

「高度循環型システム構築に向けた廃電気・電子機器処理 プロセス基盤技術開発」(中間評価)

2023年度～2027年度 5年間

プロジェクトの概要説明 (公開版)

2025年6月27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

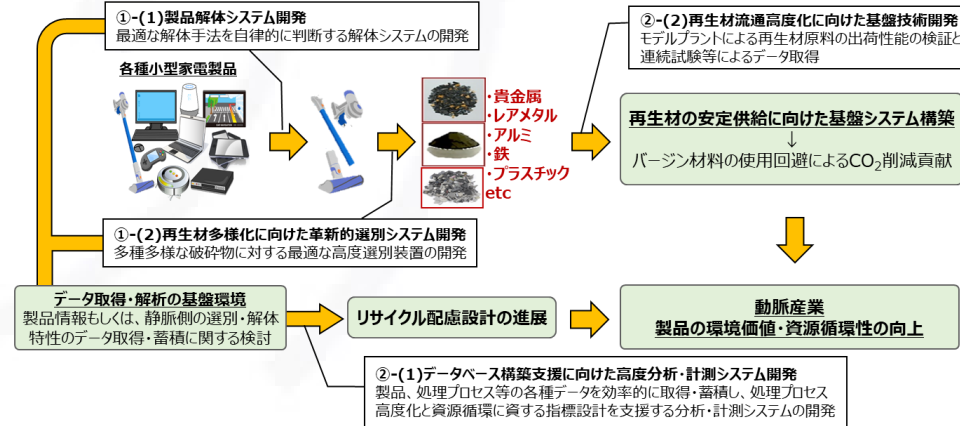
サーキュラーエコノミー部

高度循環型システム構築に向けた 廃電気・電子機器処理プロセス基盤技術開発

プロジェクトの概要

本事業では、多様な廃家電製品を対象に、貴金属・銅、レアメタル、ベースメタル、プラスチック等の資源を余すことなく循環利用が可能となる基盤技術を確立することで、経済活動と環境負荷低減を両立した循環経済関連産業の創出・成長促進を目指す。

研究開発項目 ①資源循環性高度化プロセス技術開発 ②情報連携システム開発



【PMgr】サーキュラーエコノミー部（チーム長・今西大介）

【プロジェクト類型】基礎的・基盤的研究開発

政策や他事業との関係

- 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（2017-2022年）：スマートフォンやゲーム機、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等に含まれる貴金属等の効率的リサイクル技術を開発。
- 脱炭素型金属リサイクルシステムの早期社会実装化に向けた実証事業（2020年-2022年：環境省）：電子基板から白金族の回収、リチウムイオン電池のリサイクル技術開発のための実証事業

事業計画

期間：2023～2027年度（5年間）

総事業費（NEDO負担分）：55.0億円（予定）（委託）

2025年度政府予算額：18.1億円（需給）

＜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
製品解体システム開発	→					
革新的選別システム開発	→					
高度分析・測定システム開発	→					
再生材流通高度化基盤技術開発	→					
評価時期			中間評価			終了時評価
予算（億円）	4.1	13.4	18.1	(12.0)	(7.4)	

想定する出口イメージ等

アウトプット目標	【研究開発項目①資源循環性高度化プロセス技術開発】 (1)製品解体システム開発：廃製品6品種に対し、複数想定される解体手法において、正答率9割を達成する。 (2)再生材多様化に向けた革新的選別システムの開発：仮想環境から試算される理論的な選別限界に対して8割以上の性能値を1t/日級の自動制御選別システムで達成する。 【研究開発項目②情報連携システム開発】 (1)データベース構築支援に向けた高度分析・計測システム開発：要素データの取得について、従来の1/10以下の時間でデータ取得が可能となる一連の分析装置システムを確立する。 (2)再生材流通高度化に向けた基盤技術開発：リサイクル工場における最適運転・運用等が流通に及ぼす影響や経済性評価によるモデルプラントの社会実装モデルを提示する。
アウトカム目標	再生材取得プロセスの高効率化による再生材利用率の向上により、2035年におけるCO2の削減貢献として226万t/年を目指す。また、国内外の循環経済関連市場で10%以上の新規シェア獲得により0.9兆円/年以上の貢献を目指す。
出口戦略（実用化見込み）	プロジェクト終了後の5年を目処に製品解体システムならびに革新的選別システムの商用レベルへの対応、高度分析・測定システムのデータ提供基盤整備、再生材流通最適拠点の抽出を終え、設備共有を開始する。

＜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

ページ構成

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 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. 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

事業の背景・目的・将来像

■ 社会背景・事業の目的

世界経済の成長に伴う国際的な資源需要の増加や、地球温暖化をはじめとする環境問題の深刻化を背景として、線形経済から循環経済への転換が求められているなか、我が国は資源を海外に依存しており、資源自律経済の確立のため、廃製品の確実な再利用を前提とする循環経済への移行が必須。

多様な廃家電製品を対象に、貴金属、銅、レアメタル、ベースメタル、プラスチック等の資源を余すことなく循環利用が可能となる基盤技術を確立するために、小型デジタル機器から小型電気電子機器全般に処理の対象を拡張し、有価性の高い部品や貴金属やレアメタルのみならず、プラスチック、鉄、軽金属も対象素材とし、サーキュラリティの最大化、資源に係る経済安全保障の向上および大幅なCO2削減を実現する資源循環システム確立のための基盤技術構築に向けた技術開発を構築。

政策・施策における位置づけ

■ 循環経済ビジョン2020(2020.5.22 経済産業省) より

(引用)

V. 我が国としての対応の方向性

3. レジリエントな循環システムの早期構築

(1) 国内循環システムの最適化とそのためのリサイクル先の質的・量的確保

「最大限の国内循環を実現していく上で、資源投入の最適化と循環利用の拡大を進め、これらを最大限バランスさせていくことが必要である。とりわけ、あらゆる製品がいずれは廃棄物等の形で排出されることを踏まえれば、リサイクル技術の高度化・多角化とそのキャパシティ（リサイクル受入可能量）を確保していくことが不可欠である。」

「リサイクル技術の高度化・多角化を検討していくにあたっては、ベースメタル（鉄、アルミ、銅等）、セメント、紙、ガラス、プラスチック等の主要素材について、改めて今後の需給見通しや再生材の利用可能性について評価・分析をしていくことが重要である。」

■ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2021.6.18 経済産業省)より

(引用)

(13) 資源循環関連産業

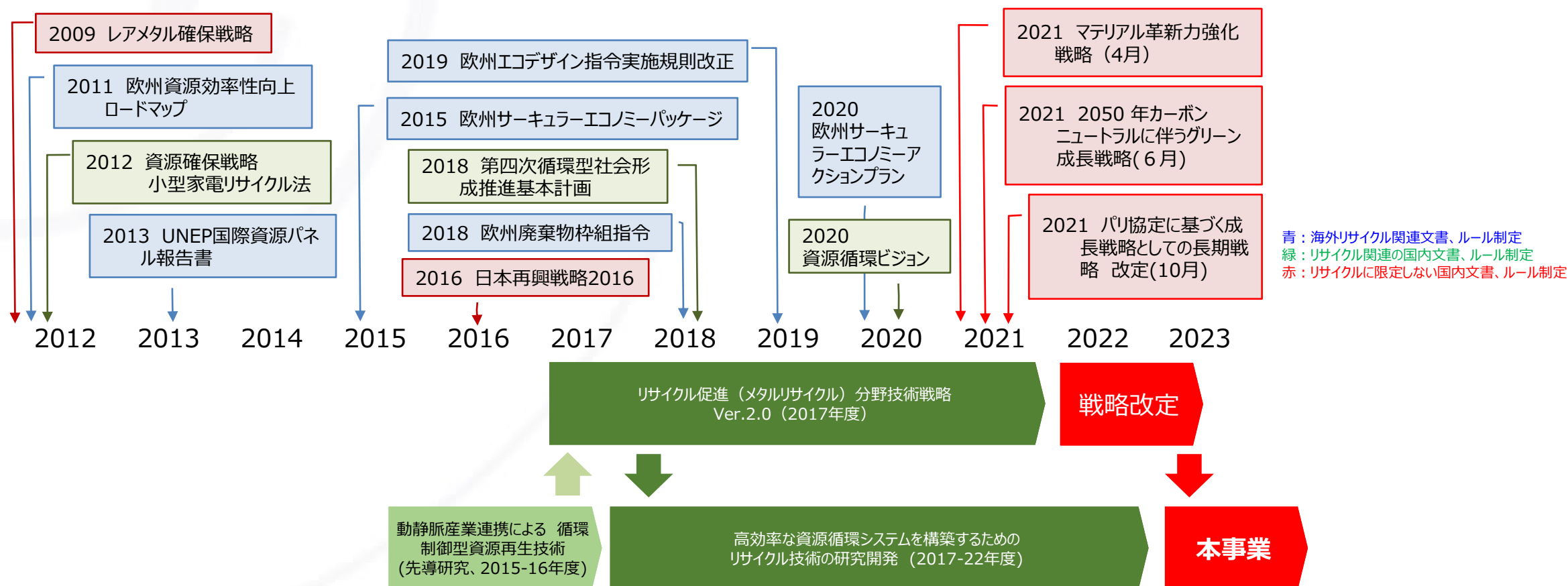
②リユース、リサイクル・排ガスの活用

<今後の取組み>

「リサイクルについては、更なる再生利用拡大に向け、リサイクル性の高い高機能素材やリサイクル技術の開発・高度化、回収ルート最適化、設備容量の拡大に加え、再生利用の市場拡大を図る。」

技術戦略上の位置づけ

- 資源循環への関心の高まりを背景として2017年度に戦略を策定し、小型デジタル家電を対象に金属資源有効利用技術に係る開発を実施
- 幅広い小型電気電子機器での高度資源循環プロセスの早期社会実装を目的として、新たな取り組みを開始するために技術戦略の改訂を実施





外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）

- グローバルには、特にEUで政策的な議論が盛んに行われている状況。具体的には、再生素材（二次原材料）の積極的な活用やエコデザインの推進に向けた政策的な動きがみられる。また、廃製品や二次原材料の情報管理の方向性も打ち出されている。
- 技術面では、対象物の範囲や性能に課題があるものの、欧米の装置メーカーが複数の素材に対応したAIソーターや高速選別機を上市（国内でも稼働）。また、自社製品に特化した実績として、Apple社によるスマートフォン解体ロボットの稼働実績がある。

■ 国内外の技術事例（*は本事業の実施機関）

	推進者	国	技術内容	課題	URL
リサイクル技術	ZenRobotics	フィンランド	建築廃材用ロボットソーター	建築用廃材が対象なので、木材やコンクリートブロック等を扱っている。形状・種類が多岐にわたる廃小型家電は対象とされていない	https://www.terex.com/zenrobotics/
	TOMRA	ノルウェー	金属スクラップ選別用ソーター	破碎された金属スクラップや単素材製品など対象が限定されており、形状・種類が多岐にわたる廃小型家電の対応は困難	https://www.tomra.com/
	三菱マテリアル*	日本	薄型TV分解(ビス外し)	薄型TVのビス外しが対象。多様な製品に対する拡張性が課題	https://www.mmc.co.jp/corporate/ja/business/rd/story/recycle.html
リマン技術	APPLE	アメリカ	iPhone分解ロボット	自社製品に限られている。また、穴あけによる分解など、リマニュファクチャリングできる部品に限りがある	https://www.apple.com/jp/environment/#reports-product
	MOLG	アメリカ	電子部品の分解	推進企業ではPCなどの電子部品が対象。思想としては、本事業に近いが、ロボット解体までの工程が対象であり、素材化までの筋道がない	https://www.molg.ai/
市場回収	ヤマダ電機	日本	家電リユース	洗濯機、冷蔵庫、テレビ、エアコン等の使用済み家電を買い取り、分解・洗浄、一部新品に交換をして、リユース家電としてヤマダ電機店舗で販売。旧来のリユース思想に留まる	https://www.yamada-denki.jp/service/outletreuse/
	パナソニック*	日本	家電リユース	市場での初期不良品を回収、洗浄・修理を行い、パナソニックのECサイトで販売	https://panasonic.jp/store/limited/refurbished.html
	ボッシュ	ドイツ/オランダ	家電サブスク	洗濯機、冷蔵庫、掃除機、コーヒーマーカーなどの白物家電のサブスク。返品後は97%の商品をリファバービッシュして再度サブスクへ。リファバービッシュできないものは100%リサイクル	https://www.bluemovement.com/nl-en

AIソーター、高速選別機



解体ロボット



■ EUの主な動き

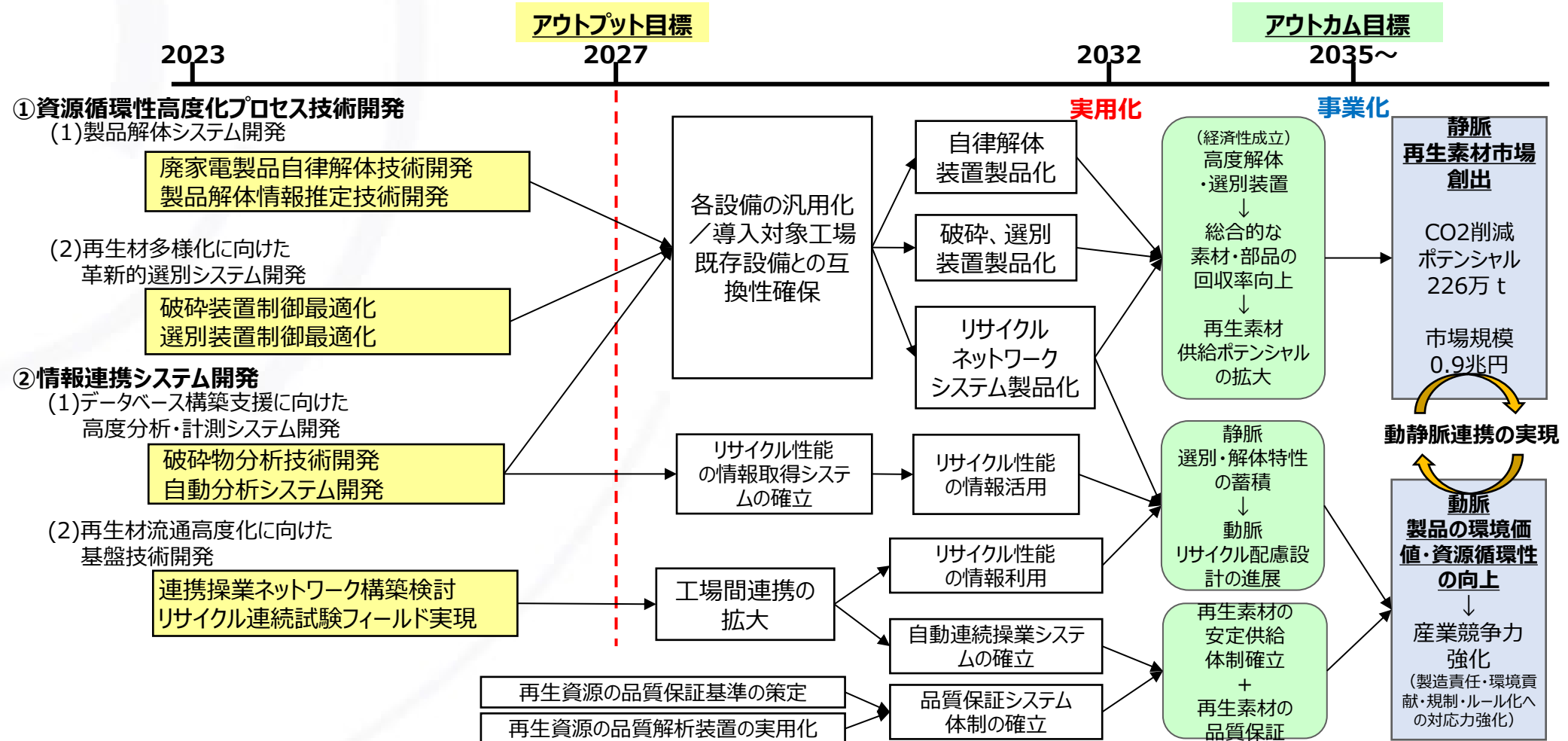
年	EUにおける循環経済に係る目立った動き
2015	「循環型経済行動計画」を発表し、自治体廃棄物や包装廃棄物のリサイクル率の目標を設定
2018	「欧州プラスチック戦略」を発表し、廃棄削減、回収・リサイクル促進、海洋投棄抑止など対策強化へ
2020	気候中立目標の達成には完全な循環型経済への移行が欠かせない位置づけとして、「新循環型経済行動計画」を発表。

他事業との関係

項目	実施機関	プロジェクト名	期間	事業タイプ	事業内容
1	JST	未来社会創造事業/新たな資源循環サイクルを可能とするものづくりプロセスの革新	2017 ~2024	基礎 応用研究	製品使用から、再（生）利用・長期利用にわたる様々な場面での先端的な「製造・分離・評価」等の要素技術とそれらに基づく設計体系やそれらの技術を用いたシステムの研究開発
2	環境省	脱炭素型金属リサイクルシステムの早期社会実装化に向けた実証事業	2020 ~2022	実証事業	電子基板等の白金族やリチウムイオン電池、太陽光パネル等、特定の製品を対象とした金属資源のリサイクルシステムの実証事業。
3	JOGMEC	金属資源の生産技術に関する基礎研究	2016~	基盤研究	レアメタル等を対象とした、採鉱技術、選鉱・精錬技術、尾鉱・製錬残渣等に残存する有価金属の回収技術及び使用製品のリサイクル技術をテーマとした基礎研究
4	NEDO	希少金属代替材料開発プロジェクト	2012 ~2013	補助事業	希少金属の代替技術、使用量低減技術に係る技術開発
5	NEDO	希少金属代替省エネ材料開発プロジェクト	2014 ~2015	補助事業	希少金属の代替技術、使用量低減技術に係る技術開発
6	NEDO	情報技術を活用したレアメタル等金属を高効率にリサイクルする革新プロセスの開発	2015 ~2016	先導研究	動脈産業-静脈産業が連携を深め、天然鉱山と価値競争できる金属資源循環の基盤を構築するため、製品の資源配慮設計指針や、都市鉱山ポテンシャルの推計手法の確立、手作業を一掃する自動自律型都市鉱山や少量多品種製錬を実現するための要素技術の確立を行う。
7	NEDO	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	2017 ~2022	ナショプロ	スマートフォンやゲーム機、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等に含まれる貴金属や、レアメタル、レアアースの効率的なリサイクルを行うための解体選別、金属精錬の技術開発を実施。
8	NEDO	革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発	2020 ~2024	ナショプロ	本事業の中では様々なプラスチックのリサイクル基盤技術の開発が行われた中、プラスチックの精緻な分別分離技術の基盤研究も行われた。

本研究開発は、6 の先導研究と 7 のナショプロで構築された小型デジタル家電の処理技術と、8 のナショプロで基盤研究を実施したプラスチックの精緻な分離技術を基にして、広く小型電気電子製品を素材ごとに適切に処理し資源循環を行うためのものである。

アウトカム達成までの道筋



アウトカム達成への政策的動き

- ・資源の有効な利用の促進に関する法律の改正（経済産業省）：再生材利用の義務化や環境配慮設計
- ・市町村におけるリチウム蓄電池等の適正処理に関する方針と対策の通達（環境省）：廃棄物の高度な選別

知的財産・標準化:オープン・クローズ戦略

■知的財産に関する戦略

	非競争域	競争領域	
公開	- 一元化されたフォーマットを提供 - 再生素材のストック可視化 - 品質基準・トレーサビリティの指針/ガイドライン	- 下記の技術をモジュール化 - モジュール化した個別技術を組み込んだ装置群	積極的に 権利化
非公開		- 解体手法の動作制御アルゴリズム 廃製品特有データを考慮可能なシステム、ライセンスの活用と個別データの蓄積による選別効率の高度化 - 廃製品特有の検知データ処理/センシング技術 測定条件、測定ステップ、ノイズ除去、解体対象の構造認識、不定形状への解析精度等	ノウハウとして 秘匿

■バックグラウンド特許を基とした権利範囲の拡大

本事業参画者のこれまでの研究開発成果によるバックグラウンド特許を多数保有し、直近でも知財の創出に積極的に取り組み（公開）、これらを基に本研究開発で小型電気電子製品リサイクルに関わる特許権利拡大を進める（2025/4/16現在で2件の出願）。

特許権取得：17件
公開済み特許：16件（右表）

	公開番号	名称
研究開発項目①関連	特開2024-089032	物体選別のための情報処理方法、プログラム及び情報処理システム（産総研）
	特開2023-120478	製品の製造元を特定するためのプログラム及び情報処理システム（産総研）
	特開2023-023312	電子機器又は基板の資源価値を推定するプログラム、方法及び情報処理システム（産総研）
	特開2022-061635	高速打撃による解体装置（産総研）
	特開2021-81971	識別装置プログラム及び識別装置方法（産総研）
	特開2023-075625	部品剥離ユニット及び破碎装置（産総研）
	特開2022-158594	廃家電の解体方法及び装置(パナソニックHD)
	特開2023-17424	解体手順選択装置及び解体手順選択方法及び解体装置(パナソニックHD)
	特開2023-23610	ビス外し方法(パナソニックHD)
	特開2023-117226	多指エンドエフェクタ及び多指エンドエフェクタの教示装置(パナソニックHD)
	特開2023-175331	ロボット教示方法及びロボット教示装置(パナソニックHD)
	特開2023-182359	ビス緩締装置(パナソニックHD)
	特開2024-167586	分解対象物の分解方法(パナソニックHD)
研究開発項目②関連	特開2023-084273	供給搬送ユニット及びマルチ搬送選別システム（産総研）
	特開2023-075625	工程条件管理装置、工程条件管理プログラム、工程条件管理方法、及び指標データベースの作成方法（産総研）
	特開2023-049479	ラベル貼付装置、ラベル貼付方法及びプログラム（サトーホールディングス）

知的財産管理

- 知的財産権の帰属及び取扱い方法について文書化して管理
- 本事業で得られた知財については、関係各機関の知財部門と連携し、特許管理、知財管理を推進
 - 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。
 - 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委員会（又は同機能）」を整備し、「データの取扱いに関する合意書」を作成。

＜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

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
- ・ 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

実用化の考え方とアウトカム目標の設定

■ 実用化の考え方

『研究開発に係る成果（装置、システム等の基盤技術）が製品製造事業者、リサイクル事業者、関連装置開発事業者等により利用が開始されること』をいう。

■ アウトカムについて

本事業は国の委託事業であり、アウトカムは本事業成果を社会へ広く普及させることで本事業者を含む様々なステークホルダーの寄与を以て実現を見込むものである。

■ アウトカム目標

本プロジェクトにおける成果を基にした再生材取得プロセスの高効率化による再生材利用率の向上、これによる新規素材使用の回避等の効果により、2035 年におけるCO2 削減貢献として226 万t/年を目指す。また、本プロジェクトで得られる各種装置もしくはシステム等の成果の実用化により、2035 年における国内外の循環経済関連市場で、10%以上の新規シェア獲得により、0.9 兆円/年以上の貢献を目指す。

アウトカム目標の根拠

- 2035年の日本での小型電気電子機器排出量は104万トンを予測しており、その50%を回収し72%の効率でリサイクルを行うとことで42万トン/年が再資源化されると想定(※1)
- 2035年の全世界の家庭用電化製品市場は180兆円を予測しており、そのうち日本企業の寄与は10%、また、本技術開発成果による電気電子機器設計製造の寄与を8%とすると想定(※2)

■ CO2排出削減量

	重量[万t]	CO2削減原単位[tCO2/t]
素材回収総量	42.00	
鉄	10.08	1.21
アルミ	8.40	9.98
銅	1.26	1.74
ステンレス	0.42	1.21
金、銀、Pd	2.10	9.98
プラスチック	19.74	5.41
CO2排出削減量		226[万tCO2]

42万トン/年を適切に再資源化する事で
CO2削減効果： 226万トン/年

■ 経済効果

2035年時点の電気電子機器市場	180兆円/年
日本企業シェア	10%
2019年時点での電気電子機器回収割合	17%
2035年時点での電気電子機器回収割合	25%
本技術導入寄与（上記項目の差）	8%
経済効果	1.4兆円/年(>0.9兆円)

2035年に想定される電気電子機器市場を想定すると
経済効果： 0.9兆円/年以上

※1:「Global E-waste Monitor2020」、「リサイクルデータブック2021」、「国民生活2021.8」より、2035年での日本国内の小型電気電子機器の推定排出量を算出。現状10%程度の回収率を2035年までに50%まで向上し、廃小型電気電子機器の製品別選別割合を90%、選別された製品からの資源再生効率を80%と仮定。

※2:「Global Market Insightの家庭用電化製品市場予測」によると、2034年には180兆円（1.25兆ドル）の市場を形成（2035年の見込みはほぼ2034年と同等とする）。「JEITA電子情報産業の世界生産見通し2024年」のデータでは全世界生産額のうち日本企業シェアは8%であり2035年は10%を仮定。また、「Global E-waste Monitor2020」によると2019年の全世界での電気電子機器の回収量は17%であり、2035年には本技術の導入により25%を目指すとして8%増加を仮定。

アウトカム目標の達成見込み

技術要件	達成見込み	課題
製品解体システム	ストックヤードでの自走式処理装置での小型電気電子機器 6 品種のハンドリング、切断処理は要素技術の開発が進みつつあり、このシステム化の検討は堅調に進捗している。ストックヤード内で必要とされる安全で効率の良い処理を実現することが可能な見込み	ストックヤードで山積みされている小型電気電子機器を対象とするものであり、今までにない新規カテゴリの製品の上市により、新たな処理方法での対応が求められる可能性があることが課題
選別システム	含有物の異なる素材の効率の良い選別方法の要素技術を複数方式開発し、そのシステム化としてリコンビナブル選別システムの実現に向けて堅調に進捗している。このシステムでは新しい技術と従来からの技術による選別装置を混載する事が可能であり、リサイクラーの設備投資計画に合わせたシステム提案が可能となる事で円滑に社会実装が進む見込み	本取り組みにより様々な選別方式が実現していく中、選別方式の選別システムへの組み込みに関して、装置間のインターフェース等のフォーマットが広く関連事業者へ開示されるようなコンソーシアムの様な連携の取り組みの実装が必要
高度分析・測定システム	小型電気電子機器の自動分析・測定を行う事で、その製品の有価性や解体処理の容易性を評価する事が出来るようになる。この分析・測定データに基づき動脈産業は資源循環性の高い製品設計が可能となる見込み	分析・測定システムが広く動脈産業側で活用されるように公的な機関での運用や、その情報活用を促すためのコンソーシアムの様な取り組みの実装が必要
再生材流通の高度化	小型電気電子機器を処理する連続試験フィールドの整備によりモデルプラントを完成し、この設備を廃棄物処理の実事業者が運用する事により、事業性を念頭においた操業の形態を見出す事を堅調に進めている。この設備で得られるリサイクラー側からの資源回収情報を基にした動脈側での再生材の積極利用が可能となる見込み	施設で処理する小型電気電子機器の有価性や解体処理の容易性に関わる情報を活用することを前提として処理施設の実装を進めるため、動脈企業間での情報開示のコンセンサスがどこまで得られるかが課題

■ アウトカム目標

本研究開発での技術開発成果として、2035年にCO2削減効果226万トン、増大する電気電子機器市場への資源循環対応として経済効果0.9兆円を見込む。

費用対効果

【インプット】

- ・ 事業費用の総額 55.0億円（5年）

【アウトカム達成時】

- ・ 経済波及効果 0.9兆円/年以上
- ・ CO2削減効果 226万t/年

非連続ナショナルプロジェクトに該当する根拠

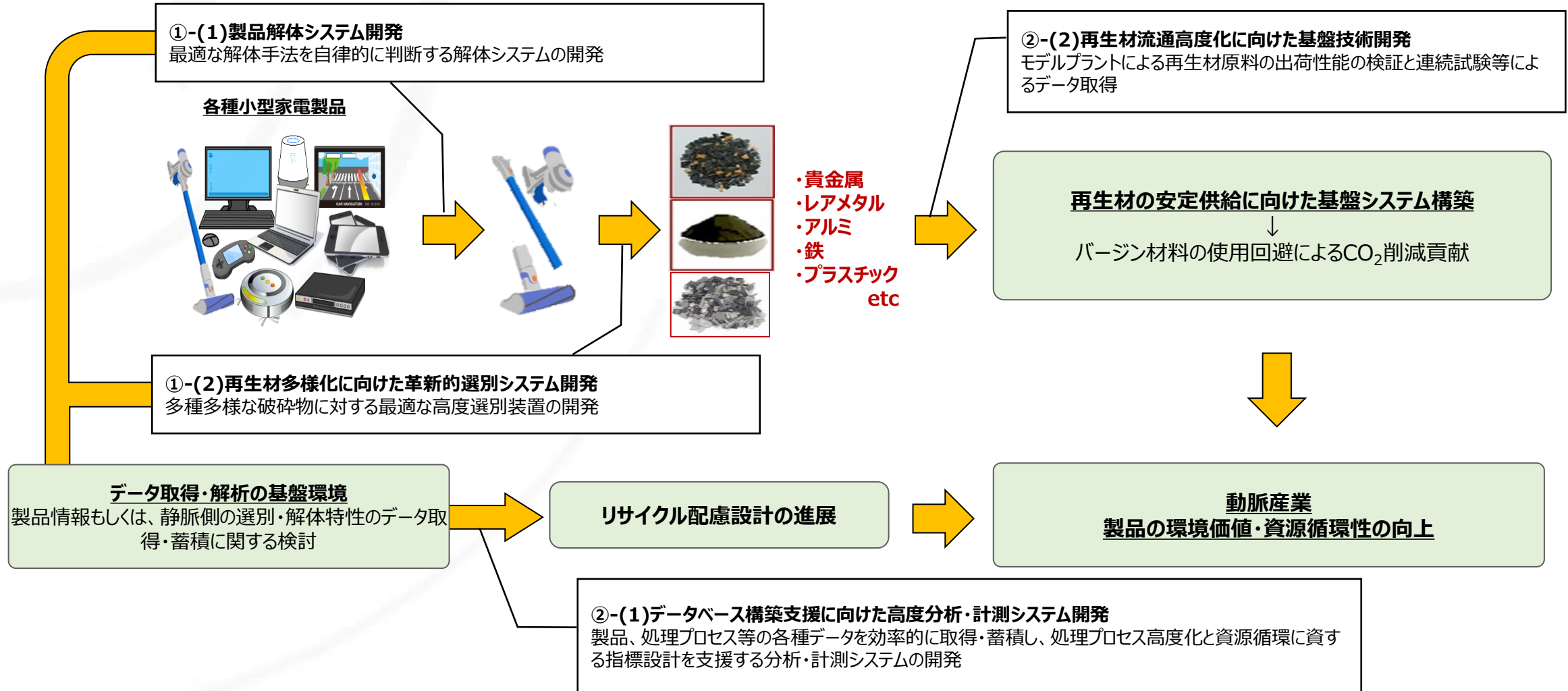
	理由
①非連続的な価値の創造	・レアメタル等高付加価値品限定の資源回収から脱却し、小型デジタル家電から小型電気電子機器に対象を大幅に拡大。将来的にはその他製品も視野に、金属からプラスチックに至る素材の最大限の二次利用によるサーキュラリティの最大化、資源に係る経済安全保障の向上および大幅なCO2削減を実現するエコシステムを確立する。 ・廃製品選別工程の省人化に対応する。
②技術の不確実性	・廃製品から純度の高い素材を効率良く回収するための装置の最適制御技術は、製品の種類や構成要素の変動が大きく、不確実性が高い。 ・画像処理、ロボット、材料化学、機械設計等の幅広い分野にまたがる技術を高度に統合することが必要となるため不確実性が高い。

※非連続ナショナルプロジェクトの定義

	内容
非連続的な価値の創造	画期的で飛躍的な変化を伴う価値が創造され、提供されることにより、生活、環境、社会、働き方などを変える
技術の不確実性	難易度が高い技術的課題や、新領域へのチャレンジなどにより、目標とする特性値や技術は従来の延長上ではなく、リスクが特に高い

本事業における研究開発項目の位置付け

研究開発項目 ①資源循環性高度化プロセス技術開発 ②情報連携システム開発



アウトプット（中間）目標の設定及び根拠

研究開発項目		中間目標（2026年3月）	最終目標（2028年3月）	根拠
①資源循環性高度化プロセス技術開発	(1)製品解体システム開発	解体すべき廃製品のうち、廃製品3品種に対して、複数想定される解体手法の判断において正答率7割を達成する。自律的な解体システムについて、限られた情報から解体動作を再現するための要素技術確立し、解体手法毎に生産性（処理速度、正確さ・精度等）のベンチマークとなる比較対象を特定する。	解体すべき廃製品のうち、廃製品6品種に対して、複数想定される解体手法の判断において正答率9割を達成する。自律的な解体システムについて、限られた情報から解体動作を再現する一連の解体システムを導入し、廃製品3品種以上に対する生産性の評価により、ベンチマークに対して同等以上の性能を達成する。	2035年には、小型電気電子機器9品種を対象として日本国内で排出される小型電気電子機器由来の約42万トンが資源として循環されると想定。本事業期間中では6品種を対象として、廃棄された小型電気電子機器品種の選別正答率9割を達成する選別・解体システムの基盤技術を実証する。
	(2)再生材多様化に向けた革新的選別システム開発	破碎物を対象にした選別装置の制御技術について、選別条件を提示可能な仮想環境を構築する。これらを実現する選別装置の最適化について、1t/日級の選別装置群を備えた選別システムを導入する。	多種の素材（貴金属、銅、レアメタル、アルミ、鉄、プラスチック等）が混合した破碎物を対象に、仮想的環境から試算される理論的な選別限界に対して8割の性能値を1t/日級の自動制御選別システムで達成する。また、現状の処理工場で導入可能となる実用化スケール（10t/日級）の設計仕様を提示する。	企業等へのヒアリングでは既存装置での選別再生率分離効率は5割程度との情報であり、本事業ではそれを超える8割の性能値を設定。本事業の研究開発では基盤研究として1t/日級の自動制御選別システムの達成を目標とし、将来的には10～40t/日級の処理装置が必要となる。
②情報連携システム開発	(1)データベース構築支援に向けた高度分析・計測システム開発	解体・選別等の処理プロセスの要素データと要求水準を設定し、製品3品種に対してデータセットの完成例を示す。要素データの取得について、従来に対して1/10以下の時間でデータ取得が可能な分析・計測システムの手法を示す。また、資源循環性のデータベース上の評価指標候補について、各指標の試算手法を含め整理する。	要素データの取得について、従来に対して1/10以下の時間でデータ取得が可能となる一連の分析装置システムを確立し、製品3品種を例にデータセットを作成する。資源循環性のデータベースについて、評価観点となる項目を3つ以上設定し、各指標に対する解析手法を確立する。	国内で対象9品種に対して各々毎年100製品が新規に上市されるとする。現在小型電気電子機器の分析・解析には30日程度を必要としている。分析・解析時間が1/10になると3日で1製品が可能になる。年間200日稼働で約70製品の解析が可能となる。日本各地にこの分析が可能な施設が13か所出来ると1年間の新製品の分析・解析が出来る。
	(2)再生材流通高度化に向けた基盤技術開発	小型家電の回収実態と再生材需要のニーズを把握し、再生材の安定供給に向け目指すべき供給水準を整理する。資源循環シナリオにおいて、回収、供給、需要の3種類の拠点による最適化が可能な評価手法の基本設計を完了する。この際、リサイクル工場のモデルプラントの連続試験に向け、再生材原料の供給性能モニタリングが可能となる情報連携機能を整備する。	国内の小型家電の回収実態と再生材需要と連動したマテリアルフローの可視化に向け、代表的な素材2つ以上のケースを対象に資源循環シナリオの評価手法を構築する。この際、提供するリサイクル工場の標準データについて、小型家電の回収実態に応じた連続試験（1日当たりの作業時間を目安）が可能なモデルプラントを整備し、再生材原料の出荷能力の検証を実施する。また、リサイクル工場における最適運転・運用等が流通に及ぼす影響や経済性評価によるモデルプラントの社会実装モデルを提示する。	代表的な素材（例えばアルミニウムとプラスチック等）を想定。回収、処理、需要のマテリアルフローの可視化を行うことで適切な資源の循環が可能となる。この可視化には処理プロセスとしてなんらかの実設備で検証が必要であり、最適処理に必要な技術要素や実施設備の安定稼働の検証により再生素材の流通に及ぼす効果を明確にする必要があるため。

アウトプット目標の達成状況

研究開発項目	目標 (2026年3月)	成果(実績) (2025年4月)	達成度 (見込み※)	達成の根拠／解決方針
研究開発項目① 資源循環性高度化プロセス技術開発 (1)製品解体システム開発	解体すべき廃製品のうち、廃製品3品種に対して、複数想定される解体手法の判断において正答率7割を達成する。自律的な解体システムについて、限られた情報から解体動作を再現するための要素技術を確認し、解体手法毎に生産性(処理速度、正確さ・精度等)のベンチマークとなる比較対象を特定する。	可燃品等を1次選別するヤード自律選別では、11品種に対し75%の識別率を確認。電池等を含む製品解体の破碎前処理では、3品種の廃製品に対し、X線像AI解析プログラムの開発により、70%以上の品目識別率を確認。リマン対応分解・設計では、目標達成のための分解手順・動作の自動生成、難認識部品の認識等の要素技術を確認。	○ 2026年3月に達成見込み	ヤード自律選別では、基本試験・基本的な方法論は確立実装済み。破碎前処理では、製品構造グループ化により、現状より精度向上が見込まれる。リマン対応分解・設計では、基本構造については、既に正答率70%以上を達成済みであり、目標は十分達成可能。
研究開発項目① 資源循環性高度化プロセス技術開発 (2)再生材多様化に向けた革新的選別システムの開発	破碎物を対象にした選別装置の制御技術について、選別条件を提示可能な仮想環境を構築する。これらを実現する選別装置の最適化について、1t/日級の選別装置群を備えた選別システムを導入する。	全粒群対応装置では、破碎・選別の要素技術、複数装置間を相互搬送する1t/日級のリコンビナブル選別システムを試作。自律制御化では、選別精度向上に資するサイズ・形状統一指標化を進め、選別装置群一貫制御システムを1t/日級の試作システムに組み込み試験を実施中。	○ 2026年3月に達成見込み	全粒群対応装置では、1t/日級のリコンビナブル選別システムの試作が完了し、基本的な装置間の試料搬送は検証済み。自律制御化も拡張版AESSを試作済みであり、目標は十分達成可能。
研究開発項目② 情報連携システム開発 (1)データベース構築支援に向けた高度分析・計測システム開発	解体・選別等の処理プロセスの要素データと要求水準を設定し、製品3品種に対してデータセットの完成例を示す。要素データの取得について、従来に対して1/10以下の時間でデータ取得が可能な分析・計測システムの手法を示す。また、資源循環性のデータベース上の評価指標候補について、各指標の試算手法を含め整理する。	製品選別情報分析では、粗粒破碎物について、製品の3次元ボクセルデータを40以上取得済みで、製品3品種以上の内部構造データ取得方法を開発中。粒子選別情報分析では、2次元情報から3次元構造や単体分離状態に変換する手法の方法論を開発。細粒破碎物について、旧来、ドメイン境界を認識できない複合材をCAMP合金MAPで識別可能とし、鉄合金の系別識別が可能であること確認。	○ 2026年3月に達成見込み	製品選別情報分析では、70以上の製品の3次元ボクセルデータを取得し、内部構造データも人手の1/10以下となる数分/製品程度を達成見込み。粒子選別情報分析では、粗粒・細粒とも、3次元情報への変換精度を高め、目標達成に資する2D→3D変換モデルを確立する予定で、十分達成可能。
研究開発項目② 情報連携システム開発 (2)再生材流通高度化に向けた基盤技術開発	小型家電の回収実態と再生材需要のニーズを把握し、再生材の安定供給に向け目指すべき供給水準を整理する。資源循環シナリオにおいて、回収、供給、需要の3種類の拠点による最適化が可能な評価手法の基本設計を完了する。この際、リサイクル工場のモデルプラントの連続試験に向け、再生材原料の供給性能モニタリングが可能となる情報連携機能を整備する。	リサイクル工場の情報活用では、CEDESTシステムをDINS関西に移設、連続運転可能なシステムに整備を完了し試運転中。リマン工場の情報活用・動静脈情報連携では、リマン有効性検証のプロトタイプを製作完了。廃製品の供給、回収、需要からアルミとプラスチック回収の資源循環シナリオの評価手法の枠組みを構築。事業・環境評価に向け3製品の事業シナリオ検討完了。	○ 2026年3月に達成見込み	リサイクル工場では、連続化モデルプラントの整備、タグ利用試作機開発も予定通りに進捗、工場間情報連携評価ソフトも試作完了予定。リマン工場の情報活用・動静脈情報連携では、自律分解システムの開発も完了しており、情報連携基盤システムのPoCに向けたプロトタイプ開発も完了。目標は十分達成可能。

◎大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

研究開発成果の副次的効果等

■ 高度な廃棄物処理技術研究者の育成

【循環経済ビジョン2020より】

静脈産業は依然として労働集約的な側面が残っており、将来的な人口減少を踏まえれば自動化プロセスへの転換は不可欠である。AI技術の導入により、光学選別、磁力選別、浮沈選別等の基盤技術を更に効果的かつ効率的に開発・利用していくとともに、そのための人材育成を続けていくことが重要である。

■ 本研究開発での効果

NEDOプロで醸成された新技術の普及・展開に関して、実施機関の企業研究員やアカデミア学生、国研研究員等の若手研究者の本研究開発への参画が、将来の社会実装の際の核となる人材育成へと繋がっている。

本研究開発に関わる若手登録研究者

研究開発項目①： 4 5 名（うち女性 4 名）

研究開発項目②： 2 0 名（うち女性 2 名）

特許出願及び論文発表

	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度	2027 年度	計
特許出願(うち外国出願)	0(0)	2(0)	－	－	－	2(0)
論文	0	0	－	－	－	0
研究発表・講演	3	11	－	－	－	14
受賞実績	0	0	－	－	－	0
新聞・雑誌等への掲載	0	1	－	－	－	1
展示会への出展	0	1	－	－	－	1

※2025年4月16日現在

＜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

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
- 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：事前評価への対応
- 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

- 小型電気電子廃製品のリサイクルに関わる問題の解決は国の方針に沿った重要課題であり、本事業による各種素材の循環並びにCO₂排出量の削減は社会的必要性が高い。
- NEDOではこれまでに培ってきた各種素材のリサイクル技術の開発で得た知見や成果、ネットワークを活用し中長期的な技術開発を行うことが可能。
- 研究開発の難易度が高く、必要な投資規模が大きく、また実用化までのリードタイムが長いことから、民間企業だけではリスクが高い。

NEDOが持つ知識、実績を活かして推進すべき事業

関連事業（高効率な資源循環システム構築事業）での終了時評価コメント

- リサイクル処理システムとして、静脈企業のニーズに合わせたより安価で効率的な個別最適システムの提案や拡販を図るべき
- 効率的な水平リサイクルを実現するモデルを構築する事が必要と考えられることから、メーカーなどの動脈産業のプレイヤーも取り込んだ動静脈連携体制の構築を図るべき

実施体制



個別事業の採択プロセス

【公募】

公募予告：2023年2月15日⇒公募：2023年5月15日⇒公募〆切：2023年6月26日

【採択】

採択審査委員会：2023年7月27日

採択審査項目：NEDOの標準的採択審査項目

採択条件：無し

【採択審査委員】

区分	氏名	所属	役職（当時）
委員長	中村 崇	福岡県リサイクル総合研究事業化センター	センター長
委員	今宿 芳明	Rita Technology株式会社開発本部	部長
委員	押谷 潤	岡山理科大学工学部バイオ・応用化学科	教授
委員	木通 秀樹	株式会社日本総合研究所創発戦略センター	シニアスペシャリスト
委員	齋藤 優子	東北大学大学院環境科学研究科	准教授
委員	村上 進亮	東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学 & システム創成学	教授



予算及び受益者負担

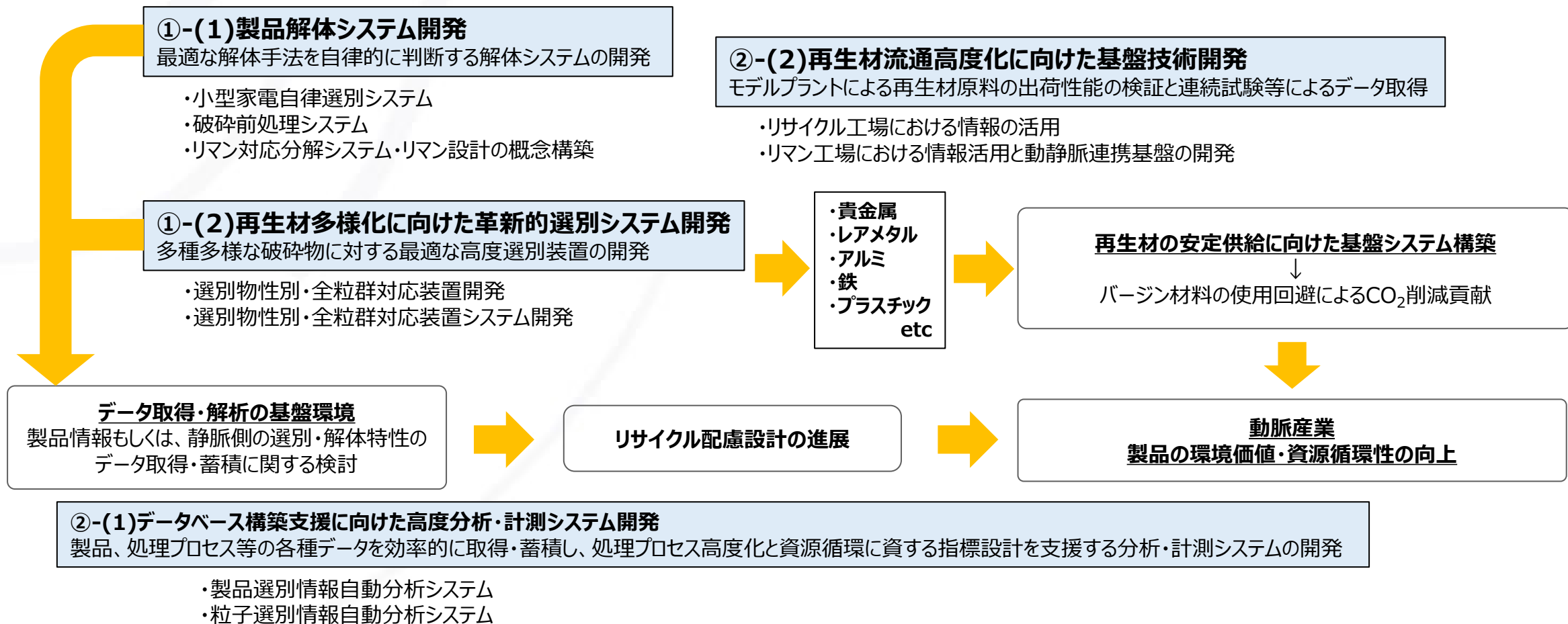
◆ 予算: 契約額 (委託事業)

	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	合計
研究開発項目①	254	927	1,330	-	-	2,511
研究開発項目②	151	413	484	-	-	1,048
合計	405	1,340	1,813			3,560

(単位 : 百万円)

目標達成に必要な要素技術

研究開発項目 ①資源循環性高度化プロセス技術開発 ②情報連携システム開発



研究開発のスケジュール

	2023	2024	2025	2026	2027	2028
研究開発項目①(1)	・選別システム各機能要素検討 ・CAD要件検討、識別方法検討		・選別システム 連結試作 ・3品種自動解体	・各機能自律制御、機能連結 ・6品種自動解体		
研究開発項目①(2)	・各機能要素装置調査、設計検討 ・破砕物供給検討 ・素材別バルク物性の整理		・試作機連結 ・1t/日機検討	・各機能要素自律制御 ・1t/日→10t/日設計仕様		
研究開発項目②(1)	・製品破砕情報収集 ・素材種判定モデル構築		・製品構造データ構築 ・判定困難物質検討	・製品構造データ構築システム化 ・素材境界判定、解析ツール化		
研究開発項目②(2)	・連続試験フィールド整備 ・市場分析		・自動運転課題抽出 ・シナリオ基礎検討	・機能検証、システム化 ・シナリオプランニング		
評価時期			中間評価			終了時評価

【研究開発マネジメント事例】

- 他事業成果の活用
革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発プロジェクト（2024年度終了事業）でのプラスチック選別技術研究成果を本事業へ展開
- 新たな課題への対応
事業を推進する上で、新たな課題が見いだされた案件に関しては積極的に開発促進財源を確保する事で対応
- 技術委員会意見への対応
指摘：リサイクル工場における処理設備の破損・破壊を防ぐため対策として、様々なセンシング情報や設計情報の活用を検討すべき
対応：2025年度の自動運転課題抽出の取組みにて、設備の安全・安定運転に関わる技術検討を実施

進捗管理

会議名	主要出席者	目的	頻度	主催
技術委員会	外部有識者、事業者、NEDO	本事業の進捗状況、方針の確認等を第三者である外部有識者からアドバイス、指導を得る。	年2回程度	NEDO
PL、PM会議	PL、テーマリーダー、PM、NEDO	本事業のPL、PMを中心に、事業の進捗状況、予算の執行状況、研究開発の一部加速、削減などについて協議する。	適宜	NEDO
研究開発協議会	事業者、NEDO	全研究開発項目の主たる担当者を集め、事業の進捗状況を共有し、課題点などを協議する。	年2回程度	PL
知財委員会	事業者	本事業で発生する成果として、論文発表や特許等の知的財産権の取り扱いについて協議する。	適宜	事業者
テーマ別開発協議会	事業者	各研究開発テーマごとの研究担当が進捗状況を確認するとともに、技術的な課題点を協議する。	適宜	事業者

進捗管理：事前評価結果への対応

	指摘	対応
1	成果が国内の循環に寄与するだけでなく、開発したシステム・技術の海外展開にも少しふれておいた方がよい	開発装置の国内外の展開を念頭に、公開可能情報をHP等で発信することを指導した
2	本研究開発において国内外動向を注視しつつ開発成果の早期実用化を期待する	各研究開発項目で、国内外の研究開発の動向情報を収集し事業に生かし研究開発成果の早期実現に繋げる旨指導した
3	製品特定が容易となる情報や解体しやすい設計を求めたり、解体方法を開示したりする仕組み作りが、本事業から得られる成果や議論を基に効果的に推進されることを期待する	研究開発項目①で推進するリマニュファクチャリング対応解体システムを推進することで解体方法の基本設計を行い、また得られた情報を研究開発項目②でのリマニュファクチャリング工場における情報活用で検討し仕組み作りに繋げる旨指導した
4	厳格化していく化学物質規制への対応方針を早期にクリアにしておくことが望ましい	様々な政策、規制等の情報を収集し、研究開発に生かすようにマネジメントを行う
5	再生材の流通最適化という目標が、高度な製品リサイクルにも適合するような方向性を希望する	研究開発項目②での動静脈情報連携基盤技術の開発により適切に素材が循環するような仕組みづくりを検討することを指導した
6	長寿命化のための設計技術、メンテナンスを通じた長期使用、リユースやリマニュファクチャリングによる部品の機能価値を維持した循環などへ貢献することにも期待したい	研究開発項目②でのリマニュファクチャリング工場における情報活用で各種情報を適切に利活用し製品設計に繋げる仕組み作りの検討を指導した

進捗管理：動向・情勢変化への対応

■ リチウム蓄電池等の適正処理（2025年4月15日）

「市町村におけるリチウム蓄電池等の適正処理に関する方針と対策（環境省）」において、「火災事故等を防ぐためには、破砕機への投入前にX線検出や、風力、磁力を用いた機械選別等によってリチウム蓄電池を取り除く事が有効である」との通達が発せられた。

■ 対応

本事業では製品解体・分解システム開発において、破砕工程前でのリチウム蓄電池内蔵の小型電気電子機器の選別を行う事を想定している。また再生材流通高度化に向けた基盤技術開発では、小型電気電子機器に内蔵されたリチウム蓄電池の安全な取り外しに関わる技術検討も推進しており、廃棄物処理施設での適用が可能なリチウム蓄電池処理方法を継続検討する。

進捗管理：成果普及への取り組み

■ 新産業技術促進検討会シンポジウム

9月にモノづくり日本会議（日刊工業新聞社）主催の「新産業技術促進検討会シンポジウム」にて、本研究開発の進捗状況・成果等を報告するシンポジウムを企画中。



<https://www.cho-monodzukuri.jp/>



進捗管理：開発促進財源投入実績

件名	年度	金額 [千円]	目的	成果・効果
破碎前粗解体装置システム機能追加	2023	5,148	指の力点やねじり動作といった手解体作業の再現が可能なロボット解体機を検討するために、ロボット解体試験機を設計・製作費用を計上する。	作業員の手作業に近い動作が可能なハンド部機構や治具の基本ツールを製作し、手元の細かい動作種類のグループ化を検討した結果、AI型搭載システムとして自動機械化を進めることが可能となった。
家電分類ライブラリ追加実装		1,300	分類精度の目標達成には、当初想定した以上の画像ライブラリが必要であることが判明しライブラリを追加実装するため。	研究加速の為に約60種類の家電が必要と判断し、4方向の写真撮影像をライブラリに追加し研究の加速につながった。
LED照明とコントローラ		1,690	太陽光の影響により画像認識精度が低下し、家電分類の精度が低下することが判明した。ドーム型照明とコントローラを購入・設置する。	購入したドーム型照明により安定して小家電の撮影ができ、研究開発の加速につながった。
ロボット解体装置の開発	2024	15,900	難解体物への対応を速やかに図るべく、これらのシステム構築・運用に要する費用を計上する。	小型廃家電の解体作業の効率を向上するための調査データを初めて取得した。
拡散モデル学習用GPU搭載計算機		13,000	実構造を反映した廃製品のモデルを構築すべく、GPU搭載により演算性能が20倍程度向上した計算機を導入するため。	廃製品の切断面画像に基づく反復的な内部構造の推定の実現可能性を検証することができた。
バスプランニング検証用のロボットシステム		12,350	複雑な動作にも対応可能とすべく、双腕ロボットによる検討を進めるために、再委託費を計上する。	はめ込み構造等の複雑な分解動作の検討・開発加速につながった。
6自由度ロボットアーム		9,360	難認識物を含む製品内部の微細な構造に対応した解体動作研究のために6自由度ロボットアームを設置する。	製品内部の微細な構造データを効率的に収集することができ、AIによる難認識物認識の開発加速につながった。
高性能計算機導入		12,155	動画や位置センサー情報から作業動作を予測する深層学習モデルの構築に要する性能として、50倍以上の処理能力を有する高性能計算機が必要になったため。	部品調達の遅延等により25年度に納品予定である。
補助員費の追加		2,860	深層学習モデルの構築に要する人材として、データベース構築とデータからの作業特徴抽出に係る人件費を計上する。	廃小型家電製品の種類の別の手作業動作の詳細な情報をデータベース化する解析作業を遂行できた。
ハンディFTIR購入		9,724	破碎前の部品を対象としてプラスチックの種類分析を実現すべく、非破碎で分析可能なハンディタイプの当該装置を購入するため。	単体分離分析作業や破碎後産物のプラスチック選別精度判定についても作業効率化が見込まれる。
流体解析シミュレーション能力の強化		12,055	エアテーブルでの実験値との比較を通じてシミュレーションによる予測精度を高めるべく、3倍の解析条件の検討を可能とするソフトウェアライセンスを計上する。	シミュレーションに成功するとともに、重要なパラメータである摩擦係数の範囲を特定することができた。
ベルトコンベア型マルチ搬送システム追加		27,170	一つの搬送ラインで複数の産物を同時に搬送するためにコンベア位置の原点を自動調整する機能が必要であることが判明し、試作品を作製する費用を計上する。	複数装置間を相互搬送する各ベルトコンベア、バケットコンベアにおける搬送の課題を早期に抽出し対応方法を検討できた。
識別・分類機能/電源ケーブルカット機能試作		14,040	電源ケーブルの切断機構の改良および切断位置の検討が不可欠であることが判明し装置を試作するための費用を計上する。	問題点と限界を明確にすることができ、試作機の機能の明確化と設計の加速につながった。
画像処理装置開発費		9,360	検討すべき対象製品の品種数を当初計画に対して増加する必要があることが判明し調査対象製品の増大のため画像処理装置開発費用を計上する。	当初は識別に30秒以上かかっていたが、12種の家電に対して10秒以内で75%の正解率を実現した。
移動・運搬機能試作		6,500	識別・分類機能/電源ケーブルカット機能やその他の機能と結合した動作確認を検討する事が必要であり、移動・運搬機能との結合試作を行うための備品費を計上する。	装置本体内部の構造は2層となっており煩雑であったが、加速財源により1層で簡潔な構造を実現することができ、今後の全機能の統合と拡張の基礎を確立できた。
樹脂モールド部品の忌避元素除去試験外注費		5,265	最終選別品への忌避元素の合理的な除去技術としてOHラジカル法の適用が有効である可能性が見いだされ、忌避元素除去技術の検証費用を計上する。	除去技術により忌避物質含有樹脂モールドとTa焼結体バインダーの分解までを確認しTa回収の道筋を得た。
リサイクル工場における情報の活用		11,326	リサイクル工場のメンテナンスロボット「力覚」のフィードバックが不可欠であることが判明し「力覚」情報フィードバックする装置購入費用を計上する。	視覚情報に加え、力覚情報のフィードバックを導入することで、メンテナンスロボットの遠隔操作性が向上した。

モチベーションを高める仕組み

本事業では以下の仕組みを導入済み

■ インセンティブ制度

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ために、中間評価や終了時審査の際に当初設定した目標の達成度等に応じて顕著な研究開発成果を出した案件に金銭や物的なインセンティブを付与する制度。

事業者の皆様へ

NEDO「交付金インセンティブ制度」の導入について

国立研究開発法人新エネルギー・
産業技術総合開発機構
技術戦略研究センター

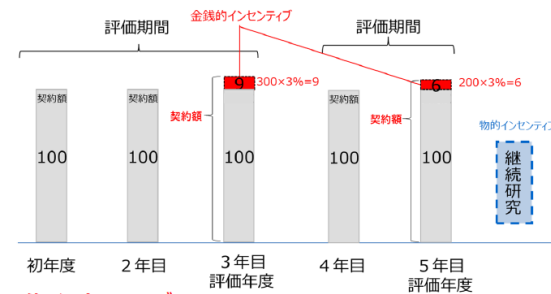
研究開発改革WG 必要経費の一定額を支払いつつ、評価のタイミング等において、成果に連動したインセンティブを支払う仕組み等（インセンティブ制度）を広く導入【令和5年度以降導入】

- ・ 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試行的に導入し、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。

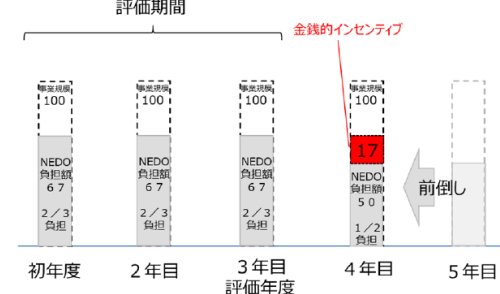
事業期間中の成果が目覚ましい案件に対して、以下のインセンティブを付与

- ① **金銭的インセンティブ**：委託事業 契約額を増額（配賦予算※の範囲内）
助成事業 助成率の増率
 - ② **物的インセンティブ**：事業終了後、NEDOが一定期間資産を貸与（委託事業のみ）
- ※評価年度に当たる全契約の評価期間契約額に定率（試行的には当面、3%を想定）を乗じた額（プロジェクトによって運用は異なる）

委託事業のインセンティブ付与イメージ



助成事業のインセンティブ付与イメージ



金銭的インセンティブにより

委託事業においては、成果の更なる発展のための装置の追加購入、試験追加等が可能に

物的インセンティブにより

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が可能に