体シーズを神戸で製造して米国で IND（新規臨床試験開始申請）するようなプログラムが実現されるような支援を期待するとともに、現在国内で抗体を商業ベースで製造できるのは製薬企業以外には少ない状況であるため国内の拠点5か所をうまく実現してほしい。

(2) 目標及び達成状況

アウトカム目標は、短期目標（シーズと設置拠点数）、長期目標（シーズと設置拠点数、製品の世界シェア）ともに妥当であり、特に短期目標においては、目標達成に向けて開発を順調に進めている。アウトプット目標に関しては、本事業の終了時点で達成される短期目標として、実際に抗体を製造することに目標を置いていることは本プロジェクトで開発された技術を確認して社会実装を進める上で非常に良く、アウトプット目標3件に対し、すでに6件が達成されていることは高く評価すべきである。アウトプット指標の具体例も示されており、その達成度や内容、質をイメージしやすい。また、念願であった国産高性能細胞株について、既に製薬会社が保有する開発品の製造に利用されるなど、大きな進展があった。

他方、知財に関して、今後、事業化に必要な特許戦略をマネジメント部門と共同で立案・実行していることが肝要と思われるとともに、本事業参加者を中心とした世界に先駆けて知財化する「共創と競争」の集団を育てる必要がある。また、各種技術として、下流工程における精製技術が低分子抗体やラマ抗体などに対応可能かどうかは確認する必要がある。

(3) マネジメント

執行機関として AMED は適切であり、他に適切な機関は存在しない。また、大政 PL のもとに研究開発課題（1）から（5）までうまく配置されており、指揮命令系統及び責任体制も有効に機能している。本事業では、広く業界から社会に還元出来る技術を開発しているが、必ずしも事業性が予測で

きないことから、企業が参画しやすい委託事業の形は適切と考える。

他方、残すこと2年であることから、各研究代表者が事業の目的を共有し、協力・連携を図る機会を積極的に設けていただき、研究開発から製造に至るまでの抗体創薬システムとして組み上げることで、より実り多い事業になり得る。研究開発計画の策定、管理については、製薬会社・CRO等からの現役トップ・マネジメント層からの直接的な助言や評価を期待したい。また、今後、世界展開を考える上で、規制に関するギャップを確認する必要があるとともに、企業主体の実用化に移行する際に、規制面や資金面での対応も含めて、うまく移行するような仕組みが必要である。なお、国産ホスト細胞の社会実装を進める上でもプロセス開発などへの支援はもう少し厚くてもいいように思う。

（参考）外部評価者の評価コメント

（１）意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- 今後も発展が期待できる次世代抗体医薬品開発、分析、製造技術の国内の基盤構築を目標としたプロジェクトであり、本分野の産業育成に極めて重要な役割をもつと考えられる。
- 現在、医薬品の中で、バイオ医薬品、特に抗体医薬品の伸びが著しい。さらに近年は次世代抗体（抗体薬物複合体、二重特異性抗体など）開発が開発競争の中心になりつつある点、さらに、この流れが VHH などの低分子抗体開発へと続く点など、本分野は今後もバイオ医薬品の中心の一つであり続けると考える。但し、現状、約 9 割が海外で生産されている事実は憂慮すべきものとする。これらを勘案すると、国内での抗体医薬品の開発・製造における基盤構築を目指す本事業は大変意義のあることとする。特に、国産高性能細胞株の樹立、製造・品質評価及び管理手法確立は各企業単位で確立することは困難であり、国において実施すべきものとする。また、アウトカム達成までに必要な取り組みがなされている。
- 本プロジェクトは医薬品市場における抗体医薬品重要性を捉え、今後さらに抗体薬物複合体（ADC）や放射性同位体を利用した抗体（RI 抗体）等の次世代抗体医薬品の市場の伸びが大きくなることを捉えていることから、国産抗体医薬品の創出や製造技術の実用化に寄与すると考える。
- 具体的に、神戸集中研で国産 CHO 株を使い抗体製造の上流から下流工程すべてを含む製造を実施することは、商業化の第一歩と考え、大いに期待する。
- 研究開発の課題もしっかりと捉えられており、適切と考える。
- 事業成果を活用した国産抗体医薬品シーズの前臨床試験入り、製造設備の普及、国産抗体医薬品の世界市場シェアなど重要指標を捉え、それぞれアグレッシブな数値目標を掲げている点が評価される。
- バイドル適用による民間企業等への委託事業、競争力のコアとなる領域を特定して特許等の知的財産権を確保するクローズ化戦略と高性能ホスト細胞やシミュレーション技術等は公開することによるデファクト化、オープン化戦略とすることは技術の普及の上でも重要である。
- 抗体医薬品の販売が近年増加しており、その中でも抗体薬物複合体を始めとする次世代抗体の実用化が急速に進んでいる。また、国内の製薬企業の抗体薬物複合体の技術的な優位性は高いという分析は妥当なものである。したがって、この分野への応用研究支援事業はタイミングがよく、支援を通じて国内産業の競争力強化、および未来の経済的価値が高まると期待される。

【問題点・改善点・今後への提言】

- これまで、米国発のデファクトスタンダード技術に依存し、高価な使用料を払ってきた。

これを避ける一つには完全に拘束を逃れることはできないまでも、自前の高性能ホスト細胞株を開発することがあることは理解する。但し、医薬品の上市には十数年がかかることを考えると、低分子抗体や抗体工学のように、これから開発が活発化する分野での知財構築に力を入れておかないと、同じ轍を踏むのではないかと懸念する。

- 今後は、AMED 側でサポートする知財専門家に加えて、製薬企業出身又は現役の知財専門家が各プロジェクトにアサインされる体制づくりがあると尚良い。その際、シーズ毎に臨床家が策定する Target Product Profile に基づいた、製薬会社目線の価値ある知財ポートフォリオ及び出願計画を策定し、出口戦略を意識したオープン・クローズ戦略の実行を意識したい。
- 米国における IND は医薬品の製造法を確認するための試金石となっている。将来、国内の抗体シーズを神戸で製造して米国で IND するようなプログラムが実現させるような支援をぜひ行ってほしい。
- 現在国内で抗体を商業ベースで製造できるのは製薬企業以外には少ない状況であり、国内の拠点 5 か所をうまく実現してほしい。
- 高性能ホスト細胞やシミュレーション技術等も抗体製造におけるコア技術であることから、オープン戦略と言えど国内企業に利する形での提供が望まれる。

(2) 目標及び達成状況

【肯定的意見】

- アウトプット目標 3 件に対し、すでに 6 件が達成されていることは高く評価すべきである。
- 現状、日本発の抗体医薬品としては、エンハーツとヘムライブラがあるがまだわずかである。経験の蓄積が乏しい中で、アウトカム、アウトプット目標を設定することは困難であったと考える。とは言え、このような中であっても、設定した短期目標達成に向けて開発を順調に進めてきており、既にアウトプットの短期目標を達成している。目標の設定の根拠は明確であり、かつ、妥当なものとする。
- 念願であった国産高性能細胞株について、既に製薬会社が保有する開発品の製造に実施されるなど、大きな進展があった。また、国産高性能細胞株の供給等においても、国内企業に限った体制づくりを行っており、日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果が優れていると思われる。
- 本事業の終了時点で達成される短期目標として、シーズと設置拠点数は妥当と考える。
- 長期目標もシーズと設置拠点数、さらに、製品の世界シェアとアグレッシブに設定できていると思う。
- 本事業の終了時点で達成される短期目標として、実際に抗体を製造することに目標を置いていることは本プロジェクトで開発された技術を確認して社会実装を進める上で非常に良い。
- アウトプット目標を達成できる見込みとなっている。報告会資料(41 ページ)では、短期目標の達成見込みの事例が具体例として示されており、その達成度や内容、質をイメ

ーじしやすい。

【問題点・改善点・今後への提言】

- 産業基盤を確固たるものにするための、特許の出願が現状では2件であり、今後、事業化に必要な特許戦略をマネジメント部門と共同で立案・実行していることが肝要と思われる。
- 世界における抗体医薬品は激しい開発競争の中にある。この状況で知的財産の確保は非常に厳しいことは理解するものの、将来、成長すると思われる低分子抗体や抗体工学の分野では、特許性のある技術が今後も出てくることが予想できる。そこで、本事業参加者を中心として、将来の抗体医薬品の流れをブレイン・ストーミングする場を設置、新規技術のアイデア創出に努め、手分けして実施例を作ることにより世界に先駆けて知財化する「共創と競争」の集団として育てることが国家戦略なのではないか。
- 各種技術として、下流工程における精製技術が低分子抗体やラマ抗体などに対応可能かどうかは確認する必要がある。
- 長期目標も残り2年で達成する必要があることから、最後まで慎重に進めて欲しい。

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- 執行機関（METI/NEDO/AMED 等）は適切であり、他に適切な機関は存在しない。また、指揮命令系統及び責任体制も有効に機能していると見た。本事業は基盤技術の開発が目的なので、今後も委託事業として継続することが適切と考える。
- 大政 PL のもとに課題1から5までうまく配置されている。
- 本事業では、広く業界や社会に還元出来る技術を開発しているが、必ずしも事業性が予測できないことから、企業が参画しやすい委託事業の形で進めている。
- 中間でのデータは見えていないが、順調に進んでいる。
- 特になし。

【問題点・改善点・今後への提言】

- 残すこと2年であることから、事業内連携を密にし、研究開発から製造に至るまでの抗体創薬システムとして組み上げる努力を続けてほしい。
- 研究開発計画の策定、管理については、製薬会社・CRO 等からの現役トップ・マネジメント層からの直接的な助言や評価を期待したい。
- 次世代抗体の品質に対する課題設定はうまく行われている。今後、世界展開を考える上で規制に関するギャップをどこかで確認する必要があると思う。
- 国産ホスト細胞の社会実装を進める上でもプロセス開発などへの支援はもう少し厚くてもいいように思う。
- 今後、企業主体の実用化に移行するが、規制面や資金面での対応も含めて、うまく移行するような仕組みが必要と思う。
- 各研究代表者が事業の目的を共有し、協力・連携を図る機会を積極的に設けていただけ

ると、より実り多い事業になると思います。

第2章 問題点・改善点に対する対処方針

(1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
これまで、米国発のデファクトスタンダード技術に依存し、高価な使用料を払ってきた。これを避ける一つには完全に拘束を逃れることはできないまでも、自前の高性能ホスト細胞株を開発することがあることは理解する。但し、医薬品の上市には十数年がかかると考えると、低分子抗体や抗体工学のように、これから開発が活発化する分野での知財構築に力を入れておかないと、同じ轍を踏むのではないかと懸念する。	ご指摘のような懸念を前提として、現行のプロジェクトにおいては国産高性能ホスト細胞株を活用した医薬品の上市を目指しているだけでなく、新たな低分子抗体技術やプロセスシミュレーションのような抗体工学も含めて研究開発を進めているところであり、今後一層の戦略的な知財構築を目指す。
今後は、AMED 側でサポートする知財専門家に加えて、製薬企業出身又は現役の知財専門家が各プロジェクトにアサインされる体制づくりがあると尚良い。その際、シーズ毎に臨床家が策定する Target Product Profile に基づいた、製薬会社目線の価値ある知財ポートフォリオ及び出願計画を策定し、出口戦略を意識したオープン・クローズ戦略の実行を意識したい。	プロジェクトの採択段階で、参加機関で締結した知財合意を事業途中で変更するためには、マネジメント面での工夫が必要であるものの、研究開発実施者にもモチベーションが生まれるような形で知財戦略の支援体制を検討することとしたい。
米国における IND は医薬品の製造法を確認するための試金石となっている。将来、国内の抗体シーズを神戸で製造して米国で IND するようなプログラムが実現させるような支援をぜひ行ってほしい。	最終的な抗体医薬品の事業化は製薬企業の責務であるが、FDA への IND 申請等によるホスト細胞等の開発技術に関する承認実績を獲得するための支援は出来る限り実施するよう努力したい。
現在国内で抗体を商業ベースで製造できるのは製薬企業以外には少ない状況であり、国内の拠点 5 か所をうまく実現してほしい。	国産ホスト細胞等の開発技術を活用して、国内の製薬企業や CMO 等において製造できる拠点の整備については、本プロジェクト以外にデュアルユース補助事業等も活用して実現を目指したい。
高性能ホスト細胞やシミュレーション技術等も抗体製造におけるコア技術であることから、オープン戦略と言えど国内企業に利する形での提供が望まれる。	高性能ホスト細胞は、MAB 組合の成果普及事業として国内の製薬企業、CDMO 等への提供を進めているところであり、プロセス開発を合理化するシミュレーション技術についても、開発成果の国内企業による活用を積極的に推進するよう取り組みたい。

(2) 目標及び達成状況

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
産業基盤を確固たるものにするための、特許の出願が現状では2件であり、今後、事業化に必要な特許戦略をマネジメント部門と共同で立案・実行していることが肝要と思われる。	高性能な生産細胞を中心とした製造技術は、アメリカと同様に使用契約書とノウハウによって権利を保護する戦略であるものの、今後革新的な次世代抗体医薬品のシーズが開発成果から期待されることから、事業化を目指した特許戦略をMAB組合の知財担当やマネジメント部門等と連携して推進していきたい。
世界における抗体医薬品は激しい開発競争の中にある。この状況で知的財産の確保は非常に厳しいことは理解するものの、将来、成長すると思われる低分子抗体や抗体工学の分野では、特許性のある技術が今後も出てくることが予想できる。そこで、本事業参加者を中心として、将来の抗体医薬品の流れをブレイン・ストーミングする場を設置、新規技術のアイデア創出に努め、手分けして実施例を作ることで世界に先駆けて知財化する「共創と競争」の集団として育てることが国家戦略なのではないか。	採択機関としてのMAB組合をエコシステムの場として、産学官の関係者が頻繁に情報共有する機会を設けており、賛助会員としての製薬企業等も参加することにより、ユーザーニーズの確認と共有、開発方針の改善等を進めているところである。
各種技術として、下流工程における精製技術が低分子抗体やラマ抗体などに対応可能かどうかは確認する必要がある。	すでに参加機関において合成したVHH等に最適な精製技術の評価に着手しているところであり、新しいタイプの抗体に最適なプロセス開発を継続する予定である。
長期目標も残り2年で達成する必要があることから、最後まで慎重に進めて欲しい。	アウトプットの長期目標を達成するために、着実な研究開発の推進を目指したい。

(3) マネジメント

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
残すこと2年であることから、事業内連携を密にし、研究開発から製造に至るまでの抗体創薬システムとして組み上げる努力を続けてほしい。	採択機関としてのMAB組合を事業内連携の場として活用し、大政統括PLの指揮のもとで研究開発から製造に至るまでの抗体創薬プラットフォームの構築を目指す。
研究開発計画の策定、管理については、製薬会社・CRO等からの現役トップ・マネジメント層からの直接的な助言や評価を期待したい。	参画している製薬企業、CMO等の一部には該当する方々も関与しているが、今後はより一層現役トップ層からの助言等を求める運用に配慮していきたい。

次世代抗体の品質に対する課題設定はうまく行われている。今後、世界展開を考える上で規制に関するギャップをどこかで確認する必要があると思う。	国際的な規制の取決めである ICH の見直し等には、プロジェクトの関係者によって着実に対応する作業を進めており、規制関係部門等のリーダーシップによる海外規制との調和も視野に入れた検討作業も進展していることから、世界展開を視野に入れた作業を着実に推進していきたい。
国産ホスト細胞の社会実装を進める上でもプロセス開発などへの支援はもう少し厚くてもいいように思う。	本プロジェクトにおいて国産ホスト細胞を使用した CMO におけるプロセス開発の作業を推進すると共に、国際展開を想定した規制対応の解析評価作業も進めているところであり、さらに経産省の他の支援事業の活用によって社会実装が確実に進むように努めたい。
今後、企業主体の実用化に移行するが、規制面や資金面での対応も含めて、うまく移行するような仕組みが必要と思う。	国衛研のリーダーシップによって、開発される次世代抗体の安全性評価等の研究を行うと共に、ホワイトペーパーの作成や専門人材の育成を進めることとしており、併せて本プロジェクト以外にも、ベンチャー支援補助事業やデュアルユース事業等の支援を実施していることから、引き続き企業主体の実用化が円滑に進むように努めたい。
各研究代表者が事業の目的を共有し、協力・連携を図る機会を積極的に設けていただけると、より実り多い事業になると思います。	大政統括 PL の指導のもとで、全体会合等の場を活用して事業目的の共有と共に、課題間の協力・連携等を積極的に推進しているところである。

第 3 章 評価対象事業に係る資料

以下、省略

腸内マイクロバイオーム制御による
次世代創薬技術の開発
中間評価報告書

2023 年 7 月

次世代治療・診断実現のための
創薬基盤技術開発事業
評価検討会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月21日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省研究開発評価指針」（令和4年10月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している「次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業」は、個別差を踏まえたより効能の高い治療を実現する「個別化医療」を推進するために、新モダリティとして注目される次世代抗体医薬品、核酸医薬品、マイクロバイオーム制御医薬品等の研究開発を行っている。これらにより、患者の方々のQOL（Quality of Life）を向上させるとともに、治療の適正化による医療費増加の抑制を図ることを目指し、2015年度より実施しているものである。

今般、省外の有識者から構成される次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業 中間評価検討会において、個別事業の進捗状況や目標達成状況の評価結果を踏まえて将来像（目的・ビジョン）を実現するための重要性や想定される社会インパクトの評価を行うため、経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて中間評価を行った。本評価報告書はそのうち「腸内マイクロバイオーム制御による次世代創薬技術の開発」にかかる評価結果として取りまとめたものである。

【本中間評価検討会 委員構成】

座長 大滝 義博	株式会社バイオフロンティアパートナーズ 社長
伊東 祐二	鹿児島大学大学院理工学研究科 教授
大門 良仁	東北大学 OI 事業戦略機構 特任教授
	メディップコンサルティング合同会社 代表社員
松川 泰久	Veneno Technologies 株式会社 事業開発担当 取締役
松木 隆広	株式会社ヤクルト本社中央研究所
	基盤研究所共生システム研究室 室長

【本研究開発評価に係る省内関係者】

事業担当課長 商務・サービスグループ 生物化学産業課長 下田 裕和
評価担当部署 産業技術環境局 研究開発課 技術評価調整官 大隅 一聡

【本中間評価の審議経過】

第1回評価検討会（2023年6月1日）

- ・事業概要の説明及び質疑応答

第2回評価検討会（2023年7月10日～7月18日：書面審議）

- ・評価及び対処方針の確認

目次

はじめに	2
事業情報	4
第1章 評価	7
1. 評点法による評価結果	8
2. 評価	9
第2章 問題点・改善点に対する対処方針	14
第3章 評価対象事業に係る資料	18

【事業情報】

事業名	腸内マイクロバイオーーム制御による次世代創薬技術の開発 【上位事業名：次世代治療・診断実現のための創薬基盤開発事業】				
担当部署	商務・サービスグループ 生物化学産業課				
事業期間	2021 年 ～ 2026 年 評価時期：事前（2020 年）、中間（2023 年）、終了時（2027 年）				
予算額 ※暫定値	2021 年度	2022 年度	2023 年度	全期間の 事業総額	執行総額 (2021-2023)
	12.5 億円	23.1 億円※	13.5 億円※	約 100 億円※	49.1 億円※
上位施策 及び KPI	新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画（令和 4 年 6 月 7 日） （4）再生・細胞医療・遺伝子治療等 ③治療薬・ワクチンの開発 世界的に医薬品市場が成長を続ける中、我が国においても、創薬を成長産業とすべく取組を進める。特に、今後の感染症危機に備えるため、治療薬やワクチンの開発に取り組む。				
事業目的	近年、腸内細菌叢（マイクロバイオーーム：MB）の不調和が原因となる疾患の研究が進み、疾患治療における MB の制御により、例えば免疫チェックポイント阻害剤等の抗がん剤や新型コロナウイルス治療薬の奏効率改善、患者の QOL 向上等が実臨床で期待されている。本事業では、臨床現場で従来の単一医薬品による治験や治療という介入戦略から、MB の制御による自然免疫の維持等による奏効率向上を前提とした治療技術への転換を推進することを目指し、併せて、奏効率向上による医療経済の改善と共に、我が国の強い技術の国産化を推進することを目的とする。				
事業内容	マイクロバイオーーム制御の医薬品は、レギュラトリーサイエンスが未確立であり、さらにはマイクロバイオーームの培養方法や取り扱い方法、製剤化方法などに標準的な技術等は存在しておらず、そのような創薬基盤技術を強化するため、以下の研究開発課題を実施している。 （研究開発課題①）MB 創薬に関わる技術開発及び基盤構築 （研究開発課題②）腸管免疫関連疾患に対する MB 制御技術応用による基盤技術の高度化 （研究開発課題③）MB を制御する菌製剤の臨床応用に向けた非臨床薬理、薬物動態及び毒性学的評価技術の開発 （研究開発課題④）MB を制御する菌製剤の製造、品質管理技術の開発 （研究開発課題⑤）疾患克服に資する腸内細菌を標的とした先端的 MB 制御技術の開発				

アウトカム指標		アウトカム 目標	達成状況
短期目標 2028 年度	開発した技術を利用した MB 改善医薬品シーズの前臨床試験の実施件数	3 件	6 件
	開発した技術を利用した MB 改善製品（非医薬品）の市場化件数	5 件	有用菌の探索に関する基盤技術開発、製造に関する基盤技術開発はそれぞれ順調に進行しており、現時点では目標は達成されると見込まれる。
	既存医薬品の MB 改善製品との併用による奏効率の向上確認件数	1 件	有用菌の探索に関する基盤技術開発、製造に関する基盤技術開発はそれぞれ順調に進行しており、現時点では目標は達成されると見込まれる。
長期目標 2035 年度	開発した技術を利用した MB 改善医薬品シーズの前臨床試験の実施件数	10 件	—
	開発した技術を利用した MB 改善製品（非医薬品）の市場化件数	15 件	—
	既存医薬品の MB 改善製品との併用による奏効率の向上確認件数	5 件	—
アウトプット指標		アウトプット 目標	達成状況
中間目標 2023 年度	菌カクテルを構成する有用菌候補の抽出件数	3 件	36 件
	疾患誘起細菌候補の抽出件数	3 件	23 件
	有用菌の増殖促進等を行う可能性のある候補物質の in vitro 評価件数	5 件	39 件
最終目標 2026 年度	菌カクテルを構成する有用菌候補の抽出件数	6 件	—
	疾患誘起細菌候補の抽出件数	6 件	—

	有用菌の増殖促進等を行う可能性のある候補物質の in vitro 評価件数	10 件	—
	有用菌の大量培養条件の確立件数	3 件	—
	前臨床試験に使用する無菌の疾患モデルマウス等の樹立件数	3 件	—
マネジメント	AMED 中間評価（外部）： 中間評価によるステージゲート審査も含めた個別事業課題の研究開発評価を実施。 AMED PSPO 会議（内部）： 1 回/月程度開催。PSPO と PL の参加は必須とし、必要に応じて個別課題担当者を招集し、課題毎の進捗状況の管理を実施。		
プロジェクトリーダー	日本マイクロバイオーームコンソーシアム 寺内 淳 運営委員長		
実施体制	METI（定額補助） ⇒ AMED（委託） ⇒ 大学・民間企業等		
	研究開発課題①	産業技術総合研究所 鎌形 洋一	
	研究開発課題②	慶應義塾大学 本田 賢也、大阪公立大学 植松 智	
	研究開発課題③	医薬基盤・健康・栄養研究所 國澤 純	
	研究開発課題④	JSR 梶浦 貴之	
	研究開発課題⑤	自治医科大学 崔 龍洙、産業技術総合研究所 玉木 秀幸、大阪公立大学 藤本 康介、群馬大学 佐々木 伸雄、物質・材料研究機構 岡本 章玄	

第 1 章 評価

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準	各委員の評価					評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋						
(1) 事業の目的・位置づけ	A	A	A	A	A	3.0
(2) アウトカム達成まで道筋	B	B	B	A	B	2.2
(3) 知的財産・標準化戦略	B	B	B	A	B	2.2
2. 目標及び達成状況						
(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	B	A	A	B	2.4
(2) アウトプット目標及び達成状況	B	A	B	A	B	2.4
3. マネジメント						
(1) 実施体制	B	A	B	A	B	2.4
(2) 受益者負担の考え方	B	A	B	A	B	2.4
(3) 研究開発計画	B	B	B	A	B	2.2

《 判定基準 》
A：評価基準に適合し、非常に優れている。
B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価検討会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「(参考) 外部評価者の評価コメント」に、各評価検討会委員の指摘事項を参考として列記している。

(1) 意義・アウトカム（社会実装）までの道筋

マイクロバイーム制御の医薬品は、レギュラトリーサイエンスが未確立であるとともに、培養方法や取り扱い方法、品質評価法、製剤化方法などの基盤技術も未確立であることから、マイクロバイームの医薬品化に向けた黎明期の研究を底上げするような本事業の遂行は、治療方法が未確立の疾病に対する治療方法の発見も含めて社会的意義が極めて高く、国内産業の競争力強化、および未来の経済的評価が高まると期待される。

他方、知財に関して、漏れないように、ノウハウとしてクローズ化する技術も含めたパテント・マップを作成するとともに、AMED 側でサポートする知財専門家に加えて、製薬企業出身又は現役の知財専門家が各プロジェクトにアサインされる体制づくりがあると尚良い。また、マイクロバイームに関連する医薬品に関しては規制もなく、それゆえに製品化されていない状態であることから、規制の整備は最も重要な課題と考える。

(2) 目標及び達成状況

アウトカム目標に関して、マイクロバイーム改善医薬品シーズの前臨床試験、マイクロバイーム改善製品（非医薬品）の市場化、既存医薬品のマイクロバイーム改善製品との併用といった設定は、医薬品としてガイドラインの無い現状を鑑みるとリーゾナブルと言え、さらに、いずれの短期目標も達成済み、もしくは、達成見込みとなっており、研究開発は順調に進捗していることが見て取れる。アウトプット目標に関しても、達成件数が目標を大幅に上回る状況であることは評価でき、特に、有用菌候補及び疾患誘起細菌候補の抽出件数は今後の成果として多いに期待できる。

他方、マイクロバイーム分野において、技術があるにもかかわらず、医薬品が出来ていない理由を深掘りする必要がある。また、将来的な腸内細菌ライブラリー構築に向けて、システムチックな探索、分離、培養の仕組みを確立してほしい。なお、アウトプット目標の達成基準の定義について、充実度や質を評価出来る指標の設定、または具体的な事例を挙げられないか。

(3) マネジメント

執行機関として AMED は適切であり、他に適切な機関は存在しない。各研究代表者が事業の目的を共有し、協力・連携を図る機会を積極的に設けることが重要であるが、課題間連携やマイクロバイームの制御技術に厚みがあり、非臨床と臨床のハーモニーがあるような体制となっており面白い。また、開発が長期にわたり、リスクが大きいことから委託事業にすることで、企業が参入しやすくなっているほか、医薬品以外にプロバイオティクスの出口も体制に組み込んでいることは評価できる。

他方、マイクロバイームの分野は、今後、腸内細菌－生体の相互作用による各種機能性が続々明らかになってくると思われることから、これらの進歩にもフレキシブルに対応できる研究開発計画、および、研究者の集団へと育ててほしい、特に、研究開発計画の策定、管理については、製薬会社・

CRO 等からの現役トップ・マネジメント層からの直接的な助言や評価を期待したい。また、体制に関しては、レギュラトリーサイエンスのグループも配しているとバランスが良いように思うとともに、マイクロバイーム研究は食品企業で行われており、それらの企業参入が進捗に大きく関与する。なお、令和7年度に治験薬製造はハードルが少し高そうに思える。

(参考) 外部評価者の評価コメント

(1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- マイクロバイオームの医薬品化に向けた黎明期の研究を底上げするような、国内の基盤技術構築を目標としたプロジェクトであり、本分野の産業育成に極めて重要な役割をもつと考えられる。
- 欧米が見向きもしなかった腸内細菌叢の研究を世界に先駆けて進めてきたのが日本である。現在では米国や中国等に論文数でも追い抜かれてしまったことは大変残念と言える。とは言え、腸内細菌の大部分は嫌気性菌であり、現状、解明されているのは全体の1%程度と言われる。そのため、まず培養方法や取り扱い方法、品質評価法、製剤化方法など基盤技術を確認する必要がある。加えて、マイクロバイオーム制御の医薬品は、レギュラトリーサイエンスが未確立であるので、その整備も併行して進める必要がある。本分野の研究開発は始まったばかりとも言え、今後も各種機能の発見が続くと期待されている。その意味で、本事業の遂行は時期にかなったものであり、大いに意義あるものとする。
- ヒトゲノム解読後も、治療方法が未確立の疾病は数多く、残る腸内細菌叢（マイクロバイオーム）による疾患メカニズムやそれを利用した治療方法の確立は社会的意義が極めて高い。
- マイクロバイオームと疾患・健康との関連性が明らかにされつつあり、特に免疫との関係は様々な薬剤の効果を制御している。例えば、がん免疫療法の免疫チェックポイント阻害剤であるオプジーボは2割程度の患者にしか有効ではないとされているが、その奏効率はマイクロバイオームの環境によって改善される報告がある。しかしながら、糞便移植を中心とするマイクロバイオーム制御は始まっているにもかかわらず、レギュラトリーサイエンスが未確立である。さらに、マイクロバイオームの培養方法や取り扱い方法、製剤化方法などに標準的な技術等は存在していないため、国内製薬企業等においてはマイクロバイオーム制御による医薬品開発が効率的に行われていない。したがって、マイクロバイオーム制御の医薬品開発のボトルネックとなっている基盤技術を強化することが社会課題である。
- マイクロバイオームを標的とした医薬品開発への関心が高まっている。海外では複数の菌株を有効成分とする臨床試験が実施されているが、国内ではレギュラトリーサイエンスが未確立であること、絶対嫌気性菌の菌末の製造法についての標準的な技術の検討が行われていないことなど、複数の要因によりマイクロバイオーム制御による医薬品開発が効率的に行われていない。
- マイクロバイオーム研究は国内でも活発に行われており、将来の産業化につながるシーズも数多く提案されている。他の2つの支援事業(RNA 標的創薬、次世代抗体医薬品)に比べて現在の市場規模は大きくないが、この分野の創薬基盤技術を支援する事業はタイミングがよく、支援を通じて国内産業の競争力強化、および未来の経済的価値が高ま

ると期待される。

【問題点・改善点・今後への提言】

- 本分野の実用化は多岐にわたるため、将来の発展を勘案した知財戦略が重要となる。個別の有望な菌株については種の特定を行った上で特許出願できるが、ノウハウとしてクローズ化する技術も含めたパテント・マップを作成して、漏れのないようにしてほしい。
- 今後は、AMED 側でサポートする知財専門家に加えて、製薬企業出身又は現役の知財専門家が各プロジェクトにアサインされる体制づくりがあると尚良い。その際、シーズ毎に臨床家が策定する Target Product Profile に基づいた、製薬会社目線の価値ある知財ポートフォリオ及び出願計画を策定し、出口戦略を意識したオープン・クローズ戦略の実行を意識したい。
- マイクロバイオームに関連する医薬品に関しては規制もなく、その結果製品もない状態であり、規制の整備は最も重要な課題と考える。

(2) 目標及び達成状況

【肯定的意見】

- 前回評価時に指摘された「アウトプット目標の開発件数」及び「アウトカム目標の利用件数」の不明確さについて再検討し、目標を具体的に再設定している点は評価できる。そこでの目標の設定根拠は明確であり、かつ、妥当なものと考ええる。その結果、いずれの短期目標も達成済み、もしくは、達成見込みとなっており、研究開発は順調に進捗していることが見て取れる。
- アウトプット目標に対して大幅に超過する達成見込みであり、特に、有用菌候補及び疾患誘起細菌候補の抽出件数は今後の成果として大いに期待できる。
- MB 改善医薬品シーズの前臨床試験、MB 改善製品（非医薬品）の市場化、既存医薬品の MB 改善製品との併用と言ったアウトカムの設定は、医薬品としてガイドラインの無い現状を鑑みるとリーズナブルと言える。
- 課題の多くを製造と品質管理に置くことで、海外への出口も確保できることから良いと思われる。
- 有用マイクロバイオームの同定とその培養技術の確立においていることは良いと思われる。
- アウトプットは達成見込みが目標を大幅に上回る状況であることは評価できる。

【問題点・改善点・今後への提言】

- 腸内細菌は大部分が嫌気性菌であることから、培養技術の改良によっては、アウトプット目標値を大幅に積み増すことが期待できる。将来的な腸内細菌ライブラリー構築に向けて、システマチックな探索、分離、培養の仕組みを確立してほしい。
- マイクロバイオーム医薬品の開発パイプラインは、アメリカ、フランス、スペイン等と続いているが、プロバイオティクス分野で先行していると言われるにもかかわらず

0である。これは、技術があるにもかかわらず、医薬品が出来ていない理由を深掘する必要がある。

- 有用菌の増殖促進物質に関して、in-vitroのみならず in-vivo で効果的なモデルティの選択なども重要である。
- その達成基準の定義について、充実度や質を評価出来る指標の設定、または具体的な事例を挙げることは可能であるか？

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- 執行機関（METI/NEDO/AMED 等）は適切と考える。現状、他に適切な機関は存在しない。また、指揮命令系統や責任体制は有効に機能していると見る。研究開発データの活用・提供方針等は、オープン・クローズ戦略等に沿った適切なものである。
- 課題間連携やマイクロバイオームの制御技術に厚みのある体制は面白い。またマネジメントに企業経験者を多く配している点も医薬品としての開発の道筋を考える上でいいと思う。
- 開発が長期にわたり、さらに、リスクが大きいことから委託事業にすることで、企業が参入しやすくなっている。さらに、医薬品以外にプロバイオティクスの出口も体制に組み込んでいることは評価できる。
- 非臨床と臨床のハーモニーがあるような体制となっている。
- 基礎研究をベースとしたシーズ探索、レギュラトリーサイエンスの整備、そして菌体カクテルの製造など、社会実装に欠かせない研究課題がバランスよく採択されていると考えます。
- 各研究代表者が事業の目的を共有し、協力・連携を図る機会を積極的に設ける(支援する)ことが重要であると考えます。

【問題点・改善点・今後への提言】

- マイクロバイオームの分野は、今後、研究が進み、腸内細菌一生体の相互作用による各種機能性が続々明らかになってくると思われる。これらの進歩にもフレキシブルに対応できる研究開発計画、および、研究者の集団へと育ててほしい。
- 研究開発計画の策定、管理については、製薬会社・CRO 等からの現役トップ・マネジメント層からの直接的な助言や評価を期待したい。
- レギュラトリーサイエンスのグループも配しているとバランスが良いように思う。
- マイクロバイオーム研究は食品企業で行われており、それらの企業参入が進捗に大きく関与する。
- 令和7年度に治験薬製造はハードルが少し高そうに思える。

第2章 問題点・改善点に対する対処方針

(1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
本分野の実用化は多岐にわたるため、将来の発展を勘案した知財戦略が重要となる。個別の有望な菌株については種の特定を行った上で特許出願できるが、ノウハウとしてクローズ化する技術も含めたパテント・マップを作成して、漏れのないようにしてほしい。	プロジェクト全体の戦略的マネジメントを担当している産学連携組織の JMBC（日本マイクロバイオームコンソーシアム）において、特許戦略と共に、クローズ化することによる権利保護も含めた、ビジネスモデルを想定したパテント・マップを作成する方向で調整を進めていきたい。
今後は、AMED 側でサポートする知財専門家に加えて、製薬企業出身又は現役の知財専門家が各プロジェクトにアサインされる体制づくりがあると尚良い。その際、シーズ毎に臨床家が策定する Target Product Profile に基づいた、製薬会社目線の価値ある知財ポートフォリオ及び出願計画を策定し、出口戦略を意識したオープン・クローズ戦略の実行を意識したい。	プロジェクトの採択段階で、参加機関で締結した知財合意を事業途中で変更するためには、マネジメント面での工夫が必要であるものの、研究開発実施者にもモチベーションが生まれるような形で知財戦略の支援体制を検討することとしたい。
マイクロバイオームに関連する医薬品に関しては規制もなく、その結果製品もない状態であり、規制の整備は最も重要な課題と考える。	すでに PMDA 科学委員会のマイクロバイオーム専門部会の報告書が公開されており、規制整備に向けた大枠の考え方は公表されている。これらを指針としつつ事業実施機関に対して国衛研等が研究協力を行う体制の整備を進めると共に、日本マイクロバイオームコンソーシアム（JMBC）や CMO との連携を密にすることによって、CTD モックアップの作成等の規制への対応を円滑に進めることを目指したい。

(2) 目標及び達成状況

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
腸内細菌は大部分が嫌気性菌であることから、培養技術の改良によっては、アウトプット目標値を大幅に積み増すことが期待できる。将来的な腸内細菌ライブラリー構築に向けて、システマチックな探索、分離、培養の仕組みを確立してほしい。	すでに参加機関である産総研において腸内細菌ライブラリーを構築していることから、今後は探索から製剤技術までをシステマチックにプラットフォーム化出来るように、参加メンバーでの連携の強化に努めていきたい。
マイクロバイオーム医薬品の開発パイプラインは、アメリカ、フランス、スペイン等	海外のマイクロバイオーム医薬品の開発パイプラインの多くは FMT（糞便移植）であるが、我が

と続いているが、プロバイオティクス分野で先行していると言われるにもかかわらず0である。これは、技術があるにもかかわらず、医薬品が出来ていない理由を深掘する必要がある。	国がプロバイオティクス分野で先行している製品は健康食品の延長としての経口摂取であることから、投与方法の違いや、各種のリスクに対応した規制の整備の観点から医薬品としてのパイプラインの立ち上げが遅れたものと考えられる。一方で、嫌気性細菌の培養・製剤技術等において国際的にも先行している我が国で、初めての本格的なマイクロバイーム創薬の推進事業であり、当初設定目標を遙かに上回るアウトプットが達成されていることから、今後の本分野の発展が期待出来ると考えている。
有用菌の増殖促進物質に関して、in-vitroのみならず in-vivo で効果的なモダリティの選択なども重要である。	我が国はプレバイオティクスにおいても優れた製品が多数市場化されているものの、それらの客観的な評価は不足しているとの指摘もあることから、本プロジェクトでは in vivo での定量的な効果の測定と並行して、低コストでハイスループットに半定量的な評価を行う技術も開発しているところである。in vitro と in vivo の両方の技術を活用することで、当初の目標を大きく上回る達成状況となっており、今後も戦略的に推進することとしたい。
その達成基準の定義について、充実度や質を評価出来る指標の設定、または具体的な事例を挙げることは可能であるか？	本分野は、培養技術自体が発展途上であり、また菌種についても概念の定義等が未解明であることから、現状ではこれ以上の具体的な指標や事例をアウトプット目標として設定することは困難な状況である。

(3) マネジメント

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
マイクロバイームの分野は、今後、研究が進み、腸内細菌一生体の相互作用による各種機能性が続々明らかになってくると思われる。これらの進歩にもフレキシブルに対応できる研究開発計画、および、研究者の集団へと育ててほしい。	上流のアカデミアから製剤技術等の薬事対応まで、一気通貫のエコシステムが構築されたプロジェクトであり、全体を産業界の専門家集団であるJMBCがマネジメントしていることから、今後の新たな技術進歩にもフレキシブルに対応することが期待されている。
研究開発計画の策定、管理については、製薬会社・CRO等からの現役トップ・マネジメント層からの直接的な助言や評価を期	参画している製薬企業、CMO等の一部には該当する方々も関与しているが、今後はより一層現役トップ層からの助言等を求める運用に配慮してい

待したい。	きたい。
レギュラトリーサイエンスのグループも配しているとバランスが良いように思う。	研究開発課題③のグループには、国衛研も研究協力者として参加しており、レギュラトリーの観点からの連携・支援を行うと共に、AMED 内に PMDA 関係者のグループを整備して、将来の薬事審査の円滑化を目指した連携を進めている。
マイクロバイオーミ研究は食品企業で行われており、それらの企業参入が進捗に大きく関与する。	プロジェクト全体の研究コンソーシアムをマネジメントする組織として、JMBC が課題間連携を担当しており、この JMBC には食品企業等もメンバーとして参加しているため、開発成果の導入・普及が円滑に進むことが期待されている。
令和 7 年度に治験薬製造はハードルが少し高そうに思える。	すでに市場化している免疫チェックポイント阻害剤の奏効率を向上させるための併用治療を想定しており、製剤技術等の開発が順調に進展するならば、製薬企業や病院が連携して令和 7 年度に治験薬として製造する可能性はあると考えている。

第 3 章 評価対象事業に係る資料

以下、省略

新規研究開発事業に係る事前評価書

1. 事業情報

事業名	次世代送達技術開発 (「次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業」に追加する新規テーマ)	
担当部署	経済産業省 商務・サービスグループ 生物化学産業課	
事業期間	2024 年度 ～ 2029 年度 (6 年間)	
概算要求額	2024 年度 5,700 (百万円) の内数	
会計区分	☒ 一般会計 / ☐ エネルギー対策特別会計	
類型	☒ 研究開発プロジェクト / ☐ 研究資金制度	
上位政策・施策の目標 (KPI)	新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画 (令和 4 年 6 月 7 日) (4) 再生・細胞医療・遺伝子治療等 ③治療薬・ワクチンの開発 世界的に医薬品市場が成長を続ける中、我が国においても、創薬を成長産業とすべく取組を進める。特に、今後の感染症危機に備えるため、治療薬やワクチンの開発に取り組む。	
事業目的	核酸医薬品等の新規モダリティの市場は急成長が予測されており、我が国アカデミアが高い技術力を有していることから、我が国の製薬企業が世界市場を狙うべき領域である。本事業では、既に他省庁含む研究開発事業で見出された薬剤送達技術を活用して医薬品の実製造にも対応できる基盤技術確立し、我が国発の新規モダリティの医薬品が幅広く実用化される環境の構築を目指す。	
事業内容	本事業では既に見出されている薬剤送達技術、創薬設計技術、製造・製剤化技術、送達評価技術を研究開発早期から組み合わせ、各プレイヤーの要素技術の連携による薬剤送達技術の確実な社会実装を達成するため、以下の研究開発項目を実施する。 (研究開発項目①) 全身投与でターゲティング可能な薬剤送達技術の開発 (研究開発項目②) 新規モダリティの臨床予測性の向上につながる薬剤送達評価技術の開発 (研究開発項目③) 薬剤送達技術と創薬シーズの複合体の実生産規模での製造方法の開発 (研究開発項目④) 研究開発項目③で開発した複合体における前臨床試験・研究開発	
アウトカム 指標		アウトカム目標
短期目標 (2030 年度)	事業成果である各種技術を活用した我が国初の医薬品の前臨床・臨床試験数	3 件
長期目標 (2035 年度)	事業成果である各種技術を活用した我が国初の医薬品の薬事承認申請件数	1 件

アウトプット 指標		アウトプット目標
中間目標 (2026 年度)	開発された薬剤送達技術、製造技術、薬剤送達評価技術の件数	6 件
最終目標 (2029 年度)	開発された薬剤送達技術、製造技術、薬剤送達評価技術の件数	12 件
マネジメント	・ 個々の採択課題は、3 年目に外部有識者によるステージゲート審査を行う。 ・ 年に数回推進委員会を開催。進捗状況を確認し、必要に応じて事業計画を見直す。 ・ 事業開始 3 年目と終了時に、研究評価委員会において中間評価、終了時評価を実施。	
プロジェクトリーダー	プロジェクトリーダーはアカデミアにおける本分野の専門家を予定。研究開発項目毎にサブリーダーを設置。研究開発された要素技術同士の提携の調整や早期連携を促すためにも、新規モダリティや薬剤送達に関して専門性を有する有識者をコーディネーターとして配置する。	
実施体制	経産省（定額補助） → AMED（委託） → 大学、民間企業等	
	研究開発項目①： アカデミア、創薬ベンチャー等	
	研究開発項目②： 国衛研、製薬協等	
	研究開発項目③： CDMO、CMO	
	研究開発項目④： 製薬企業等	

2. 評価

経済産業省研究開発評価指針（令和4年10月）に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて事前評価を行い、適合性を確認した。以下に、外部評価者の評価及び問題点・改善点に対する対処方針・見解を示す。

(1) 外部評価者

大門 良仁 メディップコンサルティング合同会社 代表社員

津本 浩平 東京大学大学院工学系研究科 教授

松川 泰久 Veneno Technologies 株式会社 事業開発担当 取締役

（五十音順）

※評価期間：4月10日～4月13日

(2) 評価

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

核酸医薬品の開発は DDS 技術との適切な融合に限りがあり、適用疾患が限定されていたが、当事業では社会実装への明確な課題と解決への道筋を的確に把握しており、優れた事業が提案されている。実施体制についても、DDS の基礎研究の中心となるアカデミアと企業を繋ぎ、アカデミアの知財戦略に企業のナレッジを組み入れられる体制を構築している点に本プロジェクトの意義を感じる。また、事業初期に FTO（Freedom to operate）が確保されている点から、製薬業界のビジネス戦略に合致した知的財産になり得る。DDS シーズの採択について、ゼロから技術開発を行うことはリスクもあるため基盤技術が固まったシーズを半数程度採択することが期待される。より斬新なアイデアを前広に、また有効成分の開発研究を進めている創薬ベンチャーも採択できるよう検討されたい。また、臨床試験実施時期のハードルがやや高い。なお、オープン・クローズ戦略の策定には、規制当局側で規制を実際に作成した経験豊富な人材との密な連携が不可欠であり、いかにして実施するか検討する必要がある。多くのアイデアがアカデミアに埋もれていることから発掘のための外部情報の収集機能の設置が必要と考える。さらに、枠組みとして、アカデミアと製薬企業の共同研究への助成金補助とあまり変わらない。いかにしてオープン・クローズド戦略を実施するのが判りにくい。

主として個別企業の個別の有効成分に対する DDS となることから、デファクトと呼べるサイズのものが出来るかどうかは不明である。また、デファクトの定義と CTD に関しては、若干認識が異なると考える。DDS はすべての有効成分に共通して使用できない。また、CTD は申請資料の品質を担保し、承認プロセスの短縮を図るものでもあることから標準化について少し整理が必要と思われる。

② 目標

アウトカム目標に対するベンチマークの設定は妥当であり、経済効果がベンチマークから推定されていることから、投資に対するリーターンの予想も妥当と言える。アウトプット目標は科学的観点から技術の到達度合いで設定されており、将来性も鑑みた現実的かつ期待される目標が適切に設定されている。

アウトプット目標・アウトカム目標についてはもう少し高い数値でもよいと考える。1つの DDS 技術で多くの製品開発プログラムがすすめられることや、異なる有効成分と組み合わせで多くの開発品が生まれることを期待している。また予算が限られていることから、1件

あたりのシーズに対する予算が分散しないよう留意が必要である。

③ マネジメント

新規核酸医薬品開発を加速させるために要請、要望されていた内容を包含しており、専門家と事業コーディネーターが事業の体制を補完するなどして強力な開発体制の構築が期待できる。また受益者負担を軽減するアイデアにより基礎研究の活性化に繋がるとともに、2026年のゲート「有望なシーズの絞り込み」のクリアと本格研究への採択がインセンティブとなることからゲートの設定は効果的と考える。

知財をもつ各アカデミアへの支援体制、知財専門家とハンズオンで支援出来るシステムの構築が必要である。また、ゲートを通過できなかったシーズのフォローアッププロジェクトを検討されたい。なお、製薬会社等からの研究開発計画等の提供については、現役トップ・マネジメント層からの直接的な助言や評価を期待したい。

(3) 問題点・改善点に対する対処方針

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点	対処方針・見解
多くのアイデアがアカデミアに埋もれていることから発掘のための外部情報の収集機能の設置が必要と考える。	本研究開発では、知財の専門家や事業コーディネーターからなるサポート体制を構築する予定であり、そこにおいてFTO調査を含めた外部情報の収集機能を持たせる予定である。
DDSシーズの採択について、ゼロから技術開発を行うことはリスクもあるため基盤技術が固まったシーズを半数程度採択することが期待される。	本研究開発ではある程度技術開発されているものをメインで採択する予定であるため、ゼロから技術開発するものは含まないことを想定している。
より斬新なアイデアを前広に、また有効成分の開発研究を進めている創薬ベンチャーも採択できるよう検討されたい。	有効成分、DDS、リンカーいずれにおいても創薬ベンチャーなどに優れた技術があるならば、採択できるよう検討する。
臨床試験実施時期のハードルがやや高い。	臨床試験実施時期についてはGalNAcの事例を元として検討したものであり、この時期に前臨床試験が実施できるよう、研究開発体制のマネジメントはしっかりしていく予定である。
枠組みとして、アカデミアと製薬企業の共同研究への助成金補助とあまり変わらない。いかに、オープン・クローズド戦略を実施するのかが判りにくい。	オープン・クローズド戦略は単独の産学の連携とは異なり、既存のAMED事業の枠組みに追加して、知財の専門家及び事業コーディネーターによるハンズオン支援と共に、CTD等の参加企業等での共有等による技術のデファクト化を目指すこと等により、戦略的な開発と事業化を目指すこととしている。（詳細は非公開）
主として個別企業の個別の有効成分に対するDDSとなることから、デファクトと呼べるサ	本事業の狙うべきはGalNAcのような広範な有効成分が活用できる、デファクトと呼べるサイズの

イズのものが出来るかどうかは不明である。また、デファクトの定義と CTD に関しては、若干認識が異なると考える。DDS はすべての有効成分に共通して使用できないことから、いわゆる、i-OS と Android、VHS とベータなどのどちらかが領域を独占するデファクト戦略とは若干異なると考える。また、CTD は申請資料の品質を担保し、承認プロセスの短縮を図るものでもあることから標準化について少し整理が必要と思われる。	DDS の開発である。しかしながら、それが困難な場合には個別のシーズに有効な DDS の開発にもなり得る。 デファクトと呼べるサイズの優れた DDS が開発された場合には、規制を交えた CTD の作成等によってデファクトスタンダード戦略を立てることとするが、個別のシーズに有効な DDS が開発された場合には、デファクトを狙う戦略ではなくオープン・クローズド戦略を立てることを検討する。 なお、CTD は製薬企業が規制部門に承認申請する際の CQA や CPP 等も含めた審査条件を満たす内容となっているが、これをモックアップ化して CDMO 等とも共有することにより、国内ベンチャーや製薬企業の新規参入の障壁を低くする効果等も期待され、こうした運用を戦略的に進めることにより開発技術の普及を促進するツールとしても利用可能である。
オープン・クローズ戦略の策定には、規制当局側で規制を実際に作成した経験豊富な人材との密な連携が不可欠であり、いかにして実施するか検討する必要がある。	CTD の作成においては、実際に CTD の作成に関わっている人材を入れ込む予定であり、採択する際には規制当局側での経験の有無を評価して考慮することを検討する。

② 目標

問題点・改善点	対処方針・見解
アウトプット目標・アウトカム目標についてはもう少し高い数値でもよいと考える。	アウトプット目標については、予算額が 20 億円、一課題当たり 2 億円とすると、6 年間で 20 件ほどの採択数となるが、そのうち 6 割（12 件）が AMED の課題評価で高評価を得て、次へ進めることを想定しているところ、6 割以上は目標として高すぎると考えている。アウトカム目標については、GalNAc の事例を参考にして、アウトプット 12 件から、医薬品の前臨床・臨床試験数 3 件（2030 年）へつなげることとし、そのうち医薬品の承認申請 1 件（2035 年）を目標としており、十分高い目標と考えている。
予算が限られていることから、1 件あたりのシーズに対する予算が分散しないよう留意が必要である。	本事業は有望な薬剤送達技術の開発が最終目標であるため、事業目標が達成されるよう、予算が分散しすぎないことに留意する。

③ マネジメント

問題点・改善点	対処方針・見解
PL だけでは十分なソリューションが見いだせないケースもあり、知財をもつ各アカデミアへの支援体制、知財専門家とハンズオンで支援出来るシステムの構築が必要である。	AMED において、研究開発実施者とは別にサポート体制の公募も実施し、それによりハンズオンで支援できるシステムを構築することを検討している。
ゲートを通過できなかったシーズのフォローアッププロジェクトを検討されたい。	ゲートを通過できなかったシーズについて、有望であるが予算の制限で落ちてしまったものについては、AMED の他の事業の紹介などによりフォローアップの実施を検討する。
製薬会社等からの研究開発計画等の提供については、現役トップ・マネジメント層からの直接的な助言や評価を期待したい。	研究開発計画の提供については、各製薬企業等の研究開発部門のマネジメント層からの直接的な評価や説明する機会が得られるような形で実施できるよう、公募要領を検討していきたい。
DDS に関しては、成功事例や革新的先行研究が少ないことから PD/PS/PO 体制に関して、アカデミアと製薬企業の意見が反映できるような体制かつ柔軟なアイデアの拾い上げが可能な組織と人材が望ましい。	PD/PS/PO 体制を大きく変更することは困難であるものの、事業コーディネーターや科学調査員を配置することで、アカデミアと製薬企業の意見が反映できるような体制かつ柔軟なアイデアの拾い上げが可能な組織の構築と運営を目指す。
オープン戦略における受益者の範囲をコントロールして管理するための組織がないなどの問題点がある。	事業コーディネーター、知財の専門家、PSPO からなる体制においてオープン戦略における受益者の範囲を検討する体制とする。

（参考）外部評価者の評価コメント

以下、外部評価者から入手した意見を記載する。

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- 本プロジェクトは次世代技術のモダリティとして核酸医薬を選択している点で、一歩先を行く取り組みとして良いポジションを取れている。勿論、DDS は低分子、ペプチドや抗体などすべての医薬品モダリティに求められてきたものであるが、より広範なターゲットにアプローチ可能な核酸医薬と組み合わせることでより有効と考える。
- 核酸医薬もアンチセンス、siRNA、miRNA、m-RNA、人工染色体、リボザイムと種々のモダリティで構成されている点から開発された DDS の応用範囲が広がる。また、核酸と言う共通分子であることから、開発された DDS の適応が容易になることも推察され、効率が良いと考える。
- 近年、DDS にフォーカスしたプログラムが少なく、大規模な支援が望まれている。特に、DDS の基礎となるバイオロジーの研究はアカデミアが中心であることから、アカデミアと企業を繋ぐ本プロジェクトの意義を強く感じる。
- 研究開発項目①においてアカデミア及び製薬企業が要素技術（有効成分、リンカー、DDS）の磨き上げを行うとともに、次ステップで研究開発項目②の薬剤送達評価技術研究と開発項目③の CDMO による複合体の GMP 製造実証が並行して実施される点が、研究スピードと実現性を高めるために優れた計画になっている。
- DDS 研究においてモデル薬物を使った研究はナンセンスで実用化には遠い。本プログラムにおいて、アカデミアの DDS のアイデアと製薬企業の有効成分の探索を同時に進めることで、治療上の課題などが浮き彫りとなり、DDS に求められる機能が明確化できる。この点から本プログラムの実行性は高いと考える。
- アカデミアの知財戦略に企業のナレッジを組み入れることで、広範な知財保護を抜け目なく進める点はいい進め方と考える。指摘の様に、製薬業界のビジネス戦略に合致した知的財産となるよう、製薬業界の知財担当等の意見を聴取した上で出願書類等を作成し、出願することが重要である。
- オープン・クロード戦略により、非競争領域で製薬各社が自社品に活用したり、アカデミアやベンチャー企業がさらに新しい技術開発や複合技術の開発に繋がれば、大きく日本の競争力の強化につながる。
- 核酸医薬品の開発は、抗体医薬品がそうであったように、今までとは作用機序、標的が異なる医薬品を可能にする一方で、DDS 技術との適切な融合に限りがあり、適用疾患が限定されていた。位置づけ、意義はもとより、社会実装への明確な課題と道筋、さらに知財・標準化戦略に関して、的確な把握と優れた事業が提案されている。
- COVID-19 mRNA ワクチンの登場以降、核酸医薬に対するニーズが急速に高まっている一方、DDS 技術に関しては LNP の独占権を有する Arbutus によるモデルナへの特許紛争が活発化しており、FTO が確保された新規 DDS 又は改良 DDS の登場が製薬会社等からますます期待されている。このような中、国家プロジェクトとして取り組む価値は極めて高い。

【問題点・改善点】

- DDS の研究は古くから行なわれてきたが、バイオロジー研究があまり進んでいないことから、トライ＆エラー的なアプローチが多かった。多くのアイデアがアカデミアに埋もれていることから発掘のための外部情報の収集機能の設置が必要と考える。
- 例えば、BBB 透過性を改善する DDS 研究は、現在トランスフェリン受容体やグルコース輸送担体にフォーカスされたものに限定されている。より斬新なアプローチやターゲットが見出されるような事業にするために、多くの初期プロジェクトが採択されるようなプログラムにして欲しい。
- 6 年間のプログラムで長期間の支援は良いが、2030 年の臨床試験はややハードルが高い。また、DDS のアイデアは、日々生み出されていることから常に新技術を取り込み支援するような取り組みにして欲しい。
- 核酸医薬を使った有効成分開発はミクロには標的分子がそれぞれ異なることから、製薬会社間で共通使用可能な DDS 技術を開発することは難しいように思われる。但し、マクロには BBB 透過、消化管吸収性、各種臓器標的性の DDS はある程度汎用性も高いと考える。
- 枠組みとして、アカデミアと製薬企業の共同研究への助成金補助とあまり変わりがない。いかに、オープン・クローズド戦略を実施するのが判りにくい。
- 核酸医薬の開発研究はベンチャー企業により進められているプログラムが多い。そのため、製薬協などの団体加盟企業に支援が集中すると、有効成分の開発研究に繋がらないことも考えられる。そこで、創薬ベンチャーのプログラムも採択されるように公募をして欲しい。
- 主として個別企業の個別の有効成分に対する DDS となることから、デファクトと呼べるサイズのもので出来るかどうかは不明である。また、デファクトの定義と CTD に関しては、若干認識が異なると考える。DDS はすべての有効成分に共通して使用できないことから、いわゆる、i-OS と Android、VHS とベータなどのどちらかが領域を独占するデファクト戦略とは若干異なると考える。また、CTD は申請資料の品質を担保し、承認プロセスの短縮を図るものでもあることから標準化について少し整理が必要と思われる。
- ゼロから DDS シーズ技術を開発することは時間がかかり成功確率も下がるため、既にある基盤技術からの改良 DDS を目指すシーズも半分程度採択されることが期待される。一方で、米国を中心とした既存特許による特許紛争を回避できるよう、FTO を確保しながら、新規知財ポートフォリオを構築することも重要である。
- オープン・クローズ戦略の策定には、規制当局側で規制を実際に作成した経験豊富な人材（厚労省、PMDA、AMED 等の現役又は出身者）と知財人材の密な連携が不可欠。

② 目標

【肯定的意見】

- 短期目標（前臨床試験、臨床試験）と長期目標（薬事承認申請）に対して、既存 DDS と医薬品開発期間をベンチマークすることで設定されている点で妥当と言える。
- 同じく、経済効果もベンチマークから推定されていることから、投資に対するリーターンの予想も妥当と言える。
- 中間目標と最終目標は、製品化などの技術の実使用の指標ではなく、科学的観点から技術の到達度合いで設定されている。DDS 自体は有効成分との組み合わせで実用化に寄与するか不使用に終わるかに分かれることから、科学的到達度でアウトプット目標を設定することは研究の目標達成度を評価する上で重要である。
- 医薬品開発に必要な年限に基づき適切なアウトカム目標が設定されており、費用対効果も

的確である。開発研究におけるアウトプットは将来性も鑑み、現実的かつ期待される目標が適切に設定されている。

【問題点・改善点】

- （アウトカム目標について）一つの DDS 技術で多くの製品開発プログラムがすすめられることに期待している。この点からは、もう少し高い数値目標でも良いかと思われる。特に、経済効果を GalNac で一部予測していることから、少し控えめな目標となっていると感じる。
- （アウトプット目標について）オープン・クローズド戦略で異なる有効成分と組み合わせで、多くの開発品が生まれることを期待している。この点からはより多くの研究が行われることを期待する。この観点からもう少しアグレッシブな数値目標（2 倍程度）でもよいのではないかと考える。
- 年間予算が 20 億と限られる中、採択件数についてはある程度絞る必要があるのではないかと考える。1 件あたりのシーズに対する予算があまり分散してしまわないよう留意していただきたい。

③ マネジメント

【肯定的意見】

- 執行機関は METI、NEDO、AMED、国衛研でよいと考えるが、サポート体制が不十分であることから補助組織を設置して、専門家と事業コーディネーターで補完することは効果的・効率的な事業執行を進める点から有用と考える。
- 事業の方向性に関して、評価委員による指摘や PD/PS/PO 体制による進捗・成果の確認・管理は良いと考える。
- 国内製薬企業は薬価ならびに国民皆保険へ貢献することで国民の健康維持増進に貢献してきた。そのため、海外企業に比べて、研究費の源泉が小さい傾向にあったことから、今回の受益者のリスクを考慮した負担は実効性が高く、良い支援事業と考える。
- リスクが大きい医薬品開発において、オープン戦略を推進することで受益者負担を軽減するアイデアは基礎研究の活性化につながると考える。
- 本プログラムでは 2026 年のゲート「有望なシーズの絞り込み」まで多くの初期プロジェクトを採択して動かす。そこで、ゲートクリアと本格研究への採択がインセンティブとなることからゲートの設定は効果的と考える。
- 送達技術のメカニズム解明も後半で実施されることから、より優れた DDS 開発の切っ掛けになると考える。
- 要素技術を医薬品開発に直結させるシステム構築あるいは連携体制が、特に核酸医薬品には喫緊の課題であった。本事業は、優れた要素技術の糾合を含め、新規核酸医薬品開発を加速させるために要請、要望されていた内容を包含し、強力な開発体制の構築が強く期待できることから、特に高く評価できる。

【問題点・改善点】

- DDS に関しては、成功事例や革新的先行研究が少ないことから PD/PS/PO 体制に関して、アカデミアと製薬企業の意見が反映できるような体制かつ柔軟なアイデアの拾い上げが可能な組織と人材が望ましい。

- オープン戦略における受益者の範囲をコントロールして管理するための組織がないなどの問題点がある。本プログラムでは知財がアカデミアにあることが想定されるので、各アカデミアの産学連携部門が担当すると考えられる。しかしながら、産学連携部門では管理や公開に限界があるので、何らかの支援体制が必要と考える。
- ゲートをクリアできないプロジェクトが多く出るが、可能性のあるものは引き続き支援が継続されるようなフォローアッププロジェクトがあった方がよい。
- PL だけでは十分なソリューションが見いだせないケースもあり、実施体制には進捗管理に加えて、知財専門家とハンズオンでプロジェクト側に立った専門家支援が出来るシステムが必要である。
- 製薬会社等からの研究開発計画等の提供については、現役トップ・マネジメント層からの直接的な助言や評価を期待したい。

新規研究開発事業に係る事前評価書

1. 事業情報

事業名	遺伝子治療開発加速化研究事業（「再生医療・遺伝子治療の産業化に向けた基盤技術開発事業」に追加する新規テーマ）
担当部署	経済産業省商務・サービスグループ 生物化学産業課
事業期間	2024 年 ～ 2029 年（6 年間）
概算要求額	令和 6 年度 4,120 百万円の内数
会計区分	☒ 一般会計 / ☐ エネルギー対策特別会計
類型	☒ 研究開発プロジェクト / ☐ 研究資金制度
上位政策・施策の目標（KPI）	新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画・フォローアップ（令和 4 年 6 月 7 日） （4）再生・細胞医療・遺伝子治療等 ①再生・細胞医療・遺伝子治療 再生・細胞医療・遺伝子治療については、新たな医療技術の臨床研究・治験の推進、これらの医療技術の製品化に向けた研究開発、治療に用いる細胞・ベクター（ウイルスなど細胞へ遺伝子を導入するための媒介）の製造基盤強化、人材育成等を進め、有効な技術を実用化につなげる。再生・細胞医療と遺伝子治療の垣根を取り払い、遺伝子治療におけるゲノム編集技術を再生・細胞医療に応用するなど一体的な研究開発や臨床研究拠点の整備を進める。 ゲノム編集技術に加え、分化効率が高い又は拒絶反応が低い次世代の i P S 細胞、それぞれの人の特性に合った薬効等を試験できるオルガノイド（試験管内で人工的に作られるミニ臓器）、細胞から分泌されるエクソソームの病気の診断や治療への活用に向けた研究開発等、革新的な研究開発を進める。
事業目的	遺伝子治療の技術は、一回から数回の治療で効果が継続し、また症状の大幅な改善や根本治療を可能としようという革新的な治療手段として大きな期待が寄せられており、年成長率 50%以上の急速な市場拡大も予想されている。 一方で、治験において重大な薬害事象が発生しているなどの安全性への懸念や、遺伝子治療薬が数千万～数億円と高額化しているというコスト面の課題は残存しており、遺伝子治療に用いるウイルスベクターを安全かつ効率的に生産する技術の開発が必要不可欠である。 本事業では、遺伝子治療の産業化に向けて、ウイルスベクター生産のコアとなる技術の開発と、それを用いた生産基盤の整備を目指す。
事業内容	治験届提出に向けた開発（製造工程の設計、非臨床 POC の開発、治験薬製造等）に必要なコア技術を開発しながら、治験届提出に向けて実用的な研究開発を進める。併せて、治験薬製造／商用生産向けのウイルスベクターの GMP での製造実証を行い、その中で明らかとなった課題や国内外技術動向を踏まえてコア技術の開発を進める。

アウトカム 指標		アウトカム目標
短期目標 (2030 年度)	製造工程内に本事業で開発したコア技術を組み込んだ上で提出された治験届の提出状況	2 件
長期目標① (2033 年度)	製造工程内に本事業で開発したコア技術を組み込んだ上で提出された治験届の提出状況	5 件（累計）
長期目標② (2033 年度)	製造工程内に本事業で開発したコア技術を組み込んだ上で治験薬を製造した開発品で治験 P1/2 が完了している件数と製造に起因する問題（開発中止等）がなかった件数の合計件数	1 件
アウトプット 指標		アウトプット目標
中間目標 (2027 年度)	本事業内で開発したコア技術を臨床研究・治験・商用生産で利用したパイプラインの件数（事業内での製造実証での利用を含む。また、複数のコア技術が 1 つのパイプラインで利用された場合はコア技術の数を計上する。）	10 件
最終目標 (2029 年度)	同上	20 件（累計）
マネジメント	・ 個々の採択課題は、3 年目に外部有識者による中間評価（ステージゲート審査）を行う。 ・ 年に数回開催する推進委員会で進捗状況を確認し、必要に応じて事業計画を見直す。 ・ 事業開始 3 年目と終了時に、研究評価委員会において中間評価、終了時評価を実施する。	
プロジェクトリーダー	事業実施においては、研究分野に関して優れた学識経験や研究開発の実績等を有し、研究開発課題の評価及び業務運営に関して見識を有する専門家をプログラムディレクター（PD）、プログラムスーパーバイザー（PS）、プログラムオフィサー（PO）として配置する。PD、PS、PO は協力して、連携分野全体の課題を把握し、担当する連携分野の運営や分野間の協力の推進等の高度な専門的調整を行うことで、マネジメント体制を明確とした上で、実施者間での連携、成果のユーザーによる関与など、実用化・事業化を目指した実施体制や役割分担を実現する。 さらに、採択者の中から本事業におけるプロジェクトリーダーを配置予定である。	
実施体制	METI（定額補助） ⇒ AMED（委託） ⇒ 実施者	

2. 評価

経済産業省研究開発評価指針（令和 5 年 1 月 1 日）に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて事前評価を行い、適合性を確認した。以下に、外部評価者の評価及び問題点・改善点に対する対処方針・見解を示す。

(1) 外部評価者

三木 秀夫 田辺三菱製薬株式会社 創薬本部 創薬企画部 主席

八代 嘉美

藤田医科大学 橋渡し研究支援人材統合教育・育成センター 教授

慶應義塾大学医学部生理学教室 訪問教授 / 殿町先端研究教育連携スクエア 特任教授

国立医薬品食品衛生研究所 再生・細胞医療製品部 客員研究員

山口 照英 金沢工業大学 附置研究所 教授

日本薬科大学 薬学部 客員教授

国立医薬品食品衛生研究所 衛生微生物部 客員研究員

（五十音順）

※評価期間：4 月 3 日～4 月 7 日

(2) 評価

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

遺伝子治療の実用化により、先天性免疫不全症や ADCC 欠損症などこれまで治療不可能と言われた疾患の治療が可能になってきた。これは単に治療法ができたというだけでなく、生涯にわたって 24 時間の介護が必要とされる多くの先天性疾患を持つ患者・家族が社会に参加できる可能性が示唆されており、その開発は先天性疾患を持つ患者の社会参加を可能とする意味においても極めて重要である。他方、技術的には未熟であり、新しい技術を開発し、広く展開するには企業単独での取り組みでは限界があるため、それぞれの強みをもつ国内の研究機関が集まって事業化の基盤を構築することは、医療向上からも、産業振興からも意義が高い。上記を踏まえて、国が実施する意義は強く認められる。

事業の実施計画に関しても、前事業で形成されてきたネットワークや技術、蓄積された知見を活用して具体的かつ妥当なアウトカムが設定されており、それを実現するために、遺伝子治療を実際に研究開発する研究機関と製造技術の開発を担う研究機関の連携を強力に促し、さらには製造における要素技術開発と、それらを統合した製造プロセス開発から治験薬製造、商業製造へと展開する実践的なロードマップが作成されているため、妥当であると考えられる。

技術の標準化を目指す戦略に関しても、遺伝子治療の分野では、生体内分布、ウイルス安全性、挿入変異、体外排出などの評価についてガイドラインや ICH 見解などが出されている中、ISO に進むよりは規制当局との連携を主にして開発を進める方がよく、ロビイングの比重が大きいデジュリスタンダードではなくデファクトスタンダードを目指す方向性は効率的に成果を得るために適切な戦略である。

一方、採択する開発品の研究開発を迅速に進めることが重要ではあるものの、技術開発や製品開発を含めた治験届までの期間が事業を開始してから 5 年というのは短い。設定した期間内で実施することよりも、確実に課題を解決していく柔軟な計画立案と実行を求めたい。事業計画に関しては、A 製品と B 製品では重要品質特性(CQA)が異なりスケールアップファクター検証の計画も変わりうることや、複数の製品

に共通して使用できる重要な製法、工程管理手法、特性解析手法に絞ってやるべきであることを踏まえ、取り扱う品目や開発計画を踏まえて随時見直しを行うべき。精査に当たっては、以下の観点にも十分配慮すること。

- ・標準品は開発企業が目的製品（AAV ベクター）ごとに開発ステージで樹立し、様々な試験の評価において品質特性の評価スケールとして使用するものであり、ATCC と同様の標準品は粒子数の計測における試験法の妥当性確認程度にしか使えないこと。
- ・スケールアップファクターの確認については、重要品質特性(CQA)を把握し、スケールアップ時にその CQA が同等であることを確認するという考え方が重要であること。（アウトカム達成への道筋についても取り扱う品目や開発計画を踏まえて随時見直しを行うべき。）
- ・エンベロープウイルスでは糖鎖が活性や細胞指向性等に関与する可能性があるが、糖鎖の不均一性が活性に影響する場合、製品ごとに不均一性の恒常性を担保することが重要であること。その際、ウイルスベクターに適用できるような高感度の評価系があれば十分である。

加えて、開発成果の展開に向け、開発チーム内における成果帰属の明確化、成果を創出した研究機関への適切なリターン、国内外企業への広い展開のためには、知財の保護と成果へのアクセス促進を適切に進めてもらいたい。また、ARM が NIIMBL と共同で発出している“A-Cell”などの諸外国の動向を適切に把握し、どう対応すべきかの方針を定めて対応する必要がある。

② 目標

水平展開が可能なモデル化を重視した、単一のプロダクトより産業構造全体へのインパクトを重視した内容であることから、開発されたコア技術が臨床研究、治験、商用生産に利用された数をアウトプットとして評価することは、コア技術の技術レベルの妥当性、競争優位性を評価するために適切である。また、開発した技術を治験薬製造あるいは商業製造に活用して実績を上げていくことが、技術を広く活用されるようにするためには必要であり、治験届をアウトカムとすることは適切である。先天性疾患に関する画期的な遺伝子治療製品の開発を日本から生み出していくことには大きなインパクトがあり、少なくとも研究開発期間内に複数の品目が治験に至れば世界的にも重要な意味をもつ他、その開発で用いられた技術、生産細胞などがゴールドスタンダードになりえると想定されるため、戦略的にも非常に有意義である。

一方、短期アウトカムとしては、単一遺伝子疾患に対する遺伝子治療を想定するならば、適切な事業期間の設定の上で、一つの疾患に対する治験届件数を 1 件ではなく複数として設定することを期待したい。長期アウトカムとしては、技術活用の展開を評価することでは大事だが、技術レベルを評価するために、技術を活用した開発品の治験で P1/2 が完了している、あるいは製造に起因する問題（中止）がなかったことを指標にしてはどうか。アウトプットとしては、ひとつのコア技術が広く活用されることも重要であるが、本事業のなかで開発されたコア技術の種類の多さも重要なので、この観点からも指標を設定してはどうか。

また、デファクト・スタンダードを狙うという事業の意義を踏まえると、将来的には諸外国の薬事当局や製薬メーカーなどとの連携やホワイトペーパーなど柔軟な指標も検討する必要があるのではないかと。

加えて、遺伝子治療の対象疾患は先天性遺伝子疾患がほとんどであり、非臨床 PoC を取得するためのインビトロ、インビボ評価系の確立が個別製品ごとに非常に重要であるため、こうした創薬開発部分に関してはシーズ開発支援を行う文科省や厚労省の事業と連携して進めるべき。

③ マネジメント

実施体制として、健康・医療分野の研究開発を一元管理している AMED において執行することは適切である。評価者等の考え方についても、わが国で最も初期から開発に携わった遺伝子治療の専門家、またその規制に精通している専門家が参画しており妥当。

受益者負担の考え方についても、遺伝子治療の主な対象は希少疾患のため企業がその研究開発に積極的に取り組めない現状に鑑み、その研究開発を国が委託し、技術レベルを向上させることで、市場性の高い疾患の研究開発を企業独自に取り組める環境を整備するという考え方は妥当である。遺伝子治療の製造に関する効率的な製造プロセスの構築は、将来的には国民の健康や長期的な保険財政への貢献のみならず、構築されたモデルの利活用（国内での技術移転や海外への移植）による産業育成につながることから、公益性が高い事業であるため、経済産業省が担当することが妥当な事業であると考ええる。開発された製品が高額であっても一回の遺伝子治療により従来の酵素補充療法のように継続した高額医療から脱却できれば医療経済的な貢献も期待できることを考えれば、国として実施するべき意義は更に大きいと考えられる。

一方、開発チームの連携が開発の成否に関わることから、3年後のステージゲートとは別に個別事業（開発品の研究開発）の定期的な進捗管理と短期間（例えば1年毎）であっても継続又は中止の判断が必要と考える。競争が激しい領域であるために技術の更新が頻繁に発生する可能性があるため、当初の計画に拘泥することなく、目標の適切な変更や参加者内の連携などをリードする柔軟なアドバイザリーボードの設置を含み、仕組みの構築を工夫すべき。その際、これまでの実績に囚われず、総合的な視点を持った人材や建設的な視点を持つ人材を抜擢して運用にあたらせることが望ましい。

また、開発当初から特定の候補製品のみを開発するのではなく、特定の疾患に対して設計の異なるウイルスベクターを候補とし、開発の進展に沿って絞り込むような戦略も必要である。特に治験第1相までに複数の候補製品の開発を行って、最も効果が期待できる製品の臨床開発を進めるという戦略もあり得る。

(3) 問題点・改善点・今後への提言に対する対処方針

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
採択する開発品の研究開発を迅速に進めることが重要ではあるものの、技術開発や製品開発を含めた治験届までの期間が事業を開始してから5年というの は短い。設定した期間内で実施することよりも、確実に課題を解決していく柔軟な計画立案と実行を求めたい。 事業計画に関しては、A製品とB製品では重要品質特性(CQA)が異なりスケールアップファクター検証の計画も変わりうることや、複数の製品に共通して使用できる重要な製法、工程管理手法、特性解析手法に絞ってやるべきであることを踏まえ、取り扱う品目や開発計画を踏まえて随時見直しを行うべき。	ご指摘を踏まえ、治験届出の時期（アウトカム短期目標）は事業開始から7年後の2030年へ延長したい。 その上で、開発すべき製法・工程管理手法・特性解析手法に関しては、事業開始1年目に行う有識者会議において、採択者の選択した製品の特性を踏まえて選定することとする。2年目以降も有識者会議（AMEDが実施するPSPO会議等）での議論と、GMP製造実証で得られた知見を踏まえ、随時見直しを行っていく。事業後半の治験開始に向けた準備期間においては、3年目終了時のステージゲートとなるAMEDによる中間評価において適切な計画立案を行った上で、創薬開発の進捗も踏まえて随時見直しを行うこととする。

開発成果の展開に向け、開発チーム内における成果帰属の明確化、成果を創出した研究機関への適切なリターン、国内外企業への広い展開のためには、知財の保護と成果へのアクセス促進を適切に進めてもらいたい。 また、ARM が NIIMBL と共同で発出している“A-Cell”などの諸外国の動向を適切に把握し、どう対応すべきかの方針を定めて対応する必要がある。	開発成果の展開のうち、知財の取扱いに関しては、AMED における取扱いの規程を遵守した上で、参画者間で知財の保護や成果の取扱いに関する協定を締結いただくこととし、適切に管理していきたい。 また、産業界でのスタンダードを獲得するためには規制当局との議論のみならず、ARM 等の海外業界団体や規制当局の議論を不断に把握することが重要であることを踏まえ、上記の事業 1 年目での有識者会議では、A-CELL や A-GENE のような海外の動きへの対応についても議論し、方針を定めることとする。
--	--

② 目標

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
短期アウトカムとしては、単一遺伝子疾患に対する遺伝子治療を想定するならば、適切な事業期間の設定の上で、治験届件数を 1 件ではなく複数として設定することを期待したい。 長期アウトカムとしては、技術活用の展開を評価することでは大事だが、技術レベルを評価するために、技術を活用した開発品の治験で P1/2 が完了している、あるいは製造に起因する問題（中止）がなかったことを指標にしてはどうか。 アウトプットとしては、ひとつのコア技術が広く活用されることも重要であるが、本事業のなかで開発されたコア技術の種類の多さも重要なので、この観点からも指標を設定してはどうか。また、デファクト・スタンダードを狙うという事業の意義を踏まえると、将来的には諸外国の薬事当局や製薬メーカーなどとの連携やホワイトペーパーなど柔軟な指標も検討する必要があるのではないかな。	ご指摘を踏まえ、治験届出件数を 1 件から 2 件へ増やすとともに、成功確率との兼ね合いから事業期間を 5 年から 6 年へ延長したい。 長期アウトカムとしては、現在のアウトカムと併せて、「技術を活用した開発品の治験で P1/2 が完了している件数と製造に起因する問題（開発中止等）がなかった件数の合計件数について、2033 年までに 1 件」を追加したい。 アウトプットとしては、本事業は第一期事業に比して真に必要なコア技術に絞り重点的に支援することを想定しているため、それをより評価できるコア技術のパイプラインでの活用数を設定しているが、コア技術の種類や諸外国の薬事当局や製薬メーカーなどとの連携やホワイトペーパーの件数についても、中間・事後評価で評価することとしたい。なお、これらの企業に導出された技術の件数や論文数等の指標に関しては、AMED の PJ3「再生・細胞医療・遺伝子治療開発」の評価指標となっているため、AMED の事業評価の一環として捕捉・評価されている。
創薬開発部分に関してはシーズ開発支援を行う文科省や厚労省の事業と連携して進めるべき。	文科省や厚労省とは、令和 6 年度概算要求に向けた各省の要求方針のすりあわせの場や、各シーズの橋渡しや製造・評価条件の統一に係る事業の具体的な企画・条件に関する議論の場を既に設定している。引き続き更なる連携に向けて対話を進め、公募や事

	業実施の条件として各事業との連携を組み込むことなどにより、有機的な連携を図っていききたい。
--	---

③ マネジメント

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
開発チームの連携が開発の成否に関わることから、3年後のステージゲートとは別に個別事業（開発品の研究開発）の定期的な進捗管理と短期間（例えば1年毎）であっても継続又は中止の判断が必要と考える。競争が激しい領域であるために技術の更新が頻繁に発生する可能性があるため、当初の計画に拘泥することなく、目標の適切な変更や参加者内の連携などをリードする柔軟なアドバイザリーボードの設置を含み、仕組みの構築を工夫すべき。 その際、これまでの実績に囚われず、総合的な視点を持った人材や建設的な視点を持つ人材を抜擢して運用にあたらせることが望ましい。	本事業では、1ヶ月に1回程度、有識者を交えて事業実施方針の議論や修正を行う進捗会議（PSPO会議）や、事業者間でコア技術の接続や臨床開発に向けた議論を行う戦略会議を行っていただくことを想定している。前身事業でもこうした場を活用し、毎年度末、進捗が遅れた課題や必要性が劣化する課題の予算額を減額し、重点化すべき課題や新たに明らかになった問題への対応に追加配分するなどの柔軟な運用を行っていたため、本事業でもしっかり見直しをしながら進めてまいりたい。 当該有識者会議においては、海外の関連機関での研究・勤務経験を持つ若手研究者や、海外での事業経験のある企業関係者などを含め、国際感覚と俯瞰的視点を持つ有識者の意見を取り入れられる仕組みとする。
開発当初から特定の候補製品のみを開発するのではなく、特定の疾患に対して設計の異なるベクターを候補とし、開発の進展に沿って絞り込むような戦略も必要である。特に治験第1相までに数製品の開発を行って、最も効果が期待できる製品の臨床開発を進めるという戦略もあり得る。	公募時に、特定の疾患に対して設計の異なるベクターを複数種類製造しようとする計画も歓迎することとする。その上で、採択された課題が選定した疾患やベクターの特性を踏まえ、①記載の事業1年目の有識者会議において、臨床開発の計画や、中間評価（ステージゲート時）の評価基準について議論をした上で、事業を進めることとする。

（参考）外部評価者の評価コメント

以下、外部評価者から入手した意見を記載する。

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・遺伝子治療は画期的な治療法である一方で技術的には未熟であり、新しい技術を開発し、広く展開するには企業単独での取り組みでは限界がある。それぞれの強みをもつ国内の研究機関が集まって事業化の基盤を構築することは、医療向上からも、産業振興からも意義が高い。
- ・遺伝子治療を実際に研究開発する研究機関と製造技術の開発を担う研究機関の連携を強力に促し、さらには製造における要素技術開発と、それらを統合した製造プロセス開発から治験薬製造、商業製造へと展開するロードマップは実践的である。
- ・前事業で形成されてきたネットワークや技術、蓄積された知見を活用して具体的かつ妥当なアウトカムが設定されているほか、ロビイングの比重が大きいデジュリスタンダードではなくデファクトスタンダードを目指す方向性は効率的に成果を得るために適切な戦略である。よって十分に国が実施する意義を持つものと考ええる。
- ・遺伝子治療の実用化により、先天性免疫不全症や ADCC 欠損症などこれまで治療不可能と言われた疾患の治療が可能になってきた。これは単に治療法ができたというだけでなく、生涯にわたって 24 時間の介護が必要とされる多くの先天性疾患を持つ患者・患者児童が社会に参加できる可能性を示しており、この点からも重要な事業である。
- ・(3) 標準化に関しては、生体内分布、ウイルス安全性、挿入変異、体外排出などの評価についてガイドラインや参考ガイドライン、ICH 見解などが出されており、むしろ ISO はなじまないと思いますので、提案の内容は妥当であり、規制当局との連携を主に開発を進める方がよい。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・採択する開発品の研究開発を迅速に進めることが重要ではあるものの、技術開発や製品開発を含めた治験届までの期間が事業を開始してから 5 年というのは短く感じる。特に後半の期間は治験を開始するまでの準備期間であり、定まった期間内で実施することよりも、確実に課題を解決していく柔軟な計画立案と実行を求めたい。
- ・開発チーム内における成果帰属を明確にするとともに、成果を創出した研究機関が適切な利益が得られるように、また国内外の企業に広く活用してもらえるようするためには、知財の保護と成果へのアクセス促進および国際的な標準化を適切に進めてもらいたい。
- ・文中にも登場する ARM などはずでに NIIMBL と共同し“A-Cell”ガイダンスを発出しており、これらをどう超えるか、もしくは合従連衡を目指すかなどの方針を定める必要がある。
- ・参考資料として、これまで開発に取り組まれてきたコア技術が例示されているが、複数の製品に共通して使用できる、重要な製法、工程管理手法、特性解析手法に絞ってやるべきであり、その精査が重要。精査に当たっては、以下の観点にも十分配慮すること。
 - ・標準品は開発企業が目的製品（AAV ベクター）ごとに開発ステージで樹立し、様々な試験の評価において品質特性の製品評価スケールとして使用するものであり、ATCC と同様の標準品は粒子数の計測における試験法の妥当性確認程度にしか使えないこと。

・スケールアップファクターの確認については、重要品質特性(CQA)を把握し、スケールアップ時にその CQA が同等であることを確認するという考え方が重要であること。

・エンベロープウイルスでは糖鎖が活性や細胞指向性等に関与する可能性があるが、糖鎖の不均一性が活性に影響する場合、製品ごとに不均一性の恒常性を担保することが重要であること。その際、ウイルスベクターに適用できるような高感度の評価系があれば十分である。

・アウトカム達成までの道筋に関しては、A 製品と B 製品では重要品質特性(CQA)が異なりスケールアップファクター検証の計画も変わりうることから、取り扱う品目や開発計画を踏まえて随時見直しを行うべき。

② 目標

【肯定的意見】

・開発した技術を治験薬製造あるいは商業製造に活用して実績を上げていくことが、技術を広く活用されるようにするためには必要なので、治験届をアウトカムとすることは適切である。

・開発されたコア技術が臨床研究、治験、商用生産に利用された数をアウトプットとして評価することは、コア技術の技術レベルの妥当性、競争優位性を評価するために適切である。

・アウトカムとしてありきではなく、水平展開が可能なモデル化を重視した、単一のプロダクトより産業構造全体へのインパクトを重視した内容であることから、達成時期や目標値は妥当に設定されているものと考ええる。

・先天性疾患に関する画期的な遺伝子治療製品の開発を日本から生み出していくことが重要であり、少なくとも研究開発期間内に複数の品目が治験に至れば世界的にも重要な意味をもつ。その開発で用いられた技術、生産細胞などがゴールデンスタンダードになりえる。

【問題点・改善点・今後への提言】

・開発品の採択数に依存するが、単一遺伝子疾患に対する遺伝子治療を想定するならば、短期アウトカムとして治験届が 1 件と言うのは少なくないか。複数のアウトカムを期待したい。

・治験届の増加を指標としている長期アウトカムは、技術活用の展開を評価することでは大事だが、技術レベルを評価するために、技術を活用した開発品の治験で P1/2 が完了している、あるいは製造に起因する問題（中止）がなかったことを指標にしてはどうか。

・アウトプットとしては、ひとつのコア技術が広く活用されることも重要であるが、本事業のなかで開発されたコア技術の種類の多さも重要なので、この観点からも指標を設定してはどうか。

・国費を投じるプロジェクトという関係上、パイプラインの件数という可視化・指標化しやすいものをアウトプットとして取り扱うことは致し方ないが、デファクト・スタンダードを狙うという事業の意義を踏まえると、将来的には諸外国の薬事当局や製薬メーカーなどとの連携やホワイトペーパーなど柔軟な指標も検討する必要があるのではないか。

・遺伝子治療の対象疾患は先天性遺伝子疾患がほとんどで、欠損あるいは異常な遺伝子の働きなどどのように対象疾患に介入するかが最も重要。特に非臨床 PoC を取得するには疾患モデルの確立が非常に重要で、かつその適用によってどの程度症状や生命維持に対応できるかを示す必要がある。非臨床 PoC を取得するためのインビトロ、インビボ評価系の確立が個別製品ごとに非常に重要であるため、こうした創薬開発部分に関してはシーズ開発支援を行う文科省や厚労省の事業と連携して進めるべき。

③ マネジメント

【肯定的意見】

- ・本事業は遺伝子治療の開発であることから、健康・医療分野の研究開発を一元管理している AMED において執行することは効果的かつ効率的であることから適切である。
- ・現状では遺伝子治療の対象は単一遺伝子疾患であり、これらは希少疾患のため国内の企業が遺伝子治療に積極的に取組まない一因である。その研究開発を国が委託し、技術レベルを向上させることで、市場性の高い疾患の研究開発を企業独自に取組める環境になることが期待される。
- ・遺伝子治療の製造に関する効率的な製造プロセスの構築という国民の健康や長期的な保険財政への貢献のみならず、構築されたモデルの利活用（国内での技術移転や海外への移植）による産業育成という公益性が高い事業目標であるため、経済産業省が担当することが妥当な事業であると考ええる。
- ・実施体制のうち評価者等の考え方について、わが国で最も初期から開発に携わった遺伝子治療の専門家、またその規制に精通している専門家が参画しており妥当。
- ・受益者負担の考え方につき、科学技術としての重要性もその通りではあるが、遺伝子治療の対象疾患は先天性遺伝子疾患が多く、患者のみならず患者家族も含めて多くの社会負担が大きく、画期的な治療法の開発により患者のみならず患者家族も社会参加の機会ができ新たな tax-payer となりうる。また酵素補充療法では年間数千万もの治療費がかかり、これが生涯続く。高額であっても一回の遺伝子治療により従来の高額医療から脱却できれば医療経済的な貢献も期待できることを考えれば、国として実施するべき意義は更に大きいと考えられる。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・個別事業の公募においては、遺伝子治療の開発を担う研究機関と製造技術を開発する研究機関、あるいは製造する企業の連携が重要であり、事業を成功させるためには、これらの開発チームを過不足なく、円滑に形成させるための仕組みが必要である。
- ・開発チームの連携が開発の成否に関わることから、3年後のステージゲートとは別に個別事業（開発品の研究開発）の定期的な進捗管理と短期間（例えば1年毎）であっても継続又は中止の判断が必要と考える。
- ・競争が激しい領域であるために技術の更新が頻繁に行われる状況にある。そのため、マネジメントにおいては当初の計画に拘泥することなく、目標の適切な変更など柔軟なアドバイザリーボードを設置するべきであるし、これまでの実績のみならず、総合的な視点を持った人材や建設的な視点を持つ人材を抜擢して運営の管理・評価に当たらせるのがよいのではないか。
- ・進捗管理につき、確かに成果の出ている開発と成果が不十分な開発を選択していくことは重要だが、開発当初から特定の候補製品（ベクターのデザインを含む）のみを開発するのではなく、特定の疾患に対して設計の異なるベクターを候補とし、開発の進展に沿って絞り込むような戦略も必要。特に治験第1相までに数製品の開発を行って、最も効果が期待できる製品の臨床開発を進めるという戦略もあり得る。

プログラム： 6. 鉱物資源及びエネルギーの安定的かつ効
率的な供給の確保並びに脱炭素成長型経済構造
への円滑な移行の推進

アルミニウム素材高度資源循環システム構築事業
中間評価
評価報告書概要

2023 年 8 月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発
機構
研究評価委員会

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「アルミニウム素材高度資源循環システム構築事業」の中間評価報告書概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「アルミニウム素材高度資源循環システム構築事業」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第74回研究評価委員会（2023年8月8日）に諮り、確定されたものの概要である。

2023年8月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

概要

		最終更新日	2023 年 6 月 13 日	
プロジェクト名	アルミニウム素材高度資源循環システム構築事業		プロジェクト番号	P21003
担当推進部/ PMgr または担当者 及び METI 担当課	環境部 PMgr 伊東 賢宏 (2021 年 8 月～2021 年 11 月) PMgr 今西 大介 (2021 年 12 月～現在) 担当者 上村 毅 (2021 年 8 月～2023 年 6 月) 担当者 田平 貴広 (2023 年 7 月～現在) 製造産業局 金属課 金属技術室 産業技術環境局 資源循環経済課			
0. 事業の概要	アルミニウム素材の高度資源循環を実現するため、溶解工程高度化による不純物元素軽減技術、鋳造・加工・成形技術高度化による微量不純物無害化技術などを組み合わせることにより、アルミニウムスクラップから高性能な再生展伸材を開発する。			
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	アルミニウムは、資源循環向上の取組が特に期待される素材であり、輸送機器の軽量化等、CO2 排出量削減を目的とする用途において需要の大きな伸びが予測されているが、電解製錬により新地金を製造するため、製造時の CO2 排出量原単位が 11.1 kg-CO2eq/kg と大きいという課題がある。一方、再生地金は、再生のためのエネルギー消費が小さく、その排出原単位が新地金の 1/20 以下と少ないことから、SDGs、CSR、ESG 投資などの影響により需要が増大しつつある低環境負荷のアルミニウム素材として活用が期待されている。ただし、アルミニウムスクラップのリサイクル過程で混入する不純物により、再生地金は一部の用途に使用が限定される状況にある。従って、低環境負荷型の再生地金の使用用途を拡大するための高度なリサイクル技術の開発は、アルミニウム素材を利用する国内製造企業における製品の環境性能向上を可能とし、資源制約の克服や地球環境問題の解決に貢献すると同時に、わが国企業の競争力向上につなげることができる。			
1.2 アウトカム達成ま での道筋	本研究開発事業では、アルミニウムスクラップを再生展伸材として資源循環するために 2 つの研究開発項目を実施する。不純物元素低減技術の開発、微量不純物元素を無害化する高度加工技術の 2 つの開発の研究開発により、自動車への利用も可能なアルミニウム再生展伸材のリサイクルシステム設備を完成する。その成果を基に実操業による動作実証を行い、製造設備としてのリサイクルシステム装置を完成し上梓する。アルミニウムスクラップリサイクルを可能とする設備を日本全国のアルミニウム製造事業所に展開し、2040 年に年間約 130 万トン/年の再生展伸材を市場へ供給する。			
1.3 知的財産・標準 化戦略	知的財産に関する戦略は、アルミニウム再生展伸材についての含有不純物元素や性状を公開することでオープン戦略とする。詳細な製造技術等について国内アルミニウム関連事業者への特許の許諾を行う事で国内でのアルミニウム製造事業の活性化を図ることでクローズ戦略とする。また、標準化に関しては、再生アルミニウム展伸材料を新規合金種登録するための材料選定を進める。			
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】2040 年度までにアルミニウム圧延業界を中心に再生展伸材の製造技術を確立し、普及率 30%に当たる再生展伸材生産量 130 万トン/年、CO2 削減量 968 万 t/年を達成する。さらに、2050 年度までに中長期アウトカム再生展伸材生産量 257 万トン/年、CO2 削減量 1,914 万 t/年を達成する。これにより、アルミニウム素材の高度資源循環システムの社会実装へと展開する。その結果として、国内企業における製品の環境性能向上による国際競争力強化、及び幅広い産業における温室効果ガス排出量削減を実現する。 【達成状況】本事業が終了する 2025 年度末に 200kg/day のベンチスケール機を事業成果として達成する予定であり、その後実証を進め 2026 年からは 2t/hour の装置開発を進め、2030 年からはさらにスケールアップを行い 40t/hour の実用装置開発を進める。2040 年にはこの実用装置の複数台稼働を想定し 130 万 t/year を見込む。			

2.2 アウトプット目標 及び達成状況	研究開発項目	中間目標						計画との差異
	①不純物元素 低減技術の開 発	Si：5%以上を含むアルミニウムスクラップから Si：3%以下の再生アル ミニウムを 70%以上回収可能とする技術を開発する。						○ 2024 年 3 月 中間目標 達成見込み
	②微量不純物 元素を無害化 する高度加工 技術の開発	Si：3%を含む再生材を使用した Al-Mg-Si 系（6000 系）合金 で、以下の特性を有する材料を得るための技術を開発する。 ・従来の新地金ベース Al-Mg-Si 系（6000 系）成形用板材と引張 強度同等で、伸び 0.8 倍 ・従来の新地金ベース 6000 系構造用材料と伸び同等で、引張強度 1.2 倍						○ 2024 年 3 月 中間目標 達成見込み
3. マネジメント								
3.1 実施体制	経産省担当 原課	製造産業局 金属課 金属技術室 産業技術環境局 資源循環経済課						
	プロジェクト マネージャー	NEDO 環境部 3R グループ 主任研究員 今西 大介						
	委託先	・研究開発項目①不純物元素低減技術の開発 【助成先】（株）豊栄商会、（株）UACJ、（株）大紀アルミニウム工業所、 トヨタ自動車（株）、本田技研工業（株）、（株）デンソー、 東洋製罐ホールディングス（株）、東洋製罐（株）、日本軽金属（株） 【共同研究先】東北大学、（国研）産業技術総合研究所 ・研究開発項目②微量不純物元素を無害化する高度加工技術の開発 【助成先】（株）UACJ、本田技研工業（株）、（株）デンソー、 東洋製罐ホールディングス（株）、東洋製罐（株）、（株）神戸製鋼所、 （株）エイゾス、（一社）日本アルミニウム協会 【共同研究先】東京工業大学、千葉工業大学、九州工業大学、東京農工大学、 静岡大学、東京電機大学、大阪工業大学、日本工業大学、東京大学、 （国研）国立環境研究所、総合地球環境学研究所						
3.2 受益者負担の 考え方 事業計画内容 事業費推移 （単位：百万円）	研究開発項目	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
	①不純物元素 低減技術の開 発							
	②微量不純物 元素を無害化 する高度加工 技術の開発							
				中間評価			事後評価	
	会計・勘定	2021	2022	2023	2024	2025	総額	
	一般会計							
	特別会計 （需給）	300	312	260	(300)	(300)	1,472	
	開発成果 促進財源							
	総 NEDO 負担額	300	312	260	(300)	(300)	1,472	

		助成(1/2)	300	312	260	(300)	(300)	1,472			
3.3 研究開発計画											
情勢変化への 対応		2021 年度初頭より半導体不足が顕在化し、IT 向け半導体と異なり、産業機器向け半導体不足が続いており、設備導入が遅れるなど影響が認められたため、以下の対応を行った。 ・ 保有済みの小型実験機により製造条件の検討を進め、本検討結果を活用により、設備導入後の製造条件最適化の時間短縮を図る ・ 技術推進委員会による計画変更の妥当性の確認／了承 ・ 計画の変更へ対応した予算の変更									
		評価に関する 事項		事前評価						2020 年度 事前評価実施 担当部 環境部	
				中間評価		2023 年度 中間評価実施 担当部 環境部					
				終了時評価		2026 年度 終了時評価実施 担当部 環境部					
別添											
	投稿論文	「査読付き」3 件									
	特 許	「出願済」2 件									
	その他の外部発表 (プレス発表等)	「外部講演」16 件 「展示会への出展」1 件 「プレスリリース」2 件									
6. 基本計画に関する 事項		作成時期		2021 年 2 月の作成							
		変更履歴		2021 年 12 月に改訂（PM の変更）							

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準		各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋									
(1) 本事業の位置づけ・意義	A	A	A	A	A	A	A	3.0	
(2) アウトカム達成までの道筋	A	A	B	B	B	A	A	2.6	
(3) 知的財産・標準化戦略	A	A	B	A	B	A	A	2.7	
2. 目標及び達成状況									
(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	A	B	A	A	A	A	2.7	
(2) アウトプット目標及び達成状況	B	A	B	B	B	B	B	2.1	
3. マネジメント									
(1) 実施体制	A	A	A	A	B	A	A	2.9	
(2) 受益者負担の考え方	A	A	B	A	A	A	B	2.7	
(3) 研究開発計画	B	A	B	A	B	A	A	2.6	

《判定基準》									
A：評価基準に適合し、非常に優れている。									
B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。									
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。									

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価分科会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「（参考）分科会委員の評価コメント」に、各分科会委員の指摘事項を参考として列記している。

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

アルミニウム合金は有用な金属材料であるが、精錬時に大きなエネルギーを消費するという課題がある。そのため、アップグレードリサイクルに関わる本プロジェクトは、国際的な地球温暖化防止及び2050年カーボンニュートラルに向けてCO₂排出量削減に大きく貢献する事業であるといえる。また、国内のみならず世界的にも大きな波及効果が期待でき、自動車のパワートレイン構成の変化や循環経済への移行などの重要な政策を支える事業内容であるため、社会的・経済的意義も大きいと考えられる。

不純物元素の低減技術から casting・加工熱処理による無害化技術などの研究開発項目が盛り込まれ、産学双方が研究開発項目ごとに効果的に参画することで、大学や研究機関等が持つ研究シーズや成果を民間企業とともに活用しつつ事業化を目指す体制が整っているなど、アウトカム達成までの道筋も明確に示されている。

一方、アウトカム達成のためには、再生材使用に関する製品開発・設計部門の意識を高めるための再生材活用のインセンティブを組み合わせ実施する国の政策的なアプローチも重要と考える。

知的財産戦略に関しては、再生材の性状をオープン領域、開発技術をクローズ領域とする線引きは合理的であるが、今後、日本が世界を牽引していくために、今一度、知的財産として押さえるべき核心技术を整理し、研究の進捗に合わせ、周辺領域も含めた堅固な知的財産網の構築と、日本国内のアルミ展伸材メーカーへの技術展開のため、技術ライセンスをどのように管理するかについて道筋を示していただくことを期待する。また、再生展伸材の標準化に関しては、ユーザー企業側の意見も取り込んだ規格化に向けた取り組みが行われている点で評価できるが、循環型社会を形成するためのユーザー企業を巻き込んだより簡素な製品規格の立案、関連産業の保護のため ISO 等の国際標準化の活動を可能な限り早い時期にスタートさせることを望む。

2. 目標及び達成状況

アウトカム指標・目標値は、中長期的にアルミ需要が拡大する想定に基づき、再生地金のアップグレードリサイクルがもたらすCO₂削減効果が算定され、また、国内のアルミニウム製造規模に準じ、プロジェクトの成果が大きく波及するとしている点において、適切であるといえる。またアウトプット目標および達成状況に関しても、中間目標は、ほぼ達成されていると判断できる。一部未達成の研究開発項目はあるが、半導体不足に由来するものであり、ラボ実験等の適切な代替研究の実施あるいは妥当な研究計画の見直しによって対応がなされており、大きな問題はないものとする。また、加工熱処理による不純物無害化技術については、中間目標を大きく上回って達成しているといえる。

一方、固体溶融塩電解による高純度アルミ精製技術においては、電析物への溶融塩の巻き込み及び電析物の適切な回収、また、電析物アルミの由来についての検証は中間目標に達しておらず、引き続き

対応が必要と考える。

今後、アウトカム目標は、世界情勢や今後の技術開発の状況にも左右される。世界の動向を常にキャッチアップし、研究開発や再生展伸材の合金規格の策定に随時反映させることが必要と考える。また、成果の普及活動においては、社会的認知度を高めるため、国内外へ向けた論文発表やシンポジウム開催、メディア発表等の定期的な訴求活動を実施することを期待する。

3. マネジメント

アップグレードリサイクルは、コスト増要因となるため民間企業のみで取り組むのは困難である一方、世界的に波及効果の大きい重要な課題であることから、NEDO 事業としてふさわしいと考える。また、オールジャパン体制で取り組むべきテーマであることから、国の戦略等に基づき、マネジメントを NEDO が担い、研究開発を産学で行う体制は最適と考える。

さらに、実施者はアルミの当該研究に関して知見の深い研究者、企業で構成されており、管理体制、実施体制、連携、ユーザー関与において妥当であると判断できる。

本プロジェクトに期待される波及効果を含んだインパクトの大きさ、技術的な難易度を鑑みれば、本プロジェクトの受益者負担率は妥当であると考ええる。

開発スケジュールについても適切であり、不純物元素低減技術及び無害化加工技術とも、テーマ毎に助成先、共同研究先間の連携が図られている。また半導体不足のため設備導入が遅れたが、現有設備を用いた検討をすすめることにより設備導入後の時間短縮を図るなど、柔軟な対応を実施していることも評価できる。

一方、固体溶融塩電解の研究開発は、プロジェクトでの統合技術の中での位置づけにおいて不明確に感じられることがあるため、産業的な展開をより具体的にする必要があると考えられる。

（参考）分科会委員の評価コメント

（１）意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・ アルミニウムは鉱石の還元にも最もエネルギーを要するため、スクラップのリサイクルは製造時のエネルギー消費量を大幅に削減できる非常に重要な課題であり、本事業の意義は高い。アルミ鉱石の還元はC還元にも頼らざるを得ないため、リサイクル材の活用はアルミ生産時におけるCO₂排出削減のためのコア技術となる。アルミニウムスクラップを展伸材へリサイクルする技術は、現在不純物の問題で実現していないが、地金使用量を削減するためには、必ず必要となる技術である。アップグレードリサイクル技術の確立は、国内のみならず世界的にも大きな波及効果が期待できる。
- ・ 不純物元素の低減技術から鋳造・加工熱処理による無害化技術につながる各研究項目に対してアウトカム達成までの道筋が明確に示されている。
- ・ 再生展伸材の標準化を推進するべく、合金の規格化に向けた取り組みが示されている。
- ・ スクラップ発生量と鋳造材の使用量など、将来の需給バランスの考察に基づき、より高付加価値の展伸材へのアップグレードを図ることで循環社会や環境に関する政策の具体化を目指したもの。我が国の強みも意識し、諸外国とは異なるアプローチで利得を得ようとするのは、妥当なアプローチと言える。
- ・ 世界的な権威者を含む各分野のエキスパートが必要技術の上流から下流まで、各人が専門とする個別技術を担当し、それをNEDOが強力に指導して目標を達成しようとするもので、その組織構成や年次的開発プロセスは極めて妥当である。また、我が国では、当該技術の開発に対してこれ以上有効、かつ実効的な実施体制は望めないと言える。
- ・ 素材という対象物を十分に考慮し、クローズ領域とオープン領域が適切に設定されており、その戦略に関しても妥当と言える。特に、我が国が遅れている国内外の標準化戦略に関して、規格化や合金登録申請も視野に入れており、我が国が素材で諸外国に対してイニシアチブを取れる可能性を感じさせるものとなっている。
- ・ 喫緊の課題であるカーボンニュートラル技術の研究開発というテーマ設定は時期的に考えても適切である。AI合金は有用な金属材料ではあるが、精錬時に大きなエネルギーを消費するという致命的な欠点がある。それをブレークスルーするためにアップグレードリサイクルの進化を目指すという着眼点は素晴らしい。
- ・ アウトカム達成に向けて上位戦略を分析し、本テーマの位置付けを明確化し、社会実装に向けての標準化および知財化戦略をしっかりと策定している。2050年カーボンニュートラル実現に貢献する技術として、2030年をアウトカム（実用化）の時期と設定し、2025年度にテーマを完了する目標設定は妥当である。
- ・ 実施者の権利保護も含めてオープン、クローズ領域が定められており、それをベースに知財・標準化戦略が立案されている。
- ・ わが国の展伸材生産量185万tの内、2040年にその約70%を再生展伸材へと転換できる可能性がある技術革新をねらう事業であり、実現すれば日本のサーキュラーエコノミーを大きく躍進させるものと期待できる。

- ・ 循環経済の観点から、ベースメタルの一つであるアルミニウムに対して資源循環の仕組みをつくるという本事業の社会的な意義は非常に大きいと考えられる。さらに、現在、自動車全体へのアルミニウムの使用量の多くを担っているエンジン材料の生産が、今後エンジン車から電気自動車への置換が進んでいくにしたがって減っていくことが予想されており、このような社会変動を加味したアルミニウム素材の資源循環システムを早急に構築する必要がある。ベースメタルの中でも、軽量性の観点ではアルミニウムに圧倒的な優位性があり、アルミニウムの使用の加速は、輸送機器の車両重量の低減に繋がり、結果として CO₂ 排出量削減が期待できる。以上のことから、本事業は、世界的にも重要なアルミニウム素材メーカーがある、大きな自動車市場を持つ日本において実施する意義のある事業である。
- ・ アウトカム達成に対して必要な要素技術の開発がすべて盛り込まれており、かつ、適切な実施体制が敷かれている。また、本事業には産学双方が研究実施項目ごとに効果的に参画しており、大学や研究機関等が持つ研究シーズや成果を民間企業とともに活用して事業化を目指すための技術開発を進める体制が整っている。本事業終了後の道筋も、内容ならびに時期ともに妥当である。
- ・ 知的財産の観点では、本事業の実施に関わる基本特許（バックグラウンド特許）が十分に整備されており、事業開始後も特許出願がなされている。今後は、本事業の社会実装を意識した知的財産戦略を立て、着実に進めていただきたい。再生展伸材の合金規格の策定においては、理念や方針ならびに達成への道筋ともに妥当である。特に、本事業において先行的に作製した合金に対して、実施体制内のユーザー企業による特性評価がなされており、ユーザー企業側の意見も取り込んで規格の策定を進める方針は評価できる。さらに、新規格の導入に対する障壁や課題の調査も本事業中に実施することで、確実なアウトカム達成を目指していただきたい。
- ・ 2050 年 CN に向けた自動車のパワートレイン構成の変化や CE への移行など、重要な政策を支える事業内容であり、期待される社会的・経済的意義も大きい。
- ・ 再生地金をカスケードリサイクルからアップグレードリサイクルに転換するうえでの制約を克服するべく、①不純物元素低減（前工程）と②高度加工技術（後工程）を適切に組み合わせるための役割分担、スケールアップの時間軸などが明確であることや、ISO 化など将来展開の方向性でも一点のコンセンサスが得られており、高く評価できる。
- ・ 再生材の性状をオープン領域、開発技術をクローズド領域とする線引きは合理的。非独占的通常実施権とすることにより、関連事業者による事業化を促す効果も期待できる。CE に係る ISO 化が進展している状況に照らし、標準化戦略として ISO 化を志向する戦略も適切である。
- ・ 国際的な地球温暖化防止、また政府施策である 2050 年カーボンニュートラルに向けてアルミ高度資源循環は CO₂ 削減に大きく貢献する事業である。また地政学的にアルミの調達リスクも高まる中、本件は意義のある事業である。
- ・ 採択当初に対し地政学的リスクにより、更にアルミ資源循環は重要な意義を持つようになってきており、国内製造企業への展開を含め評価基準に適合している事業である。
- ・ 知的財産の海外流出リスクを考慮した上で、国内アルミニウム関連事業者への特許実施許諾も考慮されており、国家プロジェクトとしての戦略は妥当である。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 国内外の動向との比較もなされているが、個別の企業、大学等の情報で、かつ 10 年弱前の動向と古いデータも多い。各国の経済戦略上、タイムリーな情報が得られないことを考慮しても、今後は国際会議やプレス報道など最新の情報で個別技術の先進性を確認し、もし必要があればその検討もすべき。
- ・ 要素技術は優れた研究、開発が散見される。個別技術での想定以上の成果や予想外の発見の段階から、積極的にその成果を内外に発信（論文投稿、国際会議講演、プレスリリース、新聞報道など）し、開発技術が国内外の社会、産業に受け入れられる素地を形成し、産業化を自らたぐり寄せる取組が必要。固体溶融塩電解のパートでは、産業化の成否が国際的な経済動向次第としており、心許ない。固体溶融塩電解技術に限っては、外部環境が逆風であった場合に講じる手立てを準備し、ある程度産業化の確立を担保することが必要。
- ・ 中核となる電磁攪拌、縦型双ロール鋳造機や IF-HPS 装置などに関し、今後長きにわたり他国がキャッチアップできない様な特許戦略が必要。しかし、知財として押さえるべき核心技術が不明瞭で、他国の模倣をブロックでき開発技術が我が国の産業発展に資するのかが、今のところ明らかではない。標準化戦略もより具体的なアプローチや、その具体的な準備が乏しい。
- ・ 上位戦略に対する本テーマの貢献度を定量化できると良い。AI 再生材利用により生産時の CO₂ 排出量を 96%削減可能としたロジック（算出根拠、前提）を明示するべきである。また、CO₂ LCA としての目標設定が必要である。
- ・ 社会的インパクト（全体像）と本テーマで得られる価値（アウトカム）の関連性をもう少し具体的に定量化できると本テーマの貢献度が明確になる。あたかもこのテーマのみで全ての数字が達成されるような表現は誤解を招くので避けるべきである。
- ・ 標準化は様々な利害関係があり、特に ISO 等の国際標準化には時間を要するので、関連する産業を守れるように可能な限り早い時期に標準化対応をスタートさせると良い。また、知財についても研究の進捗に合わせ周辺領域も含めて堅固な知財網を構築できることを期待する。
- ・ ユーザー企業が新しい再生材を実際に採用するハードルは高く、現場レベルで認められる結果が得られても、調達部門の製品規格やわずかなコスト面での差で採用されないことが多い。また、再生材を使おうとする製品開発・設計部門の意識も高めなければならない。このような変化はよい再生アルミニウム製品がでただけでスムーズに進むとは限らない。これらを推進する政策的なアプローチも重要であり、それはハードロー・ソフトローに加えアメとムチといったインセンティブを組み合わせ実施されることが肝要であり、EU ではすでにそうした手法がかなり巧みに実施されている。日本においてもそのような施策の実施を政府・行政に提言して再生展伸材の利用が現実のものとなるよう働きかけていくことを提案したい。
- ・ 各技術要素の目標達成に合わせて、再生材製造の場合、サプライチェーン管理は、製造コストと GHG（Green House Gas: 温室効果ガス）排出量の低減、および品質管理の向上につながり、環境・経済の両面で競争力の高い製品となる。スクラップ材の発生源から投入までの一連のサプライチェーン管理に対して視野を広げて対応することが、今後の社会実装の成功に資する重要な要素であることを意識して進められたい。特に投入されるスクラップを発生源・グレードなどで管理できれば、双ロールキャスター投入前にどの程度の前処理が必要なのかが判断しやすくなり、必要でないスクラッ

プと必要なスクラップと混合させないような材料管理も徹底できる。

- ・ 現行のアルミ規格は細分化されすぎており、再生アルミの利用機会の喪失につながっていると思われる。今後、再生展伸材が多くのユーザー企業に受け入れられるには、ユーザー企業を巻き込んだより簡素な製品規格にすることが望ましい。循環型社会を形成することにはそのような簡素化が必要であることを論理的に説明し、①現行規格の再評価、②再生アルミの合金規格をデザインするプロセスを、ユーザー企業を巻き込んで進める必要がある。ISO に提案する前に国内でこのようなプロセスを関係者間で擦り合わせながら実施・検討されたい。EU のエコデザイン規則法案の公表に合わせて EU が示した DPP（デジタルプロダクトパスポート）の優先対象にアルミが含まれている。欧州では、日本よりも高性能な LIBS 選別機（欧州の LIBS ソータはかなり細分化された合金種レベルまで選別可能との情報あり）により資源循環する方式を狙ってくる可能性があるかもしれない。EU におけるアルミ製品への DPP 導入はこのような技術的背景もリンクしているのかもしれない。こうした外部情報も収集され、戦略的な再生アルミの規格策定におけるイニシアチブを握っていただきたい。
- ・ 国外においても、アルミニウムの資源循環に関する事業が本事業に先駆けて進められているが、これらの事業に対する本事業の優位性ならびに弱点の分析が十分にされていないように感じる。本事業後半では、他事業を分析した上で、棲み分けも考慮した上で、本事業の強みをさらに強化していただきたい。
- ・ 本事業は、世間一般のみならず学術界においても認知が十分に進んでおらず、ビジビリティは極めて低い状態である。広い普及を目指すのであれば、論文研究発表はもちろんのこと、国内外学会におけるシンポジウムの継続的な設置、プレスリリースの配信等を積極的に進めるべきである。
- ・ 特許戦略としては、オープンイノベーションを目指していくとの見解であったが、アルミニウムの資源リサイクルの分野においてこの先日本が世界を牽引していく立場に立つためには、オープン&クローズ戦略が重要である。そこで、本事業において創出される知的財産を、オープン領域とすべき内容、クローズ領域とすべき内容にそれぞれ分類した上で、今一度パテントマップを作成し、特許戦略を見直すべきである。標準化戦略に関しては、合金企画の策定に必要な基礎実験が不足している印象がある。合金元素の種類、添加量の上限、下限を決定するための十分な実験データの整備が期待される。
- ・ 本事業の成果がアルミ製品の 50%に適用されるには、日本国内のアルミ展伸材メーカーへの技術展開が必要であることから、技術ライセンスをどのように管理するかの道筋を示していただきたい。
- ・ アウトカムとして再生地金使用率 50%を達成するには、アルミ産業を下支えしている中小リサイクル・二次合金メーカーへの国内限定での実施権が必要であり、助成先に帰属する知的財産権の実施許諾の検討を望む。

（２）目標及び達成状況

【肯定的意見】

- ・ 将来の国内展伸材の需要増加に伴う生産量の増加予測ならびにそれに対して再生地金を利用できた場合の CO₂ 削減量の算出は適切である。本事業の成果の実用化、アウトカム目標の達成に向けて、

ユーザー企業も参画した十分な研究開発体制が敷かれている。アウトカム目標の達成に向けて必要となる戦略的な目標が立てられている。

- ・ 全ての項目において、概ね中間目標を達成している。装置導入の遅れによる中間目標の一部未達があるが、大幅に見直しが必要な項目はない。
- ・ 加工熱処理による不純物無害化技術については、中間目標を大きく上回って達成している。
- ・ 現在の国内のアルミニウム製造規模に比し、プロジェクトの成果がその大きな割合に波及するとしており、アウトカム指標・目標値は適切と言える。経済性を考え、企業競争力の向上を伴い技術を波及させる計画で、アウトカム目標の達成見込みも問題ない。実用化された場合の費用対効果の試算も優れている。また、エネルギー・CO₂削減量も妥当で十分にインパクトのあるものと言える。さらに、その達成時期も適切に設定されている。この他、アウトカムが実現した場合の国際競争力、環境問題解決などに与える効果も優れていると言える。
- ・ アウトプット指標・目標値は、技術的に達成可能で、しかも研究開発により見込まれる社会的影響が十分に大きくなるよう、適切に設定されている。中間目標はほぼ達成されており、国際的な状況により不可避免的に一部未達成のものもあるが、小型機を用いた代替実験で同等の成果を得ていると判断される。副次的成果や波及効果等の成果で評価できるものもある。また、論文発表、特許出願等も行われている。
- ・ 各種 DATA を活用し、現状考え得る妥当なアウトカム指標・目標が設定されている。
- ・ 素材ユーザーの立場も理解したアウトプット目標が設定されている。不可避な要因により設備導入が遅れ、中間目標迄の DATA が取り切れていない部分もあるが、実施者は最大限の努力をし、技術の確からしさを確認し、基本的な方向性が間違っていないことを検証している。
- ・ 本事業で規格化を目指す再生展伸材に対し、アウトカム目標として 2050 年に 1.29 兆円/年の売り上げを見込んでいることから、計画通りに実現すれば非常に大きな費用対効果が期待できる。さらに、CO₂排出量の大きな削減も見込まれることから、本事業が目指す将来像に対するアウトカム目標は適正であると考えられる。
- ・ アウトプット目標の達成状況は良好である。一部未達成の研究開発項目はいずれも物流遅延に由来するものであり、研究自体は順調に進んでいるものと評価できる。また、未達成の研究開発項目に対しては、ラボ実験等の適切な代替研究の実施あるいは妥当な研究計画の見直しによって対応がなされており、大きな問題はないものと考えられる。
- ・ 脱炭素化の進展などを背景に、今後、中長期的にアルミ需要が拡大する想定に基づき再生地金のアップグレードリサイクルがもたらすアウトカム（CO₂削減効果）が算定されており、想定目標は妥当かつ技術の実装による達成見通しは妥当である。
- ・ 不純物元素低減技術では、いずれも Si 濃度に関してラボレベルで中間目標達成の見込みが立ち、クリアすべき課題も特定できている。後工程に関しては、長時間安定操業に向けた長尺実験機の完成が外部要因で遅れた影響があるものの、小型機を用いた実証により、目指す特性を達成したほか、最適鑄造条件を確立するなど、実用化に向けた進展が確認できた。
- ・ 日本アルミニウム協会の VISION2050 に掲げている循環アルミ使用率 50%(2050 年)とそれに伴うカーボンニュートラル達成と整合しており、アウトカム目標・達成見込みは妥当である。費用対効

果は展伸材価格 500 円/kg で試算しているが地政学リスクにより価格上昇しており、費用対効果はさらに大きくなると想定され、国費投入に対するアウトカムは妥当である。

- ・ ①溶解技術による不純物低減技術について、ラボ装置での事業遂行、数値目標を達成している。また、新規スクラップへの検討拡大も実施しており、副次的効果においても評価できる。②縦型双ロール事業について、小型実験機、ユーザー企業試作評価で目標を達成しているとともに、機械的性質については目標を上回る成果を上げていると評価する。長尺実験機導入遅延については不可避的外部要因によることが説明されており、今後の挽回に期待する。③加工熱処理技術においては、何れの検討課題も目標数値を達成しており、計画通りの進捗であると評価する。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 市場規模は、再生展伸材価格により大きく左右されるため、随時見直しが必要である。再生展伸材が、地金と比較して市場に受け入れられる価格であるか、十分に検討が必要である。(固体溶融塩電解における)アルミ回収率の定義が不明確である。アウトプット目標設定の根拠として、新地金との価格競争力を持つため収率 70%が必要とあるが、収率と価格との関係が不明確である。
- ・ 固体溶融塩電解のアルミ回収率が当初上がらず、その後大きく向上しているが目標には届いていない。今後、回収率向上を図る新たな施策については、注視が必要である。中間目標を上回って達成している項目もあるが、目標達成に留まらずに、他の研究開発項目と連携した取り組みにも期待する。無害化技術においては、不純物低減技術の研究開発目標を緩和する成果を期待する。スクラップは原料により不純物濃度の大きなばらつきが予想される。それに対応できるようベース合金に留まらない成果を期待する。不純物の許容範囲の拡大と明確化につながる取り組みとその成果を期待する。
- ・ 今後、主軸となる普及合金に関し、鋳造や新規圧延技術など、量産を律速する装置に関してどのような製造装置をどの程度導入すれば良いか、現時点で得られているベンチスケール装置での実績や知見から予め見積もっておくことも、今後の実現可能性を担保する上で重要と言える。また、高性能化された開発合金が従来の高性能合金を凌駕する事が期待されるような場合、その用途や使用量などを検討し、「再生展伸材の普及」のより具体的なイメージを持つことが重要である。
- ・ 副次的成果の掘り出しがやや甘く、開発目標の達成に重きを置きすぎているきらいがある。実験や解析による新たな学術的発見とその産業的な応用など、もう少し意識してプロジェクトを実施すれば、より多くの有益な副次的効果が得られると期待される。おそらく最大の副次的成果は、各要素技術を単独、ないしはいくつかのみ組み合わせで慣用技術に応用すること。その考慮やアピールが足りない。論文発表数が、実施内容、実施者数に比して控えめであり、今後はより活発な学会発表、国際会議発表、投稿論文発表、プレス報道などが期待される。
- ・ 今後、カーボンニュートラル達成技術が登場する（例えば EV の普及加速等）可能性があるため、そういった変化点を反映し、より現実的なアウトカム目標に逐次改訂し、実現につなげる事を期待する。達成見込みに関しては、小規模実験の結果から規模を拡大できる見通しを明確にすると良い。パイロットスケールの研究に移行する際にはそういった観点で判断を行うゲート設定が必要である。

- ・ 固体溶融塩電解のテーマは純度向上を図る上で非常に重要ではあるが、学理追求型になっているので、社会実装を意識した研究に進化することを期待する。
- ・ 各テーマとも、中間目標はほぼ達成していると考えるが、様々な課題も残っているため、課題の原因説明と社会実装に向けた現実的な対策手法の提示が必要である。
- ・ 固体溶融塩電解による高純度アルミ精製技術では、電析物への溶融塩の巻き込み、電析物の適切な回収など残された課題に引き続き対応されたい。
- ・ 本事業のアウトカム目標は、世界情勢や今後の技術開発の状況にも左右されることから、世界の動向を常にキャッチアップし、研究開発や再生展伸材の合金規格の策定に随時反映させることが期待される。
- ・ 本事業の中間目標はおおよそ達成しているものの、スケールアップした際に顕在化した課題に対する対応が不足している研究開発項目が見受けられる。事業化には、さらなるスケールアップが必要であることから、適切な対処が期待される。また、本事業においては、成果の公表実績および本事業のビジビリティを高めるための戦略が不足している。オープン&クローズ戦略や、再生展伸材の販売といった事業化計画を踏まえて、成果の公表に関する目標値、本事業のビジビリティを高めるためのシナリオを策定し、これらに沿って進めていくことが期待される。再生展伸材の合金規格の策定、ならびに再生展伸材の販売や使用量の増加に対して、本事業のビジビリティの向上は極めて重要であると考えられる。
- ・ 本事業に直結するアウトカムとしては、現在算出されている CO₂ 削減量でも十分だが、潜在的なインパクトで考えれば、製品使用段階（Scope3）を織り込むことで、本事業のアウトカムや問題解決効果をより強調できると考える。
- ・ 後工程の縦型高速双ロール鋳造の長尺実験機が、半導体部品の納期遅れという外部要因の影響を受けた影響の早期に解消され、想定された中間目標達成を確認することを期待。
- ・ ①溶融塩事業について、小規模ベンチプラントで回収率目標に達成しておらず、また電析物アルミがターゲットであるダイカスト由来であるか溶融塩中アルミイオン由来であるかの検証ができておらず、中間目標に達していないと判断する。故に大規模ベンチプラントへの移行は時期尚早であり小規模実験での検証を望む。②LIBS 選別技術について、中間目標は達成しているが数値目標の設定に乏しく、分類不可の unknown 比率の設定が必要である。

（３）マネジメント

【肯定的意見】

- ・ アップグレードリサイクルは、コスト増要因となるため民間企業のみで取り組むのは困難である一方、世界的に波及効果の大きい重要な課題であるため、NEDO 事業としてふさわしい。NEDO 先導研究プログラムでの実績や他の各種素材のリサイクル技術の開発で得た知見や成果を活用し、中長期的な技術開発を行うことが可能な面で NEDO 事業として適切である。アルミのアップグレードリサイクルは、前例がなく、新プロセス構築に必要な研究開発と実用化へのハードルが高く、民間企業だけでは不可能である。技術力および事業化能力の観点から、十分な研究開発実施体制がとられている。

- ・ 1/2 助成となっており、受益者負担は適切である。研究開発内容を踏まえて、その開発スケジュールは適切である。各テーマ毎に、十分な会議が行われ、進捗管理がなされている。半導体不足のため設備導入が遅れたが、現有設備を用いた検討をすすめることにより設備導入後の時間短縮を図るなど、可能な対応を実施している。
- ・ 執行機関は適切であり、実施者は、十分に技術力及び実用化・事業化能力を発揮している。UACJ や東京工業大学を中心とした指揮命令系統及び責任体制も有効に機能している。実施者間での連携、成果のユーザーによる関与など、実用化を目指した体制であることが理解できる。個別事業の採択プロセス（公募の周知方法、交付条件・対象者、採択審査の体制等）も適切で、研究データの利活用・提供方針等もオープン・クローズ戦略等に沿った適切なものと言える。
- ・ 本事業は補助率 1/2 の助成事業であり、事業期間 5 年ではほぼ 15 億円の予算規模で推進されており、このまま継続することが妥当と判断される
- ・ 2021 年度初頭より半導体不足が顕在化し、設備導入が遅れるなど影響が認められ、保有済みの小型実験機により製造条件の検討を進め、未導入設備の導入後の製造条件最適化などを先行して進め、予算もそれに合わせて遅滞なく変更するなど、研究開発の進捗を管理する手法では適切な対応が見られる。
- ・ All Japan 体制で取り組むべきテーマであるので、最上位戦略を METI が構築し、実施マネジメントを NEDO が担い、産学での研究を行う体制は最適である。AI 素材ユーザーも取り込んだ体制で、早い時期から社会実装時の要求や予想される課題への対応も含めて推進する体制からは高い成果が出ると期待する。
- ・ 必要に応じて受益者負担を増やすという考え方はあるが、難度の高いテーマであるため現状の 1/2 補助は妥当である。
- ・ 各テーマおよび知財・標準化を含めて研究開発計画が立案されている。
- ・ これまでのところ、中間目標に対する成果は、概ね達成されており、残された課題の成就・解決を着実に進めていただきたい。
- ・ 本事業は、本事業の実施者が持つ研究シーズや終了済の先導研究による成果を利用して、アルミニウムの資源循環システムを構築し、事業化を目指す取り組みであることから、執行機関（NEDO）は最適であると考えられる。実施者は十分な技術力を有しており、事業化を目指すために十分な研究体制を敷いている。
- ・ 委託事業として継続することが適切である。また、現状の補助率の設定を続けていくことが適切であると考えられる。
- ・ 本事業は、オールジャパンのものづくりを実現させるべく、スクラップの選別（上流）から再生展伸材の製造（下流）までの一貫したプロセスを扱う事業であることが大きな特徴である。本事業の実施者は、各プロセスに必要な要素技術を着実に開発してきている。また、主に物流遅延に伴う研究計画のやむを得ない変更に対しても、適切な代替研究の実施あるいは妥当な研究計画の見直しによって対応している。
- ・ カスケード利用で静脈も固定化していたアルミ材に関して、日本の強みを活かしてアップサイクル・リサイクルを実現しようという技術的にも社会システムの高いハードルの高い事業であり、これを社会実装まで見据えて執行するには NEDO の関与が不可欠と考えられる。産学の専門的知見が

集約されており、実施体制、連携等も適切である。非独占的通常実施権を用いることで幅広い関連事業者を通じた事業化が意識されている。

- ・ 本事業に期待されるインパクトの大きさ（波及効果を含む）、技術的な難易度、ユーザー産業を含めた多様な関係者を糾合するマネジメントの負荷等に鑑みれば、5年間の事業期間に亘り、安定した1/2補助率の助成とする受益者負担は妥当である。
- ・ 不純物元素低減技術、無害化加工技術とも、テーマ毎に助成先、共同研究先間の連携が図られ、スケジュールも適切に管理されている。その実効性は、多くの面での中間目標クリア（達成見込みと一部の早期達成）及び、外部要因で遅れた後工程長尺化に係る検証に関する代替措置のより確認できる。
- ・ CO₂排出量削減、資源リサイクルの観点から執行機関としてNEDOが適切であると判断する。実施者はアルミの当該研究に関して知見の深い研究者、企業で構成されており事業化に向けての推進力があると判断する。着実に成果を上げており、実施体制、連携、ユーザー関与、管理体制において妥当である。
- ・ 本事業における技術検討課題はこれまでも研究レベルでの報告はなされていたが、スケールアップにおける不確実性により民間企業での事業化判断ができなかったものであり、委託事業として継続することは妥当と判断する。
- ・ 本事業関係者のみならず、日本アルミニウム協会発信で外部有識者、ユーザー企業、オブザーバーも取り込んだ研究開発推進委員会にて進捗報告、意見の収集を行い、適切な管理、連携を図っていると評価する。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 固体溶融塩電解の本事業における役割の明確化が必要である。
- ・ 固体溶融塩電解部分のみ、他の要素技術と独立しており、他の部分と比べ、実用化・事業化能力が劣っている。また、LCA解析の対象からも外れている。プロジェクトでの統合技術の中での位置づけを明確にし、産業的な展開をより具体的にすることが必要がある。実施者間の連携が、研究成果など、より具体的に目に見える形になれば、なお良い。現状では、個別に研究開発を強力に推進している様子は見えるが、実施者間の連携の効果はよく見えない。全ての実施者間の連携効果は必要ないが、1,2の顕著な連携効果例でも示されれば分かり易い。
- ・ 固体溶融塩電解部分とその他の技術開発項目は、排他的ではなく、相補的であるべき。それぞれの経済・産業予測があたかもお互いの存在を無視しているがごとくなされている。その他の技術開発項目が固体溶融塩電解部分を取り込む形とすれば、固体溶融塩電解技術で扱うべき量的、質的な内容が明確化し限定され、産業化の具体像が見えてくると期待される。
- ・ 自動車産業のみならず、より多くのユーザーから意見を聞けるような場を作り、その意見を反映して研究を進化させ、成果の活用につなげることを期待する。
- ・ 最先端の難度の高い技術研究は個別の大学・研究期間や企業で実施するにはリスクが高い反面、実現した際のインパクトは非常に大きいので、国による必要にして十分なバックアップを期待する。
- ・ より具体的な計画を立案し、遅滞の無いようにPDCAを回すマネジメント体制に期待する。成果の社会的な認知度を強めるため、論文発表やシンポジウム開催、メディア発表等の定期的な訴求活動

を計画に加えることを望む。

- ・ 本事業のアウトカム達成には、各研究項目（要素技術）を有機的に融合させることが重要であるが、個々の技術開発は着実に進んでいるものの、連携体制の構築が不十分であり縦割り組織にとどまっている印象がある。特に、研究開発項目①と②の連携が見えない。事業者リーダーには、各要素技術を融合させることでいかに本事業のアウトカム達成を目指すかのロードマップを示した上で、統率ならびに協力体制の強化を期待する。研究データの利活用の観点では、再生展伸材という新材料を創出するのであるから、オープン&クローズ戦略に基づいた上で、適宜、組織解析データや特性評価結果の提供を検討いただきたい。
- ・ アウトプット目標が未達成の研究開発項目においては、今後一層研究を加速させることが期待される。
- ・ 本事業は、アルミニウムの資源循環を目指すものであることから、上流から下流までの要素技術間の連携が特に重要になる。一方で、連携が不十分な箇所が見受けられることから、とりわけ連続したプロセス間での緊密な協力体制を構築いただきたい。互いに研究結果のフィードバックを行いながら、独立した要素技術開発ではなく、資源循環という目標を達成するための一貫した技術開発を意識した上で、本事業を進めていただきたい。
- ・ 固体溶融塩電解に関しては上述のとおり、小規模ベンチプラントでの検証を継続すべきであり、大規模ベンチプラントに対する補助は中断すべきと判断する。（提言）いずれの研究開発テーマも実装化に向けては更なる設備投資が予想されるが、本事業の目標を達成し、社会実装を成し遂げることを期待する。

審議経過

● 分科会（２０２３年６月２２日）

公開セッション

- １．開会、資料の確認
- ２．分科会の設置について
- ３．分科会の公開について
- ４．評価の実施方法について
- ５．プロジェクトの概要説明

非公開セッション

- ６．プロジェクトの詳細説明
- ７．全体を通しての質疑

公開セッション

- ８．まとめ・講評
- ９．今後の予定
- １０．閉会

● 現地調査会（２０２３年５月１８日）

株式会社ＵＡＣＪ 名古屋製造所（名古屋市港区）

● 第７４回研究評価委員会（２０２３年８月８日）

「アルミニウム素材高度資源循環システム構築事業」

中間評価分科会委員名簿

(2023年6月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	おの ひでき 小野 英樹	富山大学 学術研究部都市デザイン学系 教授
分科会長 代理	とだ ひろゆき 戸田 裕之	九州大学 大学院工学研究院 機械工学部門 教授
委員	あずま ゆういち 東 雄一	公益社団法人 自動車技術会 常務理事
	きたが わかずのり 喜多川和典	公益財団法人 日本生産性本部 コンサルティング部 エコ・マネジメント・センター長
	せりざわ あい 芹澤 愛	芝浦工業大学 工学部材料工学科 教授
	たけがはら けいすけ 竹ヶ原 啓介	株式会社日本政策投資銀行 設備投資研究所 エグゼブティブフェロー
	はしもと きよはる 橋本 清春	三協立山株式会社 三協マテリアル社 技術開発統括室 基盤技術部 部長

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2023年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと ま ゆ み 松本 真由美	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

5G 等の活用による製造業のダイナミック・ケイパ
ビリティ強化に向けた研究開発事業
中間評価
評価報告書概要

2023 年 8 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発
機構
研究評価委員会

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業」の中間評価報告書概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第74回研究評価委員会（2023年8月8日）に諮り、確定されたものの概要である。

2023年8月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

1. 概要

		最終更新日	2023 年 5 月 16 日	
プロジェクト名	NEDO プロジェクト名 : 5G 等の活用による製造業のダイミク・ケイバビリティ強化に向けた研究開発事業 METI 予算要求名称: 同上		プロジェクト番号	P21010
担当推進部/ P Mgr または担当者 及び METI 担当課	IoT 推進部 PMgr 氏名: 河崎 正博 (2022 年 12 月 ~ 2026 年 03 月) IoT 推進部 PMgr 氏名: 間瀬 智志 (2022 年 05 月 ~ 2022 年 11 月) IoT 推進部 PMgr 氏名: 工藤 祥裕 (2021 年 04 月 ~ 2022 年 04 月) 経済産業省 製造産業局 ものづくり政策審議室			
0. 事業の概要	2020 年初頭からの新型コロナウイルス感染症の世界的流行のような不測の事態が発生した場合においても我が国製造事業者がサプライチェーンを維持するためには、柔軟・迅速に対応する「企業変革力」(ダイナミック・ケイバビリティ)を強化する必要がある。 製造現場において、5G 等無線通信技術とデジタル技術の活用により、生産設備等の遠隔での一括最適制御を通じた生産ラインの柔軟・迅速な組換えや制御を実現し、変種変量生産や、サプライチェーンの寸断リスクに対峙した際に柔軟・迅速な対応を行うことが可能な生産ライン・生産システムの実現を目指す。			
1. 事業のアウトカム (社会実装) 達成までの道筋				
1.1 本事業の位置付け・意義	世界各地での地政学的リスクの増長や国内災害の多発等、係るリスクにつながる「不確実性」は今後も更に高まるものと想定されるなか、柔軟・迅速な対応によりサプライチェーンを維持するための「企業変革力」(ダイナミック・ケイバビリティ)の強化が、今後の事業存続を賭けて取り組む課題となる。 本事業では、製造現場のダイナミック・ケイバビリティの強化及び省エネの推進に資する技術開発支援に取り組む。また、係る取組や先行事例の創出、成果の実用化を進めることにより、ユーザーとなる国内事業者の競争力強化に加え、技術開発や関連製品販売・サービス提供の担い手となる国内事業者 (メーカー、ベンダー等) による一層の市場獲得にもつなげる。			
1.2 アウトカム達成の道筋	The diagram illustrates the project's roadmap from the present to 2050. Key milestones include: 現在 (Present): Starts with '柔軟・迅速に対応可能な生産ラインやシステムの構築・実証' (Building and demonstrating flexible and responsive production lines/systems). 2023-2025 (事業期間終了 - Project Period End): Includes 'ユーザ無償PoC ケーススタディ獲得' (Obtaining user-free PoC case studies) and 'PoB検証' (PoB verification). 2024-2026 (実用化 - Commercialization): Includes 'ユーザ有償PoC ケーススタディ獲得' (Obtaining user-paid PoC case studies), 'ガイドライン作成' (Guideline creation), '市場性判断' (Marketability judgment), and '顧客開拓' (Customer expansion). 2025-2027 (事業化 - Business Development): Includes '本格導入' (Full-scale introduction), '事業化件数 2件' (2 business cases), '本格導入' (Full-scale introduction), '適用領域拡大' (Expansion of application areas), '量産・派生展開' (Mass production and derivative expansion), and 'サービスの本格化' (Full-scale service). 2030 (アウトカム目標② - Outcome Goal 2): Focuses on 'CO2排出量の削減 413万t-CO2/年' (Reduction of CO2 emissions by 4.13 million tons per year). 2050 (波及効果 - Spillover Effect): Includes '製造業全体におけるダイナミック・ケイバビリティの向上' (Improvement of dynamic flexibility across the manufacturing sector) and 'カーボンニュートラル社会実現への貢献' (Contribution to the realization of a carbon-neutral society).			
1.3 知的財産・標準化戦略	助成事業 : NEDO のルールに従い、助成事業の実施により得られた知的財産権等の研究成果は助成先に帰属することから、NEDO による指示は実施しない。ただし、実施者からの求めに応じて知的財産権等に関する専門的な助言を行う専門家派遣の体制を用意する。 調査事業 : 成果を共通財産として活用できるよう公開すると共に、社会実装への働きかけや、積極的な情報発信を計画している。			
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】 ・研究開発の事業期間終了後 5 年以内の事業化件数が 2 件 ・2030 年度において、413 万 t-CO2/年の排出量削減 【達成見込み】 以下の現在の取組状況により、アウトカム目標の達成を見込んでいる。 ・本事業は、事業化を想定した実証先としてユーザー企業が参画する事業体制としているため、事業期間中から市場やニーズに合致した実証を行うなど、実用化に向けた戦略・取組ができる。 (全 8 事業において 9 つのユーザー企業が参画している。) ・本事業は、事業期間中においても取組内容や事業進捗を可能な限り公開していることで、既に団体連携や他企業との連携、ユーザー PoC 依頼が進んでいる。 (既に事業化を見据えた協力企業(工場)との PoC 段階に取り組んでいる。) ・事業化を進めることで、一般的には以下の定性的省エネ効果が生ずる。 ・生産設備ごとに求められる機能はより単機能化し、生産設備ごとに内蔵されるモーター等の数量は減少し、係る電力消費量が減少 ・役割の重複した生産設備を排し、工程を集約化することで、生産設備の数量が減少し、係る電力消費量が減少
2.2 アウトプット目標 及び達成見込み	【アウトプット目標】 ・加工順の組換えや個々の生産設備の動作の変更等、柔軟・迅速な組換えや制御が可能な生産ラインや生産システム等の構築 ・中間（2023 年度）：見通しを 2 件 ・最終（2025 年度）：6 件達成 ・構築された生産ラインや生産システム等に対してユーザー評価を実施し、ダイナミック・ケイパビリティ強化に貢献するとの評価を得る。 【達成見込み】 2023 年 4 月時点で、以下の成果（実績）を挙げていることから、アウトプット目標（中間年度：見通しを 2 件）の達成を見込んでいる。 ①「既存生産設備と協働可能な多能工自走ロボットによるダイナミック生産ラインの実現」（DMG 森精機(株)/ファナック(株)）において、左記目標に掲げる生産ラインのパイロットラインを整備済み ②「サステナブルサプライチェーンの構築を目指したデジタル製造システムの確立」（三菱重工業(株)他）において、複数拠点間の装置を連携することでデジタル製造システムを構築し、プレ実証としてプラスチック材料での製造を実施済み
3. マネジメント	
3.1 実施体制	経産省担当原課 製造産業局ものづくり政策審議室
	プロジェクトリーダー なし
	プロジェクトマネージャー IoT 推進部 河崎 正博
	助成先 及び共同研究先 (学)学校法人、(公財)公益財団法人、(大)国立大学法人、公立大学法人、(一社)一般社団法人、(公社)公益社団法人、(国研)国立研究開発法人、(一財)一般財団法人、(独)独立行政法人 2021 年度 採択事業 助成先：DMG 森精機(株)(共同：(大)京都大学、(学)慶應義塾大学) 助成先：ファナック(株)(共同：(大)東京大学、(大)東京工業大学、

		(学)慶應義塾大学) 助成先：三菱重工業(株)(共同：(大)室蘭工業大学、(大)東北大学、 (大)茨城大学) 助成先：黒木コンポジット(株) 助成先：双日(株) 助成先：AeroEdge(株) 助成先：キグチテクニクス(株) 助成先：ヤンマーアグリ(株)(共同：ヤンマーホールディングス(株)) 助成先：(株)OTSL(共同：(大)東京工業大学) 助成先：丸和電子化学(株) 助成先：(株)ロジック・リサーチ(共同：(国)情報通信研究機構、 (国)産業技術総合研究所) 2022 年度 採択事業 助成先：ラティス・テクノロジー(株)(委託：(株)ツバメックス) 助成先：アルム(株)(共同：(大)北海道大学、(大)東京大学、 (大)神戸大学) 助成先：(株)アイ・オー・データ機器 助成先：内外テック(株) ※途中脱退 助成先：(株)クリーン精光 ※2022 年度で終了 助成先：アイテック(株) 助成先：(株)ヤナギハラメカククス 助成先：オプテックス工業(株) ※2022 年度で終了 助成先：ツウテック(株) (共同：愛媛県産業技術研究所、 (大)愛媛大学) 助成先：システムエルエスアイ(株) (共同：(大)徳島大学) 助成先：(株)ユタカ 助成先：(株)愛媛 C A T V(共同：(大)愛媛大学) 2022 年度 調査研究 委託先：(株) 野村総合研究所			
3.2 受益者負担の 考え方	会計・勘定	2021fy (実績)	2022fy (実績)	2023fy (予算)	総額
事業費推移 (会 計 ・ 勘 定 別 に NEDO が負担した実 績額 (評価実施年 度については予算 額) を 記 載) (単位:百万円) (委 託) ・ (助 成) ・ (共同研究) のうち使用しない行は 削除	一般会計	337	549	777	1,663
	開発成果促進財源	0	82	0	82
	総 NEDO 負担額	337	631	777	1,745
	(委託)	0	20	0	20
	(助成) : 助成率 2/3,1/2,1/3	337	611	777	1,725

3.3 研究開発計画	<table><tr><td>主な実施事項</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td><td>2026</td></tr><tr><td rowspan="2">研究開発</td><td>公募</td><td>公募</td><td>公募</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>調査研究</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>技術推進委員 会の開催</td><td>★</td><td>★</td><td>★</td><td>★</td><td></td><td></td></tr><tr><td>評価時期</td><td></td><td></td><td>中間評価</td><td></td><td></td><td>終了時 評価</td></tr></table>							主な実施事項	2021	2022	2023	2024	2025	2026	研究開発	公募	公募	公募										調査研究							技術推進委員 会の開催	★	★	★	★			評価時期			中間評価			終了時 評価
	主な実施事項	2021	2022	2023	2024	2025	2026																																									
	研究開発	公募	公募	公募																																												
	調査研究																																															
	技術推進委員 会の開催	★	★	★	★																																											
評価時期			中間評価			終了時 評価																																										
情 勢 変 化 へ の 対 応	・事業の進展に伴い、新たな開発ニーズ・シーズが生まれることが予想されるため、以下のような取組を実施し、戦略的に検討を行い、必要に応じて実施方針や公募要領における研究開発の追加や内容の変更等を行った。 ・調査事業を実施し、国内外の事例や政策、動向、トレンドを調査 ・最新の研究・技術動向について有識者ヒアリング(各年度4名)を実施し、ミッシングパーツ（技術分野）を次年度公募で補う ・事業者との月例進捗報告会や、技術推進委員会における評価・助言から、適時、軌道修正や追加加速等による実施計画の変更に対応。 ・技術推進委員会での評価や講評、助言を基に、必要に応じて計画の見直しを実施																																															
事 前 評 価 結 果 へ の 対 応	・採択審査委員会では、ダイナミック・ケイパビリティ強化との関係性について、取組によりどのようにダイナミック・ケイパビリティを向上するのかを、技術領域や指標を定めて、実施計画書または企業化計画書に明記すること等を条件に採択を行った。																																															
評 価 に 関 す る 事 項	事前評価	2020 年度実施 担当部 経済産業省製造産業局																																														
	中間評価	2023 年度 中間評価実施（今回）																																														
	終了時評価	2026 年度 終了時評価実施予定																																														
別添																																																
投稿論文	1 件																																															
特 許	「出願済」 1 件 「準備・検討中」 4 件																																															
その他の外部発表 （プレス発表等）	28 件 （研究発表・講演：21、新聞・雑誌への掲載：4、展示会への出展：3） 受賞実績：3 件																																															
基本計画に関する事 項	作成時期	2021 年 1 月 作成																																														
	変更履歴	2022 年 2 月 改訂（SPMgrを追加） 2022 年 5 月 改訂（PMgr 交代、プロジェクトマネージャーに係る略称変更） 2022 年 12 月 改訂（PMgr 交代と SPMgr 削除）																																														

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準		各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋									
(1) 本事業の位置づけ・意義	A	A	A	A	A	A	A	3.0	
(2) アウトカム達成までの道筋	A	B	B	A	B	A	A	2.6	
(3) 知的財産・標準化戦略	B	A	A	B	A	A	A	2.7	
2. 目標及び達成状況									
(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	A	B	B	A	A	B	2.4	
(2) アウトプット目標及び達成状況	A	B	B	A	A	A	A	2.7	
3. マネジメント									
(1) 実施体制	B	B	A	B	A	A	B	2.4	
(2) 受益者負担の考え方	B	A	B	A	A	A	A	2.7	
(3) 研究開発計画	B	A	A	A	A	A	A	2.9	

《判定基準》	
A：評価基準に適合し、非常に優れている。	
B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。	
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。	

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価分科会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「（参考）分科会委員の評価コメント」に、各分科会委員の指摘事項を参考として列記している。

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

国内外情勢の不確実性は今後益々高まると予想され、不測の事態や需要の変化などに柔軟・迅速に対応していくためには、スピード感のあるデジタル技術を活用したダイナミック・ケイパビリティの技術開発が、今後ますます重要となってくる。新たな無線通信技術や様々なデジタル技術を活用した容易に組み換え・制御可能な生産ライン・システム構築の技術開発支援と先行事例の創出を目指す本事業は、我が国の「ものづくり力」を維持・発展させるため、その成果が大いに期待されるものであり、国として取り組むべき事業といえる。アウトカム達成までの道筋については、PoC／ガイドライン作成、市場判断／顧客開拓といった事業化に至るまでの道筋、また、企業の投資意思決定の促進や事業として成り立たせる仕組みづくりなど、適切な取り組みが網羅され、さらには、ロードマップも提示されており、明確になっていると評価できる。また、知的財産・標準化戦略については、協調領域にはサプライチェーン全体の効率化を図る上で重要となるデータが挙げられており、競争領域には各社にとって核となる生産技術そのものが挙げられているなど、実施者個々の状況を優先しつつ、適切な環境が整備されていると評価できる。

一方で、先行事例の知見や PoC に参加したユーザー企業の評価については、後に続く企業にとって非常に多くのヒントが得られることから、本事業の成果が可能な限り公開されることを期待したい。また、事業化に向けては、中小企業にまでサービスとして利活用を浸透させていくための工夫、パートナーとの連携スキーム、価格設定、自立支援の仕組みなど、より一層の検討が望まれる。今後、本事業の社会実装を達成するには、労働力の確保・業界全体の人材育成の観点も重要と考えられ、それらのレベルアップが達成される仕組みを組み込めるとより良い。

（注） PoC: Proof of Concept

2. 目標及び達成状況

各テーマそれぞれに特徴がある中、それらが一つの大きな目標に向け研究開発を推進し、様々なターゲットを踏まえ利用者とともに実証実験を行うことは、最終的なアウトプット目標達成を促進すると考えられ、高く評価できる。また、先行して PoC フェーズに入っているテーマでは、初期の段階で顧客にヒアリングを行い、社会ニーズを踏まえ適切な目標修正やプロセスよりも結果を重視した工夫など、非常に意義のある取り組みをされており、期待値以上の成果をあげている。さらに、中小企業がデジタル技術の技能を保有せずとも容易に導入可能というコンセプトで開発を進めているテーマもあるなど、先行事例の創出から活用へ向けた仕組みを用意することで市場の拡大も見込め、事業化へ広く展開されることが期待される。

一方で、技術的観点も踏まえた上で深掘りできているのか、やや疑問が残るケースや、ひろく社会的に技術を伝播させようという取り組みがやや不足しているものも見受けられたため、本事業の意義と

して目標達成をより意識した研究開発の推進が望まれる。また、事業化に向けて、ビジネスとして成功させていくためのエコシステムの形成や、パートナーとの連携など、一社ではできないことをどう実現していくかという検討も必要と思われる。CO₂換算はその妥当性の検証が難しく、数式上での議論とならざるを得ないことが多いと推察されるが、各実施内容の狙いや意義を鑑みた本質的な議論に努めていただきたい。

3. マネジメント

本事業の取組に、多くの製造事業者は関心があるものの、投資対効果や既存設備への適用可能性が不明確なことから、先行事例創出に向けて国が旗振り役となり、研究開発資金面に加えて他企業とのネットワークや技術戦略支援をセットで行うことは意義が大きい。NEDO を中心とした実施体制は、実施者におけるテーマ運営を司るステアリングコミッティの設置など、ユーザー企業と共同開発を行う体制が整えられており、実用化・事業化がよりスムーズに進められ、今後の進展が大いに期待される。補助については、初年度に手厚く、2年度目以降は研究開発の進捗に応じて逡減を行うなど、事業化の目安が立てられるに従い、事業者負担が増えるという仕組みは、適切であると評価できる。月1回の実施者とNEDOの進捗報告会では、リスク・課題やその対応を共有し、年一回の技術推進委員会では、外部有識者も参画し評価・助言を行い、実施者の目標と達成度、最終の達成見込みを随時確認、必要に応じて見直ししており、進捗管理と評価は適切に行われている。

一方で、本事業のターゲットとする領域は、技術の進歩が非常に早いため、広く他の技術との連携や相乗効果などにも目を向けつつ、継続的に最新の技術や動向を注視し、取り入れた技術が陳腐化しないよう、本事業全体で共有することが期待される。また、それぞれのテーマに関しては、個々の事情等があることは理解するが、より良い方向に向かうよう引き続き検討をお願いしたい。

今後も、先行事例が呼び水となる取組や仕組みづくりなどを行い、製造業界全体のダイナミック・ケイパビリティ強化につながる活動を継続していくことが期待される。

（参考）分科会委員の評価コメント

（１）意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・ 本事業が目指すビジョンならびに目標は極めて意義ある内容である。我が国の「ものづくり力」を維持・発展させるために重要な事業であり、成果の創出が大いに期待される。
- ・ 外部環境の変化を踏まえても、本事業の重要性・必要性は明らかであると考ええる。むしろ、より早期に加速して推進すべきテーマであると考ええる。
- ・ 8 テーマを設定し、この中から社会実装を踏まえながらよい成果に関して事業化を後押しするよい立て付けであると考ええる。
- ・ 本事業の成果が「呼び水」となるべく情報発信も積極的に実施しており高く評価できる。
- ・ 実施者個々の都合を優先しつつ、適切に管理していると判断できる。
- ・ 5G およびデジタルツインに資する内容であり、ものづくり立国として取り組むべき課題である。
- ・ 電車に乗れるロボットは国土交通省所管の自動運転が先行しており、そちらに積極的に移管するなどの対応が望ましい。
- ・ 展示会と学術講演会をバランスよく活用しており、オープン・クローズ戦略は極めて良好と考える。
- ・ エネルギー施策ならびに不確実性の高まりによるサプライチェーンの強靱化を謳ういくつかの施策がある中、日本の製造業とその強みとしての現場力や産業集積をデジタル化しかつ、ダイナミック・ケイパビリティを備えた構造に変革するための仕組みづくりや先行事例の創出に重きをおき、積み上げによるボトムアップを図る方針は、中小企業を多く含む日本の産業パイプラインにおいて、きわめて有効であり、かつ中小企業単独では投資も開発も容易ではないため、国において実施するに値する事業であると言える。
- ・ 上位目標に対する CO₂ 排出量削減量や事業化件数の明確な数値目標があり、そこに向けた実証、ガイドライン作成、信頼性評価とシステムの確立、団体連携や他企業連携を含めたネットワークの構築ならびに相互理解の情報発信が示されている。
- ・ 助成事業であるという点から、基本的には知的財産権は助成先に属することになっていることは妥当。専門家派遣の体制を持ち、必要に応じて助言ができる仕組みとされていることは適切である。
- ・ 国内外情勢の不確実性は今後益々高まると予想されていることから、新たな無線通信技術や様々なデジタル技術を活用した柔軟・迅速な組み換え・制御が可能な生産ライン・システムの構築の技術開発支援と先行事例の創出は、わが国の製造業の国際競争力強化、持続可能性の向上に向けて、国として必要な取り組みである。
- ・ 8 件のテーマ選定から PJ 終了から 5 年以内での 2 件の事業化まで、ユーザーを巻き込んだ無償 PoC により事業性・市場性・信頼性・性能などの評価を実施、並行して特許出願による技術優位性確保、広報等によるユーザー獲得・他企業連携など、アウトカム達成までの道筋について、適切な取り組みは網羅され、ロードマップも提示されているなど、分かりやすく示されている。
- ・ 助成事業で得られた知的財産は助成先に帰属するルールになっており、助成先が安心して研究開発に取り組むことができる環境が整備されている。一方、取り組み概要や事業進捗・成果等について

は、NEDO HP での公開に加えて CEATEC 出展やメディア取材などで幅広く PR されており、オープン・クローズ戦略は適切に運用されていると史料。

- ・ 日本の製造現場が置かれた状況とダイナミック・ケイパビリティ強化という難題に真摯に向き合った事業であり、位置付け・意義ともに明確です。
- ・ 特にダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた日本ならではの取り組みをしているという点において、もっと広く社会に喧伝し、フィードバックを受けるといいのではないかと思います。
- ・ 事業化件数、CO₂排出量削減というアウトカムに対して、達成までの道筋は明確に描かれています。
- ・ 知的財産・標準化戦略に対して、協調領域はサプライチェーン全体の効率化を図る上で重要となるデータ（需要予測、温室効果ガス排出量、市場ニーズの変化、外的環境の変化等）が挙げられており、また競争領域として各社にとって核となる生産技術そのものが挙げられており、取り組みの方向性が的確に決められている点を評価します。
- ・ 産業界の活性化、社会実装までを明確にうたい、その理念を明示している。事業の社会的影響は明確であり、十分に実施意義のあるものであると考える。
- ・ 達成すべき状態の設定、また、達成に向けての必要項目についても、適切に表現されている。
- ・ 事業終了後の自立化については、一定の記述はされている。
- ・ オープン・クローズ戦略にのっとった考えは明確になっている。
- ・ サプライチェーンの寸断は、あるべき姿である“止まらない工場”が維持できないリスクであり、現実には生産の寸断が起こっている。こういった不測の事態が発生しうる状況に加えて、技術躍進や需要の変化など不確実性の高まりに対応していくためには、スピード感のあるデジタル技術を活用した先行技術開発が重要であり、実施する意義があると考えます。
- ・ PoC/ガイドライン作成、市場判断/顧客開拓といった事業化に至るまでの道筋がたてられている。また、ダイナミック・ケイパビリティ投資に関して企業の意思決定を促す仕組みづくりも盛り込まれており、事業として成り立たせる仕組みが組み込まれている。
- ・ 特許出願だけでなく論文や学会発表、展示会への出展など、研究開発成果の展開が、先行技術開発と並行して進んでいる。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 本事業の問題設定としては問題ないが、一方で、真に本事業の目標（製造業全体におけるダイナミック・ケイパビリティの向上）を達成するには、労働力を確保する（つまり人材育成）の観点も必要と考える。事業者にとってもプラス（収入であったり、人的ネットワークの拡大であったり）になる形で業界全体を見据えた人材育成（さらなるレベルアップも含む）が達成される仕組みを組み込めるとより良い。
- ・ 「ダイナミック・ケイパビリティ」は企業や状況において多様であると予想される。本事業で実証した内容を如何に一般化・共通化する、または、他応用への適用・再利用を推進する、という仕組みが事業後の普及において重要になると考える。これは 8 テーマ個別ではなく、事業全体の課題であり、是非ご検討いただきたい。特に、中小企業への普及をどう考えているのか、ある程度事業後のターゲットを見据えた活動へと発展してほしい。
- ・ 一般的に標準化のハードルは高いが、本事業では多くの標準化に関するポテンシャルを有している。

実施者の状況に応じて適切に判断した上で、積極的な支援をお願いしたい。ただし、意味ある標準化を実現するには当該分野における流れを形成し、多くの協力者や賛同者を募る必要がある。この点も鑑みた上でのマネジメントに期待する。

- ・ エンジニアの博士号取得などロールモデルや地位向上に向けた取り組みも積極的に推進いただきたい。博士号を取得したグローバルリーダーとなるエンジニアにより、事業の一層の躍進が期待できるものとする。
- ・ 実用化・事業化が極めて難しいと予想される電車に乗れるロボットは、自動運転や物流関連の専門に移管するなどして、より適切かつ効率的な運用が望ましい。
- ・ 特許や講演発表（国際会議を含む）はなされてきているが、ジャーナル・論文が極めて少ない。普遍的な技術にするため、積極的な論文投稿が望ましい。
- ・ 国際間連携や社会実装にかかわる規制調査やその緩和に関する項目があるとより網羅的になると思われる。
- ・ 市場への波及効果を考えた際、開発された技術をいかに有効活用していくかについて、ネットワークの構築を行われるということであるが、より具体的にどのように標準化して、どういう仕組みで技術活用を市場で進めていくのかについての各プロジェクトでの想定があるとなお良いと思われる。
- ・ 助成先はローカル 5G をはじめロボティクス、積層造形、AR/VR、画像認識、熟練工ノウハウ等暗黙知の形式知化など様々な技術との組合せで研究開発を進めており、こうした先行事例の、どの目的にどの技術をどのように組み合わせればよいのかという知見や PoC に参加したユーザー企業の評価については、後に続く企業にとって非常に多くの示唆が得られることから、本事業終了後の成果レポートは、プロジェクト参加企業の競争優位性を阻害しない範囲で可能な限りオープンにすべき。
- ・ 日本の製造業の強みの一つに現場力が挙げられていますが、本プロジェクトの実態に沿って、もう少し具体的な言葉でブレークダウンして再定義されると、これまでの現場力を起点とした NEDO 事業との対比ができて、本事業の位置付け・意義が鮮明になり、より広く一般に訴求できるのではないかと思います。例えば、ダイナミック・ケイパビリティを独自に定義されていた事業者の「既存の設備に後付けかつ段階導入できて、旧型設備の活用により、新旧混在の製造ラインの可用性を確保する技術」などが参考になると思います。
- ・ アウトカム達成の道筋の中に競合分析は入っていると思いますが、はっきり明示された方がいいと思います。「自分たちのやっていることは唯一無二で競合はいない」ということをおっしゃる方もいらっしゃいますが、直接の競合や提供する機能の代替品も含め、市場動向を冷静に分析する姿勢を持った方がいいのではないかと思います。
- ・ 特に移動用ロボットのプロジェクトにおいては、米国の IT 企業を中心とした Embodied AI(身体性 AI)の動きに注意した方がいいと思います。デジタルツインの中でシミュレーションを高速で繰り返し、ロボットを設計するという、これまでの設計のパラダイムの変革が起きようとしています。Transformer からのブレークスルーを考えると変革はものすごいスピードで起きる可能性がありますので、本事業に与える影響について、ウオッチしておいた方がいいのではないかと思います。
- ・ オープン・クローズ戦略を取るとすると、オープン側ではエコシステム形成が求められます。エコシステムをどのように設計し、運営していくのか、取り掛かりとしてどこを起点にしていくのかなど

についても、具体的に検討されるとよいのではないのでしょうか。

- ・ 「5G 等の技術の活用」というテーマ設定にたいして、5G が必須でないことへの誤解もあり、不必要に 5G につなげる研究テーマもあり、事業テーマ設定の際にもうすこし指導してもよいと考える。
- ・ 本事業は、大企業と中小企業がかかわっているが、事業化に向けて中小企業にまでサービスとして利活用を浸透していくためのビジネス化の工夫、ビジネスパートナーとの連携スキーム、価格設定、手離れや導入支援のしくみなど、より考慮があるべきと感じる。
- ・ プロジェクトによっては、大企業の自己投資の延長に見受けられるケースもあり、事業化の社会活用に向けての道のりをより明確にコミットさせていく働きかけも必要ではないか。
- ・ 実施者が、事業後のビジネスの主体となるのか、あくまで開発サービス提供者となるのか、立場を明確にしておく必要がある。
- ・ 特定の事業者にとどまらず、多くの企業にこの取り組みや技術が展開されることが必要。また、製造業を支えている多くの中小企業が活用し取り組めるような環境の整備が最も重要と考える。
- ・ 本事業は、5G 等のデジタル技術を活用した取り組みであり、それを扱う他事業の状況によって効果規模が左右されないか疑問がある。
- ・ 4G or 5G 双方で検証・効果確認をしているテーマや既存の状態でも効果を確認できているテーマもあり、他においても同様な検証がなされることを期待したい。
- ・ NEDO からの積極的な情報発信を今後も期待する。

(2) 目標及び達成状況

【肯定的意見】

- ・ 各事業それぞれの特徴がある中で、それらが一つの大きな目標に向け研究開発を推進するよう努力しており高く評価できる。
- ・ 社会実装を考えた場合には種々の制約が生じるため、それを踏まえた柔軟な対応が必要である（そうでなければ、評価のための社会実装となりかねない）。その意味では、評価する側も画一的で固定的な評価指標／目的にこだわるのではなく、状況に応じた評価が重要となる。
- ・ 様々なターゲットを踏まえ、利用者（将来の顧客）と一緒にになった実証実験が多く実施されていることを高く評価したい。
- ・ このような活動がさらに活発化することで、最終的なアウトプット目標の達成が実現されると考える。現段階においては、期待値以上の成果をあげていると判断する。
- ・ 一部のテーマは先行して PoC フェーズに入っており、社会のニーズを踏まえ、適切に目標の修正もなされているものと考えられる。
- ・ 電車に乗れるロボットなど一部のテーマに実用化の目途が見えないものがあり、それらが全体の歩調に影響を与える懸念がある。そろそろ実用化・事業化に向けて一部の内容の取捨選択を積極的に行うべきと考える。
- ・ 事業化件数および CO₂ 排出削減量の数値目標が達成可能で計測可能な指標として適切に設定をされており、また各プロジェクトにおいて、現時点迄の進捗は順調で大幅な遅れは見られない。複数の

有償 PoC の依頼があるプロジェクトもあり、事業化についての進捗も現時点で大きな問題は見られない。先行事例の創出から、活用への仕組みを用意することで市場の拡大も見込める

- ・ 各プロジェクトの中間目標は達成をしており、一部はそれ以上の成果を出しているものもある。初期に顧客ヒアリングを行い軌道修正を行っているプロジェクトや 5G 通信に既存製品を使用するといったプロセスより結果を重視した手法など工夫も見られた。
- ・ アウトプット目標（中間）として初年度に採択された一期生は 2 件とも柔軟・迅速な組み換えや制御が可能な生産ライン等の構築を 2024 年 3 月に達成見込みであり、進捗は順調である。
- ・ 特許出願 2 件、論文提出 1 件、研究発表・講演 21 件、メディア掲載 4 件、展示会出展 3 件など、本事業で得られた成果の知財取得、社会普及に向けた取り組みが数多く行われている。
- ・ 事業化件数 2 件と CO₂ 排出量削減 413 万トンというアウトカム目標を、根拠をもって設定されている点について評価します。
- ・ アウトプット目標の達成状況に関しては、「既存生産設備と協働可能な多能工自走ロボットによるダイナミック生産ラインの実現」と「サステナブルサプライチェーンの構築を目指したデジタル製造システムの確立」の 2 件を達成されており、その点を評価します。
- ・ 特に「既存生産設備と協働可能な多能工自走ロボットによるダイナミック生産ラインの実現」の取り組みに対しては、非常に意義のある取り組みをされ、成果が出ている点について高く評価します。
- ・ どのプロジェクトにおいても、アウトカムの目標設定は確実に定義されており、実施者も意識した報告をしている
- ・ どのプロジェクトにおいても、アウトカムの目標に対してほぼオンスケジュールで推移している、また、特許の出願などは適切に行っていると考えられる、
- ・ 実施者が、専門領域において優位性を伸ばすための補助金利用の流れになっており、おおむね妥当性があると考えられる。
- ・ 指標である 5 年以内の事業化 25% 以上から、目標値である 2 件は適切と考える。
- ・ 取り組んでいるテーマは、大変魅力的なものが多く、また、その開発進捗から判断すると、目標以上の早期事業化を期待している。
- ・ 効率的な生産ライン、生産システムの構築が順調に進んでおり、目標達成に向けて PoC が進み中間のアウトプットが出てきている。
- ・ 「既存生産設備と協働可能な多能工自走ロボットによるダイナミック生産ラインの実現」では、中小企業が導入しやすいパッケージを用意する/デジタル技術の技能を保有しなくても容易に導入できる、といったコンセプトで開発を進めているため、事業化後に広く展開することが期待できる。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 一般的には非常に難しい試算となるが、可能な限り CO₂ 削減量に関して定量的な議論を継続することが望まれる。

- ・（本事業だけでなく一般論として）CO₂換算はその妥当性検証が難しく、数式上での議論とならざるを得ないことが多いと推察されるが、各実施内容の狙いや意義を鑑みた本質的な議論と評価に努める必要がある。
- ・連携など他業種／他企業との連携が進んでいることが読み取れる一方、技術的観点も踏まえた上で深掘りできているのかやや疑問が残るケースがあったので、評価のための目標達成ではなく、本事業の意義としての目標達成を常に意識して研究開発を推進してほしい（評価する側もそれに対応する必要がある）。
- ・サプライチェーンや物流に関するテーマは、国土交通省などの関連省庁との連携で、適切に分担を見直すべきである。
- ・新型コロナの影響により、貨客混載が積極的に可能な時代に変化している。炭酸ガスの排出削減効果やLCAも含め、物流に関するテーマは再検討が望まれる。また特許や論文等も一部のテーマに偏っており、足並みをそろえての事業遂行が望ましいものと考えられる。
- ・アウトカム時点での費用対効果については助成金比2.7倍と予測されており、助成比率に依存するが、総額の投資対効果についてこれより下がる。波及効果も考慮に入れた経済性の考慮があるとなおプロジェクトの価値が上がると思われる。また国内市場では規模のビジネスに限界もあると思われるので、海外市場獲得についても考慮されると良いかと思われる。
- ・一部耐久性や加工時間などの見積もりが不十分なケースやテストにおけるデータ母集団の分布方針が不明瞭であったり、というプロジェクトも見られたので、より精緻な検討を進められるとよりいい成果が期待できると思われる。
- ・CO₂削減量については定性的省エネ効果の推計にとどまっており、事業期間終了時までには定量的な算出が求められる。
- ・今回はボトムアップでの取り組みを重視されているとのことでしたが、事業全体としてプロジェクトの事業者とユーザー企業だけの取り組みで終わるのではなく、組み立て産業のどの領域において注力して、将来的に我が国の競争優位性を発揮するのか、事業終了時には注力する領域を明確にされるとよいと思います。
- ・「サステナブルサプライチェーンの構築を目指したデジタル製造システムの確立」に関しては、搬送用ロボットを使う必要性、システムを中堅企業に展開していく点について、もう少し検討を深めるとよいのではないかと思います。また、取り組み全体について、代替機能の検討や関連技術に対する分析について、コメントがなかった点が少し残念でした。
- ・経済的価値はもちろん重要ですが、目先の経済的価値だけに固執することなく、波及効果を踏まえた意義のある研究開発に取り組んでいただけないのではないかと思います。
- ・想定する市場規模やビジネス目標が、あいまいで現実的でないケースが見受けられる、よりターゲット市場やユースケースを明確にした方が、実現性が増すのではないかと。
- ・ビジネスとして成功させていくためのエコシステムの形成や、パートナーとの連携など、一社ではできないことをどう実現していくかの考慮が不足しているケースに対しては、より具体的なビジネス化ロードマップを作成してもらうのがよいと考える。
- ・全般的に、実施者の自社ビジネスの延長でとらえているケースが多く、ひろく社会的に技術を伝播させようという取り組みはとくに見受けられなかった。

- ・ 事業化され売り上げを伸ばすためには、それを活用する中小企業のダイナミック・ケイパビリティ投資ができる投資規模であることと、投資を後押しする行政が必要。
- ・ CO₂ 排出量削減見込は、想定する数値にあいまいな点が感じられる。継続して調査を進めて目標値の確度をあげる取り組みが必要。
- ・ 様々な規模の企業で PoC を実施し、ブラッシュアップすることが望まれる。

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- ・ 全般的に NEDO 事業として適切に設定かつ運営されている。
- ・ 実施者においてもユーザーと密に連携し研究開発を進めている事例があり、今後の進展に大きく期待できる。
- ・ 基本的に大きな問題はないと思われる。
- ・ 適切な見直しの有無は今回の評価では分からないが、事業全体として適切に計画を定め進捗しているため問題ないと判断できる。
- ・ 一部のテーマにおいて、実施者の技術力と専門知識に懸念があり、マネジメント体制の積極的な再構築が望ましいものと考えられる。
- ・ 一部のテーマで有償 PoC に向けての取り組みがなされてきており、その他の各テーマにおいてもその積極的な推進が望ましい。
- ・ 一部のテーマで有償 PoC など、関連業界のニーズの取り込みを積極的に行っている。他のテーマも業界における PoC の開拓を一層進めるべきである。
- ・ NEDO の管理体制（月例の進捗確認、技術推進委員のレビュー、四半期の報告会）の実施等管理は適切に行われている。実施者においても検討技術や仕組みづくりにおいて成果を出せる十分な能力を持っていると思われる。実施者内にユーザー企業が入っているプロジェクトもあり、実用化事業化がスムーズに進められると考えられる。個別事業の採択プロセスについては、適切であり、若手研究者や女性研究者が活躍できる加点項目もあり多様性を意識された採択となっている。
- ・ 補助事業として、初年度に手厚く、以降補助率が逡減していく形は、事業化の目安が立てられるに従い、事業者負担が増えるという点において適切であると考えられる。また現状の補助率についても問題はない。
- ・ 国内外の動向調査、有識者へのヒアリング等を元に戦略の検討や研究開発・技術開発の追加や内容変更が行われ、また各種広報活動の取り組み、計画の見直し、前倒し等が行われている。
- ・ 「5G 等無線通信技術やデジタル技術を活用した生産ラインの柔軟・迅速な組み換え」は、多くの製造業が関心はあるものの、投資対効果や既存設備への適用可能性が不明確なことから、先行事例創出に向けて国が旗振り役となり、研究開発資金面に加えて他企業とのネットワーキングや技術戦略支援をセットで行うことは、意義が大きいと考えられる。
- ・ 本事業の補助率は、初年度大企業 1/2、中堅・中小・ベンチャー企業は 2/3 で、企業規模や財政状況を勘案した設定となっており、また 2 年度目以降は研究開発の進捗に応じて逡減を行うなど、適切な受益者負担となっており、特段の問題はないと考えられる。
- ・ NEDO は月次の進捗報告会に加えて、年に一度外部有識者も参画する技術推進委員会において評価・助言を行い、助成先も研究開発項目の目標と達成度、最終達成見込みを随時確認、必要に応じて見直していることから、研究開発計画のスケジュール管理は適切に行われている。
- ・ 実施体制として適切であると評価します。
- ・ 助成事業としての理由、補助率の逡減についても適切であると評価します。
- ・ 研究開発のスケジュール・進捗管理ともに適切であると評価します。

- ・ 特にダイナミック・ケイパビリティ投資に関して企業の意思決定を促す仕組みづくりを実施するとされている点は高く評価できます。
- ・ 執行機関として、適切に関与、指導しており、また必要に応じた関連技術保有者の紹介なども行っている。
- ・ 研究開発の進捗は適切であり、補助率の設定も妥当であると考ええる。
- ・ スケジュール管理は適切に行われている、また、必要に応じてリスケジュールも行われている。
- ・ NEDO をプロジェクトマネージャーとした実施体制がとられており、また、実施者においてもステアリングコミティが設置され、ユーザー企業/共同開発の体制が整えられている。
- ・ 研究開発の進捗に応じて、補助率の逡減が行われており、適切に設計されていると考える。
- ・ 事業者との進捗報告会が月 1 回に行われており、また経済産業省と NEDO との政策的方向性の確認が行われるなど、進捗管理と方向性の評価が適切に行われている。
- ・ 学会/シンポジウム/展示会などの参加により、研究/技術/市場動向の把握に力を入れており、変化への対応がなされている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 採択プロセス等に関しては詳細が不明なためコメントできない。
- ・ 委託／補助事業だからこそ実現される組織間連携があり、そのような流れが加速される受益者負担のあり方も議論が必要と考える。
- ・ 技術の進歩が非常に早い領域であるため、継続的に最新技術や最新動向を観測し事業者全体と共有する体制をとれると良いと思われる。
- ・ 中間評価分科会において、プレゼンテーション時間を全く守れないテーマがあり、また質疑においても技術的または専門知識に基づく回答がほとんどなされていなかった。当該テーマに関してはマネジメント体制にも懸念を感じるため、その再構築が不可欠と考える。
- ・ 最初のステップは経営資源が大きい組織がリスクも含めて事業を開拓して、成功事例を示し、次第に中小企業などに展開することが望ましい。
- ・ 新型コロナで大きく変化した交通行政の環境の変化を考慮して、関連省庁との連携を視野に入れながら、適切なテーマ内容や取り組み体制の改善が望ましい。
- ・ 研究データの利活用における仕組みづくりについて、中小企業等が活用しやすいような支援体制を検討いただけるとより、ボトムアップでの実施体制が作られると思われる。
- ・ プロジェクトごとに総額が大きく異なるため、補助率で考えた場合、プロジェクトに対する補助額はかなり異なる。必要な予算について具に見ていないので不明であるが適切な監査はしていただいた方が良くと思う。
- ・ 補助を入口（研究開発費に応じて）で考えるのか出口（経済効果に応じて）で考えるのかも含めて、仕組みも（今回では無くとも）検討してくのが良いと思う。
- ・ AI などの最新技術については、日々新たな手法が生み出され進化が早い領域なので、是非引き続き動向を把握いただき、技術の陳腐化がしないように進めていただきたい。
- ・ どのプロジェクトも関係者間でデータ連携を行うという前提であり、セキュリティ対策は共通課題のため、NEDO で予算を確保して、どこかのタイミングですべてのプロジェクトでセキュリティ診

断を実施すべきではないか。

- ・ 調査事業に関しては野村総合研究所に委託していると思いますが、波及効果という観点から、本事業をスケールさせるためには、どのような市場が有望で、どのような戦略を取るといいか踏み込んだ調査を期待しています。
- ・ 呼び水となる取組や仕組みづくりについて、インダストリー4.0 がブームになった 2010 年代中盤あたりに NEDO プロジェクトでも様々な取り組みがされたと思います。その際に効果があったものやなかったものを今一度検証してみると、本事業での呼び水となる取組や仕組みづくりの有益なヒントになるかもしれません。
- ・ 複数企業や研究機関がかかわっているプロジェクトがあるが、中心企業がしっかりマネジメントできているケースと、ややガバナンスが不明確なケースも見受けられ、中心企業による 、役割分担表の提示、進捗についての KPI の定義などを管理項目としてあげていただくとよい。
- ・ 予算枠を満たしていないときいており、より多くの(予算上限を超えるくらいの)応募を求める取り組みも検討いただきたい。
- ・ 受益者負担の設定には特段の問題はないと考える。
- ・ 保有技術の延長の視点に偏っているプロジェクトもあり、広く他の技術との連携や、相乗効果などにも目を向けてもいいのではと感じた。
- ・ 研究開発途中でキーとなる実施者の役割変更などがある場合は、進化が損なわれないようなドライブが必要。委員の評価を取り入れながら、軌道修正を図ることが望ましい。
- ・ 実施者の総開発投資額がいくらになるのか。費用対効果として約 97 億円の売り上げが予想され助成金比 2.7 倍と言われているが、総開発費に対する投資回収期間、ROI にも焦点を当てる必要性を感じる。
- ・ 本事業の目標達成にとどまらず、ここで表明しているように、この先行事例を呼び水として、製造業界全体のダイナミック・ケイパビリティ強化につながる活動を継続して実行することが期待される。

審議経過

● 分科会（2023年6月14日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

● 第74回研究評価委員会（2023年8月8日）

「5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ

強化に向けた研究開発事業」

中間評価分科会委員名簿

(2023年6月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	いのうえ こうじ 井上 弘士	九州大学 大学院システム情報科学研究所 情報知能工学部門 教授
分科会長 代理	ひろがき としき 廣垣 俊樹	同志社大学 理工学部 機械システム工学科 教授
委員	いざき たけし 井崎 武士	エヌビディア合同会社 エンタープライズ事業本部 事業本部長
	き い ともあき 紀伊 智顕	アビームコンサルティング株式会社 DXI ビジネスユニット Individual Contributor
	そのだ ひろと 園田 展人	東京海上ホールディングス株式会社 シニアデジタルエキスパート
	たきざわ けん 瀧澤 健	Ridgelinez 株式会社 執行役員パートナー Operational Excellence Practice Leader
	ふかまち かずひさ 深町 和久	沖電気工業株式会社 生産調達統括本部 先端生産技術開発部 部長

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2023年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと ま ゆ み 松本 真由美	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

電気自動車用革新型蓄電池開発
中間評価
評価報告書概要

2023 年 8 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発
機構

研究評価委員会

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「電気自動車用革新型蓄電池開発」の中間評価報告書概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「電気自動車用革新型蓄電池開発」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第74回研究評価委員会（2023年8月8日）に諮り、確定されたものの概要である。

2023年8月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

概 要

		最終更新日	2023 年 8 月 8 日	
プロジェクト名	NEDO プロジェクト名：電気自動車用革新型蓄電池開発 METI 予算要求名称：電気自動車用革新型蓄電池開発		プロジェクト番号	P21006
担当推進部/ P Mまたは担当者 及び METI 担当課	スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 古川 善規 (2021 年 4 月 1 日～2022 年 3 月 31 日) 今田 俊也 (2022 年 4 月 1 日～7 月 31 日) 臼田 浩幸 (PM) (2022 年 8 月 1 日～現在) 錦織 英孝 (2021 年 4 月 1 日～10 月 31 日) 齋藤 俊哉 (SPM) (2021 年 11 月 1 日～現在) 小井戸 哲也 (2021 年 4 月 1 日～現在) 西山 喜明 (2021 年 4 月 1 日～現在) 丹羽 勇介 (2021 年 4 月 1 日～現在) 丸内 亮 (2023 年 4 月 15 日～現在) 中島 港人 (2021 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日) 経済産業省 製造産業局 自動車課 商務情報政策局 情報産業課 電池産業室			
0. 事業の概要	2050 年のカーボンニュートラル実現に向けて、自動車の電動化が急速に進むことが予測されている。現状の電動車（EV・PHEV）につかわれる車載蓄電池は液系 LIB がほとんどで、Co を含む正極材料を使った LIB の比率が高い。自動車の電動化が進むと膨大な容量の蓄電池が必要となり、Co や Li の資源量がひっ迫してくる。そこで本事業では、資源量が豊富で、安価かつ供給リスクの少ない材料を使用し、高エネルギー密度化と安全性の両立を実現可能な蓄電池を開発する。具体的にはハロゲン化物電池と亜鉛負極電池を対象として、産学連携・企業間連携の研究開発体制を構築し開発に臨む。			
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	近年、2050 年までのカーボンニュートラル実現が世界的な目標として掲げられ、日本でも、自動車における 2050 年までのカーボンニュートラル達成を記した、第 6 次エネルギー基本計画が閣議決定されている。輸送部門で大きなエネルギー消費割合を占める自動車においては、現状では化石燃料が用いられているが、カーボンニュートラル実現は、自動車を電動化（EV・PHEV 化）し、電力のカーボンニュートラル化とセットで達成するシナリオが提唱されている。一方、自動車の電動化には膨大な量の車載用蓄電池が必要となり、現在電動車の車載電池に多く用いられている三元系正極材料を使った液系 LIB では、正極に含まれている Co の資源量が限られており、2050 年に想定される容量の車載用蓄電池には対応できない。そのほか、Li や正極材料の Ni の資源量も十分とはいいがたく、現行の液系 LIB、および全固体を含む次世代の先進 LIB だけでは車両電動化を支える事はできない。そのため 2050 年の自動車のカーボンニュートラル実現のためには、Co・Li・Ni を用いない高性能な革新型蓄電池が必要とされる。 本事業は、カーボンニュートラル実現に必須とされる自動車の電動化に資する革新型電池を研究開発するものである。			
1.2 アウトカム 達成までの道筋	2050 年に設定したアウトカム目標（後述）達成のためには、革新型蓄電池を搭載した電動車が相当数の割合で製造・販売されている必要がある。そのため、本事業成果の実用化の時期は 2030 年代半ばごろを想定し、革新電池の車載用パック（60kWh）の実用化目標として下記の通り定めた。 革新型蓄電池を用いた車載電池パック（60kWh）の実用化目標			
	目標項目	実用化目標 （革新型蓄電池）	参 考 （現行の液系 LIB）	
	コスト	1 万円/kWh 以下	2 万円/kWh 程度	
	重量エネルギー密度	フッ化物電池：400Wh/kg 以上 亜鉛負極電池：200Wh/kg 以上	130～160Wh/kg 程度	
	体積エネルギー密度	フッ化物電池：900Wh/L 以上 亜鉛負極電池：400Wh/L 以上	150～240Wh/L 程度	

	カレンダー寿命	15 年以上	7～8 年程度																										
	サイクル寿命	2,000 回以上	1,000 回程度																										
	安全性	内部短絡や過充電等、 異常時の発火リスク無し	リスク有り																										
	原材料調達リスク	無し	有り（Li、Co）																										
	急速充電時間	20 分以下	40 分程度																										
	上記の実用化目標は、研究開発対象の現状の電池性能との乖離が大きく、本事業の終了時（2025 年）より、成果受け取り側の企業で、実用化開発を実施する必要がある。そのため、事業の最終目標は、事業終了後に産業界で実用化開発を開始するに値して、かつ上記実用化目標につながる電池セルの特性値として規定した。詳細は次項のアウトプット目標を参照。																												
1.3 知的財産・標準化戦略	将来の産業競争力の維持・向上を念頭に、研究開発成果の内容に応じてオープン（公表、論文発表、標準化）とクローズ（特許化、秘匿ノウハウ）を判断。活物質・電解質などの材料発明は積極的に特許出願し、将来の競争力優位性を担保。主要な EV 市場形成が見込まれる国や、電池の海外競合企業が存在する国を中心に外国出願を積極的に推進。 本事業で開発する電極活物質・電解質材料、合剤電極及びセルについては、企業の「コア・イノベーション領域」であり、これらの情報を標準化（＝オープン化）することは、現時点で想定していない。																												
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	本事業のアウトカム目標は前述したとおり、2050 年のカーボンニュートラル実現への貢献である。詳細は省略するが、アウトカム目標として、日本メーカーの世界シェアが 30%であり、そのうち 1/3 が革新型電池搭載の電動車（全世界の電動車生産の内 1/10 が革新型電池搭載）と置いた。 その時の、経済効果および CO ₂ 排出削減効果は以下の通り。 <table><tr><td>経済効果</td><td>● 電動車における日本メーカーの世界シェア拡大（5→30%） ● 革新型電池搭載車両売上：24 兆円/年 ● 同バッテリーパック売上：5.9 兆円/年</td></tr><tr><td>CO₂ 排出削減効果</td><td>● 国内削減量：1600 万 t-CO₂/年 ● 世界削減量：1.03 億 t-CO₂/年</td></tr></table>			経済効果	● 電動車における日本メーカーの世界シェア拡大（5→30%） ● 革新型電池搭載車両売上：24 兆円/年 ● 同バッテリーパック売上：5.9 兆円/年	CO ₂ 排出削減効果	● 国内削減量：1600 万 t-CO ₂ /年 ● 世界削減量：1.03 億 t-CO ₂ /年																						
経済効果	● 電動車における日本メーカーの世界シェア拡大（5→30%） ● 革新型電池搭載車両売上：24 兆円/年 ● 同バッテリーパック売上：5.9 兆円/年																												
CO ₂ 排出削減効果	● 国内削減量：1600 万 t-CO ₂ /年 ● 世界削減量：1.03 億 t-CO ₂ /年																												
2.2 アウトプット 目標及び達成状況	「研究開発項目① フッ化物電池の研究開発」 <table><tr><td>項目</td><td>中間目標（2023 年度末）</td><td>最終目標（2025 年度末）</td></tr><tr><td>セル容量</td><td>0.1 Ah</td><td>2 Ah</td></tr><tr><td>重量エネルギー密度</td><td>400 Wh/kg 以上</td><td>500 Wh/kg 以上</td></tr><tr><td>体積エネルギー密度</td><td>800 Wh/L 以上</td><td>1,000 Wh/L 以上</td></tr><tr><td>サイクル容量劣化</td><td></td><td>10%以下（100 サイクル後）</td></tr><tr><td>充電受入性</td><td></td><td>1C 以上</td></tr></table> その他中間目標：セルの性能特性の支配因子とその影響度を把握し、最終目標を達成するために注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示 その他の最終目標 ・安全性：内部短絡・過充電等の異常時に発火・発煙無し ・実用化：今後の実用化開発を経て実現されるバッテリーパックの性能・コストを推定し、実用化目標を達成可能なことを確認 上記の中間目標に対する、2023 年 3 月末現在での達成状況を下記に示す。 <table><tr><td>項目</td><td>目標（2024 年 3 月）</td><td>成果（2023 年 3 月）</td><td>達成度（見込み）</td></tr><tr><td>重量エネルギー密度</td><td>400 Wh/kg 以上</td><td>371 Wh/kg</td><td>○ 2024 年 3 月に達成見込み</td></tr></table>			項目	中間目標（2023 年度末）	最終目標（2025 年度末）	セル容量	0.1 Ah	2 Ah	重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	500 Wh/kg 以上	体積エネルギー密度	800 Wh/L 以上	1,000 Wh/L 以上	サイクル容量劣化		10%以下（100 サイクル後）	充電受入性		1C 以上	項目	目標（2024 年 3 月）	成果（2023 年 3 月）	達成度（見込み）	重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	371 Wh/kg	○ 2024 年 3 月に達成見込み
項目	中間目標（2023 年度末）	最終目標（2025 年度末）																											
セル容量	0.1 Ah	2 Ah																											
重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	500 Wh/kg 以上																											
体積エネルギー密度	800 Wh/L 以上	1,000 Wh/L 以上																											
サイクル容量劣化		10%以下（100 サイクル後）																											
充電受入性		1C 以上																											
項目	目標（2024 年 3 月）	成果（2023 年 3 月）	達成度（見込み）																										
重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	371 Wh/kg	○ 2024 年 3 月に達成見込み																										

体積エネルギー密度	800 Wh/L 以上	1400 Wh/L	◎ 2023 年 3 月に達成
セル容量	0.1 Ah 級	0.1 Ah	(○) エネ密実証とは別のプロセス検討セルにて確認
その他	・セルの性能特性支配因子とその影響度を把握 ・注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示	電極の利用率向上の指針について、その設計指針を出すことができた。一方、レート特性・低温動作などの速度論的な観点ではまだ検討中。	○ 2024 年 3 月に達成見込み

エネルギー密度の検証は、2023 年 3 月段階では正極・負極それぞれの単極評価結果からの推定値。2023 年度中にフルセルでの検証とさらなるエネルギー密度の上積みを見込んでいる。

「研究開発項目② 亜鉛負極電池の研究開発」

項目	中間目標（2023 年度末）	最終目標（2025 年度末）
セル容量	0.2 Ah	5 Ah
重量エネルギー密度	150 Wh/kg 以上	200 Wh/kg 以上
体積エネルギー密度	400 Wh/L 以上	500 Wh/L 以上
サイクル容量劣化		10%以下（100 サイクル後）
充電受入性		3C 以上

その他中間目標：セルの性能特性の支配因子とその影響度を把握し、最終目標を達成するために注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示

その他の最終目標

- ・安全性：内部短絡・過充電等の異常時に発火・発煙無し
- ・実用化：今後の実用化開発を経て実現されるバッテリーパックの性能・コストを推定し、実用化目標を達成可能なことを確認

上記の中間目標に対する、2023 年 3 月末現在での達成状況を下記に示す。

項目	目標（2024 年 3 月）	成果（2023 年 3 月）	達成度（見込み）
重量エネルギー密度	150 Wh/kg 以上	82 Wh/kg（141 Wh/kg*）	△
体積エネルギー密度	400 Wh/L 以上	160 Wh/L（401 Wh/L*）	△
セル容量	0.2 Ah 級	1.44 Ah（3.80 Ah*）	◎ 2023 年 1 月に達成
その他	・セルの性能特性支配因子とその影響度を把握 ・注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示	・負極：合剤電極の組成と構造の最適化による利用効率とサイクル寿命の向上 ・正極：新規正極活物質での新コンセプト確認	○ 当初想定課題は 2023 年 3 月でほぼ達成済み

			・電解質：イオン構造の解析と正負極間のイオン移動制御技術構築		
	* プロセス確立のために試作した Ni-Zn 電池での値				
上記表の括弧内の数字はプロセス確立のために作成した Ni-Zn 電池での実績を示し、開発した Mn 正極材料を用いた Mn-Zn 電池の値と併記している。Ni-Zn 電池を題材としたプロセス確立では市販品の Ni-Zn 電池を超えるエネルギー密度を確認した。その後、開発中の Mn 材料を電極化・セル化したが、現状のセルでは目標を下回るエネルギー密度であった。					
3. マネジメント					
3.1 実施体制	経産省担当原課	製造産業局 自動車課 商務情報政策局 情報産業課 電池産業室			
	プロジェクトリーダー	PL：京都大学大学院工学研究科 教授 安部 武志 SPL：京都大学産官学連携本部 特任教授 森田 昌行			
	プロジェクトマネージャー	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 部長 古川 善規（2021 年 4 月 1 日～2022 年 3 月 31 日） NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 部長 今田 俊也（2022 年 4 月 1 日～2022 年 7 月 31 日） NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室 室長 臼田 浩幸（2022 年 8 月 1 日～現在）			
	委託先	京都大学、東京工業大学、早稲田大学、大阪大学、大阪公立大学、九州大学、東京大学、東北大学、名古屋大学、名古屋工業大学、兵庫県立大学、三重大学、山口大学、立命館大学、大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構、（独）産業技術総合研究所、（財）ファンセラミクスセンター、旭化成（株）、エナジーウィズ（株）、ダイキン工業（株）、トヨタ自動車（株）、日産自動車（株）、日本電気（株）、パナソニック エナジー（株）、（株）本田技術研究所（14 大学、2 研究機関、1 財団、8 企業）			
3.2 受益者負担の考え方 事業費推移 (単位:百万円)	主な実施事項	2021fy	2022fy	2023fy	
	フッ化物電池の研究開発	—			➤
	亜鉛負極電池の研究開発	—			➤
	会計・勘定	2021fy	2022fy	2023fy	総額
	一般会計	2,375	2,680	2,286	7,341
	開発成果促進財源	458			458
	総 NEDO 負担額	2,822	2,680	2,286	7,686
	(委託)	2,822	2,680	2,286	7,686

3.3 研究開発計画	中間評価▽					事後評価▽	
		2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	
	研究開発項目① フッ化物電池開発	材料開発	電極活物質・電解質材料の開発			材料種の絞り込みと改良	
						量産合成プロセスの開発	
		電極開発	合剤電極構造の開発 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)			電極構造の最適化	
						電極形成プロセスの開発	
		セル開発・ 特性評価	セル基本設計	0.1Ah級セルの試作・特性評価		2Ah級セルの試作・特性評価	
			劣化メカニズム・支配因子の明確化		セル劣化状態把握技術の開発		
		数値解析	セル特性予測シミュレーション技術の開発			シミュレーターの改良	
	総合評価				実用セル・バッテリーパック の性能・コストの推定、LCA評価		
	研究開発項目② 亜鉛負極電池開発	材料開発	電極活物質・電解質材料の開発			材料種の絞り込みと改良	
						量産合成プロセスの開発	
		電極開発	合剤電極構造の開発 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)			電極構造の最適化	
						電極形成プロセスの開発	
		セル開発・ 特性評価	セル基本設計	0.2Ah級セルの試作・特性評価		5Ah級セルの試作・特性評価	
			セル劣化メカニズム・支配因子の明確化		セル劣化状態把握技術の開発		
		数値解析	セル特性予測シミュレーション技術の開発			シミュレーターの改良	
	総合評価				実用セル・バッテリーパック の性能・コストの推定、LCA評価		
情勢変化への対応	2021年度の本事業開始以降に、2050年のカーボンニュートラルに向けて、国際的な枠組みや日本の施策が具体化してきた。そこでアウトカム目標を、2050年のカーボンニュートラル達成時点での値に設定し直し、達成までのシナリオを再検討した。						
中間評価結果への対応							
評価に関する事項	事前評価	2020年度実施 担当部 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部					
	中間評価	2023年度 中間評価実施予定					
	終了時評価	2025年度 終了時評価実施見込み					
別添							
投稿論文	「査読付き論文」：34件（21年度8件、22年度26件） 「研究発表」：144件（21年度44件、22年度100件） 「受賞」：4件（21年度1件、22年度3件）						
特許	「出願済」24件（21年度2件出願、22年度22件出願、出願数のうち5件はPCT・外国出願） （2023年5月時点で公開前のため、添付はなし）						
その他外部発表 (プレス発表等)	8件（21年度4件、22年度4件）						

基本計画に 関する事項	作成時期	2023 年 5 月 作成
	変更履歴	2023 年 8 月 誤記修正

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準		各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋									
(1) 本事業の位置づけ・意義	A	A	A	A	A	A	A	3.0	
(2) アウトカム達成までの道筋	A	B	B	B	A	B	B	2.3	
(3) 知的財産・標準化戦略	A	B	A	A	A	B	A	2.7	
2. 目標及び達成状況									
(1) アウトカム目標及び達成見込み	A	A	A	A	A	B	B	2.7	
(2) アウトプット目標及び達成状況	B	B	B	B	B	A	B	2.1	
3. マネジメント									
(1) 実施体制	A	B	B	A	A	A	B	2.6	
(2) 受益者負担の考え方	A	A	A	A	A	A	A	3.0	
(3) 研究開発計画	B	B	A	A	A	B	B	2.4	

《判定基準》	
A：評価基準に適合し、非常に優れている。	
B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。	
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。	

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価分科会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「（参考）分科会委員の評価コメント」に、各分科会委員の指摘事項を参考として列記している。

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

2050 年のカーボンニュートラル実現に必要な自動車の電動化に向けて、また日本の基幹産業である自動車産業の優位性を守るためにも革新型蓄電池の開発は重要である。Co、Ni、Li 等のレアメタルの資源リスクは特に日本にとって大きな問題であり、資源制約が少なく且つ経済的に優位な材料であるフッ化物電池と亜鉛負極電池の開発を実施する本事業の位置づけは明確である。さらに、日本国内の大学と企業が参画し、挑戦的な目標が設定されており電池における日本の競争力を高める上で大いに意義のある事業といえる。

アウトカム達成に向けて、達成までの道筋が細かく立案され、企業の意見も反映したスケジュールとなっており、大学、自動車メーカー並びに蓄電池メーカーにより事業化のためのスムーズな成果の受け渡しが可能な体制で行われているといえる。また、LCA による環境負荷分析を行うなど、外部環境の変化や研究開発により見込まれる社会的影響を考慮している点も評価できる。

知財管理は既に前々身、前身事業のフェーズから適切に設定されており、大学知財管理では不十分となりがちな外国出願や周辺特許なども企業の支援体制が取り入れられていることは重要である。

今後においては、実用化に向けたサプライチェーンの構築のために、適切な段階での活物質、電解質を担当する材料メーカーの参画することが望ましい。それにより、材料メーカーの知見・経験が、材料種の確定においても寄与すると考える。

2. 目標及び達成状況

アウトカム目標は、カーボンニュートラルに向けた世界的動向、車載用蓄電池及び電動車両に関する国内の各種施策、国内の自動車産業及び蓄電池産業の状況を踏まえ、適切に設定されている。

アウトプット目標は、アウトカム目標達成に必要な技術的優位性、経済的優位性も考慮された上で適切に設定され、順調に中間目標を達成しているといえる。具体的には、フッ化物電池に関しては、エネルギー密度目標が十分に高く、日本独自の研究視点に立っており、高い国際競争力を十分に意識した目標値が設定され、現時点で有力な負極、正極候補が見いだされている。亜鉛負極電池に関しては、エネルギー密度は従来のリチウムイオンバッテリーと同等の値であるが、低コスト、安全性に優れるため十分な競争力が期待できる目標値に設定され、現時点で負極に対しては良好なサイクル特性が得られており、正極に対しても有力な候補が見いだされ、課題も明確になっている。

また、オープン・クローズ戦略を踏まえて十分な論文発表や特許出願が行われている点やセル及びバッテリーパックの LCA を行っている点も評価できる。

一方で、フッ化物電池に関しては、残り 2 年間の研究期間で企業が実用化研究に移行できるところまで仕上げられるか不安が残るため、一層の材料の絞り込みが必要になると考える。

亜鉛負極電池に関しては、200Wh/kg の目標で良いが、150Wh/kg であっても低コスト、高安全性

であれば、自動車以外の用途にも十分展開が可能であることから、別視点での用途も検討することが望ましい。

今後においては、LCA における指標としてライフサイクル温室効果ガス排出量だけではなく、資源消費インパクトや酸性化※、有害化学物質の使用など、蓄電池の技術評価で課題として認識されている項目については、算定しておくことを期待する。

※酸性化（酸性雨化並びに、陸上・海上等に沈降する陸生酸性化・水生酸性化を指す。）

3. マネジメント

産学官の連携が重要な事業であり、日本の産業の育成を担う NEDO が本事業を執行することは適切といえる。実施体制には、民間企業が多数参画しており、実用化を目指した連携体制のもと研究開発が進められている。得意領域を適切に分担できているため、効率的な研究開発が推進できているといえる。また、拠点化による効率的な運営、拠点化間の密なコミュニケーションによる連携についても適切に機能していると考えられる。

本事業は、民間企業単独で事業化を進めるには、リスクが大きく困難であるため、委託事業として継続することが適切であると考えられる。

研究開発計画においては、事業の進捗管理の枠組みとして、技術系会議並びにマネジメント系会議を開催しており、全体の連携が適切に行われている。また、外部有識者を入れたステアリング会議も開催され、研究開発の優先順位や課題について、成果の受取者からの目線で議論されており、カーボンニュートラル達成に向けた世界的潮流の加速に応じて、アウトカム目標、そこに到達するために最適な取り組みとすべく適宜スケジュールや開発戦略の見直しが行われていると評価できる。

今後は、蓄電池のリサイクル/リユースの検討が広がるなど、従来技術も進化していることから、他の技術や社会的仕組みも変化するというシナリオを考慮しながら、技術評価を実施していくことを望む。また、本事業で獲得している基礎的・学術的研究アプローチや知見は、他の事業などに大いに貢献できるものであることから、連携すべき他の事業と成果の共有を期待したい。

（参考）分科会委員の評価コメント

（１）意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・ 電気自動車の普及は 2050 年カーボンニュートラルの実現に取って不可欠であり、また日本の基幹産業である自動車産業の優位性を守るためにも革新型蓄電池の開発は重要であり、国家プロジェクトで革新型蓄電池の開発を行う意義は高い。電気自動車の普及に取って Co, Ni, Li のレアメタルの資源量が限られることは特に日本に取って大きな問題であり、これらの金属資源を用いない革新型蓄電池の開発は意義の高い研究である。
- ・ 京都大学をはじめとするアカデミアと自動車メーカー、蓄電池メーカー、材料メーカーの産学研究であり、単に基礎的な研究だけでなく実用的な観点からの開発が可能で有り、スムーズな成果の受け渡しが可能で体制で行われている。5 年の研究期間終了後、企業中心の開発体制（自動車－蓄電池－材料メーカーによる垂直連携）を構築、量産プロトタイプセル開発を通して 2030 年代に国内販売開始という道筋が立てられている。
- ・ オープン・クローズ戦略、知財管理は既に RISING, RISING2 のフェーズから適切に設定されており、問題ない。
- ・ 本事業は世界的に喫緊の課題である輸送部門の非炭素化（電動化）に対し、資源制約が少なく・経済的に優位な材料により、課題解決を目指したものであり、明確で外部環境の変化を捉えている。
- ・ 本事業は非常に挑戦的な課題であり、長期的視点に立つ必要があるため、国が関与してその成立性を見極め段階までサポートする必要がある。一方で事業化のための企業参加は重要な枠組みである。
- ・ 組織全体としてはオープン・クローズを意識して運営されている。
- ・ カーボンニュートラル実現に必要な自動車の電動化に向けて、資源リスクのない材料を用いた高性能蓄電池開発を目指しており、事業の位置づけ、意義は明確である。国内の自動車産業、蓄電池産業に対する経済的価値が高いものであり、国において実施する意義がある。
- ・ アウトカム達成に向けて、カーボンニュートラル実現に向けた世界的潮流の加速を踏まえてシナリオを見直すとともに、LCA による環境負荷分析を行うなど、外部環境の変化や研究開発により見込まれる社会的影響を考慮している。
- ・ オープン・クローズ戦略に基づいて、研究開発による知的財産が適切にプロジェクト内で管理され、国内外への特許申請、論文などが適切に行われている。
- ・ 現行 LIB の資源リスク・調達リスクを低減しつつ必要な性能を持つ革新的な電池の開発であり、社会的意義・経済的意義が高く、国が実施する意義が高い。
- ・ アウトカム達成までの道筋が細かく立案されている。民間事業者の意見も反映したスケジュールとなっており、技術開発が順調に進めば実用化まで達することが見える道筋となっている。
- ・ 知的財産・標準化戦略の考え方や体制、取り組みなど妥当である。
- ・ 世界的にカーボンニュートラルの実現が叫ばれる中、本事業では高性能、低コスト、資源制約の少ない電動車用革新電池の開発によって CO₂ の大幅な削減を目指している。日本国内の大学と企業が参画しており電池における日本の競争力を高める上で大いに意義のある事業といえる。

- ・ 国内外の現況を捉え、的確に道筋が立てられている。大学を中心とした研究組織であるが、関連する企業の研究者を加えることで本事業のアウトカムを企業に移転しやすくしている。また、事業に参画した企業の研究者のスキルアップにも貢献しうる。
- ・ 知財管理に関して適切なスキームが策定されている。研究に参画している大学院生やポスドクなどのキャリア形成についても配慮されている。
- ・ (両課題共通)バックキャストिंगに基づき、高い・挑戦的な目標が設定されている。現在・今後の社会情勢や市場動向・環境に鑑みても重要な社会課題であり、国プロとして対応するにふさわしい。
- ・ (フッ素系)材料探索等の基礎的検証が中心であり、アウトカム達成までの道筋に目途をつけている。現プロジェクトにおいては役割分担も適切である。(亜鉛系)基礎的課題中心であるものの、メカニズムや材料探索など、目標達成までに難しい課題に挑戦している。現状の研究開発を積極的に推し進めた課題解決に臨んでほしい。
- ・ (両課題共通)知財やノウハウの取り扱いについては、大学と企業の間できちんと考え方が統一されていると感じる。大学知財管理では不十分となる外国出願や周辺特許なども企業の支援体制が取り入れられていることは重要である。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 活物質、電解質を担当する材料メーカーの参画がないのが残念である。実用化に向けたサプライチェーンの構築が必須であり、早い段階での活物質、電解質を担当する材料メーカーの参画があっても良いように思われる。
- ・ 研究期間終了後で良いと思うが、早期に標準化を進める体制を作っていただきたい。
- ・ 本事業終了後の直近の事業化・商用化は困難なため、企業が参加しやすい長期的な計画・視点を具体化する必要があると考える。
- ・ 一方で、大学主導で進められているプロジェクトである限界として、個人の成果の公開、海外留学生などを含む情報管理について十分でない懸念がある。
- ・ アウトカム達成に向けて、研究開発の進展に合わせた実施体制の柔軟な見直し（参画企業の追加など）や、本事業終了後の実用化開発の進め方についても検討を進めていただきたい。
- ・ 民間事業者の視点として自動車メーカーのみならず、電池メーカーの国際競争力強化の視点も加味すると、我が国産業界にとってより有益な目標となると考える。
- ・ 極めて高い目標を設定しており、解決すべき問題も多く、難易度の高い研究であるので、設定した数値目標の達成のみならず、研究の中で見出された学術的・技術的成果も評価するべき。
- ・ 有望な電池系・材料が見出されしだい、電池メーカーのみならず、材料メーカーや製造装置メーカーとの連携を進めるべき。
- ・ 事業全体で得られたノウハウを複数の参画企業間でどのように共有・利用するかについての仕組みを明確化する方がよい。
- ・ 変化の激しい環境にある蓄電池技術のエコシステムにおいて、2050年という点の時間軸に合わせるのではなく2050年以降も含めて本技術が適用できるものであることを見出してもらいたい。
- ・ LCA 結果についてはオープン化し優位性を示していくことを早期に検討いただきたい。

- ・ (両課題共通)数値目標だけにとらわれず、国プロの使命である学術的貢献も目標設定してほしい。
- ・ (両課題共通)事業終了後に継続するためにも材料系メーカーの早期参入を期待したい。材料種が確定するまでにも材料系メーカーの知見・経験も重要であろう。今後課題になるであろうリサイクルに関する方向性の議論を開始しても良いと考える。
- ・ (両課題共通)企業間の連携の具体的方針がより強固になるとアンダーワンループを適切に確立できるだろう。外国出願について、この分野ではきわめて重要であるため、国内出願時からのより積極的な対応に期待したい。

(2) 目標及び達成状況

【肯定的意見】

- ・ フッ化物電池に関してはエネルギー密度目標は十分に高く、目標を達成したときには LIB 等の従来電池に対して高い国際競争力をもつことが期待できる。亜鉛負極電池のエネルギー密度は従来の LIB と同等の値であるが、低コスト、安全性に優れるため十分な競争力が期待できる目標である。
- ・ フッ化物電池に関しては有力な負極、正極候補が見いだされている。亜鉛負極電池に関しては、亜鉛負極に関しては良好なサイクル特性が得られており、正極に関しても有力な候補が見いだされ、課題も明確になっている。特許出願、論文、研究発表が多くなされており、成果の普及や事業のアピールができています。
- ・ 世界的にも例のない新しい電池系の創出に本プロジェクトの価値があり、一方でこれまで相当額の国費が投入されている。単に電池性能の向上だけに留まらず、原理解明、基礎的知見の蓄積により、国内の対外競争力の向上に期待したい。
- ・ 電池系に合わせた適切な目標値が設定されている。十分な論文発表が行われている。
- ・ アウトカム目標は、カーボンニュートラルに向けた世界的動向や、車載用蓄電池および電動車両に関する国内の各種施策、国内の自動車産業、蓄電池産業の状況を踏まえ、適切に設定されている。成果受け取り手となる企業が実施体制に組み込まれており、アウトプット目標が達成されることで、適切に成果が企業に引き継がれ、アウトカム目標が達成される見込みがある。
- ・ アウトカム目標達成に必要なアウトプット目標が、技術的優位性、経済的優位性も考慮されたうえで適切に設定されており、目標値およびその達成時期も明確である。またオープン・クローズ戦略を踏まえて必要な論文発表や特許出願が行われている。セル及びバッテリーパックの LCA を行っている点も評価できる。
- ・ 目指すべき目標として妥当である。また、技術開発やその後の実用化が順調に進めば、達成の可能性はあると考えられる。
- ・ 中間段階の達成度としては妥当と考える。特にフッ化物電池については、いずれの項目も達成または達成見込みであり、十分な成果が出ている。
- ・ 世界的な情勢・市況に基づいてアウトカム目標が設定されている。また、人材育成も視野に入れており、日本における電池技術の向上と発展に寄与することが期待される。
- ・ 全体として優れた研究業績を挙げており、精力的に研究が進められている。フッ化物電池については概ね目標が達成されている。亜鉛負極電池については電極および電池作製プロセスの確立が確認

されている。

- ・ 性能の数値的な目標への到達だけでなく、得られたメカニズムの理解などについてもアウトプットとして主張できるものとなっている。
- ・ (フッ素系)国際的開発背景を踏まえ、バックキャスト的に指標・目標値を設定しており、ほぼ達成を見込める状況になっている。日本独自の研究視点に立っており、国際競争力を十分に意識した値となっている。(亜鉛系)挑戦的課題が設定されており、指標・目標値は十分に国際競争力を備えると判断する。(両課題共通)材料研究開発が目標達成などにきわめて重要であり、日本の材料研究の強みを十分に生かせる領域であると判断する。
- ・ (両課題共通)国際的背景のもと、挑戦的かつ適切に設定された指標・目標値であり、達成に向けて着実に進行していると理解する。(フッ素系)そのうえで、ほぼ目標値を達成できるところまで研究開発を推進できており、引き続き、研究開発に注力してほしい。(亜鉛系)そのうえで、目標達成を可能にする基礎的知見の獲得にも積極的であるため、挑戦的課題を解決できる可能性を秘めると期待する。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 亜鉛負極電池に関しては、正極側の開発に課題が残る。本命の正極材料は MnO_2 と考えられるが、まずは 150 Wh/kg 程度を狙って 1 電子反応で良好な特性を実現し、そのうち 200 Wh/kg にチャレンジするというシナリオでいいのでは無いと思われる。150Wh/kg であっても低コスト、高安全性であれば、自動車以外の用途にも十分展開が可能である。 MnO_2 以外の材料に関してはあまり大きなエネルギー密度の見込みがなく、見直す時期に来ているのではないと思われる。
- ・ 亜鉛負極電池の弱酸性電解液に関してはメリット、デメリットを明確にして今後進めるべきかを判断すべき。フッ化物電池に関しては有力な負極、正極候補が見いだされているが、あと 2 年間の研究期間で企業に実用化研究に移行できるところまで仕上げられるかに関しては不安が残る。最後の 2 年間では材料の絞り込みも必要ではないと思われる。また、電池の生産性や出力密度を考えたときには電解液系のフッ化物電池も魅力的であり、電解液の開発もいっそう加速して欲しい。
- ・ 一方で、蓄電池は EV 用途のみでなく、系統での電力貯蔵用途も大きな市場として期待されている。資源制約が少ないこと、経済的である共通点以外に、エネルギー密度の制約は低くなるが長寿命を要求される。アウトプットをより広い視点で、電池系に合わせて見直す必要もあると考える。
- ・ 中間目標はおおむね達成、または達成見込であるが、一部未達成の項目がある。中間目標および最終目標の達成に向けて、本事業で取り組む高度解析技術による反応メカニズム解析や、セル特性予測シミュレーション技術開発などを有効に活用し、開発を進めていただきたい。
- ・ 亜鉛負極電池は一部未達の項目があるものの、改善に向けた戦略は明確になっているため、時間との競争という面はあるものの、ポイントを絞りつつ、また適宜成果を踏まえた軌道修正を加えながら、最終年度までに初期の目標を達成できるよう、進めて頂きたい。
- ・ 2030 年代の国内販売開始（実用化）という目標はやや楽観的に感じられる。事業終了後、10 年程度の間に電池性能や安全性、材料・製造プロセスなどを確立できるか？
- ・ フッ化物電池では作動温度および入出力特性の改善、亜鉛負極電池では正極材料の探索が課題といえる。

- ・ 2050 年に目標とするシェアを得るには、研究開発からプロセス開発、サプライヤーにおける生産計画、実用化から規模拡大、など、多くの段階があり、現時点既に時間が不足しているように思える。他方、2050 年以降も蓄電池材料は低資源リスクで循環利用されていかねばならないため、あまり2050 年という一つの時点にこだわりすぎない形でアウトカムを検討されるべきではないか。LCA における指標としてライフサイクル温室効果ガス排出量だけでなく、他の指標についても検討すべき。特に資源消費インパクトや酸性化、有害化学物質の使用など、蓄電池の技術評価で課題として認識されている項目については、算定しておくべきと感じる。
- ・ (両課題共通)数値目標だけでなく、学術的視点からの目標、例えば指導原理の確立や反応メカニズム解明、実験結果の見える化など、学術的視点の目標を新規設定することを期待したい。(亜鉛系)各研究開発ステージにて、さまざまな課題が表出する際には適切に指標・目標値を見直すことを考えてほしい。
- ・ (フッ素系)数値目標は達成できる水準に達しているものの、その指導原理に関し、未だ未解明のところが散見される。この学術的アプローチを指標・目標に設定することで、研究開発の広がりを創出してほしい。(亜鉛系)未達あるいは達成困難と感じられる目標設定が見られる。目標値を下げるのではなく、新たに得ている知見をもとに、別視点での目標値設定に取り組んでも良いと感じる。(両課題共通)特許出願や論文掲載など、社会的影響を考えると、本プロジェクトはこの分野を先導すべきであり、質的および量的推進を期待したい。

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- ・ 自動車産業、蓄電池産業の競争力強化のための研究開発であり、NEDO の事業として行うことは妥当である。PL、SPL の強力なリーダーシップのもと研究開発が進められている。民間企業がプロジェクトに多数参画しており、実用化を目指した産学連携体制のもと研究開発が進められている。
- ・ 革新型電池の開発は一企業では為し得ることが難しいきわめてチャレンジングなテーマであり、委託事業で継続することが望ましい。
- ・ アウトプット目標達成に必要な進捗管理はマネジメント系会議と技術系会議で適切に行われている。カーボンニュートラル達成に向けた世界的潮流の加速に応じて、アウトカム目標の見直しが行われている。
- ・ 拠点化による効率的な運営、拠点化間の密なコミュニケーションによる連携について適切であると考ええる。
- ・ 事業化のためには更なる研究開発が必要であり、民間企業で事業化を進めるには、リスクが大きく困難である。委託事業として進めるのが適切である。
- ・ NEDO の関与も含め、適切に管理されていると考える。
- ・ 産学官の連携が重要な事業であり、執行機関としては NEDO が適切である。基盤的技術に関する技術的難易度の高い事業であり、アカデミアを中心に産業界と連携して実施する体制は適切である。実施者間で進捗管理の会議を開催して連携しながら開発が進められる体制となっている。
- ・ 本事業は基盤的技術の研究開発事業であり、委託事業として継続することが適切である。

- ・ 事業の進捗管理の枠組みとして、技術系会議およびマネジメント系会議を開催しており、要素技術間の連携が適切に行われている。また外部有識者を入れたステアリング会議も開催され、成果開発項目の優先順位や課題について、成果の受取者からの目線で議論されており、研究開発の進捗管理は適切である。
- ・ 産官学の実施者それぞれが、各自の役割を果たし責任感を持って取組を進めており、体制として高く評価できる。
- ・ 主な開発主体が大学・公的機関などで有り、民間への委託費も必要な最低限に留められており、妥当と考える。
- ・ 最終的なゴールを見据えつつ、そこに到達するためにベストな取り組みとすべく適宜スケジュールや開発戦略を見直しており、妥当と考える。
- ・ 日本の科学技術の高度化と産業の育成を担う METI および NEDO が本事業を執行するのは適切といえる。また、実施者は多くの実績を有しており、それぞれの研究開発を推進できるといえる。
- ・ 極めて難易度の高い研究であり、委託事業として継続することが必要である。
- ・ ステアリング会議を中心としたマネジメント系会議と技術系会議が設置されており、進捗管理と研究者間の情報交換がなされている。
- ・ (両課題共通)適切な研究開発執行体制を構築できていると判断する。産学官の協働体制も適切であり、得意領域を適切に分担できているため、効率的な研究開発を推進できると判断する。
- ・ (両課題共通)本プロジェクトで設定されている課題は、一企業や一大学レベルでは解決が困難な重要課題である。国プロとして対応すべき重要テーマであり、継続的な支援が必要である。
- ・ (両課題共通)研究開発により課題がより明確化し、各研究グループにて適切に対応できる体制が構築されている。進捗管理は適切であるため、見直しが必要な指標・目標も把握できていると理解する。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 開発する電池系が完全に絞りこまれていない段階で致し方ない面もあるが、活物質、電解質を担当する材料メーカーの参画がないのが課題である。実用化に向けたサプライチェーンの構築が必須であり、早い段階での活物質、電解質を担当する材料メーカーの参画が望まれる。
- ・ 2024 年以降はプロセス・セル設計を強化する予定になっているが、研究期間終了後に実用化研究に移行することを考えると、いずれの電池系も早急に材料の絞り込みを行い、前倒しで本年度中からプロセス・セル設計をスタートできると良い。
- ・ 亜鉛負極電池の開発については、一部が実用例もあるため、先行機関（特に電池製造企業）をプロジェクトに取り入れて、より効率的に開発が進められないかと思慮する。
- ・ NEDO 事業の成果評価について、目標値の達成度などに重点が置かれがちであるが、本プロジェクトでは原理解明、基礎的知見の蓄積の占める割合が大きいと考える。終了時評価ではできるだけこれらを明示して、次への展開を明確にされることを期待する。
- ・ 材料メーカーの参画や、セル化・プロセス研究への産業界からの参画、セル特性予測シミュレーション技術開発の体制強化など、研究開発の進展に応じて実施体制を柔軟に見直してアウトプット目標

達成に向けて開発を進めていただきたい。

- ・ 当初の研究計画にとらわれずに状況に応じて柔軟に研究計画を修正することが望ましい。
- ・ 従来の蓄電池のリサイクル/リユースの検討が広がるなど、比較対象技術も進化している。開発対象の技術だけでなく、他の技術や社会的仕組みも変化するというシナリオを考慮しながら、技術評価を実施いただきたい。
- ・ (両課題共通)研究データの共通化・利活用において、本プロジェクト関係者だけでなく、連携すべき他の国プロとのより密接な連携も期待したい。特に、本プロジェクトで獲得している基礎的・学術的研究アプローチや知見は、両テーマ間の相補的活動のみならず、他のプロジェクトなどに大いに貢献できると期待する。
- ・ (両課題共通)本プロジェクト期間終了後の次ステップについても、検討が必要な時期に達しているであろう。本事業成果の適切な展開に期待する。
- ・ (フッ素系)要素技術の橋渡しはこれからであるものの、次ステップに関する早めの対応を期待したい。(亜鉛系)スケジュール的にやや遅れ気味のテーマが見受けられる。これは当初の高い課題設定に起因するため、研究開発の状況に応じた指標・目標値の再設定を実施しても良いと判断する。目標値の切り下げではなく、学術的・基礎研究的に重要な要素を取り込んでほしい。

審議経過

● 分科会（2023年6月29日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

● 第74回研究評価委員会（2023年8月8日）

「電気自動車用革新型蓄電池開発」

中間評価分科会委員名簿

(2023年6月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
分科会長 代理	たけい かつひと 竹井 勝仁	一般財団法人電力中央研究所 企画グループ 研究アドバイザー
委員	いまむら だいち 今村 大地	一般財団法人日本自動車研究所 環境研究部 主管
	いわさき ひろのり 岩崎 裕典	PwC アドバイザリー合同会社 エネルギーセクター ディレクター
	かたやま やすし 片山 靖	慶應義塾大学 理工学部応用化学科 教授
	きくち やすのり 菊池 康紀	東京大学 未来ビジョン研究センター 准教授
	てしま かつや 手嶋 勝弥	信州大学 先鋭材料研究所 所長・教授

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2023年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと まゆみ 松本 真由美	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発
中間評価
評価報告書概要

2023 年 8 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発
機構

研究評価委員会

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発」の中間評価報告書概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第74回研究評価委員会（2023年8月8日）に諮り、確定されたものの概要である。

2023年8月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

概 要

		最終更新日	2023 年 6 月 20 日
プロジェクト名	NEDO プロジェクト名: 機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発		プロジェクト番号
	METI 予算要求名称: 先端計算科学などを活用した新規機能性材料合成・製造プロセス開発事業		P19004
担当推進部 / PM 氏名 及び METI 担当課	担当推進部: 材料・ナノテクノロジー部 PM 氏名: 関野 雅史 (2020 年 5 月～現在) PM 氏名: 伊藤 真治 (2019 年 6 月～2020 年 4 月) 経産省担当原課: 素材産業課 (革新素材室)		
0. 事業の概要	2015 年 12 月にフランス・パリで開催の国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21) において採択されたパリ協定では、世界共通の長期目標として、地球の平均気温上昇を産業革命以前と比べて 2℃未満に抑えることを掲げているが、その為には世界全体で抜本的な地球温室効果ガス (GHG) 排出量を削減するイノベーションの創出が不可欠である。我が国においても、2016 年 4 月の総合科学技術・イノベーション会議にて「エネルギー・環境イノベーション戦略 (NESTI2050)」が策定され、GHG の抜本的削減に向けた革新技術の研究開発を強化する方針が打ち出されている。この戦略の省エネ分野では、創エネルギー技術により生み出されるエネルギーを社会の様々な局面で利用する過程にて、エネルギーロスを縮小する省エネ技術の開発が必要であるとし、重点的に開発すべき省エネ技術として「革新的生産プロセス」を挙げ、省エネ及び CO₂ 排出量削減を掲げている。また、「革新的環境イノベーション戦略」(2020 年 1 月 統合イノベーション戦略推進会議決定) の目標として、機能性化学品の製造方法に係る省エネ・コスト低減へ向けたフロー法による連続精密生産技術の確立が記述されている。さらに、「マテリアル革新力強化戦略」(2021 年 4 月 統合イノベーション戦略推進会議決定) では、プロセスインフォマティクス (PI) ・計算科学等の活用による目的化学品の最適製造経路設計、及び化学品製造の環境負荷低減 (省エネ・廃棄物削減) と高速・高効率なオンデマンド生産を可能にする革新的製造プロセス (フロー合成技術等) の技術開発を実施することが記述されている。加えて 2022 年 4 月には、経済産業省製造産業局より「新・素材産業ビジョン (中間整理)」が公表され、化学品製造の環境負荷低減と高速・高効率なオンデマンド生産を可能にするフロー合成技術等の革新的製造プロセスの技術開発や普及を進めていくことが記述されている。 本プロジェクトでは、今後の成長が期待される機能性化学品 (高付加価値、多品種少量生産) の分野において、従前のエネルギー多消費で多くの共生生成物が生じるバッチ法^{*1}を、日本が強みを有する不均一系触媒の技術を用い、省エネで効率的なフロー法による連続精密生産技術^{*2}へ置き換えると共に、プロセス情報や反応データ等を用いる合成プロセス設計技術を開発する (^{*1} バッチ法: 1 つの反応毎に原料を入れ、その都度加熱・冷却して反応物を得る工程を独立して行う合成法、^{*2} フロー法による連続精密生産技術: 原料を連続して供給し、複数の反応を連続させた一連の工程で行う) 。これらの研究開発を国内トップレベルの実施主体による産学官連携体制で進め、従来とは異なる生産プロセス・イノベーションを創出する。		
1. 事業のアウトカム (社会実装) 達成までの道筋			
1.1 本事業の位置付け・意義	本事業は、2020 年 1 月 21 日に内閣府の統合イノベーション戦略推進会議により決定された「革新的環境イノベーション戦略」のイノベーション・アクションプラン「Ⅲ. 産業 8.カーボンサイクル技術による CO₂ の原燃料化など」の「⑩ 製造技術革新・炭素再資源化による機能性化学品製造の実現」において、「【目標】2025 年までに、機能性化学品の製造法の主流であるバッチ法を革新し、フロー法による連続精密生産技術を確立することで、機能性化学品の製造方法の大幅な省エネルギー化とコスト低減の実現を目指す。」として位置づけられている。また、この中で「【技術開発】連続精密生産に必要なとなる、副生物のできない新規触媒の開発、省エネ型の膜分離プロセス、溶媒リサイクル等の要素技術開発を進め、省エネルギーで廃棄物発生量の少ないプロセス技術を確立する。」「(実施体制) フロー法による連続精密生産技術に用いられる触媒開発は、大学、研究機関、化学メーカーが連携するナショナルプロジェクトで引き続き実施する。」と記載されている。 現在、機能性化学品の生産の主流はバッチ法であり、1 反応工程毎に分離・精製を行うなど効率が悪く、製造に多大なエネルギーを要し、大量の廃棄物が生じるといった課題を抱えている。一方、連続フロー法による機能性化学品の製造は、1 反応工程毎の分離・精製を必要としないなど、エネルギー、廃棄物量を大幅に削減可能な高効率プロセスである。 バッチ法の課題解決に向けた連続フロー法の技術開発が進められている。海外では、機能性化学品製造における革新的製造技術の 1 つとして、欧米を中心に連続フロー法の研究開発が進められ、触媒や反応器、制御機器等の開発は行われて		

	いるものの、不均一系触媒による連結フロー法（連続フロー法モジュールの組合せによる合成法）の開発には至っていない。日本では、東京大学の小林修教授を中心とする研究グループが連続フロー法に関連する触媒技術を蓄積しており、論文引用数はトップクラス（不均一触媒による有機合成）である。加えて、連結フロー法による医薬原体（ロリブラム）の連続精密合成に成功したことが Nature 誌に掲載され、当該グループは世界的に注目の技術開発を推進している。 機能性化学品の合成プロセスの設計は、研究者の経験と勘、試行錯誤に基づいて行われている。近年では、AI を用いた合成経路設計システムが実用化されている。しかし、現在のシステムは、欧米が強みを持つ文献データに依存し、合成困難な前駆体を經由するといった反応の進行が保証されない複数の経路を提案するものであり、実験による多くの検証を要する等の課題を抱えている。そこで、欧米の文献データ依存方式とは異なる合成プロセス設計技術を導入することにより、連続精密生産プロセスによる新規機能性化学品の開発・上市に至る期間の大幅な短縮が期待される。 以上から、本事業は、我が国の省エネ化、産業競争力強化を実現する社会的な必要性が高い事業である。
1.2 アウトカム達成の道筋	① 事業終了（2025 年度）後、本事業に参画しているフロー技術／サービス等の企業が主体となり、フロー装置やプロセス設計技術に関する事業化を推進する（2026 年度目途）。 ② 本事業に参画している各分野のユーザ企業は、プロセス設計技術を活用したフロー技術の事業化を実証し、成功事例を示すことにより、フロー式へ転換させる潮流を創る。 ③ コンソーシアム（FlowST）を核とした本事業に非参画の組織へ対する普及活動や、企業とアカデミア、企業間の主体的な連携を促進する。また、プラットフォーム等も活用した技術コンサルティングによりフロー技術を普及させると共に、アカデミアとも連携し、人材育成や更なる技術の高度化を図る。 ④ 上記①～③の取り組みにより、機能性化学品や医薬品、農業等の幅広い用途における社会実装と、製造プロセスの省エネ化および国内回帰を実現する（2028 年度目途）。
1.3 知的財産・標準化戦略	・ 知財化は、各組織のオープン／クローズ戦略により、案件毎に個別判断とする（重要データ等は、ノウハウとして秘匿）。 ・ 本事業を通じて世界トップレベルの合成プロセス設計技術を確立し、公開可能な非競争領域技術は業界標準化を推進。
2. 目標及び達成状況	
2.1 アウトカム目標および達成見込み	・ 目標 (1) 市場規模： 3.6 兆円（2028 年） (2) 廃棄物削減量： 144 万トン/年（2028 年） (3) CO₂ 削減量： 491 万トン/年（2028 年） ・ 達成見込みの根拠 (1) NEDO「技術戦略研究センターレポート TSC Foresight Vol.31 機能性化学品製造プロセス分野の技術戦略策定に向けて」では世界市場規模が約 36 兆円に成長すると見込まれており、国内メーカーシェアを 10%と想定して試算。 (2) 環境省「平成 28 年度事業産業廃棄物排出・処理状況調査報告書平成 26 年度実績（概要版）」、E-factor、機能性化学品メーカーへのヒアリング結果等から試算。 (3) 「低炭素社会実行計画」日本化学工業協会、「生産動態統計年報 2016」経済産業省及び機能性化学品メーカーへのヒアリング結果等から試算。
2.2 アウトプット目標および達成状況	モジュールを組み替えることで種々の機能性化学品の生産に対応可能なオンデマンド型連続生産プロセスを構築する為、少生産量市場向け装置（生産性：数 g/h 程度）を開発する。また、中生産量市場向け装置（生産性：数 kg/h）へのシームレスなスケールアップに必要な要素技術を抽出・整理する。なお、少生産量市場向け装置については、異なる用途の機能性化学品の中からいくつかをターゲット化合物として設定し、モジュールが連結された、それらの連続精密生産プロセスを構築（連続化）する。また、連続精密生産プロセスの開発期間の短縮に資する合成経路候補創出等が可能な合成プロセス設計技術を構築する。 研究開発項目①「高効率反応技術の開発」Ⅰ．反応・新触媒の開発 合理的な指針に基づき連続精密生産に適した触媒反応を開発する。具体的には、共生成物が少なく転化率及び選択率が高い不均一系触媒を開発し、その反応条件の最適化を行う。 【中間目標（2021 年度末）】 ・ 収率 80%以上の反応を 20 種以上開発する。 ・ 70 時間以上連続運転可能な不均一系触媒を 10 種以上開発する。

【中間目標（2023 年度末）】

- ・ 150 時間以上連続運転可能な不均一系触媒を用いて、収率 90%以上となる反応を 10 種類以上開発する。
- ・ 70 時間以上連続運転可能な不均一系触媒を 20 種以上開発する。
- ・ 上記の条件を満たす反応を二つ連結して連続合成が可能なことを複数種示す。

【最終目標（2025 年度）】

- ・ 150 時間以上連続運転可能な不均一系触媒を用いて、収率 90%以上となる反応を 20 種類以上開発する。
- ・ 複数のターゲット化合物について、ターゲット化合物の生成を確認して連続精密生産を実証する。

【達成状況】

「多段階反応における後段反応へ悪影響を与えない」及び「後段の連続分離精製に負荷を掛けない」ために、可能な限り共生成物を生じさせない（あるいは小分子のみが共生成物となる）連続精密生産に適した触媒反応の開発を目指し、基幹 5 反応を含める指針に基づいて検討を行った。検討の結果、「芳香族アルキル化反応」、「アルケンからエポキシへの変換反応」、「アルコールからカルボン酸への変換反応」、「イミンからアミンへの変換反応」、「ニトロ基の水素化反応」、「アミドからアミンへの変換反応」、「アリールアルケン合成反応」等の 9 反応において収率 90%以上、150 時間以上の連続運転を達成した。前述の反応に加え、「フリーデルクラフツ-アシル化反応」、「クネベナーゲル反応」、「エステルからアミドへの変換反応」、「ビアリール化合物の合成反応」等 20 種の反応で 70 時間以上連続運転可能な不均一系触媒を開発した。更に、「炭素－炭素結合生成反応」に続く「水素化反応」、「水素化反応」に続く「アミド化反応」等、2 種の連結反応に成功した。

尚、「フリーデルクラフツ-アシル化反応」、「エステルからアミドへの変換反応」等、90%を超える収率で 120 時間の連続運転を行っても触媒活性の低下がみられない反応・触媒が幾つか見出されており、改良を加えることで今年度末までには収率 90%以上、150 時間連続運転可能な反応 10 種以上の実現は十分可能であると考える。

研究開発項目①「高効率反応技術の開発」Ⅱ．高効率反応器モジュールの開発

連続精密生産プロセスに適した各種反応器モジュールを開発する。併せて、迅速に生成物の組成変化をモニタリング可能とする技術の開発を行う。

【中間目標（2021 年度末）】

- ・ 少生産量市場向け反応器モジュール（一相系反応用、二相系反応用、反応分離用）を設計する。

【中間目標（2023 年度末）】

- ・ 少生産量市場向け反応器モジュール（一相系反応用、二相系反応用、反応分離用）を試作し、機能を確認する。
- ・ 小型光学分析装置と質量分析装置による反応モニタリング技術を開発する。

【最終目標（2025 年度末）】

- ・ 少生産量市場向け反応器モジュールを開発する。
- ・ 1 %程度の精度で迅速に測定可能な光学分析装置による分析技術を開発する。
- ・ 特定不純物の発生を早期に検出可能な質量分析装置による高感度分析技術を開発する。
- ・ 中生産量市場向け反応器モジュールを開発するのに必要な要素技術を抽出・整理する。

【達成状況】

連続フロー反応において、少生産量（年産 80 kg 程度、1 時間あたり 10 g 以上の生産量）を達成可能な各種高性能反応器モジュール（一相系反応用、二相系反応用、反応分離用）を開発した。基本となる反応器の構造に関し、クランプを用いないナットネジ締め構造を採り、反応容器全体を温調ブロック内に配置して放熱面を最小化することにより、反応容器内の触媒層全体の熱の均一化を実現した。また、反応器に取り付ける触媒フィルターの構造を積層フィルターとすることにより、触媒の目詰まりを軽減し、触媒の系外排出を抑制可能となった。上記の成果により、少生産量市場向け反応器モジュールのベースとなる反応器恒温槽の確立に至った。一相系反応器モジュールに関し、基本仕様を策定し、2023 年 4 月より上市している。

モニタリング技術の開発に関し、反応制御に関する残留触媒等の金属不純物モニタリング手法として、レーザー照射 ICP 質量分析法を確立した。反応液中の金属不純物を吸収体に分離濃縮後、レーザー照射で気化し、ICP 質量分析装置で分析することにより、実際のフロー反応液中における 10 ppb(10-8 g/ml)レベルの極微量な溶出触媒の白金を、数分以内に測定可能な高感度・迅速測定法を確立した。

研究開発項目②：「連続分離精製技術の開発」

ターゲット化合物の分離精製過程における使用に適合するよう技術（連続抽出技術、連続濃縮分離技術、溶剤・ガス類の連続再生技術）の開発を行い、これらの技術を単独又は複合化した各種分離精製モジュールの開発を行う。

【中間目標（2021 年度末）】

- ・ 各種基盤技術検討を行い、ターゲット化合物の分離精製過程において使用する少生産量市場向け各種分離精製モジュールを設計する。

【中間目標（2023 年度末）】

- ・ 少生産量市場向け各種分離精製モジュールを試作し、機能を確認する。

【最終目標（2025 年度末）】

- ・ 反応器モジュールにて生成する目的物質の 85%以上を抽出・分離可能な、少生産量市場向け分離精製モジュールを開発する。
- ・ 反応及び抽出に使用した溶媒あるいはガス類を回収・再利用可能な少生産量市場向け分離精製モジュールを開発する。
- ・ 中生産量市場向け各種分離精製モジュールを開発するのに必要な要素技術を抽出・整理する。

【達成状況】

ターゲット化合物を設定した上で、各種分離精製の基盤技術の開発を通じて、分離精製モジュールの設計と試作を実施し、試作モジュールの機能を確認した。

連続抽出技術の開発では、液-液抽出デバイスおよび液-液分離デバイスを開発し、モデル溶液からターゲット化合物の抽出率 85%以上での連続抽出と分離を達成した。これらの基盤技術に基づいて少生産量市場向けモジュールを試作した。試作モジュールの機能確認を行うと共に、反応プロセスとの連続化にも成功した。

連続濃縮分離技術については、分離膜の構造制御技術を確認し、アルコールの脱水や、各種有機溶媒からの脱メタノールに成功した。膜分離モジュールを試作し、99%以上への溶剤濃縮が可能であることを確認した。また、コンパクトな蒸留装置を用いる連続蒸留にも成功した。モジュールの試作および機能確認を行うと共に、装置構造と分離性能の関係を実測データから明らかにし、モジュールを改良した。

溶剤およびガス類の連続再生技術に関しては、膜分離とコンパクトな蒸留を組み合わせた連続溶剤再生プロセスのシミュレーションモデルを構築し、少生産量市場向けに必要な装置のサイズと消費エネルギー量を明らかにした。また、二酸化炭素分離モジュールを試作し、有機溶媒が溶解した高圧二酸化炭素から 95%に濃縮された二酸化炭素の分離に成功した。

研究開発項目③「合成プロセス設計技術の開発」

連続精密生産プロセスの開発期間を短縮し、効率的かつ生産性の向上が可能な生産プロセス設計の実現に向けた技術開発を行う。

【中間目標（2023 年度末）】

- ・ 現行の 1/5 の期間(3 ヶ月間程度)で製造プロセス開発を可能とするシステムに必要な要素技術を確認する。
- ・ 合成過程に基幹 5 反応が含まれる複数の標的化合物について、要素技術検証を実施する。

【最終目標（2025 年度）】

- ・ 現行の 1/5 の期間(3 ヶ月間程度)で 80%以上の収率を実現する少生産量市場向け連続精密生産装置での製造プロセス開発を可能とするシステムを確認する。
- ・ 合成過程に基幹 5 反応が含まれる 10 程度の標的化合物について、製造プロセスを確認する。

【達成状況】

連続精密生産プロセスの開発期間を短縮し、効率的かつ生産性の向上を可能とする生産プロセス設計システムの実現に向け、システム構築に必要な各要素技術の検証や、課題抽出および課題解決を通じた要素技術の確立に向けて研究開発を推進した。

合成経路探索技術の開発では、創出された合成経路の遷移状態自動探索・自動計算システムを構築した。また、遷移状態計算データベース (TSDB) から合成経路創出用の Transform を作成するためのエディタに加え、Transform を自動作成する機能を開発し、合成経路創出技術とデジタルスクリーニング技術の連携強化に成功した。

触媒最適化設計技術の開発では、DX 支援型不均一系触媒設計に用いるデータベース CATRDB を設計し、インターフェイス開発や不均一系触媒データの追加など、データベース機能を拡張した。また、DX 支援によって設計された不均一系

	触媒を、化学合成によって具現化する触媒合成技術の開発に取り組み、均質な触媒活性部位を有する新規メソポーラス有機シリカの合成に成功した。 合成経路候補の高速検証技術の開発では、かつて手動で行われていたドロップレット発生を自動で実行するドロップレット自動発生装置を新規開発した。また、ドロップレットのインライン IR 分析による定量評価技術の開発にも成功した。 生産装置設計技術の開発においては、デジタルスクリーニングより得られた経路情報を用いる反応速度論シミュレータを開発し、エネルギーダイアグラムだけでは評価困難であった反応時間と生成物比率に関する定量的なデータの可視化に成功した。また、固体触媒を用いた水素化反応における気液固系触媒反応器の概念設計を実施し、反応器形状の相違や同じ振動 Reynolds 数条件下でプロセス性能を比較する技術の開発にも成功した。	
3. マネジメント		
3.1 実施体制	経産省担当原課	製造産業局 素材産業課
	プロジェクトリーダー	中部大学 ペプチド研究センター長 兼 先端研究センター長 / 山本 尚 教授
	プロジェクトマネージャ	NEDO 材料・ナノテクノロジー部 / 関野 雅史 専門調査員
	委託先	<委託先> 2019 年 6 月～現在 国立研究開発法人産業技術総合研究所 東京理化学器械株式会社 東和薬品株式会社 富士フイルム株式会社 国立大学法人東京大学 2022 年 7 月～現在 株式会社Transition State Technology シオノギファーマ株式会社 <再委託先> 2019 年 6 月～現在 学校法人中部大学 岐阜薬科大学 国立大学法人京都大学 学校法人早稲田大学 公立大学法人大阪公立大学 国立大学法人広島大学 2022 年 4 月～現在 国立大学法人北海道大学 2022 年 7 月～現在 国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学 国立大学法人東京工業大学 2022 年 9 月～現在 国立大学法人山口大学 国立大学法人神戸大学 2023 年 4 月～現在 Pharmira 株式会社 <（産業技術総合研究所との）共同実施> 2019 年 6 月～現在 クミアイ化学工業株式会社 田辺三菱製薬株式会社 三井化学株式会社 2023 年 2 月～現在

		出光興産株式会社 エヌ・イー・ケムキャット株式会社 東京応化工業株式会社 日本農薬株式会社 株式会社日本触媒					
3.2 受益者負担の 考え方 <事業費推移> (単位: 百万円)	主な実施事項	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy	2023fy	総額
	研究開発項目①	200	280	485	484	408	2,458
	研究開発項目②				376	225	
	研究開発項目③	—	—	—	340	650	990
	会計・勘定	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy	2023fy	総額
	特別会計(需給)	200	280	485	1,200	1,283	3,448
	開発成果促進財源等	89	157	137	86		469
	繰り越し	0	-10	+10	+1		1
	総 NEDO 負担額	289	427	632	1,287	1,283	3,918
	(委託)	100%	100%	100%	100%	100%	100%

3.3 研究開発計画

情勢変化への 対応		項目	N E D O の対応
	1	研究開発項目の 拡充	事前評価等の外部有識者の審議を経て「研究開発項目③ 合成プロセス設計技術の開発」を追加し、既存の研究開発項目①②との融合を推進。
	2	有望企業の本事業 への取り込み	フロー合成の生産技術に優れた Pharmira をシオノギファーマの再委託先として追加。
	3	展示会出展	本事業成果のアウトカム（社会実装）に向け、展示会（nano tech 2023）にて有償サンプルの反応器を出展。
	4	中間成果報告会の 開催	アウトリーチ活動として中間成果報告会を開催し、参加者 400 名超（内、本事業非参画者：266 名）。その後の交流会では 58 名が参加。
	5	市場・技術動向 調査	今後の開発の方向性や、技術の実用化および普及に向けた課題の整理に資するための国内外の調査を 2023 年 5 月より実施。
	6	加速予算の活用	中間評価や技術推進委員会で得られたコメントに基づき、加速予算を用いて、触媒インフォマティクスや反応のスケールアップ課題解決に資する開発設備を導入。
	7	新型コロナウイルス 感染症への対応	本事業の遅延抑制に向け、当初計画通りの進捗の支援を意図した施策の実行。 ・技術推進委員会の開催形態や、実施者とのコミュニケーションをオンライン化。 ・各種検査を対面から書面検査に変更。 ・リスク管理として、業務への影響に関する月例報告を実施者に要請。
	8	半導体や貴金属 不足への対応	設備納期遅延や（円安による）試薬の価格高騰が見られたが、研究費目間の流用を積極的に認める等で対応。
中間評価結果 への対応	・ 2022 年度に基本計画を変更し、本事業の拡充研究開発項目として、プロセスインフォマティクス分野の取り組みを開始。 ※本事業の研究開発項目③「合成プロセス設計技術」を 2022 年 2 月に追加公募（同年 7 月契約締結）。 ・ 反応と分離精製を組み合わせた一気通貫デモや、合成プロセス設計技術を映像で紹介。 （2023 年度 本事業中間評価分科会の非公開セッションにてビデオ上映） ・ スケールアップに関し、より大きな反応熱を有する反応や二相系反応などの検討を進め、発熱が生成物の品質に及ぼす影響が無い反応器の形状等の条件を見出す（2022 年度にフロー反応装置を開発し、nano tech 2023 で展示）。 ・ 対外的なアピールに関し、本事業の情報発信として中間成果報告会を開催（2023 年 2 月、参加者数：407 名）。 ※本事業へ非参画の組織に所属の参加者：160 組織、266 名		

		評価に関する 事項	事前評価	・2018 年度 事前評価実施（研究開発項目①②） ・2021 年度 事前評価実施（研究開発項目③拡充）
			中間評価	・2021 年度 中間評価実施（2021 年 9 月 14 日） ・2023 年度 中間評価実施（2023 年 6 月 30 日）
			終了時評価	・2026 年度 事後評価実施（予定）
別添				
		研究発表・講演	131 件	
		投稿論文	63 報	
		特許（国内）	12 件	
基本計画に関する事項		作成時期	2019 年 2 月 制定	
		変更履歴	2021 年 2 月 改訂 （プロジェクトマネージャの変更および西暦表記に統一する変更に伴う改訂） 2021 年 12 月 改訂 （研究開発項目③「合成プロセス設計技術の開発」の拡充に伴う改訂）	

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準		各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋									
(1) 本事業の位置づけ・意義	B	A	B	A	A	A	A	2.7	
(2) アウトカム達成までの道筋	A	A	A	A	A	A	A	3.0	
(3) 知的財産・標準化戦略	A	A	B	A	A	B	B	2.6	
2. 目標及び達成状況									
(1) アウトカム目標及び達成見込み	A	A	A	B	B	B	B	2.4	
(2) アウトプット目標及び達成状況	A	A	B	A	A	A	A	2.9	
3. マネジメント									
(1) 実施体制	A	A	B	A	A	A	B	2.7	
(2) 受益者負担の考え方	A	A	A	A	B	A	A	2.9	
(3) 研究開発計画	A	A	A	A	B	A	A	2.9	

《判定基準》	
A：評価基準に適合し、非常に優れている。	
B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。	
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。	

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価分科会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「（参考）分科会委員の評価コメント」に、各分科会委員の指摘事項を参考として列記している。

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本事業が目指す連続精密生産プロセス技術の開発は、高付加価値かつ少量多品種な機能性化学品製造の生産性、経済性に優位性をもたらす基盤技術であり、極めて重要な取組である。アカデミアや企業単独では達成できない事業であり、NEDO 事業としての妥当性は明確である。また、アウトカム達成に向け「一相系反応器モジュール」の事業化などの成功事例を積み上げることは道筋として妥当である。出口戦略のための重要な「合成プロセスの設計」に 2022 年度から取り組んでおり、研究開発項目間の連携が図られていることは適切である。さらに、知財戦略は、オープン志向であり、多くの企業にとって研究開発成果の事業化に資するものとなっているが、ノウハウは秘匿するなど知財権獲得のメリット、デメリットを踏まえた戦略として評価できる。

一方、機能性化学品の世界市場の情報が少し古く、2023 年度に実施する市場・技術動向調査により、市場動向、外部環境、政策動向がまとめられ、本事業の中で活用することが望まれる。

今後、知財戦略については、調査結果を踏まえ、必要に応じてアドバイザーの意見を聞きながら、適切な戦略が策定されることが日本の競争優位性を保つために重要であることから、医薬品、電子材料などの分野・内容ごとに、オープン・クローズ戦略を整理して関係者間で共有することが望まれる。

2. 目標及び達成状況

アウトカム目標は、外部環境変化を踏まえて目標達成時期を前倒しするなど適切に見直されており、目標達成の見込みはあると判断する。多品種少量生産の典型例として連続生産の実施例も出始め、基盤技術は構築できている。費用対効果の試算については、市場の大きさ、CO₂排出量削減効果や廃棄物削減効果も考慮した上で検討しており妥当である。アウトプット指標・目標は中間目標として妥当であり、達成の見込みは十分にある。具体的には、反応・新触媒の開発に関して難易度の高い不斉触媒反応による医薬原料の合成も含めた多くの素晴らしい成果をあげている。また、連続分離精製技術の開発に関する抽出技術や連続小型蒸留技術が完成しつつある。さらに、「合成プロセス設計技術」の開発を新たに加えることにより、本プロジェクトを加速化していることは評価できる。

一方、アウトカム目標達成までの道筋は、成果がアウトカム目標にどう貢献するのかの繋がりを、また、「合成プロセス設計技術」の開発においては、要素技術ごとの目標と課題を示して頂けると更に良いと思う。将来的には、低分子の合成のみならず、ペプチド等の配列分子の合成にもフロー法が適用できる可能性があり、フロー法が想定している以外の化合物にもつながる研究を展開されることを期待したい。

3. マネジメント

本事業は、より多くの企業を巻き込んだ異分野融合的な取り組みといった観点からも NEDO が行う意義がある。産業技術総合研究所に集中研を設置した枠組みは良く機能している。実施者は、産業技術総合研究所、大学、企業などの機関から触媒開発、フロー合成、連続生産に十分な技術力を有した人材が参加し、実施者間で頻繁に議論を行うなど研究開発項目や要素技術間の連携が図られていることを評価する。また、受益者負担の考え方については、本事業は長期的視点に立ち基盤構築に取り組むべきものであることから、現状では委託事業が適切と判断できる。さらに、研究開発計画はよく練られており適切である。進捗管理として、NEDO による外部有識者委員会や報告会が適切に運営されており、多面的な視点で管理している。2021 年度の間評価への十分な対応をしており妥当である。

今後は、半導体や電子材料メーカーなどとの連携をより強化して、出口の間口を広げることを期待する。プロセスインフォマティクス分野については、例えば化学品メーカーの製造システムに関与するエンジニアを巻き込むことも検討いただきたい。

国際情勢などの外部環境変化も踏まえたサプライチェーン・安定供給を目指すためにも重要な位置づけがなされるべきであり、さらにプライオリティの高まった事業と位置付けられてもよいと思われる。

（参考）分科会委員の評価コメント

（１）意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・ 将来像は明確であり、国家プロジェクトして事業を行う意義も明確である。
- ・ アウトカム達成までの道筋は妥当である。ただし、以下の項目は本プロジェクトの評価項目として妥当なのだろうか？→将来像（ビジョン・目標）の実現に向けて、安全性基準の作成、規制緩和、標準化、規制の認証・承認
- ・ 個別に適切に対応している。
- ・ 全段階連続フロー反応で行う合成に限らず、特定の数段階でも連続フロー反応で行うことにより生産性、経済性に優れた合成技術が実現できるので、意義はあると考えられる。
- ・ 電池やエネルギー関連の技術と異なり、実際に生産のターゲットとなる物質が企業ごとに異なり幅が広いので、外部環境の変化や社会的影響を予測するのが難しい領域である。「全ての自動車がEVになる」という様なものでなく、「ある企業のある物質の生産で3段階利用した」という様な技術であり、個別の目標や技術の詳細まで把握するのは困難なので。そういう意味で、本課題は普遍性を持った形で推進されており、妥当であると言えると思う。
- ・ それぞれの特許の具体的な詳細まで調べたわけではないが、特許出願、学会発表、論文発表等、一定数で推移しており、数字の上では適切に行われていると考えられる。
- ・ フロー生産プロセスに関しては、バッチ法に対する優位性をよく認識し、CO₂削減や廃棄物削減効果の寄与をしっかりと明確に示している。合成プロセス設計に関しては、AIと計算化学に基づく経路探索という最先端技術を導入し、開発の迅速化を進めており、外部環境の変化をとらえた施策を進めている。
- ・ 「アウトカム達成までの道筋」に関しては、当該研究開発により見込まれる社会的影響等をよく考慮している。実際、「一相系反応器モジュール」に関して、早期事業化を開始し、受注実績までに至ったことは素晴らしい。上記の1例にとどまらず、早期事業化の2例目、3例目の創出に期待する。
- ・ 学会発表や論文数はかなり多く、オープンする部分に関してアウトプット力の高さを感じた。知財運営委員会より管理をしており、広い意味では、オープン・クローズ戦略及び標準化戦略に整合してはいる。どちらかと言えば、オープンを志向しており、多くの企業にとって、研究開発成果の事業化に資するものとなっている。ノウハウは秘匿にする等、知財権獲得のメリット・デメリットをよく踏まえた戦略をとっている。
- ・ 機能性化学品の生産プロセスの変革につながる基盤技術であり、極めて重要な事業であると考えられる。アカデミアや企業単独では達成できない事業であり、NEDO事業としての妥当性も認められる。
- ・ 多くの企業が本プロジェクトに参画しており、社会実装に繋がることが大いに期待される。最終的にCO₂の排出や廃棄物の削減という大きな地球環境への貢献をめざしている点も高く評価できる。
- ・ 開発した基本技術をできるだけオープンにして、世界的なCO₂排出量や廃棄物排出削減に寄与

するという基本理念は高く評価する。一方で個々のノウハウは秘匿して企業が実用化するにあたって必須となる部分は守るという戦略は妥当である。

- ・ CO₂削減、廃棄物削減といった環境負荷の低減が目標となっていて、明確である。電子材料など、医薬品以外の戦略物質に適用できる見通しは立っている。
- ・ 学会発表で、本プロジェクトの成果を報告して、幾つかの成果が既に実装化に向けて検討されている点は大いに評価できる。
- ・ 詳細な説明はなかったと思うが、触媒に関する物質特許、製法特許は押さえられると思われ、クローズ戦略は十分であると考ええる。一方、その実施権は国内の企業にある程度自由に与えて、企業が、目的とする機能性化学品の製法特許に関しては企業に帰属するようにすると良いと考える。
- ・ 機能性化学品は様々な工業分野で用いられ、機能面に着目して用いられる付加価値が高く少量多品種の化学品であるため、個別の製品ごとに生産効率の高度化は進められてきた。本事業が目指す機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発は、機能性化学品を将来標準的かつ高効率で製造するプロセスの構築につながることが期待される。特に半導体分野については、近年の政策動向や他産業への利用も鑑みたと製造施設の国内回帰の動きがみられる。かような外部環境も鑑みると、本事業はコロナ前からスタートしたものの、新たなポストコロナの外部環境変化も踏まえたサプライチェーン・安定供給を目指すためにも重要な位置づけがなされるべきであり、さらにプライオリティの高まった事業と位置付けられてもよいのではないかと。
- ・ アウトカム達成までの道筋をより明確に示すためには、現在できることで早く成功事例を出すことが重要である。既に 2015 年の Nature での報告以外にも最終生成物まで見据えた合成の成功事例が出つつある。合成プロセスの設計を加速させる技術の確立を図るため、2022 年度からプロセスインフォマティクス分野への取り組みを開始している。出口戦略のためには重要な技術であり、残り 2 年で期待される成果に近づくことが期待される。
- ・ 今後の実用化に向けたオープン・クローズ戦略を構築することは重要である。本技術を既存技術の代替技術と捉えるか、新たにこれまでのビジネスを大きく変える新規参入技術として捉えるかによってその競争戦略も変わってくる。この点を今年度実施する国内外の技術・動向調査と併せて分析した上で、社会実装に向けた戦略が構築されることを期待する。また、本事業では機能性化学品を大きくとらえすべての製品群をカバーしているものの、半導体・電子材料部品と医薬品・医薬品原料ではその生産量や種類の数でも異なるため、知財・標準化戦略も異なることが十分考えられる点も考慮した緻密な調査と戦略構築が重要である。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 外部環境が変化してきている。外部環境の変化に関する調査を 2023 年度に行う予定であるとのことである。外部環境の変化に対する対応はされているものの、外部環境の変化は急であり、2023 年度の調査結果後の早急な対応が求められると考えられる。
- ・ 市場規模の予測自体は非常に難しい。また 8 年前になされた予測に基づき、議論が行われている。
- ・ 特許を遵守しない国に対する知財の取り扱いは、本プロジェクトに関わらず、厄介な問題である。
- ・ 金属溶出量の迅速測定法などは、幅広く利用できる分析技術になる可能性があり、適切な権利化を進めて欲しい。

- ・ 機能性化学品の世界市場の情報が少し古い。最新の情報に更新して、外部環境の変化を確認しておく必要があると思われる。合成プロセス設計においては、海外と国内を調査して国内の優位性を生かすことに主眼をおいているが、海外の方が進んでいる分野も多々ある。海外の最先端技術も導入しつつ進めていく視点も必要ではないかと感じた。
- ・ オープン・クローズ戦略に少し不透明性を感じた。「広く活用されることを期待しているので、あまり出願していない」という返答があり、その一方で「特許出願は個別案件ごとで決定している」とのことで、戦略的にオープン・クローズを決めているような感触が得られなかった。分野・内容ごとに、出願する領域、活用を促すために出願しない領域等、ある種のガイドライン的なものが必要でないかと思う。国内企業には自由に活用していただき、海外企業に一定の歯止めをかけるために、積極特許出願し、国内企業には無償で実施権付与するという戦略も考えられるのではないかと感じた。
- ・ AI や計算化学に基づく経路設計に関する項目を新たに加えた事は評価できるが、他の項目に比べ研究期間が短い点が懸念される。
- ・ アウトカムとして 2028 年に大きな CO₂ 排出量や廃棄物の削減効果などを設定しているが、アウトカム目標はもう少し長いスパンで設定した方が良かったのではないかと。NEDO の方針の変更とはいえ、既に走っているプロジェクトに後からアウトカム目標の設定を求めることが適切かという疑問も残る。
- ・ 知財運営委員会により特許の取得は知財管理に関する適切な判断が行われることが重要である。
- ・ 医薬品に関しては、本プロジェクト以外の反応への適用が必要になると考えられ、iFactory など他のプロジェクトの成果も活用しながら実装化する必要があると思われる。説明では医薬品への適用を重視していないと述べていたが、実用化に向けての事例は医薬品志向のものが多く、電子材料など他の機能性化学品への適用事例も増やすべき。液化二酸化炭素での連続抽出に関して、大きな成果だと考えるが、高圧ガス保安法の規制が実用化を阻むのではと気になった。他にも同様に現行の規制で実用化を阻む要因がないか点検すべきと考える。
- ・ 日本の競争優位性を保てるように、触媒に関する特許をコントロールすることが重要になると考える。
- ・ 本事業は残り 2 年となっているものの、次のステージとして機能性化学品の中でより特化したプロジェクトを継続しても良いのではないかと。特に半導体分野については必要性の可否を精査するため、外部環境調査、市場動向、政策動向がまとめられ、本事業の中で提言がまとめられることが望ましい。
- ・ 具体的な成果を出し、これらの成果を精査することで具体的な CO₂ 排出量削減やエネルギー削減のための事例としてアウトカム達成までのクリアに理解できるのではないかと。また上記の数値を公開することでより外部の関係者の理解や協力を得られる機会が増えることを期待する。
- ・ 現時点では基幹技術をオープンにすることで得られる機会創出がクローズアップされた議論となっている。外部競合環境の調査を踏まえ、またアドバイザーの意見を聞きながら機会と脅威のバランスを鑑みた上でオープンにすること、クローズにすることを決めないといけない。また、国内・海外の切り分けでも議論はされていないため、今後誰に向けたオープン・クローズにする戦略なのかを明確にすることも課題である。

- ・ 2015 年と今では機能性化学品市場は大きく変容していることから、これから社会実装に向かうにあたっては最新の市場動向を把握することが肝要（2023 年度調査にて対応すると理解）。
- ・ 当日、知財戦略の説明が何度かあったが、後半になってようやく理解が進んだ。前半の説明振りがややわかりづらかったので、（誤解を生まないためにも）改めて考え方を整理し関係者間で共有して頂くと良いのではないかと思います。

（２）目標及び達成状況

【肯定的意見】

- ・ アウトカム目標は、適切に設定されており、十分達成の見込みがある。費用対効果の試算については、複数の民間企業が興味を有しているとのことであり、事業化の可能性が期待され、成果が上がるものと期待される。
- ・ 多くの優れた成果が上がっており、中間目標は十分に達成している。特に「研究開発項目①-1 反応・新触媒の開発」では素晴らしい成果を上げている。また、論文という形で、多くの成果を公開している。外部環境の変化に対応して、2022 年度から「研究開発項目③合成プロセス設計技術の開発」を新たに加えることにより、研究を加速化しているのは評価できる。近年急速に発展しつつある機械学習をいかに技術開発に取り入れるかについても、本プロジェクトにおいて適切に考慮されている。
- ・ 一相系反応器モジュール G-lab の開発とその上市など、部分的にアウトカムが達成されていると言えるものもある。
- ・ 空時収率 10g/h、触媒寿命 150h という目標について分科会でも議論になったが、ターゲット反応はフロー反応未開発のものが多く、当面の目標としては妥当と思われる。また、いくつかの反応ではこの目標を大きく上回る性能があると推測される。
- ・ アウトカム指標・目標値は適切である。外部環境の変化を踏まえ目標達成時期を前倒しする等、よく見直ししている。アウトカム達成の見込みはあるとの感触を得た。研究発表会等で興味をもつ企業からの相談を多数受けるなどして、成果の中には事業化の可能性が高いものも含まれることの示唆を得た。費用対効果に関しては、市場の大きさ、CO₂排出量削減効果、廃棄物削減効果もよく考慮した上で検討しており、妥当だと感じた。
- ・ アウトプット指標・目標値は適切である。「反応・新触媒の開発」「高効率反応器モジュールの開発」に関しては 2024 年達成の目途を立てており、「連続分離精製技術の開発」に関しては既に達成している。
- ・ 適切なアウトカム指標が示されている。
- ・ 反応・新触媒の開発に関しては、多くの素晴らしい触媒が開発されており、アウトプット目標はほぼ達成されている。さらに連結合成においても難易度の高い不斉触媒反応による医薬原料の合成も含めた素晴らしい成果をあげている。また、反応器に関しても既に上市に至っており、高く評価できる。さらに、連続分離精製技術に関しても研究が大きく進展している。
- ・ 基幹 5 反応に対する触媒の創製および連続化は本プロジェクトで十分達成できると判断した。反応、抽出、濃縮の一連の要素技術は、連続化に適合できている。
- ・ 「研究開発項目①-1. 反応・新触媒の開発」に関しては、目標を達成できる見込みがあると判断

した。「研究開発項目①-II. 高効率反応器モジュールの開発」に関しては、目標を達成できる見込みと判断した。一相系反応器の上市は評価できる。「研究開発項目②連続分離精製技術の開発」に関しては、液化二酸化炭素を利用した抽出技術や連続小型蒸留技術が完成しつつあり評価できる。「研究開発項目③合成プロセス設計技術の開発」に関しては、課題抽出の段階と判断している。

- ・ 連続生産システムの構築という点では実施例も出始めていることから、アウトカム目標を達成するための基盤技術は構築できている。150 時間の連続生産並びに 90%以上の変換効率など、研究プロセスごとの具体的な目標設定がなされている。医薬品などの多品種少量生産の典型例として具体的に本事業内で成功事例を生み出しつつある。
- ・ 近年のコロナ禍、ウクライナ情勢を受けて、機能性化学品のような国ごとの高付加価値産業の基盤となる生産品の重要性は益々高まっている。機能性化学品は、これまでも重要な国家的工業製品と位置付けられていたが、一旦その年次調査は打ち切られていた。今年度市場調査等実施することとなったが、改めて機能性化学品の重要性を経産省レベルとして見直してもよいのではないかと。本事業のオープン・クローズ戦略は、半導体製品等に関わってくる可能性を鑑みると、視座を高くした本格的調査結果のインプットが必要であると感じる。残り 2025 年度末までの本事業のアウトプットを考えると、得られた研究の成果はこれ自身で一つの成果と考えた時に重要である。ただし、本事業の細かい結果を積み重ねた時に、大所高所からみた機能性化学品の連続的生産は国としての武器に今後なりうると期待できる。国家としてあるべき機能性化学品の効率的な生産を可能とするような、新たなオープン・クローズ戦略の構築ができたことも本事業の一つの大きな成果となるのではないかと。そのためにも、オープン・クローズ戦略構築の目標と策定までの指標を 2025 年度までに構築・実行してもよいのではないかと。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 電子材料の合成に、フロー合成法の利用が考えられる。ただしこの時に、開発すべき反応は、医薬品の合成に必要な反応と異なる可能性がある。2023 年度に行う予定の調査に、この点を盛り込んでほしい。
- ・ 1) 研究開発項目③の合成経路創出において、すでに優れた成果が上がっている。逆合成等の開発した技術は、フロー法に有効であるだけでなく、多くの研究に活用できる可能性がある。一般に公開・市販していただきたい。2) 本プロジェクトは固定化触媒を用いたフロー合成による連続生産を目指しているが、光触媒反応もフロー法を用いることにより、効率が向上する反応である。3) 当日の山本プロジェクトリーダーからの指摘にあったように、低分子の合成のみならず、ペプチド等の配列分子の合成にもフロー法が適用できる可能性がある。フロー法が想定している以外の化合物にも大きく展開できれば、素晴らしい。4) 研究開発項目③における逆合成解析の手法は基本的には確立されているとの説明であった。優れた手法なので、アカデミックにおいて活用できる機会を作っていただきたい。
- ・ 本当の意味でのアウトカム目標は実際のターゲット化合物の連続生産だと思うので、残りの期間で達成されることを願う。
- ・ 「合成プロセス設計技術の開発」に関する目標については、成果は出ているものの、達成の目途

が立っているとまでは言えない心証をもった。残りの期間での尽力を期待する。

- ・ 研究開発項目③の拡充により達成年度を前倒ししたとのべられているが、研究開発項目③は開始したばかりで、チャレンジングな要素も含まれており、アウトカム達成時期はもう少し長いスパンを考える必要があるのではないかと。
- ・ 合成プロセス設計技術に関して、本プロジェクトが目指している手法つまり量子化学計算を組み合わせた合成経路設計一貫システムは、現時点では、技術的ハードルが不明確で、目標通りに達成できるか不明であると思われる。技術的ハードルを明確にし、目標達成までのロードマップを示すことを勧める。本プロジェクトの位置づけとして、製造コスト削減よりも環境負荷の低減を目指すという説明がなされて、医薬品の連続フローへの置き換えというより二酸化炭素排出量が多い化学製品をターゲットにしているという説明がなされていたが、産業別に連続フロー合成への置き換えによるアウトカムを算出して、目標値が達成できるかを判断する必要がある。
- ・ 触媒の特性上、基質選択性が幾つかの触媒で見受けられるが、触媒に合わせて基質を選ぶのではなく、基質に対応した触媒を用意することも目標に設定することを勧める。「研究開発項目③ 合成プロセス設計技術の開発」に関して、TSDB の拡充、反応条件検索のアルゴリズムの作成、触媒設計のアルゴリズムの作成、汎用のドロップレットの反応条件検索装置の設計など、実施すべき内容は多いと思われる。要素技術ごとに目標と難易度を設定して、リソース配分も見直すことも考えるべきである。
- ・ アウトカム目標達成までの見込みは CO₂ 排出量削減と消費エネルギー削減であるならば、その数値目標を実行する研究におけるマイルストーンへ変換して設定すべきである。アウトカム目標についての説明は、大きく丸めた数字のみが示されただけで具体性が感じられなかった。設定できないのであれば、そもそもアウトカム目標としての設定項目とすることが困難であったということになる。具体的なプロセスや見えなかった時の変更ができるようなフレキシビリティを仕組み化する必要性もある。
- ・ 国家としてあるべき機能性化学品の効率的な生産を可能とするような、新たなオープン・クローズ戦略の構築ができたことも本事業の一つの大きな成果となるのではないかと。その成果を次の事業の実用化へつなげるためにも、オープン・クローズ戦略構築の目標と策定までの指標を 2025 年までに構築・実行してもよいのではないかと。本事業をどのように位置づけて臨むべきかについて検討を行うためにはまず外部環境調査が重要である。プロジェクトを小さな単位で見た時には、その一つ一つの成果の Go・No Go にとらわれがちである。現在の世界の情勢を鑑みて、日本にとってコロナ禍前から本プロジェクトを進めてきたことによる機会とメリットが巡ってきていることを認識し、現在検討している機能性化学品以外にも調査範囲を広げて機会損失とならないようプロジェクトの方向性を見定めるための多面的な調査を実施し、協議する必要がある。
- ・ アウトカム目標達成までの道筋は、当日の説明では正直見えなかった。研究開発成果は素晴らしいので、その成果がアウトカム目標にどう貢献するのか、そのつながりを示して頂けると更に良いと思う。

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- ・ 適切なマネジメントが行われている。実施者間で頻繁に議論が行われており、実用化・事業化に向けた体制が整えられている。
- ・ 現状で特に問題があるとは判断しない。
- ・ アウトプット目標達成に必要な要素技術、要素技術間での連携、スケジュールを適切に見直していると判断する。
- ・ より多くの企業を巻き込んだ異分野融合的な取り組みとして NEDO で行う意義があるだろう。
- ・ ただちに事業化できる段階ではなく、研究を継続して様々な反応のフロー反応化を実現することによって事業化が見えてくると思われる。現状は適切と判断できる。
- ・ スケジュールの適切な見直しがあったかどうか把握してないが、今回の報告では様々な項目で大きな進捗があり順調に進んでいると判断できるため、現状では特に見直す必要はないと思われる。
- ・ 執行機関は、総花的なテーマ設定をする点に課題はあるが、大型プロジェクトでは仕方がない点もあり、概ね適切である。実施者は各分野の専門家を集めており十分な技術力を有している。企業側の主体的参画も幾つか見られ事業能力を発揮している。個別事業の採択プロセスは適切である。
- ・ 受益者負担の視点で特に課題はない。
- ・ 研究開発計画はよく練られており、また、外部環境の変化や社会的影響も踏まえ、必要な要素技術等も増やしている。AI と計算化学の導入による、研究開発加速の動きも適切である。研究開発進捗の管理として、外部有識者による「中間評価」「技術推進委員会」、NEDO による進捗管理「四半期報告会」「部内会議」「実施者の業務、予算執行状況管理」「対外発表、特許等の管理」等を行っており、多面的な視点で管理しており適切である。2021 年度の中間評価への対応も懇切丁寧に対応されており、指摘に対して真摯な対応をしていて問題ない。
- ・ NEDO が主導し、産総研に集中研を設置して研究を加速するという枠組みはたいへんよく機能しているように思われ、実用化・事業化を目指した体制となっている。情報科学や計算化学を活用する研究開発項目 3 を新たに追加した点も高く評価できる。
- ・ 産総研、その他、大学、企業など、触媒作成、フロー合成、連続生産に十分な技術力を保有した機関および人材が参加している。
- ・ 研究開発項目①および②の予算、受益者負担は、十分かけられていて、本中間評価の成果につながっている点が評価できる。
- ・ 研究開発項目①および②に関しては、スケジュールは適切であり、アウトプットも十分に出ている。
- ・ 本事業を遂行する上で適切な目標が設定されており、その目標に対して着実に成果を生み出している。2025 年度までに合成プロセスの設計を加速させる技術の確立を図るという一見チャレンジングな目標にも着実かつ迅速な進歩が伺える。今後標準化に向けたより積極的な取り組みを期待している。
- ・ 本事業は企業が個々の単位で基礎研究を行い、国家レベルでの基盤技術とするべき範疇のものではない。あくまで長期的視点に立った、基盤構築を腰を据えて実施できる機関が執り行うものである。また、アカデミアだけでは本事業を遂行するための人的リソースは十分ではなく、産総研との協業は必須と考える。そういった観点から本事業で実施している担当者がアカデミア主体で

あること、また本プロジェクトに関わる企業群が複数存在することは妥当である。

- ・ 本事業で 2022 年度から新たに加わったプロセスインフォマティクス分野への取り組みは、将来の連続的生産フローシステムが完成した時の状況からバックキャストすると、生産の効率的なシステム構築とモニタリングシステム構築の両面にとって重要なパーツの一つとなる。外部関係者、例えば企業の化学品事業の現場のシステムに関与するエンジニアを本事業の担当者として巻き込む取り組みを行ってはどうか。機能性化学品を低分子中心にこれまで考えてきた。一方で医薬品は中高分子の世界が市場の半分近くを占めている。これは中高分子の製造原価が高いことも原因となっている。根本的な中高分子の精算効率を上昇させるようなプロジェクトの公募を募ることも次の事業構想のために実施することを考えてみてはどうか。
- ・ 研究開発項目①②と新たに加えた③の間の連携が（課題も認識しつつ）図られている点は素晴らしい。
- ・ 研究開発の進捗は素晴らしい。研究開発項目①②と③の間の連携もしっかり意識しており、適切に進められていると感じた。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 2023 年度に調査を行うとのことであり、それに基づき、早急に見直しを行なっていただきたい。
- ・ 現状では、有機合成反応を固体触媒を用いてフロー反応で行う基礎研究段階の研究が多く、METI/NEDO/AMED のいずれで実施しても不適切ではないとも言える。
- ・ 実施の指揮命令系統・責任体制は個々のテーマに関してはあまり理解できなかった。資料をよく見ると記載があるが、一目でエッセンスが分かる資料があれば良いと思う。実施者間での連携、成果のユーザーによる関与等も少し分かり難かった。これも、資料をよく見ると記載があるが、一目でエッセンスが分かる資料があれば良いと思う。研究データの活用・提供方針等は、明確化されると更に良いと思う。
- ・ 情報科学や計算化学の活用の仕方として、反応経路探索技術の開発よりも、プロセス設計の効率化の方が、本プロジェクトの推進に短期的には重要だと思われる。本プロジェクトで生み出される膨大なデータを利用した条件の最適化など、研究開発項目①や②との連携が求められる。
- ・ 山本尚先生（中部大学）よりは、小林修先生（産総研）が、中心に進められているように感じた。委託先、再委託先、共同研究先は、製薬や農薬メーカーが主であり、電子材料などのメーカーも参画して、出口の間口を広げることを勧める。
- ・ 合成プロセス設計技術に関して、スタートが遅かったため、2025 年までに目標を達成するには、より多くのリソースが必要ではないかと思われる。完成しつつある部分からのリソース移動も考慮すべきと考える。
- ・ 「研究開発項目③合成プロセス設計技術の開発」に関しては、期間、リソースに対して、アウトプット目標の項目が多いように感じられる。
- ・ オープン・クローズ戦略は本来、研究主導者が決めるものではなく、主体である NEDO、経産省が決めるものである。その重要性が十分議論できるような基礎的情報（競合状況、特許調査等を含む）とその戦略構築が重要である。

- ・ 外部との連携をもっと強化すべきである。スケールアップに関しての取り組みが物足りない。早めに課題抽出ができるよう、また既存の予算とカニバリを起こさないよう、別途にヒト・金をつぎ込んでよいので、大胆な施策を期待する。
- ・ 研究開発計画は現人員で進めるにあたって十分な成果を得つつあることは評価されるべきである。一方で、もし本事業が着実に成果を出しているのであれば、プロセスインフォマティクス以外の異分野との融合も重要と考える。例えば、
 - ①試薬との反応による診断薬・機器への応用
 - ②その他食品検査や不純物混入などの試験への応用
 - ③化合物ではなく、DNA、RNA の合成への展開・応用
 - ④放射性廃棄水処理への活用の可能性、
 異分野の方から見れば、全く違う角度での応用をアイデアとして出してもらえる可能性があるのではないかと考えた。
- ・ 素晴らしい研究開発成果をアウトカム目標につなげるマネジメントに期待したい。

審議経過

● 分科会（２０２３年６月３０日）

公開セッション

- １．開会、資料の確認
- ２．分科会の設置について
- ３．分科会の公開について
- ４．評価の実施方法について
- ５．プロジェクトの概要説明

非公開セッション

- ６．プロジェクトの詳細説明
- ７．全体を通しての質疑

公開セッション

- ８．まとめ・講評
- ９．今後の予定
- １０．閉会

● 第７４回研究評価委員会（２０２３年８月８日）

「機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発」

中間評価分科会委員名簿

(2023年6月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	はやし ゆうじろう 林 雄二郎	東北大学 大学院理学研究科化学専攻 有機分析化学 教授
分科会長 代理	とくなが まこと 徳永 信	九州大学 大学院理学研究院 化学部門 教授
委員	おくの よししげ 奥野 好成	株式会社レゾナック 理事 ／ 計算情報科学研究センター センター長
	そでおか みきこ 袖岡 幹子	国立研究開発法人理化学研究所 開拓研究本部 主任研究員 ／ 環境資源科学研究センター触媒・融合研究グループ グループディレクター
	たかやま まさみ 高山 正己	京都大学医学部附属病院 先端医療研究開発機構 (iACT) 医療開発部 プロジェクトマネージャー
	や の たかひこ 矢野 孝彦	株式会社 IP ガイア 事業開発 リード
	やまぐち けんいち 山口 健一	株式会社日本政策投資銀行 企業金融第1部 課長

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2023年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きの 木野 くにき 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	いなば みのも 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拓史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと まゆみ 松本 真由美	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

航空機エンジン向け材料開発・評価システム
基盤整備事業
中間評価
評価報告書概要

2023 年 8 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発
機構
研究評価委員会

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業」の中間評価報告書概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第74回研究評価委員会（2023年8月8日）に諮り、確定されたものの概要である。

2023年8月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

概 要

		最終更新日	令和 5 年 5 月 1 日	
プロジェクト名	NEDO プロジェクト名 航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業 METI 予算要求名称 航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業	プロジェクト番号	P21007	
担当推進部/ P Mまたは担当者 及び METI 担当課	材料・ナノテクノロジー部 P M 飯山 和亮（令和 3 年 4 月～令和 5 年 5 月現在） 材料・ナノテクノロジー部 主査 小西 弘之（令和 3 年 4 月～令和 5 年 5 月現在） METI 担当原課：製造産業局 金属課、航空機武器宇宙産業課			
0. 事業の概要	航空機の燃費改善・環境適合性向上の要請に応えるため、航空機エンジン向けに高機能材料を開発し、さらにその材料を用いた部品製造、量産化のための加工技術プロセス（特に鍛造プロセスに焦点を当てる）の効率化、高度化を図っていく。また、関連企業や研究機関等と連携し、航空機用エンジンに関する材料データ蓄積及び強度評価、性能評価等に必要なデータベースを整備する。川下である部素材産業及び加工・製造産業の連携により、当該部品を獲得し、航空機エンジン産業の国際競争力強化を目指す。			
1. 事業のアウトカム（社会実装）達成までの道筋				
1.1 本事業の位置 付け・意義	・我が国の航空機産業は、民間航空機の機体構造・エンジンの国際共同開発事業を中心に産業規模を拡大させてきた。近年の世界的な CO ₂ 排出量削減の動向を受け、各航空会社は燃費効率の高い旅客機の導入を進めている。これに伴い、航空機産業においても燃費性能を重視した、より性能の良い航空機・エンジンの製造が求められ、その結果、技術獲得競争がさらに激化している。 ・このような中、我が国航空機産業の競争力を強化していくためには、基礎開発だけでなく応用開発、特に量産段階における生産性向上を目指した部品や製品一体の製造技術向上や、環境性能の向上に資する材料や要素技術の開発が不可欠となっている。航空機エンジンに注目した場合、燃費向上に直結する高圧タービン技術や、更に材料分野に目を転じると航空機エンジン材料の軽量化、耐熱性・耐久性向上を目指した新たな材料の開発が重要である。 ・また、航空機産業では最終製品として求められる安全性・信頼性の高さ故、材料の段階から厳しい認証基準等が求められる。 ・これらのことから、本事業では我が国の航空機エンジン向け材料及び部品製造における競争力向上に資するため、下記を実施していく。 1. 量産化を志向した航空機エンジン部品の設計・製造プロセス(特に鍛造プロセス)の効率化 2. 人工知能(AI)、マテリアルズ・インフォマティクス(MI)等の計算機科学を利用した国産材料の開発 3. 航空当局の認証取得に向けた、航空機エンジンの材料特性及び実環境下における性能等のデータ収集、整備、蓄積 ・なお、航空機エンジンの耐熱性向上については 2020 年に文部科学省及び経済産業省が設置した「マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合」の中で「極限機能を有するマテリアル」及び「マルチマテリアル化技術」として取り上げられており、政府としても注力していくべきとされている。			
1.2 アウトカム達成 の道筋	NEDO は、内外の技術開発動向・政策動向・市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析/検討するとともに、技術推進委員会等において、研究開発の進捗管理や目標の見直しを行う等、細やかなマネジメントを実行することで、社会ニーズに合った研究開発を推進し、確実な実用化へと繋げる。			
1.3 知的財産・標準化戦略	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。			

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 本事業で開発した成果が次世代航空機に搭載され、航空機エンジンの高効率化と軽量化による燃費改善が図られることにより、2040 年において、92.8 万トン／年の CO₂ 削減が期待される。 ■ 達成見込み（令和 4 年度末時点） 材料データベースを用いたエンジン性能効果検証により CO₂ 排出量の削減効果を算出する。検証に用いるエンジンモデル等を決定するため、航空エンジン技術全般について、過去数年から比較的近い将来までの動向調査を行った。予備検討として材料の耐用温度を用いて CO₂ 排出量を見積もるシステムの構築に着手し、2024 年度以降にデータベースに蓄積された材料特性を用いて削減量を算出可能とする見込みである。
	2.2 アウトプット目標 及び達成状況	■ 研究開発項目①「革新的エンジン部品製造プロセス開発」 【アウトプット目標（令和 7 年度末）】 経済合理性を担保した国内における航空エンジン部品（ディスク部分）の鍛造プロセスを確立し、エンジン部品試作・評価を行う。 【達成状況（令和 4 年度末時点）】 抵抗式金型加熱については、金型表面温度 1000～1100℃において、金型表面の被加工素材との接触域での温度差が±10℃となるシステム、誘導式金型加熱については、金型表面温度 1000～1100℃において、金型表面の被加工素材との接触域での温度差が±30℃となるシステムを構築すべく、主要な装置と関連する金型の作製を進めた。 ■ 研究開発項目②「革新的合金探索手法の開発」 【アウトプット目標（令和 7 年度末）】 金属バルク材料の自動合成システム、結晶構造解析、組成分析、金属組織像取得などを順次分析するシステムを構築し、これらのプロセスを利用することで、一日当たり 100 サンプル数のデータを取得可能とする。その結果、従来の 1/10 の材料開発期間及び開発コスト 1/100 を達成する。またコンビナトリアル・バルク創製技術を用いて軽量・耐熱性に優れたハイエントロピー合金材料を 2 つ以上開発するとともに、その製造プロセスを開発する。マテリアルズ・インフォマティクス・ツールを構築して、代表的な金属 20 種のデータを蓄積する。 【達成状況（令和 4 年度末時点）】 4 種類の金属材料を所望の量を用いて自動合成を行うシステムの開発に成功し、中性液体を用いた電解砥粒エッチングによる金属表面の平坦化を可能にした。また、結晶構造解析、組成分析、金属組織像取得、電気抵抗率（導電率）、ビッカース硬さ試験などの複数のハイスループット評価を連続的に評価できるシステムの構築を行った。さらに、耐熱性および軽量化に優れたハイエントロピー合金材料予測を可能とするマテリアルズ・インフォマティクス・ツールを構築し、これらのシステムを順次活用して多量のデータ取得およびデータ解析を可能にする技術的な指針を得ることができた。 ■ 研究開発項目③「航空機エンジン用評価システム基盤整備」 【アウトプット目標（令和 7 年度末）】 航空機エンジン用の評価システム基盤を整備し、3 部材以上での活用を可能とするデータベースを構築する。 【達成状況（令和 4 年度末時点）】 ブレード用単結晶合金およびディスク用鋳鍛造合金の組成、熱処理条件等の仕様を検討した。またクリープ特性、疲労特性、き裂進展特性等のデータ取得を開始した。汎用海外材料と比較し、特性の優位性を確認している。これらの取得データを整理するためのデータベースソフトウェアを設計し、システムを構築した。今後データの蓄積によりデータベースを充実させ、部材設計に結び付くよう機能を改良していく。

3. マネジメント							
3.1 実施体制	経産省担当原課	製造産業局 金属課、航空機武器宇宙産業課					
	プロジェクトリーダー	国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科 マテリアル工学専攻 教授 榎 学					
	プロジェクトマネージャー	材料・ナノテクノロジー部 主任 飯山 和亮					
	委託先および助成先	研究開発項目①「革新的エンジン部品製造プロセス開発」 助成先：（株）プロテリアル 研究開発項目②「革新的合金探索手法の開発」 委託先：（国研）産業技術総合研究所、 （一財）金属系材料研究センター、JX 金属（株）、筑波大学 研究開発項目③「航空機エンジン用評価システム基盤整備」 委託先：（国研）物質・材料研究機構 （株）IHI、川崎重工業（株）、三菱重工業（株）、 三菱重工航空エンジン（株）、（株）本田技術研究所					
3.2 受益者負担の考え方	主な実施事項	R3fy	R4fy	R5fy	R6fy	R7fy	
	研究開発項目①						助成
	研究開発項目②						委託→助成
	研究開発項目③						委託
	事業費推移 （会計・勘定別に NEDO が負担した実績額（評価実施年度については予算額）を記載） （単位：百万円）	R3fy	R4fy	R5fy	R6fy	R7fy	総額
	特別会計（需給）	442	839	1240	（ ）	（ ）	2521
	開発成果促進財源	0	421	0	（ ）	（ ）	421
	総 NEDO 負担額	442	1260	1240	（ ）	（ ）	2942
	（委託）	442	1184	1125	（ ）	（ ）	2751
	（助成） ：助成率 1/2	0	76	115	（ ）	（ ）	191
3.3 研究開発計画							
情 勢 変 化 へ の 対 応		■ NEDO としても積極的に情報収集活動に参画 当該分野で先行する米国の動向を中心に、事業者らと共に NEDO としても積極的に情報収集活動（国際会議、調査機関、展示会、意見交換）に参画して研究開発の方向性を議論、プロジェクトマネジメントに役立てた。 「注視すべき米国での超合金開発動向」 ・GE/NASA/Ohio State Univ.が開発した Ni 基超合金 ・米国ナショプロ「Material Genome Initiative」、「ULTIMATE」 ・次世代の超耐熱合金（高融点ハイエントロピー合金）および関連要素技術					

		■研究開発項目②「革新的合金探索手法の開発」における事業方針の見直し 技術推進委員会での結果も踏まえ、高品質かつ魅力ある自動合成システム＊１を構築すべく、実施内容の充実化及び 開発期間/費用について議論を重ね、基本計画変更の妥当性について技術推進委員会にて審議、経済産業省をはじめとする関係各所への調整を行い、事業方針を見直した。 ＊１：高品質かつ魅力ある自動合成システムとは ①高品質な合金を作製可能な自動合成システムを開発する ②MI/AI を組み合わせたシステムを高度化する。	
	中間評価結果への対応	－	
	評価に関する事項	事前評価	令和２年１１月実施 担当部 材料・ナノテクノロジー部
		中間評価	令和５年 ５月実施予定 担当部 材料・ナノテクノロジー部
	終了時評価	－	
別添			
	投稿論文	「査読付き」０件、「その他」４件	
	特 許	該当なし	
	その他の外部発表（プレス発表等）	学会発表・講演；５件、新聞・雑誌等への掲載；７件、その他（展示会等）；１件	
	基本計画に関する事項	作成時期	令和３年 ２月制定
		変更履歴	令和３年１２月改訂（研究開発項目①に関する事項の変更） 令和５年 ２月改訂（研究開発項目②に関する事項の変更）

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準		各委員の評価						評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋								
(1) 本事業の位置づけ・意義	B	A	A	A	A	A	A	2.9
(2) アウトカム達成までの道筋	A	B	B	B	A	A	A	2.6
(3) 知的財産・標準化戦略	A	B	A	A	B	B	A	2.6
2. 目標及び達成状況								
(1) アウトカム目標及び達成見込み	A	B	B	A	A	A	A	2.7
(2) アウトプット目標及び達成状況	A	B	A	B	B	B	A	2.4
3. マネジメント								
(1) 実施体制	A	A	A	B	A	A	A	2.9
(2) 受益者負担の考え方	A	B	A	B	A	B	A	2.6
(3) 研究開発計画	A	B	A	A	A	B	A	2.7

《判定基準》
A：評価基準に適合し、非常に優れている。
B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価分科会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「（参考）分科会委員の評価コメント」に、各分科会委員の指摘事項を参考として列記している。

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

航空機産業が、今後 20 年超にわたり成長が見込まれている中、特に仕様条件が厳しいタービン部材の研究開発による航空機エンジンの効率化と軽量化に向けて産学官のオールジャパンで取り組む本事業は、国際的なカーボンニュートラルの流れに沿った、国として意義ある政策である。また、アウトカムまでの道筋として 2040 年度を最終目標とし、ステークホルダーとの対話もされており、材料・部品認定、設計、試作、試験、量産までの具体的スケジュール目標が明示され、更にその成果として CO₂削減量の具体的数値目標とその根拠も示されていることは評価できる。

標準化戦略については国内主要メーカー各社との関係性構築方針も含め十分検討されたうえで、実施担当各社の方針による公開と非公開の大別化がされており、知財やデータの取り扱いも知財委員会により適切に管理されており妥当である。

一方、知的財産・標準化戦略について、クローズド戦略の重要性は理解できるが、例えば特許化する技術並びに特許申請数について目標設定するなど、具体的な道筋を明示してほしい。

今後、「合金探索」及び「評価基盤整備」の研究開発項目におけるデータベースの積極的な発信など、システム基盤の発展性・運用展開について、方針・計画の標準化戦略の検討を進めていくことが望まれる。また、材料・部品認証、上市に向けた製品としてのインテグレーションを見据え、社会実装に向けて対外的な情報発信、ネクストレベルでのステークホルダーとの協議の場を戦略的に企画・立案していくことが期待される。

2. 目標及び達成状況

アウトカム目標は、航空機分野の現状並びに将来環境条件から適宜見直した目標が立てられたものと判断され、十分現実的かつ具体的な指標や目標が設定されており、目標達成は十分に見込みがあると評価される。また、費用対効果の試算に関しても、現在持ちうる各種情報のもとでは妥当かと考える。本事業がオールジャパン体制で構築されている事からも、国際競争力は高く、大きな期待が持てる。一部のテーマについては、開発技術に対して積極的なステークホルダーとの情報交換を実施することをすでに予定しており、事業化を見据えた取組となっている点も評価できる。

アウトプット目標については、3 つの研究開発項目いずれも中間評価段階としては着実に進んでおり、特に「評価基盤整備」においては、国内エンジンメーカー 1 社において 2 部材の活用の検討が始まっており、今後のステークホルダーとの対話と具体化が期待される。また、革新的合金探索手法の開発は、従来の 3D プリンター手法とは一線を画す、高融点合金の探索に適した手法であり、後工程の高速スループット評価手法は完成したと思われる。今後はこの合金探索手法の確立及び技術的な精度向上へ優先的に注力することが、材料メーカーの期待に応えることにも繋がり、委託から助成へ向けた道筋も見えてくる。航空機エンジンにおいて、厳しい仕様が求められるタービン部材の重要性は揺ぎ

無いものがあるので、より一層国際競争力を高められるよう、適切な軌道修正を図りながら研究開発を推進してもらいたい。

一方、クローズド戦略の重要性は十分に理解できるものの、論文発表数・特許出願数は少ない、と評せざるを得ないことから、今後、ぜひ学術的な成果発信（論文数）と、技術構築の観点から、各参画企業を中心として特許化についても積極的なチャレンジを期待したい。

3. マネジメント

NEDO、PL のリーダーシップによる適切な運営管理、方向性の修正など、アウトプット目標達成に向けた適切なマネジメントがなされており、また、実施者は、国内を代表する技術力、実用化能力を兼備する研究機関・企業が複数参画し、バランスが取れた"オールジャパン"の研究体制が構築できている。さらに、研究データの利活用・オープン・クローズド戦略も十分に検討され、そのシステム基盤はほぼ完成されており、最終目標にむけた"オールジャパン"でのデータベースの構築・充実化が十分に期待できる。加えて、研究を加速させるための予算の獲得など、効果的な研究開発成果の創出に向けた計画の見直し・実践も行われており評価できる。

今後においては、合金開発をより進めるために、特に「ハイエントロピー合金」の開発に対して一層の資源の投入を期待するとともに、プロセスインフォマティクツールについては、システムとしての単なるデータストレージではなく、例えば逆解析できるような双方向機能も付与するなど、ブラッシュアップして、よりシステムの優位性を高めるような計画も盛り込んでいただくと、より良い成果が期待される。

（参考）分科会委員の評価コメント

（１）意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・ 国際的なカーボンニュートラルの流れに沿って立案された、十分に練られた方針と評価できる。本邦のあるべき国際的役割と整合していると評価される。
- ・ 近年の急激な脱炭素化の流れを先取りした形の計画であり、必要な取組は既に組み込まれていると評価される。
- ・ 国内主要メーカー各社との関係性構築の方針も含め、十分検討されていると評価される。
- ・ CO₂ 排出量削減が求められている中で、航空機エンジンの仕様条件が厳しいタービン等に用いられる材料の性能を向上させることは、重要であり、その目的達成のために部品製造プロセス、合金の探索、エンジン材料評価用データベースといった 3 面から研究開発を行うことは、目標を達成する上で十分に効率的であると判断される。
- ・ 三つの項目に関して、本プロジェクト終了時の目標が達成されたとして、今回アウトカム目標とされているのは、15 年後の 2040 年である。その間に今回開発される技術に基づいて新たに部品の認定、設計、試作並びに試験が行われていき、その後ようやく量産化と次期ジェットエンジンに搭載されるという非常に長い道筋があって、初めてアウトカム目標の CO₂ 排出量削減に近づくという計画になっている。このような、長い道のりがあることを理解して計画されている点は理解できる。
- ・ 「革新プロセス」に関しては、そこで開発される技術は、実機エンジン開発に直結する技術であり、エンジン OEM に対して、その優位性を保持することが重要であり、非公開とすることは妥当である。「合金探索」のマテリアルズインフォマティクス技術は学術的価値も高く、わが国の科学技術の評価を高めるためにも、公開とすることは妥当である。
- ・ 航空機産業は日本における有望な技術戦略の一つであり、産学官の密接な連携の基に国際競争力を確実かつ効果的に強化していくことが求められていることから、本事業は、国において実施する意義がある。
- ・ 実用化を見据えた製造技術開発が行われている点は評価できる。
- ・ 知的財産については、担当各社の方針に従い、公開と非公開を明確に分けており、妥当であるといえる。また、知財員会により知財やデータの取り扱いも適切に管理されている。
- ・ 航空機業界は、コロナ禍で大打撃を受け、当該分野の技術開発も停滞しましたが、今後 20 年超に渡って、2～5%の右肩上がりで成長が見込める数少ない産業です。特に、エンジンは海外主要メーカーが手放したくない分野であることは承知の上で、きちんと国を挙げて材料の強みを全面に出して取り組む姿勢を出してゆくことが必要と思います。
- ・ 民間航空機エンジンの日本未参入部品は何れも厳しい要求性能が求められる耐熱材料で、これまで数多くの国プロを次世代へと繋ぐ形で実施して来られました。しかし、最後の実用化・標準化・認証取得に至る一番資金が必要なフェーズが尻すぼみだったように思われます。委託～助成の段階移行はあり得るとしても、積極的に取り組まれる道筋が示されており、今後の技術の進展が確実に進むことを期待しています。
- ・ 革新的合金探索手法の開発については、3D プリンタでは出来ないプロセスに仕上げるのが第一と

思われます。委託から助成へ進む要と位置づけ取られることを希望します。革新的エンジン部品製造プロセス開発については、ディスク部材を主要エンジンメーカーに PR されているようで何よりです。一方、航空機エンジン用評価システム基盤整備は、オールジャパン体制で臨まれています。実部材レベルで参加企業の思惑が出て来ると思われますので、NEDO さんがきちんとマネジメント頂けると良いと思います。

- ・ 当該事業は我が国の航空機エンジン向け革新的材料の開発、鍛造を中心とした加工プロセス、航空機エンジン評価用システム構築をデータベース蓄積、データ駆動型手法等の計算科学的手法も取り入れることで、サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合により実施する。関連する政策・施策を考慮しつつ、我が国の航空機エンジンの効率化と軽量化による CO₂ 削減に向けた取組として明確な位置づけを定めており、国として意義ある政策である。データ収集部分ではオープン・クローズド戦略も含め、協調領域が明確化されている。中間評価段階までの、意義・社会実装達成までの道筋について、ここまでの良好な成果と今後の成果が見込まれ、高く評価される。
- ・ 本事業では「航空機エンジン」に特化し、その応用展開を指向した産官学オールジャパンでの十分な研究体制を構築されており、「合金探索」、「エンジン部品製造（鍛造）プロセス開発」、及び「評価基盤整備」での具体的な方向性をもって研究を遂行している（広範な TRL で戦略立てられている）。アウトカムまでの道筋でも 2040 年度を最終目標設定として、材料・部品・試作・量産までの具体的なスケジュール（目標）が明示され、しっかり実現できれば、社会的インパクトは非常に強い。アウトカム達成見込みでの CO₂ 削減量の設定（見込み）でも具体的な数値根拠も明示され、説得性も高い。さらに後述でも指摘するとおり、一部のプロジェクトでは既に国内エンジンメーカー・海外エンジンメーカーとの協議も進行されており、アウトカム達成までの道筋も強く見えている状況にもある。市場動向においても積極的に調査がされており、2022 年度ではタービン製造メーカーとの意見交換会も実施されており、アウトカム目標の具体性・説得性により信頼がもてる（評価は高い）。
- ・ これまでの他事業における成果を踏まえつつ本事業で推進すべき事項が明確に示されている。3 つの研究開発の位置づけを明確にしたうえで、社会実証に向けた道筋について検討している。
- ・ エンジンメーカーとの対話や市場ニーズの把握を含めた活動を進めている。
- ・ 協調領域・競争領域を考慮したうえで、研究成果の活用、データベースの構築の考え方が整備・検討されている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 全体として、TRL 進度が同レベルの取組が各研究開発項目で並行して実施されることが望ましい。例えば、Cantor 合金や Senkov 合金の実作による HEA 探索手法の有効性のアピールなどがあってもよいのではないか。
- ・ 国際的な観点からの情報発信は、潜在的なステークホルダーの掘り起こしにも繋がるのではないかな。
- ・ 三つの項目が現在ほぼ並行して実施されている。概括的に考えるとこれらは本来常にお互いに（あくまでも可能な範囲内ではあるが）情報交流されることによって、目的達成に対して、より効果的になるのではないかと考えられる。
- ・ 一方で、CO₂ 排出量削減を実現するためには、2040 年からさかのぼっていくと、次世代ジェットエンジンに搭載されねばならないこと、パーツとして量産が可能となること、部品としての性能が確

認されることといった数多くのハードルが待ち受けている。このようなプロジェクト終了後に乗り越えねばならない事項が多くあることを十分に認識したうえで、本プロジェクト実施中にそれを見据えた準備を積極的に進めていただきたい。

- ・ 革新プロセスのデータベースに関する扱いであるが、競争領域に係わる内容は関係者までとし、それ以外を登録ユーザーに公開するという点は妥当と考えるが、我が国において開発された合金の優位性を広く世界に周知するという点から本データベースをベースにした世界への情報発信ということも、差支えの無い範囲でこれまで以上に行われても良いかと考えられる。
- ・ 開発した材料や技術を航空機エンジンの設計・製造に活かすためにも、国際的な認知度を高めるための取組を期待する。その一つとして、知財を確保した上で、欧文誌への論文投稿や国際会議での発表等を積極的に実施することを期待したい。
- ・ 航空機エンジン、要の仕様条件が厳しいタービン部材へ打って出られるかどうかは、我が国が取り組んできた先端技術分野の長年の宿願です。真に、国が取り組むべき課題と思いますので、プロジェクト終了後の道筋を付けられるよう取り組んで下さい。
- ・ 産学官の連携は、NEDO さんが全体を調整・マネジメントされており、試験計画・進捗も適宜、見直しも視野に入れて取り組んでおられることが判りましたので、引き続き、上手く調整して進められたら良いと思います。
- ・ 学会発表、論文投稿は積極的に進められると思いますが、新しい知見が得られたら、知財を確保するまでは発表すべきではありません。特許は数を出せば良いものではありませんし、要のものが 1 件でも成立すれば良いと思います。知財の確保は、進め方次第では重要な決め手になりますので、慎重に対処して頂くことが肝要と思います。
- ・ 柱となる 3 つの事業はそれぞれが要素技術として将来シームレスにつながるべきものであり、現状は各要素の深化のために個別に進めるべき課題である。本事業終了後には、将来的にそれぞれが相互作用し、相乗効果が発揮できるようなアウトカム達成までの長期的ビジョンの具体策を強く意識することが望ましい。本事業終了後の自立化の仕組みや材料開発のためのコンソーシアム組織の整備など、効率的に進めていただきたい（特に合金探索部分）。知財戦略、標準化戦略については全体を通じて、構想はあるものの、その具体的な道筋が見えにくく、時間軸・3 つの事業ごとの相互連携・標準化戦略については、今後具体化していただきたい。広くステークホルダーにオープンできる情報については積極的に発信し、本成果を広くアピールしていただきたい。
- ・ 本事業では、「合金探索」、「エンジン部品製造（鍛造）プロセス開発」、及び「評価基盤整備」での 3 本柱が並行して研究展開されているものの、アウトカム達成までの、それぞれの連携体制・方向性が明確ではない。多くの機関が参画され、それぞれの研究開発を着実に遂行する事が最重要ではあるものの、横展開の強化も重要であり、アウトカム目標のため、連携体制の強化についてご検討頂きたい。また、知的財産・標準化戦略について、クローズ戦略の重要性は理解できるものの、特許化する道筋・目標設定（どの技術を強力的に特許化する、また特許数など）が明確ではないために、ある程度（具体性は欠けても構わない）でも構わないので、その目標設定を明示頂きたい。また「合金探索」及び「評価基盤整備」の事業では、データベースの構築・インフォマティクスの活用・システムの運用に注力されているが、将来的なこのシステム基盤の発展性・運用展開については詳細に明示されておらず、最終目標の設定の過程で、この点もご検討頂く事を希望している。

- ・ 航空機部品としての認証、上市に向けた製品としてのインテグレーションを見据えた社会実装を最終ゴールと据えた際、対外的な情報発信、エンジンメーカーや航空機メーカー、エンドユーザー（エアライン）をはじめとするステークホルダーとの協議の場を戦略的に企画・立案していくことが望ましい。
- ・ 本研究開発の対象外としている標準化戦略については、知財との兼ね合い・オープン・クローズ戦略をはじめとする事業会社・研究機関としての方針・計画は別途検討を進めて頂くことを期待している。

（２）目標及び達成状況

【肯定的意見】

- ・ 現時点での CO₂ 削減量の見込みや、国際競争力などの点に関しても、十分現実的な指標や目標が設定されている。目標達成は十分に見込みがあると評価される。
- ・ 現時点で、十分に達成されていると評価される。
- ・ 本事業が掲げるアウトカム目標は、航空機分野をとりまく現状並びに将来満たさねばならないと想定される環境条件からみて、適切に目標が立てられたものと判断される。また、費用対効果の試算に関しても、現在持ちうる各種情報のもとでは妥当かと考える。
- ・ 「合金探索」に関してデータ取得可能なシステムを構築し、評価のためのソフトウェアを開発するというアウトプット中間目標に関しては、目標とするサンプル数以上の取得を可能とするシステムを開発したことでもあり一定の評価がされる。「革新プロセス」に関しては、アウトプット中間目標は、適切に見直しが行われており、また最終目標達成にむけて、今後とるべき手段等について適切に構想がなされていると判断され、最終目標の実現が期待される。「評価基盤整備」に関してはアウトプット中間目標である「国内エンジンメーカーによるデータベース構築中の合金に関する活用検討」が目標の数以上に始まったことは評価される。
- ・ 一部のテーマについては、開発技術に対してエンジンプライムとの情報交換を積極的に実施することを予定しており、事業化を見据えた取組である。
- ・ 次フェーズへの展開をより確実なものにするために、開発目標を適宜見直したことは評価できる。全てのテーマにおいて実施者の設定した中間目標を達成している。また、一部に当初予定以上の成果を挙げているテーマもあり、全体として、計画どおり順調に進捗していると判断される。
- ・ 航空機エンジンを取り巻く環境も、2050 年カーボンニュートラル実現、SDGs の観点からも CO₂ をより低減出来る技術、例えば、植物由来燃料の使用や、アンモニア、水素の混焼、さらには、オールエレクトリックエンジンまで多様な価値観を織り込んだ技術開発も進められています。しかしながら、何と云っても、航空エンジンの主要部位である仕様条件が厳しいタービン部材の位置付けは不動の揺ぎ無いものがありますので、当分野で国際競争力をきちんと高められるよう、適宜、目標を見直してでも推進して貰いたいものです。
- ・ 3 つのプロジェクトは何れも中間目標をクリア出来そうで特に問題は見られません。オープン／クローズの問題は、航空機エンジン用評価システム基盤整備においては、NIMS さん開発の新合金を、参加企業が実部材造りをしながら部材レベルでの基礎データを採取されることは、より有効なデータベース構築を担う上で、今後の取組が極めて重要と思われます。最終目標達成とその後の展開を

見通せるような加速研究費を引き出せるような進展を期待します。

- ・ 社会実装に向けた合金探索、加工技術、評価システムに向けたデータベース構築は中間評価段階としては着実に進んでいる。CO₂削減効果などについての算出や目標設定がなされている。さらに、合金探索については当初目標値からの変更により、質の向上や MI-AI 活用等逆問題計算手法を取り入れて、より現実的かつ意義ある形への修正がなされている。革新プロセスについては、より具体的な目標設定がなされている。評価手法については当初よりも中間評価時での目標が 2 部材への適用検討ということで、加速化しており、今後の海外 OEM との対話と具体化が期待される。
- ・ アウトカム目標に対しては、2040 年度までの長期計画において、具体的な指標が明示できている。特に CO₂削減量については、信頼できる数値根拠から明示されており、説得力がある(妥当である)。本事業がオールジャパン体制で構築されている事からも、国際競争力は高く、強く期待がもてる。アウトプットの達成状況(中間)についていずれの 3 事業においても中間目標に対して達成される見込みであり、達成状況に問題はない。特に「評価基盤整備」においては国内エンジンメーカー1 社において適合する 2 部材への活用の検討が始まっており、今後の成果が更に期待される。
- ・ 3 つの研究開発項目それぞれが、必要に応じて適切な軌道修正を図りつつアウトカム目標に向けた研究開発を推進してきている。
- ・ 3 つの研究開発項目において、必要な軌道修正も図りつつ、アウトプット目標に向けた活動が推進できている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 現時点での CO₂削減量の計算結果について、その見通しの数値が今後大きく低下しないことをどのように担保・保証できるかの説明構築は、プロジェクトの中途段階での企業との交渉で重要になると思われる。
- ・ 既に記載したが、TRL の指標値が各研究開発項目で同程度になるような進行方法の摺り合わせがあると、外部から見たプロジェクトの総合的な評価が更に高くなり、より好適と思われる。
- ・ 先述もしたが、今回のアウトカム目標は CO₂排出量削減で数値目標を与えているものであり、それが達成されるためには、今回参画している個社による努力だけでは不十分で、エンジン OEM が開発する次世代エンジンが市場に受け入れられて、一定数のエンジンが運用されることが前提となっている。その観点から見て、非常に重要なことは、本事業終了後から 15 年という長期間をかけて、パーツとしての量産体制を確立し、エンジン OEM へ提供できるようにする努力を常に続けていくことだと考えられる。
- ・ 「合金探索」に関して、そのアウトプット最終目標である「軽量・耐熱性に優れたハイエントロピー合金材料」を開発するという観点では、現在のところ、その「ハイエントロピー合金」に対する認識がかなり欠落されているような感じを受け、不安に感じる。この点からの改善が強く期待される。
「革新プロセス」に関して、事業開始からまだ 1 年と少々しかたっており、これまでの実施内容も中間目標達成のための前段階にとどまっており、今年度終了時の目標達成にむけて引き続きの努力をお願いしたい。「評価基準整備」に関しては、多くの国内エンジンメーカーが参画しており、その役割分担のもとで活動が続けていることは理解しているが、本事業のアウトカム達成のためには、これらの参画企業が本事業終了後に強い決意をもって活動を継続することが非常に重要であり、そ

の面でもいまから十分な準備を続けていってもらうことが期待される。

- ・ 本プロジェクトの事業化計画に対しては、次期量産機のローンチと比較して説明された方が事業化に向けた取組の理解がより深まるものと思われる。「航空機分野全体の CO₂ 排出量」に対する「アウトカム目標の CO₂ 削減量」の割合を示すことにより、本プロジェクトに対する社会的影響のインパクトがより明確になったと思われる。
- ・ 革新的合金探索手法の開発は、産業技術総合研究所さんが提唱される手法は、3D プリンタ手法とは一線を画す、高融点合金の探索には打って付けの手法と思われます。後工程の高速スループット評価手法は完成したと思われますので、今後は、この手法の技術的な精度・確立を最優先させて注力することが、材料メーカーの期待に応えることに繋がり、委託から助成へ向けた道筋も見えて来るのではないのでしょうか。
- ・ 最終的なアウトカムとしての CO₂ 削減が、実際になされるだけの合金探索やデータベース構築になれるか。さらに、プロセス開発が単なる装置導入になることがないように注意が必要である。データベースの構築についても、真に有効なものとなっているかの恒常的な検討が必要である。新合金の探索手法が真に航空機部材メーカーの求める形になり活用化されるのかを常に念頭において進めたい。論文発表や特許申請は可能な範囲で積極的に行っていただきたい。
- ・ アウトカム目標について 2040 年度までの長期計画において、長期間での目標設定のために、多少、それぞれの事業での方向性に具体性（各年度・期間毎）が欠けるのも否めない。社会情勢・他競合となる技術動向に対して、どう取り組んでいくのかについてなどは明示されておらず、多少の不安要素も残る。アウトカム目標及び達成状況では、各事業で設定された中間目標はクリアされているが、クローズ戦略の重要性は十分に理解できるものの、論文発表数・特許出願数は少ないと判断される（参画機関の数も鑑みると、現時点での発表数は少ない）。目標設定（中間・最終）においてこれらの"数"については言及されていないものの、本事業では NIMS や AIST の研究者も多く参画されている事から、ぜひ学術的な成果発信（論文数）においても積極的にコミット頂きたい（希望する）。また技術の構築の観点でも、各参画企業を中心としてぜひ特許化についても積極的にチャレンジ頂きたい（希望する）。
- ・ アウトカム目標として CO₂ 削減を掲げているところのうち、航空機エンジンとしてのシステムインテグレーションの視点から見たときの寄与度が具体的にどのような形で反映されるのかを掘り下げても良いのではないかと。※材料としての寄与、材料・加工技術セットでの寄与、製品としての信頼性の観点からの寄与、等々の視点があるものと想定。
- ・ それぞれの研究テーマにおいて、研究評価委員会で指摘のあった各委員からの内容について、今後の研究開発の計画・軌道修正に反映・検討頂きたい。

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- ・ 十分機能していると評価される。
- ・ 適切であると評価される。
- ・ 適切な対応がなされていると評価される。
- ・ 本事業は日本の産業競争力強化を目的とするが、その点は NEDO の使命と合致していることから、執行機関は適切と判断される。実施体制や採択プロセスに関しても、これまでの NEDO プロジェクトで行われてきた手法を踏襲しており、適切である。特に採択審査時にあたえられた採択条件を満たすように事業は実施されてきたと考えられ、管理体制の面からも不足はないとみられる。
- ・ 「革新プロセス」を助成事業として全期間行うことと「評価基準整備」を委託事業として全期間行うことは、それぞれが目指す TRL レベルから見て適当であり、今後も予定どおり継続されることが適切であると判断される。
- ・ 連携やスケジュール見直しに関して全般的に適切に実施されており、進捗管理に関しても多くの面では適切に対応されていると考えられる。
- ・ 研究開発の実施体制は、関係各社による分担がなされており、しかも、材料データの共有化を図ることにも取り組んでいることから、実用化・事業化へ向かって推進する体制ができていると思われる。
- ・ 開発した先進的な素材や技術が航空機エンジンに採用されるまでには、長期間の研究開発が必要であるため開発リスクが高く、しかも、厳しい国際的な産業競争に打ち勝たなければならないことから、産学官の密接な連携の下で効率良く開発することが重要である。したがって、本プロジェクトを NEDO 事業として実施するのは妥当である。
- ・ 海外の先行技術等についても積極的に情報収集するとともに、それを基に研究開発の方向性を検討しており、競合技術の動向や情勢変化への対応がとれている。
- ・ 航空機、特に、エンジン開発に向けた実施体制として、METI～NEDO～実施者（研究者）の流れで取り組むのは妥当で、NEDO さんは全体を見通して推進されていると感じました。特に、国内で初めて FAA 認証を取得され、小型旅客機分野に打って出られた航空機メーカーさんが参加されているのは、重工各社の航空機エンジン事業のビジネスモデル構築の上でも参考にすべき内容も多いと思われますので、大変心強いと思いました。
- ・ 革新的合金探索手法の開発については、3D プリンタでは出来ないプロセスに仕上げるのが第一と思われます。TRL0～1 のフェーズですので、委託事業の間に合金合成手法の確立に注力されては如何でしょうか。革新的エンジン部品製造プロセス開発については、仕様条件が厳しいタービンの要であるディスク部材へのチャレンジは重要と思われますので、現状の助成率を維持して進められると良いと思います。一方、航空機エンジン用評価システム基盤整備は、オールジャパン体制で臨まれています。実部材レベルでデータベースを構築してゆくためには相当の資金・期間が必要と思われますので、次期フェーズへの展開も見据えて取り組んで頂けると良いと思います。
- ・ 研究開発の進捗によって、NEDO～PL～実施者間で進捗確認されており、必要に応じて、スケジュール調整・管理もなされているようで問題ありません。
- ・ 実施体制は本事業を実施するに当たり最適であり、執行機関としての NEDO、さらに PL のリーダーシップにより適切な運営・理営、方向性の修正など、アウトプット目標達成に向けて適切なマネジ

メントがなされている。さらに実施者は国内を代表する技術力、実用化能力を兼ね備え、オールジャパン体制が組まれている。

- ・ 3本のメイン事業「合金探索」、「エンジン部品製造（鍛造）プロセス開発」、及び「評価基盤整備」での執行機関・実施者ともに極めて充実した運営・研究体制が構築されている。実施者の研究能力も、日本を代表する研究機関・企業（大企業）が参画され、企業においても偏りなく、まさに"オールジャパン"の研究体制が構築できている。研究データの利活用・オープン・クローズ戦略も十分に検討され、そのシステム基盤がほぼ完成されたとの事で、最終目標にむけたオールジャパンでのデータベースの構築・充実化が十分に期待できる。今後の研究開発計画においても、各事業で掲げた目標設定を達成するため充実した内容で計画されている。
- ・ 3つの研究開発のテーマ間の整合性を意識しながらプロジェクトマネジメントをリード頂いている。個別の研究開発についても、リーダ及び実施事業者との連携を図りながら実施している。
- ・ 研究開発に関連した進捗の遅れ等は見られない。研究を加速させるための予算の獲得など、効果的な研究開発成果の創出に向けた計画の見直し・実践も行われている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 三つの研究項目はそれぞれ独立したものであり、現状の実施体制で問題はないが、ある研究項目でえられた知見やノウハウに関して、他の研究項目実施者にとって有益な情報も一部含まれている可能性があるので、そのような内容に関して、差支えの無い範囲内で異なる研究項目の実施者にも共有できるようなルートを構築するともっとよろしいかと考えられる。
- ・ 「合金探索」に関して、これまでは委託事業であり、2024年度からは「実用化に向けて企業の積極的な関与」により推進すべきとのことで助成事業に転換される予定ではあるが、上述のように、この研究項目の本来の目的である「ハイエントロピー合金」を開発するという趣旨に鑑み、かつこの点での進捗に不安が感じられることから、「合金探索」に関して今後は「ハイエントロピー合金」の開発に重点をおいた研究開発ができるような事業体制を構築することも視野に入れてよろしいのではないかと考えられる。
- ・ 「合金探索」に関しては、先述のように「ハイエントロピー合金」の開発の視点から十分な成果が得られるように、その点に対する集中的な資源と努力の投入があってもよろしいのではないかと考えられる。
- ・ MI-AI 統合化プロセスインフォマティクスツールに関しては、他機関が開発した材料・プロセス探索システムとの連携や情報共有等を図ることを期待する。
- ・ 次フェーズの実用化研究に確実に移行させるためにも、外部環境の変化に対する課題を明確にするとともに、その情報を共有する体制を更に強化していくことを望む。
- ・ 当該技術分野として見れば、内閣府、防衛省、文科省（JST＝国立研究開発法人科学技術振興機構）がありますが、防衛省には NEDO のように実務を仕切る外郭団体は、今のところ、ありません。このような状況の中、省庁の横通しは経済安全保障の観点からも、より一層重要になることは必須です。今後は、NEDO さんに権限をより集中して実施するのも良いのではないのでしょうか。海外のエンジンメーカーに対し、日本の重工各社は関係する多方面の各署に配慮しながら進めて来られた経

緯はあるものの、オールジャパン体制で、その牙城に一つでも食い込むことが叶うよう、注力して貰えれば幸いです。

- ・ 合金探索については、早い段階での補助事業として継続するために、本開発システムの強みを積極的に広報していただきたい。さらに、単に複数のノズルにより粉末を投入するだけでなく、異なる粉末を高品質に混ぜ合わせるための魅力的な開発が今後望まれる。
- ・ (2) 受益者負担の考え方において、「合金探索」の事業では、これまでの研究開発に比べた大幅な迅速化・自動化の実験・評価システムが構築できているものの、より具体的な材料開発の観点で、合金開発が出来ているとは言い難く、その中で 2024 年度からの助成事業への切り替えについては、多少のリスクも感じる。2023 年度での研究成果・進捗状況に期待しながら、ぜひ企業との連携体制の強化を更に図って頂くことを希望する。
- ・ また (3) の研究開発計画において、各事業 (3 事業間) での連携体制が明示されておらず、相互 (横展開) での連携体制も構築・強化すべきとも考える (シナジー効果を期待して)。加えて、データベースを構築する過程 (「評価基盤整備」) において、各社 (参画企業) が活用するだけでなく、積極的にブラッシュアップするような方針 (計画) も盛り込んでいただけると、より企業が積極的にコミットできるシステムに仕上がる事が期待できる。また、データベース化する中で (システムの構築・運用)、システムとして単にデータのストレージとしての役割を担うだけでなく、例えば逆解析できるような機能も付与する事で、よりアドバンテージをつけたシステムになるので、そのようなブラッシュアップできる計画も盛り込んでいただくとより良いシステム設計・運用が出来るものと期待される。
- ・ 引き続き執行機関のリーダーシップのもと、航空機エンジンへの研究開発成果の採用に向けた研究テーマ間の連携や協議の場を設けて頂くことを期待している。

審議経過

● 分科会（2023年5月31日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

● 現地調査会（2023年5月23日）

国立研究開発法人物質・材料研究機構（NIMS）千現地区（茨城県つくば市）

● 第74回研究評価委員会（2023年8月8日）

「航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業」

中間評価分科会委員名簿

(2023年5月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	みうら せいじ 三浦 誠司	北海道大学 大学院工学研究院 材料科学部門 マテリアル設計分野 教授
分科会長 代理	りのいえ けんいち 李家 賢一	東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻* 教授
委員	きたおか さとし 北岡 諭	一般財団法人ファインセラミックスセンター 副所長
	なかがわ なりひと 中川 成人	株式会社超高温材料研究センター 代表取締役社長
	なかの たかしよし 中野 貴由	大阪大学 大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻 教授
	まつもと ひろあき 松本 洋明	香川大学 創造工学部 先端マテリアル科学コース 教授
	わたなべ としやす 渡邊 敏康	PwC コンサルティング合同会社 Public Services (公共事業部) 執行役員 パートナー

敬称略、五十音順

注*：実施者の一部と同一大学であるが、所属部署が異なるため（実施者：東京大学 大学院工学系研究科 マテリアル工学専攻）、「NEDO 技術委員・技術委員会等規程（平成30年11月15日改正）」第35条（評価における利害関係者の排除）により、利害関係はないとする。

研究評価委員会委員名簿

(2023年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと まゆみ 松本 真由美	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

新規研究開発事業に係る事前評価書

1. 事業情報

事業名	航空機向け革新的推進システム開発	
担当部署	経済産業省製造産業局 航空機武器宇宙産業課 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO） ロボット・AI 部	
事業期間	2024 年 ～ 2026 年（3 年間）	
概算要求額	2023 年度 1,280 百万円	
会計区分	☐ 一般会計 / ☒ エネルギー対策特別会計	
類型	☒ 研究開発プロジェクト / ☐ 研究資金制度	
上位政策・施策の目標（KPI）	2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（令和 3 年 6 月 18 日） 4. 重要分野における「実行計画」 (10)航空機産業 我が国としては個々の技術開発を促進するとともに、安全・環境基準の見直し・整備等による機材・装備品等への新技術導入促進の具体策を検討し、航空機分野の低炭素化へ貢献していく。 ①装備品・推進系の電動化 航空機の電動化技術の確立に向け、コア技術の研究開発を推進する。 － 電池、モータ、インバータ等、航空機の動力としてのコア技術については、2030 年以降段階的に技術搭載することを目指す。	
事業目的	航空機の要求に応える電動化の鍵となる超電導技術を、令和 12 年以降に市場投入予定の次世代航空機に先駆けて開発し、運輸部門のエネルギー使用合理化を推進する。	
事業内容	本事業は、航空機のカーボンニュートラル実現へ貢献すると共に、日本が航空機事業において、システムインテグレーターとしての事業規模拡大と収益力獲得を実現するため、超電導推進システムの大出力化と、高高度環境特有の技術課題解決のための実証試験を行う。これにより、2030 年代後半から 2040 年代以降に実現が想定される次世代航空機の中核システムの確立を目指す。	
アウトカム 指標		アウトカム目標
短期目標 (2035 年度)	CO2 排出削減（燃費削減）	20MW 級全超電導システム搭載航空機の認証取得完了
長期目標 (2050 年度)	CO2 排出削減（燃費削減）	細胴機及び広胴機への超電導推進システム適用による CO2 削減（ICAO ATAG Waypoint2050 に示す Technology による CO2 削減比率約 30%の主な削減効果要素を達成）

アウトプット 指標		アウトプット目標
最終目標 (2026 年度)	・2MW システムの地上実証試験による評価を完了する	・地上での性能実証を行う（TRL6 以上） ・検証対象である超電導システムの仕様、性能、運転範囲、環境試験項目の設定
マネジメント	・年に数回推進委員会を開催。進捗状況を確認し、必要に応じて事業計画を見直す。 ・事業開始前と終了時に、事前評価、事後評価を実施。	
プロジェクトリーダー	プロジェクトリーダーはアカデミアにおける本分野の専門家を予定。	
実施体制	METI ⇒ [交付金] NEDO ⇒ 下記	
	[委託] 実施者 A：超電導システム開発担当 実施者 B：外部調査事業担当	

※事前評価後、研究開発内容を見直し、事業情報を一部変更。

2. 評価

経済産業省技術評価指針(令和4年10月)に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて事前評価を行い、適合性を確認した。以下に、外部評価者の評価及び問題点・改善点に対する対処方針・見解を示す。

(1) 外部評価者

奥田 章順 株式会社航想研 代表取締役

堺 和人 東洋大学理工学部教授

竹森 祐樹 日本政策投資銀行 イノベーション推進室長

(五十音順)

※評価期間：4月14日～4月21日

(2) 評価

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- ・世界の潮流を俯瞰し、各種技術開発等の将来予想図が時系列で描けているか、その予想過程において省内外類似事業が適切に配置されているか、につき書類上でもより詳細な説明があると望ましい。
- ・知財/標準化への対応に関して我が国が優位に立っている領域を明らかにし、これらの領域技術をどのように世界の標準化に反映していくのか方針を立てるべきである。特にメガワット級超電導リニアの実用技術は超電導推進航空機で優位な技術として追記した方が良い。また開発初期に検討会を実施し、重要な特許をもれなく出願する戦略を入れること。このように適切に組み合わせられたオープン・クローズ/標準化戦略は我が国の航空機産業の強みを示す機会ととらえられる。
- ・アウトカム達成までの道筋について必要な取組は網羅されているが、実施主体者が誰かを明記し官民の役割分担がわかるようにすること。
- ・超電導推進航空機の想定出力が MW クラスを対象としていることは、海外競合が 500kW 級であるのに比べ優位であり、取り組む意義は大きい。
- ・協議団体設置にて関連する知見を集め、標準化や知財戦略を戦略的に進めようとする姿勢を評価する。機体とエンジン両方のパートナーや重電等が垣根なく、異業種も含めて共に活動する場として構築していただきたい。

② 目標

- ・超電導のアウトプット目標は、効率目標値（出力密度等）を設定する、あるいは、社会実装達成に向けた技術を織り込んだ計画を策定すること。
- アウトカム目標の費用対効果は、対象事業候補が限定しすぎでの試算されており気になる。もう少し面的な広がりを持つ検証をお願いしたい（燃費削減による経済的・社会的効果等）。
- ・本事業の意義を鑑みるに、「システムインテグレーターとなりうる国内企業の育成」に対するアウトカム目標も含むことが望まれる。

③ マネジメント

- ・超電導では、社会実装に際して重要であるシステム設計と製造技術の研究開発計画に記載すること。また事業化を見据えて実績のある総合電機/電線メーカーが参画できる仕組みやシステム開発と認証・安全性の調査者が連携する体制を作り、オールジャパンでプロジェクトを進めるのが、我が国の航空機産業にとって有効と考える。
- ・進捗管理につき、現場確認と事業推進委員会が定期で開催するとのことだが、ここで何を評価し何をフィードバックしていくか、そのプロセスとフロー図の明確化が望まれる。
- ・OEM の将来戦略が十分に読めない中、計画の柔軟な変更も起こり得る。その点を踏まえたステージゲート方式になっているか検討すること。
- ・実施体制とそれぞれの取組内容が明記され適切に記載されている。受益者負担の考え方は、事業化の不透明さを考慮して妥当である。
- ・超電導の研究開発計画は体系的に記載されている。
- ・METI,NEDO 共にプロジェクトを責任をもって統括してマネジメントするというコミットについて評価する。
- ・JADC など業界団体に協力を仰ぐことは重要である。その他、JAEC や関連団体などを追加してはどうか。

(3) 問題点・改善点に対する対処方針

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点	対処方針・見解
・アウトカム達成の道筋において、官民の役割分担がわかるように書いた方がよい。また、何をどのように実施するかは明記されているが、「誰が」が不明である。	・御指摘を踏まえ、事業終了後のアウトカム達成の確実性の向上を念頭に、事業実施方法等を検討する。
・オープン・クローズ戦略におけるクローズ部分は、日本が「強み」をもつ領域を分かるとさらに良い。	・本邦企業が保持している優位な技術領域について、2次事前評価説明資料への追記を検討する。
・標準化において SAE などでの活動は重要だが、その活動の中でいかに日本の標準が妥当で意味あるものであることを示すことがより重要である。体制面の話が中心となっており、具体的にどのように日本の標準化を世界標準化としていくかの方策がよくわからない。	・航空機推進系の電動化に係わる国際標準化については、25年に予定されている国内協議団体と協調して標準化を進める。以上の方針を2次事前評価説明資料へ追記する。
・超電導リニア Maglev の営業運転レベルの超電導における実用化技術の実績は世界的にリードしており、超電導推進航空機で外国よりも優位に進める外部環境として追記した方がよいと思われる。	・御指摘を踏まえ、2次事前評価説明資料への追記を検討する。
・世界の潮流（特に2大機体 OEM と3大エンジン OEM の戦略）を俯瞰し、SAF、電動化	・世界の技術動向を念頭に置いた取組の状況を説明資料に記載しているが、必要に応じ2次事前評価説

、水素活用、ハイブリッド、TP 機材やビジネスジェットから、大型機適用への挑戦、完全な新機材開発等の将来予想図が時系列で描けているか。その予想過程において省内外類似事業が適切に配置されているか、につき、書類上でもより詳細な説明があると望ましい。	明資料への追記を検討する。
---	----------------------

② 目標

問題点・改善点	対処方針・見解
・アウトプット目標の超電導研究開発において、効率目標値を記すべきである。これらの目標値が無ければ社会実装の計画も策定の根拠がないものになる。仮に目標未達であれば社会実装の計画に反映させて目標値を達成するための技術を織り込んだ計画を策定すべきである。	・御指摘を踏まえ、効率目標評価のための適切な指標を検討する。
・アウトカム欄の費用対効果は狭すぎか。取組事業の想定内容が決め打ちの計算も気になるが、もう少し面的な広がりを持つ検証をお願いしたい（燃費削減による経済的・社会的効果等）。	・燃費削減効果等の2次事前評価説明資料への追記を検討する。
・本事業の意義を鑑みるに、「システムインテグレーターとなりうる国内企業の育成」に対するアウトカム目標も含むことが望まれる。	・国内企業育成効果を評価する指標およびそのアウトカム目標の記載を検討する。

③ マネジメント

問題点・改善点	対処方針・見解
・研究開発計画の超電導研究開発において、開発で重要となる「システム設計」を記載すべきである（システム製作・評価のみになっている）。駆動時のインバータによるモータの超伝導線内の高調波損失やマイクロサージによる耐絶縁、低インダクタンスにおけるスイッチング制御、大容量化に伴う振動や冷却等を考えた設計が必要なため。	・指摘を踏まえ、システム設計についても研究開発計画に追記する。
・超電導においては、社会実装では設計や製造技術の開発が重要となるが、開発計画やこの資料の他の箇所にも記載が無い。	・製造技術の開発については、現時点では NEDO 事業の対象に含まれていないが、今後の開発のあり方について2次事前評価説明資料への追記を検討する。

・全超電導航空機に関しては事業化が不透明であるが、超電導リニアや電力用超電導発電機の開発実績のある総合電機メーカーや電線メーカーが積極的に参画できる仕組み（組合？）にし、中堅・若手のオールジャパンでプロジェクトを進めることで欧米中を凌駕し、世界における中核のシステムと将来日本の主要産業に航空機産業を目指すと思われる。	・技術的に強みを持つ事業者の関与が得られるよう、2次事前評価に向けて事業実施方法等を検討する。
・超電導においてシステム開発（実施者 A）と認証・安全性などを調査（実施者 B）が相互に連携した体制の図となっていない点が気になる。実施者 B の成果は実施者 A の開発と連携すべきものであり、その連携が体制図からは読み取りにくい。	・本事業においては、御指摘の通り、両実施者が連携して事業を進めていくことを想定している。2次事前評価説明資料においては、体制図にも明記する。
・進捗管理につき、現場確認と事業推進委員会が定期で開催するとのことだが、ここで何を評価し何をフィードバックしていくか、その回路図の明確化が望まれる。	・現場確認と事業推進委員会での報告・評価事項との関係について、2次事前評価説明資料への追記を検討する。

（参考）外部評価者の評価コメント

以下、外部評価者から入手した意見を記載する。

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・航空機用超電導システムについては、英国の H2GEAR や欧州の ASCEND 等で取り組まれているが、想定出力は 500kW 程度で、MW クラスを対象とする本プロジェクトの意義は大きいと考える。
- ・アウトカムのロードマップは妥当で、必要な取組は基本的に記されている。
- ・オープン・クローズ戦略と標準化戦略の組み合わせは、日本の航空機産業の「強み」を示す機会ととらえることができる。
- ・協議団体設置にて関連する知見を集め、標準化や知財戦略を戦略的に進めようとする姿勢を評価。機体とエンジン両方のパートナーや重電等が垣根なく共に活動する場として構築していたきたい（航空機業界に関わらず他産業への活用が見込まれる場合は異業種も含めて）。

【問題点・改善点】

- ・オープン・クローズ戦略におけるクローズ部分は、日本が「強み」をもつ領域を分かつとさらに良い。
- ・標準化において SAE などでの活動は重要だが、その活動の中でいかに日本の標準が妥当で意味あるものであることを示すことがより重要である。体制面の話が中心となっており、具体的にどのように日本の標準化を世界標準化としていくかの方策がよくわからない。
- ・超電導リニア Maglev の営業運転レベルの超電導における実用化技術の実績は世界的にリードしており、超電導推進航空機で外国よりも優位に進める外部環境として追記した方がよいと思われる。
- ・アウトカム達成に道筋において、官民の役割分担がわかるように書いた方がよい。また、何をどのように実施するかは明記されているが、「誰が」が不明である。
- ・特許は開発開始前に実施者や開発初期にプロジェクト内で特許創出検討会等を実施し、重要と思われる特許を必ず出願することを戦略に入れた方がよい。
- ・世界の潮流（特に 2 大機体 OEM と 3 大エンジン OEM の戦略）を俯瞰し、SAF、電動化、水素活用、ハイブリッド、TP 機材やビジネスジェットから、大型機適用への挑戦、完全な新機材開発等の将来予想図が時系列で描けているか。その予想過程において省内外類似事業が適切に配置されているか、につき、書類上でもより詳細な説明があると望ましい（対面での説明により、次世代航空機向けながらシステムレベルでの開発以前の要素技術開発である超電導技術開発を、本プロジェクトにより実施するものと伺い、その方向性自体は評価しうる）

② 目標

【肯定的意見】

- ・アウトカムの短期目標は定量的で分かりやすく良い。
- ・超電導のアウトプット目標は定量的、かつ野心的で良い。

【問題点・改善点】

- ・アウトプット目標の超電導研究開発において、効率目標値を記すべきである。これらの目標値が無ければ社会実装の計画も策定の根拠がないものになる。仮に目標未達であれば社会実装の計画に反映させて目標値を達成するための技術を織り込んだ計画を策定すべきである。
- ・アウトカム欄の費用対効果は狭すぎか。取組事業の想定内容が決め打ちの計算も気になるが、もう少し面的な広がりを持つ検証をお願いしたい（燃費削減による経済的・社会的効果等）。
- ・本事業の意義を鑑みるに、「システムインテグレーターとなりうる国内企業の育成」に対するアウトカム目標も含むことが望まれる。

③ マネジメント

【肯定的意見】

- ・体制とそれぞれの取組内容が明記されていて分かりやすい。
- ・受益者負担の考え方は妥当である。
- ・超電導システムの研究開発計画は体系的で良い。
- ・実施体制は明確に適切に書かれている。
- ・受益者負担の考え方は、企業に事業化の不透明さを考慮して書かれている。
- ・METI,NEDO 共にプロジェクトを責任をもって統括してマネジメントするというコミットについて評価。
- ・JADC など業界団体に協力を仰ぐことは重要。その他、JAEC や関連団体などはいかがか

【問題点・改善点】

- ・超電導においてシステム開発（実施者 A）と認証・安全性などを調査（実施者 B）が相互に連携した体制の図となっていない点が気になる。実施者 B の成果は実施者 A の開発と連携すべきものであり、その連携が体制図からは読み取りにくい。
- ・研究開発計画の超電導研究開発において、開発で重要となる「システム設計」を記載すべきである（システム製作・評価のみになっている）。駆動時のインバータによるモータの超伝導線内の高調波損失やマイクロサージによる耐絶縁、低インダクタンスにおけるスイッチング制御、大容量化に伴う振動や冷却等を考えた設計が必要なため。
- ・超電導においては、社会実装では設計や製造技術の開発が重要となるが、開発計画やこの資料の他の箇所にも記載が無い。
- ・全超電導航空機に関しては事業化が不透明であるが、超電導リニアや電力用超電導発電機の開発実績のある総合電機メーカーや電線メーカーが積極的に参画できる仕組み（組合？）にし、中堅・若手のオールジャパンでプロジェクトを進めることで欧米中を凌駕し、世界における中核のシステムと将来日本の主要産業に航空機産業を目指すとよいと思われる。
- ・進捗管理につき、現場確認と事業推進委員会が定期で開催するとのことだが、ここで何を評価し何をフィードバックしていくか、その回路図の明確化が望まれる。

省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた
技術開発事業
中間評価
評価報告書概要

2023 年 8 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発
機構
研究評価委員会

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」の中間評価報告書概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第74回研究評価委員会（2023年8月8日）に諮り、確定されたものの概要である。

2023年8月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

概 要

		最終更新日	2023 年 5 月 18 日	
プロジェクト名/METI 予算要求名称	省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業		プロジェクト番号	P21009
担当推進部/ P Mまたは担当者 及び METI 担当課	IoT 推進部/ 主査（PM）野村 重夫（2020 年 8 月～20**年**月） 主任 功刀 基（2021 年 5 月～2023 年 4 月） 主査 池田 光（2020 年 8 月～2021 年 8 月） 主査 高橋 晋（2020 年 8 月～2021 年 8 月） 専門調査員 須田 敬偉（2020 年 11 月～20**年**月） 主査 竹崎 宏（2021 年 2 月～2022 年 6 月） 主査 林 新之助（2022 年 6 月～20**年**月） 専門調査員 高島 晃（2021 年 4 月～20**年**月） 専門調査員 小早川 正之（2021 年 4 月～2021 年 8 月） 専門調査員 早崎 力（2021 年 5 月～2021 年 8 月） 専門調査員 北林 真二（2021 年 5 月～2021 年 8 月） 専門調査員 竹間 智（2023 年 4 月～20**年**月） 経済産業省 商務情報政策局 情報産業課			
0. 事業の概要	産業の IoT 化や電動化が進展し、それら機器の更なる省エネルギー化の重要性が高まる中、省エネルギー化の鍵になるエレクトロニクス技術（以下、「省エネエレクトロニクス技術」）に対して注目が集まっていた。上記技術の代表例としては、電子機器に搭載されて電力の制御を担うパワー半導体や、あらゆる半導体の製造で不可欠な半導体製造装置が挙げられ、これら製品は日本企業が競争力を保有してきた。しかしながら、パワー半導体においては、海外企業が市場シェアを拡大し、技術が先行する一方、日本企業の技術開発が遅れている。さらに、半導体製造装置では、主要顧客が海外へシフトしたため、顧客とのコミュニケーション・共同開発に障壁が生じ、日本企業のシェアも低下した。このような状況は、エレクトロニクス分野において我が国の強みが失われ、他国への依存度上昇とともに、経済安全保障上の問題に繋がる可能性もある。 本事業では、製品の性能向上による飛躍的な省エネルギー化及び低炭素社会の実現に加えて、我が国が強みを持ち、省エネルギー化の鍵となる製品について、安定的な供給を可能とするサプライチェーンを確保し、省エネエレクトロニクス製品の製造基盤を強化することを目指した。			
1. 事業のアウトカム（社会実装）達成までの道筋				
1.1 本事業の位置付け・意義	パワー半導体においては、海外企業が M&A で市場シェアを拡大し、ウェハ口径 300mm のシリコンパワー半導体が量産開始している一方、日本企業は未だ量産に着手出来ていなかった。また、最先端の半導体製造装置が無くとも製造可能なパワー半導体に対して各国が注目し、産業の IoT 化や電動化を牽引する市場としてパワー半導体の開発の強化を進め、半導体受託製造企業（ファウンドリ）によるパワー半導体の生産量が急速に拡大していた。さらに、半導体製造装置においては、数量が出るメモリ半導体やロジック半導体を製造する半導体企業が日本にほとんどいなくなり、半導体製造装置メーカーの主要顧客が海外の半導体企業へと大きく変化し、顧客とのコミュニケーション・共同開発に障壁が生じ、結果的に日本企業のシェアも低下した。 このような状況が続けば、省エネルギー化の鍵となる前述の製品について、国内で安定的な供給を確保することが困難になる可能性が出てくる。また、データ社会を支えるエレクトロニクス分野において、我が国の強みが失われることにより、他国への依存度が上昇するとともに、経済安全保障上の問題に繋がる可能性もあり、これらの課題に対して NEDO が積極的な取組を行うことは、省エネルギー化や我が国の産業競争力強化にとって極めて重要な意味を持つものである。			

1.2 アウトカム達成の道筋	プロジェクト終了後、2 年以内を目処に実用化、5 年以内を目処に事業化を目指す。 なお、確立した要素技術は、製品を試作して顧客評価を実施すること、要素技術の先行量産投入を進めるなど、部分的な実用化・事業化も積極的に推進する。
1.3 知的財産・標準化戦略	● 特許に関しては国際的視野に立って戦略的に主導権を取るべく、積極的に国内・海外ともに出願することを基本とする。 ● ただし、以下の場合、数々の成果技術について公開されることによるデメリットの方が大きいと判断し、戦略的に特許取得を見送り、ノウハウとして秘匿する場合がある。 ✓ 既に強力な基本特許を出願済みの技術領域 ✓ 事業開始前に重要要素技術に関する強力な特許網構築済みの技術領域 ✓ 製品を分解しても解明不能な技術に関する技術領域（材料・プロセス等） ✓ 半導体製造装置のコアパーツ ■ 互換性確保のため、各種デバイスやモジュールのインターフェース仕様について標準化を推進する。
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	■ 2030 年までに本事業で開発した技術の実用化率：30%以上（累計） 2027 年度までに実用化達成見込み。 ・プロトタイプを試作にて基本動作を確認済み。要素技術を一部実用化済み。 ・重ね合わせ精度向上、高精度アライメント計測、検査加工技術、低エネルギー大電流イオンビームによる表面改質、次世代不揮発性メモリ向け成膜、三次元積層関連の後工程用露光、直描露光機の高解像度化に関する技術開発が順調に進展。 ■ 本事業を通じて開発した高性能の省エネエレクトロニクス製品による CO₂ 削減量： 約 1440 万 t /年 @2035 年。 開発した技術を実用化・事業化することで達成見込み。
2.2 アウトプット目標及び達成状況	■ 研究開発目標①：新世代パワー半導体の開発 ①－1「酸化ガリウムパワー半導体の開発」 ・特定用途向け SBD デバイス・モジュールの基盤技術を確認し、特定用途向けの酸化ガリウムパワー半導体の開発及びモジュールの試作・評価を行い、実用化可能であることを実証する。 2024 年 3 月までに達成見込み。 ・SBD 試作評価、酸化ガリウムチップ搭載モジュール試作中。 ①－2「大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発」 ・大口径（300mm）シリコンパワー半導体に、自動最適化や故障予知など、極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体を開発する。 2024 年 3 月までに達成見込み。 ・300mm シリコンパワー半導体およびパワー半導体自己制御機能の基盤技術を構築中。 ■ 研究開発目標②：半導体製造装置の高度化に向けた技術開発 ・特定用途向け半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確認する。 2024 年 3 月までに達成見込み。 【スマート検査/スマート加工】 実デバイスでの単一パラメータの最適化の原理検証を完了、 3 種類の加工方式によるエッチング基礎特性データを取得完了 【表面改質装置】 改造試作機の性能確認し、新試作機的设计へフィードバック 【高精度アライメント計測】 新光学系を開発し、必要解像度の達成を確認 視認性を改善する長波長光源を開発し、評価完了 【不揮発性メモリ成膜装置】 新成膜チャンバーを開発し、目標膜特性の達成を確認

	【ウェハ貼り合わせ装置】 中間目標（ウェハ重ね合わせ精度）を 1 年前倒して達成 【ダイレクト露光装置】 実験機における基本的動作デバックを完了 【直描露光機の高解像度化】 光学系の設計完了、高精度ステージの処理基板開発完了 ■ 開発技術の実用化に向けた指標 事業期間中の特許出願： 国内特許出願 16 件以上。（最終目標） 競争領域のオープン戦略に則り、積極的な出願と研究発表・情報誌掲載を推進。（現状 14 件）							
3. マネジメント								
3.1 実施体制	経産省担当原課		商務情報政策局 情報産業課					
	プロジェクトリーダー		東京工業大学 工学院 角嶋 邦之 准教授					
	プロジェクトマネージャー		IoT 推進部 野村 重夫 主査					
	委託先 （助成事業の場合「助成先」とするなど適宜変更） （組合が委託先に含まれる場合は、その参加企業数及び参加企業名も記載）		研究開発項目①（5） 委託先：株式会社 FLOSFIA、国立大学法人九州大学（共同実施先：三菱電機株式会社、株式会社 SUMCO、再委託先：NPERC-J）、東芝データ&ストレージ株式会社、国立大学法人東京大学 研究開発項目②（9） 委託先：株式会社 日立製作所、日新イオン機器株式会社（再委託先：Nissin Ion Equipment USA）、株式会社 ニコン、キヤノンアネルバ株式会社、東京エレクトロン株式会社、株式会社 オーク製作所、株式会社 SCREEN セミコンダクターソリューションズ、再委託先：株式会社 SCREEN ホールディングス					
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（評価実施年度については予算額）を記載） （単位:百万円） （委託）・（助成）・（共同研究）のうち使用しない行は削除	主な実施事項	2021fy	2022fy	2023fy	2024fy	2025fy	総額	
	①新世代パワー半導体の開発 ①-1 酸化ガリウムパワー半導体の開発	400	200	180			780	
	①新世代パワー半導体の開発 ①-2 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発	487	550	448			1,485	
	②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発	1,007	2,062	1,888			4,957	
	成果取りまとめ							
	会計・勘定	2021fy	2022fy	2023fy	2024fy	2025fy	総額	

	一般会計							
	特別会計 (電 源・需 給 の 別)	1,831	2,652	2,516			6,998	
	開 発 成 果 促 進 財源	63	161				224	
	総 NEDO 負担 額	1,894	2,813	2,516			7,222	
	(委託)	1,894	2,813	2,516			7,222	
	(助成) : 助成率△/□							
	(共同研究) : 負担率△/□							
3.3 研究開発計画								
情 勢 変 化 へ の 対 応	- 国内外での動向・情勢把握の実施 ✓ 最新の研究動向の把握のため、実施者とのコミュニケーションだけでなく、NEDO 自らが国内外の学会・シンポジウム・展示会などに毎年度複数回参加 ✓ 最新の市場動向も把握のため、市場調査レポートを購入し毎年度の定点観測を行うだけでなく、2022 年度には外部機関を活用した調査を実施 - 適時、適切な計画変更 - 必要に応じて、柔軟に適切な計画変更を行い、研究開発を推進 ✓ 研究計画の前倒し、目標見直し、新たな研究開発項目の追加等、計画見直しを実施 ✓ 一部のテーマについては、開発期間を短縮して成果を前倒し、早期に実用化 - 機動的な加速資金の投入 - 状況の変化・開発の進捗などに対し、必要な加速資金を適切に投入し研究開発を加速							
	中 間 評 価 結 果 への対応	中間評価未実施のため						
	評 価 に 関 す る 事 項	事前評価	2020 年度実施 担当：経済産業省 商務情報政策局 情報産業課					
		中間評価	2023 年度 中間評価実施					
終了時評価		2026 年度 終了時評価実施予定						
別添								
投稿論文		「査読付き」7 件、「その他」0 件						
特 許		「出願済」20 件、「登録」0 件、「実施」0 件（うち国際出願 6 件） <2023 年度末見込み「出願済」36 件（うち国際出願 8 件）>						
その他の外部発表 (プレス発表等)		「学会発表・講演」9 件、「新聞等への掲載」2 件						

基本計画に関する事項	作成時期	2021 年 2 月 制定
	変更履歴	2022 年 2 月 改訂 (PL 名の記載、後工程における開発する技術範囲の明確化、誤植修正)

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準	各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋								
(1) 本事業の位置づけ・意義	A	A	A	B	A	A	A	2.9
(2) アウトカム達成までの道筋	B	A	B	B	A	B	A	2.4
(3) 知的財産・標準化戦略	A	B	B	B	B	B	B	2.1
2. 目標及び達成状況								
(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	A	B	B	A	A	A	2.6
(2) アウトプット目標及び達成状況	B	A	A	B	A	A	A	2.7
3. マネジメント								
(1) 実施体制	A	A	A	B	A	A	A	2.9
(2) 受益者負担の考え方	A	A	B	B	A	A	A	2.7
(3) 研究開発計画	A	A	A	B	A	A	A	2.9

《判定基準》
A：評価基準に適合し、非常に優れている。
B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価分科会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「（参考）分科会委員の評価コメント」に、各分科会委員の指摘事項を参考として列記している。

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本事業は、重要性が高まりつつあるパワーデバイス及び半導体製造装置など、高性能な省エネエレクトロニクス製品を実現する要素技術を開発することで、飛躍的な省エネルギー化を実現することを目的としており、極めて重要な事業である。また、国内外の動向を詳細に把握したうえで、我が国の半導体産業を巡る全体像を的確にとらえており、アウトカムに至るまでの道筋が明確に示され、目標達成に必要な取り組みが網羅されている。

一方で、酸化ガリウムのテーマは、ダイオードのみでなく、スイッチング素子の実用化も含めた事業化戦略についての検討や、また一部の装置開発のテーマでは、実用化された際の市場規模の妥当性や経済的合理性に関するさらなる検討を期待したい。また、業界標準となる技術を育てるには、研究開発の進捗に合わせて、材料、デバイス、装置の各企業が議論を重ね、アウトカム達成への道筋を常に見直すなども検討いただきたい。さらに、一部の装置開発のテーマについては、知財化戦略のさらなる推進を期待したい。

2. 目標及び達成状況

本事業で開発した技術が事業終了後5年経過時点での実用化達成率を30%以上と設定していることは、本プロジェクトの重要性や波及効果の大きさを鑑みても妥当な判断である。また、いずれの開発項目においても、そのアウトプットの間目標に適切な根拠が示されており、それらの進捗状況は順調であり、最終目標を達成できると想定される。さらに、外部環境の変化・社会的影響を踏まえてアウトプット目標を適切に変更しており評価できる。

一方で、アウトカムの指標としてのCO₂削減量の算出において、研究成果の波及効果の勘案ならびに算出方法の工夫をするなどして、より効果的に表してもらいたい。酸化ガリウムのテーマにおいては、他のパワーデバイスの量産効果やウエハ大口径化を比較対象としたコストや使用条件に応じた適切な判断指標の検討を期待したい。

3. マネジメント

各テーマでは、実施者間の連携を図るための運営会議やWGが効率的に運用され、進捗管理もなされるなど効果的に機能しており、さらにNEDOが全体を包括的に見渡した実施体制が構築されている。また、パワー半導体を国内で安定的に供給する事は経済安全保障の観点からも重要であり、事業化に向けて長期間の開発が必要なため、委託事業とすることは妥当である。さらに、国内外での技術開発動向・市場動向・情勢把握を行い、状況の変化・開発の進捗などに対し、フレキシブルな計画変更や機動的な加速資金投入を実施したことは評価に値する。

一方で、装置開発に対するサポートについては、課題、世界的なポジションを考慮しながら、必要に

応じて目標見直しなども検討いただきたい。さらに、海外のパワー半導体メーカーはウエハ 300mm 化などでは先行しており、今後も開発スピードアップに期待したい。

（参考）分科会委員の評価コメント

（１）意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・ 本事業は、拡大する半導体関連市場の中で日本が強みを有するパワーデバイスの材料とデバイス技術、半導体製造装置の研究開発を NEDO が委託元となって実施するものであり、その意義は極めて大きい。関連分野における国内外の動向が本事業の実施内容に適切に反映されていると認められる。
- ・ それぞれの研究開発項目におけるアウトカム達成までの道筋は概ね妥当であると認められる。
- ・ 研究開発項目の内容によって、複数機関の連携による実施体制あるいは単独機関による実施体制がとられており、オープン・クローズの設定が適切になされている。
- ・ 本事業は、その重要性が高まりつつある半導体技術の骨格をなすものであり、省エネルギー化の促進に強みを発揮すべき我が国にとって喫緊の技術開発に取り組むものである。その効果は多方面にわたり少なからず波及するものであり、まさに公的資金を投じて早期に開発するにふさわしいプロジェクトといえる。対象とする技術は半導体材料からデバイス、そして製造装置まで網羅されており、現実に応じた取り組みが戦略的に展開されている点を評価する。
- ・ 国内外の動向を詳細に把握したうえで我が国の半導体産業を巡る全体像を的確にとらえており、その対応策としての技術戦略が明確に位置づけられている。各開発項目のアウトプット目標が明確であり、かつそのマイルストーン設定の根拠も妥当である。アウトカムについても定量的な目標が設定されており、そこに至るまでの道筋や責任範囲が明確に規定され、目標達成に必要な取り組みが網羅されている。
- ・ オープン・クローズ戦略に即した判断基準は明確であり、競争優位性を確保するための妥当な戦略がなされている点を評価する。
- ・ 我が国が保有する高水準の要素技術を活用し、より高性能な省エネエレクトロニクス製品を開発することで飛躍的な省エネルギー化を実現すること、サプライチェーンを確保することは極めて重要である。外部環境が変化しても、その重要性は変わらないと考える。
- ・ 酸化ガリウム半導体については、SBD の量産までの道筋が示されている。大口径インテリジェントパワー半導体については、要素技術の先行量産投入から新世代 IGBT の量産化まで検討がなされている。半導体製造装置の高度化については、種々の製造装置について実用化の道筋が時間軸を含めて明確に示されている。概ね、アウトカム達成までの道筋は明確に示されている。
- ・ オープン・クローズ戦略は、各事業者ともに概ね適切に設定されている。各種デバイスやモジュール仕様について標準化を推進する戦略は妥当である。知的財産についても、国内・海外ともに積極的に出願することを基本とする戦略は妥当である。
- ・ 国家的施策としての位置付けがはっきりしている半導体関連の技術開発の重要性は明確であり、その目的・目標設定は妥当である。
- ・ 研究テーマ毎にばらつきは感じられるが、アウトカムまでの達成の道筋は概ね妥当である。
- ・ パワーデバイス開発に係わる研究テーマと装置開発に係わる研究テーマとでは自ずと知財・標準化戦略に隔たりが生じることは自明であるため統一的な判断は難しいが、事業開始前に既に特許化しているバックグラウンド特許もある事を念頭に、事業全体を通じて現在の知財・標準化戦略は概ね

妥当である。

- ・ パワー半導体市場シェアで日系は近年シェア低下が見受けられる。半導体製造装置では、主要顧客が海外企業のため、顧客とのコミュニケーション・共同開発に障壁が生じている事が原因である。国内でのパワー半導体メーカーの技術力低下に歯止めをかける事に繋がる案件であると考ええる。
- ・ パワー半導体では海外メーカーが M&A で市場シェアを拡大し、300mm のシリコンパワー半導体量産はすでに開始している。日本メーカーはこの後れを取り戻すことは企業努力だけでは追いつけなくなっていた。また、製造装置でもシェア低下傾向に歯止めをかけるためのプロジェクトが提案されており、日本の車載メーカーから海外メーカーへの展開も視野に入っている。
- ・ 各社のオープン&クローズ戦略から考えた特許戦略が描かれており問題ない。
- ・ 本事業の意義を満たすため、外部環境の変化に対応して研究目標を追加している。
- ・ アウトカムまでの道筋は明確になっている。
- ・ 戦略は明確になっている。
- ・ 社会と産業から求められる課題を的確に反映した目標設定となっている。
- ・ 省エネに資するデバイス開発に加えて製造装置の競争力強化への支援も行っており、外部環境の変化にタイムリーに対応できている。
- ・ 殆どの実施課題において知財化並びに事業化戦略は良好である。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 研究開発成果の社会実装によって達成される波及効果をより多角的に示す上での工夫の余地があると考えられる。
- ・ 本事業により創出される省エネルギー エレクトロニクス技術が確固たる産業として発展するためには、それを支えるサプライチェーンも健全に発展しなければならない。高付加価値技術がもたらす利益が、末端のサプライチェーンにまで早期にトリクルダウンするための制度設計がなされることも期待したい。
- ・ 特許出願の判断にあたっては、それがオープン・クローズ戦略に即した判断基準に整合するものであることを確認するための定量的な共通の指標を設けられることが望ましいと考える。
- ・ 海外への広報、海外のステークホルダーへの情報発信についてはより積極的な取り組みがあると望ましい。
- ・ 既に強力な基本特許を出願済みの技術領域であっても、本事業の成果を積極的に知財化していくことが望ましい。
- ・ 個々の研究テーマを細かく見ていくと、本事業の位置付けに沿って適切に研究開発が進んでいるかどうか疑問な点が見られた。酸化ガリウムの研究テーマでは、本事業の開発対象となっているダイオードのみでなく、スイッチング素子の実用化も含めた事業化戦略が描かれていないのでリアティが感じられず、改善を期待したい。また装置開発のテーマでは、実用化された際の市場規模の妥当性や経済的合理性に関する検討が不十分と思われるテーマもあり、今後も継続したデマンド調査を実施するとともに、必要に応じてその結果を反映した研究計画の見直し等の検討を強く期待する。
- ・ 特に装置開発に係わる研究テーマにおいて、積極的に知財化しているテーマと、そうでないテーマ

と二極化している印象が強かった。特に、本事業内での特許化が進められていない研究テーマにおいて、事業開始前にバックグラウンド特許を取得済みである、等の情報が事前にすべて提示されているわけではなかったので判断に迷う研究テーマも見受けられた。限られた質疑の時間内でそれらを確認することは困難であるため、単に取得した特許の件数をリスト化するだけでなく、個別テーマ毎の特許戦略を説明する資料を準備するような運営管理方針の改善を期待したい。

- ・ 既に海外のパワー半導体メーカーは 300mm 化などでは先行しているので、出来るだけ早いキャッチアップが必要であり、スケジュールの前倒しを行うぐらいのスピード感が必要である。
- ・ 標準化戦略は各社あまり考えられていないように受け取れる。少なくとも日本企業が海外市場に出るための標準化は話し合われるべきと考える。
- ・ 本事業内での CO₂ 削減効果の考え方を、ある程度提示し、テーマ間での統一感を出した方が良い。
- ・ 業界の標準的な技術に育てるには、世界のトップグループになることが重要。そのためには、一部の顧客の要望に沿ったアウトカムの検討だけでなく、研究開発に進捗に合わせて、デバイス、装置、材料の各企業が一緒になって、競合技術に勝つための議論が重要。その上でアウトカム道筋を常に見直して欲しい。
- ・ 基本特許を押さえる戦略を、標準化の評価に加えて欲しい。

(2) 目標及び達成状況

【肯定的意見】

- ・ 本事業における研究開発が成功した場合には、国費投入額に対して十分なアウトカムが見込まれる。
- ・ 本事業における各研究開発項目において、概ね順調もしくは予想以上の進捗が得られており、当初に設定された中間目標が達成済みもしくは達成見込みとなっている。
- ・ 事業終了後 5 年経過時点での実用化達成率を 30% という高い値に設定していることは、本プロジェクトの重要性や波及効果の大きさを鑑みても妥当な判断である。アウトカム目標達成に結びつく実績が着実に積みあがってきていることは、当該研究開発の実効性を裏付けるものである。
- ・ いずれの開発項目においても、そのアウトプットの中間目標として適切な根拠が示されており、その進捗状況は最終的な目標値に外挿し得るものである。アウトプット目標の早期達成に向けて、実情に即した適切な計画変更が実施されていることは、マネジメントとしての適切な配慮である。具体的には、技術動向の変化を早期に見出して追加公募を実施した点、市場ニーズに対して敏感に研究計画の見直しを行った点、そして、顕在化した顧客ニーズに基づいた優先度の見直しを実施した点を評価する。
- ・ 本事業で開発した技術の実用化率を 30% 以上と設定していることは妥当である。一部のテーマで要素技術の先行した実用化が行われるなど順調に進んでいる。CO₂ 削減効果は、算出の根拠が示されており、妥当で達成可能と思われる。
- ・ 外部環境の変化・社会的影響を踏まえてアウトプット指標・目標値を適切に変更している。また、本事業内で追加公募を行い、外部環境変化や社会的影響を踏まえた適切な運営を行っている。本事業のアウトプット目標は達成が見込まれており、その実現は日本経済や国際競争力に優れた効果を与えると期待できる。新世代パワー半導体、次世代不揮発性メモリ用の成膜装置、高精度アライメント用の露光周辺装置、新材料のドライエッチング装置、三次元積層用装置などはいずれも基盤技術と

して重要であり、知財化も概ね着実に行われている。

- ・ 装置開発に係わる研究テーマにおいては、将来的なユーザ候補サイドからの要求仕様をヒアリングした結果をアウトカム目標に設定しており、判断基準の明確性も含めて概ね妥当なアウトカム目標設定となっている。
- ・ シリコンパワーデバイス半導体の開発では、一部計画前倒しで研究が進んでいるなど、事業全体としても概ね順調に研究が進捗している。
- ・ 2030 年までに本事業で開発した技術の実用化率を 30%以上と定めており数値的な目標が定められている。どの案件もほぼ経過通りかそれ以上の達成度合いと見受けられる。
- ・ 研究開発目標①：新世代パワー半導体の開発での酸化ガリウムパワー半導体の開発、大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発は計画通りで目標に対しても達成している。②：半導体製造装置の高度化に向けた技術開発では不揮発性メモリ成膜装置、ウエハ貼り合わせ装置、ダイレクト露光装置、直描露光機の高解像度化など重要な技術開発が順調に行われている。
- ・ 全てのテーマで、目標を達成している。
- ・ 日本の競争力強化に向けて、素材からデバイス、さらには製造装置分野へと順次適切な課題と、妥当な目標設定を行っている。
- ・ 多くの実施課題で研究開発が順調に進展しており、知財活動や成果発信も良好に進んでいる。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ アウトカムの指標としての CO₂ 削減量の算出において、研究成果の波及効果の勘案ならびに算出方法の統一の点での工夫をするなどして、より効果的に期待されるアウトカムを表してもらいたい。
- ・ 競合機関に対する優位性もしくは本事業での開発技術の有効性をより明確に示す取り組みを今後に期待する。
- ・ 技術の実用化率については評価・判断が難しい。
- ・ 酸化ガリウムのテーマについて、社会実装が進むことによる量産効果やウエハ大口径化(8 インチ化)が目前に迫っている他のパワーデバイスを比較対象とした際の見積が甘いという印象が強い。また、チップ単価を評価する際にチップ面積を指標としているが、半導体材料毎に最適な電流密度が存在することを想定すると定格電流を指標にすべきではないか。適切な判断指標を採用した上でアウトカム目標を再設定する事を期待する。特に装置開発に係わる研究テーマにおいて、CO₂ 削減量をアウトカム目標とすることには疑問を感じざるを得ない。装置稼働時に排出する CO₂ 量を対象としているのか、装置により生み出されるデバイスが CO₂ 削減に貢献する部分も含めるのかなど、検討基準を予めしっかりと NEDO から提示すべきである。
- ・ 酸化ガリウムのテーマについて、真に事業化を実現するために必要なアウトプット目標を設定することを期待する。
- ・ 本事業を通じて開発した省エネエレクトロニクス製品による CO₂ 削減量を約 1440 万 t /年 @2035 年と定めているが、各社計算の定義がバラバラで無理やり出したような感じがある。
- ・ 最終目標に対してのロードマップは描かれているが、途中での開発達成度を定量的に見られる工夫を各案件でお願いしたい。
- ・ 採択後の実施期間が短い一部の課題では、特許出願等の成果指標がまだ表れていない。

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- ・ 当該分野で豊富な知見を有するプロジェクトマネージャとプロジェクトリーダーのもと、適切な実施者・体制により事業が行われている。状況に応じた実施内容の追加や研究加速も行われている。
- ・ チャレンジングかつ事業化に向けて長期間の実施期間が必要な研究開発が行われており、また早期に成果が得られた項目は部分的に事業化展開として切り離すといった対応がなされており、委託事業として継続することが適切と考えられる。
- ・ 状況に応じて研究開発項目の追加や、実施期間が長いものに関しては期間中においても部分的に事業化の展開が行われるなど、内容が適宜に見直されつつ実施されている。
- ・ 個別事業の採択にあたっては、予算や計画、そしてユーザーニーズの把握など、客観的に見ても適正なプロセスを経て実施者が選定されている。特に、その審査過程においては研究者の実績や将来性も加味した評価が行われている点は高く評価できる。実施体制の構築にあたっては、その責任範囲が明確に規定されており、実施者間の連携を図るための運営会議や WG、そして技術議論が効果的に機能したことがわかる。特に、実施体制の一部ではユーザーアドバイザリーボードも設けられており、実用に即してその開発の方向性が修正されたことを評価する。このような広い分野にわたる開発を連携して進めるうえでは、全体を包括的に見渡した実施体制が必要であり、NEDO が実施する意義は十分にあったことを認める。
- ・ 委託事業として進められてきたそれぞれの開発項目において、明確な波及効果やその副次的効果を伴った成果が得られていることを鑑みても、委託事業として継続するメリットは少なからず有と考えられる。
- ・ 市場動向や技術動向の的確かつ迅速な見極めにより、フレキシブルな計画変更や機動的な加速資金投入を実施したことで、ここまでの成果を導いたことは評価に値する。この結果を見ても、これまで実施してきたマネジメント体制は健全に機能してきたといえる。
- ・ プロジェクトマネージャとプロジェクトリーダーを配し、PL によるサイトビジットと技術アドバイスを行うなど、実施体制は適切であり、効率的に運用され、進捗管理もなされている。各実施者において、実施体制は適切であり、技術討論会や Web 会議を定期的の実施することで実施者間での連携も図られている。研究発表などを通して、研究者による適切な情報開示もなされており、今後も適切な時期にさらなる開示もなされると期待できる。
- ・ パワー半導体を国内で安定に供給し、経済安全保障の観点からも、本事業のような挑戦的な課題については委託率 100%で継続することは概ね問題は無い。
- ・ 実施者とのコミュニケーションに加え、NEDO が国内外の学会・シンポジウム・展示会に参加するなど、外部環境の変化を継続的に捉えている。また、市場ニーズの変化にも対応し、計画を変更するなど研究開発計画の見直しは適切になされている。
- ・ 本事業における研究開発実施者、研究成果を事業として展開する企業など、事業化に向けた当事者が研究体制に含まれており、実施体制としては概ね妥当である。
- ・ パワーデバイス開発に係わる研究テーマにおいては、その実用化に向けた見通しが困難なテーマであるため、委託事業とすることについては妥当である。
- ・ 大学、企業、NEDO などの実施体制は問題ない。

- ・ 今回の案件は事業化までの期間は 5 年程度と長くは無いが、半導体技術確保やシェア拡大に繋がるものです。委託事業として継続する事は適切と考える。
- ・ 国内外での技術開発動向・市場動向・情勢把握を行っている。一部のテーマについては、開発期間を短縮して成果を前倒し、早期に実用化する予定。状況の変化・開発の進捗などに対し、必要な加速資金を適切に投入し研究開発を加速している。
- ・ 変化に対応してよくマネジメントされている
- ・ 外部環境の変化にも対応して、研究開発の計画はよく練られている。
- ・ 執行機関は課題審査や管理体制強化の観点から適切に機能しており、事業の進捗管理の面でも評価できる。
- ・ 事業化のリスクと予想される開発期間を考慮して、委託事業として支援すべき課題を適切に選定している。
- ・ 執行機関は実施者の進捗情報を把握できる管理体制を構築し、PL 他への支援を適切に行っている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 目標達成の確度向上、計画遅延に対するリスク低減のためにも、ユーザーアドバイザリーボードや運営会議など有効なマネジメント手法は異なる研究開発項目間でも共有され、水平展開されることを望む。
- ・ 開発促進財源が追加投入され、計画に対して前倒しで目標を達成した開発項目に対しては、事業として自立的な発展を促すうえでも、委託事業の発展的終了を検討しても良いと考える。
- ・ 強力な基本特許を有する技術の開発においては、より挑戦的な課題への展開を促すことも場合によっては検討しても良い。
- ・ 装置開発に係わる研究テーマについては、そのすべてを 100%委託にする事については疑問が残る。研究テーマによって、実用化に向けた難易度が異なっていることと、開発開始時点で顧客の想定ができていたような装置開発については補助事業として実施すべきであった。その場合、すべて一律の補助率ではなく、先の実用化に向けた難易度を勘案してテーマ毎に補助率を変えるような仕組みを考えるべきである。
- ・ 既に海外のパワー半導体メーカーは 300mm 化などでは先行しているので、出来るだけ早いキャッチアップが必要であり、スケジュールの前倒しを行うぐらいのスピード感が必要である。
- ・ 今後の案件では出来るだけ海外企業を入れる事でアウトカムの獲得や開発スピードアップの可能性が高まるのではないか。
- ・ 外部環境の変化に対応する場合、必要リソースの確保についても相互に評価して欲しい。

審議経過

● 分科会（2023年6月20日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

● 第74回研究評価委員会（2023年8月8日）

「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」

中間評価分科会委員名簿

(2023年6月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	つちだ ひでかず 土田 秀一	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 材料科学研究部門 研究推進マネージャー 副研究参事
分科会長 代理	ながさわ ひろゆき 長澤 弘幸	株式会社C U S I C 代表取締役
委員	うちだ けん 内田 建	東京大学 大学院 工学系研究科 マテリアル工学専攻 教授
	たなか やすのり 田中 保宣	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクス研究センター 研究センター長
	みなみかわ あきら 南川 明	インフォーマインテリジェンス合同会社 C&Dコンサルティンググループ シニアコンサルティングディレクター
	わたなべ きよし 渡部 潔	一般社団法人 日本半導体製造装置協会 専務理事
	わたなべ へいじ 渡部 平司	大阪大学 大学院工学研究科 教授

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2023年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと ま ゆ み 松本 真由美	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

水素社会構築技術開発事業／Ⅰ・Ⅲ
中間評価
評価報告書概要

2023 年 8 月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発
機構
研究評価委員会

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「水素社会構築技術開発事業／Ⅰ・Ⅲ」の中間評価報告書概要であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「水素社会構築技術開発事業／Ⅰ・Ⅲ」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第74回研究評価委員会（2023年8月8日）に諮り、確定されたものの概要である。

2023年8月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

事業原簿

作成：2023年6月12日

上位施策等の名称	水素基本戦略(2023年6月6日 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議) 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2021年6月18日) 成長戦略実行計画(2021年6月18日閣議決定) エネルギー基本計画(2021年10月22日閣議決定)	
事業名称	NEDO プロジェクト名 水素社会構築技術開発事業 研究開発項目Ⅰ：水素エネルギーシステム技術開発 研究開発項目Ⅲ：地域水素利活用技術開発 METI 予算要求名称 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(研究開発項目Ⅰ) 産業活動等の抜本的な脱炭素化に向けた水素社会モデル構築実証事業(研究開発項目Ⅲ)	PJコード:P14026
担当推進部/ PMgrまたは 担当者 及び METI 担 当課	【PMgr】 新エネルギー部 大平英二(2014.4.1～2018.3.31) 次世代電池・水素部 大平英二(2018.4.1～2021.3.31) スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 大平英二(2021.4.1～) 【METI 担当課】 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギーシステム課 水素・燃料電池戦略室	
事業概要	発電分野等における水素の利活用の抜本的な拡大に向け、2030年頃に世界に先駆け本格的な水素サプライチェーンを構築するとともに、エネルギー供給システムの柔軟性を確立し、エネルギーセキュリティの確保に貢献することを目的に、再生可能エネルギー由来の電力による水素製造・輸送・貯蔵及び利用技術を組み合わせたエネルギーシステムの開発を実施する。 また、地域における資源を活用して製造し、周辺地域で利活用するモデルの調査、技術開発を実施し、水素社会モデルの構築を行う。	
意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋	(1)本事業の位置づけ・意義 水素を日常の生活や産業活動で利活用する「水素社会」を実現するためには、水素の製造・貯蔵・輸送、利用まで一貫通貫したサプライチェーンを構築することが重要である。 上流側の取組：水素製造技術(Power to Gas)については再エネ導入量拡大を背景に、欧州で多くの実証が行われ、近年ではウクライナ侵攻によって天然ガスの代替燃料としての水素普及が最も切迫感ある形で進む国・地域となっている。また、世界の水電解装置メーカーの競争は激化し、多くの企業が商用化に乗り出しシェアを広げつつあり、こうした状況の中、国内においては、部材性能・耐久性向上、装置の規模拡大、生産能力の向上、新規水電解技術の開発等を進め、我が国の技術・製品を国内外の市場に普及させ、日本企業の産業競争力の強化に繋げることが重要である。 下流側の取組：水素コストは化石燃料等の従来のエネルギーに比べて高価であるため、産業分野等における水素の利活用はごく一部に留まっている。しかしながら、再エネが出力制御される局面においては余剰電力価格が安いことや、オンサイトで製造した水素を工場において熱として利活用する形態が競争力を発揮する領域もあり、輸入水素も含めた将来的な水素コストの低減に備え水素利活用のモデル地域を構築し、国際競争を勝ち抜くための基盤技術の開発が重要である。	

	(2)アウトカム達成までの道筋 ■研究開発項目Ⅰ：水素エネルギーシステム技術開発 (アウトプット目標の達成) 再エネ由来の電力による水素製造、輸送・貯蔵及び利用技術を組み合わせたエネルギーシステムについて、社会に実装するためのモデルを確立する。 ↓ GI 基金事業等を通じて、 ① さらに高効率、低コストとなる技術開発を達成 ② 社会実装の実証事業を計画・実施し、耐久性の確認および経済性の見通しを得る。 ↓ (アウトカム目標の達成) 2030 年頃には世界に先駆け本格的な水素サプライチェーンを構築するとともに、エネルギー供給システムの柔軟性を確立し、エネルギーセキュリティの確保に貢献する。 ■研究開発項目Ⅲ：地域水素利活用技術開発 (アウトプット目標の達成) 将来の自立した水素社会実現に向けて、水素の利活用拡大のみならず、新たな地域産業創出等に資するものとして、産業等の様々な分野において水素を地域で統合的に利活用する技術を確立する。 ↓ ① 電化による脱炭素が困難な業務・産業等の様々な分野における水素利活用自立化 ② それぞれの地域に応じた水素利活用モデルの実現 ③ ①②の成果を他地域・業界内等へ展開 ↓ アウトカム目標の達成(内容は研究開発項目Ⅰと同様) (3)知的財産・標準化戦略 ■研究開発項目Ⅰ：水素エネルギーシステム技術開発 【知財戦略】 日本版バイ・ドール規定(産業技術力強化法第 19 条)の適用により、知的財産権は委託先に帰属。各事業、事業者の知財戦略に基づき特許出願を実施。 【標準化戦略】 研究開発項目Ⅰでの成果を GI 基金事業「再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造」に展開しており、当 GI 事業に参画する事業者にて、標準化戦略に関する今後の対応について協議を開始。
目標及び達成状況	(1) アウトカム目標及び達成見込み 【目標】 2030 年頃には世界に先駆け本格的な水素サプライチェーンを構築するとともに、エネルギー供給システムの柔軟性を確立し、エネルギーセキュリティの確保に貢献する。 【達成見込み】 ➤ 福島県浪江町や山梨県米倉山における Power to Gas での実績・成果を経て、GI 基金事業等へ展開することで、更なる高効率・低コスト化、耐久性向上の取り組みを進めている。

	➤ 水素製造・輸送・貯蔵・供給を含めた、統合的なエネルギーシステムモデルについて、それぞれの業種・地域等の状況に応じた多様な FS 調査・助成事業を実施しており、これら成果により水素利活用のモデルの実現・自立化、地域・業界内への展開が期待される。 ➤ 現時点において、個別事業は概ね計画通り進捗しており、アウトプット目標の達成、実用化が着実に進むことで、アウトカム目標の達成が見込まれる。 (2) アウトプット目標及び達成状況 ■研究開発項目Ⅰ：水素エネルギーシステム技術開発 【目標】 再エネ由来の電力による水素製造、輸送・貯蔵及び利用技術を組み合わせたエネルギーシステムについて、社会に実装するためのモデルを確立する。 【達成状況】 (福島県浪江町の事業) 水素需要を満たし、かつ調整力を提供するという2つの収益源を得るモデルを確立。調整力二次①についても制御システムとしては達成出来たため、現時点では大幅達成と評価。 (山梨県米倉山の事業) 水素の製造から利用までの一貫した実証を貫徹し、目標の効率を達成。本事業の成果、確立したモデルを「地域水素利活用技術開発」等の事業へ展開しており、大幅達成と評価。 ■研究開発項目Ⅲ：地域水素利活用技術開発 【目標】 将来の自立した水素社会実現に向けて、水素の利活用拡大のみならず、新たな地域産業創出等に資するものとして、産業等の様々な分野において水素を地域で統合的に利活用する技術を確立する。 【達成状況】 (助成事業) ➤ 産業部門を中心に、それぞれ業種・地域の状況に応じた多様な水素利活用先について事業を実施。 ➤ 一部でコロナ、ウクライナ情勢等による納入遅れがあり、その他情勢変化等も踏まえ若干の軌道修正はしつつも、概ね計画通りに進捗。 (調査事業) ➤ 水素製造・輸送・貯蔵・供給を含めた、統合的なエネルギーシステムモデルの実現可能性について、それぞれの業種・地域等の状況に応じた多様な調査を実施。 ➤ FS にて、実証・実装の見込みが得られた案件は3月より開始している助成事業の公募へ応募。
マネジメント	(1)実施体制 【NEDO が実施する意義】 将来的な再エネを活用した水素製造(Power to Gas)技術は未だ多くの要素技術が研究開発段階にあり、再生可能エネルギーの導入拡大や系統制約の状況に事業性が大きく左右される。また、水素利活用については、前例の無い社会実証を行うものであり、長期かつ高リスクの投資となるため民間のみでは成り立たない。

本事業は、水素社会の実現に向けて必要不可欠な技術等を確立するための中核的事业であり、我が国のエネルギー政策に大きな変革を与え得る取組であることから、NEDO が実施する必要がある。

【個別事業の採択プロセス】

■研究開発項目Ⅲ：地域水素利活用技術開発

【2021 年度採択】

社会実装モデルを効率的に促進していくため、水素製造・利活用のポテンシャル調査、FS 調査、実証事業を幅広く採択。採択では以下の審査項目を重視。

- ① 地域性を踏まえた新規性のある提案となっているか
- ② 他地域への展開可能性を有するか
- ③ 成果の実用化が見込まれるか
- ④ 水素需要創出や温室効果ガス削減効果が見込まれるか

【2022 年度採択】

実証・実装を経てより実現性の高いモデルを構築すべく、調査事業において、以下の観点を審査項目に追加。

- ① 実証・実装を見据えているか
- ② 具体的な水素の調達・供給方法および利活用先が想定されているか

【2023 年度採択】

2022 年度末で終了する調査委託事業が多数あり、実証・実装の見込みが得られた案件は、3 月からの公募(助成事業)へ応募。

(2)受益者負担の考え方

	研究開発項目Ⅰ	研究開発項目Ⅲ
事業期間	2014～2025 年度	2021～2025 年度
契約等種別	委託	委託 助成(助成率 2/3 または 1/2)
勘定区分	エネルギー需給勘定	

[単位:百万円]

	～2020 年度	2021 年度	2022 年度	左記 合計	2023～2025 年度(予定)
予算額	22,877	5,959	6,312	35,148	20,500
執行額	22,877	5,959	6,312	35,148	—

(3)研究開発計画

【進捗管理】

➤ ステージゲート審査

各事業の GO/NO、GO 判定、事業進捗の評価、計画への助言等について、外部有識者により議論・審議。研究開発項目Ⅲでは、中間目標の設定状況、採択時の附帯条件等に応じて、実施時期を事業毎に設定。

➤ 有識者委員会等(主に研究開発項目Ⅲの調査事業)

それぞれの業種・地域等の状況に応じた多様なエネルギーシステムモデルを検討するために、各分野の専門家を外部有識者として選任し、検討の方向性、調査の進め方、モデルの妥当性・実現可能性等について議論・審議(頻度は事業毎に設定)。

※上記以外に、NEDO の事業担当による進捗状況確認を適宜実施

	【研究開発成果普及に係る活動実績】 ➤ FH2R 視察 国内外の業界団体、政府関係者、学生や地元市民をはじめとした一般の方等による施設視察を積極的に受入れ(2022 年度実績:事業者等と協力して約 360 件対応(その内、NEDO が自ら対応したのは約 110 件))。加えて、NEDO HP や新聞掲載等を活用し、視察の様子等の発信を行った。 ➤ NEDO 水素・燃料電池成果報告会 各事業の実施状況・成果等を広く一般に公開することで技術上・産業上の有効性の理解向上を図り、当該技術の更なる普及発展を促進することを目的に実施。2022 年度はコロナの状況を踏まえ web にて開催し、2000 名を超える聴講者が出席。2023 年度は 7 月にハイブリッド開催(会場参加またはオンライン視聴)にて実施する。
評価の実績・予定	【実績】研究開発項目 I (中間評価)制度評価分科会:2017 年 11 月 27 日 (中間評価)制度評価分科会:2021 年 11 月 26 日 【予定】研究開発項目 I・Ⅲ (事後評価)制度評価分科会:2026 年度

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準	各委員の評価					評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋						
(1) 本事業の位置づけ・意義	A	A	A	A	A	3.0
(2) アウトカム達成までの道筋	A	B	A	A	A	2.8
(3) 知的財産・標準化戦略	B	B	B	A	B	2.2
2. 目標及び達成状況						
(1) アウトカム目標及び達成見込み	A	A	B	B	A	2.6
(2) アウトプット目標及び達成状況	A	A	B	A	A	2.8
3. マネジメント						
(1) 実施体制	A	A	A	A	A	3.0
(2) 受益者負担の考え方	A	B	A	A	A	2.8
(3) 研究開発計画	A	B	A	A	B	2.6

《判定基準》
A：評価基準に適合し、非常に優れている。
B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価分科会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「（参考）分科会委員の評価コメント」に、各分科会委員の指摘事項を参考として列記している。

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本事業は、水素基本戦略、水素・燃料電池戦略ロードマップ及びグリーン成長戦略に沿って実施されており、政策・施策における位置づけは明確で、外部環境が著しく変化している中、価値の高いフラッグシップモデルとして脱炭素化目標達成に向けた水素に関する技術開発と需要創出の意義に照らした事業になっていると評価できる。

アウトカム達成までの道筋においては、水素基本戦略が改訂されて目標値が高まったが、将来像の実現に向けた方向性は変わることなく、設定された2030年、2040年、2050年目標に対応した道筋としてNEDOの他事業との関係、連携が整理されている。また、自立化を見据えた取り組み及び地方自治体等に対してP2G※サプライチェーンの具体的なモデルなど普及のための方策が適切に示されている。

知的財産・標準化戦略に関しては、特許の出願やGI基金事業等との連携に基づいた標準化の取り組みがなされており、実用化及び事業化の側面から、適切に知財戦略を策定し、推進されていると判断できる。

今後、アウトカム達成までの道筋においては、海外、特に欧州を中心に水素活用の動きが加速しており、NEDOとして情報収集や海外機関等との連携などが引き続き求められる。また、標準化すべき項目においては、見落としや、海外に劣後することのないように、注意深く取り組んでいただくことを期待する。

（注）P2G：Power to Gas

2. 目標及び達成状況

アウトカム目標及び目標値は、昨今の世界情勢もあり、水素を取り巻く状況が大きく変化している中、現在の状況を見据えた明確なものであり、達成の見込みは妥当である。また、本事業では地域における水素利活用モデル実現も対象としていることから、アウトカムが実現した場合の波及効果は優れていると期待される。

アウトプット目標及び達成状況に関しては、目標値を適切に見直し、中間目標をほぼ全てのプロジェクトで達成している。特に研究開発項目Ⅰの水素エネルギーシステム技術開発では大幅達成となっており、事業者の取組と合わせて、NEDOのマネジメントによるところも大きく、高く評価できる。

一方、アウトカム目標達成に向け残された課題に関し、その実現に向けた対応と、更なる外部環境変化の可能性も想定される分野であることから、必要に応じて目標値の見直しが求められる。

残された事業期間においては、需要を喚起する事業を将来どのように水平展開するかが課題であることから、本実証事業そのもののシームレスな実装移行はもちろんのこと、全国に先駆けてのモデルケースとして、今後各地で立ち上がる拠点整備事業へのノウハウ、情報提供、オープン・クローズ戦略

及び実用化・事業化の計画に基づいた更なる特許出願が期待される。

3. マネジメント

実施体制については、本分野におけるこれまでの知見や実績からも、執行機関として NEDO が実施すべき事業であり、ステークホルダーも多く存在する中、それらの関係も整理したうえで、経済産業省資源エネルギー庁との十分な連携の下、事業を執行している。また、実施者の技術力は高く、実用化を目指した体制、適切な採択プロセスが実施され、研究データの利活用はオープン・クローズ戦略に沿っており、研究インテグリティも確保されていることから、適切なマネジメントが行われていると認められる。

受益者負担については、研究開発項目Ⅰは新規のインフラ構築事業の側面が大きく、民間企業では事業化の成否判断が困難な状況であり、またエネルギーセキュリティの観点から、海外での動向の影響を強く受ける性質があることから、委託事業として実施していることは適切である。また、研究開発項目Ⅲの地域水素利活用技術開発について、調査委託を実施し、得られた成果を活かしながら、助成事業に展開していることも適切である。

研究開発計画は必要な要素技術、連携及びスケジュールが適切に管理され、ステージゲートを柔軟に設定し、テーマの継続・中止を判断する要件・指標が明確にされており、必要に応じて見直しされている。

今後は、更に海外勢の技術開発速度が速まることが予想されることから、情勢変化等に合わせながら、研究開発項目ごとに、成果の最大化に向け、委託と助成事業とを適切に設定し、実施することが求められる。また、他事業との連携も含めて、情報ノウハウを共有しながら、一層の適切かつ効率的なマネジメントを実施していただくことを期待する。

（参考）分科会委員の評価コメント

（１）意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・ 本事業が開始された当初はビジョン・目標を策定するのに苦労されたと推察されるが、将来像を明確に設定され、目的達成に邁進されている。また事業中に外部環境が著しく変化しているが、本事業は色褪せることなく価値の高いフラッグシップモデルとなっている。
- ・ アウトカムまでの達成において、水素基本戦略が改訂され目標値が高まったものの、将来像の実現に向けた方向性は変わることなく、必要な取り組みも網羅されている。また時間軸も明確であり、自立化を見据えた取り組みも推進されている。
- ・ 実用化及び事業化の側面から、適切に知財戦略を策定し、推進されている。事業化段階や標準化戦略へのアプローチも適合している。
- ・ 本事業は、水素基本戦略、水素・燃料電池戦略ロードマップおよびグリーン成長戦略に記載された内容に従って実施されており、政策・施策における位置づけは明確である。国内外の動向を踏まえながら、先進的かつ有益な事業を展開しており、国において実施する意義も明らかである。
- ・ 将来像の実現に向けて、必要な取組が網羅されている。また、FH2R における活動や成果報告会など、情報発信するための具体的な取組も実施されている。
- ・ 研究開発成果の事業化に向けて、適切な知的財産戦略がとられている。
- ・ 脱炭素化目標達成に向けた水素に関する技術開発と需要創出の意義に照らした事業の位置づけとなっている。
- ・ 外部環境変化等を見据えた開発計画の策定・調整が行われ、当初想定されていたアウトカム目標が概ね達成されると見込まれる。
- ・ 当初、知的財産や標準化等に関する目標設定はされていないが、特許の出願や GI 基金事業等との連携に基づいた標準化の検討がなされている。
- ・ 本事業開始後、国内では 2017 年の水素基本戦略策定、海外でも次々と水素戦略が策定され、かつてない大きな動きと期待の中、常に先駆的な取り組みが進められ、技術開発でのトップランナーであり続けている。
- ・ NEDO の他事業との関係、連携を整理したうえで、水素基本戦略の制定/改訂と、設定された 2030 年、2040 年、2050 年目標に対応した道筋が示されている。
- ・ 注目されている電解技術について、標準化戦略の協議を開始している点は評価できる。
- ・ 世界に先駆けて実施し、製造から需要までのモデルの拡充が行えている。この事業の成果が水素基本戦略の実効性を高めている。
- ・ 地方自治体等に対して P2G サプライチェーンの「具体モデル」を示しており、マネをしやすい普及方策が検討されている。
- ・ 世界は供給に主眼が置かれ規模の拡大が中心であるが、本事業は水素の製造から利用方法までのサプライチェーン全体が検討されており、導入の裾野の拡大（市場の創出）の点で世界に先行している。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 特許の総数としてはやや少ないように見受けられるが、事業の中間であることを鑑み、事業終了時までにはより一層の出願を期待する。
- ・ 海外、特に欧州を中心に動きが加速し、環境変化も大きい分野であることから、今後も NEDO として、情報収集や海外機関等との連携など変化に対応する取組が、引き続き求められる。
- ・ 標準化戦略について、研究開発項目 I での成果を GI 基金事業に展開しており、当事業に参画する事業者にて今後の対応について協議が開始されているところ。引き続きの取組が求められる。
- ・ 特許等の出願実績等を広く社会に示し、事業の重要性や効果を訴求することも有効と考える。
- ・ 2030 年の国家目標を意識し、バックキャストにより柔軟に対応して欲しい。その一方で、その場しのぎの対応に終わらないよう、着実な技術進歩が残るように取り進めいただきたい。
- ・ 2025 年での技術/実装モデルの確立は、現時点では妥当なアウトプット目標/時期と思うが、2030 年の国家目標達成には、投資判断や工期を考えるとギリギリのタイミングではある。2025 年確立のスケジュールはそのままとし、他事業も含めて 2025～2030 年での NEDO としての具体的アクションの検討も並行して進めてはどうか。
- ・ 主要な取り組み課題が大量供給・大量消費に拡大したことから、標準化すべき項目も増加している。見落としや、海外に劣後することのないように、標準化項目の注意深い拾い上げと戦略策定⇒アクションに継続して取り組んでいただきたい。本テーマは国内生産が主と思われるが、他事業も含めると、輸入に係る標準は、日本として重点課題である。
- ・ 水素はガス体エネルギーであることから、ガス体エネルギー政策（欧州等のガスパイプライン混入など）への寄与・反映にも期待したい。
- ・ ただの機器売りにならず、例えばオペレーションまでをパッケージングにすることで運用のナレッジを日本に留めておくなど幅広いクローズ領域の設定に期待したい。

（２）目標及び達成状況

【肯定的意見】

- ・ ウクライナショック以降、水素を取り巻く状況が世界で大きく変化している中、アウトカム目標及び目標値は現在の状況を見据えて明確であり、達成の見込みは妥当である。
- ・ アウトプット目標及び達成状況に関しては、パンデミックの状況が有った中、目標値は適切に見直して、中間目標をほぼ全てのプロジェクトで達成している。オープン・クローズ戦略及び実用化・事業化の計画を鑑みると、更なる特許出願が必要であると思われる。
- ・ アウトカム目標は、国の目標・戦略に従って設定されており、明確かつ妥当である。水素エネルギーは、発電、産業やモビリティなど幅広い分野に関わり、また、本事業では地域における水素利活用モデル実現も対象としていることから、アウトカムが実現した場合の効果は優れており、期待される。今般改定が行われた水素基本戦略にも本事業成果に係る内容が十分に包含されていることから、外部環境変化および社会的影響等を踏まえた対応が適切であることが明らかである。
- ・ アウトプット目標も、アウトカム達成に向けて適切に設定されている。中間目標について、特に研究

開発項目Ⅰでは大幅達成となっているが、事業者の取組と合わせて、NEDO のマネジメントによる
ところも大きく、高く評価できる。必要な論文発表や特許出願等も実施されており、受賞実績も評価
できる。

- ・ 想定されていたアウトカム目標が概ね達成されている。
- ・ 個別事業は概ね計画通り進捗しており、アウトプット目標の達成、実用化が着実に進むことで、アウトカム目標の達成が見込まれる。
- ・ 本事業の成果を、より大規模な GI 基金事業に展開する仕組みが構成されている。プロジェクト費用に対して、十分に大きな市場規模(機器)が見込まれている。
- ・ 外部環境の大きな変化にも耐えうる目標設定ができていたと思う。質問で回答いただいた達成状況も含めて、目標は達成されているものと判断する。
- ・ 数字の目標に加えて、社会に実装された時の絵姿が想像しやすい事業を採用している。
- ・ 過去に実績ない事業でありながらも採択した事業のすべてが履行されている。先行した事業が次の事業に展開されるなど連続性が出てきている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 今後、更なる外部環境変化の可能性も想定される分野であり、指標・目標値については、その都度の対応が求められる。
- ・ 目標達成に向け残された課題に関し、その実現に向けたマネジメントに期待する。
- ・ 需要を喚起する事業を将来どのように水平展開するか、将来の検討材料となる地元意識や情報を適宜収集することも取り組みとすべきである。
- ・ 費用対効果は、機器開発だけではなく、エネルギーセキュリティの面からも定量化して提示されることが望ましい。また今後は、低炭素化についても、最近注目されている Carbon Intensity(炭素集約度)を指標としたアウトカム目標の設定と評価が望ましい。なお、CI については、標準化活動にも今後は積極的な取り組みをすることが、国際競争力の強化に繋がる。
- ・ 外部での大きな動きを踏まえると、本実証事業そのもののシームレスな実装移行はもちろんのこと、全国に先駆けてのモデルケースとして、今後各地で立ち上がる拠点整備事業へのノウハウ、情報提供にも期待したい。

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- ・ METI/NEDO は電力及びエネルギーという事業観点から適切である。実施者の技術力は高く、実用化を目指した体制の中で、マネジメントも有効に機能している。採択プロセスも適切であり、研究データの利活用はオープン・クローズ戦略に沿っており、研究インテグリティも確保している。
- ・ 研究開発項目Ⅰは新規のインフラ構築事業の側面が大きく、民間企業では事業化の成否判断が困難な状況である。またエネルギーセキュリティの観点から、海外での動向の影響を強く受ける性質があることから、委託事業として実施していることは適切である。
- ・ 研究開発計画は必要な要素技術、連携及びスケジュールが適切に管理されている。また進捗管理も

継続・中止を判断する要件・指標が明確にされており、必要に応じて見直しがされている。

- ・ 本分野におけるこれまでの知見や実績からも、執行機関として NEDO が実施すべき事業。環境変化が大きい分野であり、ステークホルダーも多く存在する中、それらの関係も整理したうえで、METI（資エネ庁）との十分な連携のもと、事業を執行している。
- ・ 委託事業と補助（助成）事業を組み合わせながら実施されている。研究開発項目Ⅲについて、調査委託を実施し、得られた成果を活かしながら、助成事業（助成率 2/3 および 1/2）に展開している。これについて、NEDO では各地域の水素関係協議会への出席なども行うなど、十分なマネジメントが実施されていると理解。
- ・ コロナ渦や半導体不足等もある中、研究開発の進捗を適切に把握しながら、対応している。
- ・ NEDO によって、適切な事業運営（マネジメント）が行われていると認められる。
- ・ 委託・補助事業それぞれの事業者負担の考え方が明確に規定されており、国費を投入する妥当性があると評価できる。
- ・ 研究開発における進捗管理、ならびにステージゲートを柔軟に設定してマネジメントを行うなど、優れた研究開発管理が行われている。
- ・ 評価基準を満足しているものと思う。これまでの NEDO の実績に見合った体制で執行されている。将来の事業化を担う能力と責任感を持った実施者が選定されている。
- ・ 受益者負担の考え方は適切と判断する。
- ・ アウトカム目標、アウトプット目標とリンクして外部環境の大きな変化に対応し、先駆的な事業であり続けている。実態のある PJ としては、世界的にもトップランナーではないか？

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 今後も、環境変化等に合わせながら、研究開発項目ごとに、成果の最大化に向け、委託と補助（助成）事業とを適切に設定しながら、実施することが求められる。
- ・ 本事業の成果は、GI 基金事業等にも活用・展開されている。NEDO において要素技術間での連携も行いながら事業が進められているが、今後も、他事業との連携も含めて、適切かつ効率的なマネジメントを実施していただきたい。
- ・ 情報ノウハウのシステムティックな提供により、新規実装プロジェクトの後押しを期待する。
- ・ 海外勢の技術開発速度が速まっているので、海外勢を含めた外部環境の変化に対して、現在の延長線上で進めるのではなく、先取りする施策を講じてほしい。事業者がすべて国内で完結し、それで世界に対して優位性を確保できていることが望ましいが、当該事業で開発された技術が活かせるのであれば、他国との連携も視野に入れた方が良い。

審議経過

● 分科会（2023年6月16日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. 制度の全体説明

非公開セッション

6. 制度の詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

● 第74回研究評価委員会（2023年8月8日）

「水素社会構築技術開発事業／Ⅰ・Ⅲ」（中間評価）

制度評価分科会委員名簿

（2023年6月現在）

	氏名	所属、役職
分科 会長	こうの たつおき 河野 龍興	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
分科会長 代理	たかぎ ひでゆき 高木 英行	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 ゼロエミッション国際共同研究センター 研究チーム長
委員	くどう ひろき 工藤 拓毅	一般財団法人 日本エネルギー経済研究所 理事 電力・新エネルギーユニット担任
	さいとう けんいちろう 斎藤 健一郎	一般社団法人 水素バリューチェーン推進協議会 担当部長
	やたべ たかし 矢田部 隆志	東京電力ホールディングス株式会社 技術戦略ユニット技術統括室 プロデューサー

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2023年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと ま ゆ み 松本 真由美	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

新規研究開発事業に係る事前評価書

1. 事業情報

事業名	電源の統合コスト低減に向けた電力システムの柔軟性確保・最適化のための技術開発事業 「再生可能エネルギーの大量導入に向けた次世代型の電力制御技術開発事業」に追加する新規テーマ」
担当部署	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギーシステム課 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部
事業期間	2024 年 ～ 2028 年（5 年間）
概算要求額	2024 年度 8000 百万円の内数
会計区分	☐ 一般会計 / ☒ エネルギー対策特別会計
類型	☒ 研究開発プロジェクト / ☐ 研究資金制度
上位政策・施策の目標（KPI）	2030 年の総発電量に閉める再生可能エネルギーの割合 36～38%
事業目的	再エネの大量導入に向けて、これまでの NEDO 事業においては、早期・安価な接続を可能とするためのノンファーム型接続の制御システムや、再エネの適地と大需要地を結ぶ HVDC 等の開発を行ってきた。これらの技術開発を踏まえて、ノンファーム型接続については、2023 年 4 月より全国の基幹系統・ローカル系統での再エネの受付を開始し、HVDC についても、大規模な国内プロジェクトに実現に向けた計画の策定が進んでいる。 一方で、再エネの導入量が増える中、自然条件によって変動し、適地に偏りのある再エネをシステムに統合するためのコスト（統合コスト）を抑制することが今後の課題となる。そのため、システム全体での柔軟性を向上させ、全体最適を実現するためには、電源側・系統設備（蓄電設備含む）・制度（市場主導型）におけるさらなる技術の開発・実装を実現する。
事業内容	①DER 等を活用したフレキシビリティ技術開発（送電・配電） 系統の空き容量不足により系統混雑（特定の送電線の運用容量の制約により、発電事業者の運用に制約が生じる）が発生すると、再エネの出力制御が行われる場合がある。そのため、今後は、費用便益評価を行った上で系統増強の判断を行うこととなるが、系統の特徴によっては便益が出にくい、あるいは増強に時間がかかることが想定される。そのため、系統用蓄電地や水電解装置等の DER 等をマネジメントすることで、系統増強回避しつつ系統混雑緩和・再エネ導入拡大を図ることが可能となる。本事業では、これら DER 等を活用し系統増強回避に向けての制御ロジックや、システムの開発を行う。 ②市場主導型制御システムの技術検討 2023 年 4 月より、全てのローカル系統においてノンファーム型接続の適用を開始している。その際、系統の混雑を解消する手法として一般送配電事業者が制御する電源等を定める「再給電方式」を採用している。一方で、資源エネルギー庁の審議会においても、早期にノンファーム型接続を導入する上では、再給電方式が妥当としつつも、将来的には制御の順番等を市場メカニズムにおいて決める「市場主導型（ゾーン制・ノードル制）」への

	移行を志向すべきとしている。そのため、これまで開発を行ってきたノンファーム型システムの基盤技術の経験を踏まえながら、市場主導型の際に必要な追加的なシステム等の開発要素を抽出し、将来的には共通基盤の開発を目指す。 ③再エネの系統影響緩和のための技術検討 従来においては、再エネ 3 電源（中小水力、バイオマス、地熱）は、出力を柔軟に調整するニーズがなかったが、今後は、ノンファーム型接続の導入等によって、系統混雑要因での出力制御を受ける可能性が生じている。また、将来的な卒 FIT 等を見据えると、再エネについても、現状のように単に kWh で全量売電するのみならず、市場価格に応じた発電の調整や、あるいは調整力市場、DER 市場等での ΔkW の調整等によって稼ぐことが求められることが想定されるため、本事業では、3 電源側を中心に出力変化速度の向上や最低出力の引き下げ等の技術開発を行う。	
アウトカム 指標		アウトカム目標
短期目標 (2030 年度)	ノンファーム型接続の更なる拡大による、追加的に接続可能となる再エネ設備	PJ 終了後、本成果による再エネの追加導入量（設備容量）約 500 万 kW それによる CO2 の排出量削減 約 290 万 ton/年 ※「基幹系統」にノンファーム接続の適用を開始してから概ね 1 年 6 か月以内に契約申込まで至った再エネの設備容量と同等と仮定（第 48 回大量小委公表値より）
長期目標 (2050 年度)	日本国内の電力インフラにつき、本事業で開発されたシステムの適用される割合	2030 年以降、2050 年までには、日本国内の系統（基幹～配電）の 100%について、本事業で開発されたシステムの適用対象とし、効率的なシステムの形成・運用の実現を目指す。
アウトプット 指標		アウトプット目標
中間目標 (2026 年度)	研究開発項目 1：新たな DER の活用手法の確立	実証試験を行う具体的な項目を絞り込んだ上で、必要となる装置・設備・システム等の構築を完了する。
	研究開発項目 2：市場主導型制御システムの社会実装	主導型制御システムの実現のためのロジック等の机上を完了し、必要となる技術開発項目の抽出を完了する。
	研究開発項目 3：再エネ電源の最低出力の引き下げ・変化速度の向上	実証試験を行う電源や具体的な項目を絞り込み、その費用対効果の精緻化を行った上で、必要となる装置・設備・システム等の構築を完了する。
	いずれの研究開発項目においても、現状（TRL1）から、研究室レベルでの解析・実験の完了を目指す（TRL2～3）	

最終目標 (2028 年度)	研究開発項目 1：新たな DER の活用手法の確立	3 種類以上の DER の活用手法について実証試験に確認する。
	研究開発項目 2：市場主導型制御システムの社会実装	システムの基盤の開発を完了し、市場主導型制御システムの導入に向けた具体的な目途を明らかにする。
	研究開発項目 3：再エネ電源の最低出力の引き下げ・変化速度の向上	最低出力・変化速度について、いずれも既存のものから 20%以上の改善を実現する。
	いずれの研究開発項目においても、中間目標時（TRL2～3）から、試験環境での実証（TRL5～6）を目指す	
マネジメント	・ 個々の採択課題は、3 年目に外部有識者によるステージゲート審査を行う。 ・ 年に数回推進委員会を開催。進捗状況を確認し、必要に応じて事業計画を見直す。 ・ 事業開始 3 年目と終了時に、研究評価委員会において中間評価、終了時評価を実施。	
プロジェクトリーダー	プロジェクトリーダーはアカデミアにおける本分野の専門家を予定。研究開発項目毎にサブリーダーを設置。	
実施体制	METI ⇒ [交付金] NEDO ⇒ 下記	
	研究開発項目①：	[委託] 一般送配電事業者、大学、研究機関等
	研究開発項目②：	[委託] 一般送配電事業者、大学、研究機関等
	研究開発項目③：	[委託] 発電機メーカー、大学、研究機関等

2. 評価

経済産業省技術評価指針(令和4年10月)に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて事前評価を行い、適合性を確認した。以下に、外部評価者の評価及び問題点・改善点に対する対処方針・見解を示す。

(1) 外部評価者

伊佐治 圭介 送配電網協議会 電力技術部長

原 亮一 北海道大学 大学院情報科学研究院 システム情報科学部門准教授

山口 順之 東京理科大学 工学部 電気工学科教授

(五十音順)

※評価期間：5月15日～5月18日

(2) 評価

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- 国の掲げる再エネ目標の実現に向けて適切に課題が抽出されており、技術的・経済的にも極めて価値の高い事業である。
- 個別の研究開発項目についても、国際的な注目度、技術的な難易度等の観点から、国において実施する意義の高い事業である。

【問題点・改善点】

- 各開発事業について既存の事業との違いを明確にした上で、再エネ導入にあたっての課題である統合コストの抑制にどのような形で貢献しうるかについて、定性的でよいので見通しがあると良い。また、再エネ有効活用が技術開発の目的であることを明示することが望ましい。
- 研究開発項目①、③に関して、非競争域の非公開情報の内容を明確化した上で、非公開とすべき合理的な理由のないもの以外は、積極的に公開すべきである。特にのちに技術仕様・ガイドラインを議論する際に活用されうる情報は、オープンに議論され、早期に不足なく公開されることが望ましい。
- 研究開発項目②においては、前提とする制度を踏まえ、技術検討の対象とするシステムおよび検討内容を明確化する必要がある。また成果については、国際標準化の動向に留意し、必要に応じて日本ニーズの打ち込みを図ることが望ましい。

② 目標

【肯定的意見】

- 今後国際的にニーズが高まる技術であり、導入支援など国際協力への効果も期待できる。こうした点で、費用対効果における便益はさらに高まる可能性もある。
- アウトカム目標は、短期目標の2030年と長期目標の2050年に定量的に整理され、長期エネルギー需給見通し等が提示する導入目標と平仄が取れており、適切である。
- アウトプット目標は、適切な中間目標を設定することで最終目標の達成可能性を高めている。

【問題点・改善点】

- 本事業の後に実運用化に際して必要になるコストや、本事業以外の施策等についても費用額を明示することが望ましい。
- アウトカム目標について、再エネ追加導入量「500 万 kW」の設定根拠や、本 PJ 成果以外の要因により可能となった接続量との切り分けの手法等の観点から、精緻化することが望ましい。
- アウトプット目標の計測方法について、技術検討委員会の他、関連学会などオープンな場での議論などを加えることを検討してはどうか。
- 研究開発項目③のアウトプット目標である、現行対比の「20%以上」の改善に関し、電源種別によって特性・効果が異なるため、電力系統全体で目指すべき数値等の観点から精緻化することが望ましい。

③ マネジメント

【肯定的意見】

- いずれの研究課題も民間企業単独では取組むことができないものであり、資源エネルギー庁が政策的ニーズを示し、NEDO のプロジェクトマネージャがプロジェクトリーダーとの橋渡しを行って、目標を達成する形となっており、社会的意義が大きい。また、合同推進委員会を設置することで、開発項目間の成果が有機的に奏功するものと期待される。
- 研究開発項目②、③について、ステージゲート方式を採用しない代わりに、机上 FS の結果を踏まえて技術開発要否を判断することとなっており、制度検討の状況変化への対応と合わせて柔軟に対応できる計画となっている。
- 報奨金制度とインセンティブ制度を設定することは、政策的な議論を適切に反映させるためにも、本事業の内容にそぐわないため、適切である。

【問題点・改善点】

- 研究開発項目②については、専門的な人材による充実した調査・机上 FS を実現するためにも、他の研究開発項目に見合う費用への増額や、大学や学術機関の研究者が参加しやすい実施体制にできないか検討してはどうか。
- 「机上 FS 調査が完了したタイミングにて、技術開発の必要性の判断を行うこととする」とあるが、判断するための要件・指標等を目標と関連したものとし、あらかじめ設定することが望ましい。
- 実施体制および進捗管理において、プロジェクトリーダー（PL）およびプロジェクト担当（PT）の役割および位置付けを明確化することが望ましい。

(3) 問題点・改善点に対する対処方針

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点	対処方針・見解
● 各開発事業について既存の事業との違いを明確にした上で、再エネ導入にあたっての課題である統合コストの抑制にどのような形で貢献するかについて、定性的でよいので見通しがあると良い。また、再エネ有効活用が技術開発の目	● 事業の実施にあたっては、既存の事業との重複がないように、あるいは関連する既存の事業の成果を積極的に活用する等の連携を図ります。

的であることを明示することが望ましい。	
● 研究開発項目①、③に関して、非競争域の非公開情報の内容を明確化した上で、非公開とすべき合理的な理由のないもの以外は、積極的に公開すべきである。特にのちに技術仕様・ガイドラインを議論する際に活用されうる情報は、オープンに議論され、早期に不足なく公開されることがしい。	● 今後、事業の具体化にあたっては、研究開発項目毎に、競争領域・非競争領域を明確化した上で、積極的かつ適切な時期での情報公開を行います。
● 研究開発項目②においては、前提とする制度を踏まえ、技術検討の対象とするシステムおよび検討内容を明確化する必要がある。また成果については、国際標準化の動向に留意し、必要に応じて日本ニーズの打ち込みを図ることが望ましい。	● 制度的な観点については、常に最新の議論の動向を踏まえ、政策ニーズとの合致を図ります。また、国際標準についても、戦略的かつ積極的な活用を検討します。

② 目標

問題点・改善点	対処方針・見解
● 本事業の後に実運用化に際して必要になるコストや、本事業以外の施策等についても費用額を明示することが望ましい。	● 本事業の実用化にあたってのその他の費用については、現時点で網羅的に算出することは難しいものの、事業の実施にあたってはそのような外部コストも踏まえた最適な手法に関して検討を行います。
● アウトカム目標について、再エネ追加導入量「500万kW」の設定根拠や、本PJ成果以外の要因により可能となった接続量との切り分けの手法等の観点から、精緻化することが望ましい。	● 設定根拠については、現時点では、引き続き過去の類似の政策の実績を根拠としつつも、必要に応じて見直しや精緻化を行います。
● アウトプット目標の計測方法について、技術検討委員会の他、関連学会などオープンな場での議論などを加えることを検討してはどうか。	● これまでの電力システムに関するNEDO技術開発事業において、電気学会等での事業の発表・議論を行ってきた実績も参考に検討します。
● 研究開発項目③のアウトプット目標である、現行対比の「20%以上」の改善に関し、電源種別によって特性・効果が異なるため、電力系統全体で目指すべき数値等の観点から精緻化することが望ましい。	● 事業における机上調査の段階で、電源種別の特性等について明らかにし、技術開発を行う際には、必要に応じて目指すべき数値等の見直しを行います。

③ マネジメント

問題点・改善点	対処方針・見解
● 研究開発項目②については、専門的な人材による充実した調査・机上FSを実現するために	● 事業の段階に応じて過不足無いように予算要求を行います。また、事業の実施にあたっては、

も、他の研究開発項目に見合う費用への増額や、大学や学術機関の研究者が参加しやすい実施体制にできないか検討してはどうか。	事業者のみならず、大学・研究機関等の有識者等も含めた実施体制を検討いたします。
● 「机上 FS 調査が完了したタイミングにて、技術開発の必要性の判断を行うこととする」とあるが、判断するための要件・指標等を目標と関連したものとし、あらかじめ設定することが望ましい。	● 事業における机上調査の段階で、電源種別の特性等について明らかにし、技術開発を行う際には、必要に応じて目指すべき数値等の見直しを行います。
● 実施体制および進捗管理において、プロジェクトリーダー（PL）およびプロジェクト担当（PT）の役割および位置付けを明確化することが望ましい。	● PL、PT を検討・決定する際には、具体的な役割や位置付けを明確化します。

（参考）外部評価者の評価コメント

以下、外部評価者から入手した意見を記載する。

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- 2050 年カーボンニュートラル社会の実現に向けて、「日本版コネクト&マネージ 2.0」を掲げ、最重要の技術要素を抽出した、技術的・経済的にも極めて価値の高い事業である。
- 国の掲げる第 6 次エネ基の達成に向けて、再エネ電源系統連系量のさらなる増加が必要となる中、主に送電線混雑管理の観点から必要になる課題解決策を開発する内容となっている。
- システム全体の最適化を図るために分散型エネルギー資源を活用し、電力システムの柔軟性を確保し、国民負担の低減に資する技術開発を行うことは重要であり、本事業を実施する意義は高い。
- 研究開発項目①は、国際的に注目が高い技術と言える。
- 研究開発項目②は、欧米事例や学術研究にとっても困難な技術検討であり、前半 3 年の期間を確保することで、真に社会的課題の解決に貢献できる可能性がある。
- 研究開発項目③は、再エネ 3 電源の更なる導入拡大と事業競争力の向上のために重要であり、その意義を広く理解して頂くためにも、国において実施する意義が高い。

【問題点・改善点】

- 再エネ電源の拡大にむけて統合コスト抑制が必要である旨の背景説明がある。これに照らして、各開発事業がこの統合コスト抑制にどのような形で貢献しうるかについて、定性的でよいので見通しがあると良い。
- 研究開発項目①については、R4～R6 に実施の事業と比較して、対象や開発項目の違いを明確にし、開発の必要性を強調するとともに、新事業が現在事業の塗り直しではないことを明確にする必要がある。
- 研究開発項目①に関して、「系統増強回避に向けて制御ロジックや、システムの開発を行う」とあるが、再エネ有効活用が技術開発の目的であることを明示することが望ましい。（「系統増強を回避した上で再エネを有効活用するロジックや、システムの開発を行う」等）
- 非競争域の非公開情報の内容が明確になっていない。本事業で得られる情報は、国費を投入する以上、非公開とすべき合理的な理由のないもの以外は、積極的に公開すべきである。
- 研究開発項目①においては、系統運用者と DER の間で交換される情報や系統混雑緩和の必要条件など、のちに技術仕様・ガイドラインを議論する際に活用されうる情報は、オープンに議論され、早期に不足なく公開されることが望ましい。
- 研究開発項目③においても、研究開発項目①と同様に、のちに技術仕様・ガイドラインを議論する際に活用されうる情報は、早期に不足なく公開されることが望ましい。
- 研究開発項目②においては、IEC TC8 など再エネ連系や VPP, DSR、電力市場などの国際標準化の動向に留意し、必要に応じて日本ニーズの打ち込みを図るとよい。
- 研究開発項目②に関する技術検討の内容は、前提とする制度に左右されると考える。今回の技術検討の対象とするシステムおよび検討内容を明確にすることが望ましい。

② 目標

【肯定的意見】

- 今後国際的にニーズが高まる技術であり、導入支援など国際協力への効果も期待できる。こうした点で、費用対効果における便益はさらに高まる可能性もある。
- アウトカム・アウトプットとも、数値化含めて明示的に示されている。また、アウトカムである CO2 対策コストの低減効果より、国費を投じて本事業を実施することは十分に合理的であると判断できる。
- アウトカム目標は、短期目標の 2030 年と長期目標の 2050 年に整理され、長期エネルギー需給見通し等が提示する導入目標と平仄が取れており、適切である。
- アウトプット目標は、適切な中間目標を設定することで最終目標の達成可能性を高めている。

【問題点・改善点】

- 費用対効果の試算に際し、「実際には発電側やその他の統合コストを必要とすることに留意が必要」とあるが、本事業の後に実運用化に際して必要になるコストについても試算額を明示されるのが望ましい。
- アウトカム目標の姿に至るためには本事業以外の施策等も必要であるため、これらに係る国費投入額についても補記しておくことが望ましい。
- アウトカム目標の再エネ追加導入量 500 万 kW の設定根拠を明確にすべき。またその達成状況について、本 PJ で開発したシステム導入後の追加接続可能量で計測するとあるが、本 PJ 成果以外の要因により可能となった接続量との切り分けができない畏れが懸念される。
- アウトカム目標の再エネ追加導入量 500 万 kW の効果に研究開発項目③の出力可制御再エネ電下下げ対策効果が織り込まれている場合、中小水力・バイオマス電源の出力抑制分を PV 等の出力に付け替えるだけであり、CO2 削減に寄与するとは考えにくい。
- アウトプット目標の計測方法について、技術検討委員会の他、関連学会などオープンな場での議論などを加えることを検討してはどうか。
- 研究開発項目③のアウトプット目標である、現行対比の「20%以上」の改善に関し、電源種別によって特性・効果が異なると考えられる。妥当な数値目標であるのか等、アウトカムにどの程度寄与するのか、一定の評価を付しておくことが望ましい。
- 研究開発項目③の最終目標である、改善 20%以上という数値は、電力系統全体で目指すべき数値として精緻化を行ってはどうか。例えば、2026 年中間目標として、電力需給シミュレーション等の定量分析を行ってはどうか。

③ マネジメント

【肯定的意見】

- 受益者負担の考え方に記載の通り、いずれの研究課題も民間企業単独では取組むことができないものであり、本事業にて実施する社会的意義は大きい。
- 実施体制について、資源エネルギー庁が政策的ニーズを示し、NEDO のプロジェクトマネージャがプロジェクトリーダーとの橋渡しを行って、目標を達成する形となっており、適切である。
- 合同推進委員会を設置して開発項目間の連携を志向する体制は良い。それぞれの開発項目の成果が有機的に奏功するものと期待される。
- ステージゲート方式を採用しない代わりに、研究開発項目 2、3 について、技術開発の必要性の判断を行うことは適切である。
- 研究開発項目②、③について、机上 FS の結果を踏まえて技術開発要否を判断することとなっており、特に研究開発項目②については制度検討の状況変化への対応と合わせて柔軟に対応できる計画となっている。

- 報奨金制度とインセンティブ制度を設定することは、政策的な議論を適切に反映させるためにも、本事業の内容にそぐわないため、適切である。

【問題点・改善点】

- 研究開発項目②については、モノの製作は行わないものの、政策ニーズの期待は大きく、日本版コネクト&マネージ2.0のルール作成へ有効な影響を及ぼすものになってほしい。専門的な人材による充実した調査・机上FSを実現するためにも、他の研究開発項目に見合う費用に増額してはどうか。また、実務者だけではなく、大学や学術機関の研究者が参加しやすい実施体制にできないか検討してはどうか。
- 実施体制および進捗管理において、プロジェクトリーダー（PL）およびプロジェクト担当（PT）の役割および位置付けを明確化することが望まれる。
- 「机上FS調査が完了したタイミングにて、技術開発の必要性の判断を行うこととする」とあるが、判断するための要件・指標等を目標と関連したものとし、あらかじめ設定することが望ましい。

地熱発電導入拡大研究開発事業
中間評価
評価報告書概要

2023 年 8 月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発
機構
研究評価委員会

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「地熱発電導入拡大研究開発事業」の中間評価報告書概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「地熱発電導入拡大研究開発事業」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第74回研究評価委員会（2023年8月8日）に諮り、確定されたものの概要である。

2023年8月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

概 要

		最終更新日	2023 年 4 月 26 日	
プロジェクト名		地熱発電導入拡大研究開発 地熱・地中熱等導入拡大技術開発事業		プロジェクト番号 P21001
担当推進部/ PMまたは担当者 及び METI 担当課		【新エネルギー部】 PM：主任研究員／加藤 久遠（2021 年 4 月～2022 年 3 月） PM：主査／大竹 正巳（2022 年 4 月～現在） SPM：主査／長谷川 真美（2021 年 4 月～現在） PT：主査／和田 圭介（2021 年 4 月～2021 年 12 月） PT：主査／石川 一樹（2021 年 4 月～現在） PT：主査／本田 洋仁（2021 年 7 月～現在） PT：主査／長田 和義（2022 年 1 月～現在） 【経済産業省】 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー課（2021 年 4 月～現在） 産業技術環境局 エネルギー・環境イノベーション戦略室（2021 年 4 月～2022 年 3 月） 資源エネルギー庁 資源・燃料部 政策課（2022 年 4 月～現在）		
0. 事業の概要		本事業では、国立・国定公園特別地域での地熱開発を含め、地熱発電の導入拡大を促進することを目的とし、2030 年のエネルギーミックス実現に向けて、我が国の地熱発電設備容量最大 1.55GW の達成を図るとともに、次世代のイノベーション技術として注目される超臨界地熱資源を対象とした地熱資源評価に係る研究開発を実施し、より一層の地熱発電の導入拡大を促進する。		
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		(1) 政策・施策における位置づけ 近年、温室効果ガスの排出量削減に対して多方面での対策が議論されている中、2015 年 12 月に COP21（パリ協定）において、2030 年並びに 2050 年に向けた各国での削減目標が策定された。我が国では、2018 年 7 月に第 5 次エネルギー基本計画が閣議決定され、再生可能エネルギーの主力電源化とそのための同電源に対する発電原価低減化が喫緊の課題として提言された。このような状況の中、再生可能エネルギーの一つである地熱は、ベースロード電源としての特徴を有し、大規模開発では競争力のある電源として位置づけられ、その導入拡大が期待されている。 2012 年 7 月には再生可能エネルギーの固定価格買取制度が施行され、地熱では、15MW 未満では 40 円/kWh、15MW 以上では 26 円/kWh という買取り価格が設定され、地熱開発事業者にとって、一定の採算性が確保されるに至った。また、2021 年 6 月には「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定され、2050 年に向けて成長が期待される 14 の重点分野（エネルギー、輸送・製造、家庭・オフィス等）が選定されエネルギー分野の一つとして地熱発電の課題・取り組みが示された。加えて 2021 年 10 月には第 6 次エネルギー基本計画が閣議決定され、地熱発電の 2030 年度における導入見込量として最大で約 148 万 kW（2021 年度実績 59.3 万 kW）、発電電力量 68 億 kWh（2021 年度実績 28 億 kWh）が掲げられ、地熱発電のさらなる導入拡大が期待されている。 (2) NEDO が実施する意義 NEDO は 1980 年の設立時（新エネルギー総合開発機構）から、サンシャイン計画（1974～1992 年）、ニューサンシャイン計画（1993～2000 年）等の下、地熱資源探査、探査技術、坑井掘削技術、生産技術、発電システム技術などの調査・研究開発を推進し、地熱開発の導入・促進に貢献してきた。2012 年度から地熱資源開発・調査業務は JOGMEC へ移管されたが、地熱利用技術開発に係る業務は引き続き NEDO が実施している。また、2018 年度から NEDO は超臨界地熱資源技術開発をスタートし、2050 年頃の実用化に向けて超臨界地熱発電に必要な技術開発を牽引している。 以上のことから、NEDO は地熱技術開発プロジェクトの運営・管理能力を十分に有している。また、効果的・効率的な事業執行の観点から、本事業は NEDO が推進すべき事業である。		
1.2 アウトカム達 成までの道筋		(1) 2050 年頃に普及を目指す超臨界地熱資源を活用した地熱発電所による推定資源量 11GW と、これによる CO ₂ 削減量は約 4,500 万トン-CO ₂ /年というアウトカムの達成に対して、以下のような道筋を計画している。 ・2021～2023 年度：主要な 4 地域における超臨界地熱資源量の評価。併せて、構造調査試錐井および調査井の掘削の検討や経済性の評価を実施。 ・2024～2025 年度：2023 年度までの検討結果を基にして構造調査試錐井を掘削。		

	・2026～2030 年度：2024～2025 年度に掘削した構造調査試験井で得られた地下データ（温度、地質等）を参考にして高精度な資源量評価を実施。そしてこれら地下データを参考にして調査井を掘削。更に同坑井で噴気試験を実施することにより、詳細な資源量を評価。 ・2030～2050 年度：発電所建設に向けて地上設備の検討と実証試験を実施。併せて、超臨界有望地域において国主導により資源調査を実施。この結果を参考にして民間により資源調査・開発を実施して、2050 年頃のアウトカムの達成を目指す。 (2) 2030 年頃に目指す最大で約 1.55GW の発電容量と、これによる CO₂削減量約 630 万トン-CO₂/年というアウトカムの達成に対して、以下のような道筋を計画している。 (2)-1. 環境保全対策技術 ・2021～2025 年度：硫化水素測定器および気象モデリング手法の検討。 ・2026～2030 年度：2025 年度まで検討した結果を基に環境アセス手法の最適化を達成させ、手法のマニュアル化、および硫化水素測定器の商品化等により 2030 年頃のアウトカムの達成を目指す。 (2)-2. 高度利用化技術 ・2021～2025 年度：貯留層管理および設備管理の最適化を実施。 ・2026～2030 年度：2025 年度までの成果により発電量増加、コスト削減、および利用率向上のアウトプット目標を達成する。その後、手法のマニュアル化、貯留層管理ツール・設備管理ツールの商品化等により 2030 年頃のアウトカムの達成を目指す。
1.3 知的財産・標準化戦略	オープン／クローズ戦略の現状における考え方を以下にまとめる。 (1) 公開・非競争域 環境アセスメントを効率化する新たな硫化水素測定手法や、気象調査代替手法及び新たな大気拡散予測手法については、手法マニュアルの作成や環境アセスメントの手引への反映を目指し、広く成果を公開する。 (2) 公開・競争域 光ファイバの劣化評価装置および劣化評価方法や、地殻応力測定法のうちコア採取の装置および方法、および AI による有望領域推定技術について、特許として権利化を図っている。 また、標準化については超臨界地熱発電技術について以下のように考えている。 ・日本企業は、超臨界地熱用（高温、高圧、強酸性に対する耐性を持つ）ケーシング材、セメント材の開発に世界に先駆けて取り組んでいる。一方、超臨界地熱発電の実用化に向けては、適地での試掘を実施することが重要なフェーズである。このため、調査井での試験などができるタイミングで、標準化に関する議論を実施（資機材の評価など）する予定である。
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) 2030 年頃に、地熱発電所の平均利用率並びに発電原価を、現状よりそれぞれ 20%pt 向上並びに低減化し、最大で約 1.55GW の発電容量、および 11TWh の発電量の達成が見込まれる。これによる CO₂削減量は、約 630 万トン-CO₂/年である。さらに、2040～2050 年頃に、超臨界地熱資源を活用した地熱発電所(100M W 級を 5 か所)の普及を目指す。推定資源量は、11GW と試算され、これによる CO₂削減量は、約 4,500 万トン-CO₂/年である。 (達成度) 各研究開発項目は 2023 年 3 月現在、概ね計画通りに進行しており、アウトカム目標の達成に向けて順調に推移している。
2.2 アウトプット目標及び達成状況	1. 事業全体 研究開発項目 (1) 「超臨界地熱資源技術開発」 (中間目標) 資源量評価に必要な概念モデルを構築するとともに、数値モデルに必要な前提条件を提示する。 (成果) 各地域において概念モデルを構築した。それに基づき数値モデルを検討し、資源量評価を実施している。また、構想調査試験井の検討、超臨界調査井の仕様の検討を進めている。 研究開発項目 (2) 「環境保全対策技術開発」 (中間目標) 最終目標達成の準備として、概念設計を完了し、実証試験の詳細計画を提示する。 (成果) 数値気象モデルを用いたシミュレーション手法開発のための定量評価や計算手法整備、観測データの取得を実施。また、硫化水素モニタリング開発のため、測定器の性能評価やフィールドテストを実施し、加えて実証試験の候補地を選定した。

	研究開発項目 (3) 「地熱発電高度利用化技術開発」 (中間目標) 最終目標達成の準備として、概念設計を完了し、実証試験の詳細計画を提示する。 (成果) 各研究開発項目において、ほぼ計画通りにデータベースの構築、データの収集、モニタリング手法の確立、ハード・ソフトの整備・開発、解析コードの開発、AI を用いたシステムの設計・開発、シミュレータの構築、センサ技術の開発、および測定器の開発・性能評価を実施。 2. 個別テーマ 研究開発項目 (1) 「超臨界地熱資源技術開発」 (1) -1. 超臨界地熱資源量評価 (湯沢南部地域) (中間目標) 補完地表調査などの結果を追加情報として、既存の地熱系概念モデルを改善するとともに、同概念モデルを再現しうる数値モデルを複数比較検討し、必要な前提条件を提示する。 (成果) 高松岳南部の標高-2000m 以深に深部低比抵抗域を精度良く推定した。微小地震観測はまだデータが少ないが震源空白域が深部低比抵抗域と重なる傾向を捉えている。これらの結果と既存調査データとを統合し、概念モデルを構築した。 この概念モデルに基づく自然状態シミュレーションにおいて、既存坑井データや地表地熱兆候に対し精度高く再現された。生産量予測については現在検討中であり、100MW を安定維持するケースを検討中である。 (1) -2. 資源量評価 (葛根田地域) (中間目標) 補完地表調査などの結果を追加情報として、既存の地熱系概念モデルを改善するとともに、同概念モデルを再現しうる数値モデルを複数比較検討し、必要な前提条件を提示する。 (成果) 高密度 MT 法探査、地質学的情報の再コンパイル結果などを追加情報として、既存の地熱系概念モデルを改善し、資源量評価に必要な超臨界地熱システムの概念モデル初版を同定した。また、資源量評価シミュレーションに必要な物性値の決定法を確定した。 上述の概念モデル初版をもとに数値計算モデルを作成し、自然状態シミュレーションを実施し、坑井温度プロファイルと一定の整合性を有する温度分布を得た。また、上述の超臨界地熱貯留層初版を数値モデル化し、この貯留層から 100MW 以上の発電を実現可能であることを示した。 (1) -3. 超臨界地熱資源量評価 (八幡平地域) (中間目標) 補完地表調査などの結果を追加情報として、既存の地熱系概念モデルを改善するとともに、同概念モデルを再現しうる数値モデルを複数比較検討し、必要な前提条件を提示する。 (成果) MT 法電磁探査によって抽出された推定熱源岩体 (深部低比抵抗帯) の分布形状から概念モデルを構築した。MT 法電磁探査に加えて微小地震観測・重力探査の結果も、超臨界領域の分布を示唆している。 この概念モデルをもとに数値モデルを作成した。そのひとつである溶融モデル (熱伝導モデル) で従来型地熱貯留層 (安比地域) を再現可能であることを確認した。これを基に新たな数値モデル「中間モデル」を作成し、未知の部分も含め幅広く検討可能とした。そして中間モデルによる資源量の試算を行った。 (1) -4. 超臨界地熱資源量評価 (九重地域) (中間目標) 補完地表調査などの結果を追加情報として、既存の地熱系概念モデルを改善するとともに、同概念モデルを再現しうる数値モデルを複数比較検討し、必要な前提条件を提示する。 (成果)
--	---

補完地表調査を行い、新しい知見を取り込んだ超臨界地熱システム概念モデルの初版を構築した。また、岩石物理モデルに基づく、貯留層相当領域の浸透率推定を評価する手法の検討を開始した。
上述の概念モデルに基づいた初期数値モデルを構築し、自然状態シミュレーションを実施している。

(1) -5. 光ファイバーDAS による超臨界地熱資源探査技術開発

(中間目標)

- ①国内外の地熱フィールドにおいて空間的に 1 km程度の範囲で地熱貯留層を推定する汎用的手法を開発する。探査する上での注意点、条件などを抽出する。
- ②観測システムの最適化に貢献できるような理論的観測波動場推定手法を開発する。実際の解析において得られる DAS データから地下構造を推定するための理論 DAS 波形計算法、全波形インバージョン法、S 波利用法をまとめる。
- ③光ファイバーの超臨界水環境下（目標 400℃）での損傷度評価技術を確立するとともに、DAS 用センシング構成要素モデルの耐久性評価手法を確立する。

(成果)

- ①森、澄川、滝上、木地山での実施により極めて本方法の有効性が確認できた。
- ②得られた結果が発電所の保有するデータおよび既存解釈と整合性を持っている。光ファイバーの入射地震波に対する応答を検出可能であることを確認した。
- ③ポリイミド被覆、金属被覆ファイバーについて、超臨界水/亜臨界水中での損傷度評価を実施しそのメカニズムを明らかにした。また、センサーデバイス内の雰囲気が重要であることを明らかにした。

研究開発項目 (2) 「環境保全対策技術開発」

(2) -1. 気象調査代替手法および新たな大気拡散予測手法の研究開発

(中間目標)

- ①2～4 地点の地熱発電所における既存のアセスデータを対象として、気象モデルによる再現計算を実施し、モデルの再現精度を定量的に評価するとともに、精度向上に向けた課題抽出を行う。気象モデルと CFD モデルの結合モデルによるダウンスケーリング手法、および、データ解析に基づく地上風速予測手法について、ベースとなるモデルを完成させる。
- ②着氷予測モデルに地形影響を考慮できる機能を追加し、予測精度の評価を行う。また、24 時間平均着氷成長率について従来モデルよりも高い予測精度を目指す。

(成果)

- ①4 地点の地熱発電所における既存のアセスデータを対象として、山間部における気象モデル再現精度の定量評価を実施。地上風速の過大評価傾向が見られたが、モデル設定の最適化により改善の見込みが得られた。また、気象モデルと CFD モデルの融合モデルを整備し、機械学習による複雑地形上の地上風速予測手法を整備した。
- ②地熱発電所を対象とした着氷観測を実施し、着氷予測モデルの検証用データを取得した。

(2) -2. IoT 硫化水素モニタリングシステムの開発

(中間目標)

- ①以下の性能の実現を目標として、室内における小型連続測定器の実証機の性能評価試験を実施する。

【基本性能】

- ・検出限界：0.01 ppm 以下
- ・指示精度：±0.01 ppm 以内(試験ガス濃度:約 0.11 ppm)、±10 %以内(試験ガス濃度:約 1.00 ppm)

【使用環境を想定した温度、湿度による影響試験】

- ・測定値の変化：±0.01 ppm 以内
- ②低濃度領域測定器については、以下の性能を目標として試作機を製作する。

- ・検出限界：0.004 ppm
- ・バッテリー駆動：6 時間以上

- ③地熱発電所などを実験フィールドとし、新しい硫化水素測定手法ガイドラインの案に基づく実証試験の詳細な計画をとりまとめる。

(成果)

- ①実証機プロトタイプ 2 台で現地試験等により性能確認を実施中。性能評価用の装置を組立て動作テストを実施し課題を抽出済み。
- ②装置化前段階で 2022 年 11 月にフィールドテストを実施し、目標をクリア。
- ③予備調査を実施し候補地の選定を完了（地熱発電所 1 箇所、温泉地 1 箇所）。

研究開発項目 (3) 「地熱発電高度利用化技術開発」

(3) -1. 蒸気生産データの AI 処理による坑内および貯留層での早期異常検知技術の開発
(中間目標)

- ①過去の生産記録、トラブル記録、貯留層データの収集、フォーマット変換を終了する。
- ②蒸気生産量異常検出、原因推定 AI の開発を終了する。
シミュレーションを通じて生産異常の 70%程度を事前・もしくは早期検知可能であり、事前・早期検知した異常の 70%以上について原因を提示できることを示す。
- ③奥会津地熱株式会社が運用している坑井データ監視・記録システムで運用可能にするためのコーディングおよび必要なハードウェアのコア部分の設計・開発を終了する。

(成果)

- ①過去の生産記録、トラブル記録、貯留層データの収集、フォーマット変換を終了した。
- ②蒸気生産量異常検出、原因推定 AI のコア部分の開発を終えた。シミュレーションにより生産異常の 80%以上について事前・早期検出が可能であることを示した。典型的異常について原因との関連を示すデータベースを構築した。
- ③AI システムの仕様を策定し、コア部分の開発を開始した。奥会津地熱(株)が運用中の坑井データ監視・記録システムで使用可能にするためのハード・ソフトの整備を終了した。

(3) -2. 坑内異常自動検出 AI 方式、耐熱坑内可視カメラ (BHS) 開発
(中間目標)

- ①200℃・2,000m 程度の環境下での坑内画像が取得可能で、VGA 以上の画像分解能（焦点での分解能 0.5mm 以下）を持つ BHS が開発されていること。
- ②浮遊物等のノイズを除去できる画像鮮明化処理が可能な 3 次元フィルタをはじめとするシステムのプロトタイプが完成し、浮遊物ノイズ等が除去されて、坑壁画像が視認できる状況に改善されていること。
- ③過去のデータの学習が完了した画像処理システムのプラットフォームが完成し、健全な状態にあるケーシングの継ぎ目が 100%検出でき、スケール付着状況が画面上で検出されるシステムであること。

(成果)

- ①200℃、2,000m 程度の環境下で 2.5 時間程度作業可能な測定器が開発できた。
- ②かすみ除去・2 次元及び 3 次元ノイズフィルターを組み合わせることで画像鮮明化を実現した。
- ③前方視について AI による学習の実施し、正常・スケール付着について正答率 77%のシステムを開発した。

(3) -3. 光ファイバマルチセンシング・AI による長期貯留層モニタリング技術の開発
(中間目標)

- ①調査した高温用光ファイバケーブルの性能を評価し、温度・圧力・振動・流量を計測できるマルチセンシングシステムの実現性を確認する。特に、圧力・流量に関しては、それぞれ 2 つの異なる手法による性能を評価し、2024 年度以降の開発の方針を策定する。
- ②光ファイバケーブルに損傷・断線・変形等を与えることのない降下・設置手法と確実な坑口シール方法を提案する。
- ③AI-IoT システムのプロトタイプを完成させる。技術者の習熟度によらず、一定条件で迅速かつ安定的なイベント検出または監視が長期にわたり可能な AI-IoT システムの概念を実証する。

(成果)

- ①高温用光ファイバケーブルを入手し、その特性と性能を評価した。また、室内およびフィールド実験においてマルチセンシングシステムの実現性を確認した。また、試作や室内実験を行い、それぞれの手法における性能を評価し、以後の開発方針を決定した。
- ②降下・設置技術を調査し、目的に合った手法を選定した。また、降下・設置条件に合った設置器具および坑口装置を選定した。
- ③坑井内 DAS による AE 観測データからのイベント検出作業の機械化による効率改善を確認した。また、遠隔監視システムのプロトタイプを試作した。

(3) -4. AI を利用した在来型地熱貯留層の構造・状態推定
(中間目標)

- ①坑井、地表地質、地理情報、物理探査データ等から AI 的手法により温度分布および高透水性領域の分布を推定可能にする。特に、温度については、15%以下の誤差で推定する。

	②地下 2～3km の 2 次元および 3 次元比抵抗構造について、従来手法よりも高い空間分解能を持つ解析方法を開発し、それに基づいた構造解析コードを作成する。 (成果) ①坑井、地表地質、地理情報、物理探査データ等から温度分布を推定する AI を開発し、人工データに対し 15%以下の誤差で推定した。また、画像認識により開発有望領域（高透水性領域）の分布を推定可能な手法を開発した。 ②スパースモデリングによる 2 次元比抵抗逆解析コードの開発を完了し、最適化パラメータの検討を実施した。また、3 次元解析コードの一部となる順解析部分のコード開発を完了した。 (3) -5. 地熱貯留層設計・管理のための耐高温・大深度地殻応力測定法の実用化 (中間目標) ①250℃以上の耐熱性能があり、2.5 km 以上の深度で 2 個以上の応力記録コアを連続的に採取できる方法を具体化する。これに基づいて実証試験の詳細計画を提示する。 ②方位の時間変化を内蔵メモリに記録でき、250℃以上の耐熱性能を有する方位測定器を開発する。また、測定器が耐えられる温度と保持時間の関係を明らかにする。 ③現実に即した断裂型貯留層の構造モデルを決定する。 (成果) ①改良ロッド型ツールを製作して地表から掘削した実坑井および神岡鉱山の坑道に掘削した実坑井での動作試験に成功した。また、ワイヤーライン型ツールを製作して神岡鉱山の坑道に掘削した実坑井での動作試験に成功した。 ②耐熱温度 204℃で 8 時間耐えられる市販の方位測定器を入手できた。この耐熱条件を踏まえ、ワイヤーライン取り付け方式で方位測定器を一時的に改良ロッド型ツールと連結してコア方位を測定する装置を製作した。そしてこの装置を神岡鉱山での掘削試験に適用して動作検証に成功した。 ③国内の地熱発電所における地質構造と熱構造を文献調査した結果、断層、断裂帯と貫入岩体などが異なる 3 つの形態に分類されることがわかった。 (3) -6. 発電設備利用率向上に向けたスケールモニタリングと AI 利活用に関する技術開発 (中間目標) ①テストピースの材質選定から浸漬後のテストピースの保管、およびテストピースの各種分析を含めたモニタリング試験条件の決定し、標準化案の検討を完了する。 ②熱水からのシリカスケール沈殿のケースを 200 条件以上（沈殿しないケースを 50 条件以上含む）、二相流および蒸気からのシリカスケールの沈殿のケース（フィールド試験）を 20 条件以上のデータセットを取得する。 ③シリカスケール生成予測を実現する AI の概要設計を完了する。 ④実証試験装置を製作し、実証試験を実施する。実証試験を実施し得られた結果と、モデル計算等との比較・評価を行う。 (成果) ①試験条件の標準化を検討し、ベースとなる試験法は確定しつつある。 ②目標として挙げた条件数に対する進捗率の約 7 割を達成している。 ③既存データによる AI の概念設計構築とともに試行的なスケール生成予測を繰り返し進めている。 ④実証試験装置を製作し、実施可能な発電設備を検討中である。 (3) -7. 地熱発電持続可能性維持のための IoT-AI 技術開発 (中間目標) ①全体システム設計において、対象発電所の過去データに基づき全体最適化した場合に、持続的に利用率が向上することを示す。 ②澄川地熱発電所ならびに滝上発電所の蒸気設備において、個別技術の試験を行う。 (成果) ①EnergyWIN、貯留層付き非定常坑内流動シミュレーションを用いた解析により、坑口圧を系統よりも僅かに低圧で併入することで、振動→除外現象を避けて安定的な生産の継続ができ、利用率が向上することを示した。また、現状の坑内状況に合わせ、タービン入口蒸気圧力を 0.287→0.273 MPaG と変化させることで、発電効率の低下を上回る蒸気量増が見込め、利用率の向上に繋がることを示した。上記 2 件の成果として、定検前後のデータ比較で利用率 8.34%の向上を確認できた。 ②澄川地熱発電所ならびに滝上発電所に 2018 年度～2022 年度までの運転データ・実証フィールド等提供のご協力をいただき、個別の要素技術毎の検証を行うことができた。
--	---

3. マネジメント

3.1 実施体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー課 資源エネルギー庁 資源・燃料部 政策課			
	プロジェクトリーダー	—			
	プロジェクトマネージャー	主査／大竹 正巳			
	委託先	日鉄鉱コンサルタント（株）、地熱エンジニアリング（株）、三菱マテリアルテクノ（株）、地熱技術開発（株）、西日本技術開発（株）、東北緑化環境保全（株）、（株）ガステック、奥会津地熱（株）、三井金属資源開発（株）、（株）物理計測コンサルタント、（株）地球科学総合研究所、応用地質（株）、九電産業（株）、九州電力（株）、三菱重工業（株）、日本オイルエンジニアリング（株）、（株）INPEX ドリリング、エスケイエンジニアリング（株）、地熱解析（株）、松永ジオサーベイ（株）、（株）レーザック、（国大）秋田大学、（国大）東北大学、（国大）九州大学、（国大）京都大学、（学）近畿大学、（国大）熊本大学、（公大）会津大学、（国大）室蘭工業大学、（国大）東京工業大学、（学）早稲田大学、兵庫公立大学法人兵庫県立大学、（国大）神戸大学、（国大）東海国立大学機構名古屋大学、（国研）産業技術総合研究所、（一財）エンジニアリング協会、（一財）ファインセラミックスセンター、（一財）電力中央研究所			
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（評価実施年度については予算額）を記載） （単位：百万円）	主な実施事項	2021fy	2022fy	2023fy	
	研究開発項目 （1）「超臨界地熱資源技術開発」	モデルフィールドにおける資源量評価			
		深部探査技術手法開発			
	研究開発項目 （2）「環境保全対策技術開発」	硫化水素連続モニタリング装置開発			
		気象モデリング手法開発			
	研究開発項目 （3）「地熱発電高度利用化技術開発」	貯留層管理手法開発			
		発電設備管理手法開発			
	会計・勘定	2021fy（実績）	2022fy（実績）	2023fy（予算額）	総額
	一般会計	—	—	—	—
	特別会計 （電源・需給の別）	1,059	1,515	1,154	3,728
	開発成果促進財源	—	—	—	—
	総 NEDO 負担額	1,059	1,515	1,154	3,728
（委託）	1,059	1,515	1,154	3,728	
3.3 研究開発計画					
情勢変化への対応	2021 年 10 月に閣議決定された「第 6 次エネルギー基本計画」では地熱発電のさらなる導入拡大が期待されている。また、2022 年 11 月にエジプトで開催された COP27 では、パリ協定で定めた目標の重要性の再確認や国別目標の強化が決定された。 このような状況を受け、「超臨界地熱資源技術開発」のうち 4 地域の資源量評価については、当初は 2021 年度から 2024 年度までの 4 年間での計画であったところを 2023 年度まで				

		の3年間に前倒しで完了させる計画に見直しを行い、2050年のカーボンニュートラルに着実に貢献することを目指す。	
	中間評価結果への対応	—	
	評価に関する事項	事前評価	2020年度実施 担当部 新エネルギー部
		中間評価	—
		終了時評価	—
別添			
	投稿論文	「査読付き」12件、「その他」1件	
	特 許	「出願済」1件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願0件） 特記事項：特になし	
	その他の外部発表（プレス発表等）	研究発表・講演：71件 受賞実績：2件	
	基本計画に関する事項	作成時期	2021年2月 作成
		変更履歴	2022年4月 改訂（プロジェクトマネージャー変更のため）

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準	各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋								
(1) 本事業の位置づけ・意義	A	B	A	A	B	A	A	2.7
(2) アウトカム達成までの道筋	B	A	A	B	B	A	A	2.6
(3) 知的財産・標準化戦略	B	A	A	B	B	A	A	2.6
2. 目標及び達成状況								
(1) アウトカム目標及び達成見込み	A	B	B	A	B	A	A	2.6
(2) アウトプット目標及び達成状況	A	A	B	A	A	A	A	2.9
3. マネジメント								
(1) 実施体制	B	A	A	A	B	B	A	2.6
(2) 受益者負担の考え方	A	A	A	A	B	A	A	2.9
(3) 研究開発計画	B	A	A	A	B	A	A	2.7

《判定基準》
A：評価基準に適合し、非常に優れている。
B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価分科会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「（参考）分科会委員の評価コメント」に、各分科会委員の指摘事項を参考として列記している。

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、国産エネルギーであり再生可能エネルギーにおけるベースロード電源を担う地熱発電の導入拡大は、長期的なエネルギーセキュリティ確保の観点においても必要不可欠である。また、在来型地熱資源を更に効率的に開発すること及び次世代型地熱資源の開発へ道筋を付けることは急務であることから、本事業の研究開発項目である超臨界地熱資源技術開発、環境保全対策技術開発及び地熱発電高度利用化技術開発は、第 6 次エネルギー基本計画等政策にも資する取り組みとして、新規の導入拡大に加え、既存の地熱発電所の維持・利用率向上等に向けても期待される技術と考えられる。

アウトカム達成までの道筋においては、目標達成までの技術的なハードルの違いを考慮すれば、超臨界地熱資源技術開発と環境保全対策技術開発・高度利用化技術開発」でアウトカム達成の時期を 2 段階に分けたこと、また超臨界地熱資源技術開発において当初、資源量評価で 4 年間としていた計画を、グリーン成長戦略を受けて 3 年間に短縮し、構造試験掘削計画立案に向けた見直しが行なわれたことは、外部環境変化、社会的影響等を考慮した対応として評価できる。

知財戦略においては、特許として権利化を図る高度利用化技術開発をクローズに、マニュアルとして公開する環境保全対策技術開発をオープンにする考え方は、研究成果の事業化に資する適切なものであり、また、標準化戦略は在来型と超臨界に分けて整理されており、それぞれの方針は明確かつ合理的であると評価できる。

今後においても、本事業は、国内外のエネルギー動向や施策、様々なイノベーションや社会経済情勢にも左右されることから、現時点での経済的評価が難しい面はあるも、純国産資源の利用拡大に向け、国が実施する意義は十分にあり、継続的に実施すべき事業と考える。

一方、他の地熱開発推進との連携においては、シナジーを創出する必要性及びアウトカム目標に対してどのように寄与していくのかも合わせて示す必要があると考える。

また、超臨界地熱資源技術開発では、アウトカム達成までの道筋において、FY2030 から FY2050 の実用化について、より具体的で分かりやすい道筋及び内容で、且つ、社会情勢や経済情勢変化の影響も考慮した説明が必要であると考ええる。

さらに、標準化戦略に関しては、環境保全事業は規制制度等に組み込まれることで効果を発揮することが考えられるため、今まで以上に、関係省庁含めて積極的に働きかけていくことを期待したい。

2. 目標及び達成状況

在来型地熱開発のアウトカムは、国のエネルギー政策である長期エネルギー需給見通し(2015 年) による 2030 年度導入見込量に整合した目標値が設定されており、また、超臨界地熱資源技術開発のアウトカムは、2030 年度の政府目標に基づき、NEDO がポテンシャル調査した結果によるもので、いずれ

の目標についても、発電容量・発電量の根拠となるリファレンスを明確にしたうえで市場規模予測、CO₂削減効果が示されているなど、設定根拠はいずれも明確である。

各研究開発項目のアウトプット目標は、地熱発電の導入拡大を図る上で重要とされる技術開発目標を、資源量増大、環境保全・地域共生、発電原価低減の観点で集約し、前身事業から事業継承したものであり、適切な設定であると考えられる。いずれの項目も中間目標は達成が見込まれており、達成の根拠、解決方針も示されている。また、成果においても、他分野への技術移転や波及効果が期待でき、高く評価できる。

成果の普及においては、特許出願もあり、論文件数、研究発表等も進捗に応じて増えており、委託先がそれぞれ情報発信に積極的に取り組んでいること、また、JOGMEC と意見交換を実施し、可能な範囲でデータ共有を図るとしたことも評価できる。

今後、費用対効果の試算の妥当性については、第6次エネルギー基本計画を踏まえた市場規模予測、CO₂削減効果などの見直し、地熱開発の具体的な件数からの予測、また、両事業での技術開発による相乗効果等の検討が望まれる。

また、地熱発電の導入拡大には地域の社会的課題を含めた総合的な取り組みが必要であることから、事業の進捗状況、経済的優位性及び成果の普及などを、これまで以上に NEDO と事業者間でよく連絡を取りあい、積極的なメディア発信を行っていただきたい。

さらに、予算的な制約はあるが、超臨界地熱資源技術開発にあっては複数地点での構造調査試錐・調査井の掘削をより多く実施し、超臨界地熱資源の普遍性をより明らかにさせていくことを期待したい。

注）JOGMEC（独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構）

3. マネジメント

実施体制においては、NEDO の強力なプロジェクトマネジメントのもと、産官学が一体となって効率的に各プロジェクトが進められており、長期的視野に立った研究開発を担う NEDO と現業に対する機動的な支援を担う JOGMEC とが車の両輪となって機能していると考えられる。また、個別事業の採択プロセスも適切であり、健全性・公平性の確保に対する配慮も確認出来る。

受益者負担の考え方については、本事業で実施されている研究開発項目は、いずれも難易度が高く、かつ、長い研究期間を要し、リスクを伴うチャレンジングな研究内容が多く含まれており、民間事業だけで実施することは難しいことから、委託事業とすることは妥当である。

研究開発計画については、進捗管理手法として、外部有識者を活用している点、前事業に対する事後評価結果に対して、JOGMEC との意見交換等を通じて、適切に対応出来ている点、発電事業者・デベロッパーとの意見交換会を NEDO のマネジメントの中で調整・実施されている点は、今後の実用化・事業化に向けた取組として、評価できる。また、超臨界地熱資源技術開発について当初計画からの前倒しの見直しが行われたとともに、それにより追加された構造調査試錐に関して、4 地域いずれにおいても仕様の策定等の達成が見込まれている点も高く評価できる。

研究開発の進捗については、野外作業が多いにもかかわらず、ほとんど遅延もなく順調に進んでいることは評価できる。

今後、個別事業の採択プロセスにおいては、将来的に超臨界地熱資源技術やその調査が進められた地域にて継続事業を行う場合に、事業者をどのように選定していくかは整理していく必要があると考

える。

研究開発計画については、2024 年以降に構想されている構造調査試錐は、今後の課題解決に向け、より多くの地域での実現を期待するが、新たな課題が出た場合などには、見直しを含めた柔軟な対応を図っていただきたい。また、高度利用化技術開発の事業化・実用化に向けては、要素技術間の連携の必要性、ならびに AI を含めた研究項目が増えていく中で実用化をするための精度の向上が重要となることにも留意されたい。

世界全体での導入拡大ペースに比べて、国内の開発が停滞している点について、それらの背景や差異を明らかにしつつ、必要な技術開発を推進していただくことを期待したい。

（参考）分科会委員の評価コメント

（１）意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・ アウトカムに CO₂ 排出削減量・市場規模が含まれるなど、政策・施策に基づいた位置づけが明確に示されており、国が実施すべき事業と考える。
- ・ エネルギーセキュリティおよび持続可能な開発目標の観点から、外部環境が変わっても本技術開発の重要性は本質的には変わらないと考えられる。左欄に考慮すべき事項として記されている内容は、基本的に達成されている。
- ・ オープン・クローズ戦略の考え方が適切に示されている。
- ・ 2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、出力が安定的な再エネ電源である地熱発電の導入拡大は必要不可欠と考えられる。評価対象のテーマである超臨界地熱資源技術開発、環境保全対策技術開発及び地熱発電高度利用化技術開発は、新規の導入拡大に加え、既存の地熱発電所の維持・利用率向上等に向けても期待される技術と考えられる。地熱発電技術の全体ロードマップ上の位置づけもよく整理されている。
- ・ 当初計画に対して、超臨界地熱資源技術開発は資源量評価が前倒しで完了の見込みとなっており、適切な見直しが図られていると評価出来る。
- ・ 知的財産権の帰属は、原則全て委託先に帰属させることとしており、委託先が事業化に向けた検討を行う上で適切な扱いになっていると考えられる。
- ・ 政策・施策との位置づけも明確で、地熱発電の導入拡大を図る上で重要とされる技術開発目標を、資源量増大、環境保全・地域共生、発電原価低減に集約し、事業継承していることは高く評価できる。2050 年のアウトカム達成に向けては、特に高度な技術開発による資源量増大が不可欠であり、現在の調査地域に留まらず、新たな地域展開、地域拡大の検討も必要である。
- ・ オープンおよびクローズ戦略は、適非競争域と競争域に分けて、それぞれ公開についても考え方が適切に示されていることは高く評価できる。
- ・ 2050 年カーボンニュートラルに向けて成長が期待される重点エネルギー分野のひとつとして地熱発電の課題や取り組みが示されるなかで、2030 年度の導入目標として最大約 150 万 kW が掲げられている。地熱開発は開発に時間と大きな費用を必要するが、国産エネルギーで再エネの唯一のベースロード電源を担うものであることから、本事業は海外を含めた外部環境の変化を踏まえても長期的に考え得るエネルギーセキュリティにおいても重要な社会課題に資する事業と考えられる。特に超臨界地熱資源技術開発については、民間では担うことが困難である研究に対してこれまで地熱技術開発プロジェクトを運営管理してきた NEDO が担うことは重要であると考ええる。
- ・ 2050 年の超臨界地熱資源技術開発に関してはアウトカム達成を意識したものとなっていると考えられる。各研究項目がそれぞれにおいて社会実装を意識した目標設定をしていると考えられる。
- ・ 超臨界地熱資源技術開発の探査技術に関しては在来型地熱開発に対しては実用化レベルに達しているものがあり、先行して技術開発の実用化を進めることを評価する。環境保全技術で実用化レベルを目指しているなかで規制への組み込みが効果をあげることが認識させており、それを意識した技術研究が行われていることは良いと思う。

- ・ 日本の地熱資源量は世界第 3 位といわれる中、我が国は自国のポテンシャルを十分に活かしきれていない。在来型地熱資源を更に効率的に開発することと、次世代型地熱資源の開発へ道筋を付けることは我が国において急務である。
- ・ 目標達成までの技術的なハードルの違いを考慮すれば、「超臨界地熱資源技術開発」と「環境保全対策技術開発・高度利用化技術開発」でアウトカム達成の時期を 2 段階に分けているのは、理に合っている。
- ・ 非競争域では「手法マニュアル・手引き化」を予定すると共に、競争域では「特許として権利化」を的確に進めている。
- ・ 本事業の研究開発目標である資源量増大、環境保全対策、発電原価低減はエネルギー基本計画等上位政策における再エネの主力電源化、発電原価低減に資する取組みであり寄与が明確である。外部環境としては国内外問わず引き続き温暖化対策は喫緊の課題であり国において実施する意義は大きい。
- ・ 超臨界地熱資源技術開発について、当初計画では資源量評価を 4 年間としていたところ、グリーン成長戦略を受けて 3 年間に短縮し構造試験掘削計画立案に向けた見直しがなされたことは、外部環境変化、社会的影響等を考慮した対応と評価される。アウトカム達成の時間軸についても、環境保全対策と高度利用化技術開発を在来型地熱発電技術と位置づけ 2030 年の早期達成としたことは理にかなっていると考えられる。
- ・ 特許として権利化を図る高度利用化技術開発（クローズ）とマニュアルを公開する環境保全対策技術開発（オープン）の考え方は合理的で研究成果の事業化に資する適切なものと思料する。標準化戦略は在来型と超臨界に分けて整理されており、前者はタービン発電機メーカー各社独自の技術で成り立っており難しい一方で後者は調査井掘削のタイミングに標準化の議論を実施するとしており方針は明確かつ合理的と思料する。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 外部環境が変わっても、本技術開発の重要性はほぼ変わらないと考えられる。その点を、説明資料等にもう少し明確に記載したほうが良いかもしれない。
- ・ アウトカムである民間による地熱開発事業については、社会情勢や経済情勢も関係するので、そのような情勢変化を考慮した説明が加われば、より良くなると思われる。
- ・ より具体的には、評価委員会の場において委員からいくつかコメントがあったので、それらを参考にオープン・クローズを個別技術ごとに決めていくと良い。
- ・ 世界全体での導入拡大ペースに比べて、国内の開発が停滞している点について、その差異を明らかにしつつ、引き続き必要な技術開発を支援していただきたい。
- ・ 国内外のエネルギー動向や施策、様々なイノベーションや社会経済情勢にも左右されるため、現時点での経済的評価は難しい面があると思われる。しかし、研究予算と一定の期間を要し、純国産資源の利用拡大に向けた本研究開発 PJ は、国が実施する意義はあり、継続的に実施すべき事業である。
- ・ 各研究開発項目において、FY2030 までのアウトカム達成までの道筋はイメージしやすいが、特に超臨界地熱資源技術開発では、FY2030～FY2050 の実用化までに関して時間軸が不明確と感じる。可能であれば、もう少し具体的でわかりやすい道筋を表記にすべきと考える。

- ・ 2030 年、2050 年に向けた地熱資源技術開発は NEDO が担い、地熱資源開発調査業務は JOGMEC が担う役割で地熱開発推進を両輪で進めていることに関して、それぞれ役割分担とともにシナジーを創出する必要がある。NEDO と JOGMEC の双方の地熱関連の事業により、2030 年、2050 年の目標に対してどのように寄与していくのかを合わせて示すと良い。
- ・ 2030 年の目標最大 150 万 kW に対して環境保全対策技術と高度利用化技術がどれだけ貢献しうるのかは見えにくい。環境保全対策技術による成果については、地熱開発を長期化させている現在の規制制度への組み込み方を考えることまでが技術開発の範囲であることを踏まえると、技術革新に対して規制制度の改革が追いついていないことに対しての働きかけを強化していくことが必要だと考える。
- ・ 研究項目のなかで在来型地熱において実用化レベルに達している技術はもっと戦略的に利用できるとよい。環境保全事業に関しては規制制度等に組み込まれることで効果を発揮することを考えると、標準化戦略に関しては関係省庁含めて積極的に働きかけることで成果が上がると思う。
- ・ 1990 年代には地熱開発技術で世界をリードしていたわが国が 2000 年代の冬の時代を経て劣後し発電設備容量が伸び悩む事態となっているとの見方がある。外部環境への対応も重要だが、エネルギー安全保障上、極めて重要な国産エネルギーとして、超長期的に取り組み続けられるよう位置づけられないか。

(2) 目標及び達成状況

【肯定的意見】

- ・ CO₂ 排出削減量・市場規模を含むアウトカムや波及効果を明確に示している点を評価する。本技術開発目標が達成されれば、十分に期待できるアウトカムと波及効果であると考ええる。
- ・ アウトプット目標の設定は適当であり、どの個別事業も中間目標は達成・またはそれ以上の成果を挙げている。
- ・ 国のエネルギー政策に整合したアウトカム目標が設定されており、設定根拠は非常に明確である。
- ・ 中間目標・評価時目標ともに達成の判断が容易となる考え方で設定されている。中間目標に対する進捗は、いずれの技術開発も順調であり、中間目標は達成の見込みとなっている。特に、特定の事業については既存の発電事業者から高い評価を得ており、実用化・事業化が強く期待されるものが含まれていたと認識している。特許出願もなされており、論文件数、研究発表等も進捗に応じて増えており、委託先がそれぞれ情報発信に積極的に取り組んでいると評価出来る。また、JOGMEC と意見交換を実施し、可能な範囲でデータ共有を行うこととした点も評価したい。
- ・ アウトカム目標の設定と根拠は、次世代型地熱発電および在来型地熱発電として、それぞれ目標と根拠がわかりやすく示されており、高く評価できる。
- ・ 各研究開発項目は、目標達成の見込みで、達成の根拠、解決方針も示されており、高く評価できる。特許出願に至った成果や、他分野への技術移転や波及効果が期待できる成果もあり、高く評価できる。
- ・ 超臨界地熱資源技術開発においては研究スケジュールの短縮の見直しが行われたことは良い点である。
- ・ 各研究項目が社会実施を意識したアウトプット目標に設定されており、達成状況、見込みについて

評価できる。

- ・ 「第6次エネルギー基本計画」による2030年度導入見込量148万kWという目標を手始めとして、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を達成する見込みは充分にあるし、その心意気で研究を進めてほしい。
- ・ どのプロジェクトにあっても中間目標を高いレベルで達成している。更に次のステップにおいても高い目標を見据えて進めてほしい。
- ・ 超臨界と在来型それぞれのアウトカム目標についていずれも現時点では達成見込みがある。発電容量・発電量の根拠となるリファレンスを明確にしたうえで市場規模予測、CO₂削減効果が示されており、数十億円のインプットに対し十分な費用対効果が確認できている。
- ・ 中間目標はいずれも達成見込みであることを確認している。論文数は昨年度から飛躍的に増えており、特許出願や国際誌への論文発表もなされている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 「次世代型地熱発電」の成果は在来型地熱発電にも役立つとの説明があった。そうであれば、次世代型地熱発電の技術開発による在来型地熱発電の伸びが、アウトカムに上乗せされても良いのではないか。
- ・ 目標達成できれば技術的優位性を確保できる点は明白だが、経済的優位性についての説明があまり無かった。事業の進捗と共に、経済的優位性について言及できるように準備していくと良い。
- ・ アウトカム目標の根拠として、当時のエネルギーミックスに基づく発電容量が掲げられているが、第六次エネルギー基本計画の策定を踏まえ、見直しを行っても良いのではないか。なお、見直しを行ったとしても、その目標達成は非常にハードルが高い点に留意が必要である。
- ・ 特許に関する外国出願については、委託先の負担が大きいとのことであるが、我が国の技術的優位性を確保する上で真に必要なものであれば、国の方で一定の支援を行うことも検討いただきたい。
- ・ 在来型地熱発電のアウトカム目標の設定根拠は2030年の最大導入見込量とされているが、本事業で実施されている2つの技術開発による目標達成への寄与は限定的と考える。アウトカム目標の達成には地熱開発の件数拡大が不可欠であり、本事業がそれに寄与するものであるにしても、これが妥当かどうかには疑問がある。
- ・ 地熱発電の導入拡大には地域の社会的課題を含めた総合的な取り組みが必要であるが、成果の普及に関して、新聞・雑誌等への掲載が0件である点がやや気になる。地熱資源を有する地域の人たちにとっては新聞・雑誌・TV等が主要な情報源となるので、可能な限りはNEDOと事業者間でよく連絡をとりあい、積極的なメディア発信を行っていただきたい。
- ・ インプット（PJ費用総額）に対して、在来型地熱発電および次世代型地熱発電では、アウトカムの市場規模予測、CO₂削減効果などに大きな違いが表記されている。現状では、費用対効果の試算の妥当性を評価するためには、少し改善は必要と考える。
- ・ 海外の先進事例を踏まえて現在の日本の立ち位置を明確に示すことでアウトカム目標設定の根拠がより明確になるのではないかと考える。
- ・ すべての各研究項目の目標は達成できる見込みであったので、見込み通りの達成状況を期待する。
- ・ 予算的な制約があることは十分理解の上ではあるが、「超臨界地熱資源技術開発」にあっては複数地

点での構造調査試錐・調査井の掘削を実施して頂き、超臨界地熱資源の「普遍性」を明らかにして欲しい。

- ・ 研究開発のアプローチとしてニーズ主導とシーズ主導の 2 通りがあるところ、前者に偏っているように思われる。年限のあるアウトカム目標があるためと思われ、年限のある目標を設定しない長期的かつ達成見込みが立ちにくいシーズ主導のテーマがあってもよいのではないか。目標管理が難しくなるが、例えば論文の投稿数や被引用数などを指標として管理できないか等議論が可能ではないか。

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- ・ 評価基準のいずれもほぼ適切と考えられる。
- ・ 国の事業として行うことが最適と考えられる。
- ・ 実施体制は適切と考えられる。
- ・ NEDO は前身プロジェクトを含め多くの再生可能エネルギーに関する技術開発の執行経験を有しており、本件の執行機関として適切である。適切な実施体制が構築されている。個別事業の採択プロセスも適切であり、健全性・公平性の確保に対する配慮も確認出来る。
- ・ 委託事業とする理由には一定の合理性があり、委託事業として継続することが適切と考えられる。
- ・ 前事業に対する事後評価結果に対して、JOGMEC との意見交換等、適切に対応出来ている。進捗管理手法として、外部有識者を活用している点を評価したい。また、NEDO が実施したマネジメントの中では、発電事業者・デベロッパーとの意見交換会を調整・実施した点を高く評価したい。こうした取り組みが、実用化・事業化に結びつくと考えられる。
- ・ 超臨界地熱資源技術開発について当初計画からの前倒しの見直しが行われたとともに、それにより追加された構造調査試錐に関して、4 地域いずれにおいても仕様の策定等の達成が見込まれている点は大いに評価できる。
- ・ 本 PJ で実施されている研究開発項目は、いずれも難易度が高く、かつ、長い研究期間を要し、リスクを伴うチャレンジングな研究内容が多く含まれている。これらの研究開発は民間事業だけで実施することは難しいことから、委託事業とすることは妥当である。また、本 PJ のような基礎的・基盤的、標準的な研究開発は、エネルギー、社会・経済情勢を踏まえた不断の見直しは必要ではあるが、これらの情勢に振り回されることなく、実用化、事業化を目指し、継続的に実施すべきである。
- ・ 各研究項目のアウトプット目標に対する達成は順調に進んでおり、適切な実施体制が組まれていると考えられる。
- ・ 超臨界地熱資源技術開発のように長期間を要し、事業性の予測が難しい事業は民間企業だけで実施することが困難であることから、NEDO による委託事業として継続していくことが望まれる。
- ・ 研究開発の進捗に関しては達成見込み状況から見て適切管理できると考えられる。
- ・ NEDO の強力なプロジェクトマネジメントのもと、産官学が一体となって効率的に各プロジェクトを進めている。
- ・ 受益者負担の考え方、研究開発計画全く違和感なし。
- ・ 執行機関は適切であると思料する。長期的視野に立った研究開発を担う NEDO と現業に対する機動

的な支援を担う JOGMEC とが車の両輪となって機能している。

- ・ 難易度が高く開発期間が長期である地熱開発分野の研究開発は民間企業ではリスクを負えないことから委託事業が妥当であると思料する。
- ・ 要素技術は多岐に渡るが JOGMEC 事業も含め網羅的に連携されており、スケジュールも前述の 4 年計画を 3 年に短縮する等、適切に見直されている。進捗管理は外部有識者によるものと NEDO によるものがあり丁寧に遂行されている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 執行機関について、国による地熱技術開発を行う機関として NEDO と JOGMEC があり、その仕分けについて数名の委員から質問が出ていた。資料にもその仕分けが掲載されているが、説明にもう一工夫が必要なようである。研究データの利活用・提供方針等については、全般的な説明はあったが、個別の技術に関してもオープン・クローズの言及があるとベターと思われる。
- ・ 超臨界地熱資源技術開発については、アウトカム達成までの道筋は 2050 年を視野に入れた長期的構想であり、国の主導による資源調査も 2030 年以降となっている。ぜひその達成まで国の事業として継続すべき。
- ・ 研究開発の進捗については、野外作業が多いため遅れ気味でも納得できるところだが、これまでほとんど遅延もなく順調に進んでいることにむしろ驚いている。今後、遅延が発生した場合でも、単に内容を削るのでなく期間を延長して当初計画を完了できるようにするなど、柔軟な対応が可能な管理としてほしい。
- ・ 意見交換会の調整・実施については、必要に応じて、他のテーマについても実施を検討いただきたい。
- ・ より多くの地域での構造調査試錐掘削の実現を期待するが、新たな課題が出た場合などには、見直しを行ったことにこだわることなく慎重に事業を進めていただきたい。
- ・ 各研究項目を着実に進めるという点においては良いと思うが、それらのアウトプットの活用において JOGMEC や METI を含めてどのようにアウトカム目標の達成に結びつけていくのかを示せるとより良い。特に JOGMEC との連携についてはより具体的になっていくことを期待する。
- ・ 将来的に超臨界地熱資源技術やその調査が進められた地域の継続事業を行う場合の事業者をどのように選定していくかは今後整理されなければならないと考える。
- ・ 高度利用化技術の事業化、実用化に向けて今後の要素技術間の連携が行われる必要があると思う。AI を含めた研究項目が増えていくなかで実用化するためにはいかに精度を高められるかが重要であると考えている。
- ・ 「超臨界地熱資源技術開発」の今後のフェーズの実施に関しては、NEDO が主体となって執行すべきなのか若干の違和感を覚える。
- ・ 2024 年以降に構想されている構造調査試錐は今後の課題解決に向け必須と思われる是非実行して頂きたい。

審議経過

● 分科会（2023年5月30日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

● 第74回研究評価委員会（2023年8月8日）

「地熱発電導入拡大研究開発」

中間評価分科会委員名簿

(2023年5月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	やすかわ かすみ 安川 香澄	独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構 特命参与
分科会長 代理	いのうえ ゆうし 井上 裕史	株式会社三菱総合研究所 サステナビリティ本部 主席研究員
委員	うまこし こうどう 馬越 孝道	長崎大学 総合生産科学域（環境科学系）教授
	たかはし てつや 高橋 徹哉	北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所 資源エネルギー部 地域エネルギーグループ 専門研究員
	たまき ひでかず 田巻 秀和	オリックス株式会社 環境エネルギー本部 事業開発部 課長
	てづか しげお 手塚 茂雄	電源開発株式会社 火力エネルギー部地熱技術室 兼 再生可能エネルギー事業戦略部戦略室
	もちなが たつろう 持永 竜郎	三菱ガス化学株式会社 基礎化学品事業部門 エネルギー資源・環境事業部 担当部長

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2023年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと ま ゆ み 松本 真由美	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

新規研究開発事業に係る事前評価書

1. 事業情報

事業名	再生可能エネルギー熱の面的利用システム構築に向けた技術開発事業 (「地熱・地中熱等導入拡大技術開発事業」に追加する新規テーマ)
担当部署	経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー課 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 新エネルギー部
事業期間	令和6年～令和10年(5年間)
概算要求額	令和6年度 2,000百万円の内数
会計区分	☐ 一般会計 / ☒ エネルギー対策特別会計
類型	☒ 研究開発プロジェクト / ☐ 研究資金制度
上位政策・施策の目標 (KPI)	第6次エネルギー基本計画 (令和3年10月閣議決定) (f) 再生可能エネルギー熱 再生可能エネルギー熱は地域性の高い重要なエネルギー源であることから、下水汚泥・廃材によるバイオマス熱などの利用や、運輸部門における燃料となっている石油製品を一部代替することが可能なバイオ燃料の利用、廃棄物処理における熱回収を、経済性や地域の特性に応じて進めていくことが重要である。 太陽熱、地中熱、雪氷熱、温泉熱、海水熱、河川熱、下水熱等の再生可能エネルギー熱について、熱供給設備の導入支援を図るとともに、複数の需要家群で熱を面的に融通する取組への支援を行うことで、再生可能エネルギー熱の導入拡大を目指す。
事業目的	2030年のエネルギーミックスの達成およびそれ以降の低炭素・脱炭素社会の実現には、再生可能エネルギー熱利用の普及促進に向けた技術開発および社会実装が不可欠である。 本事業では、複数建物や熱負荷の大きい建築物の熱需要を、単一もしくは複数の再エネ熱源から供給される大容量の熱エネルギーで賄う面的利用システムを構築し、さらなる再エネ熱利用の普及を目指す。
事業内容	本事業ではさらなる再エネ熱利用の普及を目指し、以下の研究開発項目を実施する。 (研究開発項目①) 再エネ熱利用システムの要素技術開発 再エネ熱利用に係る設計・施工方法、設備機器・システムの改良・開発等を対象に、個々の利用環境に適した要素技術の確立を行う。 (研究開発項目②) 再エネ熱利用システムの高度化技術実証 地域特性を活かした単一もしくは複数の組み合わせからなる再エネ熱等を熱源として、複数建物、集合住宅、事務所、公共施設等に導入するための熱利用 (空調、給湯、融雪等) システムの高効率化に係る技術を実証する。 (研究開発項目③) 再エネ熱の面的利用の共通基盤技術開発 蓄熱効果を考慮した再エネ熱面的利用の導入効果評価シミュレーターおよび最適運用シミュレーター等の構築や地中熱利用システムの更なる普及に向けたポテンシャル情報の高度化、地中熱利用システムの性能評価等を共通基盤技術として開発し、規格化を目指す。

アウトカム 指標		アウトカム目標
短期目標 (令和 12 年 度)	CO2 排出量削減	PJ 終了後、2030 年までに太陽熱 55 万 kL、地中熱 47 万 kL の導入を仮定した場合、CO2 排出量削減量 78 万 t が達成される。
長期目標 (令和 32 年 度)	CO2 排出量削減	PJ 終了後、2050 年までに太陽熱 150 万 kL、地中熱 134 万 kL の導入を仮定した場合、CO2 排出量削減量 379 万 t が達成される。
アウトプット 指標		アウトプット目標
中間目標 (令和 8 年 度)	研究開発項目 1:新たな技術手法の確立 研究開発項目 2:システムのトータルコストの削減率 研究開発項目 3:共通基盤技術の確立	1:実証試験を開始するための装置、設備、システム等の構築を完了する。 2:PJ 最終年度時点で 20%以上（2024 年比）の達成目途をつける。 3:面的熱利用システムに係る評価手法、最適運転技術、シミュレーション技術を規格化する目途をつける。
最終目標 (令和 10 年 度)	研究開発項目 1:新たな技術手法の確立 研究開発項目 2:システムのトータルコストの削減率 研究開発項目 3:共通基盤技術の確立	1:実証試験にて確認する。 2:PJ 最終年度時点で 20%以上（2024 年比）達成することを算出して示す。 3:面的熱利用システムに係る評価手法、最適運転技術、シミュレーション技術を規格化する。
マネジメント	・ 個々の採択課題は、2 年目及び 3 年目に外部有識者によるステージゲート審査を行う。 ・ 年に数回技術検討委員会を開催。進捗状況を確認し、必要に応じて事業計画を見直す。 ・ 事業開始 3 年目と終了時に、研究評価委員会において中間評価、終了時評価を実施。	
プロジェクトリーダー	—	
実施体制	METI ⇒ [交付金] NEDO ⇒ 下記	
	研究開発項目①：[委託] 民間企業、大学等	
	研究開発項目②：[1/2 補助] 民間企業、大学等	
	研究開発項目③：[委託] 大学、国研、自治体、業界団体等	

2. 評価

経済産業省技術評価指針（令和 5 年 1 月 1 日）に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて事前評価を行い、適合性を確認した。以下に、外部評価者の評価及び問題点・改善点に対する対処方針・見解を示す。

(1) 外部評価者

石上 孝 三菱マテリアルテクノ株式会社 営業部 東京支店 課長
笹田 政克 特定非営利活動法人地中熱利用促進協会 理事長
高橋 溪 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部
環境・エネルギーユニット 持続可能社会部 主任研究員

（五十音順）

※評価期間：4 月 11 日～4 月 14 日

(2) 評価

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- ・我が国の目指す政策・施策との関連付けが明確に示されており、その上で課題を具体的に示している点は高く評価できる。
- ・アウトカム達成に向けた道筋を、カーボンニュートラル実現を目指す 2050 年での目標として CO2 排出量の削減効果で示し、さらにその達成に向けての研究開発の流れとそれぞれのアウトプットから社会実装に向けた活動を示している点は高く評価できる。
- ・国内外の動向を踏まえた上で、これまでの単一利用から面的利用を中心とした研究開発へ移行していること、及び新規性の研究開発要素が含まれている点は期待できる。
- ・地中熱や太陽熱が中心に検討されているが、木質バイオマス熱やその他の再エネ熱についても検討が必要である。
- ・蓄熱、排熱利用、熱融通等の技術もプロジェクトの対象として検討が望まれる。また、蓄熱に関しては社会受容性の観点も研究開発と並行して検討されると良い。
- ・市場動向や政策措置、ビジネスモデル等、今後の普及に向けた情報を整理する必要がある。
- ・要素技術の開発成果の標準化については、それぞれの業界である程度技術が普及した後、標準化に向け動くケースが多いので、研究開発の成果を業界標準にするにはどのようなプロセスを踏むのがよいか検討が必要である。

② 目標

- ・アウトプット目標がそれぞれの研究開発項目ごとに設定され、具体的な設定根拠に基づき、インパクトのある数字で示されていることは評価できる。
- ・アウトカム目標がエネルギー政策上重要な 2030 年と 2050 年で設定されており、業界団体へのヒアリング調査等も行った上で現実的に可能な最大限の数字目標を示している点は評価できる。
- ・アウトカム目標の検討にあたっては、再エネ熱全体に加え、未利用熱も検討した方が良い。
- ・現時点では利用可能な数値からアウトカム目標を設定しているが、数字の妥当性については今後検証が必要である。また、面的利用に特化した CO2 排出量削減効果がどの程度であるかもあわせて検討すると良い。
- ・アウトプット目標については、中間目標と最終目標の違いがもう少し明確になると良い。また、アウトプ

ット目標の定量数字については外的環境変化の影響を受ける可能性があるため、その評価の考え方を明確にしておくが良い。

③ マネジメント

- ・ステージゲートを設定することにより、事業者はより緊張感を持って研究開発に取り組むことができる。また、この仕組みにより予算配分のメリハリをつけることが可能な計画となっている。
- ・実用化までに要する時間により、受益者負担の考え方がきちんと整理されている。
- ・実証と共通基盤技術開発が連携し、データの提供やシステムへの反映フィードバックを行うのは双方にメリットがある。
- ・実施体制に外部有識者や自治体関係者等を入れた委員会や事業間の情報連携を促す仕組みを設定すると良い。また、ステージゲートについてはその審査項目について今後具体化が必要である。
- ・要素技術開発と技術実証で委託と助成に負担が区別されている背景は理解しつつも、委託に応募者が集中しないような工夫が必要である。

(3) 問題点・改善点に対する対処方針

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点	対処方針・見解
・地中熱や太陽熱が中心に検討されているが、木質バイオマス熱やその他の再エネ熱についても検討が必要である。	・地中熱や太陽熱以外の再エネ熱についても今後、業界団体へのヒアリングや想定事業者との面談を積極的に行う。
・排熱利用、熱融通等の技術もプロジェクトの対象として検討が望まれる。また、蓄熱に関しては社会受容性の観点も研究開発と並行して検討されると良い。	・本事業で取り扱うテーマは主として再エネ熱の技術開発に関するものであるが、面的利用に関連する技術開発についても対象範囲として考えている。また、蓄熱の社会受容性については、プロジェクト開始後に研究開発と並行して情報収集等を行い、検討する。
・市場動向や政策措置、ビジネスモデル等、今後の普及に向けた情報を整理する必要がある。	・ご指摘の観点は重要と思われるので、今後動向調査を実施し、研究開発スキームへの反映を行っていく。
・要素技術の開発成果の標準化については、それぞれの業界である程度技術が普及した後、標準化に向け動くケースが多いので、研究開発の成果を業界標準にするにはどのようなプロセスを踏むのがよいか検討が必要である。	・関係する業界団体への相談を行い、事業計画の中で業界標準へ向け、必要なプロセスを具体化する。

② 目標

問題点・改善点	対処方針・見解
・アウトカム目標の検討にあたっては、再エネ熱全体に加え、未利用熱も検討した方が良い。	・熱利用という広義な視点では、アウトカム目標の検討において再エネ熱に加えて未利用熱も検討した方が良いというご指摘の通りかと考えられるが、ア

	ウトカム目標については再エネ熱中心に整理している。
・現時点では利用可能な数値からアウトカム目標を設定しているが、数字の妥当性については今後検証が必要である。また、面的利用に特化した CO2 排出量削減効果がどの程度であるかもあわせて検討すると良い。	・引き続き、政府や業界団体の公表資料等を確認しつつ、適切な設定となるよう検討を行っていく。また、現時点では再エネ熱種ごとの導入目標が明らかになっていない状況のため、面的利用に特化した CO2 排出量削減効果を試算することは困難と思われる。
・アウトプット目標については、中間目標と最終目標の違いがもう少し明確になると良い。また、アウトプット目標の定量数字については外的環境変化の影響を受ける可能性があるため、その評価の考え方を明確にしておくが良い。	・今後、研究開発項目ごとの実施内容を具体化の中でアウトプット目標についても見直しを行い、可能な限り定量目標を設定する。また、多少予見性を持って、現状や評価時との外的状況の相違があることを前提として評価の考え方を整理し、事業計画に反映する。

③ マネジメント

問題点・改善点	対処方針・見解
・実施体制に外部有識者や自治体関係者等を入れた委員会や事業間の情報連携を促す仕組みを設定すると良い。また、ステージゲートについてはその審査項目について今後具体化が必要である。	・事業体制の中に技術的な専門家や政策立案者、ユーザー視点等多様な観点を取り入れられる委員会や事業者間の情報共有ができる仕組みの構築を行う。また、ステージゲートの審査項目については公募時までに具体化を検討する。
・要素技術開発と技術実証で委託と助成に負担が区別されている背景は理解しつつも、委託に応募者が集中しないような工夫が必要である。	・公募説明会等を活用し、それぞれの研究開発項目に応募可能な要件を示し、提案内容に適した応募となるよう工夫する。

（参考）外部評価者の評価コメント

以下、外部評価者から入手した意見を記載する。

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・本事業が示す将来像として、わが国の進むべき方向である「持続可能な脱炭素化社会」の実現が明確に示されており、それに向けての解決すべき課題について、国のエネルギー政策の骨格となっている「長期エネルギー需給見通し」と関連付け、テーマとなっている再生可能エネルギー熱利用のどこに課題があるのかが具体的に示されている点は高く評価できる。
- ・アウトカム達成に向けた道筋を、国のカーボンニュートラル達成目標年である 2050 年までのロードマップに描き、再エネ熱のアウトカムの数字を CO2 排出量の削減効果で示し、さらにその達成に向けての研究開発の流れを複線的に描き、それぞれのアウトプットから社会実装に向けた活動を示している点は高く評価できる。
- ・民生部門の脱炭素化の必要性が高まりや、欧州における次世代地域熱供給の発展などの外的環境を踏まえると、これまでの個別建物を中心とした技術開発から面的利用を中心した技術開発にシフトしていくことに違和感はない。
- ・再エネ熱における政策・施策との関連が明確で、スケールメリットによる低コスト化や面的熱利用に資する共通基盤技術の規格化・標準化に可能性を感じた。
- ・現段階で既に個別テーマをイメージされており、過去の技術開発からの発展性のみならず、目新しさを感じる要素もあり、大いに期待できる内容であった。

【問題点・改善点】

- ・再生可能エネルギー熱についての外部環境で、地中熱と太陽熱を中心に記述しているが、木質バイオマス熱やその他の再エネ熱についての記述が不足している。
- ・本事業の中で自然界で行う蓄熱については、国内にまだほとんど事例がないことから社会的理解を得るための取り組みを研究開発に並行して行うのがよい。
- ・標準化戦略として、研究開発の成果を業界標準として普及させることが書かれているが、業界標準はそれぞれの業界である程度普及が進んだものを取り上げるケースが多いので、研究開発の成果を業界標準にするにはどのようなプロセスを踏むのがよいかの検討が必要である。
- ・再エネ熱を面的利用することによるエネルギー政策上のメリットについて具体的に示せるとなおよい。例えば、蓄熱設備やヒートポンプ利用による電力需給平準化、建物間の冷熱・温熱需要の融通による効率化、余剰熱源（未利用の再エネ熱や排熱）の取り込みが可能になることなどが考えられる。
- ・面的利用の利点の 1 つは様々な熱を取り込み・融通できることにあるため、熱源としては再エネ熱だけでなく、排熱利用、建物間の冷熱・温熱融通（冷温同時ヒートポンプの利用を含む。）などもプロジェクト対象にしていけるとよいと考えられる。
- ・面的利用がこれまで普及していない日本においては、今後の市場拡大の可能性（面的利用の適地や導入ケースの把握）や必要な政策措置（技術開発以外の支援を含む。）については引き続き精査していく必要がある。
- ・バイオマス熱の内容が加わると再エネ熱としてバランスが取れる印象を持った。

・例えば熱源水ネットワークを活用した面的熱利用システムのビジネスモデル（案）などがあれば、デベロッパーや新たな企業が本技術開発に参画する動機付けにならないだろうか。

② 目標

【肯定的意見】

・アウトカム目標は、2050 年脱炭素社会実現に向けた高い目標値になっており、2030 年の短期目標と 2050 年の長期目標が具体的な数値で示されている。脱炭素社会の実現には再生可能エネルギーの最大限の導入が必要であるという認識は広く伝わっていると思われるが、発電とともに熱利用も最大限の導入が必要であることの認識は広まっていない。この点でここでの試算は重要な社会的な意義があり、国の数字が出されていない中で、事業者団体へ調査も行い現実的に可能最大限の数字を目標として出している点は高く評価できる。

・要素技術開発、技術実証、共通基盤技術開発のそれぞれについて指標と目標が明確に記述されており、研究開発の中核となる技術実証では、再エネ熱利用拡大の最大の課題であるコストにかかる達成目標を、インパクトのある数字で書いてあることは評価できる。

・アウトプット目標として、具合的な設定根拠に基づき、コスト低減に関する目標値が設定されている。

・アウトカム目標については、2030 年度、2050 年度というエネルギー政策の目標年度と整合的な数値が設定されている。

・アウトプット目標におけるトータルコストの低減率と投資回収年数がリンクしており、それらの目標値が現行プロジェクトのアンケートを基に設定されているため、説得力のある内容であった。

・太陽熱や地中熱の 2030 年および 2050 年までの CO2 排出量削減量が数値で記載されている点にインパクトを感じた。是非国の目標値として展開されることを期待したい。

【問題点・改善点】

・国によるこれまでの検討の中で、未利用熱も含めた導入量と CO2 削減量の数字があるので、アウトカム目標の検討においては、太陽熱、地中熱とともにそれ以外の再エネ熱全体と未利用熱についての検討があった方がよい。

・アウトプットでのコスト削減について、エネルギー価格が高騰し、原材料費、人件費が上昇する環境でのコスト評価をどのようにするかについて一言言及しておいた方がよいのではないかと。

・再エネ熱の導入実績や目標値についてはエネルギー政策上でも明確に整理されていないため、現時点で利用可能な数値からアウトカム目標を設定することは致し方ないところではあるが、数字の妥当性については今後検証してけるとよい。

・面的利用に特化した技術開発であることから、補足的に面的利用としてどの程度の CO2 削減量を見込めるかも今後検討していくとよいと思われる。

・中間（2026 年度）と最終（2028 年度）のアウトプット目標に、もう少し明確な違いがあると理解し易い印象を持った。

③ マネジメント

【肯定的意見】

・受益者負担の区分は妥当であり、現在進行している NEDO の再エネ熱技術開発の中にはなかった要素技術を委託にしている点が高く評価できる。

- ・研究開発計画の中で、ステージゲートを置くことは高く評価できる。現在進行している再エネ熱のプロジェクトでは、予算が当初3年でその後2年の予算がつくという仕組みになっている。事業者サイドでは当該プロジェクトに対してNEDOによる後年度の予算査定という見えない評価が行われているように受け取られている場合がある。ステージゲートはこれを明確に評価の形で取り入れるものであるので、事業者はより緊張感を持って研究開発事業に取り組むことになると思われる。ステージゲートでの評価作業は、事業者及びNEDOにとって過度な負担とならないような仕組みとするのがよい。

- ・実用化に近い技術と実用化に時間がかかる技術で受益者負担の考え方が区別して整理されている。

- ・2～3年目頃にステージゲートが設定されており、予算配分のメリハリをつけることが可能な計画となっている。

- ・技術実証と共通基盤技術開発が連携し、データの提供やシステムへの反映フィードバックを行うのは双方にメリットがあり、事業終了後の早期の社会実装に繋がる可能性を感じた。

- ・ステージゲート委員会の設定を通じて、個別テーマに対する継続・中止の判断を中間評価の前後に実施するのは有効と思われる。

【問題点・改善点】

- ・実施体制の中に研究成果の普及を視野に入れた、現在のNEDOプロジェクトにあるような普及委員会／行動委員会のような組織をつくり、熱の面的利用と再エネ熱の普及がはかれるとよい。

- ・事業間における情報連携方法やステージゲートにおける審査項目については今後具体化を進めていく必要がある。

- ・民間企業が中心となる可能性の高い要素技術開発と技術実証で委託と助成が混在する背景は理解しつつも、委託に応募者が集中しないような配慮が必要かもしれない。

新規研究開発事業に係る事前評価書

1. 事業情報

事業名	地熱開発促進に資する技術支援事業 (地熱・地中熱等導入拡大技術開発事業に追加する新規テーマ)	
担当部署	経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 政策課 エネルギー・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) 再生可能エネルギー事業本部 地熱技術部	
事業期間	2024 年 ～ 2027 年 (4 年間)	
概算要求額	2024 年度 2,000 百万円の内数 (採択件数 2 件程度を想定)	
会計区分	☐ 一般会計 / ☒ エネルギー対策特別会計	
類型	☒ 研究開発プロジェクト / ☐ 研究資金制度	
上位政策・施策の目標 (KPI)	2030 年度エネルギーミックス：地熱発電の電源構成比率 1 % の達成	
事業目的	地熱発電は、地熱のポテンシャルが山間部に存在する等適地の制約があること、坑井掘削を行っても発電事業を行うための蒸気量が必ずしも確保できるわけではないこと等による地下資源特有の開発リスクが存在し、事業者の開発コストの増加、地熱発電の導入が進まない要因になっている。既に高い開発リスク・コストを抱えている地熱開発事業者にとって、新技術の開発・実証等は地熱開発事業における投資リスクを更にあげることになり、国の支援が必要。	
事業内容	本事業では、現在着手されている地熱探査・開発事業や運転中の地熱開発フィールドにおいて地熱開発事業者が抱える技術的課題を解決するため、地熱開発に対する技術支援（新規性のある技術の開発、機器の製造、導入にむけた実証試験等）を目的とした共同研究を行い、その結果を幅広く共有することで、地熱発電の導入加速化を図る。	
アウトカム 指標		アウトカム目標
短期目標 (2030 年度)	現場活用件数	本事業で開発・実証を行った技術等のうち、50%が事業終了後 3 年以内に現場活用されることを目指す。
長期目標 (2040 年度)	地熱開発の進展件数 (累計)	各テーマの実施者だけではなく、その成果を活用した他の地熱事業者も含め、本事業で開発・実証を行った技術等を活用することにより、地熱開発が進展した件数がテーマ数の 50%以上となることを目指す。
アウトプット 指標		アウトプット目標
最終目標 (2027 年度)	各テーマの当初目標の達成	各テーマで設定する目標の達成件数が採択件数の 1/2 を超えること

マネジメント	・ JOGMEC が年に数回運営委員会、外部委員会を開催。進捗状況を確認し、必要に応じて共同研究実施者と協議し、共同研究戦略を修正する。・ 個々の採択課題は原則単年度契約とし、JOGMEC が毎年度ステージゲート審査を行う。
プロジェクトリーダー	JOGMEC で全体管理を行い、各採択テーマに管理者を設置する。
実施体制	METI ⇒ [交付金] JOGMEC ⇒ 共同研究実施者（JOGMEC 費用負担は最大 1 / 2） ※公募により募集

2. 評価

経済産業省研究開発評価指針（令和 5 年 1 月 1 日）に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて事前評価を行い、適合性を確認した。以下に、外部評価者の評価及び問題点・改善点に対する対処方針・見解を示す。

(1) 外部評価者

石井 義朗 株式会社 INPEX 特別参与
井上 裕史 株式会社三菱総合研究所 サステナビリティ本部 主席研究員
海江田 秀志 鹿島建設株式会社 顧問
(五十音順)

※評価期間：4 月 1 4 日～4 月 1 8 日

(2) 評価

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

地熱発電は再生可能エネルギーの中でも安定した出力が期待できる電源であり、その導入拡大自体の意義は大きい。本事業では現場が抱えている技術課題解決に着目しており、今後の導入拡大への貢献が期待できる。具体的には、①現場が抱える技術課題の解決に着目していること、②JOGMEC と事業者の共同研究という方式を取っており資金面の支援だけではなく既往の研究による JOGMEC の知見も活かすことが出来ること、③原則は単年度契約で次年度契約は約束されていないこと、などが評価出来る。

【問題点・改善点】

新規開発だけではなく、既設の発電所の出力維持や誘発地震の監視にかかる開発等も必要。また、誘発地震観測技術について標準化を目指した戦略も必要ではないか。現場作業が積雪等により年間 6 ヶ月程度しか実施できないフィールド等もあり、なるべく 12 ヶ月すべてで予算を使用できるような弾力的な運用を検討してほしい。

② 目標

【肯定的意見】

各テーマで定める目標設定は現場での適用の想定に基づくことになるが、開発した技術等により成果が得られる時期に長期間を要する場合があります、設定は妥当。また、短期目標は 50 % の事業が 3 年以内に現場活用されることを目指すとしている。本事業は即効性を期待するものであることから、事業の趣旨に沿った目標と評価できる。

【問題点・改善点】

今後採択されるテーマは多くのフィールドに適用性の高いもの（長期目標の達成に有利）と個々のフィールドに特化した課題の解決に資するもの（短期目標の達成に有利）に大別される。本事業の趣旨が、喫緊の技術課題の解決を最優先するものであるとすれば、採択時の長期目標の達成に有利なテーマの採択は慎重であるべき。アウトカム目標は、短期・長期の 2 種類を設定しているが、長期で掲げている「地熱開発が進展」の意味するところはやや分かりづらいので明確にすべき。短期目標のクリアによって、ほぼ自動的に長期目標のクリアとならないよう、違いを明確にした評価を期待する

③ マネジメント

【肯定的な意見】

実施体制、受益者負担の考え方、研究開発計画それぞれについて良く練られていると評価できる。JOGMEC 内の責任者と担当者の役割が明確であり、運営委員会による JOGMEC・共同研究実施者間の意思疎通の円滑化、外部委員会の開催による事業の進捗確認、ステージゲート審査の採用により、研究の公平性・健全性が保たれ、緊張感を持って事業に取り組む仕組みがもうけられている。また、知的財産権等の帰属は研究費負担割合等の貢献度をベースに協議をする形がとられており、受益の応分負担が担保される。

【問題点・改善点】

事業の 1 件当たりの予算は JOGMEC の最大負担額 3 億円で最大負担率 1/2 となっており、テーマによっては事業者側の負担が大きくなる可能性もあるのではないかと。研究開発計画については、地熱開発に係る現場実証試験などの実施において、予期せぬ天候や現場の状況により遅延が発生する場合があるため、これらによる計画変更への対応方針も設定しておく必要がある。実施にあたり、必要に応じて NEDO とも情報共有を図ることで、地熱発電を一体的に開発する組織的な繋がりを、より強固なものとして頂きたい。アワード型の仕組みについても検討いただきたい。

(3) 問題点・改善点・今後への提言に対する対処方針

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
新規開発だけではなく、既設の発電所の出力維持や誘発地震の監視にかかる開発等も必要。また、誘発地震観測技術について標準化を目指した戦略も必要ではないか。	既設発電所の出力維持や誘発地震の監視に係る開発等も公募対象にするなど工夫する。誘発地震の観測技術の開発を行うこととなった場合は、標準化の必要性も含め検討する。
予算執行開始時期や年度末の会計の締切り等による制度的な制約、現場作業の積雪等により年間半年程度しか実施できないフィールド等もあり、なるべく 12 ヶ月すべてで予算を使用できるような弾力的な運用を検討してほしい。	ステージゲートや採択手続き等の期間を工夫し、年度初め早々に事業を開始出来るようにする。また、地域によって、実施期間が短くなるフィールドがあることは理解。本事業ではその点も含めて最大 3 年間という期間での提案を可能としている。

② 目標

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
今後採択されるテーマは多くのフィールドに適用性の高いもの（テーマ数を問う長期目標の達成に有利）と個々のフィールドに特化した課題の解決に資するもの（短期目標の達成に有利）に大別される。本事業の趣旨が、喫緊の技術課題の解決を最優先するものであるとすれば、採択時の長期目標の達成に有利なテーマの採択は慎重であるべき。	採択においては、2030 年度エネルギーミックスの目標達成に資するものなのか、課題が明確で技術開発後の成果が実効性のある地熱促進に資するものなのかを必須要件とし、その他新規性（インパクト）や汎用性、課題の難易度等を加味して総合的に判断を行うため、アウトプット・アウトカムの達成ありきの採択は考えていない。
アウトカム目標は、短期・長期の 2 種類を設定して	短期目標は技術が現場に適用できたか、長期目標は

いるが、長期で掲げている「地熱開発が進展」の意味するところはやや分かりづらいので明確にすべき。短期目標のクリアによって、ほぼ自動的に長期目標のクリアとならないよう、違いを明確にした評価を期待する	それにより現場の課題が解決し、開発が進んだのかを評価する。現場の課題は申請時に事業者自身が設定するため、明確に出来ると考えている。
--	--

③ マネジメント

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
事業の1件当たりの予算はJOGMECの最大負担額3億円で最大負担率1/2となっており、テーマによっては事業者側の負担が大きくなる可能性もあるのではないかと。	より出口に近い範囲の研究開発であり、受益者負担の考えも踏まえ、JOGMECの最大負担率を1/2としているところ。今後更なる規模の支援が必要な場合は検討してまいりたい。
研究開発計画については、地熱開発に係る現場実証試験などの実施において、予期せぬ天候や現場の状況により遅延が発生する可能性があるため、これらによる計画変更への対応方針も設定しておく必要がある。	天候による影響など、当初計画の想定を超えた遅延等が発生した場合は必要に応じて事業期間の延長もあり得る。
実施にあたり、必要に応じてNEDOとも情報共有を図ることで、地熱発電を一体的に開発する組織的な繋がりを、より強固なものとして頂きたい。	定期的な打合せの実施等、既に技術開発に関しての情報共有スキームを構築している。
アワード型の仕組みについても検討いただきたい。	アワード型は、「アイデア等に創意工夫が求められ、多数のプレイヤーの参画が期待できるものであって、客観的・公平に評価可能なテーマが馴染む」とされているので、本事業にはなじみにくいですが、事業者の技術開発の意欲向上に資する工夫を検討してまいりたい。

（参考）外部評価者の評価コメント

以下、外部評価者から入手した意見を記載する。

① 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・地熱発電は再生可能エネルギーの中でも安定した出力が期待できる電源であり、その導入拡大自体の意義は大きい。本事業では現場が抱えている技術課題解決に着目しており、今後の導入拡大への貢献が期待できる。
- ・地熱は安定した出力電源として国産エネルギー資源であるが、開発リスクが大きく技術的課題も多く、技術や研究開発への民間の投資は少ないことから、JOGMEC による国の事業としての新たな共同研究の実施で、成果の現場での早期活用が期待される。
- ・本事業においては、共同研究により得られた成果が公開版の調査報告として JOGMEC から HP や学会発表などで公開（アウトプット）され、2,3 年後には現場で活用されるアウトカム達成までのロードマップや達成目標も示されており評価できる。
- ・地熱発電は純国産の再エネベースロード電源として期待される一方で、不確実性の高い地下を対象とすることから、投資リスクが高く、リードタイムも長い。かかる状況下で本事業は地熱開発事業者の現場が抱える喫緊の課題に対して、国が JOGMEC との共同研究という形で資金のみならず、既往の技術開発事業で培ったノウハウ等も投入してその解決にあたり、その成果を広く業界にも普及を図ることを志向するものであり、その高い実施意義が認められる。
- ・従来の国の委託もしくは補助を主体とする地熱支援策に対して、今回は上記の如く JOGMEC との共同研究が前提とされており、既往の JOGMEC 事業が培ってきた知見、成果の反映と有効活用が期待される。
- ・本事業は最大 3 年の提案を可とするものの、原則は単年度契約で次年度契約は約束せずとしている。これは喫緊の課題を対象とする本事業の趣旨、ならびに、事業者、JOGMEC 共に緊張感を持って事業を促進することに寄与すると考えられることから妥当な方針である。
- ・アウトカム達成までの道筋は必要な概括的な流れが提示されており、具体的案件のない現時点では、特に問題はないと考える。また、自立化については、本事業が事業者の抱える現場課題の解決からスタートすることを考えると「自立化が見据えられない事業」は本事業の対象とはならないものとする。
- ・本事業の成果の開示は類似する技術課題を抱える本邦地熱事業者の課題解決への貢献が期待され、我が国の地熱開発の促進に資するものと期待される。（オープン戦略）
- ・一方で、事業者は商業上の守秘を課されており、それに配慮した形での情報開示ならびに知財管理をするとのオープン・クローズ戦略を志向するのは妥当である。
- ・具体的なテーマが定まっていない現時点では標準化戦略は設けられていないが、将来標準化の意義が期待できる案件が出てきた際のチーム結成および評価、策定手順などは計画されており、問題ない。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・新規開発の重要性もさることながら、既設地熱の出力維持も課題となっている中で、本事業を通じて既設地熱の出力維持や増強にも繋がることを期待したい。
- ・最近、国内外の地熱開発において誘発地震の監視が重要となっており、このような観測の標準化も必要であることから、これに係るテーマを積極的に受け入れ、新たな観測装置や解析システムの導入において標準化を目指した戦略も必要と思われる。

・単年度契約とすることは上記の如く意義あることと考えるが、予算執行開始時期ならびに年度末の会計の締切り等の制約により、予算を使用できる期間を12ヵ月間確保することは難しいものと思慮。同期間をなるべく12ヵ月に近づけるような弾力的な運営が望まれる。

・更に、現場作業が積雪等により年間6ヵ月程度しか実施できないフィールドもあり、4月から翌年3月までの12ヵ月（単年度）ではなく、例えば7月から翌年6月までの12ヵ月というような期間設定はできないものであろうか。

② 目標

【肯定的意見】

・アウトプット目標は事業最終目標年度が採用されており、当初目標に対する達成率50%も決して容易な水準ではないが、事業者にとっては野心的な目標設定も可能となるバランスの取れた水準と考える。

・地熱技術の開発におけるアウトカム指標や目標設定は、現場での適用の想定に基づくことになるが、現場では地熱資源の賦存状況や開発の進捗状況により、開発した技術の適用時期や成果が得られる時期に長期間を要する場合があります、設定は妥当である

・短期目標は50%の事業が3年以内に現場活用されることを目指すとしている。本事業は現場の技術課題を原則単年度での解決を志向する、いわば即効性を期待するものであることから、50%、3年以内を目標とすることに違和感はない。

・長期目標は開発が進展した件数がテーマ数の50%以上を目指すとしている。現時点でこの程度の成果を期待することに特段の問題はないものとする。

【問題点・改善点・今後への提言】

・アウトカム目標は、短期・長期の2種類を設定しているが、長期で掲げている「地熱開発が進展」の意味するところはやや分かりづらい。短期目標のクリアによって、ほぼ自動的に長期目標のクリアとならないよう、違いを明確にした評価を期待する。

・アウトプットの目標として、テーマ毎にクリアすべき最低レベルの目標設定の仕方（例えば、小型加速度計や光ファイバを用いた観測でマグニチュード0の微小地震の震源位置が決定されることなど）もあるのではないだろうか。

・今後採択されるテーマは多くのフィールドに適用性の高いもの（テーマ数を問う長期目標の達成に有利）と個々のフィールドに特化した課題の解決に資するものに大別されるのではないかと。短期目標達成の観点からは後者の個別対応テーマが、長期目標達成の観点からは前者の汎用性高いテーマが重視されるのではないかと。本事業が喫緊の技術課題の解決を最優先するものであるとすれば、採択時に長期目標の重視は慎重に行った方が良いのかもしれない。

・アウトプット目標は個々の具体的なテーマが定まっていない現時点で、一般論として策定ならびに評価することは困難であるので、これらを勘案して、「当初目標の達成率」の指標導入が計画されているものと推察する。この場合、共同研究実施者が掲げる目標は「当初目標」のみであり、「アウトプット目標」とは各最終年度にJOGMEC評価部会等が達成度を評価する際の評価基準ということになると考える。

・もし、上記認識が正しければ「アウトプット目標という評価基準」の公表を含めた取り扱いについては更なる検討を要するものとする。例えば、採択に際しての当初目標設定時に「本件は今から設定する目標の50%以上を達成すれば『良し』とされる」との認識に基づいて、より野心的な目標の設定を行い、採択を得やすくする。または、当初高めの目標を設定して『良し』を得やすくする等といったことを誘導しないだろうか？

③ マネジメント

【肯定的意見】

- ・実施体制、受益者負担の考え方、研究開発計画全てにおいて、十分に練られている。研究開発計画ではステージゲート方式を採用することによって、実施者が緊張感を持って事業に取り組むことが期待される。
- ・実施体制については、JOGMEC 内の責任者および担当者の役割分担が明確にされており、共同研究相手方との運営会議などによる意思疎通の促進や、有識者外部委員会による助言や事業の進捗の評価も行えるように適切に設定されている。
- ・地熱開発事業は開発リスクが大きく、開発に長期間要することから事業性の予測が難しい。そこで、現場に即した技術開発を JOGMEC 事業として実施することは望ましく、テーマの内容に応じて負担率も低減できるように設定されている。
- ・地熱開発技術の多くは鉱山および石油開発技術からの転用であることを考えると、我が国においてこれら技術に対して豊富な経験と知見を有する JOGMEC が共同研究先として事業を執行することは妥当と考える。
- ・プロジェクトの管理体制は部課長と担当者が綿密に連携を取りながら管理を進めるとしており、適切な体制が組まれている。また、必要に応じて外部委員の助言も求めるとしており、その積極的な活用が望まれる。
- ・採択にかかわる審査基準は本事業の趣旨に鑑み必須要素、加点要素共に妥当なものが提言されている。
- ・前記で述べたオープン・クローズ戦略の実行、ならびに、ステージゲート方式の導入などにより、研究の健全性・公平性が担保されるものと期待される。
- ・本事業は事業者にとっては「課題の解決」が、JOGMEC（国）にとっては「地熱開発の促進」が定性的には受益であり、それに対する応分の負担がなされとの認識である。
- ・また、知的財産権等の帰属は研究費負担割合等の貢献度をベースに協議をする形がとられており、受益の応分負担が担保されるものとする。
- ・アワード型の仕組みについては共同研究契約に「発明規程等の整備」の条項を設けてその導入を促進するとしており、適切な方針である。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・実施にあたり、必要に応じて NEDO とも情報共有を図ることで、地熱発電を一体的に開発する組織的な繋がりを、より強固なものとして頂きたい。
- ・研究開発計画の評価基準に記載されているアワード型の仕組みについても検討いただきたい。
- ・研究開発計画については、地熱開発に係る現場実証試験などの実施において、予期せぬ天候や現場の状況により遅延が発生する場合があるため、これらによる計画変更への対応方針も設定しておく必要があると思われる。
- ・本事業の 1 件当たりの予算は JOGMEC の最大負担額 3 億円で最大負担率 1/2 となっている。これは JOGMEC が最大負担率 1/2 を適用しても共同研究の総事業費が 6 億円を超える場合は事業者の負担率が増加していくことを意味している。今後提案されるテーマによっては、以下の如くその運用に制約が出てくるのではないかと？
- ・計測機器の開発、DTS,DAS 等の計測および解析などは予算に応じた研究内容の策定が比較的フレキシブル（サンプル数、測定点数の縮減等）に組めるのではないかと考えるが、坑井関連、生産・開発機器関連は単価が高額なものが多く、昨今の資機材高騰もあり、かつ、その研究内容が柔軟性に乏しいものが多いことが危惧される。そもそも、この種のテーマは本事業の適用に適しておらず、別の制度の適用を考えるということかもしれないが、提案されるテーマによってはよりフレキシブルな運用を求められることがあるかもしれない。

燃料アンモニア利用・生産技術開発
中間評価
評価報告書概要

2023 年 8 月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発
機構
研究評価委員会

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「燃料アンモニア利用・生産技術開発」の中間評価報告書概要であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「燃料アンモニア利用・生産技術開発」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第74回研究評価委員会（2023年8月8日）に諮り、確定されたものの概要である。

2023年8月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

概 要

		最終更新日	2023 年 5 月 29 日	
プロジェクト名	NEDO プロジェクト名：「燃料アンモニア利用・生産技術開発」 METI 予算要求名称：「化石燃料のゼロ・エミッション化に向けた持続可能な航空燃料(SAF)・燃料アンモニア生産・利用技術開発事業」		プロジェクト 番号	P21012
担当推進部/ P Mまたは担当者 及び METI 担当課	研究開発項目（1）「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 PMgr 青山 勝博（2021 年 12 月～現在） スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 担当者 和田 祐子（2021 年 12 月～現在） スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 担当者 山本 真一（2023 年 2 月～現在） 資源エネルギー庁 資源・燃料部 政策課 研究開発項目（2）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 PMgr 青山 勝博（2022 年 11 月～現在） スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 担当者 佐々木 雄一（2022 年 11 月～現在） スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 担当者 山本 真一（2023 年 2 月～現在） 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課			
0. 事業の概要	経済産業省が策定した「新国際資源戦略」では、気候変動問題への対応として、燃料アンモニアの利用拡大のための技術開発が必要とされている。本事業では、燃料アンモニアの生産技術として、ブルーアンモニア製造技術開発、利用技術として工業炉における燃焼技術開発に取り組むことで、産業分野における脱炭素化に貢献する。 研究開発項目（1）「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 従来炭化水素系燃料を燃焼するバーナと比較して、同等の輻射性能を有し、国内の環境規制をクリアできる NOx 排出レベルとするアンモニア燃焼バーナを開発し、実証評価を行う。これにより、将来のスケールアップのための設計方法を確立し、実用化に向けた更なる大規模工業炉へ適用可能な燃焼技術の開発に取り組む。 研究開発項目（2）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 将来のアンモニア利用拡大を見据え、燃料アンモニア製造における、製造プロセス全体の脱炭素化および従来法に代替しうる低炭素合成技術を小規模プラントにて実証し、将来の大型化を見据えた製造技術の開発、並びに製造プロセス全体の最適化に取り組む。			
1. 事業のアウトカム（社会実装）達成までの道筋				
1.1 本事業の位置 付け・意義	アンモニアは、その運搬や保管などに関する取扱い方法が確立しており、また、燃焼時に CO ₂ を排出しないため、CO ₂ 排出量の大幅な抑制が期待される「温暖化対策の有効な手段の一つ」となり得る。本事業では、電化など、他の手段では代替が困難な工業炉に対して、アンモニアを燃料として使用するための燃焼技術を開発し、発生する CO ₂ の大幅な削減をすることで、国内製造業の競争力の維持・向上に貢献する。 また、従来のアンモニア製造方法では、最新鋭の設備であっても、アンモニア 1t の製造に対して 1.7t の CO ₂ を排出する。このため、製造プロセスの脱炭素化を進め、CO ₂ フリーの「ブルーアンモニア」を実用化することが重要な課題となっている。本事業では、小規模ながら、最大限実証可能な設備で技術開発を行うことで、大規模化した際に、製造プロセスからの CO ₂ 回収率 90%以上を達成するとともに、従来法比で 20%程度の消費エネルギー削減可能であることの実証を行う。これにより、製造工程での脱炭素化とエネルギー高効率化を推進し、クリーンエネルギーへの転換に貢献する。			

1.2 アウトカム達成の道筋	研究開発実施者は、本事業で得られた成果が、燃料アンモニアの利用拡大及び我が国の関連産業の競争力強化に資することを留意しつつ、研究開発成果の普及に努め、また、NEDO はこの普及を促進する。具体的には、経済産業省が主導する、燃料アンモニア導入官民協議会及び、民間企業等により組織された、一般社団法人クリーン燃料アンモニア協会と連携し、本事業の成果を活用することで、燃料アンモニアのサプライチェーンの構築や需要拡大を促進する。
1.3 知的財産・標準化戦略	本事業において得られた研究開発の成果については、知的基盤整備又は標準化等を推進する団体・組織からの要請があれば、積極的にデータ提供し連携する。
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] 天然ガス改質に CCS を組み合わせて既存法にてブルーアンモニアを製造するコストは \$ 440/ton-NH₃ 程度であるが、本事業で開発する製造方法を活用し、さらに工業炉等における燃料アンモニアの需要を創出することで、2040 年度までにアンモニア製造コストを \$ 200～340/ton-NH₃ とすることに寄与する。 [達成見込み] アウトカム達成への道筋として重要な過程である、アウトプット目標の達成は、予定通り到達する見込みであり、アウトカム達成へ着実に歩んでいる状況である。
2.2 アウトプット目標及び達成状況	研究開発項目（1）「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 [中間目標](2023 年度) 200kW 級アンモニア燃焼バーナを製作し、200kW モデル燃焼炉においてアンモニア-酸素等支燃ガス燃焼による、輻射伝熱強化条件と低 NO_x 燃焼条件の検討実験と検証を行い、輻射伝熱強化及び低 NO_x 燃焼化の技術を確立する。また、炉に求められる加熱制御等、要求水準が高いガラスメーカー等の小・中型工業炉向けのアンモニア燃焼バーナを設計、製作し、アンモニア燃焼の実証評価試験を行う。これにより、工業炉におけるアンモニア燃焼の要素技術を確立する。 [達成状況] ・ラボースケールバーナで低 NO_x 化機構を明確にし、工業炉の環境基準を達成した。 (2023 年 3 月に中間目標達成) ・200kW 級アンモニア-酸素バーナを開発し、NO_x 排出濃度を一般的な工業炉の規制値以下とした。 (2023 年 3 月に中間目標達成) ・AGC ガラス生産炉における 200kW 級アンモニア-酸素バーナの技術検証を開始。 (2023 年 6 月に中間目標達成見込み) 研究開発項目（2）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 [中間目標](2023 年度) ハーバー・ボッシュ法に替わるアンモニア製造装置や水素製造装置等の各要素技術設計、並びに CO₂ 回収や熱収支バランス等のプロセスの最適設計を完了する。 [達成状況] ・EPC コントラクターを決定して、詳細設計を開始。 (2024 年 3 月に中間目標達成見込み) ・環境対策の検討開始。 (2024 年 3 月に中間目標達成見込み)

3. マネジメント					
3.1 実施体制	経産省担当原課	研究開発項目（１）「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 資源エネルギー庁 資源・燃料部政策課 研究開発項目（２）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 資源エネルギー庁 資源・燃料部石油・天然ガス課			
	プロジェクトリーダー	研究開発項目（１）「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 大陽日酸株式会社 技術開発ユニット 開発企画統括部長 萩原 義之 研究開発項目（２）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 国立研究開発法人産業技術総合研究所 ゼロエミッション国際共同研究センター 水素製造・貯蔵基盤研究チーム 研究チーム長 高木 英行			
	プロジェクトマネージャー	研究開発項目（１）「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 研究開発項目（２）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 青山 勝博 主任研究員			
	委託先・助成先	研究開発項目（１）「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 委託先：大陽日酸(株)/AGC(株)/(国研)産業技術総合研究所 /(大)東北大学 研究開発項目（２）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 助成先：(株)INPEX			
3.2 受益者負担の考え方	主な実施事項	2021fy	2022fy	2023fy	
	1：工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発	○	○	○	
	1-1 アンモニア燃焼 基礎特性把握	○	○	○	
	1-2 アンモニア-酸素 バーナ開発	○	○	○	
	1-3 工業炉でのアンモニア燃焼技術検証	○	○	○	
	2：ブルーアンモニア製造に係る技術開発	-	○	○	
	2-1 大型化を見据えた天然ガス改質の低炭素化技術の開発	-	○	○	
	2-2 低炭素アンモニア合成プロセスの開発	-	○	○	
	2-3 製造プロセス全体の最適化・脱炭素化	-	○	○	

	会計・勘定	2021fy	2022fy	2023fy	総額
	一般会計	-	-	-	-
	特別会計 (電源・需給の別)	28	1,116	1,724	2,868
	開発成果促進財源	-	-	-	-
	総 NEDO 負担額	28	1,116	1,724	2,868
	(委託)	(28)	(522)	(380)	930
	(助成) : 助成率△/□ (共同研究) : 負担率△/□	-	(594):1/2	(1,344):1/2	1,938
		-	-	-	-
3.3 研究開発計画					
情 勢 変 化 へ の 対 応	実施者とのコミュニケーションや情報収集(他機関との意見交換)を通じて、燃料アンモニアに関する国内企業の動向、政策・制度設計に関する情報を把握して、実施計画に追加で必要な項目、およびそれに伴う予算が必要となるかについて、NEDO から積極的に事業者へ働きかけを行い、必要な計画変更(予算配分も含め)を柔軟・迅速に実施した。				
	中 間 評 価 結 果 への対応	-			
	評 価 に 関 す る 事 項	事前評価	研究開発項目 (1)「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 2020 年度実施 資源エネルギー庁 資源・燃料部政策課 研究開発項目 (2)「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 2021 年度実施 担当部 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部		
		中間評価	2023 年度 中間評価実施		
		終了時評価	2026 年度 終了時評価実施予定		
別添					
投 稿 論 文	1 : 工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発 1 件 2 : ブルーアンモニア製造に係る技術開発 該当なし				
	特 許	1 : 工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発 該当なし 2 : ブルーアンモニア製造に係る技術開発 該当なし			
		1 : 工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発 「新聞・雑誌掲載」2 件、「学会発表・講演」13 件 2 : ブルーアンモニア製造に係る技術開発 「新聞・雑誌掲載」15 件、「学会発表・講演」2 件			
基本計画に関する事項	作成時期	2021 年 3 月 作成			
	変更履歴	2021 年 9 月 「研究開発項目 (2) 1 ステップでアンモニアを電解合成する技術開発」を削除すること等に伴う改訂			

		2022 年 5 月「研究開発項目（２）ブルーアンモニア製造に係る技術開発の追加に伴う改訂
--	--	---

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準		各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋									
(1) 本事業の位置づけ・意義		A	A	B	A	A	A	B	2.7
(2) アウトカム達成までの道筋		B	B	B	A	B	B	B	2.1
(3) 知的財産・標準化戦略		A	A	A	B	A	A	B	2.7
2. 目標及び達成状況									
(1) アウトカム目標及び達成見込み		B	B	B	B	B	B	B	2.0
(2) アウトプット目標及び達成状況		A	A	B	B	A	B	B	2.4
3. マネジメント									
(1) 実施体制		A	A	A	A	A	A	B	2.9
(2) 受益者負担の考え方		A	A	A	A	A	A	A	3.0
(3) 研究開発計画		B	A	B	A	A	B	B	2.4

《判定基準》	
A：評価基準に適合し、非常に優れている。	
B：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：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。	
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。	

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価分科会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「（参考）分科会委員の評価コメント」に、各分科会委員の指摘事項を参考として列記している。

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

「ブルーアンモニアの製造」と「工業炉での燃料アンモニア利用」の技術開発を行う本プロジェクトは、2050年のカーボンニュートラルに向けた取組みとして、その位置付けは明確であり、実施する意義は大きい。世界で更なる発展、展開を目指す上で、燃焼と製造の両面で多様な手段を持つことが日本の外部環境変化への耐性に繋がることから、極めて重要なプロジェクトである。

アウトカム達成までの道筋において、「工業炉での燃料アンモニア利用」については、ガラス溶融炉を対象とした大型炉での実証やコスト低減による事業化と並行し、ガラス溶融炉以外の様々な工業炉への展開に向けたバーナー開発による事業化を見据えていることから、最適なアウトカム達成に向けた道筋が示されていると判断する。

知的財産戦略において、保安や安全性評価等の非競争域の技術については、燃料アンモニアの社会実装に必要不可欠なものであることからオープンにし、製造ノウハウに係る技術についてはクローズにしている点が評価できる。

一方、アウトカム達成までの道筋において、「ブルーアンモニアの製造」については、トータルプロセスとして確立できる見通しを得るために、立地条件の整理と具体的な候補地の探索や、アンモニアや水素の経済性及びCO₂削減効果を把握するため、製造から利用までのサプライチェーン全体での評価が必要になると考える。今後、国内外での技術開発やルール整備が急速に進むことも想定されることから、新たな制度・規制への対応や外部環境の変化の影響を継続的に評価し、他技術に対する優位性をタイムリーに見直し、必要に応じて有望な関連技術の取り込みなども検討していくことが望まれる。

知的財産・標準化戦略に関して、「ブルーアンモニアの製造」では海外での実施を想定していることから、特許の取り扱いについての検討、また、「工業炉での燃料アンモニア利用」では、海外勢に先駆けて燃焼技術で達成した、排ガス中のNO_x、N₂O、残存アンモニア濃度をバーナーや炉の基準値として設定するなどの検討も期待したい。

2. 目標及び達成状況

2050年カーボンニュートラルに向けた国のビジョンやグリーンイノベーション基金の研究開発目標等を根拠に、数値目標が設定されているアウトカム目標設定の考え方は、評価できる。

アウトプット目標において、「工業炉での燃料アンモニア利用」については、類似の既存研究よりも難しい技術が課題として設定されているにも関わらず、既に目標に対して優れた成果が出てきており、高く評価できる。本研究で得られる成果は、類似のアンモニア燃焼の利用分野での発展への貢献が期待できる。また、成果の公表や特許出願については、学術的な成果とするか知財とするか、適切な戦略のもとに判断が行われている。ブルーアンモニアの製造についても実証に必要な設備に関するシミュレーションや建設に向けた準備を計画通りに進めており、中間評価として進捗は評価できる。

一方、「ブルーアンモニアの製造」については、アウトカム目標において、製造コスト目標値を\$200～340/ton-NH₃と設定しているが、製造コストは天然ガス価格や為替レート等に大きく依存することから、達成状況が不明確になる恐れがある。現在掲げている数値ありきではなく、例えば本プロジェクト終了時点での外部変動要因の影響を考慮するとともに、算定範囲や前提条件も明確にして達成状況を評価できるような工夫が必要である。また、適用候補地での CO₂ 削減貢献量や日本へのブルーアンモニア調達量の増加などもアウトカム目標に設定するなどの見直しも必要であると考えている。

今後については、オープン領域では積極的に権利化することを考えられていることから、海外動向を踏まえた特許出願を期待する。

3. マネジメント

我が国の政策の中で重要な技術と位置付けられている水素・燃料アンモニアのサプライチェーン全体に対し、様々なプロジェクト間の連携及び効率的な実施が求められることから、グリーンイノベーション基金事業等において複数の事業を推進している NEDO が本プロジェクトを実施することは妥当であると評価する。また、実施体制において、実施者は各分野でこれまで研究開発実績があり、適切な役割分担がなされ、体制は有効に機能していると考えている。具体的には、「工業炉での燃料アンモニア利用」については、基礎研究から事業実証において適切な大学・研究機関・企業により構成されている。「ブルーアンモニアの製造」については、この製造技術を国内で実証後、海外での実用化・事業化まで視野に入れた体制になっている。さらに、アンモニア分野のプロジェクトが多数並行して進行している中、重複なく整理することと情報共有することで、全体を俯瞰したマネジメントを実施できていると考える。

受益者負担の考え方については、研究開発項目ごとに委託及び助成事業の理由が明確化された上で、研究開発が実施されていることは評価できる。具体的には、「工業炉での燃料アンモニア利用」が研究開発要素を多く含む課題である一方で、「ブルーアンモニアの製造」は事業化に近い製造プロセスの構築に関連する課題であることから、前者が委託、後者が助成というのは妥当である。

研究開発計画においては、各要素技術開発が適切に選定されており、研究スケジュールについて、中間評価時点では計画通り、或いはそれ以上の進捗であると判断される。

今後、特に「ブルーアンモニアの製造」の技術に関しては、成功すれば大きなインパクトが期待される研究開発項目ではあるが、短期間で成功へと導けるかというリスクもあることから、可能な範囲で研究開発における課題を明確化し、プロジェクトリーダーをはじめとした関係者との連携をより密に行い、確実に推進することを期待したい。

（参考）分科会委員の評価コメント

（１）意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・ 現在世界をリードしている本分野の更なる発展、展開を目指す上で本事業は極めて重要である。
- ・ 2050 年のカーボンニュートラル実現に向けては、様々な分野での CO₂ 排出削減が必要となる。我が国においては脱炭素燃料の一つとしてアンモニアが位置付けられ、その導入拡大が図られている。工業炉分野においては、電化（電気炉）での対応が困難な領域があり、脱炭素燃料の活用が重要な技術選択肢となり得る。また、経済性のある大量の燃料アンモニアを安定的に製造・供給することは、我が国のエネルギーセキュリティの観点からも不可欠である。ブルーアンモニアの製造と工業炉でのアンモニア利用の技術開発を行う本プロジェクトは、カーボンニュートラルに向けた取組みとして、その位置付けは明確であり、実施する意義は大きいと評価する。
- ・ ブルーアンモニアの製造に関しては、国内での小規模実証を行ったうえで、コスト低減等の実用化フェーズ、スケールアップと海外展開を図る事業化・海外展開フェーズを設定している。工業炉での燃料アンモニアの利用については、ガラス溶融炉を対象とした大型炉での実証やコスト低減による事業化と並行しガラス溶融炉以外の様々な工業炉への展開に向けたバーナー開発による事業化を見据えている。いずれも、本プロジェクト終了後の事業化までの取組みが示されており、現段階での工程として妥当なものと判断できる。
- ・ 非競争域／競争域、公開／非公開の考え方は妥当と判断する。非競争域で公開を考えている保安・安全対策や安全性評価は、燃料アンモニアの社会実装に必要不可欠なものであり、積極的な成果の公開は本プロジェクトのみならず、他の関連プロジェクトも含めて燃料アンモニアの社会実装に大きく貢献するものと考ええる。
- ・ アンモニア利用は石炭火力との混焼が注目されがちであるが、Hard-to-abate な工業炉への利用に着目している点が評価できる。

注）Hard-to-abate（CO₂ 排出削減が困難な産業）

- ・ 保安や安全性評価等の非競争域についてはオープンにし、製造ノウハウに係る技術についてはクローズにしている点が評価できる。
- ・ 工業炉等、いわゆる Hard to abate なセクターにおける脱炭素燃料への転換の意義は大きく、ガラス溶融炉におけるアンモニア利用技術開発の意義を認める。また、競争力があり、かつ、国産のブルーアンモニア製造技術は、2050 年の 3,000 万トンアンモニア供給目標を達成する上でも、取り組むべき課題で有り、その開発の意義を認めることができる。
- ・ 【燃焼】 2050 年カーボンニュートラル実現に向けて、石炭火力への混焼を目的に大量に輸入されるであろうアンモニアを、熱需要の中でも特に高温で電化が難しいガラス溶融炉での利用を可能とする燃焼基盤技術の確立と実証は位置づけが明確であるといえる。
- ・ 【製造】 カーボンニュートラルなアンモニアを燃料と見た場合、安定調達、安価な調達は重要であり、その供給量を増大する取り組みは国において実施する意義があるといえる。燃焼と製造両面において、特に日本においては多様な手段をもつことが外部環境の変化への耐性に繋がることから、意義はあるものと考えられる。

- ・ 【**燃烧**】 アンモニア燃烧の基礎特性を小型バーナーから詳細に把握してシミュレーション環境を整え中大型に適用していく進め方は、達成の道筋としてまた他用途への波及の両面で評価できる。また利用者の製品の品質評価まで同時行う点も、技術の到達レベルを把握する上で評価できる。また海外に同様のプロジェクトがなく先駆的取り組みとも評価できる。
- ・ 【**製造**】 HB 法に代わる新たな製造方法の確立に向けて、既存技術を組み合わせて総合的にエネルギー消費量やコストを試算すること、技術的にはプロセスシミュレーションと部分であるものの小規模実証による検証・スケールアップの設計指針の確立は評価できる。

注) HB 法 (ハーバー・ボッシュ法)

- ・ 両面で、競争/非競争領域や公開/非公開の内容と対応策については妥当と考えられる。様々な工業炉に波及し需要拡大を実現するためには、アンモニアを「安全に使うための対策」が事業実施者だけでなく広く認知される必要があるため、安全・保安の非競争領域・公開の設定は評価できる。海外でもアンモニア燃烧の技術開発が始まっている状況から今後の知的財産の取得を計画通り進めていただきたい。
- ・ 2050 年カーボンニュートラル実現に向けたアンモニア利用技術の研究開発において、その他プロジェクトとの関係性も含め適切な位置づけ、意義が設定されている。国内、海外での既存技術や研究動向についても十分な調査が行われている。特に工業炉に関する研究については、条件が難しく挑戦的な課題が設定されている点も評価できる。
- ・ 定量的な数値目標、役割等が示され、概ね具体的且つ最適なアウトカム達成に向けた道筋が示されていると判断される。
- ・ 論文や学会等で公表する内容と、特許出願を行う内容については、分類及び計画的な公表の準備が進められている。現状、出願特許数が少ないが、これまでの成果について戦略的に出願を進めていく予定が立てられている。
- ・ 我が国の温室効果ガスの抑制の一つの方策として、燃料アンモニアの利用拡大は政策として重要な項目である。その上で、プロジェクトが先行している石炭混焼や GTCC に加えて、熱を利用する工業炉技術に燃料アンモニアを活用することは意義がある。また、燃料アンモニアの社会実装には、ブルーアンモニアの供給が重要である。ブルーアンモニアの製造プロセスは、現時点では従来のアンモニア製造方法に比べてコストが高く、特に CO₂ の捕捉、貯蔵工程のコストの低減が重要である。ブルーアンモニアの製造技術の確立のため、CCS/EGR の技術を国内で小規模実証し、水素、アンモニア製造に連結することは意義がある。

注) GTCC (ガスタービン・コンバインドサイクル発電プラント)

注) CCS (Carbon-dioxide Capture and Storage CO₂ 回収貯留)

注) EGR (Enhanced Gas Recovery ガス増進回収)

- ・ 工業炉において大型ガラス溶融炉をターゲットとして、実用化・事業化を前提に事業を進めていることは評価できる。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ アウトカム目標にコストを明確に (数値的に) 示している点については再検討が必要である。10 年

以上も先の社会情勢を考慮して見積もるのは困難ではないか。

- ・ 国内外での技術開発やルール整備が急速に進むことも想定される。これら外部環境の変化の影響を継続的に評価し、他技術に対する優位性、有望な関連技術の取り込み、新たな制度・規制への対応等の観点から、時間軸も含めてタイムリーに見直していくことを望む。ブルーアンモニアの製造に関しては、海外展開を図るとしているが、本プロジェクトの実施期間中から、本提案プロセスの特性上必要となる立地条件の整理と具体的な候補地の探索も進めておく必要があるのではないか。
- ・ ブルーアンモニアの製造に必須の CCS は本技術開発の対象範囲外である。つまり、CCS が実施できればブルーであり、実施できなければグレーである。したがって、外部要因である CCS を含めず、あくまで新たなアンモニア製造技術開発を行うという点を明確にしたほうが良い。この観点からは、従来型のアンモニア製造技術と本提案技術を比較し得失を示した資料があれば、本提案技術の意義がより分かりやすくなる。
- ・ アンモニアや水素の経済性や CO₂ 削減効果は、製造から利用までのサプライチェーン全体での評価が求められる。本事業で対象とした技術が将来的なアンモニアサプライチェーンの中に組み込まれた際の評価を今後期待したい。
- ・ アンモニア利用/プロジェクトの意義を明確化するという観点では、工業炉用途のアンモニア需要の 2030 年、2050 年の見通しであったり、その目標値については、実施者間で検討、合意、共有されていることが望ましい。必要に応じて、そのターゲットとするアンモニア工業炉の市場規模を国内、海外も含めて、開示していくことも、プロジェクト実施に対して、より多くの理解を得る上では有効と思われる。
- ・ 今後の必要に応じた知財化、ノウハウの確保を含む成果に期待したい。
- ・ **【燃烧】** ブルーアンモニア需要量に対する本事業の需要拡大量は、限定的だと見受けられるため、ブルーアンモニア製造コストをアウトカム目標としても置くことに違和感がある。利用可能分野においては、適用時の CO₂ 削減量や CO₂ 削減コストをアウトカムと位置づけてはどうか。
- ・ **【製造】** ブルーアンモニア製造に対する本事業の範囲は、適地の観点から当初想定よりも限定的だと見受けられるため、ブルーアンモニア製造コストをアウトカム目標に置くことに違和感がある。既存技術との比較は必要であるものの、適用候補地での CO₂ 削減量や日本へのブルーアンモニア調達量の増加などもアウトカムとして位置づけてはどうか。
- ・ いずれのプロジェクトについても、海外で同様な研究開発が進められる可能性があるので、今後も動向調査を続けつつ研究を進めることが望ましい。
- ・ アンモニアを取り扱う設備においては、安全性の担保は必要不可欠であり、この点に関する取り組みについて明確化した方がよい。
- ・ アンモニア合成については、海外での実施が想定されているので、その際の特許の取り回しについての検討が必要である。
- ・ 工業炉における CO₂ 削減技術としては、電気炉技術および水素燃焼炉技術が国内外で検討されている。電化等での対応が難しい温度域があるということであるが、実用上、本事業の技術を電気炉、水素燃焼炉の技術をどのように使い分けていくか、ハイブリッド技術として実装するか整理していく必要がある。
- ・ 工業炉は加熱対象が多岐にわたることから、バーナー構造、炉構造において共通部分と加熱対象に

応じて仕様が異なってくる部分が存在する。この部分は、標準化戦略も含めて、整理して行く必要がある。ブルーアンモニア製造は、提案されたプロセスがトータルプロセスとして確立できる見通しが重要であり、さらに提案プロセスが海外ライセンサーのプロセスと比較して、技術面、コスト面で優位である部分を明確に示すことが必要である。現状、アンモニア製造技術が海外のライセンサーの技術によるものであるため、アウトカムとして事業化を考えた場合、海外ライセンサーとの協業は必須であり、どのように連携可能であるかの調査が必要である。

- ・ 標準化戦略にあたっては、工業炉において、キャッチアップして行くことが予想される中韓勢に先駆けて、燃焼技術で達成した、排ガス中の NOx、N₂O、残存アンモニア濃度をバーナーや炉の標準基準として設定する検討が必要である。

(2) 目標及び達成状況

【肯定的意見】

- ・ 特に、「工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発」については、既に基礎的な優れた成果が出てきており、高く評価できる。
- ・ アウトカム目標としてブルーアンモニアの製造コストを設定しているが、燃料アンモニアの社会実装・利用拡大にとって、経済性の指標の一つとなる製造コストの重要性は理解できる。
- ・ 研究開発項目 1 については、ラボスケールバーナーで各種条件が NOx 濃度に及ぼす影響等体系的にデータを取得することで低 NOx 燃焼条件の指針を得るとともに、200kW 級アンモニア-酸素バーナーにおいても NOx 排出濃度を基準値以下に抑えられることを明らかにし、ガラス熔融実生産炉での 200kW 級アンモニア-酸素バーナーの技術実証まで実施していることから、中間目標を全て達成し、順調に進捗していると高く評価する。
- ・ 2050 年カーボンニュートラルに向けた国のビジョンや計画などに関連した目標設定の考え方である点は評価できる。
- ・ 【燃焼】基礎的な燃焼特性の把握から小型のバーナー開発、実証試験を計画通りに実施し、大きな課題がなく順調に進捗していると評価できる。また、その状況を踏まえ、最終目標に適用先拡大や社会実装の前倒しを目指した追加目標設定もされており、成果の最大化に向けて適切に取り組まれている。
- ・ 【製造】・実証に必要な設備に関するシミュレーションや建設に向けた準備を計画通りに進めており、中間評価として進捗は評価できる。
- ・ GI 基金の研究開発目標等を根拠に数値目標が設定されている。本プロジェクトで実施されるアンモニア利用技術はいずれも早急に確立すべきであり、特に他分野への展開が期待される工業炉でのアンモニア利用に関する研究は重要な位置づけであるため、国費投入による本研究の早期の目標達成が強く望まれる。
- ・ 工業炉、ブルーアンモニア製造、いずれの課題についても具体的且つ適切な目標が設定されていると判断される。中間目標については、概ね達成されていると評価できる。工業炉については、類似の既存研究よりも難しい技術が課題として設定されているが、予定した計画以上に順調に研究開発が進められているという印象を受けた。本研究で得られる成果は、類似のアンモニア燃焼の利用分野

の発展への貢献が期待できる。成果公表や特許出願については、学術的な成果と知財として認められる成果を判断する等、適切な戦略の下に行われている。

- ・ 工業炉は、事業化としてガラス製造メーカーが本技術を製造工程にて実装することを目標としていて、具体性があり評価できる。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ コストの議論は重要であるが、それに終始するのではなく、基礎研究や技術開発のブレイクスルー等についても重視した方が良い。
- ・ 製造コストは、その算定範囲や前提条件等が明確になっていなければ、その価値を正しく理解することが困難である。また、天然ガス価格や為替レート等いくつかの外部変動要因の影響を受ける。アウトカム目標としての製造コストは、現在掲げている数値ありきではなく、例えば本プロジェクト終了時点で外部変動要因の影響を考慮するとともに算定範囲や前提条件も明確にして、その数値の位置付けを正しく理解できるよう工夫をしていただきたい。水素やアンモニアをグリーンやブルーという色では無く炭素集約度により整理する動きが出ている。ガラス溶融炉での燃料アンモニア利用も含め、炭素集約度や CO₂ 排出原単位等の観点からの目標設定についても検討の余地があるのではないかな。
- ・ 研究開発項目 1 については、現在目標にしている NOx 排出濃度のクリアだけではなく、現在操業中の既存のガラス溶融炉での実績値との比較・評価も行い、更なる低 NOx 化へ取り組むことを期待する。また、バーナー開発における事業化を見据えると、ガラス溶融炉とは異なる NOx 排出基準の様々な工業炉への展開に必要となる知見を本プロジェクト期間中に蓄積することも重要なことと考える。研究開発項目 2 については、プロセスの全体最適化にはプロセスシミュレータが非常に重要な役割を果たすと考えられる。最新の技術情報の活用や小規模実証の実データのフィードバック等により精度の高いシミュレータを構築し、既存技術との比較も含め、大規模プラントへのスケールアップ評価へ活用することを期待する。また、消費エネルギーの削減に関して、提案プロセスの重要技術以外にも視野を広げ、既存技術ベースであっても本プロセス特有の条件に合わせて最適化の余地のある周辺設備についての検討も実施する価値があるのではないかな。
- ・ ブルーアンモニアの製造コスト目標は天然ガス価格に大きく依存することから、天然ガス価格に依存する変動費とその他設備費等を分割して目標設定すれば、本技術開発が目指す位置がより明確になる。
- ・ アンモニア製造/燃焼排ガスからの低圧 CO₂ ではなく、プロセスガス（ATR からの生成ガス）からの高圧 CO₂ を省エネルギーで回収できる点が特長の一つである。これを活かして、CO₂ の回収率をさらに向上させ、グリーンアンモニアに匹敵する炭素強度(Carbon Intensity)を、グリーンアンモニアと同等のコストで実現できれば、本技術が脱炭素へのトランジションにおける低炭素技術に留まらず、脱炭素技術の一つとして成立し、本技術の寿命をより長期化させられる可能性がある。その意味では、90%以上の CO₂ 回収率を目指す取り組み（技術開発等）も今後検討する価値があろう。

注）ATR（Autothermal Reforming 自己熱改質）

- ・ アンモニア製造/ハーバー・ボッシュ法等に基づいた大規模ブルーアンモニア製造 (>100 万トン/年)

に関する FS、PreFEED、投資検討等が進む中、数年のうちには、商用ブルーアンモニア製造プラント建設・運用が見込まれる。このような世界の動きの中、本プロセスの競争力の確保という観点からは、市場投入時期や様々な立地での FS 等に関する検討も、研究開発の加速と並行して、なお一層進められることを期待したい。

注) FS (Feasibility Study 事業化の可能性調査)

注) PreFEED (前段階の概念設計/概算費用検討)

- ・ **【燃焼】**ブルーアンモニア需要量に対する本事業の需要拡大量は、限定的だと見受けられるため、ブルーアンモニア製造コストをアウトカム目標に置くと達成状況の計測が不明確になる恐れがある。本事業の CO₂ 削減コストを他の手段と比較し需要可能な水準であることを確認するとともに、利用可能分野の規模を定量的に見積もって適用時の CO₂ 削減量をアウトカムと位置づけてはどうか。
- ・ **【製造】**ブルーアンモニア製造に対する本事業の範囲は、適地の観点から当初想定よりも限定的だと見受けられるため、ブルーアンモニア製造コストをアウトカム目標に置くと達成状況の計測が不明確になる恐れがある。既存技術との比較は必要であるものの、適用候補地での CO₂ 削減貢献量や日本へのブルーアンモニア調達量の増加などもアウトカムとして位置づけてはどうか。
- ・ オープン・クローズ戦略では積極的に権利化ライセンスとあることから、海外動向踏まえ今後の特許出願を期待したい。一方で、利用拡大に向けては安全や保安に関する情報発信をすることとなっているため、こちらも具体的なアウトプットを期待したい。
- ・ **【製造】**提案プロセスの実現可否は、アンモニア製造に必要な冷熱の必要量と冷熱源からの供給量のバランスにかかっているため、理想的なエネルギー収支に加えて、具体的な候補地でのエネルギー収支や OPEX を検討してはどうか。

注) OPEX (Operating Expense 事業運営費)

- ・ もし、実装に向けて課題があれば抽出して対応方針までは検討してはどうか。
- ・ アンモニア製造コストの目標がかなり厳しい値に設定されているという意見がでていたが、目標達成に向けたシステム設計等を進めてほしい。
- ・ アンモニア合成プロセスに、特に低温低圧アンモニア合成に関して、触媒選定や反応条件の設定が不明確な印象を受ける。目標達成に向け、触媒を含めたモデルの構築を早急に進めることが望ましい。
- ・ ブルーアンモニア製造コスト \$200~340/ton-NH₃ の道筋が明確には見えていない。製造コスト目標を設定することは必要と考えるが、工業炉の実証を受けた結果を含めて、CO₂ 削減効果もアウトカムとして評価すべきである。
- ・ 工業炉において、燃焼技術として酸素燃焼（酸素富化燃焼）に加えて、高温空気燃焼も実施するということであるが、ガラス熔融炉分野以外の金属加工（加熱）分野に展開することを想定した場合、NEDO の他の事業との技術的なアウトプットの共有化や整理、デマケについて事業を俯瞰して調整することが必要である。特に大学等の基礎技術研究については複数の大学で同じような研究を実施して、委託事業が重複していないか NEDO 側で確認すべきである。

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- ・ 「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」が研究開発要素を多く含む課題である一方で、「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」は事業化に近い製造プロセスの構築に関連する課題であることから、前者が委託 100%、後者が補助率 50%というのは妥当である。
- ・ CO₂ 排出削減技術として水素・燃料アンモニアの利用拡大は、我が国の政策の中で重要な技術と位置付けられている。水素・燃料アンモニアの製造・供給から利用までのサプライチェーン全体に対し、様々なプロジェクト間の連携も含めて効率的に実施していくことが重要であり、水素関連も含めて GI 基金事業等において複数の事業を推進している NEDO が本プロジェクトを推進することは妥当なものと評価する。研究開発項目 1 は、燃焼の基礎的研究、その知見を反映した実機バーナー設計、実機バーナーの実生産炉での技術実証の各ステップの中心となる実施者が連携する体制を、研究開発項目 2 においては、プロセス構築のカギを握る重要技術のベンダーが連携して最適化を行う体制を構築しており、実施者の体制は適切なものと判断する。

注) GI 基金（グリーンイノベーション基金）

- ・ 研究開発項目 1 は、アンモニア-酸素燃焼場での NO_x 生成メカニズムや反応解析モデルは未だ確立されたものは存在しないことに加え、アンモニア・酸素燃焼場に製品が直接さらされるガラス溶融炉をターゲットにしている。これまでにない燃焼に関する基盤技術の開発とガラス溶融炉の実生産炉での実証を目指すもので、その技術的ハードル、事業者にとってのリスクは高いと判断できることから委託での実施は妥当と判断する。
- ・ 複数のプロジェクトが進行している中で、他プロジェクトとの重複が無いよう十分検討され、また、工業炉だけではなく発電分野、運輸分野のプロジェクトとの連携を図るための体制が NEDO 内で構築され、定期的に情報交換を行っていることを評価する。
- ・ 工業炉でのアンモニア利用については他の NEDO 事業との棲み分けをしつつ、これまでの NEDO の関連領域における実績を活かすことで、本技術開発を効率よく実施している。また、工業炉、ブルーアンモニア共に、各要素技術がどのように本事業の背景・意義に関連しているのかを理解しつつ、NEDO 実施者がきめ細かいマネジメントを行っている。
- ・ アンモニア利用/アンモニア純酸素燃焼によるガラス溶融の実炉での実証試験を実施済みである。加えて基盤的な部分でも、アンモニア燃焼反応機構を理解する試みを含む火炎の数値解析的研究の取り組みが進捗している。プロジェクトには、コンパクトでよく定義された実験火炎の研究から、中規模、実炉規模の大型火炎の試験研究が含まれており、基礎から応用面に渡る研究者の連携による開発の加速や、サイエンスの基盤に基づく着実な技術の深化が期待できる。
- ・ アンモニア製造/他国での事例のない新たな技術の開発である。これを国内で、小規模ながら実証していくことは、海外立地が前提となるブルーアンモニア製造技術の世界展開において必須であり、それを実用化・事業化できる体制である。
- ・ アンモニア製造/空気分離（ASU）、純酸素 ATR による水素製造、CO₂ 分離回収、アンモニア合成、CO₂ 貯留、これらを小規模ながらも、一貫したプロセスで実証し、そのコストインパクトや炭素強度（Carbon Intensity）における、他技術に対する優位性を示すことができれば、その世界に与えるインパクトは大きいといえる。
- ・ 【燃焼】実施主体は各分野でこれまで研究開発実績のある組織であり、また本事業においても適切に役割分担されており、体制は有効に機能している。また、採択プロセスにおいて製品からの品質要求

や付帯設備まで含めた全体の経済性まで含めることとした点や他の事業との重複がないことを確認した点は妥当である。

- ・ **【製造】** 実用化はプラント建設となるため、一社が助成を受け、その他を外注及びベンダーの形で取り組みを進めることは、プラント全体を見渡せる点で妥当。また採択プロセスにおいて重要となるアンモニア触媒の性能やプラントの CAPEX 精査を実施することとした点も評価できる。

注) CAPEX (Capital Expenditure 設備投資)

- ・ **【燃焼】** 製品の製造プロセスへの適用でありリスクが高いことから委託とした点は妥当。
- ・ **【製造】** 既存技術の組合せであることから補助事業とした点は妥当。
- ・ アンモニア分野のプロジェクトが多数並行する中、重複なく整理することと情報共有することで、全体を俯瞰したマネジメントを実施できている。利用において、追加確認事項が分かったのちに、開発項目の追加と予算措置をしており、必要なアウトプット獲得のためのマネジメントを実施している。
- ・ NEDO が実施する意義について明確な根拠を示しつつ説明が行われており、且つ各要素技術の目標の実現が見込める適切な実施者が選定されていると判断できる。指揮命令系統や責任体制については適切に設定されている。採択プロセスについて、採択条件、それに対する現状の対応等が明確化されており、概ね問題ないと言える。
- ・ 委託及び補助事業の理由が明確化された上で、研究開発が実施されており、現状案で特に問題ないと判断される。
- ・ 各要素技術に関する研究計画はアウトプット目標に対して適切に選定されている。研究スケジュールについて、中間評価時点では計画通り、或いはそれ以上の進捗であると判断される。
- ・ 工業炉について、基礎研究から実証、事業実証において適切な大学・研究機関、事業者により構成されている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・ 「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」については、成功すればチェンジメーカーともなりうる大いに期待すべき課題ではあるが、この短期間で成功へと導けるかというリスクもある。関係者と連携をより密に行い、確実に推進することを期待する。
- ・ 可能な範囲で構わないが、他プロジェクトで得られた情報や知見の共有・活用、複数プロジェクトに共通する課題に対する新たなテーマ設定など、全体を俯瞰しながら検討していくことも有効と考える。
- ・ ブルーアンモニアについては、国内外での類似・競合技術のエネルギー消費効率や CO₂ 回収率との比較を行いつつ、必要に応じて目標を見直すことも大事である。
- ・ アンモニア製造/化学と物理の原理に基づくアンモニア火炎の理解が進めば、原理的には、様々な形態の工業炉における現象の机上再現が可能となり、本プロジェクトで得られた知見を活用したアンモニア利用工業炉開発の加速が期待できる。このような成果の展開、周辺技術への波及が、見通せるのであれば、それを一定の意図を持って推進するようなマネジメントについて検討することも一定の意義があろう。その際に、極めて技術的な側面であるが、現状の火炎の数値解析技術(近似レベル)が反応機構の詳細度と計算領域規模のトレードオフの制約の中、選択せざる得ない現実的な選択肢

であると理解はするものの、様々な形態の工業炉における現象の机上再現を目指す上で、それと State of the art の数値解析技術とのギャップを、何らかの努力によって埋めるべきなのか、また、仮に埋めるとするならば、そのための数値解析技術オプションは何か、そのために必要なリソースは何かについて、必要に応じて、検討する価値がある。

注) State of the art (最先端)

- ・ アンモニア利用/CO₂回収率のアンモニア製造コストにおよぼす感度解析、プロセス間での熱のインテグレーションによるプロセス最適化など、プロセスシミュレーションに基づくコスト削減やプロセス性能向上への取り組みも商用プロセス検討において有効であろう。
- ・ ブルーアンモニア合成については、シミュレーション等を基にする研究の特性上、詳細をスケジュールに記載することは難しいと思われるが、可能な範囲で研究開発における課題の明確化や計画の根拠等が示されるとよい。
- ・ ブルーアンモニア製造については、事業者の管理下である外注先やベンダーが実施する内容についても、PL の助言を受けて、プロセス設計・構築など適切に行われるべきである。

注) PL (プロジェクトリーダー)

- ・ ブルーアンモニア製造において、要素技術として実績のある技術を組み合わせて実証する方針の中で、未利用冷熱利用が技術開発要素であるので、この部分が適切に実施されアウトプットを出す必要がある。また、低圧アンモニア合成プロセスについては、反応の GHSV が適切に設定され、事業化に結びつく形で実証される必要がある。

注) GHSV (Gaseous Hourly Space Velocity 空間速度)

審議経過

● 分科会（2023年6月28日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

● 第74回研究評価委員会（2023年8月8日）

「燃料アンモニア利用・生産技術開発」

中間評価分科会委員名簿

(2023年6月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	くろせ りょういち 黒瀬 良一	京都大学 大学院 工学研究科 機械理工学専攻 教授
分科会長 代理	はら さぶろう 原 三郎	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 副本部長
委員	しばた よしあき 柴田 善朗	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 電力・新エネルギーユニット 担任補佐・研究理事
	のりなが こうよう 則永 行庸	名古屋大学 未来社会創造機構 脱炭素社会創造センター 教授
	はたえ とおる 波多江 徹	東京ガス株式会社 基盤技術部 次世代技術研究所 副所長
	みやおか ひろき 宮岡 裕樹	広島大学 自然科学研究支援開発センター 准教授
	やまさき はやひで 山崎 勇英	株式会社日本触媒 事業企画本部 マーケティング戦略部 部長

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2023年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと ま ゆ み 松本 真由美	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

製油所の脱炭素化研究開発
中間評価報告書

2023 年 8 月

製油所の脱炭素化研究開発
評価検討会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月21日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省研究開発評価指針」（令和4年10月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している「次世代燃料安定供給のためのトランジション促進事業」のサブテーマとして実施している「製油所の脱炭素化研究開発」は、国内の石油精製事業者が、石油精製事業を継続しつつ、カーボンニュートラルに向けて二酸化炭素排出量削減に資するような技術の開発を後押しすることで、国内の燃料安定供給とともに、国内製油所の脱炭素化を実現するため、2021年度より実施しているものである。

今般、省外の有識者から構成される製油所の脱炭素化研究開発 中間評価検討会において、個別事業の進捗状況や目標達成状況の評価結果を踏まえて将来像（目的・ビジョン）を実現するための重要性や想定される社会インパクトの評価を行うため、経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて中間評価を行った。本評価報告書はその評価結果として取りまとめたものである。

【本中間評価検討会 委員構成】

座長 増田 隆夫	北海道大学 理事・副学長
鎌田 博之	株式会社 IHI 技術開発本部 技術企画部 企画推進グループ 主幹
酒井 奨	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 炭素循環エネルギーグループ 副主席研究員
関根 泰	早稲田大学 先進理工・応用化学 教授

【本研究開発評価に係る省内関係者】

事業担当課長 資源エネルギー庁 資源・燃料部 燃料供給基盤整備課長 永井 岳彦
評価担当部署 産業技術環境局 研究開発課 技術評価調整官 大隅 一聡

【本中間評価の審議経過】

第1回評価検討会（2023年7月19日）

- ・事業概要の説明及び質疑応答

第2回評価検討会（2023年8月3日）

- ・評価及び対処方針の確認

目次

はじめに	1
事業情報	3
第1章 評価	7
1. 評点法による評価結果	8
2. 評価	9
第2章 問題点・改善点に対する対処方針	15
第3章 評価対象事業に係る資料	20

【事業情報】

事業名	製油所の脱炭素化研究開発						
担当部署	資源エネルギー庁 資源・燃料部 燃料供給基盤整備課						
事業期間	2021 年 ～ 2025 年 評価時期：事前（2020 年）、中間（2023 年）、終了時（2025 年）						
予算額	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	事業総額	執行総額
	6 億円	6 億円	5 億円	—	—	17 億円 （2021 年度～2023 年度までの総額）	17 億円 （2021 年度～2023 年度までの総額）
上位施策 及び KPI	○第 6 次エネルギー基本計画（令和 3 年 10 月） 「既存の燃料インフラや、これまで培ったネットワーク・人材を活かして、石油精製業が、バイオ燃料、水素、合成燃料等の新たな燃料供給にチャレンジするための構造改革やイノベーションを後押しする。また、クリーンな石油精製プロセスに向けて、省エネルギー対策を一層進めるとともに、CO₂フリー水素の活用など、製油所の脱炭素化の取組を促進する。」						
事業目的	石油製品は、今後も重要なエネルギー源としての役割があり、引き続き国内における安定供給を確保する必要がある。しかしながら、石油製品の供給拠点である製油所（石油精製事業者）は、国内の石油需要の減少、アジア諸国の石油コンビナートとの国際競争の激化に加え、世界的な脱炭素化の潮流といった事業環境の変化に直面している。 本事業は、国内の石油精製事業者が、石油精製事業を継続しつつ、カーボンニュートラルに向けて二酸化炭素排出量削減に資するような技術の開発を後押しすることで、国内の燃料安定供給とともに、国内製油所の脱炭素化を実現することを目的とする。 この目的を達成するために、下記項目の研究開発を実施する。 ① 製油所の操業の最適化による CO₂ 低減 ② 石油精製と廃プラスチック、バイオマス等の共処理技術（Co-Processing 技術）の向上による CO₂ 低減						
事業内容	① 製油所の操業最適化による CO₂ 低減（製油所のエネルギー消費量の削減） ② 共処理技術（Co-Processing 技術）の向上による CO₂ 低減（原油代替としての低炭素原料の利活用）						

アウトカム指標		アウトカム目標	達成状況
短期目標 2030 年度	国内平均の製油所の主要プロセスの大幅な省エネ稼働	CO2 低減 400 万 t/年	—
中期目標 2035 年度	低炭素原料を活用し、製品の脱炭素化を行う	40%の低炭素原料を Co-Processing 処理する技術の確立	—
アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況
中間目標 2023 年度	①-1：処理原油成分リアルタイム予測技術開発 1)原油の基本情報を整備およびデータベース化し、製油所で活用可能とする。 2)原油/留分の性状を予測する基本技術構築	1)データベース登録数（累計） 原油 18 種類 2)原油一般性状予測 AI モデルの開発（進捗率で評価） 原油/留分性状 147 項目のうち 70% 以上が、AI モデル予測値と実測値の誤差が試験法の再現許容差内であること	達成 1)18 種類 2)80%
	①-2：CDU の最適化制御技術開発 製油所の省エネ/高効率化に資する操業最適化のさらなる高度化に関する技術開発を行う	1)CDU 最適化制御高度化の要件定義および RTO 改造仕様の決定（進捗率で評価）	達成 1)100%
	①-3：ファウリング抑制技術開発 製油所の省エネ/高効率化に資する操業最適化のさらなる高度化に関する技術開発を行う	1)ファウリング解析モデルのプロトタイプの構築（進捗率で評価）	今年度中に達成見込み 1)60%
	②-1：Co-Processing 基盤技術開発 低炭素原料の基本情報を整備およびデータベース化し、製油所で活用可能とする。	1)データベース登録数（累計） 低炭素原料 12 種類	達成 1)20 種類
	②-2：Co-Processing 技術開発 製油所で低炭素原料を共処理することを可能とする技術開発を行う。	1)反応ルート、触媒劣化/被毒機構を踏まえた Co-Processing 用水素化分解触媒システムの確立（進捗率で評価）	今年度中に達成見込み 1)70%

最終目標 2025 年度	処理原油成分リアルタイム予測技術開発 1)原油の基本情報を整備およびデータベース化し、製油所で活用可能とする。 2)原油/留分の性状を予測する基本技術構築 CDU の最適化制御技術開発 製油所の省エネ/高効率化に資する操業最適化のさらなる高度化に関する技術開発を行う。	データベース登録数（累計） 1)原油 35 種類 2)原油成分予測 AI モデルの開発 予測成分のうち 70%以上が、AI モデル予測値と実測値の誤差が±10%に収まる 技術開発レベル TRL2→5 1)RTO 改造効果がシミュレーションレベルで検証	— —
	ファウリング抑制技術開発 製油所の省エネ/高効率化に資する操業最適化のさらなる高度化に関する技術開発を行う。	技術開発レベル TRL2→5 1)ファウリング解析モデルの構築	—
	Co-Processing 基盤技術開発 低炭素原料の基本情報をデータベース化し、製油所で活用可能とする。	データベース登録数（累計） 1)低炭素原料 20 種類	—
	Co-Processing 技術開発 製油所で低炭素原料を共処理することを可能とする技術開発を行う。	技術開発レベル TRL2→4 1)RFCC における共処理を対象とし、原料組成および反応条件から生成物収率を予測する機械学習モデルの構築 2)原料の分子成分情報から各原料毎のファウリング挙動が推定可能なプロトタイプモデルの構築	—
マネジメント	① ステアリング会議 JPEC 関係部署が集まり PJ 全般のマネジメントを行う。 ② 技術検討会 技術開発の手法や進捗について確認する。 ③ 製油所脱炭素化技術専門員会 有識者が客観的立場で、技術開発の評価・助言を行う。		
プロジェクトリーダー	(一財)石油エネルギー技術センター 製造プロセス技術部部長 秋本 淳		

実施体制	資源エネルギー庁 → (一財)石油エネルギー技術センター (JPEC) [定額補助 (10/10)] → 石油精製事業者・大学等[委託等]	
	研究開発項目① 製油所の操業最適化による CO2 低減（製油所のエネルギー消費量の削減）	[委託] コスモ HD、東京農工大、産総研等 [共同研究] 明治大（会計上の契約なし）
	研究開発項目② 共処理技術（Co-Processing 技術）の向上による CO2 低減（原油代替としての低炭素原料の利活用）	[委託] ENEOS、千葉大、産総研等

第 1 章 評価

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準	各委員の評価				評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋					
(1) 事業の目的・位置づけ	A	A	B	A	2.8
(2) アウトカム達成まで道筋	A	B	A	A	2.8
(3) 知的財産・標準化戦略	B	A	A	A	2.8
2. 目標及び達成状況					
(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	A	B	A	2.5
(2) アウトプット目標及び達成状況	A	A	A	A	3.0
3. マネジメント					
(1) 実施体制	A	A	A	B	2.8
(2) 受益者負担の考え方	A	A	A	A	3.0
(3) 研究開発計画	A	A	A	A	3.0

《判定基準》

- A：評価基準に適合し、非常に優れている。（3点）
 B：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。（2点）
 C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。（1点）
 D：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点）

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価

本項では、評価検討会の総意としての評価結果を枠内に掲載している。なお、「(参考) 外部評価者の評価コメント」に、各評価検討会委員の指摘事項を参考として列記している。

(1) 意義・アウトカム（社会実装）までの道筋

人々の社会・経済活動の骨幹を担う製油所において、将来のカーボンニュートラル社会の実現には大幅な CO2 排出量削減が求められるところ、前事業で構築したペトリオミクスを活用した現行のプロセスのエネルギー消費量削減と Co-processing による未利用資源の原料化に取り組んでいる。資源を海外に依存している我が国として早急に構築すべきプロセス開発である。また、2030 年、2035 年における CO2 削減・導入目標が定量的に設定されており、ロードマップも妥当であることから、社会課題の解決に貢献するものと期待される。

他方、EV 化が進められている状況において、現行の石油精製プロセスにおいて処理する原油量を減らすだけでは対応が難しいことから、プロセスフローを修正する際に柔軟に対応できる Feasibility が高いプロセスの検討、製油所の操業最適化による CO2 低減におけるモデル製油所などの設定に基づく技術開発と製油所での検討のシームレス化、共処理技術における 2035 年の目標達成に向けた低炭素原料の導入の種類、調達先、ボリューム、時期などのイメージの提示および標準化に関するロードマップの策定に加え、常圧蒸留装置に焦点を当てた理由、Co-Processing の CO2 削減貢献度のポテンシャルなどの概算結果の明示が課題。

(2) 目標及び達成状況

ファウリング、Co-Processing は日本の有為な技術であり、環境に配慮した現行プロセスの高度化に繋がる、世界最高レベルの意欲的で野心的な目標が掲げられており、極めて順調な目標の達成状況からもわかる通り、目標達成に意欲的である。各サブテーマについても着実にデータが蓄積されており、貴重な知見が収集されている。ぜひ目標に向けて前倒ししながら進めてほしい。

他方、共処理で用いる廃プラスチックは再生可能な資源では無いことから、環境へのインパクト低減等の新たな指標（欧米から生み出された指標とは異なる）の提案を期待する。また、実際に入手できる低炭素原料の種類とボリュームを考慮した上でアウトカム目標を達成してほしい。その際、国内製油所特有の課題も目標に反映してほしい。さらに、製油所の省エネルギー化を進めることによる CO2 削減量 400 万トンの根拠および Co-Processing において、CO2 削減に対し、どの程度のインパクトを持つのかを明確にした上で、CO2 削減効果、技術的優位性、経済的優位性など、前向きに更新されるような項目があれば、積極的に公表すべき。

(3) マネジメント

常に第三者の目が入るような会議体（製油所脱炭素化技術専門委員会、検討会、研究会など）が設置されるなど、常に評価やアドバイスが得られるバランス良い体制になっており、組織は機能的に構成されている。また、国内製油所全体で活用できる共通基盤的技術であることから、補助率は適切と思われる、ステージゲート方式によりプロジェクト継続の可否や変更に対応できる計画となっている。

他方、仮に期間内に全ての項目が達成できない場合に、その項目をどの様にフォローアップするかを検討したうえで、エンジニアリングの観点からコメント、アドバイス、提案できる企業もしくは研究者や、AI やビッグデータ処理などに経験のあるユニコーンなどを交えて議論を進めるべき。

(参考) 外部評価者の評価コメント

(1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- 前事業で構築したペトロリオミクスを活用して、現行のプロセスのエネルギー消費量削減に向けた取組である。更に、Co-processing による未利用資源の原料化に取り組んでいる。資源を海外に依存している我が国として早急に構築すべきプロセス開発である。
- 国の 2050 年カーボンニュートラルの目標のもと、①製油所操業最適化による CO2 削減、②コプロによる製品の低 CO2 化において、それぞれ 2030 年、2035 年における CO2 削減・導入目標が定量的に設定されており、社会課題の解決に貢献するものと期待される。
エネルギー供給構造高度化法 3 次、4 次告示の方向性を踏まえての、製油所の省エネ化、脱炭素化に資する取り組みとなっている。
- ①、②のテーマ毎に、具体的な検討項目が、ロードマップが、時間軸を含めて具体的に設定されている。
- オープンとクローズの領域が明確に分けられている。
また標準化戦略として、候補原料のデータベース化、懸念物質のリストアップ、前処理技術の調査を踏まえた受入れ基準策定となっており、道筋が明確。受入基準策定と共に、必要前処理技術を明確にして頂きたい。
データベースやシミュレーション技術の石油会社への公開、使用して貰うための仕組み作りが実装に向けて非常に重要と理解しました。既に試験的に石油会社に公開され、仕組み作りを意識して開発を進められている。
- 人々の社会・経済活動の骨幹を担う製油所においても、将来のカーボンニュートラル社会の実現には大幅な CO2 排出量削減が求められる。本事業で目指す製油所のプロセスの最適化(省エネルギー化)と原料の低炭素化 (co-production 化) は、既存のインフラを最大限有効利用しながら CO2 を削減できる最良の方法と言える。
- 各検討項目に対して、2026 年からの製油所への適用試験と 2030 年代の本格稼働に向けて、細かく目標設定が定められている。ぜひとも計画どおりに事業を進められ、事業後の自立化に期待したい。
- JPEC 殿のペトロリオミクス技術を駆使した標準化戦略などは、国際標準化を制定する上で日本が主導できる可能性を大いに秘める。そのための戦略は、しっかり事業計画の中で練りこまれており、成果が大いに期待できる。
- 妥当な設定であり問題ない。

【問題点・改善点】

- EV 化が進められている状況において、現行の石油精製プロセスにおいて処理する原油量を減らすだけでは対応が難しくなり、プロセスフローを修正する事が必要になってくると予想される。その様なプロセスに移行する際に、柔軟に対応できる実現可能性が高いプロセスも平行して検討いただく事を望む。

- ①、②ともに 2026 年以降の各製油所での適用検討が実装のための重要なステップと理解している。モデル製油所などを設定して、技術開発と製油所での検討がシームレスに繋がるよう進めて頂けると良いと思います。
共処理技術に関して 2035 年の目標達成に向けて、低炭素原料の導入の種類、調達先、ボリューム、時期などのイメージが提示されると、社会全体に本取り組みがより効果的に伝わると思います。標準化についてもロードマップとして示されていると尚良いかと思います。
- 次項の「2.目標及び達成状況」の内容に重なるが、本事業が社会実装された場合、カーボンニュートラルにどのくらい貢献しそうか（CO2 削減量としてどのくらいを見込めそうか）という観点から、なぜ常圧蒸留装置に焦点を当てたか？コプロセッシングの CO2 削減貢献度はどのくらいのポテンシャルがあるか？などを概算結果でも良いので明示しながら本事業の意義をアピールされると良い。
- 各製油所への技術適用は失敗と成功の連続になると思われ、そこから多くの事を学べる。製油所との協議の場を少しでも多く持ち、計画（2026 年以降）よりも前倒しで適用できるような気持ちで実施されると良い。
- 国際標準化に対して日本主導の切り札になるよう技術醸成して頂きたい。

（２） 目標及び達成状況

【肯定的意見】

- アウトプットの設定は適切と判断します。加えて、ファウリングの検討は、プロセスの定修までの期間を長くする事や、常圧蒸留塔の最適操作などにより、省エネルギー化が図られ、石油精製の 10 %の CO2 排出量削減に繋がる。Co-processing も含めて日本の有為な技術であり、環境に配慮した現行プロセスの高度化に繋がる。
- アウトカム目標として①最適化においては、国内製油所の CO2 排出量 3,000 万トンに対して 10% 以上 CO2 削減、②共処理技術では現時点で世界最高レベルの意欲的な目標が掲げられている。
- アウトプット目標として①、②ともに具体的にブレイクダウンされた数値目標が設定されている。各サブテーマについて、着実にデータが蓄積されており、AI モデル、機器開発、共処理基盤技術向けの貴重な知見が収集されている。
積極的に論文、学会発表が行われており、国内製油所全体で活用できる共通基盤技術として認識されていると思われる。
- 世界最高水準のエネルギー効率指標と、世界最高レベルの原料代替基準（共処理装置への供給量）を基に設定された野心的な目標は評価すべきと考える。
- 目標の達成状況は極めて順調であり、今後実施される検討項目についても TRL 評価を軸にししっかりと分析され、目標達成に意欲的なのが分かる。論文、成果発表、特許出願なども精力的に実施されている。
- ぜひ目標に向けて前倒ししながら進めてほしい。

【問題点・改善点】

- 廃プラスチックは再生可能な資源では無いため、廃食油、木質分解油、トール油の様なカーボンニュートラルの観点で不利ですが、収集可能な資源です。その優位性を示すために環境へのインパクト低減等の新たな指標（欧米から生み出された指標とは異なる）を提案されることを期待します。また、廃棄物ですと自治体間で運搬できないため、何らかの形で粗製品（低品位分解油）にして、運搬する必要があります。それを集めて精製プロセスの原料にする工程が必要だと思います。この当たりの社会システムを考慮した全体像を描いて頂きたいと思います。
加えて、廃棄物は一年を通じて安定していません。そのため、精製プロセスに導入する前に、性状変化が無視小になるように前工程で処理する必要があります。その当たりについても次回に説明頂ければと思います。
- 低炭素原料の種類により、受入れ易いもの、難しいものがあると想定される。前処理のし易さとも関係すると思われるが、実際に入手できる原料の種類、ボリュームについても考慮した上で目標を達成して頂きたい。
- 国内製油所特有の課題があれば、目標に反映して頂けると良いと思います。
- 製油所の省エネルギー化を進めることで年間 400 万トンの CO2 が削減できる見込みであるが、その数値に対して各検討課題（①-1～3）がどの程度貢献しているのか（各検討項目の CO2 削減効果）が分かりにくいいため、400 万トンの根拠が弱い。コプロセッシングについても同様に、40%の原料代替がどの位の（CO2 削減に対する）インパクトを持つのかが見えにくい。これらを上手く説明できれば、目標の設定根拠、費用対効果、経済性・環境性のインパクト、国際競争力など、もっと全面的に技術アピールできるはず。
- 順調に事業が推移されていることで、CO2 削減効果や技術的な優位性、経済的優位性など、前向きに更新されるような項目があれば、ぜひともアピールして頂きたい。

（３） マネジメント

【肯定的意見】

- 技術専門委員会も含めて、組織は機能的に構成されています。
- 実施責任者である JPEC のもと石油会社、大学・産総研の専門家含めたバランス良い体制となっている。また製油所脱炭素化技術専門委員会が設置され、専門的見地からもアドバイス頂ける態勢である。
- 国内製油所全体で活用できる共通基盤の技術であることから、補助率は適切と思われる。
- ステアリング会議、技術検討会が適切に設定されている。ステージゲート方式によりプロジェクト継続の可否や変更に対応できる計画となっている。
- 研究開発の内容や進捗、計画に対し、常に第三者の目が入るような会議体（委員会、検討会、研究会など）が設置されており、常に評価やアドバイスが得られる体制になっている。情報管理にも細心の注意が払われ、オープン・クローズ戦略のメリハリもある。引き続き同じベクトルを持つ者どうしの活発な意見交換ができる場を多く持ち、効率的で画期的な成果を上げて頂きたい。
- 提案されているプロセスの省エネ化や原料の代替アプローチ（コプロセッシング）は、商用機に適用するには未だ確立した技術とは言い難く、研究開発・実証研究としてデータの蓄積が必要と考えるため、現在の受益者負担のシステムで良いと考える。

- 常に第三者の意見が取り入れられる状況にあり、研究計画に対する check 体制も整っている。引き続き本マネジメント体制を維持して頂きたい。

【問題点・改善点】

- 期間内に全ての項目が達成できない場合に、達成できない項目についてはどの様にフォローアップするかを検討頂きたい。
- 2026 年以降は製油所への適用を考えているため、エンジニアリングの観点からコメント、アドバイス、提案できる企業もしくは研究者を交えて議論を進めて頂きたい。
- ビッグデータハンドリングなどに経験のあるユニコーンなどをぜひ加えて加速してほしい。

第2章 問題点・改善点に対する対処方針

(1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点	対処方針・見解
EV 化が進められている状況において、現行の石油精製プロセスにおいて処理する原油量を減らすだけでは対応が難しくなり、プロセスフローを修正する事が必要になってくると予想される。その様なプロセスに移行する際に、柔軟に対応できる実現可能性が高いプロセスも平行して検討すべき。	製油所の共処理技術は、現在の石油精製のアセットをフル活用しながら、原油を低炭素原料に置き換えられるプロセスであり、柔軟に対応できる実現可能性が高いプロセスの一つであると考えている。 具体的には以下の検討を行う。 共処理技術は、低炭素原料の導入比率が低い時（おおむね 5～10% 以下）にはプロセスフローを修正することなく対応可能であるが、アウトカム目標に設定したように低炭素原料の導入比率を高くする場合はプロセスフローの修正が必要になると考えている。 一つ目は発熱が大きくなるので冷却プロセスの追加である。共処理技術開発の中で発熱も評価していくために、低炭素原料の成分把握や多成分の反応試験などに着手している。 二つ目に、水素化処理により水素消費量が多くなるため、製油所で製造する水素が不足することが考えられ、水素消費を抑えるための共処理技術検討も必要になると考えている。 それぞれ大きなテーマとなるため、まずは事業期間内で低炭素原料の成分情報把握や反応解析などの検討を始める。
製油所の操業最適化による CO₂ 低減のテーマに関しては、モデル製油所などを設定して、技術開発と製油所での検討がシームレスに繋がるよう進めるべき。	製油所の操業最適化については、CDU 制御最適化など製油所の実機に適用することを想定し石油会社とともに技術開発を進めている。 共処理技術については製油所に実装されていないので、技術的な完成を目指し具体的な実証に向けて石油会社と議論を進め、2030 年のモデル製油所の導入に向けて引き続き議論を進めたい。 （参考資料 1）
共処理技術に関しては、2035 年の目標達成に向けて、低炭素原料の導入の種類や調達先、ボリューム、時期などのイメージを提示すべき。	昨年度の本事業において、低炭素原料の賦存量調査を行って検討したところ（参考資料 2）、まず始めに、海外で検討が進む廃食油やトール油などの低炭素原料の共処理を行うことを想定している。さらには 2035 年の目標達成に向けて、現状

	では使われていないリグニンや間伐材などの活用も検討しており、低炭素原料の種類や調達先を増やす観点から、これらの技術動向を継続的に調べていく。
標準化に関するロードマップを策定すべき。	本事業内で、低炭素原料品質の標準化に関する海外動向を調査するとともに、石油精製設備で共処理できる低炭素原料の性状について、石油会社やエンジニアリング会社と議論し、製油所受け入れ基準（案）の設定を行う。 一方で標準化に向けたロードマップとして、海外との協調や枠組みなどについては検討を継続したい。
共処理技術に関して、①なぜ常圧蒸留装置に焦点を当てたか？②Co-ProcessingのCO2削減貢献度はどのくらいのポテンシャルがあるか？さらには水素化による水素消費量などの概算結果を明示すべき。	① 共処理技術については低炭素原料が比較的軽油留分に近いと想定されているため、二次装置の処理を想定している。低炭素原料と付加価値の低い重質油から高付加価値の石化原料や燃料基材を製造するため、水素化分解、FCC/RFCC、コーカー等を想定しているが、目的に合わせて効果的なプロセスとなるように検討する。 ② 共処理により低炭素原料から燃料を製造した場合、燃料使用時のScope3のCO2が大きく削減される。軽油脱硫装置の40%を低炭素原料とした場合、Scope1,2,3トータルで3600万tCO2/年と大きな削減効果が見積もられた。なお今回仮定したプロセスでは水素消費量は80億Nm3/年増加すると見積もられ、水素消費を抑える前処理やプロセスが必要と考える。 (参考資料3)

(2) 目標及び達成状況

問題点・改善点	対処方針・見解
共処理で用いる廃プラスチックは再生可能な資源では無いため、環境へのインパクト低減等の新たな指標（欧米から生み出された指標とは異なる）を提案すべき。	国内において、廃プラスチックの利活用は経産省の資源自立経済や環境省の循環型社会形成計画など様々な視点で議論がされている。また海外において、例えばICAOではリサイクルできないプラ

	スチック再生油との共処理により製造された航空燃料も SAF として認めるなどの動きもある。 環境インパクト低減等の指標検討に向けて、まずは、これら国内外の動向について調査を行う。
低炭素原料について、実際に入手できる原料の種類やボリュームについても考慮すべき。	現在入手できる低炭素原料の種類と量、及び将来のポテンシャルについては調査を行っているところ（参考資料2）。今後も情報収集を行うとともに、入手可能なものについては性状等の評価を行っていく。 なお廃プラスチックの単純焼却と熱回収焼却から排出される CO2 は 1600 万 t/年と見積もられている（資源エネルギー庁 HP より）。
製油所の省エネルギー化を進めることによる CO2 削減量の 400 万トンの根拠および Co-Processing において、CO2 削減に対しどの程度のインパクトを持つのかを明確にすべき。	事業開始時、世界最先端の製油所は、国内の製油所より効率が 11%程度高い状況だったので、国内製油所においても同程度の効率化を図ることにより、CO2 排出量も世界最先端レベルに押し上げることを目標とした。事業開始時の国内製油所からの CO2 排出量は 3700 万 t であったことから、効率向上による CO2 削減量を 400 万 t と見積もった。 Co-Processing のインパクトについては前述の通り。
400 万トン CO2 を削減することのインパクトを説明してほしい。	石油業界ではカーボンニュートラル行動計画フェーズⅡで、2030 年に向けて国内の事業活動において原油換算 100 万 KL 分/約 270 万 tCO2 の削減を掲げている。これに対し本事業アウトカムの 400 万 tCO2/年の CO2 削減目標は非常に大きく、製油所から排出する CO2 を約 10%以上削減することに相当する。2030 年に向けた安定供給と CO2 の低減の観点からは大きなインパクトと考える。 さらに 2035 年に向けて世界で最も高比率で低炭素原料を処理する 40% Co-Processing 技術の確立を目指しており、Scope1,2,3 合わせて 3600 万 tCO2 の削減を可能とする技術になる。 エネルギーの安定供給とカーボンニュートラル社会の実現に向けて、トランジション期における非常に重要な技術になると考えている。

前向きに成果が得られた項目があれば、積極的に公表すべき。	研究成果については、学会や論文等の発表を年間10件程度行うことを目標として活動しているが、より良い成果の発信の仕方についても追求していく。
------------------------------	---

(3) マネジメント

問題点・改善点	対処方針・見解
仮に、期間内に全ての項目が達成できない場合、その項目をどの様にフォローアップするかを検討すべき。	まずは、目標未達とならないようにしっかり管理を進めていくが、仮に目標未達となったテーマが発生した場合は、技術の社会実装に向けた次の取組につながるように、①なぜ目標未達となったのか、②目標達成に向けた課題は何か、③課題の解決策は想定できているかなどについてまとめ、技術の社会実装に向けた次の取組につなげる。
エンジニアリングの観点から、企業もしくは研究者からコメント、アドバイスを受けながら検討を進めるべき。	製油所脱炭素化技術専門委員会において、エンジニアリング会社や大学の有識者の方に委員に就任いただいております。定期的に助言を頂きながら研究を進めている。引き続き、このスキームを活用していきたい。
AIやビッグデータ処理などに経験のあるユニコーンなどを加え、取り組みを加速すべき。	研究で抽出された課題に応じて、適切な連携先を選定し、研究を推進することとしたい。

第3章 評価対象事業に係る資料

以下、省略