

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（低温焙焼等によるリサイクル製錬原料の高品質化技術の開発）

終了時評価 補足説明資料

2022年3月1日

経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部鉱物資源課

I 事業の概要

II 評価検討会の評価

事業の目的

- 我が国の銅製錬所は主に海外から輸入した銅精鉱を処理して銅地金を生産しているが、近年、リサイクル原料の処理量が増加傾向にある。しかし、**リサイクル原料は銅精鉱とは異なり、**溶錬工程における銅とスラグ（不要物）の分離を阻害する、あるいは電解工程に悪影響を及ぼす不純物（以下、「製錬忌避元素」という）を多く含むことなどから、**その処理量には制限**がある。
- そのため、本研究開発では、主要なリサイクル原料の一つであり多様な製錬忌避元素を含む廃電子基板を対象として、**炉に投入前の不純物等分離**（以下、「前処理」という）**技術の開発やリサイクル原料投入時の炉の操業対策を検討し、銅製錬におけるリサイクル原料比率のさらなる向上（ひいては資源自給率向上）を図るとともに、国内銅製錬事業者の競争力強化を目指す。**

類 型

複数課題プログラム / 研究開発課題（プロジェクト） / 研究開発資金制度

実施期間

2017 年度～2020 年度 （4年間）

会計区分

一般会計 / エネルギー対策特別会計

評価時期

事前評価：対象外、終了時評価：2021年度

実施形態

国 → JOGMEC（委託） → DOWAエコシステム（委託）、早稲田大学・東北大学（共同研究）

プロジェクトリーダー

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 資源開発部技術課 神谷太郎（課長（当時））

執行額
(百万円)

2017FY

2018FY

2019FY

2020FY

総執行額

総予算額

85

90

75

61

311

350

2. 本事業の政策的位置づけ／背景について

- 我が国は鉍物資源の多くを海外からの輸入に依存し、国内製錬所において輸入鉍石（精鉍）を高度に処理することにより高品質な地金を生産している。鉍物資源の安定供給確保の観点から、鉍石（精鉍）以外の原料を安定的に確保することも重要であり、非鉄製錬所においてもスクラップ等のリサイクル原料を活用しているが、今後は更なるリサイクル原料の利用拡大を促進することが必要である。
- 一方、スクラップ等のリサイクル原料には、鉍石に含まれない成分も多く含まれており、その中には製錬忌避元素もあることから、リサイクル原料を多く確保するだけでは、製錬プロセスにおいて投入されるリサイクル原料比率を向上させることは出来ない。
- そのため、製錬所においてリサイクル原料の利用拡大を促進するためには、適切な前処理により製錬忌避元素を分離するとともに、製錬プロセスの高度化を図ることが求められる。
- 本事業は、製錬所におけるリサイクル原料比率の向上を図ることにより我が国の非鉄金属の自給率の向上を図るとともに、国内非鉄製錬業の競争力強化に貢献することにより、我が国の鉍物資源の安定供給確保に資するものである。

3. 当省（国）が実施することの必要性

- 海外から輸入した精鉱を製錬することにより地金を生産する我が国にとって、**国内製錬所におけるリサイクル原料比率の向上を図ることは、鉱物資源の安定供給の確保の観点から極めて重要**である。製錬所におけるリサイクル原料比率の向上を図るため、廃電子基板から非鉄金属を効率的に回収するための革新技术・システムの開発が必要である。
- 現在、廃電子基板は銅製錬プロセスに投入され、銅や貴金属等の有用金属を回収しているものの、熱バランスに加え、廃基板中に含まれる製錬忌避元素がプラントの操業に影響を及ぼすため、廃電子基板の受入れ量には制約がある。そのため、**前処理段階で廃基板中の忌避成分の適切な分離・除去が求められるが、そのコストや効率性、分離性等に関し技術的課題**がある。
- そのため、技術開発が期待されるが、製錬プロセスに投入する前に廃電子基板を適切に処理し、忌避成分を分離・除去するには、現状の技術ではコストがかかるため、**短期的な利益を追求する民間企業のみでは、高度な金属リサイクル技術の研究開発を促進するインセンティブが期待できない**。したがって、**国が研究開発を主導し、産学官連携のもとで高度な技術課題の解決に取り組む必要**がある。なお、資源循環の観点からも、リサイクル原料比率の向上が必須である。更には、リサイクル原料は一般に鉱石よりもカーボンフットプリントが小さいため、**リサイクル原料をより多く利用することが出来ればCO₂排出量削減対策にも資する**。

	実施機関	プロジェクト名	事業内容	
国内	【研究開発】 NEDO	希少金属代替・削減技術 実用化開発助成事業	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を実施	比較①
	【研究開発】 JST	未来社会創造事業／新たな資源循環リサイクルを可能とするものづくりプロセスの革新	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」等の要素技術の研究開発に加え、それらに基づく設計体系や当該要素技術を用いたシステムの研究開発を実施	
	【操業事例】 三菱マテリアル(株) JX金属(株)		リサイクル原料の投入による炉の負荷を軽減するため、前処理工程に大規模な設備投資を実施。前処理工程では主に焙焼によってリサイクル原料中のハロゲンや有機物が除去されている。	比較②
海外	【操業事例】 タイにおけるリサイクル事業		タイにおいて、リサイクル原料を対象とした小型製錬炉が新設された。当該製錬所に技術的な新規性は無いものの、将来、周辺地域のリサイクル原料の集荷拠点となり、日本の製錬事業者の安定したリサイクル原料調達を脅かす可能性がある。	比較③

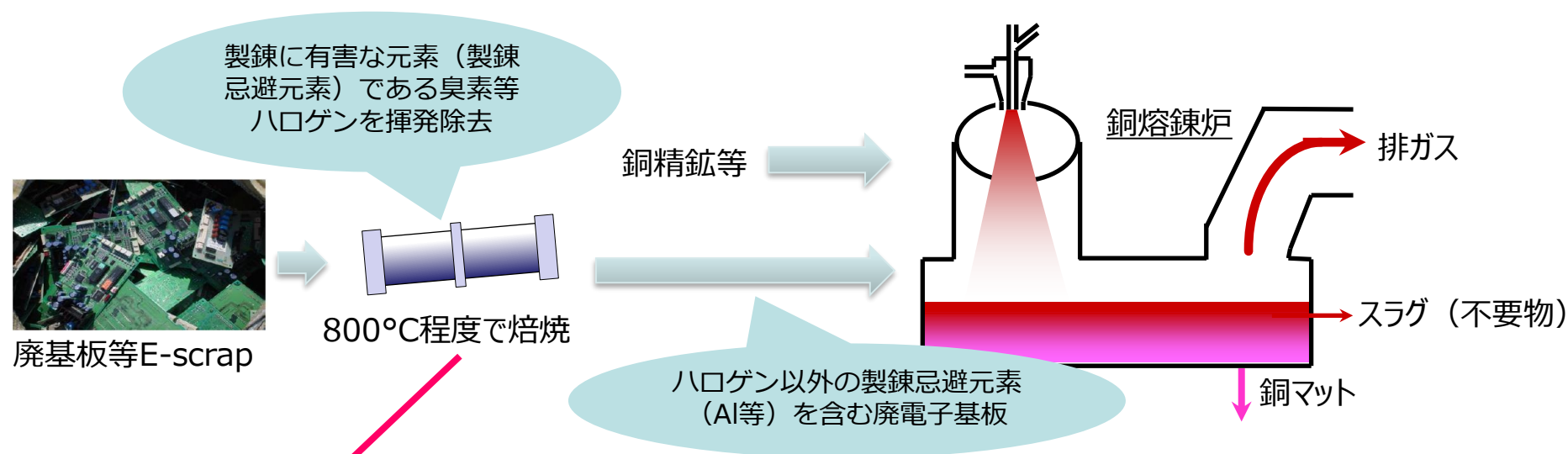
比較①：上記研究開発では、様々なリサイクル原料（廃二次電池、廃家電レアアース磁石等）を処理対象としているところ、当研究開発では、対象とするリサイクル原料を廃電子基板に絞り、前処理技術から炉の操業の改善に至るまで総合的に検討。また、特定の製錬所のためではない汎用性のあるシステムの開発を目標として取り組んだ。

比較②：当研究開発では、現在の廃電子基板リサイクルの前処理では除去されていないアルミニウム等の製錬忌避元素を含む、はんだ付けされた素子類が分別可能なプロセスを検討した。

比較③：当研究開発では、製錬・リサイクル事業者が受入しやすいようにリサイクル原料を分離・選別するプロセスを検討。これは、日本の製錬・リサイクル事業者における、リサイクル原料の安定調達にも寄与する。なお、調査した範囲において、海外で類似の研究（素子類の剥離による廃電子基板の選別プロセスに関する研究）は確認されなかった。

(1) 現状の前処理プロセス

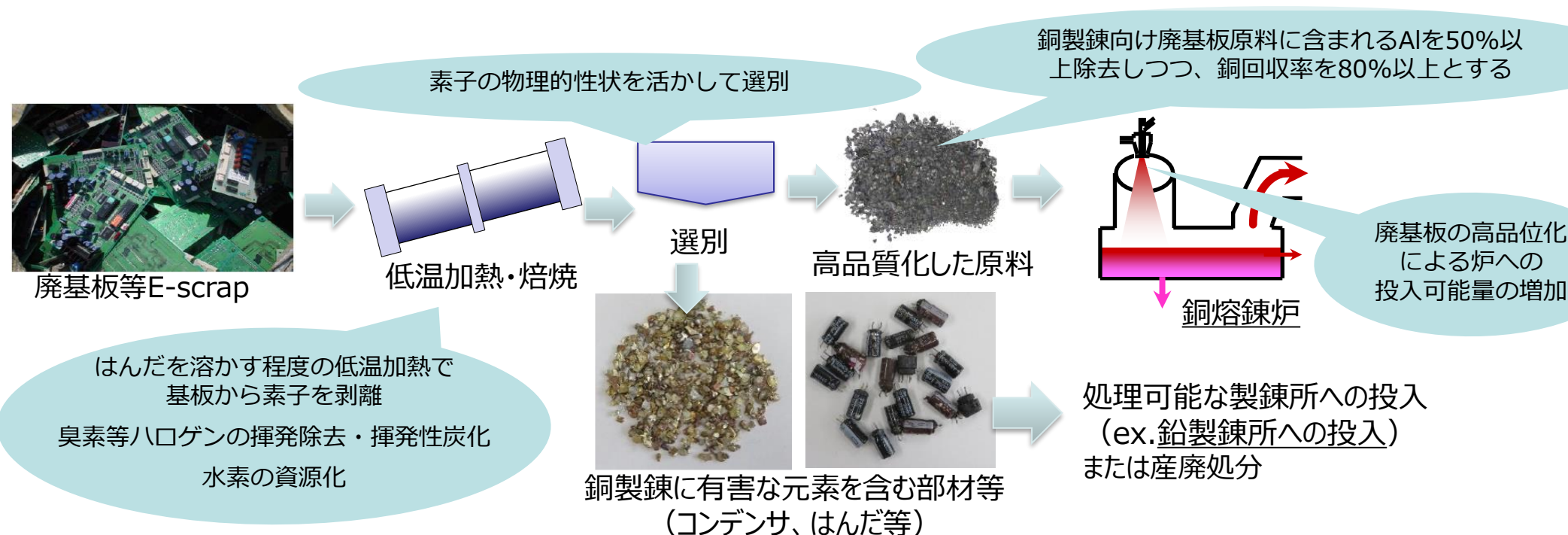
- ◆ 廃基板等のリサイクル原料を銅製錬所で処理する場合、アルミニウム等の製錬忌避元素も含めて炉に投入されるため、その処理量は熱バランスのみならず製錬忌避元素によっても制約される。
- ◆ そのため、リサイクル原料比率を高めるには、有価物のロスを抑制しつつ製錬忌避元素を除去するための前処理プロセスが重要。



課題：高温加熱により廢基板の素子類が変形・溶融するため、その後の製錬忌避元素の物理的な選別は困難。

（2）目標とする前処理プロセス

- ◆ 本事業では、「低温加熱」により廃基板から形状を維持したままの素子を剥離することで、製錬忌避元素を除去する効果的な前処理プロセスの構築を図る。



【実施事業】

- ① 物理選別による廃電子基板からの製錬忌避元素の低減技術の開発
- ② リサイクル原料の製錬挙動研究
- ③ 廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス評価

(3) 研究開発項目

「廃電子基板を対象とした非破壊による素子の分離」並びに「分離した基板ベース部及び素子からの有価物の回収」を効果的・効率的に行うことをテーマに、そのために必要な要素技術の開発に取り組み、その組み合わせによって処理フローを構築した。

研究開発項目		実施者
①物理選別による廃電子基板からの製錬忌避元素の低減技術の開発 (JOGMEC)	(a) 廃電子基板の低温加熱	DOWAエコシステム株式会社 国立大学法人秋田大学
	(b) 物理選別による製錬忌避元素の低減	国立研究開発法人産業技術総合研究所 学校法人早稲田大学
	(c) 除去物等の有効利用等	国立研究開発法人産業技術総合研究所
	(d) 廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス検討	DOWAエコシステム株式会社 JOGMEC
②リサイクル原料の製錬挙動研究 (JOGMEC)	(a) リサイクル原料の製錬挙動に関する平衡論的研究	学校法人早稲田大学
	(b) リサイクル原料の製錬挙動に関する速度論的研究	国立大学法人東北大学
③廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス評価 (JOGMEC)	・ 情報収集／進捗管理 ・ 有識者による委員会の開催／非鉄各社へのヒアリング	JOGMEC

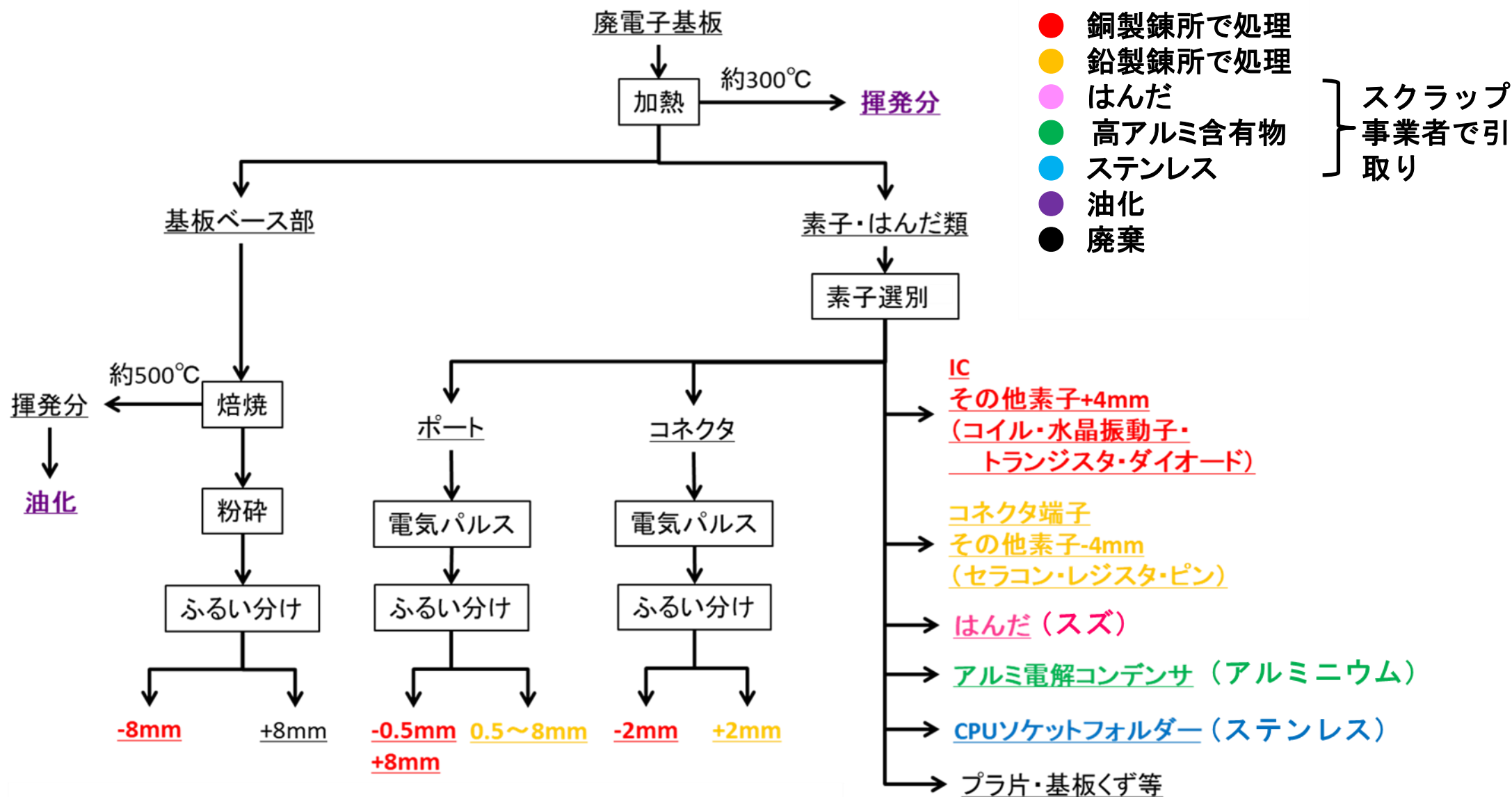
①物理選別による廃電子基板からの製錬忌避元素の低減技術の開発

- ◆ 廃基板を直ちに粉砕せず、低温加熱ではんだを溶かし衝撃を与えることで「形状を維持したままの素子」を剥離し、その上で物理選別する「効率的な前処理」により、不純物を除いた産物を製錬炉に供するプロセスを開発。
- ◆ 目標は、廃基板に含まれるアルミニウムの50%以上の除去、及び銅の80%以上の回収（アルミニウムは廃基板中に最も多く含まれる「製錬忌避元素」）。



①物理選別による廃電子基板からの製錬忌避元素の低減技術の開発

開発した選別手法に基づく廃基板原料の前処理プロセスの例



本プロセスで廃基板を前処理することにより、廃基板中のアルミニウムを70%以上除去した上で、銅の95%及び金の99.5%を銅製錬所と鉛製錬所に原料として供し、資源化することが可能。

5-2. 各研究開発項目の内容

①物理選別による廃電子基板からの製錬忌避元素の低減技術の開発

【CO₂排出量の試算】

選別プラントでのCO₂排出量

炉に投入可能な選別処理後の基板	19.4 万t/年
選別処理前の生基板の量	46 万t/年
選別プラントで排出するCO ₂ 量	1.4 CO ₂ -万t/年

鉱山でのCO₂排出量

	リサイクル原料由来の銅量 Cu-万t/年	鉱山でのCO ₂ 排出量	
		CO ₂ -kg/Cu-kg	CO ₂ -万t/年
焙焼基板	3.3	0.85	35.4
選別処理後の基板	6.5		32.7

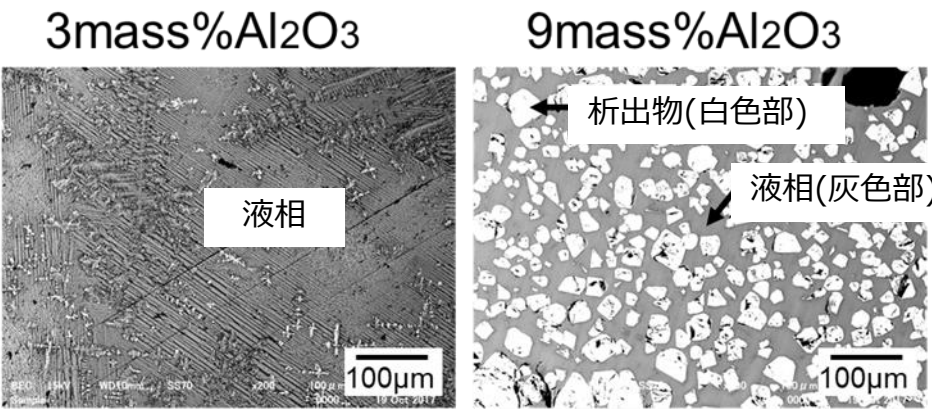
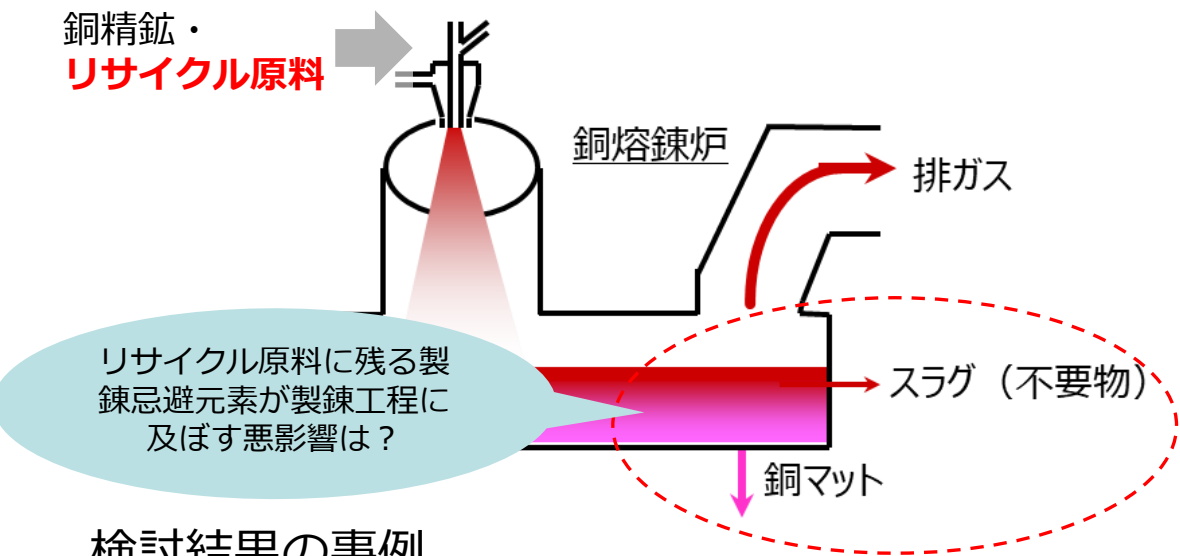
鉱山～製錬所でのCO₂削減効果：鉱山～製錬所

	製錬所での CO ₂ 排出量	基板前処理工程 でのCO ₂ 排出量	鉱山での CO ₂ 排出量	合計CO ₂ 排出量
焙焼基板	53.7	No Data	35.4	<u>89.1</u>
選別処理後の基板	49.5	1.4	32.7	<u>83.5</u>

選別処理後の基板を原料とした場合、年間5.6万tのCO₂削減が見込まれる。
⇒ 焙焼基板を投入した場合の約6%のCO₂削減に相当

②リサイクル原料の製錬挙動研究

◆ リサイクル原料を銅熔錬炉に投入した際、原料に残る製錬忌避元素の影響を抑制する操業改善策について、試験結果等を基に取りまとめた。



【試験結果の例】 るつば試験により、スラグ中のアルミナ濃度が高くなると固体成分が析出し、スラグの粘性が上昇することを確認。

検討結果の事例

忌避元素	主な悪影響	操業指針
Al	スラグ粘性の上昇による銅マットとスラグの分離性悪化 スラグ成分調整のためフラックス使用量増加 スラグ量増加による生産能力の低下 スラグ量増加によるスラグ処分費用の増加	Al ₂ O ₃ 濃度とFe/SiO ₂ を制御 攪拌等によるスラグ中への均一溶解 スラグ中の固体Al ₂ O ₃ の残留を抑制
Sb	銅マットから得た粗銅を電解精製するとき、銅の回収率・電流効率が低下	酸素分圧を高める CaO/SiO ₂ 、FeO _x -CaO系スラグを生成
Ni		攪拌等によるスラグ中への溶解促進
Mg	スラグ粘度の上昇による銅マットとスラグの分離性悪化	耐火物のスラグコーティング促進

5-2. 各研究開発項目の内容

③廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス評価

- ◆ 金属リサイクルに取り組む（将来、成果のユーザーとなりうる）企業の技術担当者、及びプロセスの理論的な考察が可能な学識経験者からなる委員会を組織し、事業計画、事業結果に対して意見を求めつつ、研究開発を実施。

【「低温焙焼によるリサイクル製錬原料の高品質化技術の開発委員会」委員名簿】（2020年現在）

	氏名（敬称略）	所属
委員長	中村 崇	国立大学法人東北大学 名誉教授
委員	池田 亮	JX金属製錬株式会社 佐賀関製錬所 リサイクル部長
	金田 章	三菱マテリアル株式会社 金属事業カンパニー 製錬事業部製錬部 副部長
	高崎 康志	国立大学法人秋田大学大学院 国際資源学研究科 准教授
	高津 明郎	住友金属鉱山株式会社 技術本部 技術企画部 担当課長
	広吉 直樹	国立大学法人北海道大学大学院 工学研究院 教授
	峰 義博	三井金属鉱業株式会社 金属事業本部 技術部 部長
	竹内 信登	東邦亜鉛株式会社 技術・開発本部 技術部 部長
	山中 義則	DOWAメタルマイン株式会社 製錬部 部長

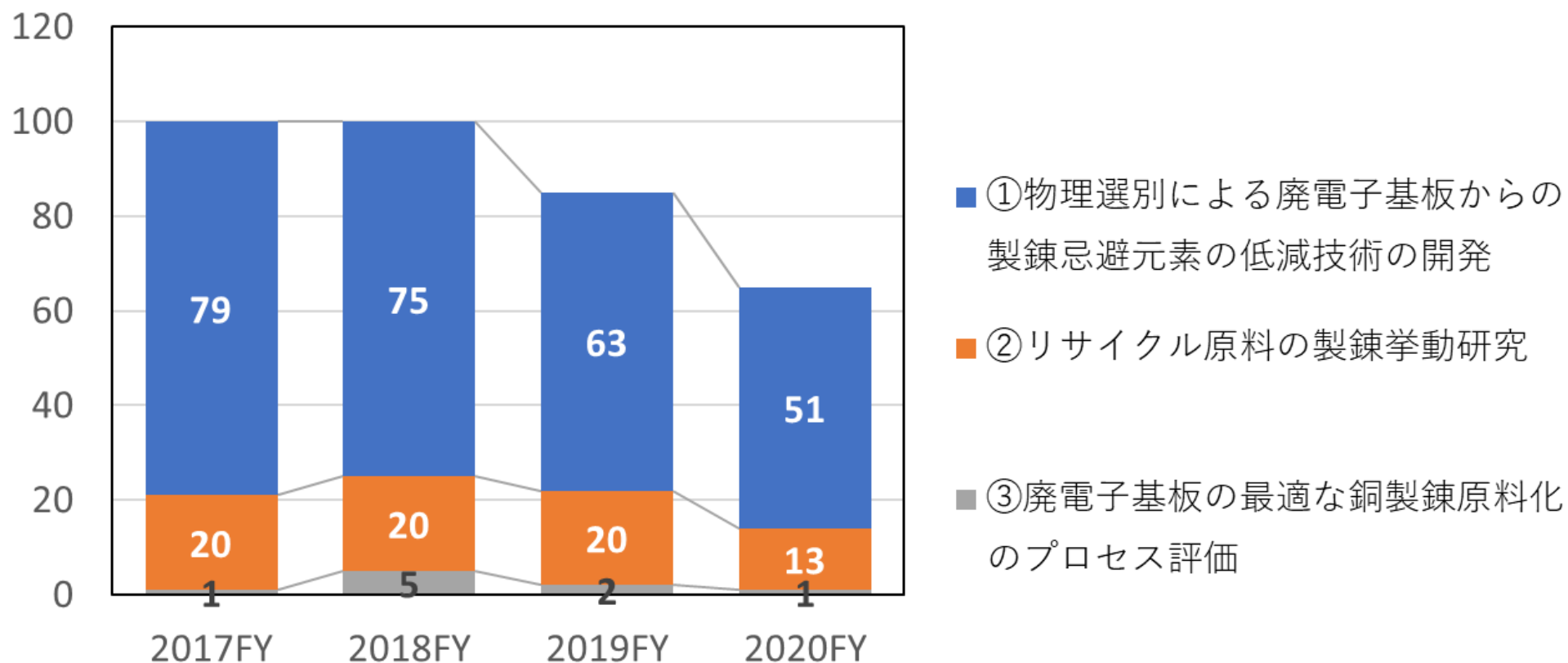
研究開発項目	2017FY			2018FY				2019FY				2020FY				2021FY	
	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4		
①物理選別による廃電子基板からの製錬忌避元素の低減技術の開発																終了時評価	
(a) 廃電子基板の低温加熱																	
低温加熱試験の実施：加熱空気				触覚試験				小規模試験				中規模試験					
低温加熱試験の実施：過熱水蒸気												小規模試験					
(b) 物理選別による製錬忌避元素の低減																	
素子選別	部品剥離方法の検討			素子選別の触覚試験				素子選別方法の確立				プロセスの原料多様性調査					
焙焼・粉碎・物理選別	触覚試験			基板ベース部等の物理選別方法検討				基板ベース部等の物理選別方法確立				プロセスの原料多様性調査					
(c) 除去物等の有効利用等	触覚試験			模擬基板での検討				実基板での検討				プロセスの確立					
(d) 廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス検討				最適フローの検討				フローの確立				経済性等の評価					
②リサイクル原料の製錬挙動研究																	
(a) リサイクル原料の製錬挙動に関する平衡論的研究	アルミナの影響調査							アルミナ以外の忌避元素の影響調査				操業指針の提示					
(b) リサイクル原料の製錬挙動に関する速度論的研究	アルミナの影響調査							アルミナ以外の忌避元素の影響調査				操業指針の提示					
③廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス評価																	
情報収集／進捗確認	情報収集／進捗確認																
有識者による委員会の開催／非鉄各社へのヒアリング		委員会	委員会		ヒアリング	委員会	委員会			委員会	委員会		ヒアリング	委員会	委員会		

(単位：百万円)

研究開発項目	2017FY	2018FY	2019FY	2020FY	合計
①物理選別による廃電子基板からの製錬忌避元素の低減技術の開発	79	75	63	51	268
②リサイクル原料の製錬挙動研究	20	20	20	13	73
③廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス評価	1	5	2	1	9
計	100	100	85	65	350

(※全て国からの委託費)

(百万円)



JOGMEC

- ①(d) 廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス検討（経済性評価・製錬所への効果試算・CO2削減効果試算）
 ③廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス評価

委員会：中村崇委員長
 （国立大学法人東北大学名誉教授）

経済産業省

委託契約

委託契約

DOWAエコシステム

- (a) 廃電子基板の低温加熱（加熱空気）
 (d) 廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス検討（プロセス決定・マテリアルバランス把握・コスト概算）

①物理選別による廃電子基板からの製錬忌避元素の低減技術の開発

委託契約

秋田大学

- (a) 廃電子基板の低温加熱（過熱水蒸気）

産業技術総合研究所

- (b) 物理選別による製錬忌避元素の低減（素子選別）
 (c) 除去物等の有効利用等

早稲田大学

- (b) 物理選別による製錬忌避元素の低減（焙焼・粉碎・物理選別）

共同研究契約

早稲田大学

- (a) リサイクル原料の製錬挙動に関する平衡論的研究

東北大学

- (b) リサイクル原料の製錬挙動に関する速度論的研究

②リサイクル原料の製錬挙動研究

データの取り扱い：

事業実施者間で知的財産権の取扱いに係る合意書の作成および知財運営委員会を設置し、適正な管理のもと事業を実施

知財戦略：

事業で得られた成果については、積極的に学会や論文による発表を行い、特許も出願した。

※特許出願しているのは以下の3件

- ・ 臭素系難燃剤を含む樹脂の熱分解における脱臭素化方法（特開2020-125421）
- ・ 臭化水素を含むプラスチック分解油の脱臭素化方法（特願2020-133057）
- ・ 部品剥離ユニット及び破碎装置（特願2021-188641）

研究開発項目	最終目標(2020年)	設定理由
① 物理選別による廃電子基板からの製錬忌避元素の低減技術の開発		
(a) 廃電子基板の低温加熱	アルミニウムを50%以上除去した上で、銅を80%以上回収することができるフローを確立する。	製錬忌避元素除去率の向上と有価物回収率の向上は相反する課題であり、現実的なバランスの設定が重要である。 本研究では、製錬忌避元素の中でも比較的含有量が多いアルミニウムを除去率の目標設定の対象とした上で、経済合理性と実現性を考慮した目標を設定した。
(b) 物理選別による製錬忌避元素の低減		
(c) 除去物等の有効利用等	基板ベース部から得られる揮発成分をエネルギー資源として利用するため、生成物の臭素濃度を1,000ppm以下にする。	通常のボイラー用燃料として利用可能な水準とするため、臭素濃度を1,000ppm以下と設定した。
(d) 廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス検討	最適なプロセスを選定し、経済性評価を行う。	プロセスを社会実装するため、プロセスの経済性評価を行うこととした。
② リサイクル原料の製錬挙動研究		
(a) リサイクル原料の製錬挙動に関する平衡論的研究	リサイクル原料由来の製錬忌避元素の増加に対応した銅製錬の操業指針を提示する。	前処理により製錬忌避元素を完全に除去することが現実的ではないことから、製錬忌避元素の許容量や制御方法について評価することにより、リサイクル原料の比率を高める必要があると判断したため。
(b) リサイクル原料の製錬挙動に関する速度論的研究		
③ 廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス評価	本研究開発の事業計画、事業結果に対して客観的な意見を求める。	客観的な意見を入れることにより、必要に応じて研究計画や内容の見直しを図ることが、事業の質の向上につながると判断したため。

研究開発項目	最終目標(2020年)	成果・意義	達成状況	未達成の原因分析
① 物理選別による廃電子基板からの製錬忌避元素の低減技術の開発				
(a) 廃電子基板の低温加熱	アルミニウムを50%以上除去した上で、銅を80%以上回収することができるフローを確立する。	アルミニウムを50%以上除去した上で、銅を80%以上回収できるフローを確立した。 これは、銅製錬所におけるリサイクル原料比率の向上を可能にする成果である。	達成	—
(b) 物理選別による製錬忌避元素の低減				
(c) 除去物等の有効利用等	基板ベース部から得られる揮発成分をエネルギー資源として利用するため、生成物の臭素濃度を1,000ppm以下にする。	基板ベース部から鉄粉の添加および水洗浄による揮発成分由来の生成物が得られるが、当該生成物の臭素濃度を1,000ppm以下にすることができた。 これは、通常のボイラー用燃料として利用できる水準である。	達成	—
(d) 廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス検討	最適なプロセスを選定し、経済性評価を行う。	廃電子基板の前処理として確立した選別プロセスを導入することにより、リサイクル原料比率が高められるだけでなく、経済的に合理的な水準であることに加え、CO2排出量の削減にも寄与することを確認した。 つまり、初期投資が許容されれば、社会実装が可能なプロセスであると評価できる。	達成	—
② リサイクル原料の製錬挙動研究				
(a) リサイクル原料の製錬挙動に関する平衡論的研究	リサイクル原料由来の製錬忌避元素の増加に対応した銅製錬の操業指針を提示する。	製錬忌避元素に対応した銅製錬の操業方法について、指針を示した。 これは、選別プロセスの確立と合わせて、リサイクル原料比率の増加に寄与する成果である。	達成	—
(b) リサイクル原料の製錬挙動に関する速度論的研究				
③ 廃電子基板の最適な銅製錬原料化のプロセス評価	本研究開発の事業計画、事業結果に対して客観的な意見を求める。	有識者による委員会を年2回開催し、事業計画・事業結果について意見を求め、最終的に成果の総評を受けた。	達成	—

年度	論文数 (査読付き)	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願	国際標準への寄与	プロトタイプの実成
2017年度	—	—	—	—	—	—
2018年度	1件	—	—	—	—	—
2019年度	2件	—	—	—	—	—
2020年度	1件	2件	—	—	—	—
2021年度	—	1件	—	—	—	—
合計	4件	3件	—	—	—	—

【アウトカム目標】

アウトカム目標		目標の設定理由	目標達成の見込み
2030～ 2040年度	選別プラントの 実用化	本研究で開発するプロセスは、経済的な観点で既存プロセスに対し優位性があること、およびリサイクル原料調達の安定化に寄与する可能性があることから、選別プラントの実用化を目標と設定した。	現在の製錬事業は、精鉱（製錬所の炉に投入される鉱石原料）の品位が低下し、鉱石原料のみでは利幅が限定されるため、今後、リサイクル原料比率の向上が期待される。しかしながら、製錬忌避元素の存在がリサイクル原料比率を高める上での制約要因の一つとなっており、これを解決するために本研究を実施した。 その結果、製錬忌避元素の相当程度を除去することが可能で、経済的にも優位性のあるプロセスを構築するとともに、有望な要素技術を新たに見出すことができた。そのため、事業参加者は、独自に当該要素技術（素子類を基板から剥離するための加熱方法に関する技術）の研究を継続している。また、より実用性の高いプロセスとするため、事業参加者により、選別産物の品位分析を非破壊で行う研究が続けられている。今後、こうした要素技術の研究が進展することで、本研究で構築したプロセスの優位性がより高まることが期待される。 したがって、上述した要素技術の研究の成果が得られた段階で、実用化に向けた次のステージに進むことを想定している。次のステージでは、パイロットプラント試験によりスケールアップ時の課題解決を図る。パイロットプラント試験で技術的に問題がないことが確認されれば、プロセスの実用化が現実的なものとなる。なお、実用化にあたっては相応の初期投資が必要となることから（年間処理量10万t規模の選別プラントの建設費用は40億円と試算）、リサイクル原料調達のリスクも考慮しつつ規模の利益を追求することが求められ、例えば、各製錬事業者がグループの垣根を超えて連携するなどの取組も考えられる。



年度		2020	2021	2025	2030	2031～2040
項目①	製錬忌避元素の低減技術の開発	プロセス構築				
			要素技術の継続研究 (加熱方法の改善、品位分析手法の改良など)			
					パイロット試験	
						小規模プラント操業・プラント実用化
項目②	リサイクル原料の製錬挙動研究	製錬忌避元素に対応した炉の操業方法に関する知見				

継続研究は、本事業参加者により実施。

本事業参加者又は本研究成果の実用化を図る第三者により実施される見込み。)

評価指標	金額	備考
予算執行額	約3億円	当プロジェクトで執行した総額
選別プロセス社会実装後の 経済的効果	約8億円／年※	2019年に日本で処理された廃電子基板（7万5千トン）が、全て本プロセスで前処理された場合を想定 - 基板1トンあたりの処理で発生する利益1万1千円×処理量7万5千トン/年≒8億円 - プラント建設費用を40億円とすると、5年で回収可能な利益の水準

※ これは選別プラントで得られる利益の試算である。選別プロセスを適用することによって、製錬所では製錬忌避元素の低減により約1.6倍の廃基板原料受入が可能になるだけでなく、受入原料の品位も向上する。つまり、同じ処理能力を持つ製錬プラントでより多くの銅・金等を生産することが可能になることから、これを製錬所のメリットとして加味すれば、全体として8億円以上の経済的効果となる。

I 事業の概要

II 評価検討会の評価

1. 評価検討会の委員構成

	氏名	所属、役職
座長	芝田 隼次	関西大学 名誉教授
委員	坂井 敏彦	日本鉱業協会 理事 技術部長兼環境保安部長
	桜井 文隆	一般社団法人日本メタル経済研究所 主任研究員
	中島 謙一	国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環領域 国際資源持続性研究室 主幹研究員

2. 審議経過

- 第1回 評価検討会

- ・ 2021年12月16日

- (公開)

- 1. 開会
 2. 評価検討会の公開について
 3. 評価の方法について
 4. 技術評価報告書の構成について
 5. 事業概要の説明及び質疑応答
 6. 閉会

- 評価委員からの評価コメントの提出

- ・ 2021年12月16日～2022年1月17日

- 第2回 評価検討会

- ・ 2022年2月8日～14日

- (書面審議)

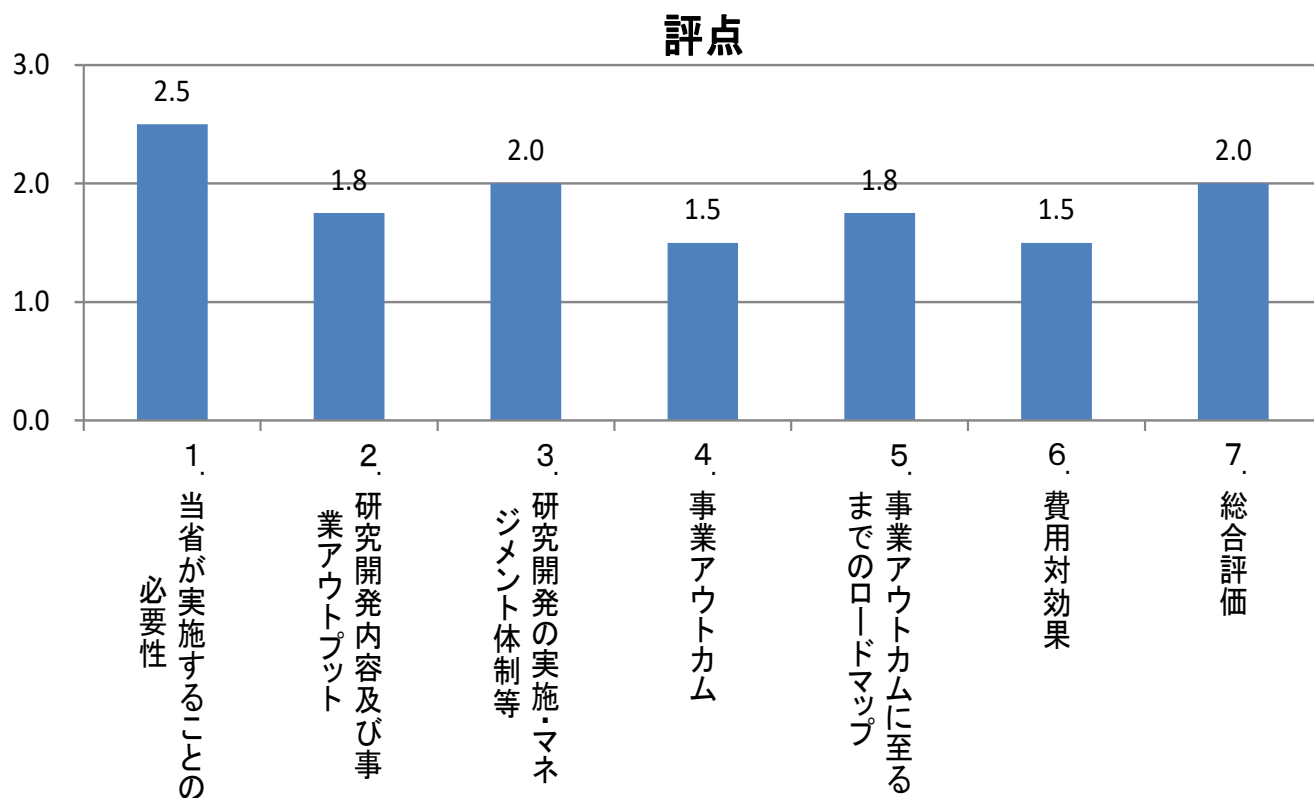
- ・ 技術評価報告書（案）の審議

3. 総合評価

- この研究は半導体を含む廃電子基板からの有価物の回収に関する研究であって、長年うまく解決できていなかった課題を解決しようとしたものである。個々の分離技術ではなく前処理段階で不要物を除去する技術と解され、貴金属やレアメタルなどの回収にもつながる、今後ますます重要となってくる技術であるが、比較的容易なプロセスであり、海外展開を通じて、現地で環境・健康面での改善も期待される。また、事業活動と関係する明確な計測指標を定め、目標値を設定し、達成できたことを評価するとともに、経済性評価や環境評価を実施することで、技術導入による効果や課題を未然に把握するための有用な情報となり得ると判断する。加えて、研究要素と力点も明確であり、資金配分についても概ね適切であると判断し、研究推進に関して開発項目①の計画変更を含めて進捗の管理と適切な判断が行える体制になっており、効率的な推進に貢献していると判断するとともに、特許出願に繋がれた点も評価する。概ね良い成果が得られたと考える。
- 一方、研究期間が長すぎたように感じられ、うまく展開すれば短期間で終わることができると思われ、更なる努力が求められる。本事業では、リサイクル原料への物質の分配率を計測指標とする一方で、システム全体を通じた物質等としての抽出後の有効利用可能量については言及されておらず、併せてプリント基板の分離には成功しているが、実用化にはプロセスが複雑であり、アルミ除去率・銅回収率は目標値を達成しているものの、分離選別によるロスの評価を明確にすることも含めて目標値の更なる向上が必要であると考える。また、システム全体を通じた転換効果の可視化に取り組むことで、社会における物質フロー革新を実現する為の課題などを未然に把握すると対策に役立てる事が可能になると考える。さらに、環境評価と経済性評価については、実用化の障壁になり得る内在する不確実性や事業継続のリスクとなり得る課題の抽出を踏まえて、技術導入に際して未然に対策を講じておくことが望ましい点などの可視化につながれば、より有益な情報を提供し得たようにも思われる。なお、成果発信に関して、国民との対話を意識すると共に、論文発表については、各研究要素において有益な知見が得られていると思われることから、より積極的な対外発信を期待する。

4. 評点結果

- 各評価委員の評点の平均を算出する評点法を実施。
- 「1. 当省が実施することの必要性」項目については、リサイクル原料の積極的な利用の促進に係る先進的研究である点等から評価が高かった。一方、「2. 研究開発内容及び事業アウトプット」項目については、金属回収率の目標設定や社会実装に向けての成果の可視化が足りないという意見から、「4. 事業アウトカム」項目については、社会実装に向けてESGに対するインセンティブ付与をより強化する必要がある等の意見から、「5. 事業アウトカムに至るまでのロードマップ」項目については、商業稼働に至るまでのスケジュールの設定根拠の明確化が必要等の意見から、「6. 費用対効果」項目については、分離・分別で生じる一部部材等の経済性評価も必要等の意見から、評点が2点未満となっている。



【評価項目の判定基準】

○ 1.～6.各評価項目

- 3点：極めて妥当
- 2点：妥当
- 1点：概ね妥当
- 0点：妥当でない

○ 7. 総合評価

- 3点：実施された事業は、優れていた。
- 2点：実施された事業は、良かった。
- 1点：実施された事業は、不十分なところがあった。
- 0点：実施された事業は、極めて不十分なところがあった。

5. 提言及び対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言	対処方針
- 過熱水蒸気の効果確認や基板の燃料化などの技術開発の継続が期待されるが、研究者の選任に偏り生じないよう研究体制に留意しつつ、金銀等の希少金属の回収率や海外への技術供与の可能性にも配慮しながら進められることが重要である。 - 社会実装の障壁等を未然に把握することで対策立案にも意識しつつ、研究開発にライフサイクル思想・システム思想が活用されることも期待する。	- 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構を通じて、事業参加者が継続している過熱水蒸気の効果確認等に関する技術開発の進捗のフォローアップを行いつつ、金銀等の希少金属の回収率や海外への技術供与の可能性にも配慮しながら、パイロット試験の実施について検討する。 - ライフサイクル思想・システム思想を活用し、社会実装の障壁等を未然に把握した上で、研究開発を実施することを検討する。たとえば、リサイクル原料を活用することにより、銅精鉱処理と比較してCO2排出量の削減にも寄与するものの、（廃基板の前処理のスケールメリットや）投資回収等の経済合理性にも留意しつつ、パイロット試験の実施を検討していく。