

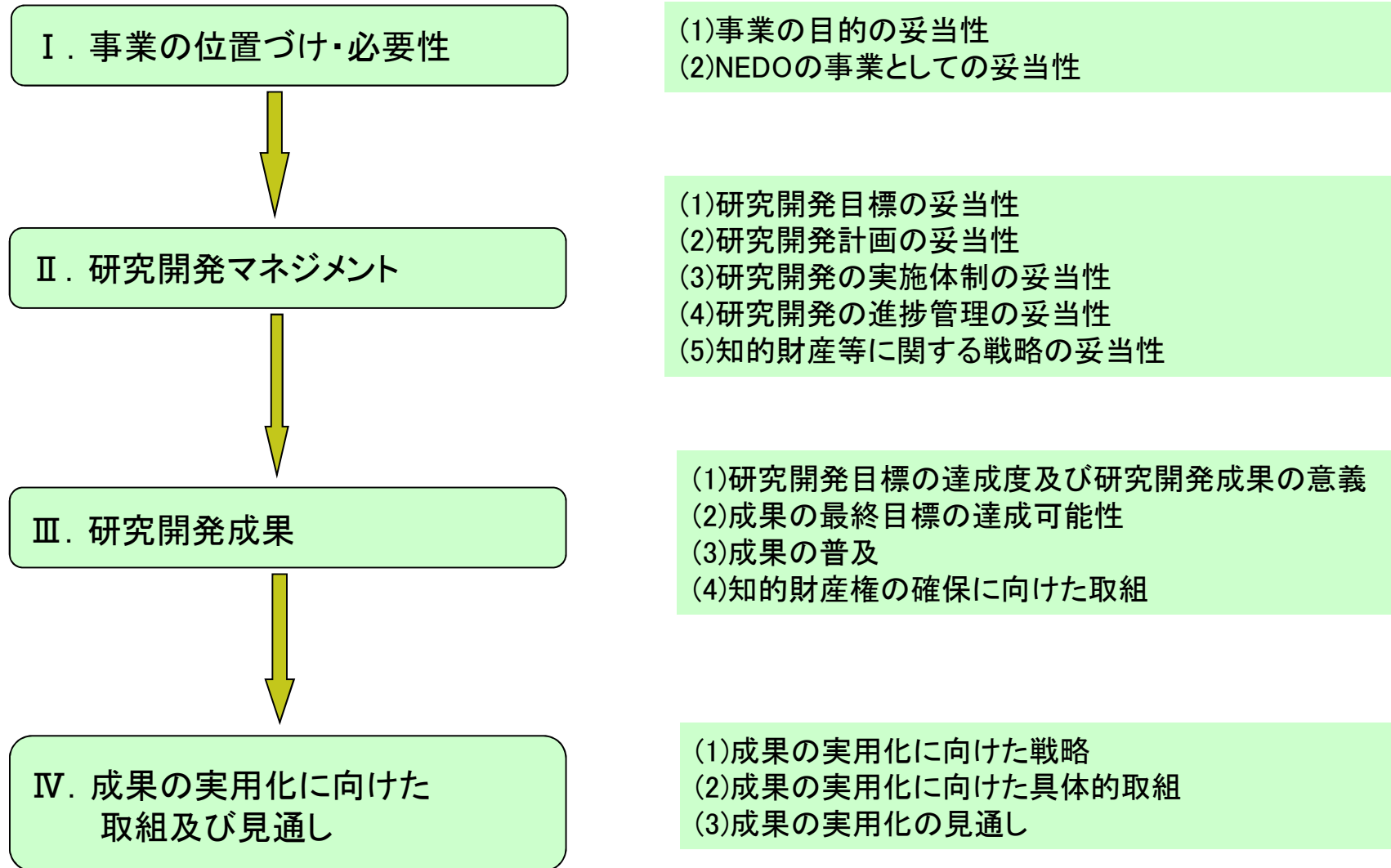
**「高効率な資源循環システムを構築するための  
リサイクル技術の研究開発事業」(中間評価)  
(2017年度～2022年度 6年間)**

**プロジェクトの概要 (公開)**

**NEDO  
環境部**

**2019年7月3日**

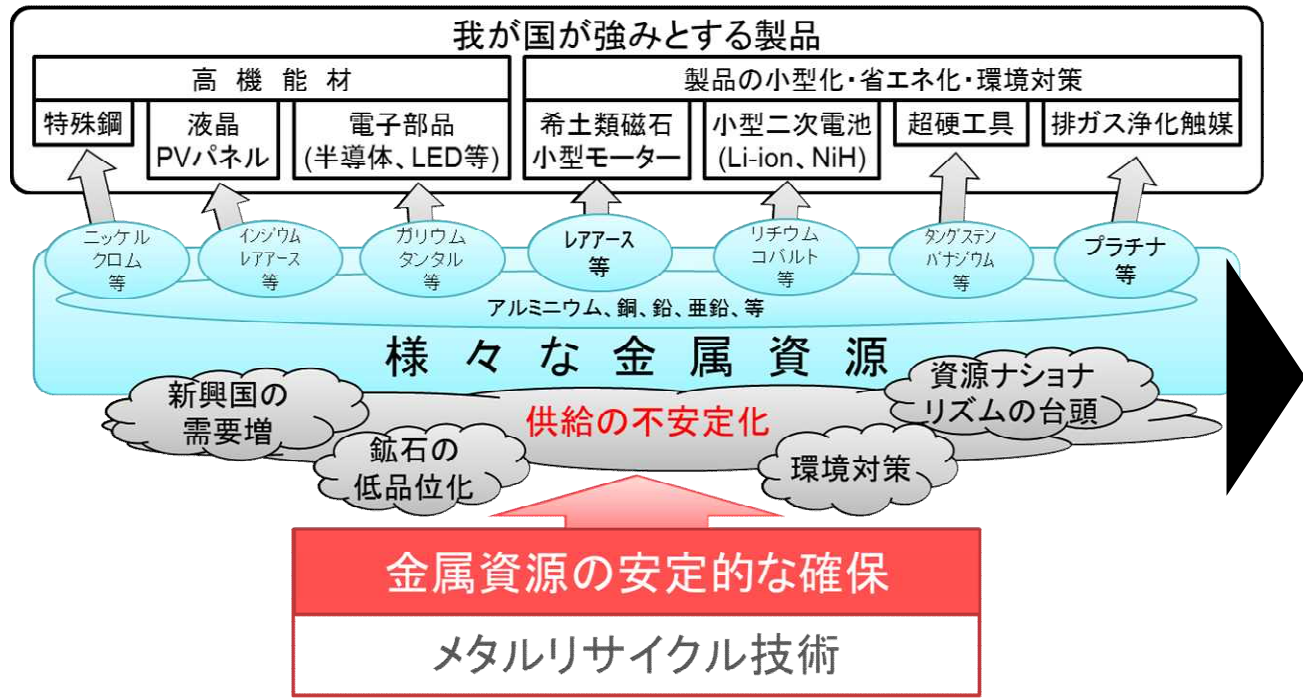
# 発表内容



1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

●社会的背景  
 世界規模で資源制約が強まる中で、日本国内においても経済成長と環境が調和した適切な社会基盤の整備が待ち望まれている。

●経済的背景  
 金属資源は自動車やIT製品といった我が国の主要製造業において、その高性能化に必須の素材であり、これらは我が国の産業競争力の要であるが、非鉄金属資源の大半を輸入に依存しており、その安定的な確保が重要な課題となっている。

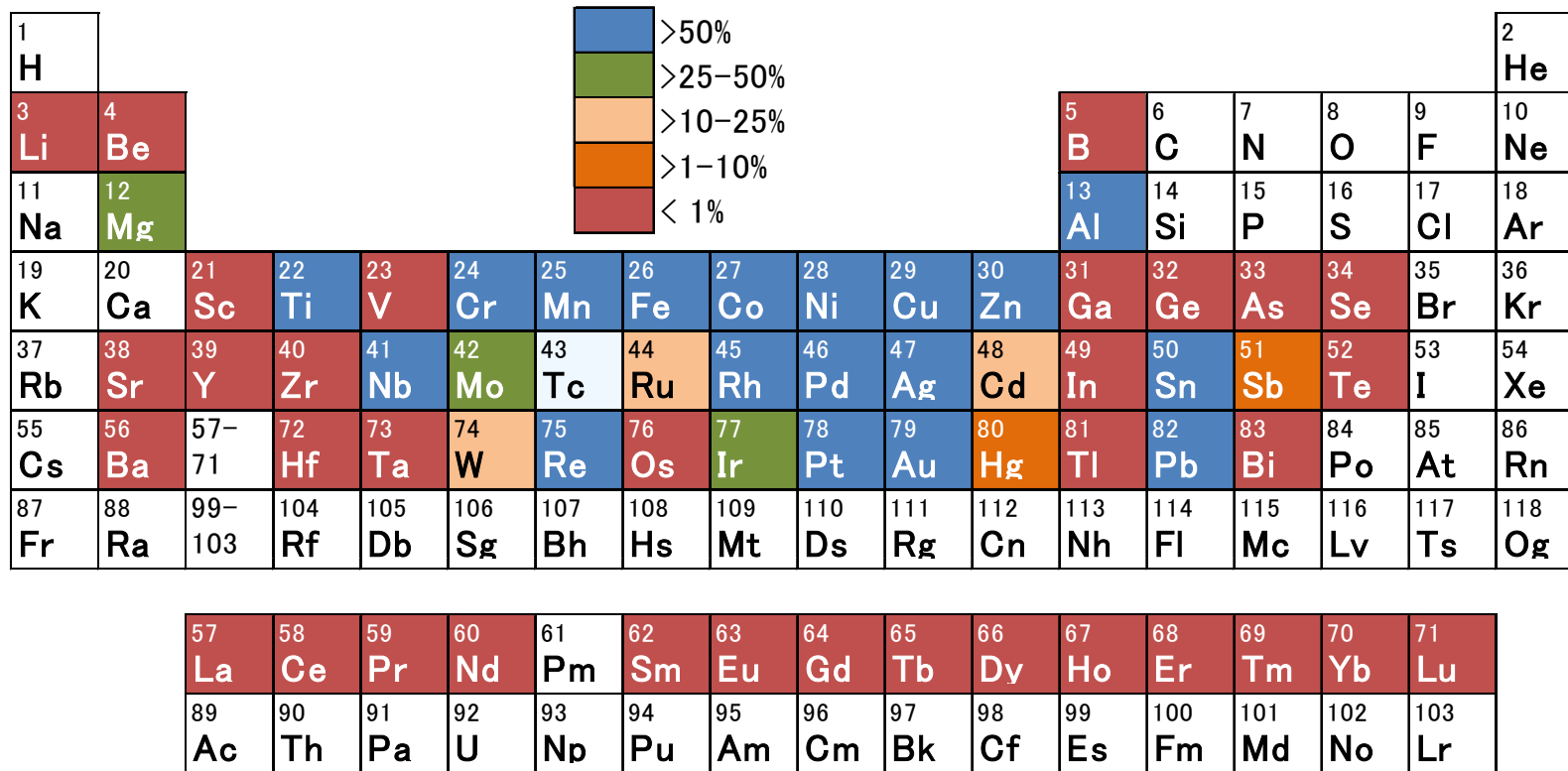


**事業の目的・意義**  
 資源・エネルギーの安定供給及び省資源・エネルギー化を実現するため、我が国の都市鉱山の有効利用を促進し、金属資源を効率的にリサイクルする革新技術・システムを開発する。

出所：NEDO技術戦略研究センター作成(2016)

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

- 国際的にも金属資源の安定供給・持続的な利用が課題となっており、リサイクルがその解決の重要な手段と位置づけられている。
- IRP(国際資源パネル)は2011年に世界のリサイクル率調査を行い、現状のリサイクル率は決して満足できるものではなく、研究開発・法体系の改善等の取組が必要と主張している。

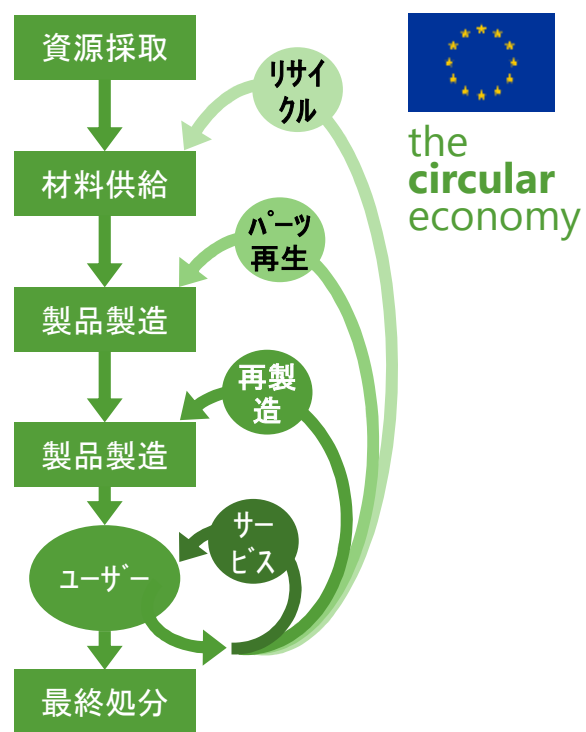


元素別使用済製品由来リサイクル率(世界規模)

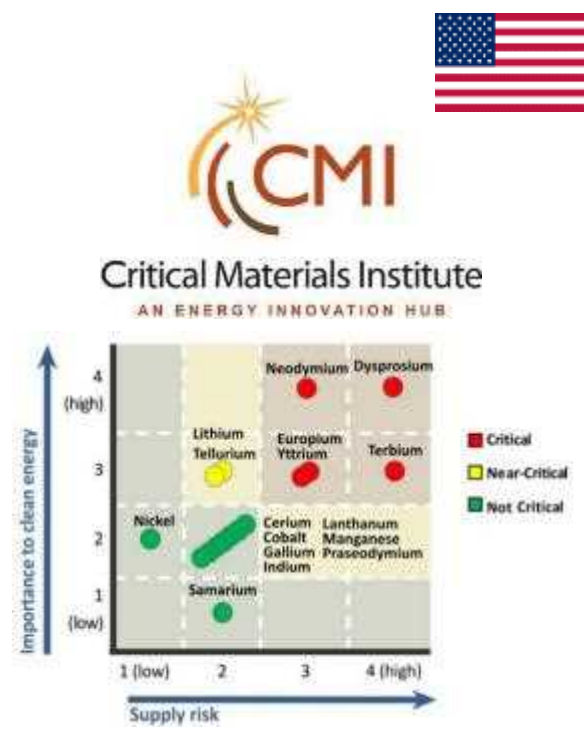
出所: 金属の社会蓄積量: 科学的総合報告書、金属のリサイクル率: 状況報告書(UNEP 報告書,2011)を基にNEDO 技術戦略研究センター作成(2015)

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

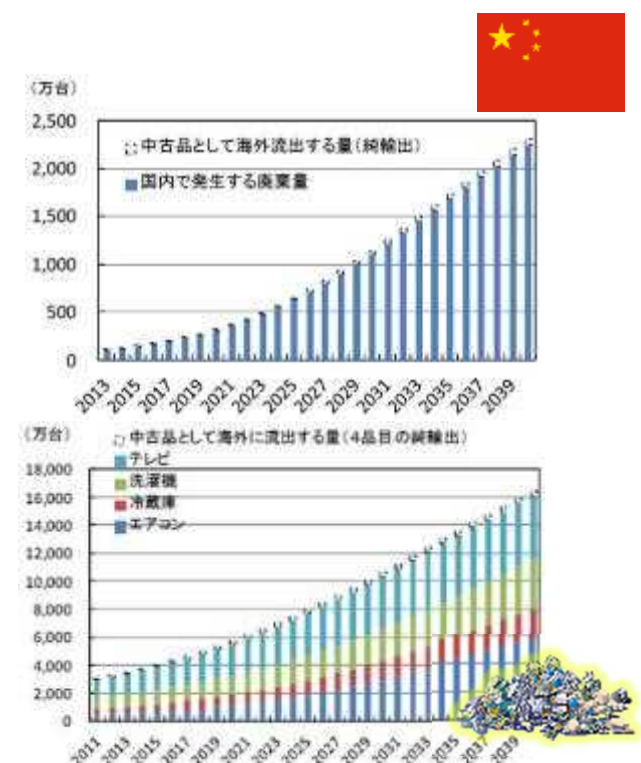
- 欧州は資源効率を最大化することが、持続可能な成長に資すると位置づけ、「循環経済」への転換を目指している。近年ではエコデザイン指令等が検討されている。
- 米国は安全保障の観点から金属資源の確保を重視しており、リサイクルについてはビジョンを示すのみに留まっている。
- 中国は経済発展に伴い急増する廃棄物への対応として、中国製造2025の中でグリーン発展を掲げ、循環経済に向けて取り組んでいる。



欧州CEの概要  
出所: EU公開資料を基にNEDO 技術戦略研究センター作成(2015)



米国の重要金属評価  
出所: Critical Materials: Technology Assessment (DoE, 2015)



中国廃棄物量の予測(上:自動車、下:家電製品)  
出所: 3R分野の技術戦略に関する検討(NEDO, 2014)

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

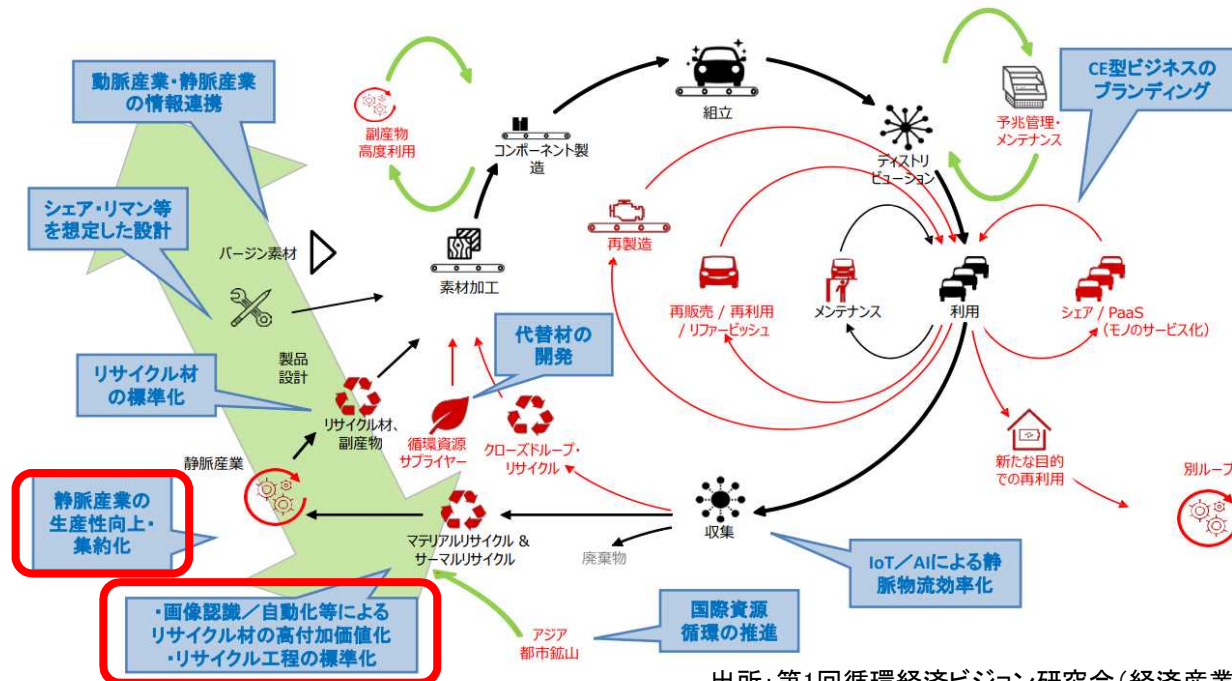
# 第四次循環型社会形成推進基本計画(2018.6.19閣議決定)

我が国の都市鉱山を有効に活用するため、廃小型家電の選別システムや製錬システム等の革新につながる研究開発や、これらをシステム化するIT等を有効活用することによって、動静脈産業が一体となった戦略的な資源循環システムの構築を行う。

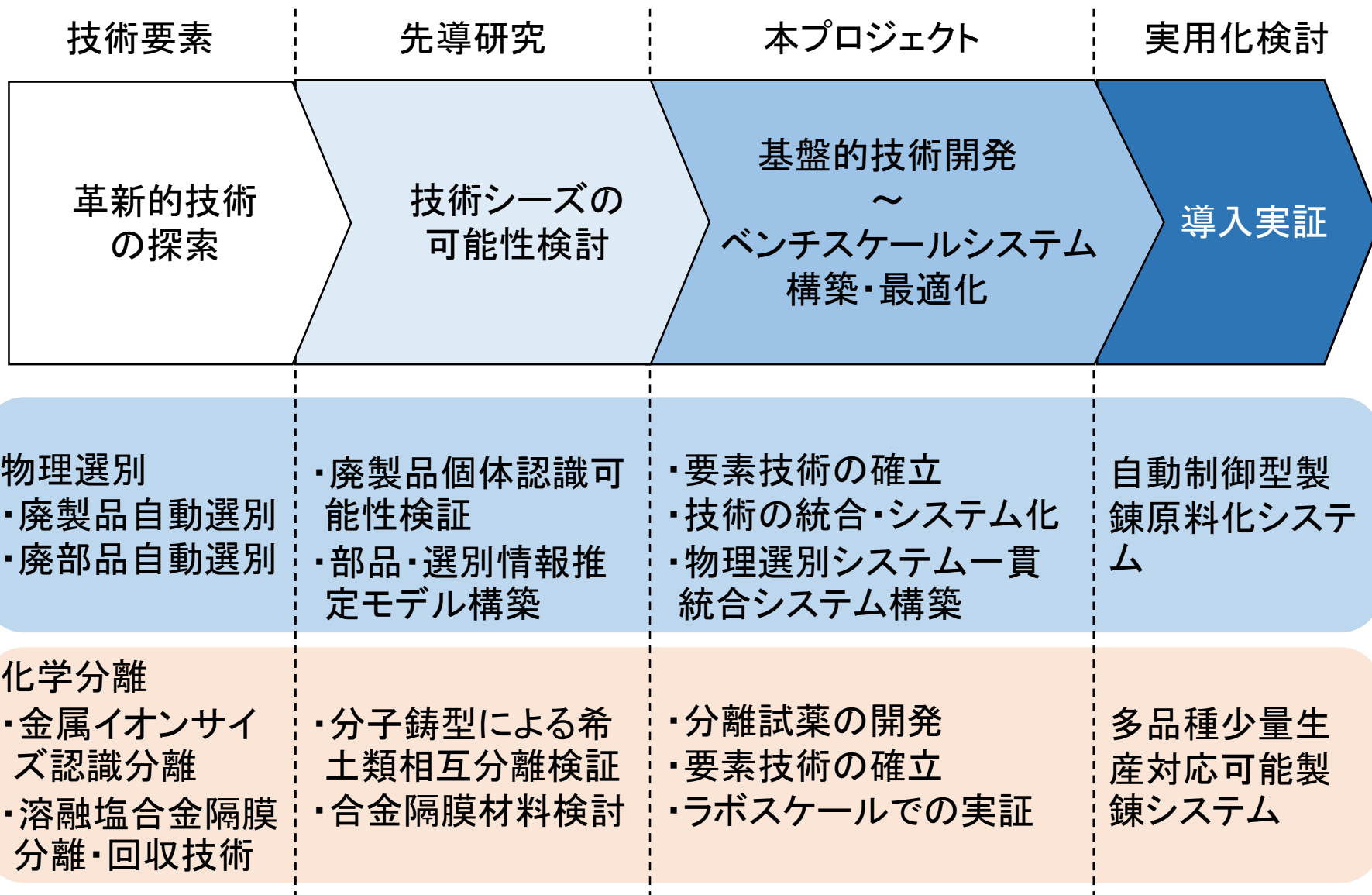
## 循環経済ビジョン研究会(2018～検討中；経済産業省)

### 「循環経済ビジョン（仮称）」の策定

環境負荷低減・資源有効利用の手段としての3R（リデュース・リユース・リサイクル）から革新技術の活用・ソフトロー整備により、資源循環ビジネスを「経済成長を牽引する産業」へ

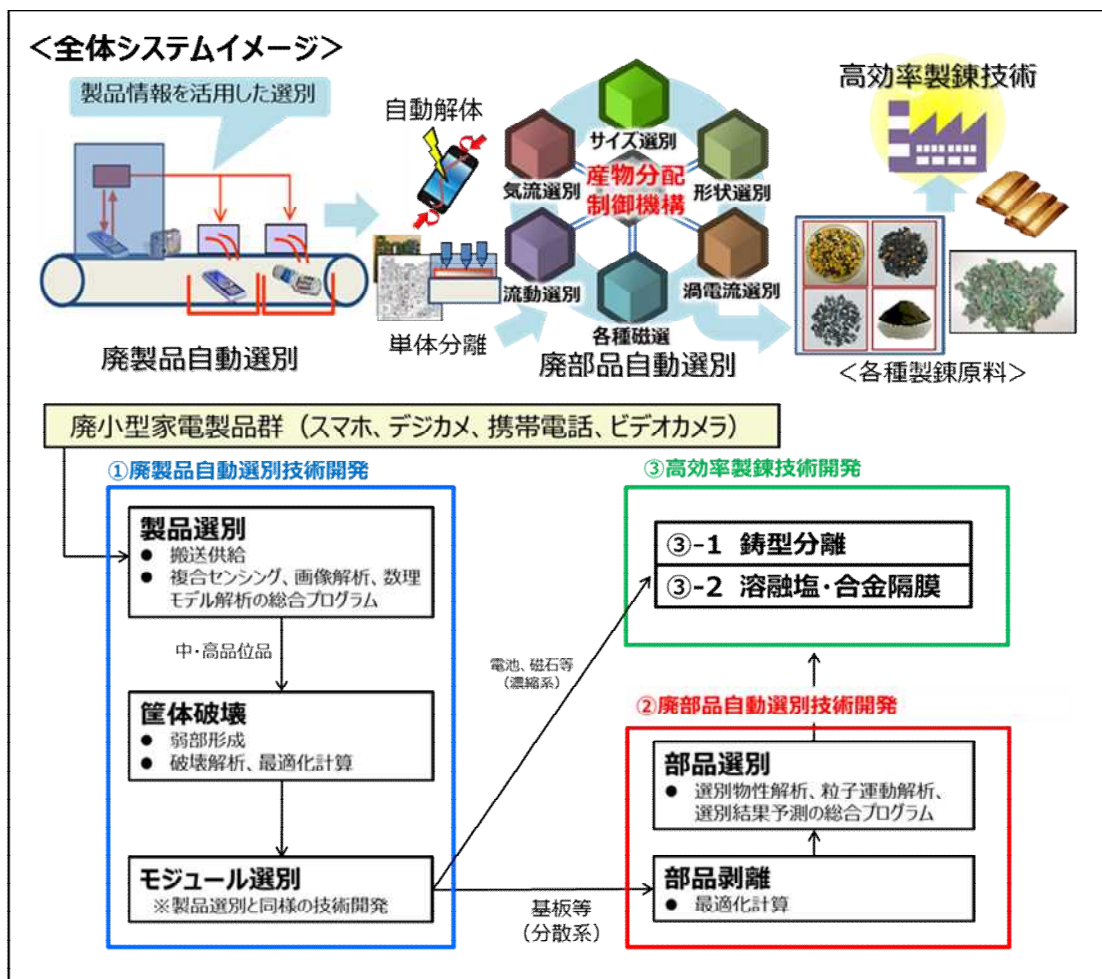


- 画像認識/自動化等によるリサイクル材の高付加価値化
- 静脈産業の生産性向上・集約化



# 1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性 (プロジェクトの概要)

使用済み電子機器の個体認識・解体・選別プロセスを無人化する廃製品自動選別システム、廃部品を製錬原料として最適選別する廃部品自動選別システム、従来の金属製錬技術を補完する多品種少量金属種の高効率製錬技術の開発を行う。さらに、情報技術等を有効活用することによって、動静脈産業が一体となった戦略的な資源循環システムを支える技術基盤を構築する。



## 事業計画

期間：2017～2022年度（6年間）

<研究開発スケジュール・評価時期>

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
① 廃製品自動選別技術開発	→						
② 廃部品自動選別技術開発	→						
③ 高効率製錬技術開発	→						
④ 動静脈情報連携システム開発				→			
評価時期			中間評価				事後評価



	実施機関	プロジェクト名	期間	予算	事業内容
1	NEDO	希少金属代替・削減技術実用化開発助成事業	2010～2011年度	15億円 (リサイクル関連全体)	レアメタルの代替技術、使用量削減およびリサイクル等の技術に係る実用化開発
2	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年度～	2500万円以下(探索研究・最大2年間)	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進的な「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
3	JOGMEC	金属資源の生産技術に関する基礎研究	2016年度～	500万円未満/1テーマ・年間(最大2年間)	レアメタル等を対象とした、採鉱技術、選鉱・製錬技術、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



国研、大学、企業を結集させて共通基盤技術の開発から実用化を目指した長期的な開発を行うための研究開発事業をNEDOが実施すべき。

本事業で構築を目指すリサイクルシステムは、

●社会的必要性が大きい

我が国の都市鉱山の有効利用を促進し、資源安全保障への貢献及び省資源・省エネルギー化を実現する。

●資源循環産業の競争力強化に貢献

当該産業分野の研究人材が極めて少ないという状況であり、業界側も本研究分野への積極的な投資が難しい。

●異業種間連携が必要不可欠

複数の工程を最適に組み合わせたリサイクルシステム構築や基礎的研究から実用化開発を見据えた研究であり、シームレスな開発が重要。



国研、大学、企業を結集させて共通基盤技術の開発を行うため、NEDOがもつこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業

評価指標	目標値	備考
投入予算	約30億円/6年	プロジェクト費用の総額 (見込み)
獲得見込市場	約1,000億円/年	売上予測 (2035年)
CO <sub>2</sub> 削減効果	7.56 × 10 <sup>7</sup> kg-CO <sub>2</sub> /年・システム	
研究開発項目①	6.56 × 10 <sup>6</sup>	既存ソータで同レベルの選別が実現できたと仮定したときの消費電力の削減分
研究開発項目②	3.42 × 10 <sup>6</sup>	既存破碎機・選別機・樹脂処理工程で同レベルの選別した場合の消費電力の削減分等
研究開発項目③-1	6.51 × 10 <sup>7</sup>	鋳型分離技術の確立で、分離精製ラインの小型化による省電力効果等
研究開発項目③-2	5.50 × 10 <sup>5</sup>	新技術による電解時の省電力効果

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

## ●事業の目標

・中間目標(2019年度)

動静脈連携により、金属資源の循環活用が可能な都市鉱山構築に向け、天然資源からの金属生産コストと競合可能な基盤技術を開発するを目的とする。具体的には、すべての研究開発項目を一貫して次表の開発を実施。

・最終目標(2022年度)

動静脈連携により、金属資源の循環活用が可能な都市鉱山構築に向け、天然資源からの金属生産コストと競合可能な基盤技術を開発する。具体的には、すべての研究開発項目を一貫して次表の開発を実施。

●アウトカム目標

2025年度までに、事業により開発された、自動・自律型リサイクルプラント(廃製品・廃部品の自動選別装置)及び少量多品種の金属資源の高効率製錬技術(分離試薬等)の実用化を目指す。これらのリサイクルプラント等の普及により、2035年度までに、これまで国内で再資源化されていなかった年間約1,000億円相当の金属資源を新たに資源化し、我が国の資源安全保障に貢献する。

また、環境配慮設計や再生材品質規格の作成等、資源循環の仕組みの社会への普及に貢献する。

2. 研究開発マネジメント (1)研究開発目標の妥当性

	中間目標(2019年度末)	最終目標 (①、②:2021年度、③:2022年度)
研究開発項目① 廃製品自動選別 技術開発	廃製品(破壊・変形を伴わない)を、 <u>処理速度1秒/製品・個以内に、非破壊で個体認識・資源価値判定し、資源価値別に選別するとともに、廃製品を構成する主なモジュールに解体・選別する自動選別システムにおいて、従来の人手による解体・選別プロセスの10倍以上の処理速度を実現するため、装置群システム・制御の要素技術を完成させる。</u>	廃製品(破壊・変形を伴うものを含む)を、処理速度0.5秒/製品・個以内に、非破壊で個体認識・資源価値判定し、資源価値別に選別するとともに、廃製品を構成する主なモジュールに解体・選別する自動選別システムにおいて、従来の人手による解体・選別プロセスの10倍以上の処理速度を実現するベンチスケールシステムを完成させる。
研究開発項目② 廃部品自動選別 技術開発	廃製品を構成する主なモジュールから分散・複雑系廃部品を単体分離・選別する自動選別システムにおいて、各種選別産物の製錬原料化(製錬受入れ条件を満たす金属原料化)を実現するため、 <u>装置群システム・制御の要素技術を完成させる。</u>	廃製品を構成する主なモジュールから分散・複雑系廃部品を単体分離・選別する自動選別システムにおいて、廃部品を分離効率80%以上で選別する性能を有し、各種選別産物の製錬原料化を実現するベンチスケールシステムを完成させる。 研究開発項目①及び②を連動させて一貫制御するベンチスケールシステムを完成させる。
研究開発項目③ 高効率製錬技術 開発	イオン半径が近接する希土類元素を対象に、 <u>相互分離係数3を有する分離試薬を開発するとともに、ラボスケールで、2種以上の希土類元素を(単体または鉄等との合金として)純度80%以上で各々同時に直接回収する技術</u> を確立する。	イオン半径が近接する希土類元素を対象に、相互分離係数5を有する分離試薬を開発する。また、2種以上の希土類元素を(単体または鉄等との合金として)純度80%以上で各々同時に連続的に直接回収する技術を実現するとともに、プロセス適用時のコストを1/2以下(従来比)にする見通しを立てる。
研究開発項目④ 廃製品リサイクル の動静脈情報連 携システムの開 発	2020年度からの研究開発開始のため対象外	戦略的鉱物資源20種のマテリアルフロー、製品群30種の製品フローを考慮した都市鉱山ポテンシャル評価・廃製品リサイクルコスト評価システムの構築と、それを用いたリサイクル対象鉱種・製品を選定する。

2. 研究開発マネジメント (2)研究開発計画の妥当性

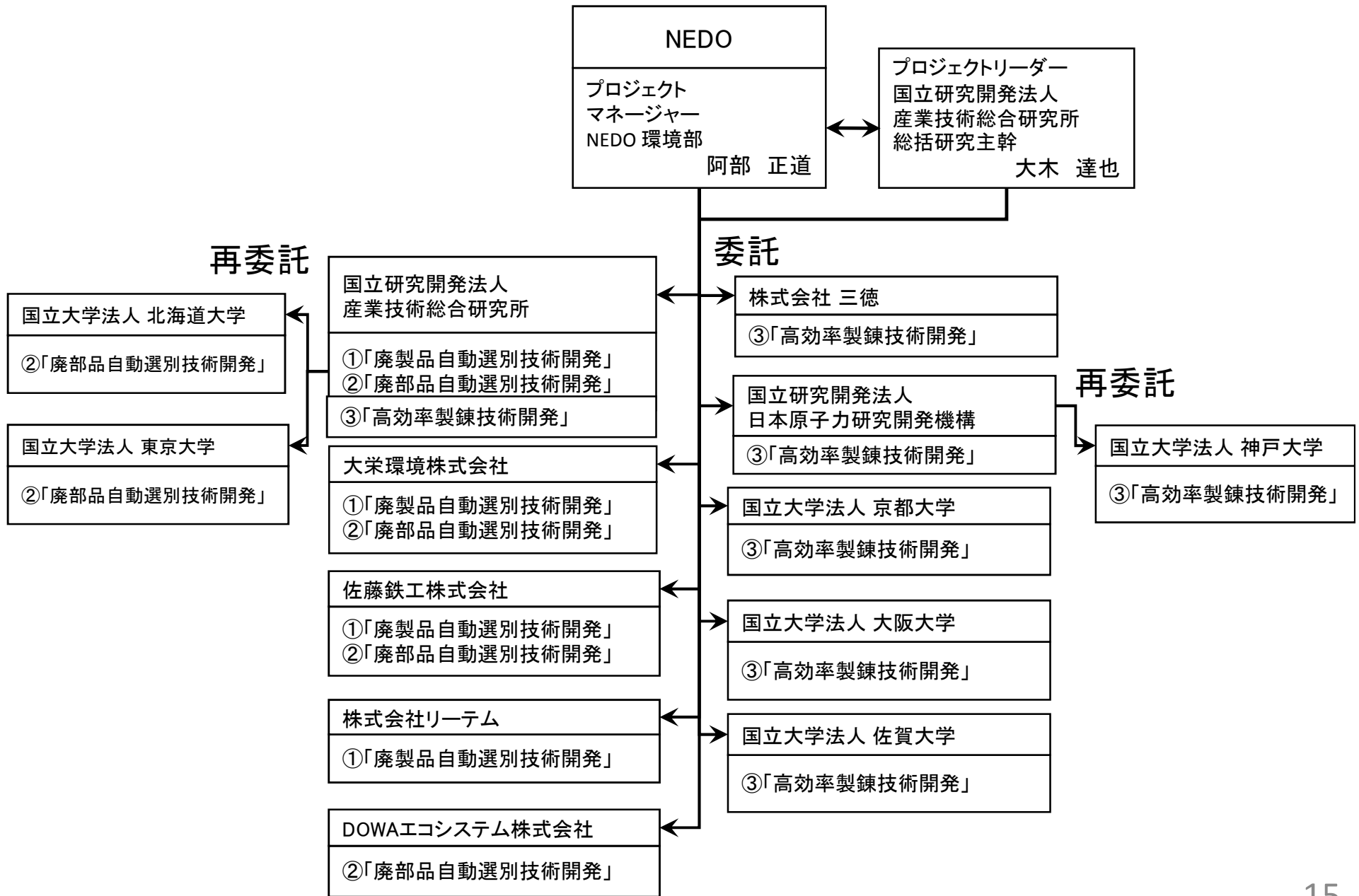
本プロジェクトは実用化まで長期間を要するハイリスクな基盤的技術開発であり、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業であることから、委託事業として実施。

プロジェクトの前期3年間は個別要素技術開発、後期3年間はシステム統合・実用化に向けた開発を実施

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
①廃製品自動選別技術開発	要素技術開発			一貫統合システムの構築・最適化			
②廃部品自動選別技術開発	要素技術開発			一貫統合システムの構築・最適化			
③高効率製錬技術開発	メカニズム解明 基本性能評価			実用化に向けた開発			
④動静脈情報連携システム開発							
評価時期			中間評価				事後評価

単位：百万円（税込）

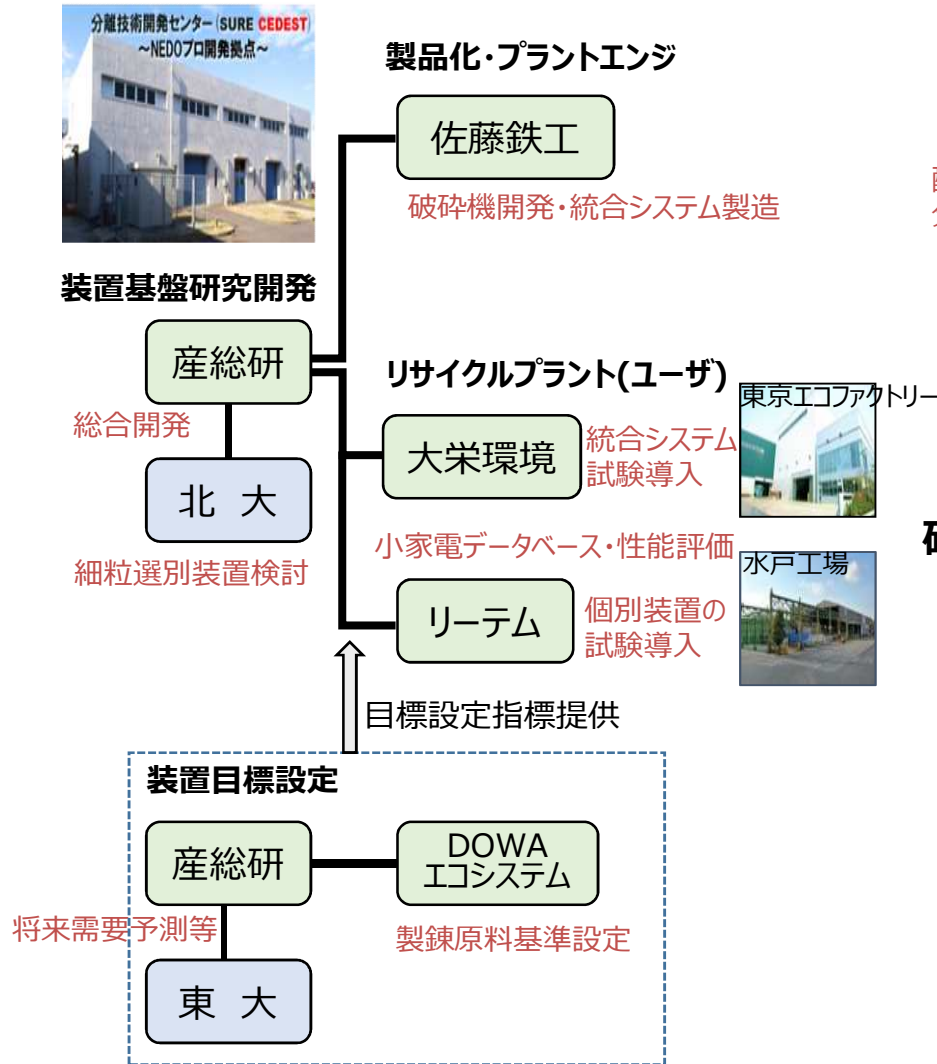
研究開発項目	2017年度 (実績)	2018年度 (実績)	2019年度 (契約)	合計
研究開発項目① 廃製品自動選別技術開発	118	134	168	420
研究開発項目② 廃部品自動選別技術開発	144	195	219	558
研究開発項目③ 高効率製錬技術開発	121	159	102	382
研究開発項目④ 廃製品リサイクルの動静脈 情報連携システムの開発	-	-	-	-
合計	383	488	489	1,360



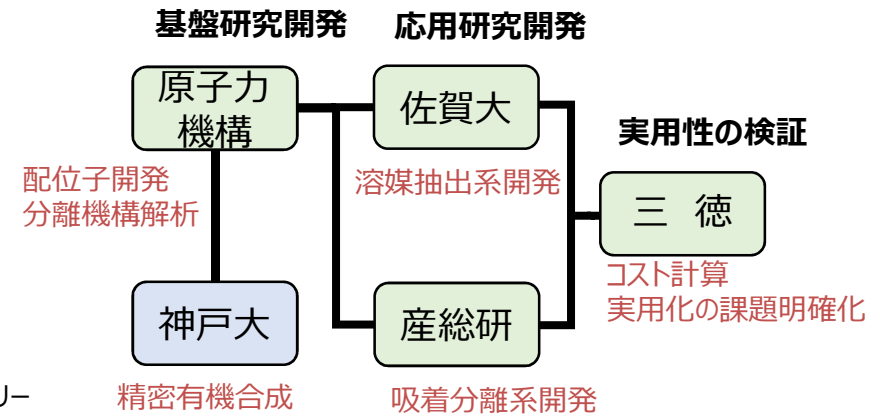


◆ 研究開発の実施体制

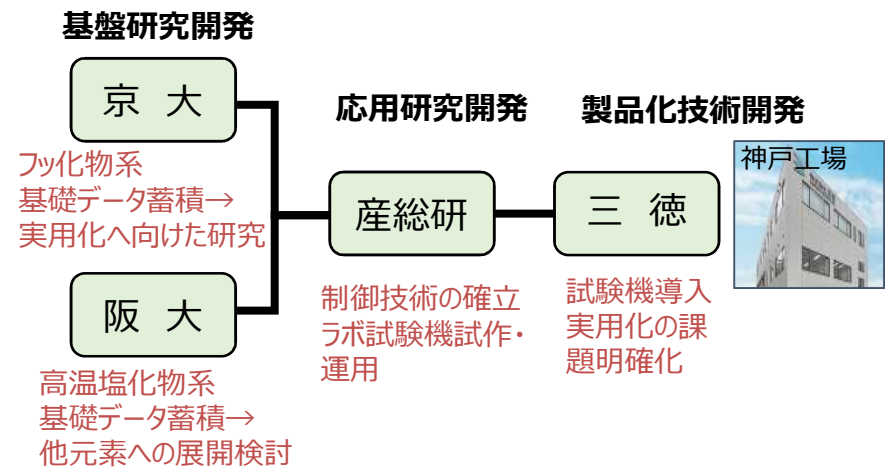
研究開発項目①,②



研究開発項目③-1



研究開発項目③-2



2. 研究開発マネジメント (4)研究開発の進捗管理の妥当性

NEDOは下表の委員会を開催し、外部有識者からの意見を取り入れつつ、プロジェクトマネジメントを行った。

会議名	主要出席者	目的	頻度
採択審査委員会	外部有識者、提案者、NEDO	外部の専門家・有識者に評価いただき、事業の実施者・実施体制、採択条件などを決定。	採択審査時
技術推進委員会	外部有識者、事業者、NEDO	外部の専門家・有識者に事業推進のためのコメント及びアドバイスをいただき、事業運営に反映。	年1回

委員会	委員	所属	役職
採択審査委員会 (2017年5月11日)	大和田 秀二	学校法人 早稲田大学 理工学術院	教授
	加藤 秀和	一般財団法人 国際資源開発研修センター 国際資源大学校	研修企画部長
	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
	竹ヶ原 啓介	株式会社 日本政策投資銀行	産業調査部長
	井関 康人	三菱電機株式会社 リサイクル推進統括部	部長
技術推進委員会 (第1回:2018年3月6日、 第2回:2019年2月19日)	中村 崇	国立大学法人 東北大学	名誉教授
	藤田 豊久	国立大学法人 東京大学	教授
	小上 泰司	東芝環境ソリューション株式会社 経営企画部	グループ長
	小林 幹男	独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構	上席研究員
	鵜飼 隆広	株式会社 三菱総合研究所 環境・エネルギー事業本部	主席研究員

※所属・役職は当時のもの

2. 研究開発マネジメント (4)研究開発の進捗管理の妥当性

NEDOは経済産業省やプロジェクトリーダー等と密接な関係を維持しつつ、適切な運営管理を実施するために、下表の会議を開催・参加することをつうじてプロジェクトマネジメントを実施。

会議名	主要出席者	目的	頻度	主催
DJ会議 (進捗状況共有会議)	METI、事業者、NEDO	METI予算要求原課等の関係原課に対して事業進捗状況を共有するとともに、新政策への対応等を検討する。	隔月	NEDO (環境部)
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。	隔月	PL、PM
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。	適時	事業者
テーマ別開発協議会	事業者、NEDO	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。	年2回程度	事業者
SURE CEDEST 集中研運用協議会	事業者	産総研に設置した集中研（CEDEST）における運用（研究機関の出入り制限等）について協議する。	適時	事業者

## 2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

2017年10月に56百万円の追加的な開発促進財源投入を実施した。  
 主な購入装置、目的、成果は以下のとおり。

件名	金額 (百万円)	目的	成果
供給機形状最適化計算用ソフトウェア	7	より高機能な供給機(ホッパ、トレイ)の3D形状を見出すため。	本ソフトウェアを用いた解析により、廃製品の単品搬出機構の最適化が可能になり、より実用的な搬送・供給機開発の確度を向上させることが可能となった。
部品剥離状態分析装置	11	基板上の部品剥離状態を自動的に分析するため。	部品剥離装置による基板の部品剥離効果をリアルタイムに計測して、フィードバックすることにより、部品剥離装置のオペレーション条件を自動で最適化するシステムの構築が可能となった。
高精度金属濃度測定装置 (ICP質量分析装置)	17	原子番号が隣り合った希土類元素の濃度の精確な測定を行うため。	原子番号が隣り合った希土類元素に対する濃度測定の精度が著しく向上し、高分離係数を示す分離系においても精確な濃度測定が可能になった。

## 2. 研究開発マネジメント (5) 知的財産権等に関する戦略の妥当性

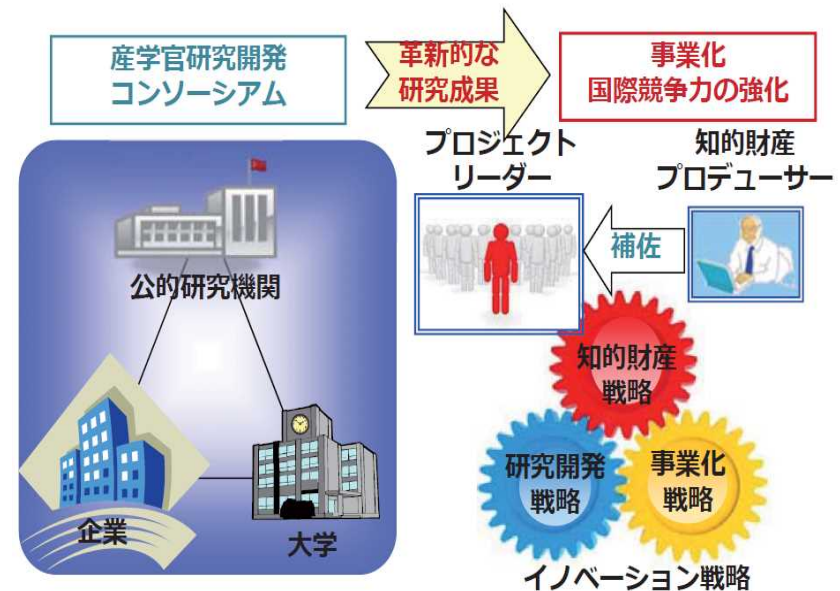
## ● NEDO

「知財マネジメント基本方針」に準じて、開発拠点への知財集約及びデータ等の取扱いを明記した知財合意書を全参加者で締結し、知財運営委員会の設置による透明性の高い知財管理を図っている。

## ● 実施者

知財委員会運営規則を取り交わし、知財委員会事務局を産業技術総合研究所に設置している。学会、講演、論文、特許の発表・出願ごとに、知財委員会を開催している(2019年6月1日現在、21回開催)。

本事業は独立行政法人工業所有権情報・研修館(INPIT)の知的財産プロデューサ派遣事業に採択され、本年4月より、NEDOプロジェクト専属の知財プロデューサが産業技術総合研究所に半常駐している。本制度では、NEDOプロジェクトに参画する13機関の知的財産に関する戦略や出願を補佐することを目的としており、既に複数件の特許出願に関して、出願補佐を実施頂いている。



INPITの知的財産プロデューサ派遣事業

3. 研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

研究開発項目		目標 (中間目標)	成果	達成度
① 廃製品自動選別技術開発		廃製品(破壊・変形を伴わない)を、 <b>処理速度1秒/製品・個以内</b> に非破壊で個体認識・資源価値を判定し、資源価値別に選別するとともに、廃製品を構成する主なモジュールに解体・選別する自動選別システムにおいて、従来の人手による解体・選別プロセスの10倍以上の処理速度を実現するため、 <b>装置群システム・制御の要素技術を完成</b> させる。	2019年度下期には、装置群システム・制御の要素技術(製品ソータ, 自動解体装置, モジュールソータのベンチスケール機)が完成見込み	○
② 廃部品自動選別技術開発		廃製品を構成する主なモジュールから分散・複雑系廃部品を単体分離・選別する自動選別システムにおいて、各種選別産物の製錬原料化(製錬受入れ条件を満たす金属原料化)を実現するため、 <b>装置群システム・制御の要素技術を完成</b> させる。	2019年度下期には、装置群システム・制御の要素技術(部品剥離装置、部品選別システムのベンチスケール機)が完成見込み	○
③ 高効率製錬技術開発	(1) 鋳型分離	イオン半径が近接する希土類元素を対象に、 <b>相互分離係数 3 を有する分離試薬</b> を開発する。	2019年度下期には、隣り合った軽希土に対する分離係数3を達成し、重希土類元素に対する適用可能性も判明する見込み	○
	(2) 溶融塩分離	ラボスケールで、2種以上の希土類元素を(単体または鉄等との合金として) <b>純度80%以上で各々同時に直接回収</b> する技術を開発する。	2019年度下期には、希土類純度80%以上で複数の希土類元素を同時回収できる見込み	○

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

◆ 成果の最終目標の達成可能性

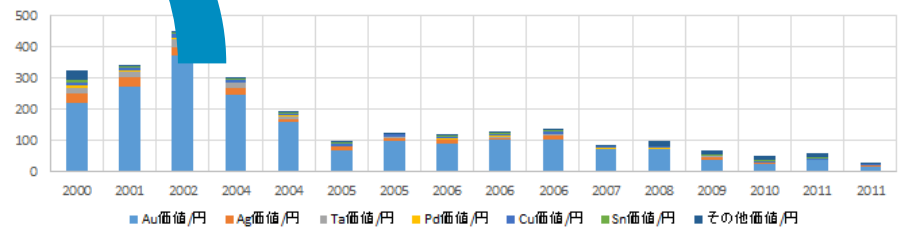
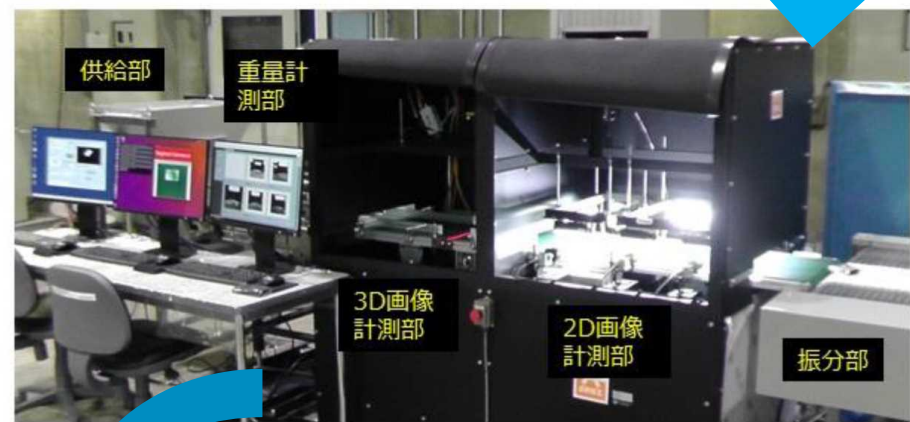
研究開発項目		最終目標 (2022年度末)	現状の進捗状況	達成度
① 廃製品自動選別技術開発		廃製品 (破壊・変形を伴うものを含む) を、 <b>処理速度0.5秒/製品・個以内</b> に、非破壊で個体認識・資源価値判定し、資源価値別に選別するとともに、廃製品を構成する主なモジュールに解体・選別する自動選別システムにおいて、従来の人手による解体・選別プロセスの10倍以上の処理速度を実現するベンチスケールシステムを完成させる。(2021年度末)	中間目標を予定通り達成見込みであり、後年度から項目①②を統合した一貫統合システムのベンチスケールシステムを構築する。 【課題】システム全体の情報管理や各装置の小改良等 【見通し】計画通りに実現できる見込み。	○
② 廃部品自動選別技術開発		廃製品を構成する主なモジュールから分散・複雑系廃部品を単体分離・選別するベンチスケール自動選別システムにおいて、 <b>廃部品(メモリ, コンデンサ等の各電子素子)</b> を <b>分離効率80%以上</b> での選別する基本性能の発現と、製錬原料化要件を満たす各種選別産物の回収を実現する。さらに、 <b>研究開発項目①及び②を連動させて一貫制御する、ベンチスケールシステムを完成</b> させる。(2021年度末)	同上	○
③ 高効率製錬技術開発	(1) 鋳型分離	イオン半径が近接する希土類元素を対象に、 <b>相互分離係数 5 を有する分離試薬</b> を開発する。	中間目標を予定通り達成見込みであり、【課題】分離係数向上のための配位子の微調整等 【見通し】新たに得られた知見を基に計画通り最終目標を達成見込み。	○
	(2) 溶融塩分離	2種以上の希土類元素を(単体または鉄等との合金として) <b>純度80%以上で各々同時に連続的に直接回収する技術</b> を実現するとともに、プロセス適用時のコストを1/2以下(従来比)にする見通しを立てる。	中間目標を予定通り達成見込みであり、【課題】装置改善等 【見通し】基礎試験による知見を統合して計画どおり最終目標を計画通り達成見込み。	○

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

研究開発項目① 廃製品自動選別

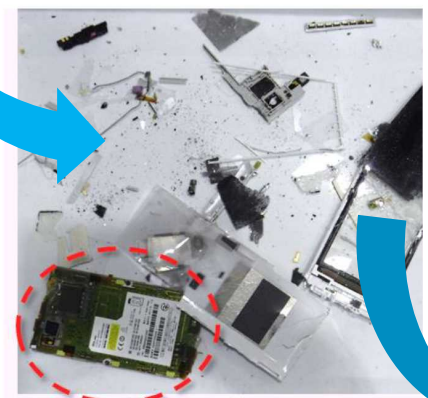
- ・ 資源価値DBの構築
- ・ 評価等に基づく製品ソーティング

◆ 製品ソータ試験用モジュール



解体・元素分析に基づく資源価値評価

筐体破壊



基板が分離

◆ モジュールソータ基本システム



- ・ モジュール (基板、電池、筐体等) に自動選別





3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

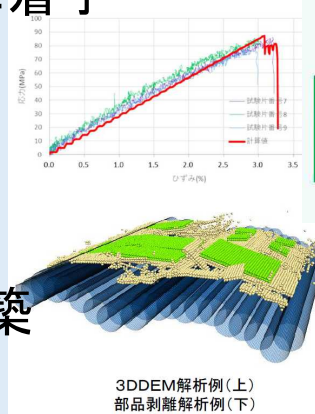
研究開発項目② 廃部品自動選別

要素技術開発を確立し、それらを統合したシステムの開発に着手



(要素技術開発例)

- 基板構造DB
- 部品・素子基礎DBの構築
- 基板剥離技術の構築
- 選別装置自動制御技術 等



製品中の部品・素子の含有率分析

解体前スマートフォン 100mm

解体後基板

剥離・手選別後の部品・素子(22種類に分類)

IC トランジスタ/ダイオード セラミックコンデンサ レジスタ

SAWフィルタ コネクタ カラエボ基板

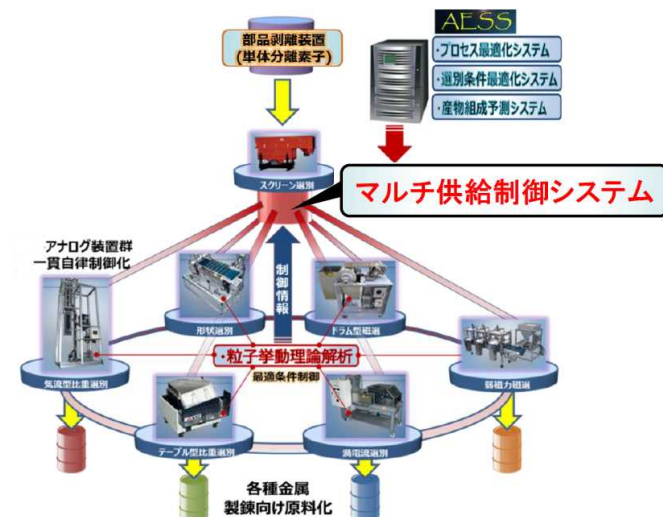
スマートフォンの電子素子調査の例

4種類の選別機の高精度粒子運動予測シミュレータを開発中

<シミュレーション例>

ドラム磁選機 渦電流選別機 振動スクリーン選別機 湿式比重選別機

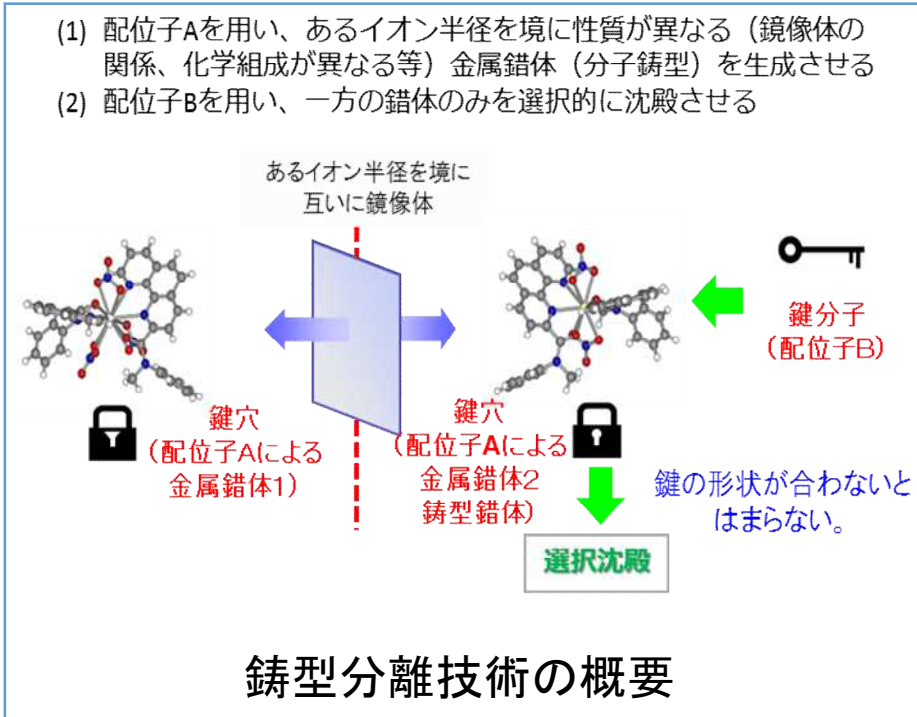
各種電子素子群を各選別装置間で自在に供給(搬送)可能なコンパクトな搬送システムの制御法を開発



部品選別システムのイメージ

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

研究開発項目③-1 高効率製錬技術開発(鑄型分離技術を利用した希土類元素の高精密金属イオンサイズ認識分離)



【検討内容】

1. 分離メカニズム解明

- ・鍵と鍵穴の関係(鑄型錯体-鍵分子間の相互作用)
- ・反応過程の追跡(溶液中錯体構造の解析)
- ・境界を生み出す配位子構造(鑄型錯体における配位構造)
- ・理論の検証 >>> 多種の配位子の使用→配位子合成及び最適合成ルートの探索

2. 重希土類元素の検討(H30~)

3. 従来法への展開

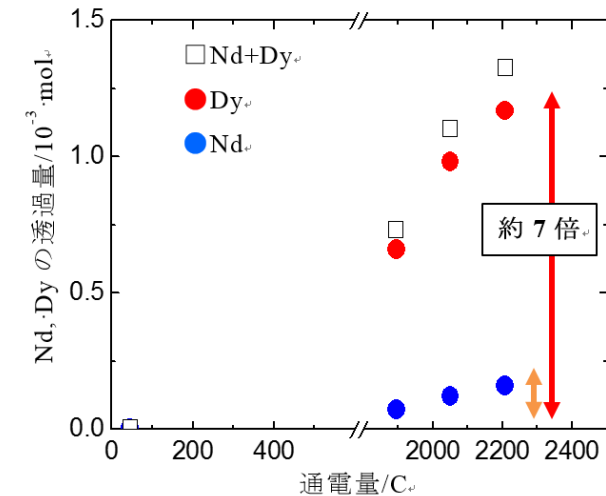
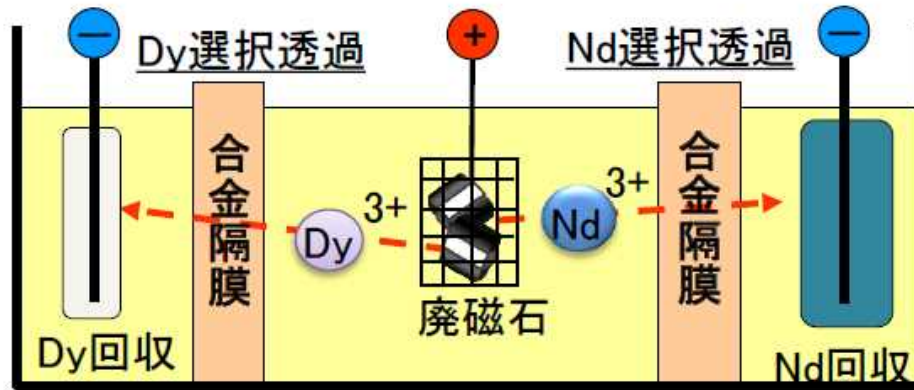
- ・溶媒抽出法、吸着分離法への展開(鑄型分離配位子構造を抽出剤、吸着剤へ適用)

【研究成果】

- Pr/Nd間に構造変化境界を有する配位子Aと配位子B(鍵分子)により、Pr/Ndの分離係数2.75条件最適化を行うことで今年度中に目標(分離係数3)を達成見込み
- 軽希土類元素に対する鑄型分離に用いる配位子の設計法をほぼ確立
- 重希土類Tb/Dy間で錯体構造が変化する配位子の開発に成功
- 鑄型分離配位子構造を有する分離剤が溶媒抽出法及び吸着分離法へ適用可能なことを実証

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

研究開発項目③-2 高効率製錬技術開発(熔融塩を利用した濃縮系少量材料のリサイクル技術)



【課題】

- 耐久性向上
- 分離性の向上
- 複数の合金隔膜制御および連続電解に向けた技術展開

【成果】

通電量と透過したNd, Dyの物質量の関係

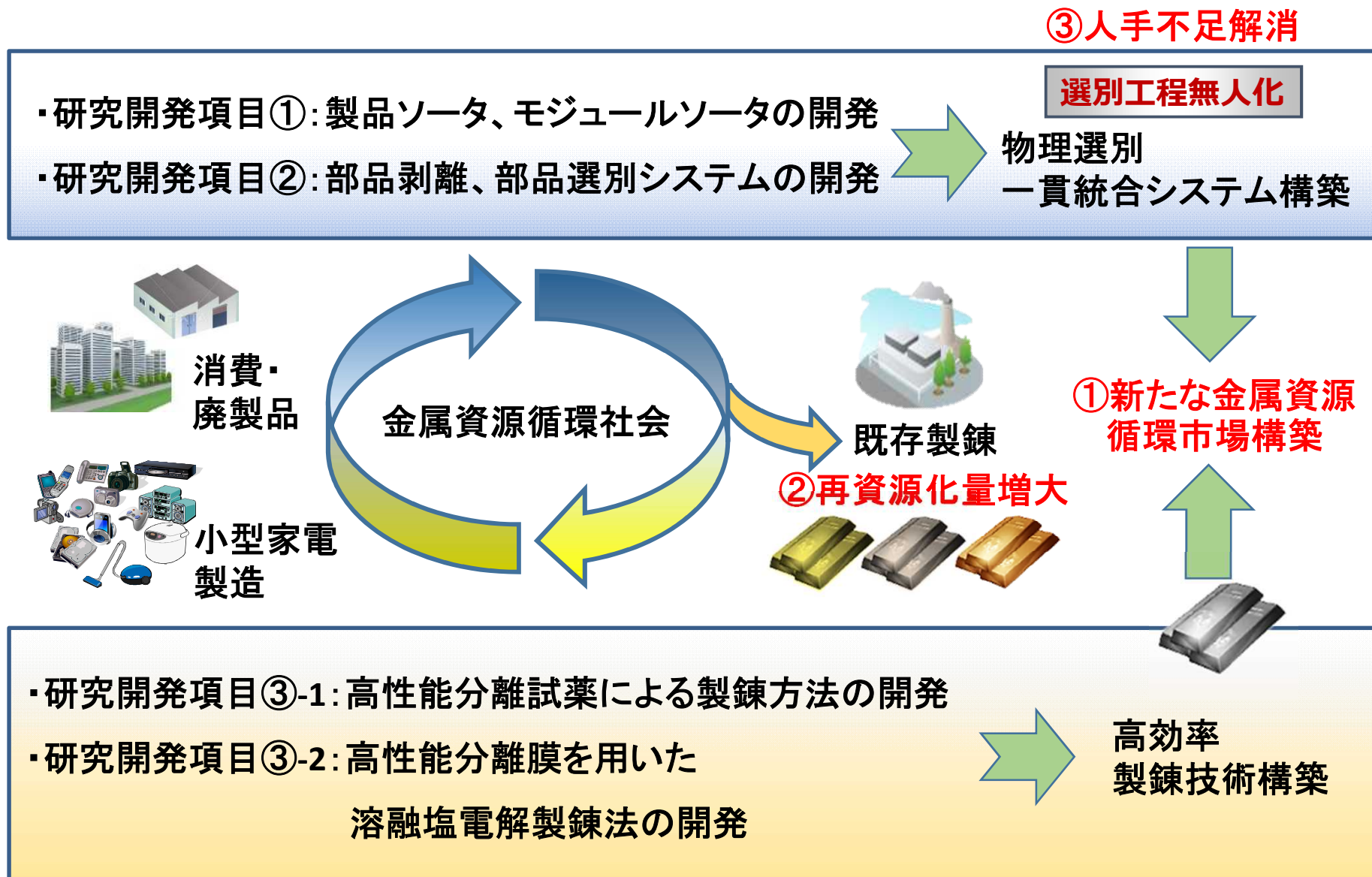
- 耐久性の向上
- 分離性の向上
- Dy/Nd = 7 ⇒ 88% (目標達成)
- Nd/Dy = 3 ⇒ 75% (追加的開発)



- 複数の合金隔膜制御および連続電解に向けた技術展開
- ガラスセルを用いた試験運転 ⇒ 条件出し完了
- アルミナセルを用いた追試 ⇒ セル試作中

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

研究開発項目	関連技術・製品 説明	本事業との比較・優位性
① 廃製品 自動選別技術開発	<p>製品選別～筐体解体に至る一連の装置開発</p> <p>一部の企業は<b>自社製品(スマートフォン)のみを対象にして、自動選別装置を検討</b>している。多様な対象物の認識する機械学習ソータとして、いくつかの企業が商用化しているが、いずれも特定の構造物を対象としており、<b>個別製品の選別には対応していない。</b></p>	<p><b>多種多様な廃小家電に対応可能な機械学習ソータ</b>をはじめ、資源価値や構造特性の違いに基づいて<b>最適プロセスを判断する自動選別・解体システム</b>は世界的にも未だ開発されていない。</p>
② 廃部品 自動選別技術開発	<p>トランスフォーマブル選別システム</p> <p>現在商用化されている選別システムは、自動化への取組が見られるものの、<b>選別工程は固定され選別条件も予め決められた条件でしか運転できず、最適化されていない。</b></p>	<p>マルチ供給制御システムの開発により、選別装置間を自在に試料搬送可能となる。これにより、<b>対象物の情報に基づいて、選別工程を自動選択し、各装置を最適条件で運転可能</b>となる世界初のシステム。</p>
③ 高効率製錬技術開発	<p>(1) 鋳型分離技術を利用した希土類元素の高精密金属イオンサイズ認識分離</p>	<p>鋳型分離技術による希土類元素の精密相互分離</p> <p>従来の希土類相互分離はPr/Nd分離係数2程度の分離剤を用いた溶媒抽出法で行われているため、<b>広大な敷地と多量の有機溶剤が必要。</b></p> <p>鋳型分離技術は、金属イオン分離の分野では国内外を問わず<b>前例の無い新たな概念の分離方法であり、小規模化・環境負荷低減が可能。</b></p>
	<p>(2) 熔融塩を利用した濃縮系少量材料のリサイクル技術(濃縮金属部品製錬技術)</p>	<p>合金隔膜を用いた単一工程による希土類の分離・回収</p> <p>従来の希土類製錬では<b>多段で高コストなプロセス</b>が用いられており、市中からの回収品を国内で処理することができなかった。</p> <p><b>単一工程で金属または合金として分離・回収</b>を目指す世界初の事例。</p>



## 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

研究開発項目	再委託先 (再委託元)	研究開発内容、委託元に対する関係性・貢献
②廃部品自動選別技術開発	北海道大学 (産総研)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発内容：<b>細粒選別装置開発</b> 湿式比重選別機(ネルソン選別機)の性能評価と高精度化によって、選別システムで発生する細粒子の高度選別を可能にする。</li> <li>・再委託元（産総研）への貢献 産総研がシミュレーションにて最適な稼働条件を検討し、再委託先である北海道大学がその実験的検証を行うことで、両者を比較し、実態を忠実に把握した開発が可能となる。</li> </ul>
②廃部品自動選別技術開発	東京大学 (産総研)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発内容：<b>都市鉱山利用による環境負荷低減効果の評価</b> 従来プロセス（鉱石から金属生産）の環境影響の算定を可能にする。</li> <li>・再委託元（産総研）への貢献 産総研が構築する選別システム導入等によってリサイクル市場が拡大した社会を想定し、東京大学が社会におけるモノと資金の流れを整理・モデル化によって、リサイクル市場が拡大した際の環境負荷低減効果を検討する。</li> </ul>
③高効率製錬技術開発	神戸大学 (原子力機構)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発内容：<b>精密有機合成</b> 分離配位子の精密合成及び最適な合成方法を確立する。</li> <li>・再委託元（原子力機構）への貢献 原子力機構が特定する高効率な分離試薬の精密な合成に向けて、神戸大学は高精度で高収率な合成方法を開発する。</li> </ul>

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

	2017年度	2018年度	2019年度	計
論文（国際誌）	0	3	6	9
総説・解説	1	4	0	5
国際学会発表	3	8	2	13
国内学会発表	7	11	(3)*	21
政府間会合	0	2	0	2
講演・講座	10	15	0	25
新聞・テレビ・web等の報道	6	52	0	58
受賞実績	(1)**	0	0	1
特許・プログラム登録	0	3	4	7

\* 2019年7月末までの発表予定

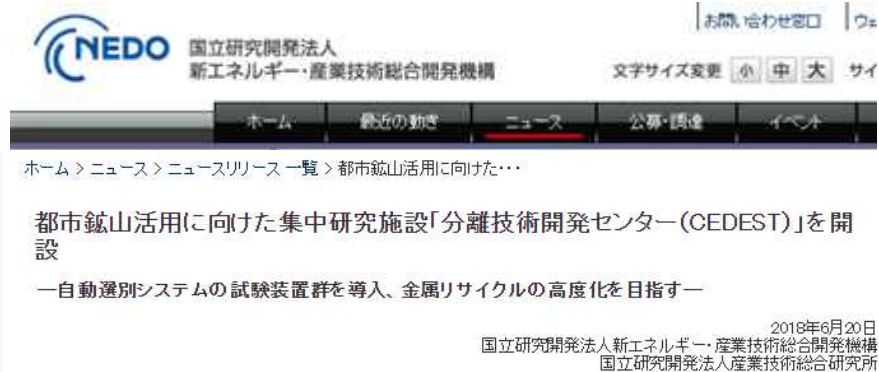
※2019年6月18日現在

\*\* プロジェクト提案に至る成果に対して

## 3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

2018年6月20日  
集中研究施設 (CEDEST) 開設プレス発表

## &lt;掲載17誌&gt; 掲載誌の一部



NEDOプロジェクトにおいて、産業技術総合研究所(産総研)は、廃製品に含まれる金属資源の自動選別システムの試験装置群を導入した集中研究施設「CEDEST」を産総研つくばセンター内に開設しました。

NEDOは、産総研を中心とする企業・大学・研究機関とともに、小型家電などの廃製品に含まれるレアメタルなどの金属資源の有効活用に向けて、低コストで高効率なリサイクルを可能とする革新的な基盤技術の開発を推進しています。今回のCEDEST開設により、金属リサイクルの高度化と省人化を両立する世界初の自動・自律型のリサイクルプラントの開発・構築に向けた本格的な装置開発に着手します。

今後、従来の手作業による廃製品の解体・選別プロセスの10倍以上の処理速度と、廃部品を分離効率90%以上で選別する性能を実現し、さらにこれらを無人で一貫制御する選別システムを確立することで、都市鉱山の有効活用を目指します。



図1 集中研究施設「CEDEST」の外観と同施設で開発する技術

- ・環境新聞:「大木会長 動静脈「融合」へ」(2017年 9月20日)
- ・日経産業新聞「産総研、都市鉱山掘り尽くす」(2017年11月30日)
- ・NHKEテレ: 高校講座・地理「都市鉱山からレアメタル～日本の取り組み～」(2018年 7月13日)
- ・日刊産業新聞、循環経済新聞、鉄鋼新聞:「戦略的都市鉱山構築に向けた未来構想」(2018年 7月24日ほか)
- ・朝日新聞:「都市のゴミ宝にチェンジ」(2018年 8月 3日)
- ・日刊産業新聞:「2050年の静脈産業の姿と目指すべき方向性」(2019年 2月28日)

## 【セミナー・講座】

- 大石哲雄: 希土類元素の直接回収を目指した磁石リサイクルプロセスの開発、SUREコンソーシアム第9回リサイクル技術セミナー講演(2017年08月)
- ・大木達也: リサイクルプラントの無人化を目指して、日本産業機械工業会 第9回 3Rリサイクルセミナー(2018年3月)(依頼講演)
- ・畑山博樹: 資源リスク定量化の動向と課題, SUREコンソーシアム第12回技術セミナー講演, (2018年7月)
- ・大木達也: 21世紀型物理選別学の構築に向けて, SUREアカデミー開講記念公開講座講演、(2018年11月)
- ・大木達也: 集合選別技術の新たな展開: SUREアカデミー開講記念公開講座講演、(2018年11月)
- ・古屋仲茂樹: 個別選別技術の新たな展開、SUREアカデミー開講記念公開講座講演、(2018年11月)
- ・林直人: 画像認識技術を応用した選別工程の自動化, SUREコンソーシアム第13回技術セミナー講演 (2018年11月)
- ・上田高生: 廃製品リサイクルにおける解体・破碎工程の自動化, SUREコンソーシアム第13回技術セミナー講演 (2018年11月)



◆成果の普及

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

2017年9月8日  
主催シンポジウム(200名満席)



平成29年度 産総研 エネルギー環境シンポジウムシリーズ

# 近未来の資源循環社会の展望

2030年の戦略的都市鉱山構築に向けて

平成29年  
**9月8日[金]** 参加費 無料

会場 機械振興会館ホール(地下2階)  
東京都港区芝公園3-5-8

主催：国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
共催：SUREコンソーシアム、産業技術連携推進会議 環境・エネルギー部会  
後援：(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO),  
(一社)産業環境管理協会, (一社)資源・素材学会, (一社)新金属協会,  
(一社)日本アルミニウム協会, (一社)日本産業機械工業会,  
(一社)日本粉体工業技術協会, (一社)廃棄物資源循環学会, 環境資源工学会  
協賛：(公社)化学工学会

**開催趣旨**  
直近の社会情勢に鑑みれば、数年前の金属価格急騰は去りましたが、資源ナショナリズムの台頭、欧州のRE、CE政策など、世界では中・長期的な戦略的活動が益々本相化しようとしています。海外の天然金属資源に強く依存する我が国では、今後も戦略的な金属の供給不安を抱えている点に変わりなく、世界に先駆けて、独自の資源循環・都市鉱山開発ビジョンを構築することが急務となっております。産業技術総合研究所では、戦略的都市鉱山研究拠点、SUREコンソーシアムの設立など、次世代資源循環に資する技術開発を官民連携で推進して参りました。本講演会では、資源循環社会構築に向け尤も識者の方々に特別講演を頂くとともに、産業技術総合研究所を中心に実施して参りましたNEDOエネルギー・環境新技術先導プログラム「動静脈産業連携による循環制御型資源再生技術」の研究成果について発表いたします。

**参加要項**  
定員：200名(定員になり次第締切)  
参加申し込み：下記のHPからお申込みください。  
URL: <https://unit.aist.go.jp/emri/index.html>  
問い合わせ先：  
産業技術総合研究所 環境管理研究部門 研究発表会事務局  
E-mail: [emri-2017touroku-ml@aist.go.jp](mailto:emri-2017touroku-ml@aist.go.jp)  
会場の問い合わせ先：  
機械振興会館 電話03-3434-8216~7  
URL: <http://www.jspmi.or.jp/kaigishitsu/index.html>




2017年(第27回)  
**日経地球環境技術賞**  
日本経済新聞社は、地球環境保全のための優れた成果(調査、研究、技術開発への実証的な取り組み)を、「日経地球環境技術賞」として表彰します。

2017年11月20日  
リサイクル選別システムの開発・自動化に関する技術基盤の構築



本事業提案に至る技術基盤の構築に対して

- NEDO「知財マネジメント基本方針」に準じて、開発拠点への知財集約及びデータ等の取扱いを明記した知財合意書を全参加者で締結し、知財運営委員会の設置による透明性の高い知財管理を図っている。
- また、独立行政法人工業所有権情報・研修館(INPIT)の知的財産プロデューサ派遣事業により、2019年4月から、NEDOプロジェクト専属の知財プロデューサ1名が産業技術総合研究所に半常駐。参画13機関の特許出願補佐を実施頂いている。

	2017年度	2018年度	2019年度	計
プログラム	0	3	1	4
特許出願	0	0	4	4

2019年6月時点

## 実用化の定義

当該研究開発に係る成果（装置、システム等の基盤技術）がリサイクル事業者、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。

## 4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

産総研を中心に、参画企業（リサイクラ、機械装置メーカー、製錬メーカー）と密に連携することに加え、SUREコンソーシアムでの意見交換等を通じて実用化に向けた課題等を共有し、研究開発を実施。

事業終了後もSUREコンソーシアムでの意見交換を継続させるとともに、本研究開発成果に関する、共同研究、設備導入、コンサルティング等を実施することで実用化を目指す。

研究開発項目		目標
① 廃製品自動選別技術開発		<p>本事業期間中に<b>ベンチスケールの試作システムを完成</b>させ、その後2年でパイロット機をリサイクル工場内に導入する。さらに、これらの知見に基づいて、実機スケール機を設計・製作し2025年度の製品化を目指す。商用機の納入先候補として、大栄環境を検討しており、パイロット機～実機導入に向け、設置工場の検討を実施している。<b>2023年度には、パイロット機を導入し、2024年には小規模の商業稼働を開始、2025年には佐藤鉄工の実機設計に基づく装置拡張を行い、2026年に実機スケールの商業稼働を開始する予定。</b></p>
② 廃部品自動選別技術開発		
③ 高効率製錬技術開発	(1) 鋳型分離	<p>本事業期間中に、主要希土類材料メーカーである<b>三徳</b>と目標値設定や分離回収条件等について<b>協議</b>している。また、今後、外部協力機関の化学薬品メーカーから分離剤の合成コスト低減等に関する助言を得る予定。</p> <p>事業終了後は、分離係数のさらなる向上に加え、化学薬品メーカーによる試薬の大量合成及びそれによる実操業と同様の装置を用いて三徳における分離試験を行う。そして、<b>プロジェクト終了後5年を目処に、新規分離剤の市販及び実操業への投入を目指す。</b></p>
	(2) 溶融塩分離	<p>本事業期間中にプロセス適用時のコストなどを1/2以下にする見通しを立てる。</p> <p>事業終了後は、三徳において専用電気炉を順次大型化し、<b>プロジェクト終了後3年を目処にパイロット試験機</b>を作製、運用データを蓄積して商用1号機の導入準備を進める。並行して自動車用・エレベーター用モータなど、ターゲットの多様化、ビジネスモデルの提案などを三徳が主体となって実施する。<b>プロジェクト終了後5年を目処に商用1号機の導入</b>を目指す。</p>

# 物理選別技術の未来の指導者育成

## ◆波及効果(人材育成)



**SURE academy**  
**SUREアカデミー開講記念**  
**公開講座**

日時: 2018年11月1日(木)  
 受付: 13:15~  
 会場: 秋葉原UDXビル6階 UDXカシファレンス F  
 (東京都千代田区外神田4丁目14-1)  
 定員: 80名  
 参加費: 無料 \*非会員の方も無料でご参加いただけます

**カリキュラム**  
 13:30 ~ 14:30 : 開講挨拶 「21世紀型物理選別学の構築に向けて」  
 SUREコンソーシアム会長: 大木 達也  
 14:45 ~ 15:45 : 1 限 「個別選別技術の新たな展開」  
 講師: 古塵仲 茂樹  
 16:00 ~ 17:00 : 2 限 「集合選別技術の新たな展開」  
 講師: 大木 達也

申込み: ご所属・ご氏名を添えて電子メールにて SURE コンソーシアム事務局にお申込み下さい

AIST 国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
 SURE コンソーシアム事務局: sure-office-ml@aist.go.jp  
 TEL: 029-861-8475 (産総研 大木研究室内)



物理選別技術の将来の日本の指導者育成を目的とした「SUREアカデミー」を開講

2018年11月 開講記念公開講座として、NEDOプロの開発概念をベースとした未来志向の技術展開を講義

### SUREアカデミー設立主旨

物理選別技術は、将来の都市鉱山開発を担うキーテクノロジーであるが、その背景となる学問体系は50年以上ほとんど進歩していない。現状の選別理論は原理を説明しているに過ぎず、実際の選別を予測できないため、実験的な検証による試行錯誤が余儀なくされている。このため、世界的にみても、不完全な装置制御下での選別、未熟な分析手法、誤った評価基準が定着しており、高度な都市鉱山開発の実現を阻んでいる。このような従来の学問体系の不備は、これまで「経験」により補ってきたが、現在、研究機関、教育機関、民間企業のいずれにおいても、これらの経験を持つ人材が消失しかけている。(中略)

我が国のリサイクル技術高度化の一環として、若手～中堅の国研研究者(主任研究員相当)、大学教員(准教授相当)及び企業の技術マネージャやその候補者を対象に、将来の日本の指導者育成を目的とした「SUREアカデミー」を開講致します。