

「部素材からのレアアース分離精製技術開発事業」 (中間評価)

2023年度～2027年度 5年間

プロジェクトの説明 (公開版)

2025年6月18日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

バイオ・材料部 部素材・プロセスユニット 部素材・積層造形チーム

部素材からのレアアース分離精製技術開発事業

プロジェクトの概要

【背景】

電気自動車(EV)などの駆動用モータとして使用されているネオジム磁石には、重レアアースであるディスポロシウム(Dy)やテルビウム(Tb)が原料成分の一部に使用されている。この成分を得るための分離精製工程は、現状、ほぼ海外に依存しており、この供給路が寸断されてしまうと資源リスクが発生し、国内の産業の安定化や成長に重大な影響を与えることが危惧されている。

そこで、本事業では重レアアース資源の分離精製工程について、高効率、低環境負荷、かつコスト優位性のあるプロセスを開発し、日本国内で社会実装を行い、資源循環を目指す。

【研究開発の内容】(委託)

研究開発項目①:未利用資源からの重レアアース回収技術の開発

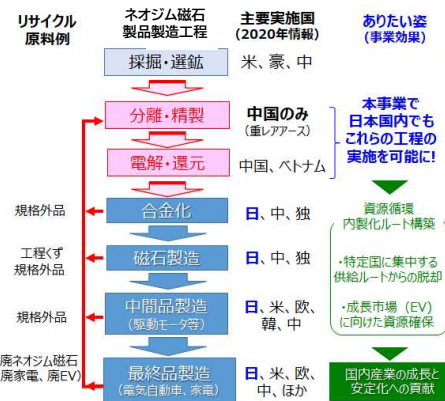
未利用資源から重レアアース群(Dy、Tb)を選択的に回収する新規吸着剤及びこの吸着剤を用いた回収プロセスを開発する。

研究開発項目②:ディスポロシウム/テルビウムの高精度相互分離技術及び精錬技術の開発・高精度相互分離技術の開発

相互分離が難しいDyとTbとを高精度で分離する新規抽出剤の開発、及びこの抽出剤を用いた低環境負荷型の分離精製プロセスを開発する。

・新規電解還元法の開発

更に、後工程のDy、Tbの回収を従来法より低温下低環境負荷で行う新規電解還元法を開発する。



想定する出口イメージ等

アウトプット目標	①新規吸着剤を用いた未利用資源からの重レアアース群の回収方法を開発。 ②Tb/Dy分離係数が、従来剤の2倍を目標とした新規抽出剤の開発、及びこれを用いた分離精製プロセスを開発する。更に後工程についても、省電力(低温下)、低環境負荷となる新規電解還元技術と精錬プロセスの開発を行う。
アウトカム目標	・再生品の売上高(2040年予想): 約800億円 ・CO ₂ 削減量(2040年予想): 約740トン/年
出口戦略(実用化見込み)	・国内での重レアアース資源の再生/再利用を可能とする社会実装の構築。 ・国際標準化活動予定: 有(必要に応じて)、委託者指定データ: 無
グローバルポジション	・PJ開始時: DH ⇒ PJ終了時: LD。 ・現状の分離精製工程の国内事業化は実質0→2031年事業化開始。 本事業にて2040年需要量の5割を製造、徐々に海外依存度を低下させていく。

バイオ・材料部
担当: 山内 禎啓 主査

関連する技術戦略
マテリアル革新力戦略
(統合イノベーション戦略推進会議決定)



プロジェクト類型: 標準的研究開発

既存プロジェクトとの関係

・NEDO(2012~2014)

「使用済みモーターからの高性能レアアース磁石リサイクル技術開発」
⇒分離対象は鉄等とレアアース。Dy、Tbの分離は設定外。

・NEDO(2020~2021)

「部素材の代替・使用量削減に資する技術開発・実証事業」
⇒分離対象となるレアアースはCe。Dy、Tbの分離は設定外。

事業計画

期間: 2023~2027年度(5年間)
総事業費(NEDO負担分): 16.78億円(予定)
2024年度政府予算額: 3.0億円(需給)
2025年度政府予算額見込み: 4.68億円(需給)
公募期間: 2023年3月3日~4月13日(公募延長期間含む)

<研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模>

	2023	2024	2025	2026	2027	2028
研究開発項目① レアアースの選択的濃縮プロセスの開発	新規吸着剤の開発		回収工程の検討/プロセス評価	量産化検討	スケールアップ検討(コスト確認)	
研究開発項目② (1)高精度相互分離技術の開発	新規抽出剤の検討	抽出装置の検討	量産化検討	分離精製工程の検討/プロセス評価	スケールアップ検討(コスト確認)	
(2)電解還元法の開発		電解還元工程の検討				スケールアップ
評価時期			中間評価			終了時評価
予算(億円)	2.6	3.0	4.68	3.5	3.0	—

報告内容



ページ構成

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋



2. 目標及び達成状況



3. マネジメント

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

- ・ 事業の背景・目的・将来像
- ・ 政策・技術戦略面における本事業の位置づけ
- ・ 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- ・ 他事業との関係
- ・ アウトカム達成までの道筋
- ・ 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- ・ 知的財産管理

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

- ・ 実用化・事業化の考え方と
アウトカム目標の設定及び根拠
- ・ アウトカム目標の達成見込み
- ・ 費用対効果
- ・ 前身事業との関連性
- ・ 本事業における研究開発項目の位置づけ
- ・ アウトプット目標の設定及び根拠
- ・ アウトプット目標の達成状況
- ・ 研究開発成果の副次的成果等
- ・ 特許出願及び論文発表

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

- ・ NEDOが実施する意義
- ・ 実施体制
- ・ 個別事業の採択プロセス
- ・ 研究データの管理・利活用
- ・ 予算及び受益者負担
- ・ 目標達成に必要な要素技術
- ・ 研究開発のスケジュール
- ・ 進捗管理
- ・ 進捗管理：事前/中間評価結果への対応
- ・ 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- ・ 進捗管理：成果普及への取り組み
- ・ 進捗管理：開発促進財源投入実績
- ・ モティベーションを高める仕組み

＜評価項目 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
- （２）アウトカム達成までの道筋
- （３）知的財産・標準化戦略

報告内容



ページ構成

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
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

- ・ 事業の背景・目的・将来像
- ・ 政策・技術戦略面における本事業の位置づけ
- ・ 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- ・ 他事業との関係
- ・ アウトカム達成までの道筋
- ・ 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- ・ 知的財産管理

2. 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

事業の背景

- 2050年カーボンニュートラル実現のカギとなる電動化において、モータ用永久磁石の需要は増加する見込み
- 高性能磁石に用いるレアアースには地政学的な不確実性と限られたサプライチェーンによる供給リスクが存在
- 将来の需要に対応すべく、わが国でもレアアースのサプライチェーン強靱化を進めることが必要

図. 希土類元素(レアアース)別の生産国比率(2013年)

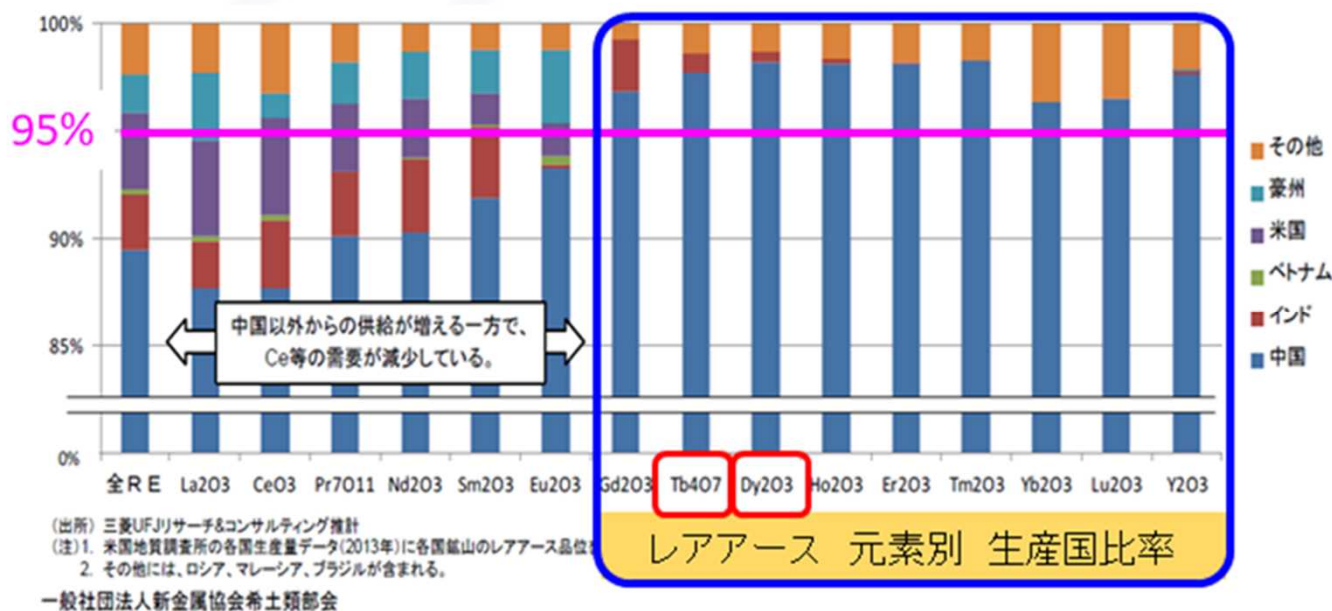
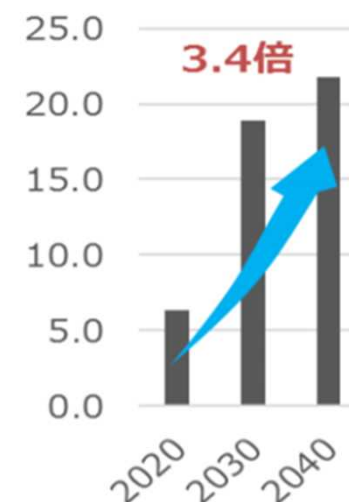


図. 世界のレアアース需要見通し

(出典) Global Critical Minerals Outlook 2021, IEA



事業の目的

中重レアアースの分離・精製および電解/還元工程が特定国に大きく依存していることが磁石サプライチェーン上の大きなリスクである→レアアースのサプライチェーンの脆弱性克服（＝強靱化）に資する技術開発を行う。

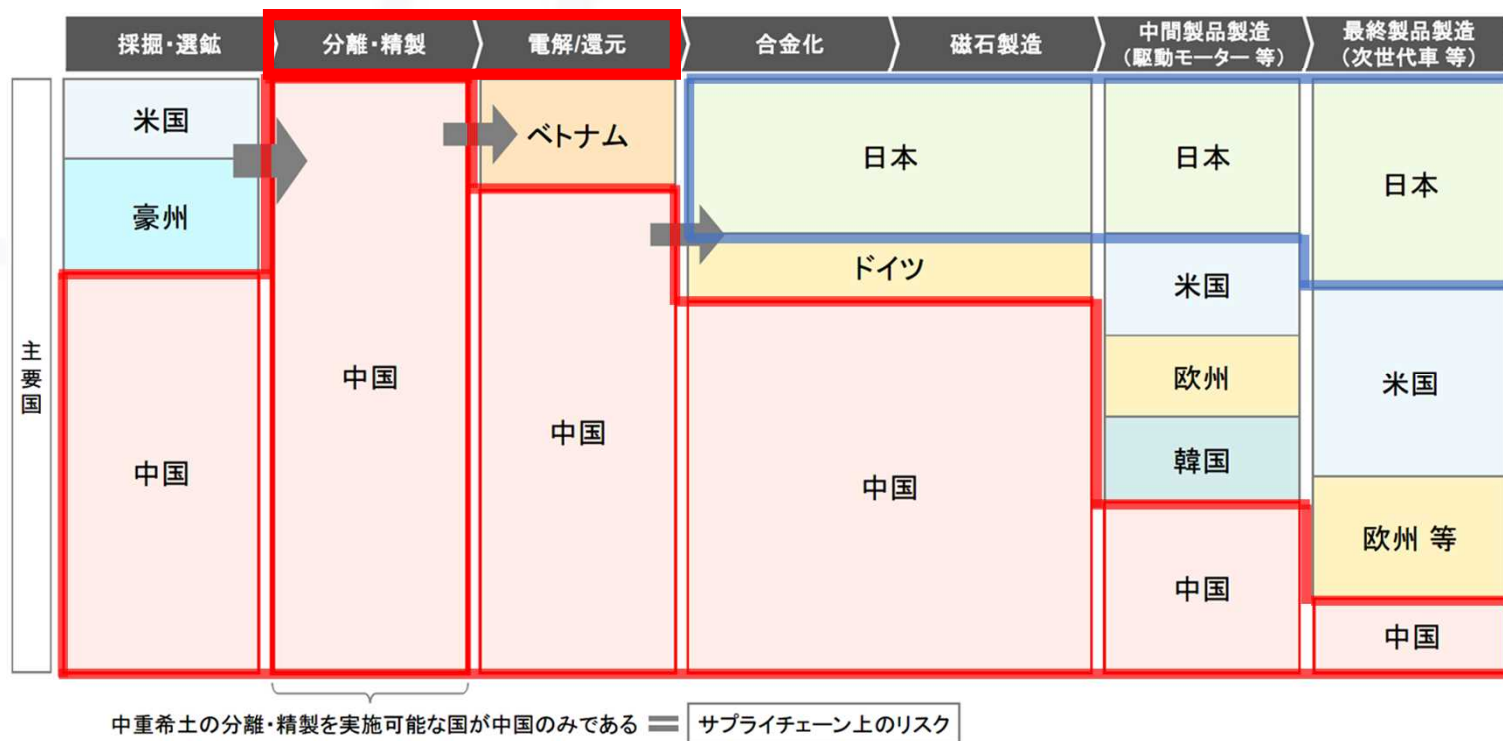


図. 中重希土(重レアアース)のサプライチェーンにおけるリスク

(出典) 北米におけるレアアースのサプライチェーン状況分析業務
最終報告書、JOGMEC 2020年2月28日

事業の将来像

- 本事業では、鉱石並びに廃EV、廃家電等に含まれるネオジム磁石廃棄物から、ディスプロシウム、テルビウム等を純度良く相互分離し、さらにコスト競争力を有するような分離・精製、電解/還元技術を開発し、日本国内で事業化することを目標とする。
- 特定国の製造技術や資源政策に依存しない「重レアアース資源循環および資源確保」を国が主導する形で進めていき、日本の素材産業の安定化と将来の供給リスク不安を解消することが、本事業の狙いとなる。

本事業でターゲットとする原料

天然由来未利用資源
(リン酸製造工程液、鉱山廃液等)

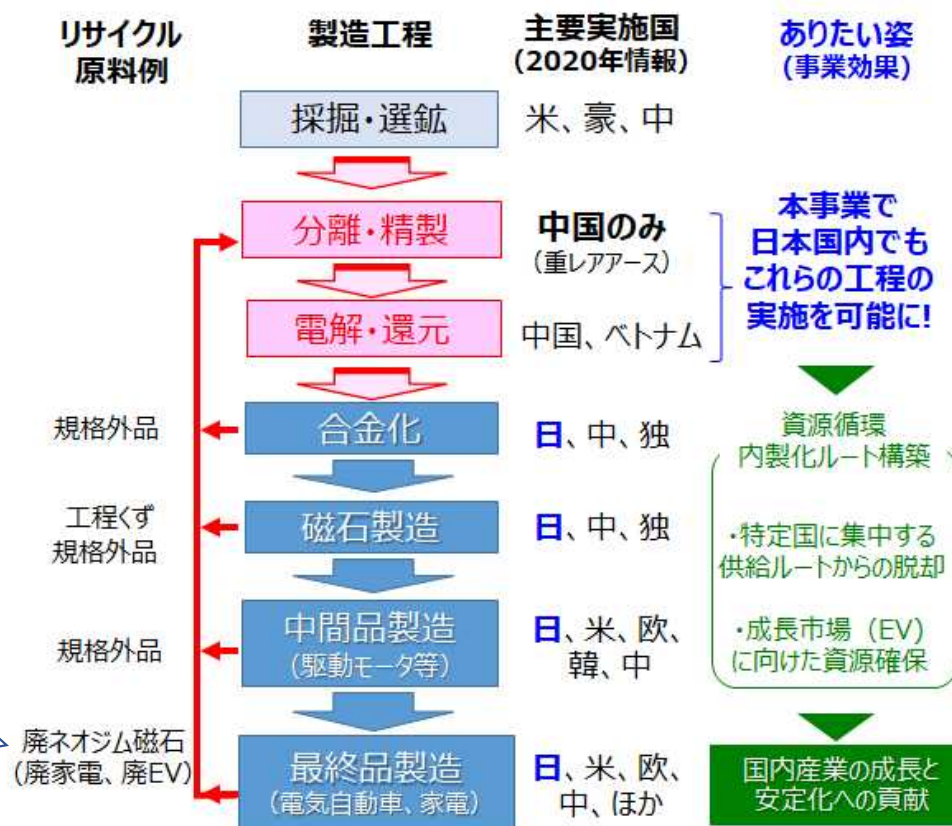


従来型資源



廃ネオジム磁石

図. 事業の目的および将来像

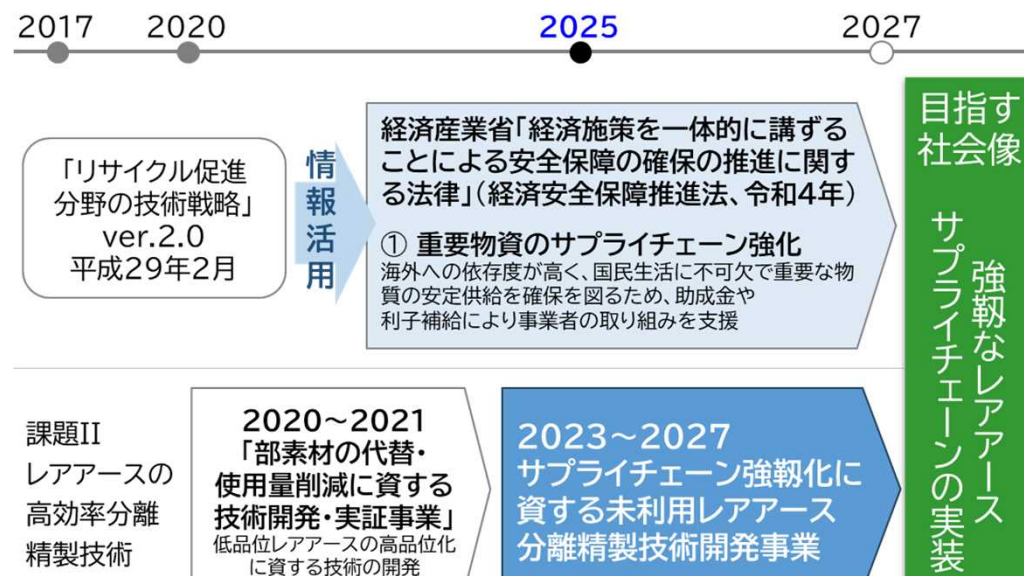


政策・技術戦略面における本事業の位置づけ

政策面

- 「新国際資源戦略」
令和2年3月 経済産業省 本文11頁）
→（5）産業基盤等の強化
- 「マテリアル革新力戦略」
統合イノベーション戦略推進会議決定、令和3年4月
→①SC強靱化 ②代替・省資源化・リサイクル等の
技術開発、33頁～
- 「グリーン成長戦略」
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 内閣官房ほか
→③ 資源の有効利用、110頁

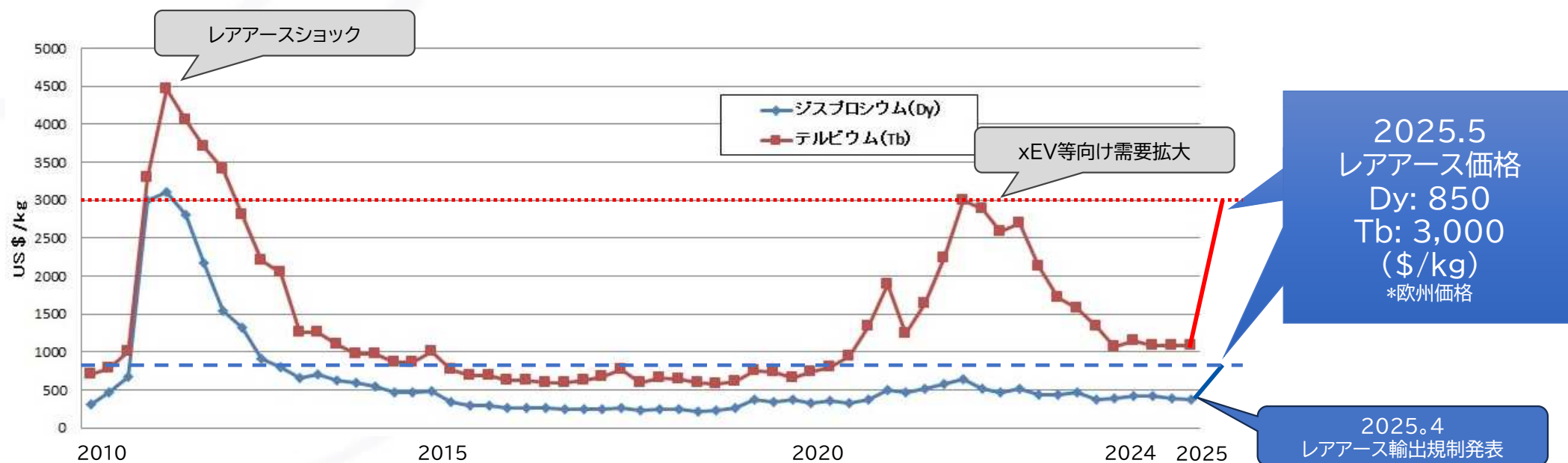
技術戦略面



外部環境の状況（１）

2010年のレアアースショック(対日禁輸措置)、2022-23のEV市場拡大に伴う重希土の需給ひっ迫の際、価格が4～7倍程度まで高騰。2025年4月の中国輸出規制強化を受け、5月価格は約3倍に高騰。

図. レアアースメタル(重希土)の輸入価格推移（2010.6～2025.3, CIF Japan）（出典）ネオマグ株式会社ホームページ「磁石ナビ」



外部環境の状況（2）

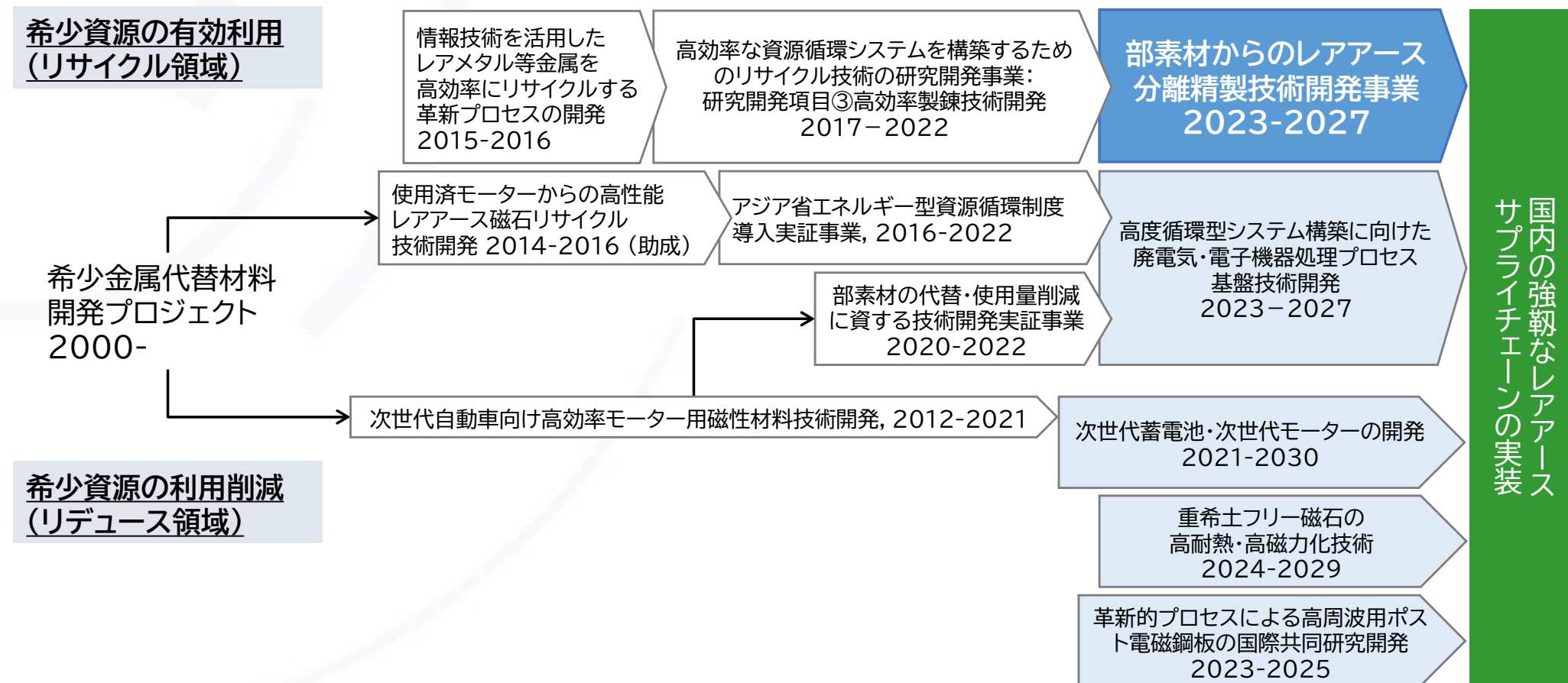
重要原材料の供給確保に向けた取組みが世界各国で加速しており、関連法の整備および基金事業などの支援が強化・拡充されている。

表. 各国の重レアアースに対する方針、動向、支援策

（参考文献）1）令和4年度産業経済研究委託事業（我が国磁石産業の持続的発展に向けた調査事業）～最終報告書～，経済産業省，p7
2）欧州における重要原材料供給確保の動向、JOGMEC 3）重要鉱物の国際標準化動向、MUFG

	中国	日本	米国・カナダ	欧州	豪州
方針	国によるレアアース資源の保護と管理を強化（対アメリカを強く意識）。希土類磁石製品の輸出も世界一となり、原材料から最終製品まで幅広く供給	海外資源の確保、リサイクル、代替材料開発、戦略備蓄など多角的に対策	特定国への依存を脅威と捉えサプライチェーンの構築・強化に注力	米国同様サプライチェーン強化による特定国依存の軽減を図る	自国の鉱物産業を発展させ、クリーンエネルギー大国を目指す
主要動向	・レアアース管理条例(2024)において、希土類資源の国家所有、資源採掘や役務(技術)を含めた輸出の管理を強化 ・ 中重希土の輸出規制強化 を発表(2025)	・レアアース調達で日米豪印が協力(2021) ・日EU「重要原材料サプライチェーンに関する協力取り決め」締結(2023) ・JOGMEC, 豪・仏レアアース精錬企業へ投資(2024、2025)	・米国防権限法(2019) ・米豪重要鉱物協力協定締結(2019) ・インフレ抑制法(2022) ・加工済み重要鉱物の輸入依存リスク調査の大統領令に署名(2025)	・ 重要原材料法(CRMA) 発行(2024) *Dy, Tbは「戦略原材料」と定義し特に重視 ・ESG基準やカーボンフットプリントを活用したルール型施策(国際標準化 /インセンティブ/貿易制限)の動きが加速	・重要鉱物生産税制優遇措置法(CMTPI)可決(2025) ・重要鉱物の戦略備蓄を設立(2025)
支援策	・国の機関でレアアースに関する技術開発や基礎技術向上に取り組む(国家レアアース機能材料イノベーションセンター創設)	・国内レアアース事業(企業)への投資(JOGMEC法改正) ・他国連携に向けた会合への参加(クリティカルマテリアル・ミネラル会合) ・2000年代から産官学共同プロジェクトを推進	・第三国への資金援助や情報共有など関係強化 ・国内鉱山開発や技術開発を推進(Mt. Pass, MP materials)	・サプライチェーン安定化に資する戦略プロジェクトをEU域内・外から選定し支援(Horizon Euro)	・国および州単位で企業支援および研究開発プロジェクトを立ち上げ(Mt. Weld, Lynas)

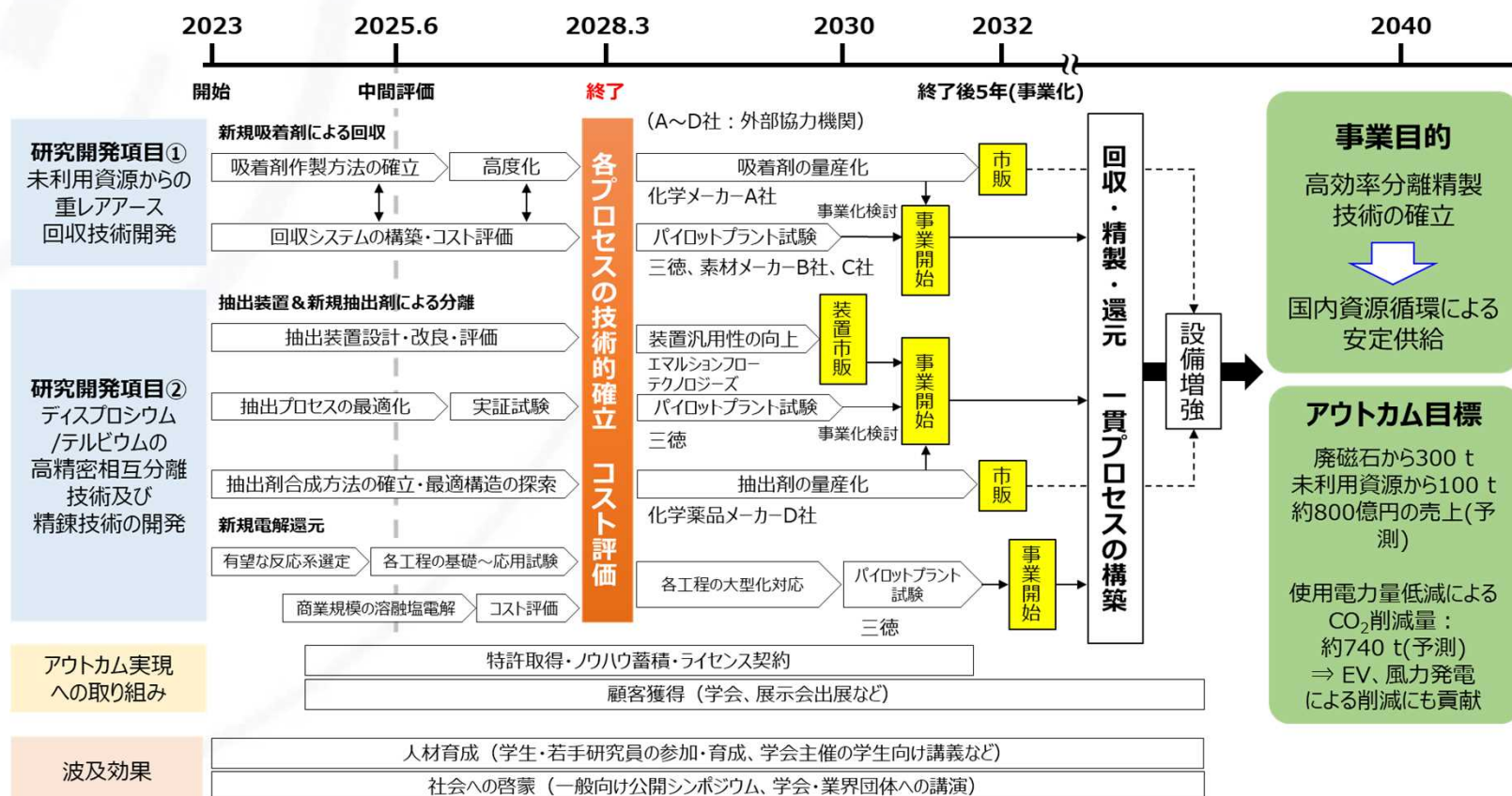
他事業との関係



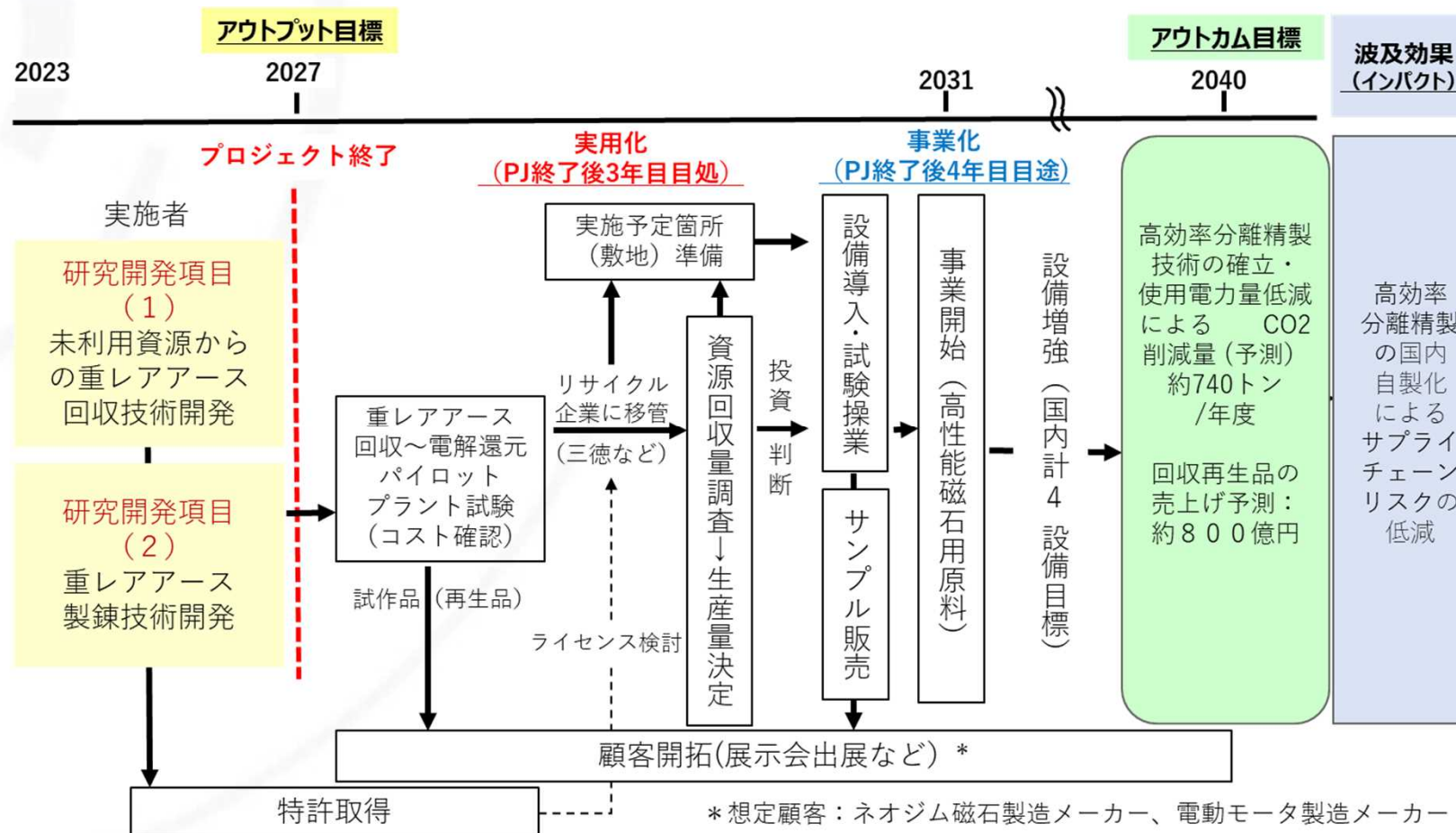
アウトカム達成までの道筋（最新版）

資料3-2で詳細説明

- 事業環境を考慮し早期の社会実装実現のため段階的な事業化方針に変更(過去計画は参考資料へ)。

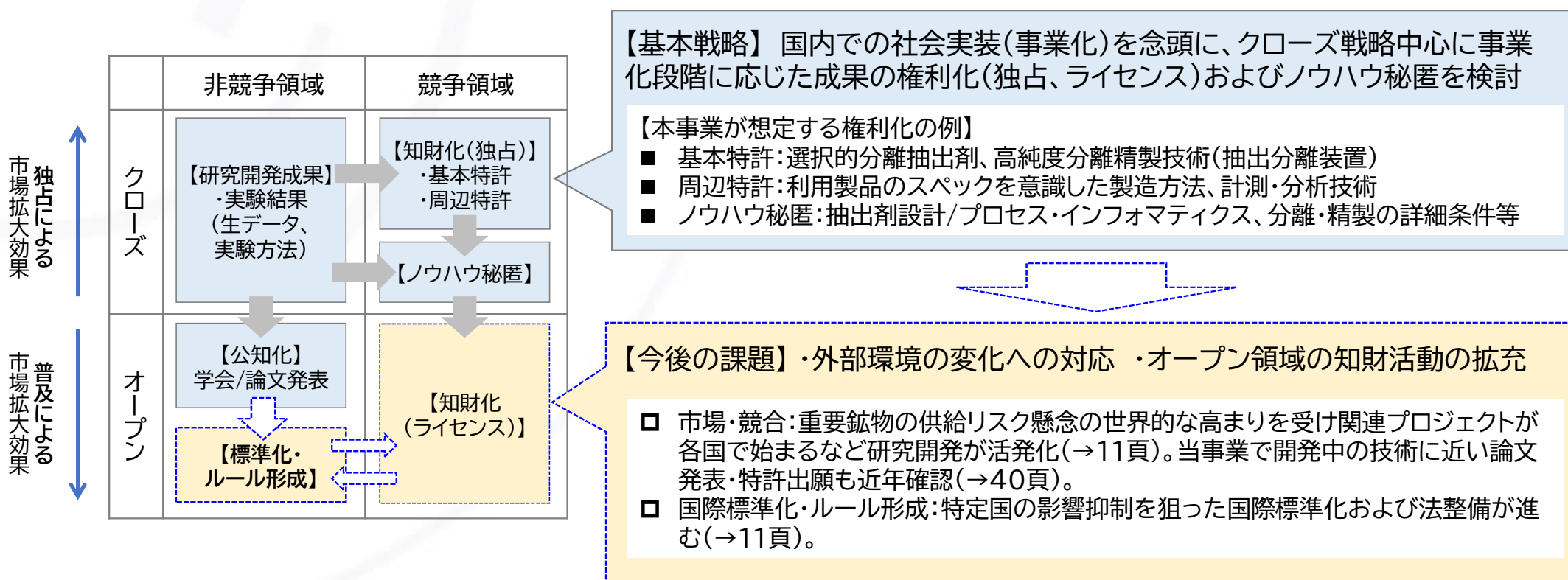


参考：アウトカム達成までの道筋（事業開始当初版）



知財・標準化：オープン・クローズ戦略

- クローズ戦略中心に成果の権利化を進めるとともに、外部環境変化を踏まえオープン領域の知財活動を拡充する。



知的財産管理

(1) 知財マネジメントにかかる運用

→「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

- 知的財産権の帰属
産業技術力強化法第17条第1項に規定する4項目及びNEDOが実施する知的財産権の状況調査（バイ・ドール調査）に対する回答を条件として、知的財産権はすべて発明等をなした機関に帰属。
- 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運営委員会」を整備し、「知的財産及び研究開発データの取り扱いに関する合意書」を作成。

(2) データマネジメントにかかる運用

→「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメントに係る基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

- データマネジメントに係る基本方針（NEDOデータ方針）に関する事項
NEDOデータ方針に記載された「全実施機関で構成する知財運営委員会」を整備し、「知的財産及び研究開発データの取り扱いに関する合意書」を作成。

(3) 標準化施策等との連携

→必要に応じ実施する。

- 技術推進委員に国際標準（ISO/TC298, Rare Earth）の作業部会メンバーを任命し、専門家の見地からのコメントを得るなど、外部環境の変更に迅速に対応する取り組みを進めている。

＜評価項目 2＞ 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

報告内容



ページ構成

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
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略



2. 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

- ・ 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠
- ・ アウトカム目標の達成見込み
- ・ 費用対効果
- ・ 非連続ナショプロに該当する根拠
- ・ 前身事業との関連性
- ・ 本事業における研究開発項目の位置づけ
- ・ アウトプット目標の設定及び根拠
- ・ アウトプット目標の達成状況
- ・ 研究開発成果の副次的成果等
- ・ 特許出願及び論文発表



3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠

アウトカム目標(2040年予測)		根拠
1. 高効率分離精製技術の確立・ 使用電力量低減によるCO ₂ 削減	740 トン/年	本事業で開発された製造設備の稼働により使用電力量が低減することによる CO ₂ の削減効果。
2. 回収品の売上げ	800 億円/年	国内需要(2040 年予測)の4割強にあたる重レアアース量 400 トン/年を、産業廃棄物から 300 トン/年、未利用資源から 100 トン/年を生産可能な状態にする。



事業化 (PJ終了4年目目途)	事業開始 (重レアアース回収品および回収に係る各成果の市販)
------------------------	--------------------------------



実用化 (PJ終了3年目目途)	研究開発項目ごとの実用化実施事項； ① 吸着剤の量産化、パイロットプラント試験 ②(1) 抽出剤の量産化、抽出分離装置の汎用性向上、パイロットプラント試験 ②(2) 新規電解還元各工程の大型化、パイロットプラント試験
------------------------	---

アウトカム目標の達成見込み

アウトカム目標（2040年予測）		達成見込み	達成見込みの根拠 （競合優位性、外部環境動向等）	早期社会実装に向けた課題と対策
1. 高効率分離精製技術の確立・使用電力量低減によるCO ₂ 削減量	740 トン/年	○	・新規抽出分離装置（エマルションフロー装置）の導入により設置床面積および電力使用量の削減が、また新規電解還元法の導入により電力使用量の削減が、それぞれ見込まれる。さらに処理量が増大しても従来型よりも極めて高効率のプロセスを組むことが可能である。	【課題】 直近のレアアース需給動向の悪化（輸出規制等）を受けた事業化の早期実現。
2. 回収品の売上げ	800 億円/年	○	・事業開始前における磁石業者への市場情報についてのヒヤリング結果に基づき目標を設定。  【中間評価時における外部環境情報】 ・現時点で2040年度における重レアアースの国内需要ならびに価格予測に大きな変更なし。 ・EUの重要原材料法にてリサイクル材利用に関する数値目標が設定されるなど、2040年にかけてレアアース回収品の需要は増加すると予想。	【対策】 アウトカム達成までの道筋（ロードマップ）を見直し、研究開発項目それぞれの進捗度に応じて適時事業化を検討する。

費用対効果

インプット:本事業の総費用 (2023～2027年度予定)		17.2億円
アウトカム目標 (2040予測)	1. CO ₂ 削減効果	740トン／年
	2. 回収品の売り上げ	約800億円／年

前身事業との関連性

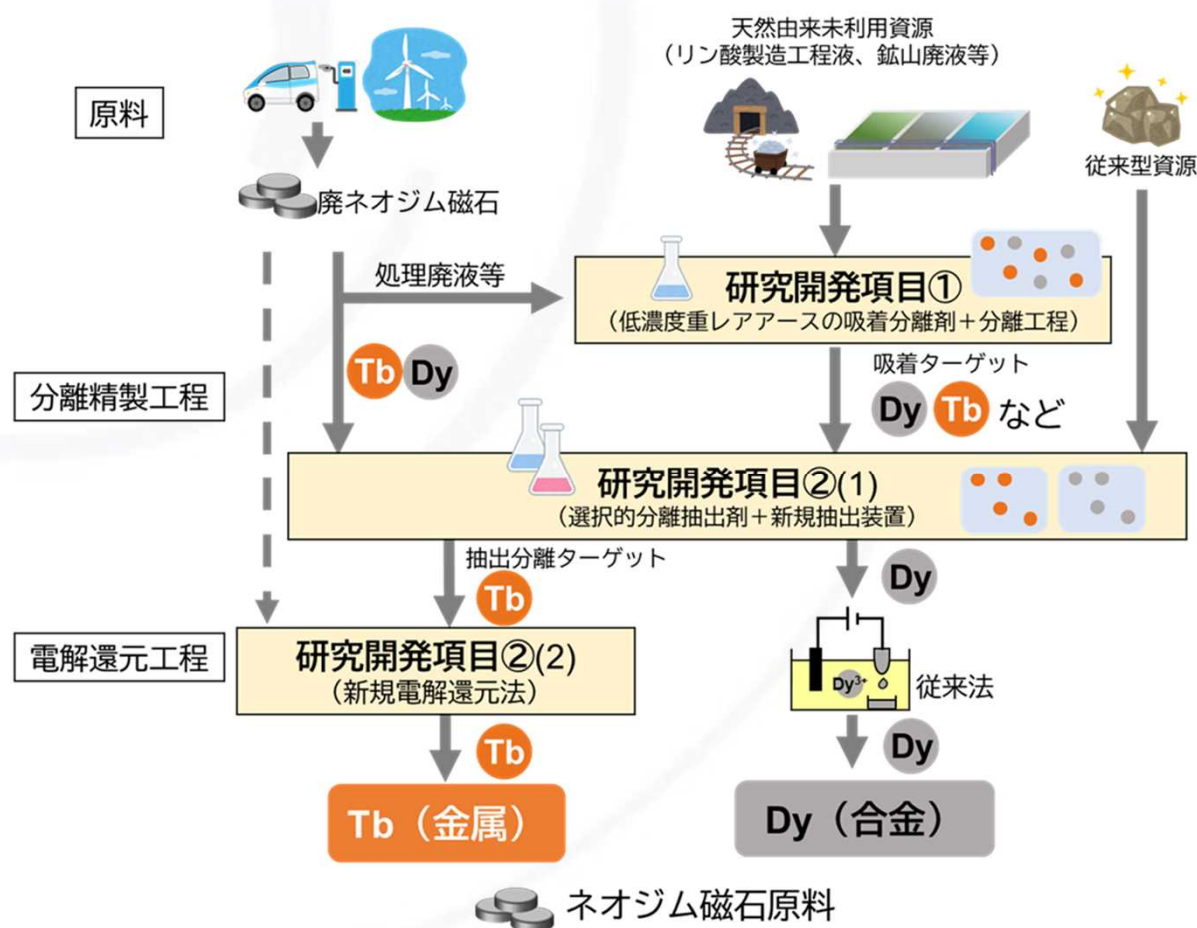
2017～2022

P17001:高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業
研究開発項目③高効率製錬技術開発

前身事業の終了時評価における提言・コメント*	コメントへの取り組み
【1.1 意義・アウトカム達成までの道筋】 知的財産の特許化が国内に限定されている。今後は国外での特許取得も検討していく必要がある。また、本プロジェクトから今後、派生して得られる知的財産についても、NEDO のサポートが重要だと考える。	知財強化の取り組みを 25年度より開始
【1.1 意義・アウトカム達成までの道筋】 レアアースの高効率製錬技術は、アウトカム達成に向けて、より大規模な実証試験を実施し、今回の成果のスケール依存性の確認やコスト削減に向けた取り組みが不可欠になると考える。 【1.2 目標および達成状況】 高効率製錬技術開発においては、現行においてはその処理コストは高額になることが予想される。スケールアップした場合のコスト削減の可能性も検討して欲しい。 【1.3 マネジメント】 高効率製錬技術開発は挑戦的な開発であり、その開発にはある程度の時間が必要である。スケールアップした実証研究を実施していくことも不可欠であり、そのためには実証試験のステージのために研究開発事業を考える必要がある。	スケールアップおよび コスト評価の観点のア ウトプットおよびアウト カム目標にそれぞれ反 映。

(出典)「高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業」終了時評価報告書 1-4～12、2023年8月、NEDO研究評価委員会

本事業における研究開発項目の位置づけ



研究開発項目①

未利用資源から低コストで重レアアースのみを濃縮するための吸着分離システムの構築。

研究開発項目②(1)

Tb/Dy相互分離の高効率化を可能とする新規分離剤及び分離装置の開発。

研究開発項目②(2)

Tb及びDyの国内精錬を可能にする基盤技術(新規電解還元法)の確立。

図. 本事業の各研究開発項目および位置づけ

アウトプット目標の設定および根拠

資料3-2で詳細説明

個別事業 (研究開発項目)	中間目標	最終目標	根拠
① 未利用資源からの重レアアース回収技術の開発	目的物である重レアアース群（ディスプロシウム、テルビウム）と想定される夾雑物（鉄、アルミニウム等）、放射性元素（ウラン、トリウム等）との分離を可能にする技術を開発し、さらに当該技術を用いた重レアアースの選択的濃縮・回収プロセスを開発する。また、目指すべきコスト水準に対するコスト評価も行う。	中間目標で設定した目指すべきコスト水準に基づいた方法で社会実装が可能かを確認するためのスケールアップ試験を実施し、再度コスト評価を行う。	回収される資源価値と同等のコストで重レアアースを回収できれば、コスト競争力のあるプロセスとなり、本事業後、速やかに事業化が可能となる。
② ディスプロシウム/テルビウムの高精度相互分離技術及び精錬技術の開発	②(1)高精度相互分離技術の開発 ディスプロシウムとテルビウムの分離について、従来法（溶媒抽出法）の分離係数（条件により 2～3）を基準として 2 倍以上の分離係数を持つ高精度相互分離技術を確立する。また従来型装置（ミキサーセトラ）と比較して 1/2 以下の装置規模で、かつ同等の分離性能を示すような新規分離装置を開発する。また目指すべきコスト水準に対するコスト評価も行う。	中間目標で見いだされた新規分離技術のスケールアップ検討を行う。また新規分離装置による分離精製プロセスのスケールアップ試験を実施し、装置規模が従来比 1/5 で環境適合性、量産性、コスト適合性を備える分離精製プロセスを確立する。	従来法の 2 倍以上の分離係数を持つ分離系へ置き換えることで、パイロット試験開始の目安となる抽出装置のイニシャルコストをおおよそ半減することが可能となる見込み。また国内工場での実施を考慮すると装置規模1/5へのダウンサイズが必要である。
	②(2)新規電解還元法の開発 一般的な熔融塩電解法、金属熱還元法と比較して、200℃以上低い温度下でテルビウムを取得する新製法を開発する。熔融塩電解法の場合、電解をより低温下で実施でき、かつレアアースメタル取得の際に蒸留除去精製が可能となるような熔融塩と液体合金系との有望な組み合わせを複数開発する。また、目指すべきコスト水準に対するコスト評価も行う。	中間目標までに調査した新製法を最適化し、環境適合性、量産性、コスト適合性を備えたプロセスを確立する。	現行プロセスで一般的な電解条件（1400℃超）では材質などの面で利用可能な容器や装置類が限られコスト増の要因である。新製法により電解条件の低温化が達成されると、材質等の制約が大幅に緩和され、低コスト化、省エネルギー化が見込まれる。

2. 目標及び達成状況 (2) アウトプット目標及び達成状況

アウトプット目標の達成状況

資料3-2で詳細説明



個別事業 (研究開発項目)	中間目標 (2026年3月)	成果 (2025年4月)	達成度 (見込み)	達成の根拠/ 解決方針
① 未利用資源からの 重レアアース回収 技術の開発	目的物である重レアアース群（ディスプロシウム、テルビウム）と想定される夾雑物（鉄、アルミニウム等）、放射性元素（ウラン、トリウム等）との分離を可能にする技術を開発し、さらに当該技術を用いた重レアアースの選択的濃縮・回収プロセスを開発する。また、目指すべきコスト水準に対するコスト評価も行う。	担体作製法および吸着反応部位導入法を確立し、作製した新規吸着剤が重レアアースに高い選択性を有することを確認した。また、実試料からも重レアアースを選択的に回収可能であることを示した。選択性、吸着量、耐久性、吸着速度についてデータを取得し、コスト評価を行った。	○ 2026年3月に 達成見込み	重レアアースに選択性を有する新規吸着剤の作製方法を確立し、コスト評価も問題なく進んでいるため、達成見込みと評価
② ディスプロシウム/テルビウムの高精密 相互分離技術及び 精錬技術の開発	②(1)高精密相互分離技術の開発 ディスプロシウムとテルビウムの分離について、従来法（溶媒抽出法）の分離係数（条件により2～3）を基準として2倍以上の分離係数を持つ高精密相互分離技術を確立する。また従来型装置（ミキサーセトラ）と比較して1/2以下の装置規模で、かつ同等の分離性能を示すような新規分離装置を開発する。また目指すべきコスト水準に対するコスト評価も行う。	・新規分離系については、計算から推定された化合物を合成し、抽出条件の最適化を進め、ディスプロシウム/テルビウム分離係数約4を達成した。 ・新規分離装置については、機械攪拌式エマルションフロー装置が従来型ミキサーセトラ装置と比較して4倍の処理速度を示すことが分かった。これは装置規模がおおよそ1/3～1/4になることを示唆しており、目標値を大きく上回って達成している。	[新規抽出系開発] ○ 2026年3月に 達成見込み [新規装置開発] ◎ 達成済み	[新規抽出系開発] 分離条件を向上させる条件が確定しつつあることから、達成見込みと評価 [新規装置開発] 中間目標を達成済み
	②(2)新規電解還元法の開発 一般的な熔融塩電解法、金属熱還元法と比較して、200℃以上低い温度下でテルビウムを取得する新製法を開発する。熔融塩電解法の場合、電解をより低温下で実施でき、かつレアアースメタル取得の際に蒸留除去精製が可能となるような熔融塩と液体合金系との有望な組み合わせを複数開発する。また、目指すべきコスト水準に対するコスト評価も行う。	400～1000℃の温度域での熔融塩電解と1000℃以下での真空蒸留が可能な熔融塩系および液体合金系の有望な組み合わせを複数挙げるとともに、電解試験や各種基礎測定により、その実現可能性を検証した。さらに、これまでに得られた実験値等を暫定的に採用してコスト評価を行い、従来法を国内で実施する場合に比較して30%のコスト削減を実現するための条件を明確化した。	○ 2026年3月に 達成見込み	本法に適した有望な組み合わせを複数挙げるとともに、コスト計算も順調に進捗していることから、達成見込みと評価

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達 25

研究開発成果の副次的成果等

【本事業の成果】 回収・精製・還元技術の 高度化

- レアアース製錬事業の国内回帰
- 国内未利用資源の利用による供給源多様化
- 我が国磁石産業の事業基盤強化



重レアアースを含む磁石は
EV等高性能製品向けに高い需要
特にTb系は日本が高い製造技術を保有

【本事業の意義】 サプライチェーンの 強靱化



特許出願及び論文発表

資料3-2で詳細説明



表. 特許、論文、その他外部発表の状況(2024年12月23日時点)

年度	特許出願(件)	論文(報)	フォーラム等(件)
2023	1	0	21
2024	1	3	8

(出典)2025年度実施方針「4.2 実績推移」4頁

＜評価項目 3＞ マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

報告内容

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
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略



2. 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況



3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 研究データの管理・利活用
- 予算及び受益者負担
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理：事前/中間評価結果への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み
- 進捗管理：開発促進財源投入実績
- モティベーションを高める仕組み

NEDOが実施する意義

- レアアース供給における高いリスクと、分離精製技術開発の困難さ、事業活動の状況などを踏まえて、NEDOが持つこれまでの知識・実績を生かして推進すべき事業である。

- 本事業が開始した2023から2024年度におけるレアアースの資源価格は低位安定しており、民間企業の事業活動に影響するほどではなく、国内資源確保に向けた技術開発にインセンティブが働きづらい状況が継続した。
→ 将来の供給不安、供給途絶といった不確実な予測から採算性が見通せない技術開発に対して、民間企業が投資判断をすることは現状困難。
- 一方、以下の観点から国が主導する形でレアアースのサプライチェーン強靱化に資する技術を支援し、早期確立を目指すことが必要。
 - ①カーボンニュートラル社会の実現にレアアースは不可欠であること、
 - ②将来的に需要が拡大し需給の逼迫の恐れがあること
 - ③中国への高い依存度から供給途絶リスクが高いこと

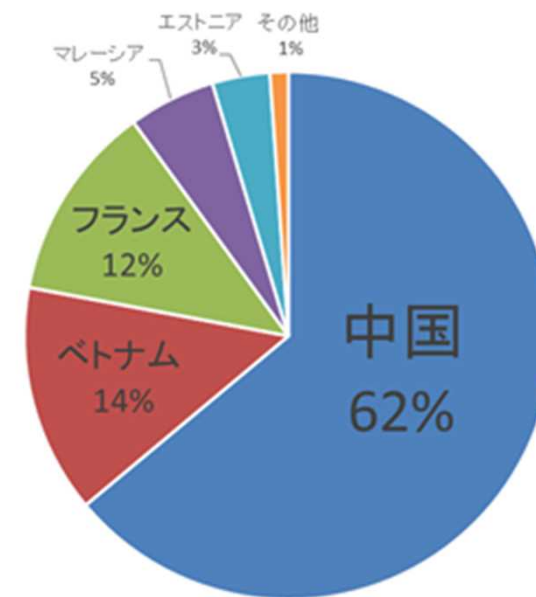


図. 日本のレアアース輸入における海外依存度(2019年)

実施体制

- 研究機関側からPL、事業者側からSPLをそれぞれ任命.役割分担を明確にして事業を実施中。



図. 研究開発体制表
(2025年6月時点)

個別事業の採択プロセス

【公募】

公募予告(2023年2月3日)⇒公募(3月3日)⇒公募×切(4月3日)⇒公募延長⇒公募延長×切(4月13日)

- 公募内容:

研究開発項目①:未利用資源からの重レアアース回収技術の開発

研究開発項目②:ディスプレイシウム/テルビウムの高精密相互分離技術及び精錬技術の開発

(1)高精密相互分離技術の開発 (2)新規電解還元法の開発

【採択】

採択審査委員会(4月14日)

- 採択審査項目: NEDOの標準的採択審査項目に加え、応募者の評価、研究成果の実用化・事業化計画の評価、ワーク・ライフ・バランス等推進企業に関する認定等の状況を審査項目に加えた。
- 採択条件: 採択審査委員会では、評価点の60点以上を条件に採択が行われた。
- 留意事項: 研究の健全性・公正性の確保に係る取組。公募の際にその他の研究費の応募・受入状況を確認し、不合理な重複及び過度の集中がないか確認した。

予算及び受益者負担

- レアアースサプライチェーンの高いリスク、技術的難易度の高さおよび事業活動の状況(民間企業単独で社会実装の実現が困難)等を踏まえて、NEDOが主体的に関与する必然性があるため、100%委託事業として実施する。

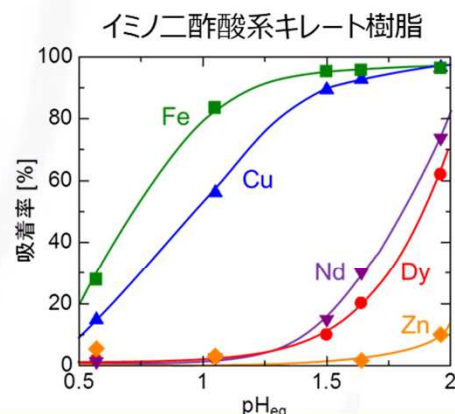
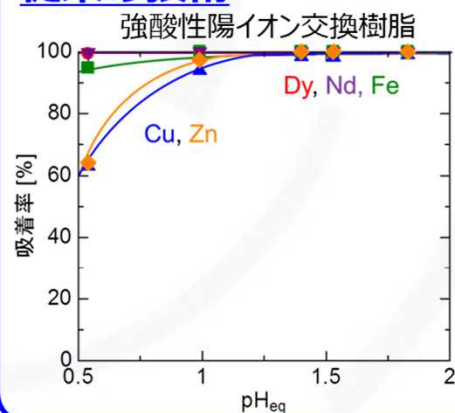
本事業の研究開発費 単位:百万円	2023fy 実績	2024fy 実績	2025fy 予想	2026fy 予想	2027fy 予想	合計
会計(特別)	247	286	400	350	300	1623
追加予算	11	127	0			138
繰越額	-40	+40 -98	+98			-
総NEDO負担額	218	355	498	350	300	1721

◆2026 -2027年度は予定額

目標達成に必要な要素技術 (1) 研究開発項目①

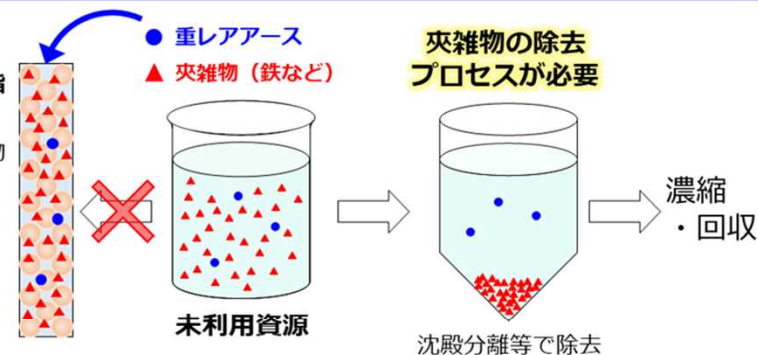
資料3-2で
詳細説明

従来の技術



市販のイオン交換樹脂
キレート樹脂
重レアアースと夾雑物を
両方とも吸着

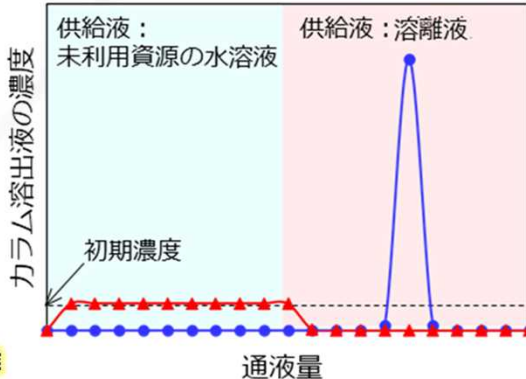
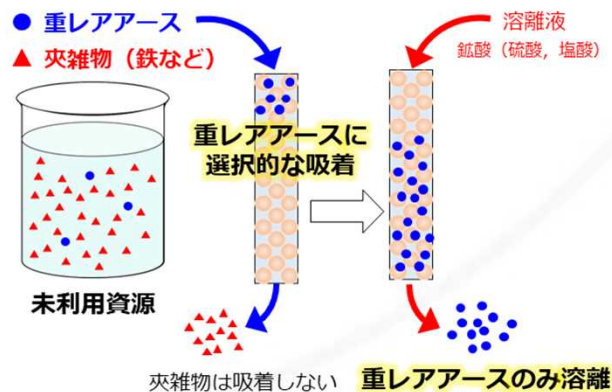
分離できない



- 市販の吸着剤では分離できない
- 夾雑物除去プロセスが必要

コスト競争力がない

重レアアースに選択的な吸着剤を用いた回収技術

重レアアースのみ
濃縮・回収

- 希薄溶液に最適な吸着法 (簡便で, 操作性がよい)
- 薬品等の使用量低減
- 新規に工場をつくることなく, 導入できる (副産物として生産)

コスト競争力のあるプロセスに

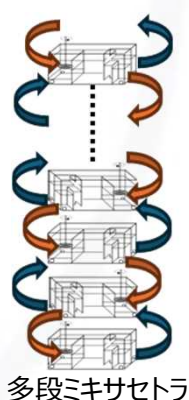
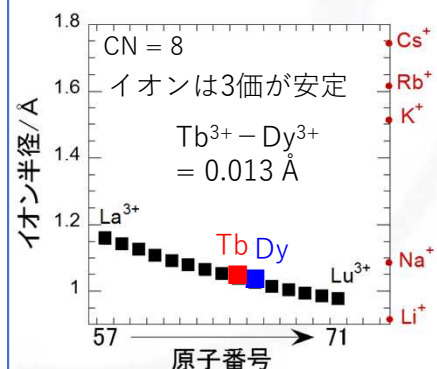
目標
重レアアースに選択的な吸着剤の開発

目標達成に必要な要素技術 (2) 研究開発項目②(1)

資料3-2で
詳細説明

レアアースのイオンサイズ

従来型分離精製プロセス



広大な敷地面積
多量の有機溶剤

国内操業が困難

▶ 添加剤としてTb及びDyを含有したネオジム磁石がそれぞれ存在するため、TbとDyの相互分離技術が廃磁石リサイクルにおいても必要である。また、高性能ネオジム磁石として、今後Tb含有のものがより重要となると予想されている。それには高純度Tbが必須である。

▶ 重レアアースは特にイオンサイズが類似しており、金属イオンの中でも相互分離が極めて困難である。

▶ 従来型抽出剤による分離係数(2~3)では、多段の分離操作を要し、多量の有機溶剤を使用。

▶ 従来型抽出装置(ミキサセトラ)は特にセトラ部の設置面積が大きい。

▶ よって現行技術では大規模の分離施設等が必要になり、国内における操業は厳しい。

分離係数

(Separation Factor, SF)

二相間(有機相-水相等)における
元素の二相間の濃度比(分配比D)
の二元素間の比

$$D_A = \text{有機相A濃度/水相A濃度}$$

$$D_B = \text{有機相B濃度/水相B濃度}$$

$$SF = D_A/D_B$$

解決策

- 高分離係数を有する抽出系開発
(有機溶剤使用量
& 装置規模低減可能)
- 高分離効率可能かつコンパクトな
抽出装置開発
(装置規模低減可能)

最終目標

中間目標で見いだされた新規分離技術のスケールアップ検討を行う。また新規分離装置による分離精製プロセスのスケールアップ試験を実施し、装置規模が従来比 1/5 で環境適合性、量産性、コスト適合性を備える分離精製プロセスを確立する。

最終目標の根拠

従来法の2倍以上の分離係数を持つ分離系へ置き換えることで、パイロット試験開始の目安となる抽出装置のインシャルコストをおおよそ半減することが可能となる見込み。また国内工場での実施を考慮すると装置規模1/5へのダウンサイズが必要である。

目標達成に必要な要素技術 研究開発項目②(2)

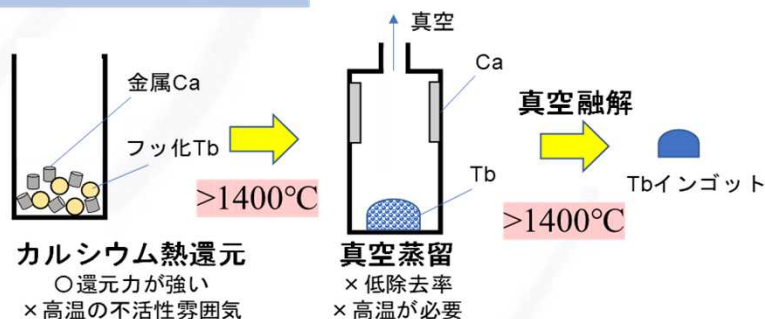
資料3-2で
詳細説明



- ・ 重希土類に富む資源は**一部地域**（中国、ベトナムなど）に偏在（産出量ベースでは比較的多様）
- ・ **重希土類関連の技術（特に製造技術）**も一部地域に偏在

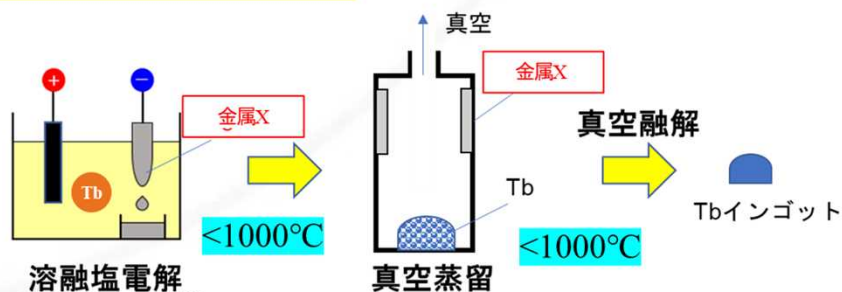
テルビウムの還元は国内実施できない
⇒国内資源循環は実現不可

従来法：Ca熱還元法



従来のテルビウム還元方法
「**カルシウム熱還元法**」
高コスト・高エネルギー消費
⇒国内実施不可

新規電解還元－蒸留法



「**新規電解還元法**」
低コスト・少エネルギー消費
⇒国内実施可能に

研究開発のスケジュール

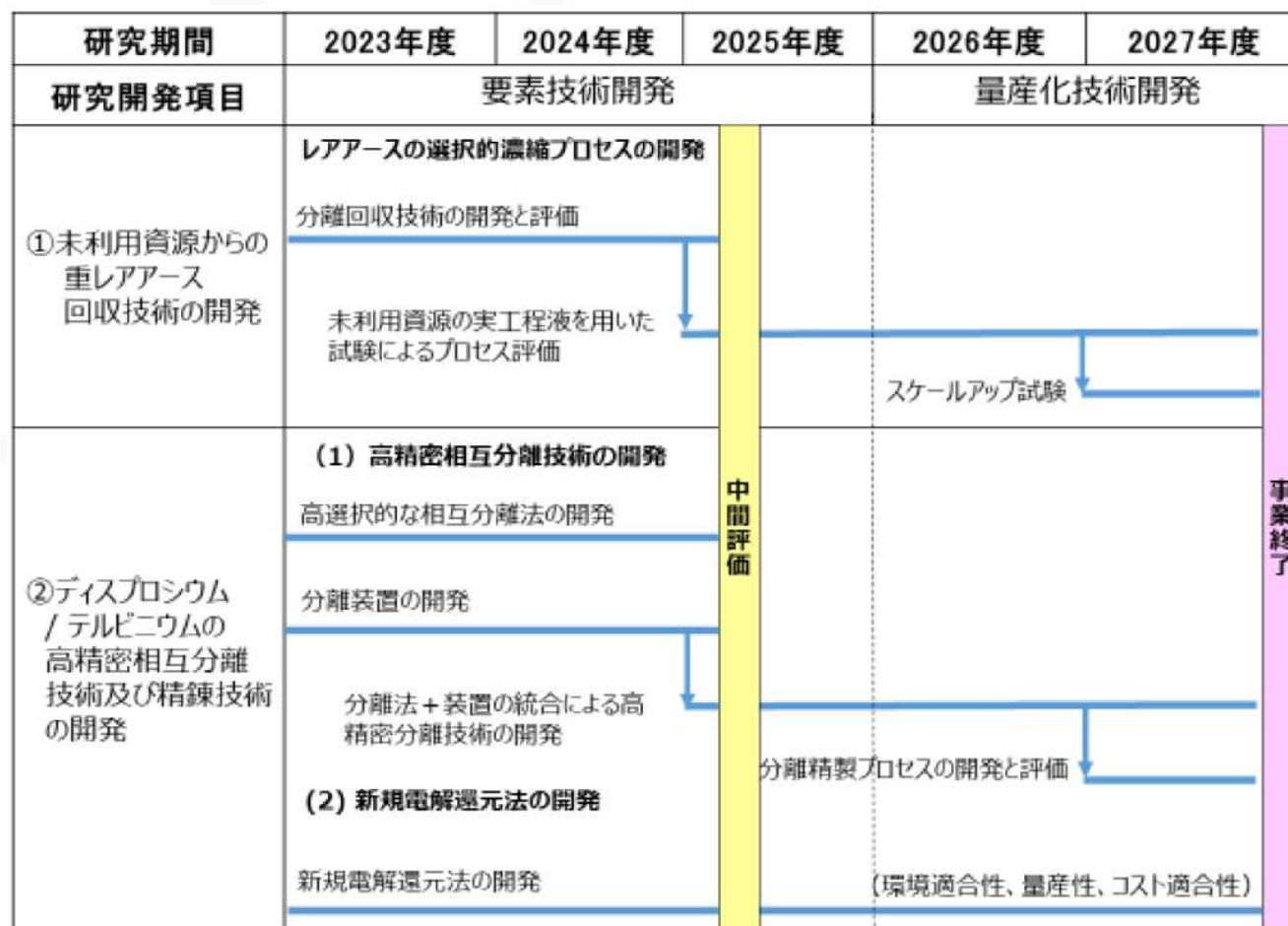


図. 研究開発スケジュール
(出典) プロジェクト基本計画、別紙2

進捗管理

会議名	主なメンバー	対象・目的	頻度	主催
技術推進委員会	外部有識者 PJ 全実施者 PMgr、PT	技術開発の進捗状況等について外部有識者が確認	年に1回	NEDO
開発協議会	PJ 全実施者 PMgr、PT	PJにおける技術開発の報告共有の場としての会議を定期的に開催し、開催単位ごとに技術開発の進捗に係る重要事項を議論	年に4回 *研究開発項目毎	実施者
知財運営委員会	知財運営委員会 メンバー *事業者にて選出	研究開発の成果についての権利化・秘匿化等の方針決定や実施許諾に関する調整を行う。知財に係る進捗管理を実施	不定期	実施者
NEDO内会議	PMgr、PT	PMgr等のNEDO内関係者で定期的にプロジェクト全体の進捗を確認し、今後の方向性を議論	不定期	NEDO
New 知財支援活動	PMgr、知財PD	「競争的研究費による研究成果の社会実装に向けた知財支援事業(iNat)」から派遣される知財の専門家(知財PD)とともに、研究開発成果の社会実装を知財の視点から見据えた戦略の策定およびマネジメントなどについてNEDOの活動を支援	(週1回～) 2025年度 より開始	NEDO

進捗管理：事前評価結果への対応

	問題点・改善点・今後への提言	対応
1	今回の分離・精製、電解製錬は重希土元素に特化しており、10年後を考えると合理的な目標であるが、残念ながら重希土元素を中心とした資源は現在の所中国以外には産していない。それを考えると当面、リサイクル対象となるが、具体的な対象スクラップならびにその回収法について明確でない。コスト的にはリサイクル市場からの効率的な回収も重要課題となるので、考慮すべきである。	廃ネオジム磁石の効率的な回収に向けた政策的対応、技術的対応についても適宜関係各所に相談していき、資源の有効活用を目指していく。また廃磁石以外の未利用資源については、想定される排出企業とコンタクトし、実液での分離精製評価を進めており、回収スキームについても今後検討する。
2	問題点ではないが、吸着剤、抽出剤など新たに開発すべき事項が複数あり、研究における個々の機関の連携が特に重要である。進捗状況の精査を含め、中間段階での評価が大切と考えられる。	複数の検討事項に対する研究連携に関しては、NEDOも進捗等を確認していく中で、NEDOも含め、各実施者間の十分な意思疎通と相互間協働が図れるように管理し、また適宜、取り組み内容や成果の評価を行っていく。
3	・提案されている事業は、レアアース(希土類)が中心のようである。レアアースだけでなく、電子材料、半導体、電池等に不可欠なレアメタルについては、強靱かつ安定したサプライチェーンの構築が不可欠である。 ・また、レアアースについては、磁石材料に必要な希土類金属の供給源の確保は重要であるが、同時に、これらのレアアースの採掘や製錬に伴って多量に産出され供給過剰となりうる副産物のレアアース(Y, La, Ceなど)の新規用途開発(副産物の需要の創出)も重要である。また、レアメタルの需要は世界的に高まっているため、採掘や製錬に伴って発生する環境破壊を少しでも低減するため、新たなリサイクル技術や環境技術の開発も重点課題として加えるべきかもしれない。	・本事業はレアアースの中でも磁石の高性能化に必須の重希土に限定しているが、国内の軽金属リサイクルスキームに則した技術展開が重要と認識している。 ・中重希土生産時の副産物等環境問題についても同様で、技術推進委員などからも関連コメントを受けている。現在進行中の国際標準化においても環境負荷を低減した技術が注目されており、将来の重点課題の一つとして検討候補に挙げる必要性を事業者とも協議する。

進捗管理：動向・情勢変化への対応

- 事業者の競合ウォッチング活動でヒットした懸念技術に対し、NEDOと共同で対応し効果的な対策を講じた。
- 当該事業領域に関する講演会、セミナー等への参加およびインターネット等の公開情報を定期的に収集。

競合技術への対応

研究開発項目②(1)
「ディスプレイウム/テルビウム高精度相互分離技術の開発」

【状況】

2024年、競合国より当該事業で開発中の新規抽出剤に酷似した分子構造を持つ放射性元素の抽出剤に関する論文が発表された(Ind. Eng. Chem. Res. 2024, 63, 10773–10781)。本事業のターゲット元素(Dy、Tb)の相互分離に関する言及はなし。

【対策】

論文情報から特許出願状況を調査し、中国国内の出願を確認。論文と同様に当該事業に直接影響する内容ではないことを確認。しかし競合研究と本事業の差別化および優位性の確保を意識しつつ外部発表の内容およびタイミングの検討が必要と判断。また競合の動向に対応し検討を加速するため、2024年度加速予算で新規抽出剤の開発を促進する機器(液体クロマトグラフィ質量分析装置)を導入。ターゲット物質の構造決定および合成ルート探索の迅速化を図った結果、24年度目標を前倒しで達成した。

進捗管理：成果普及への取り組み

- 国内展示会にて開発成果の一つ(エマルションフローテクノロジーズ社 レアアース分離・抽出技術)を紹介。
- 外部機関からの情報交換の依頼に積極的に対応、本事業の紹介と成果の発信に努めた。

展示会出展



国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構
New Energy and Industrial Technology Development Organization

材料と駆ける、新時代

日時: 2025年1月29日(水)~1月31日(金)
会場: 東京ビッグサイト 東4ホール
ブース番号: 4A-02

国際ナノテクノロジー 総合展・技術会展



ケミカル 06

**エマルションフロー法による
レアアース/レアメタルの分離・抽出技術**
Rare Earth Separation and Extraction Technology Utilizing Emulsion Flow Method

有価物回収/リサイクル/カーボンニュートラル
Valuable material recovery / Recycle / Carbon neutral

(株)エマルションフローテクノロジーズ

研究開発の概要

- 背景
エマルションフロー法は、日本原子力研究開発機構(JAEA)で開発された新しい溶媒抽出(液液抽出)の方法です。装置を大幅にダウンサイズできる高い生産能力、排水を油分で汚染しない高い分離能力、目的成分の濃縮度を自由に設定できる高い濃縮能力などを特徴とする革新的な新技術です。
- 研究開発内容
レアアースの分離精製では、互いに性質が似通ったレアアース間の分離において既存技術では100段以上の段数を要します。エマルションフロー法は、このような極めて多くの段数を要する場合に装置を大幅にダウンサイズできます。同様に装置のコンパクト化が求められる都市鉱山を活用したレアメタルリサイクル市場についても貢献できると考えています。
- 成果
エマルションフロー法はミキサーセラーとの比較で、装置サイズは1/4から1/10、水処理産業も注目する高い油水分離能力、100倍以上の高濃縮も容易といった特徴を確認することができました。溶媒抽出は大企業しか導入できない大型の設備を要し、排水を油分で汚染し環境にやさしくないという今までの「常識」をくづかえます。
- 今後の展望
エマルションフローは、従来のミキサーセラー等よりも格段に高い生産能力だけではなく、今までの溶媒抽出の「常識」をくづかす非常に高い油水分離能力、濃縮能力を持っています。これらの特徴を活かし、今までは溶媒抽出の対象にはならなかった分野(たとえば、工業排水由来のPFAS、フロンミストリー)での利用も期待できます。

エマルションフロー装置イメージ図

ミキサーセラーとの比較

1950年頃から使われていた技術

外部機関との情報交換

【実績】
一般企業(2社)
研究所(1社)

【情報交換内容】
・ネオジム磁石リサイクルスキーム構築における課題について
・レアアースリサイクル動向について
・鉱物資源関連のNEDO事業のヒヤリングおよび問題意識について

進捗管理：開発促進財源投入実績 2023~2025年度

研究開発項目		開発促進財源 投入金額 (百万円)			成果・効果
		2023	2024	2025 (見込み)	
各テーマ共通(消耗品)		11.5	7.7	—	本事業では特殊かつ高価な消耗品類(重レアアース、特殊分析用試薬ならびに特殊実験装置)を使用するため、それら消耗品を遅延なく計画的に調達することで、研究への影響の抑制に貢献している。また当初予定より多くの実験を実施することができ、計画の前倒し達成ならびに適切な合金系の選択や操業条件の改善に早い段階で着手できる。
①未利用資源からの重レアアース回収技術の開発		—	—	(25)	2025年(予定):外部評価委員の指摘を受けて、新規吸着剤の劣化原因等の原因解明のための分析装置および計算ソフトを導入する。それにより吸着剤の設計指針に関する新規知見を得ることができ、耐久性向上に見込むことができる。
② ディスプレイ用/テルビウム の高精密相互分離技術及び精錬 技術の開発	②(1) 高精密相互分離技術の開発	—	17.8	63	2024年:新規抽出剤合成検討に資する分析装置(NMR)の導入および抽出剤の評価人員のための人件費を増額した。それにより合成ルートの最適化が加速が見込まれる。 2025年(予定):合成した新規抽出剤の構造決定など評価に資する分析装置(LC-MS)を導入する。それにより事業期間内で合成する誘導体の量および種類の増加が見込まれる。
	②(2) 新規電解還元法の開発	—	39	(14)	2024年:当初計画で使用する予定の真空溶解炉を、より効果的で実用性が高いと見込まれるアーク溶解炉に変更する。それにより電解工程の早期確立に資することが見込まれる。合わせて難易度の高い実験を円滑に実施するための人員も追加。 2025年(予定):工業化を想定した条件(800℃以上)下でのその場観察ならびに1 g以上の真空蒸留試験を可能とする装置を新規に導入する。導入により、実用化に向けた操業条件の導出促進が見込まれる。
合計		11.5	127.5	(102)	

モチベーションを高める仕組み

- 2023年度以降の新規事業を対象とする「交付金インセンティブ制度」*に基づく評価を実施する。
*委託又は補助の仕組みを用いて、必要経費の一定額を支払いつつ中間・終了時等審査において当初設定した目標の達成度等に応じてインセンティブを支払う制度。
- 顕著な成果を出した案件にインセンティブを支払う仕組みを導入し、実施者のモチベーションの増大や研究開発成果の社会実装の加速化を図る。

	金銭的インセンティブ【今回実施】	物的インセンティブ【事業終了時に実施】
インセンティブの内容	契約額を増額(配賦予算の範囲内)	事業終了後、NEDOが一定期間資産を貸与
インセンティブの狙い	当該事業の実施にあたり必要な経費としてNEDOの委託費積算基準で認める範囲の支出(成果の更なる発展のための装置の追加購入、試験追加など)を可能とする。	通常、事業終了後は委託研究資産を原則事業者が買い取るところ、引き続き現役のNEDO事業として位置づけ、資産を貸与し、社会実装に向けた継続的な研究開発を可能とする。