

希土類金属等回収技術研究開発

事後評価報告書 (案)

平成26年3月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ

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24年12月6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「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改正）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た「希土類金属等回収技術研究開発」は、レアアースの安定供給を図る方策のひとつとして、コスト面の理由からほとんど行われていなかった使用済み製品からのリサイクルに着目し、従来、経済的に成り立たないと考えられてきた廃研磨剤、廃蛍光体からのレアアースのリサイクルについて見直しを行い、経済性の高いリサイクル技術の開発を行うため、平成21年度から平成24年度まで実施したものである。

今回の評価は、この「希土類金属等回収技術研究開発」の事後評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなる「希土類金属等回収技術研究開発」事後評価検討会（委員長：藤田 豊久 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻教授）を開催した。

今般、当該検討会における検討結果が評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ（委員長：渡部 俊也 東京大学政策ビジョン研究センター教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成26年3月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ

産業構造審議会産業技術環境分科会
研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ

委 員 名 簿

座長	渡部 俊也	東京大学政策ビジョン研究センター教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環教授 東京大学生産技術研究所教授
	太田 健一郎	横浜国立大学工学研究院グリーン水素研究センター長・特任教授
	菊池 純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター教授
	鈴木 潤	政策研究大学院大学教授
	津川 若子	東京農工大学大学院工学研究院准教授
	森 俊介	東京理科大学理工学研究科長 東京理科大学理工学部経営工学科教授
	吉本 陽子	三菱ＵＦＪリサーチ＆コンサルティング株式会社 経済・社会政策部主席研究員

(座長除き、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

「希土類金属等回収技術研究開発」事後評価検討会

委 員 名 簿

	織山 純	一般社団法人新金属協会 専務理事
	香取 義重	前株式会社三菱総合研究所科学技術部門統括室 コンセプト・プロデューサ
委員長	藤田 豊久	東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻 教授
	村上 進亮	東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻 准教授
	吉塚 和治	北九州市立大学国際環境工学部エネルギー循環化学科 教授

(敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部鉱物資源課

「希土類金属等回収技術研究開発」の評価に係る省内関係者

【事後評価時】

資源エネルギー庁 資源・燃料部 鉱物資源課長 萩原 崇弘（事業担当課長）

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 飯村 亜紀子

【事業初年度予算要求時】

資源エネルギー庁 資源・燃料部 鉱物資源課長 矢島 敬雅（事業担当課長）

「希土類金属等回収技術研究開発」事後評価

審 議 経 過

○第1回事後評価検討会（平成25年12月20日）

- ・評価の方法等について
- ・プロジェクトの概要について
- ・評価の進め方について

○第2回事後評価検討会（平成26年2月26日～3月10日）（書面審議）

- ・評価報告書（案）について

○産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ
（平成26年3月27日）

- ・評価報告書（案）について

目 次

○はじめに

○産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ 委員名簿

○「希土類金属等回収技術研究開発」事後評価検討会 委員名簿

○「希土類金属等回収技術研究開発」の評価に係る省内関係者

○「希土類金属等回収技術研究開発」事後評価 審議経過

	ページ
事後評価報告書概要	i
第1章 評価の実施方法	
1. 評価目的	2
2. 評価者	2
3. 評価対象	3
4. 評価方法	3
5. プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準	3
第2章 プロジェクトの概要	
1. 事業の目的・政策的位置付け	8
2. 研究開発等の目標	17
3. 成果、目標の達成度	20
4. 事業化、波及効果について	55
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	58
第3章 評価	
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	66
2. 研究開発等の目標の妥当性	69
3. 成果、目標の達成度の妥当性	71
4. 事業化、波及効果についての妥当性	74
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	77
6. 総合評価	80
7. 今後の研究開発の方向等に関する提言	83
第4章 評点法による評点結果	87
参考資料	
参考資料1 経済産業省技術評価指針	
参考資料2 経済産業省技術評価指針に基づく標準的な評価項目・評価基準	

事後評価報告書概要

事後評価報告書概要

プロジェクト名	希土類金属等回収技術開発事業																																	
上位施策名																																		
事業担当課	資源エネルギー庁資源・燃料部鉱物資源課																																	
プロジェクトの目的・概要																																		
<u>A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発</u> 光学ガラス、液晶、ハードディスク、フォトマスク等のガラス精密研磨には、酸化セリウムを主成分としたレアアース研磨材が、年間約 1 万トン（事業を開始した平成 2 1 年度の数値）使用されている。レアアース研磨材の原料は、主に中国からレアアースの複合原料として輸入され、国内の研磨材メーカーにて、研磨材製品として加工されている。これらの研磨材は一定期間研磨に使用された後、全量廃棄処分されているのが現状である。本研究では廃研磨材に含まれる不純物を効率的に除去する技術を確立し、低コストで使用済み研磨材をリサイクルすることを目的とする。 <u>B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発</u> 蛍光灯、CRT などに使用されるイットリウム、ユーロピウム、テルビウム等を主体としたレアアース蛍光体は、製品製造工程における工程スクラップや、使用済み製品から他の金属等を回収した後に、市場スクラップの形でほとんどが廃棄物として捨てられている。これらの廃蛍光体には、レアアース成分以外に様々な不純物が含まれているため、本研究ではこれらの不純物がレアアース元素の回収（分離・抽出）に影響を与えない程度まで低減させておく技術を確立し、各々のレアアース元素を回収して、蛍光体原料として再利用する技術を開発することを目的とする。																																		
予算額等（委託） （単位：千円） <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 20%;">開始年度</th><th style="width: 20%;">終了年度</th><th style="width: 20%;">中間評価時期</th><th style="width: 20%;">事後評価時期</th><th style="width: 20%;">事業実施主体</th></tr> <tr> <td>平成 2 0 年度 （補正予算）</td><td>平成 2 4 年度</td><td>—</td><td>平成 2 5 年度</td><td>独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構</td></tr> <tr> <td>H20FY 予算額</td><td>H21FY 予算額</td><td>H22FY 予算額</td><td>H23FY 予算額</td><td>H24FY 予算額</td></tr> <tr> <td>145,000</td><td>100,000</td><td>200,000</td><td>159,992</td><td>79,939</td></tr> <tr> <td colspan="3"></td><td>総予算額</td><td>総執行額</td></tr> <tr> <td colspan="3"></td><td>684,931</td><td>656,740</td></tr> </table>					開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体	平成 2 0 年度 （補正予算）	平成 2 4 年度	—	平成 2 5 年度	独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構	H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	H23FY 予算額	H24FY 予算額	145,000	100,000	200,000	159,992	79,939				総予算額	総執行額				684,931	656,740
開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体																														
平成 2 0 年度 （補正予算）	平成 2 4 年度	—	平成 2 5 年度	独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構																														
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	H23FY 予算額	H24FY 予算額																														
145,000	100,000	200,000	159,992	79,939																														
			総予算額	総執行額																														
			684,931	656,740																														

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

最終的な回収フローを構築した。最終フローに至るまでの過程には、種々の課題が存在した。中でも、中国のレアアース輸出規制に端を発したガラスメーカーの研磨材使用量削減は、廃研磨材の性状を変化させたため（不純物品位の上昇、油分等の増加）、リサイクルフローを見直すこととなった。それらに対応すべく、最終のリサイクルフローは、化学的処理＋物理的処理＋研磨材への再生のプロセスを組合せたプロセスとなった。このフローにより以下を達成した。

- 1) リサイクル研磨材品質である研磨キズ、レートは、製品研磨材と同等の目標に対し、同等以上であった。
- 2) レアアースの歩留70%以上の目標に対し、95%となった。
- 3) リサイクルコストを輸入原料以下とした目標に対し、事業開始当時のレアアース品位であれば、リサイクルコストは輸入原料と同等であったが、その後の環境変化（中国による輸出規制）により、国内ガラスメーカーが研磨材原単位を削減し、廃研磨材中の不純物量が著しく増加したため、回収に係る薬液やその他のコストが高くなり、事業終了時点では、輸入原料に対し2倍程度のリサイクルコストとなった。
- 4) 実証規模として、3トン／月以上の設備での製造が可能とする目標に対し、要素設備の仕様・能力を把握し、3トン／月の製造は維持可能とした。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

工程スクラップ及び市場スクラップからの回収として、前処理＋溶媒抽出から成る回収フローを構築し、以下を達成した。

- 1) 工程スクラップの前処理でのレアアース回収率95%以上の目標に対し、Y・Eu：98%、Tb・Ce・La：96.9%を達成した。
- 2) 市場スクラップの前処理でのレアアース回収率82%以上の目標に対し、87.3%を達成した。
- 3) 1) 及び2) で得られるレアアースの品質99.9%以上の目標に対し、99.9%以上となることを確認した。

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

個別要素技術	目標・指標	成果	達成度
(1) 廃研磨材の前分散処理技術	研磨材成分の1mmメッシュ通過率：99%以上	ホモジナイザー処理後の1mmメッシュ通過率：99%以上	達成
(2) 不純物除去技術	不純物品位を下記のとおりとする。 ・Fe<0.20% ・Si<0.06% ・Al<0.06%	凝集剤除去後の不純物品位代表値 ・Fe<0.15% ・Si<0.02% ・Al<0.06%	達成

(3) 分散処理技術	3 μm フィルター通過率：90%以上	分散処理後の2 μm フィルター通過率：95%	達成
(4) 焼成技術	焼成後の研磨材の粉体物性を下記のとおりとする。 ・D50：1.0～1.3 μm ・SSA：3～4 m^2/g	代表値 ・D50：1.2 μm ・SSA：3.4 m^2/g	達成
(5) 研磨材特性	研磨キズ、研磨レート共に製品相当の特性とする。	リサイクル研磨材の品質：キズ、研磨レート共に製品相当	達成
(6) 品質管理	下記のリサイクル工程の合否を迅速に判断する。 ・不純物除去工程での不純物量 ・フィルター工程での粗粒頻度 ・焼成工程での粒径・比表面積・結晶構造	不純物の定量分析：XRF評価技術を確立 粗粒頻度の分析：精密粒度分布による評価技術を確立 結晶構造：粒度分布、比表面積計、XRDによる評価技術を確立	達成
(7) 評価技術	研磨キズの評価手法を目視以外で1つ以上確立する。	散乱光を検出するタイプの検査機の有効性を確認	達成

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

個別要素技術	目標・指標	成果	達成度
(1) 蛍光体製造工程内スクラップの前処理技術	・レアアースを回収するための溶解分離方法を開発する。 ・レアアース回収率95%	YOS (CRT用蛍光体)、LAP (ランプ用蛍光体)スクラップともに化学的処理(アルカリ溶融+酸抽出)による不純物除去およびレアアースの溶解技術を確立した。回収率はY、Euが98%、Tb、Ce、Laは96.9%であった。	達成
(2) 蛍光体製造工程内スクラップのレアアース相互分離精製技術	レアアースの相互分離・分離回収レアアース品質 $\geq 99.9\%$	各レアアースの相互分離技術を確立した。回収レアアースは各成分とも $\geq 99.99\%$ の品質であることを確認した。	達成

(3) 市場蛍光体スクラップ（主に廃蛍光灯蛍光体）の前処理技術	①レアアースを回収するための溶解分離方法を確立する。 ・レアアース回収率 82% ②不純物の挙動調査および除去技術を確立する。	化学的処理（アルカリ溶融＋酸抽出）によるレアアースの溶解技術を確立した。レアアース回収率は 87.3% であった。 溶媒抽出分離に悪影響を及ぼす不純物（Al、Si、Fe 等）を確定し、その除去技術を確立した。また微量の Hg は活性炭による吸着除去方法を確立した。	達成 達成
(4) 市場蛍光体スクラップのレアアース相互分離精製技術	レアアースの相互分離・分離回収レアアース品質（Y、Eu、Tb） $\geq 99.99\%$	小規模連続抽出分離設備を用いてレアアース毎（Y、Eu、Tb、Ce、La）の分離精製を行い、各レアアースの相互分離技術を確立した。回収したレアアースは各成分とも $\geq 99.99\%$ の品質であることを確認した。	達成
(5) 市場蛍光体スクラップ処理の最適化	量産処理でのフローの最適化とプロセスの妥当性を検証する。	不純物除去プロセスの最適フロー（効率、コスト的）を決定し不純物除去処理液から溶媒抽出によるレアアース分離プロセスの妥当性を確認した。	達成
(6) 事業構想と採算性の検証	調達される市場スクラップの品質と処理コストを精査し採算性の検証及び事業構想を策定する。	本事業にて開発された回収プロセスによる採算性を検証し、事業化を見極めるには収集スクラップの量と品質さらにレアアースの相場および販路確保が重要であることを確認した。また、福岡県リサイクルプロジェクトに参加して、市場スクラップの収集を含めたリサイクル事業フローを策定し、事業化に向けた取組みを行った。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

変更無し。

<共通指標>

要素技術	論文数	論文の被引用度数	特許等件数(出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発	0	0	1 ※2件の出願を1件に統合して登録	0	0	0	0
計	0	0	1	0	0	0	0

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

レアアースの高騰に伴うレアアースリサイクルの推進や経済性のあるリサイクルプロセスの開発に関する政策的位置づけ、特に資源の安全保障の観点から妥当であると判断される。事業開始時の社会的状況から毎年1万トン排出されている廃研磨材からのレアアースの効率的な回収技術は、我が国のレアアース鉱物資源の安定確保にも寄与するという観点から極めて重要であるため、国を挙げて取り組むべき課題として妥当である。

なお、現状のレアアースの価格の下落により、事業としての採算性は確保できていないと判断される。更なる低コストのリサイクルプロセスの開発が必須、あるいは、他用途へのアップグレードリサイクルも考慮する必要も考えられる。

また、将来の世界のレアアース開発において、セリウムに代表される軽希土類の生産と需要の動向の検討が必要である。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

レアアースの分離精製技術としては、従来から行われている溶媒抽出技術を使ったものであり、実用化の実績が高い技術であると判断される。事業開始時の社会的状況から廃蛍光体からのレアアースの効率的な回収技術は、我が国のレアアース鉱物資源の安定確保にも寄与するという観点から極めて重要であるため、国を挙げて取り組むべき課題として妥当である。また、現在、レアアースの価格が低下し、本方法は価格の面ですぐに実用化の可能性は少ないが、レアアース資源が不足する将来を見据えた事業として重要である。

なお、現状のレアアースの価格の下落により、事業としての採算性は低くなっているため、更なる技術革新により分離精製技術のコストダウンが図れないと、事業化は難しいものと判断され、社会システム設計等へ活かすことが望まれる。

2. 研究開発等の目標の妥当性

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

回収した研磨粉の鉄、ケイ素、アルミニウムの不純物除去、また、研磨キズ、研磨レート、レアアースの歩留、リサイクルコストおよび製造量規模についての目標設定および設定根拠等は事業化を踏まえた設定となっており、妥当である。

なお、研磨に適したリサイクルから製造したセリウム粉の研磨特性は、定性的で評価が難しい面がある。また、事業開始時のレアアースの価格をベースにて事業化のための研究開発を実施しているが、現状のレアアースの価格の下落を受けて、これに対応して事業化できるまでのコストダウンは達成できていない。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

工程内スクラップのレアアース回収率、市場スクラップのレアアース回収率、溶媒抽出分離精製回収レアアース（イットリウム、ユウロピウム、テルビウム）の品質についての目標設定および設定根拠等は、事業化を踏まえた設定となっており、妥当である。

なお、事業開始時のレアアースの価格をベースにして事業化のための研究開発を実施しているが、現状のレアアースの価格の下落を受けて、これに対応しながら十分事業化できるレベルには達しておらず、リサイクルした粉をこれほどまでに高純度化する必要があるのか。また、カスケード利用も検討したほうがコストを下げることができる。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

化学的処理で凝集剤成分を、物理的処理でガラス由来の異物を除去することで、研磨キズは製品研磨材と同等を実現した。また、焙焼／分級処理を行うことで、研磨レートを回復できた。不純物除去工程の歩留は80%であるが、酸処理時に溶解したレアアース成分を回収するプロセス（歩留75%）を設置することで、全体の歩留が95%になった。したがって、技術的な目標は達成したと評価でき、回収した研磨粉の特性はほぼ妥当と考えられる。更に、特許出願2件がある。

なお、研磨材廃滓の著しい品位低下に伴い、薬剤費用の増大や設備投資額の増加によりリサイクルコストが当初総定額の数倍になった。したがって、コスト的には目標を達成しないと評価される。事業の途中で状況の変化に対応するため「レアアース回収プロセス」を追加しているが、レアアースの歩留目標（70%→90%）を大きく超えており、追加した「レアアース回収プロセス」なしでも歩留80%を達成しているので、このプロセスの追加によりリサイクルコストを増加させている可能性が高い。また、技術流出を避ける観点から、論文化等が難しかったことは理解できるが、少なくともこうした技術を開発したという事実のアピールは、資源戦略上重要であると考え、今後の広報に期待したい。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

工程内スクラップのレアアース回収では、レアアース以外の不純物が少ないため、蛍光体の分解を目的とした前処理技術とミキサーセトラーによる溶媒抽出分離によりレアアースの99.99%の純度の個別分離を達成している。また、市場スクラップのレアアース回収では、特に、レアアース以外の不純物の除去を目的とした前処理を組み込んだ溶媒抽出分離法により99.99%の純度の個別分離を達成しているため、得られた成果は妥当であると判断できる。

なお、本工程は希土類含有混合蛍光粉を、すべて化学的浸出を用いて高純度希土類粉を回収する技術であり、コストが高価である。より安価な、物理的に3色蛍光粉をわけて、表面改質して、蛍光粉に再利用する物理的選別技術を組み合わせた研究も必要である。また、希土類含有セラミックスやガラスをアルカリ溶融するための最適条件の調査がさらに必要である。更に、技術流出を避ける観点から、論文化等が難しかったことは理解できるが、少なくともこうした技術を開発したという事実のア

ピールは、資源戦略上重要であると考える。今後の広報に期待したい。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

レアアース研磨材の市場状況として、代替材料の開発、研磨材使用量の削減の推進により現状のレアアースの価格の下落で事業化は困難な状況になっている。しかしながら、リサイクル技術の確保は資源の安全保障上重要な事項であると判断できる。事業環境の変化から困難な状況に陥っているが、無理に事業化のシナリオを描くのではなく、それを冷静に分析している点は評価されるべきである。

なお、事業化の目処が立っていない点は問題ではある。更なるプロセスコストの低減に取り組むこと、あるいは、スケールメリット（処理量の増加）により事業の採算性がとれる方策を考える必要がある。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

廃蛍光体スクラップからのレアアースリサイクルはコスト面の理由から困難であると言われてきたが、本事業の成果により低コストでのスクラップ処理技術を開発し、本リサイクルの事業化が実現可能であることが示された。加えて、福岡県が進めた「レアアースリサイクル事業化共同プロジェクト」により事業化が可能な段階まで達成したものと判断できる。

なお、3色蛍光粉と燐酸系蛍光粉を一緒にしたものを分離すると分離プロセスが増えるため、回収の段階から3色蛍光粉含有物とそれ以外の蛍光物を分離して回収し処理するための収集の検討が必要である。また、より安価のため物理的に3色蛍光粉をわけて、表面改質し、蛍光粉に再利用する物理的選別技術を組み合わせた研究も必要である。更に、いかに廃蛍光材を収集するかについて、国、地方自治体とともに、流通モデルを構築する必要がある。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

研究開発計画や資金分配について、変更に対応する形で行われたと判断できる。加えて、本事業による技術開発を効率かつ効果的な運営を図るために、当該技術について技術的また社会的知見を有する外部専門家からなる「希土類金属等回収技術開発委員会」を設置し、事業計画、成果評価等について意見を聴取しつつ適切に推進したと判断できる。

なお、他の事業と比べて使用金額が大きいように思えるので、開発技術をベースとしてさらに効率的で低コストのリサイクルフロー技術の開発を行っていく必要がある。また、研磨の評価は研磨剤メーカーと共同で行ったほうがより成果が明確になったと思われる。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

研究開発計画や資金分配について、変更に対応する形で行われたと判断できる。加えて、本事業による技術開発を効率かつ効果的な運営を図るために、当該技術について技術的また社会的知見を有する外部専門家からなる「希土類金属等回収技術開発委員会」を設置し、事業計画、成果評価等について意見を聴取しつつ適切に推進したと判断できる。

なお、物理的選別も検討するなど、希土類価格の変化に対応した技術開発も必要。市場蛍光体スクラップから不純物を除去する前処理工程において、さらに効率的で低コストのリサイクルフロー技術の開発を行っていく必要がある。また、海外での事業展開を含めて、スケールメリットによる採算性

確保について検討する必要がある。

6. 総合評価

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

現在、研磨剤が代替材料開発のためにセリウムからアルミナやジルコンに置き換わり、すぐに実用化の可能性は少ないが、レアアース資源が新規開発で十分供給される将来を見据えた事業として重要である。また、研究開発着手時に想定した研磨材廃滓品位に対しては、従来技術より低コストの研磨材再生技術をパイロットスケールで実証したことは評価できる。

なお、現状のレアアースの相場では、事業としての採算性を確保することは困難であるが、海外への展開等によりリサイクル量の増大によるスケールメリットまで踏み込んだ事業展開を図る必要があると考えられる。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

概ね事業は妥当に遂行されたと判断できる。しかしながら、レアアースの価格の相場により大きく影響を受ける事業であったことは否めないが、採算性の確保できる技術を開発した意義は大きい。

なお、本工程は希土類含有混合蛍光粉を、すべて化学的浸出を用いて高純度希土類粉を回収する技術であり、コストが高価である。より安価な、物理的に3色蛍光粉をわけて、表面改質して、蛍光粉に再利用する物理的選別技術を組み合わせた研究も必要である。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・将来の世界のレアアース開発において、セリウムに代表される軽希土類の生産と需要の動向の検討が必要であるとともに、将来、レアアースの開発に伴い、軽希土類が余る可能性もあり、軽希土類の応用開発も必要と思われる。

- ・今後は、研磨剤製造メーカーやガラス・メーカーなどの関係企業と連携して、新たな役割分担に立脚したレアアース研磨剤リサイクルシステムを構築することが肝要である。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・将来の世界の海陸を含むレアアースの開発において、高価な重希土類であるユウロピウム、テルビウムの生産と需要の動向について検討が必要である。

- ・LED製品の普及に伴い、ランプ蛍光体の需要が急激に減少しているという現状もある。今後は、レアアースの外部環境を見極め、研究開発方針を検討する必要がある。

<2テーマ共通>

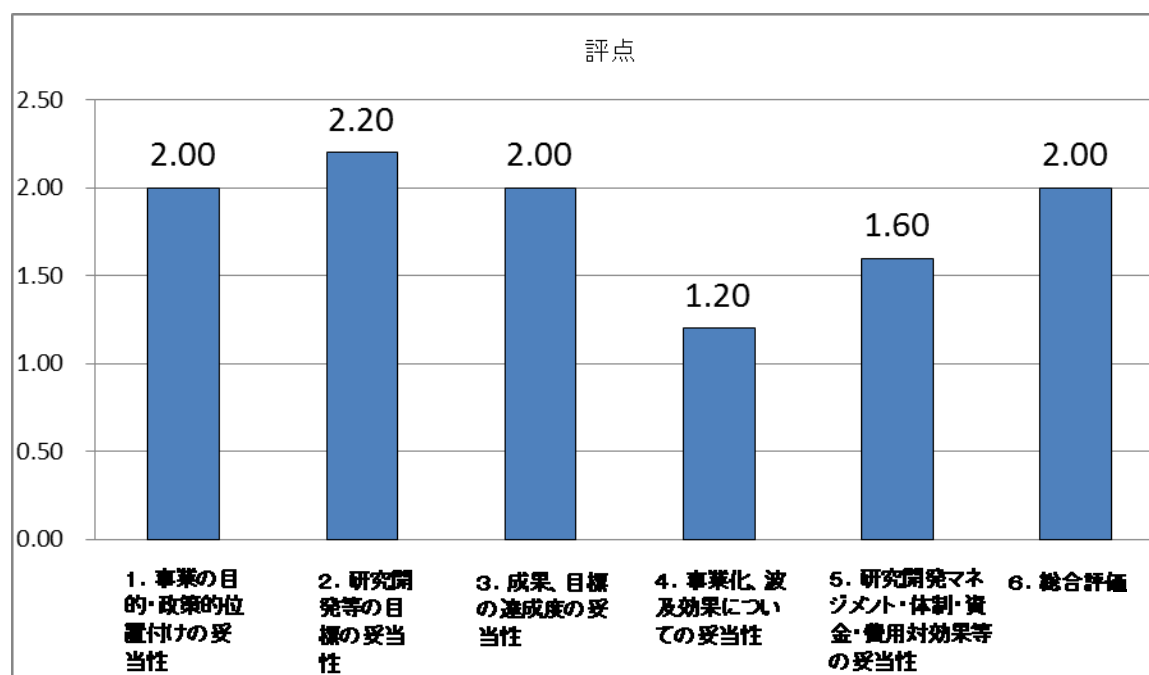
- ・レアアースは、高機能性素材として重要であるが、需給状況等の内外環境は、常に不安定な要素をはらんでいる。このような素材を対象とした研究開発においては、単線的な対応ではなく、時間軸を長く取った複線的な進め方がふさわしい。本事業の成果についても、単に現下の事業化の可能性を評価するだけでなく、より定量的に技術パッケージとして整理した上で、contingency planとして位置づけることが重要と思われる。

評点結果

評点法による評点結果

(希土類金属等回収技術研究開発 テーマ A)

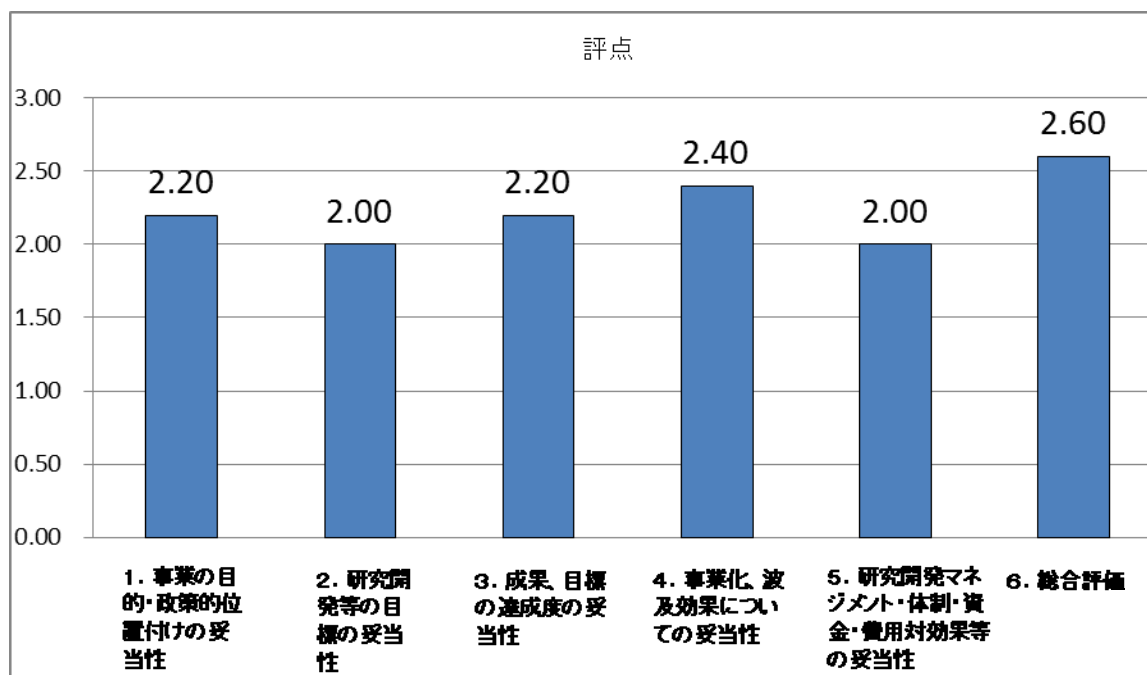
	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.00	2	2	2	2	2
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	2	1	3	3	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.00	2	1	2	3	2
4. 事業化、波及効果についての妥当性	1.20	2	1	1	1	1
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	1.60	1	1	2	2	2
6. 総合評価	2.00	2	2	2	2	2



評点法による評点結果

(希土類金属等回収技術研究開発 テーマB)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.20	2	2	2	3	2
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.00	2	2	1	3	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	2	2	2	3	2
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.40	2	2	3	3	2
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.00	2	2	2	2	2
6. 総合評価	2.60	2	2	3	3	3



第 1 章 評価の実施方法

第1章 評価の実施方法

本プロジェクト評価は、「経済産業省技術評価指針」(平成21年3月31日改定、以下「評価指針」という。)に基づき、以下のとおり行われた。

1. 評価目的

評価指針においては、評価の基本的考え方として、評価実施する目的として

- (1) より良い政策・施策への反映
- (2) より効率的・効果的な研究開発の実施
- (3) 国民への技術に関する施策・事業等の開示
- (4) 資源の重点的・効率的配分への反映

を定めるとともに、評価の実施にあたっては、

- (1) 透明性の確保
- (2) 中立性の確保
- (3) 継続性の確保
- (4) 実効性の確保

を基本理念としている。

プロジェクト評価とは、評価指針における評価類型の一つとして位置付けられ、プロジェクトそのものについて、同評価指針に基づき、事業の目的・政策的位置付けの妥当性、研究開発等の目標の妥当性、成果、目標の達成度の妥当性、事業化、波及効果についての妥当性、研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性の評価項目について、評価を実施するものである。

その評価結果は、本プロジェクトの実施、運営等の改善や技術開発の効果、効率性の改善、更には予算等の資源配分に反映させることになるものである。

2. 評価者

評価を実施するにあたり、評価指針に定められた「評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価者の導入等により、中立性の確保に努めること」との規定に基づき、外部の有識者・専門家で構成する検討会を設置し、評価を行うこととした。

これに基づき、評価検討会を設置し、プロジェクトの目的や研究内容に即

した専門家や経済・社会ニーズについて指摘できる有識者等から評価検討会委員名簿にある5名が選任された。

なお、本評価検討会の事務局については、指針に基づき経済産業省鉱物資源課が担当した。

3. 評価対象

「希土類金属等回収技術研究開発」（実施期間：平成21年度から平成24年度）を評価対象として、研究開発実施者（独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）から提出されたプロジェクトの内容・成果等に関する資料及び説明に基づき評価した。

4. 評価方法

第1回評価検討会においては、研究開発実施者からの資料提供、説明及び質疑応答、並びに委員による意見交換が行われた。

第2回評価検討会においては、それらを踏まえて「プロジェクト評価における標準的評価項目・評価基準」、今後の研究開発の方向等に関する提言等及び要素技術について評価を実施し、併せて4段階評点法による評価を行い、評価報告書(案)を審議、確定した。

また、評価の透明性の確保の観点から、知的財産保護、個人情報で支障が生じると認められる場合等を除き、評価検討会を公開として実施した。

5. プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準

評価検討会においては、経済産業省産業技術環境局技術評価室において平成25年4月に策定した「経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準について」のプロジェクト評価（事後評価）に沿った評価項目・評価基準とした。

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

（1）事業目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。

- ・ 事業の政策的意義（上位の施策との関連付け等）
- ・ 事業の科学的・技術的意義（新規性・先進性・独創性・革新性・先導性等）
- ・ 社会的・経済的意義（実用性等）

(2) 国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。

- ・ 国民や社会のニーズに合っているか。
- ・ 官民の役割分担は適切か。

2. 研究開発等の目標の妥当性

(1) 研究開発等の目標は適切かつ妥当か。

- ・ 目的達成のために具体的かつ明確な研究開発等の目標及び目標水準を設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

(1) 成果は妥当か。

- ・ 得られた成果は何か。
- ・ 設定された目標以外に得られた成果はあるか。
- ・ 共通指標である、論文の発表、特許の出願、国際標準の形成、プロトタイプの作製等があったか。

(2) 目標の達成度は妥当か。

- ・ 設定された目標の達成度（指標により測定し、中間及び事後評価時点の達成すべき水準（基準値）との比較）はどうか。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

(1) 事業化については妥当か。

- ・ 事業化の見通し（事業化に向けてのシナリオ、事業化に関する問題点及び解決方策の明確化等）は立っているか。

(2) 波及効果は妥当か。

- ・ 成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
- ・ 当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

(1) 研究開発計画は適切かつ妥当か。

- ・ 事業の目標を達成するために本計画は適切であったか（想定された課題への対応の妥当性）。
- ・ 採択スケジュール等は妥当であったか。
- ・ 選別過程は適切であったか。

- ・ 採択された実施者は妥当であったか。
- (2) 研究開発実施者の実施体制・運営は適切かつ妥当か。
- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっていたか。
 - ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されていたか。
 - ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な、実施者間の連携／競争が十分に行われる体制となっていたか。
 - ・ 成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組を積極的に実施していたか。
- (3) 資金配分は妥当か。
- ・ 資金の過不足はなかったか。
 - ・ 資金の内部配分は妥当か。
- (4) 費用対効果等は妥当か。
- ・ 投入された資源量に見合った効果が生じたか、期待できるか。
 - ・ 必要な効果がより少ない資源量で得られるものが他にないか。
- (5) 変化への対応は妥当か。
- ・ 社会経済情勢等周辺の状況変化に柔軟に対応しているか（新たな課題への対応の妥当性）。
 - ・ 代替手段との比較を適切に行ったか。

6. 総合評価

第2章 プロジェクトの概要

第2章 プロジェクトの概要

1. 事業の目的・政策的位置付け

1-1 事業目的

【標準的評価項目】

○事業目的は妥当か。

- ・事業の科学的・技術的意義（新規性・先進性・独創性・革新性・先導性等）
- ・社会的・経済的意義（実用性等）

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

光学ガラス、液晶、ハードディスク、フォトマスク等のガラス精密研磨には、酸化セリウムを主成分としたレアアース研磨材が、年間約1万トン（事業を開始した平成21年度の数値）使用されている。レアアース研磨材の原料は、主に中国からレアアースの複合原料として輸入され、国内の研磨材メーカーにて、研磨材製品として加工されている。（図1-1及び図1-2）

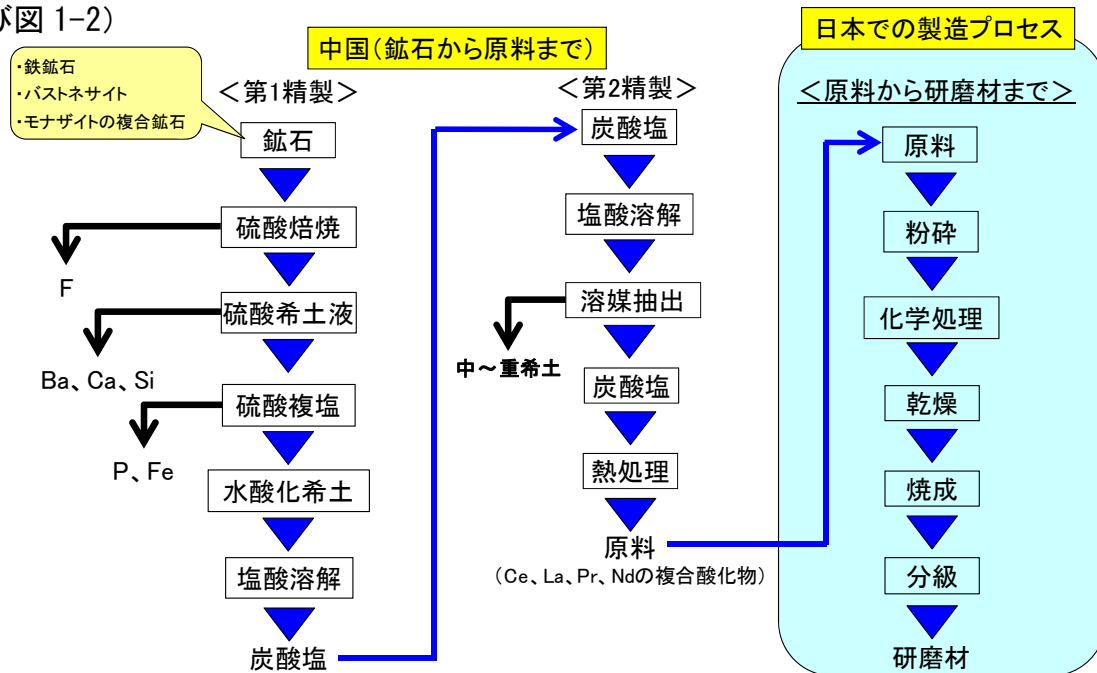


図1-1 原料から研磨材製品までの流れ

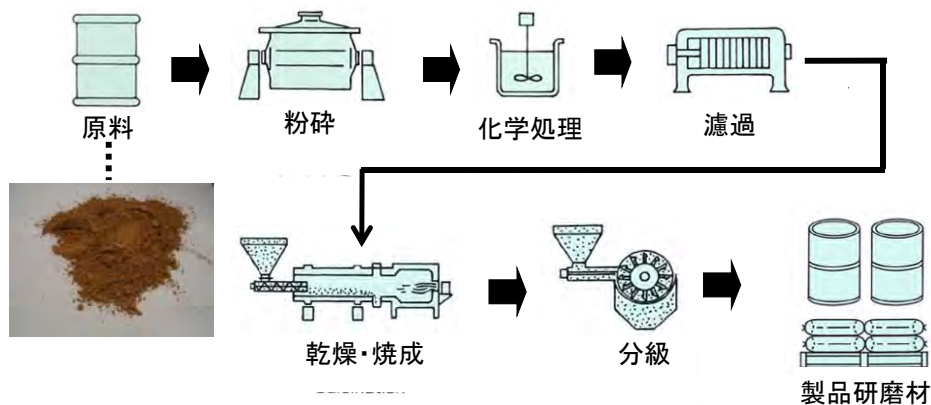
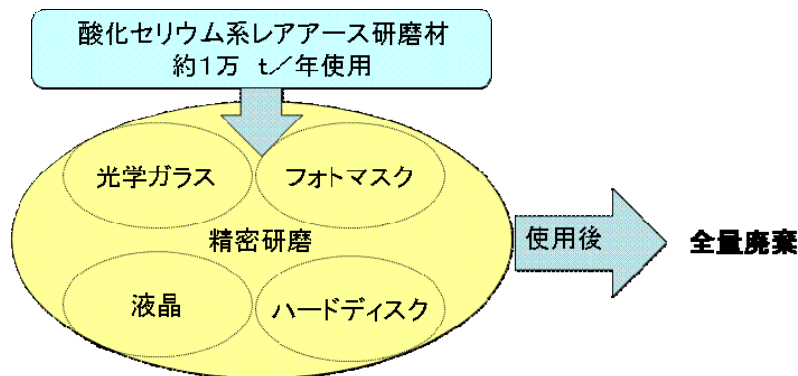


図1-2 日本での研磨材製造プロセス

多品種有り

これらの研磨材は一定期間研磨に使用された後、全量廃棄処分されているのが現状である。



懸念材料

- 原料の供給が不安定
原料の殆どは中国依存。中国の政策により原料確保が困難になる可能性有。
- 廃滓処理場の緊迫化
使用後の研磨材は全量廃棄されており、水分やその他を含めると相当量の廃棄量になる。

図 1-3 研磨材の現状と懸念材料

過去に使用済み研磨材のリサイクル方法は検討されているが、廃研磨材に含まれる不純物（研磨工程や排水処理工程からの混入）の影響により処理コストが増大し、通常用いられる研磨材原料より高いリサイクル原料となっていた。

研磨材は主にガラスメーカーによって使用されるが、使用後の研磨材には研磨にて混入する様々な不純物が含まれている。図 1-4 に研磨材の使用の流れを、表 1-1 に廃研磨材中の不純物及組成を示す。また、図 1-5 には、不純物としてのガラスとガラス以外の外観を示した。

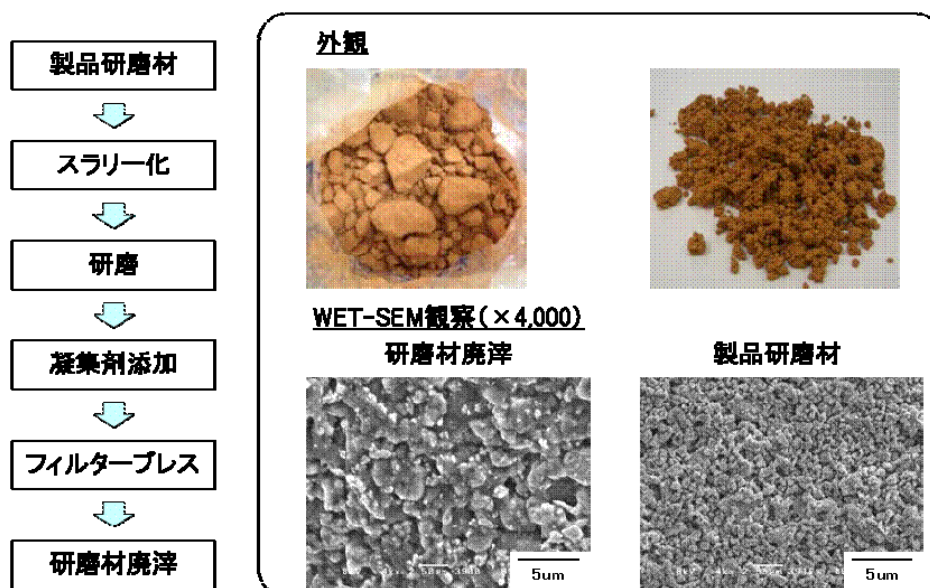


図 1-4 研磨材の使用の流れ

表 1-1 廃研磨材中の不純物（％）

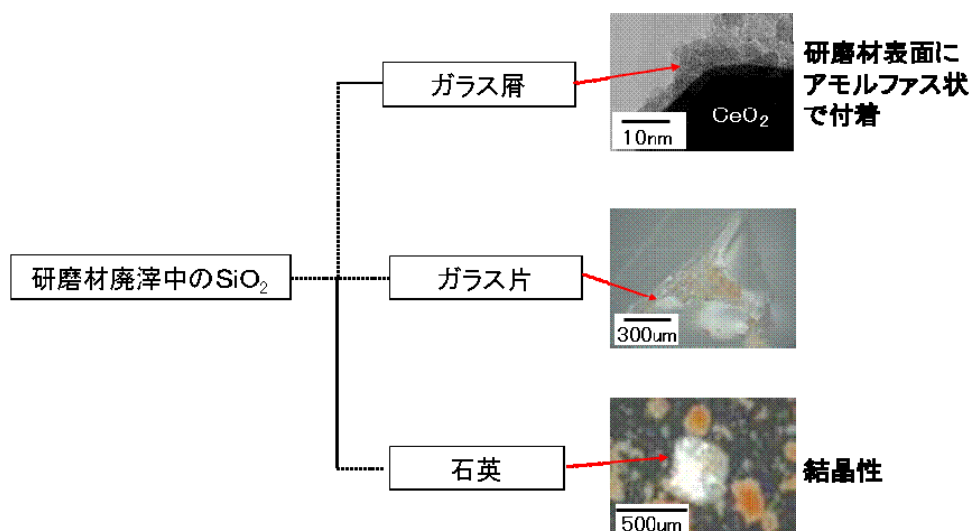
		水分	TREO	F	Fe	Si	Ca	Al	Mg	Sr
研磨材廃滓	A	60.6	69.8	3.5	9.86	1.88	0.62	0.45	0.06	0.08
	B	60.1	51.9	2.1	18.2	2.71	0.40	1.84	0.05	0.10
	C	56.6	60.2	3.4	12.8	1.73	0.23	0.65	0.04	0.18
製品			96.1	6.0	0.29	0.02	0.03	0.06	≤0.01	≤0.01

凝集剤由来の成分

ガラス由来の成分

➤ 研磨材廃滓には、凝集剤由来のFeやガラス成分を含有している。

➤ 研磨材廃滓中には多種の形態でSiO₂が含まれている。



➤ 凝集剤やガラス以外の異物も多く含まれている。

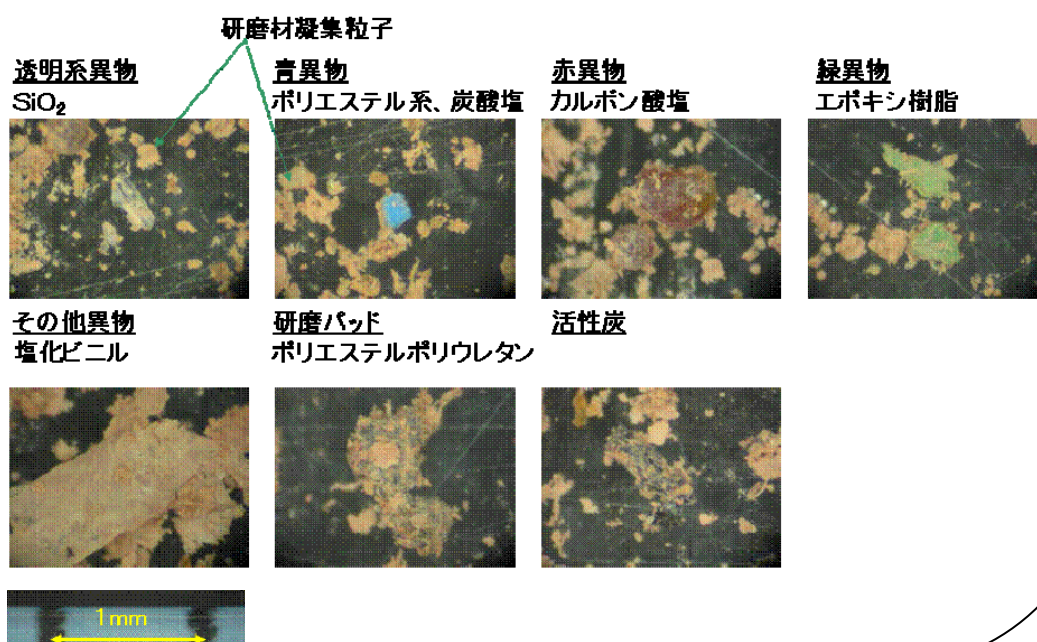


図 1-5 廃研磨材中の不純物

本研究では廃研磨材に含まれる不純物を効率的に除去する技術を確認し、低コストで使用済み研磨材をリサイクルすることを目的とする。

研究フローは、最初に研磨材の品質を低下させる原因となる不純物の特定を行い、各々の不純物成分に対して除去技術を確認する。次に、要素技術を組み合わせた処理フローの最適化を図る。併せて品質管理技術についても構築を図り、リサイクル技術の基礎を固める。最後に、実証試験により実事業において開発技術が有効に利用されることを確認する。

達成目標としては、液晶パネル研磨向けクラスの品質を満足する研磨材へ再生させることとする。また、リサイクルされた研磨材は、現在の製品研磨材と同等の品質レベルを満足する必要がある、レアアース品位、粒径、及び研磨レートなどの品質を造り込むことが重要である。製品研磨材のレアアース品位及び粒径を表 1-2 に示す。研磨レートは、研磨する際に発生するガラス表面のキズの数と関係し、相対的な評価がなされている、そのイメージを図 1-6 に示す。

表 1-2 製品研磨材のレアアース品位及び粒径

項目	TREO (Total Rare Earth Oxide)					F
	(%)	CeO ₂ (%)	La ₂ O ₃ (%)	Pr ₆ O ₁₁ (%)	Nd ₂ O ₃ (%)	(%)
研磨材製品	90～97	50～70	25～40	2～8	0.1～15	1～15

品種		平均粒径(μm)		特徴
		ブレン法	レーザー回折散乱法	
研磨材製品	E05	0.3～0.5	0.5～0.9	最終仕上げ用
	E10	0.4～0.7	0.8～1.3	最終仕上げ用
	E20	0.7～1.0	1.0～1.5	1次研磨及び最終仕上げ用
	E30	0.9～1.2	1.2～1.6	1次研磨用
	E40	1.2～1.7	1.8～2.3	1次研磨用

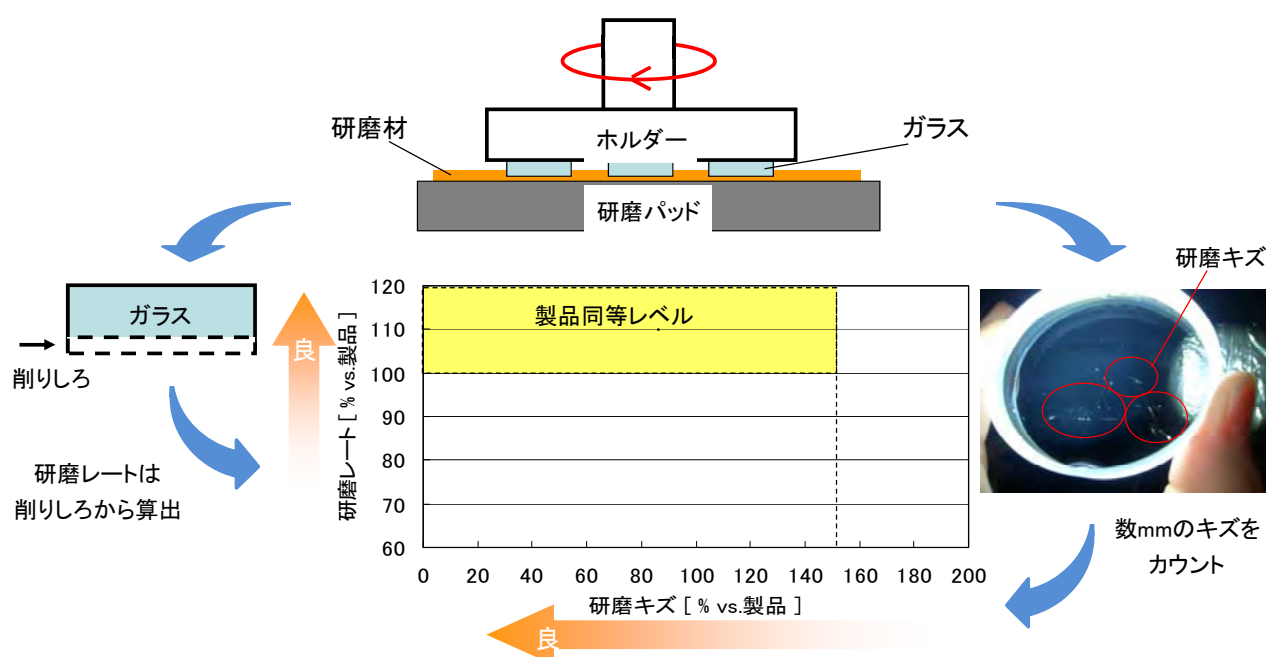


図 1-6 製品研磨材の研磨レート

今回、研究対象とする使用済み研磨材は、ガラス精密研磨用途として標準的な品種で、使用量の多い液晶ガラス研磨工程から廃棄されるものを想定しており、当該用途には、ガラス精密研磨材の約40%が使用されている。本研究において開発されるリサイクルプロセスの位置付けは、図1-7の様にイメージされる。

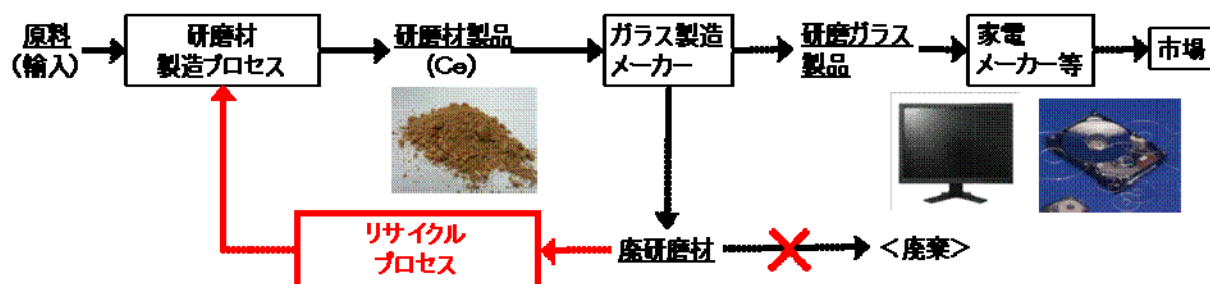


図1-7 研磨材の循環フローイメージ

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

蛍光灯、CRTなどに使用されるイットリウム、ユーロピウム、テルビウム等を主体としたレアアース蛍光体は、製品製造工程における工程スクラップや、使用済み製品から他の金属等を回収した後に、市場スクラップの形でほとんどが廃棄物として捨てられている。蛍光体に関する諸量は、以下と推定されている。（平成21年度の数値）

1) CRT用から廃棄される蛍光体

Y₂O₃ : 83 トン、Eu₂O₃ : 4.2 トン

2) ランプ用蛍光体としての使用量

Y₂O₃ : 140 トン/年、Eu₂O₃ : 8.5 トン/年、Tb₄O₇ : 8.5 トン/年

これらの廃蛍光体から、各々のレアアース元素を回収（分離・抽出）し、蛍光体原料として再利用する技術を開発することが本開発の目的である。そのイメージを図1-8に示す。

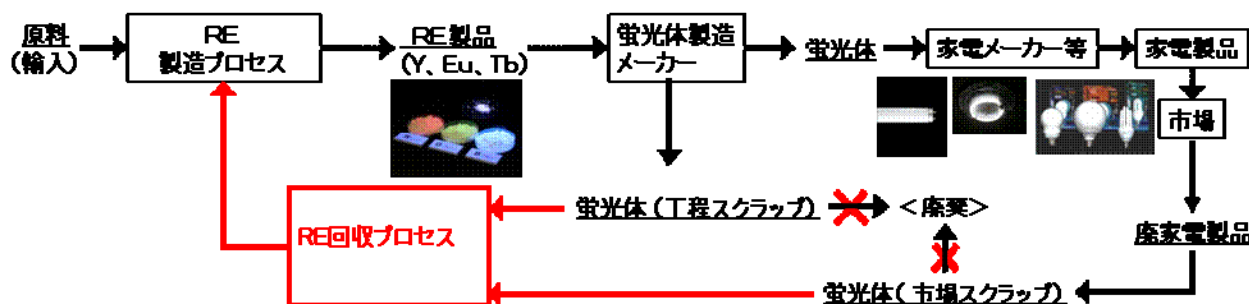


図1-8 蛍光体レアアースの循環フローイメージ

廃棄される蛍光体中には、レアアース成分以外に様々な不純物が含まれている。廃蛍光体中のレアアースを分離・抽出する場合、これらの不純物がレアアースの分離・抽出操作に悪影響を与えないレベルまでに低減させておくことがポイントになると考えられる。表1-3に工程スクラップの成分例を、表1-4に市場スクラップの成分例を示す。

表 1-3 工程スクラップ廃蛍光体の分析例

CRT用蛍光体				ランプ用蛍光体 (%)			
Y ₂ O ₃	Eu ₂ O ₃	S	Cu	La ₂ O ₃	CeO ₂	Tb ₄ O ₇	P ₂ O ₅
73.6	4.32	8.40	0.03	41.2	19.2	10.1	27.2
Fe	Zn	Si		MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	
-	0.04	0.08		1.53	0.674	0.175	

CRT用蛍光体 Y₂O₂S ⇒ Y₂O₂S:Eu ランプ用蛍光体 LAP ⇒ LaPO₄:Ce,Tb
 (CRT 用蛍光体の一般表記) (蛍光体構造) (ランプ用蛍光体の一般表記) (蛍光体構造)

表 1-4 市場スクラップ廃蛍光体の分析例

		(%)				
		A	B	C	D	E
レアアース	Y ₂ O ₃	42.7	45.1	10.0	9.42	9.76
	Eu ₂ O ₃	3.06	2.96	0.7	0.73	0.79
	La ₂ O ₃	14.2	12.6	3.43	3.18	3.5
	CeO ₂	6.42	5.46	1.61		1.56
	Tb ₄ O ₇	3.28	2.69	0.7	0.67	0.74
		69.66	68.81	16.44	14.00	16.35
不純物成分	P ₂ O ₅	9.25	9.57	27.1	14.9	26.5
	Al ₂ O ₃	5.19	2.65	1.79	3.67	2.32
	BaC	3.89	5.45	1.5	2.47	2.13
	CaC	1.49	2.61	44.9	36.3	43.0
	SiO ₂	0.62	0.21	3.08	14.2	0.93
	SrO	8.29	9.07		3.11	3.73
	Fe ₂ O ₃	0.07	0.05	0.02	0.48	0.15
	MgO	0.53	0.29		0.83	0.25
	NiO	0.23	0.29	0.13	0.20	0.14
	MnO		0.05	1.14	0.40	1.02
	Cl	0.73	0.92	0.42	0.42	0.54
	F			2.76		1.83
	Sb ₂ O ₃			0.54	0.38	0.52
	PbC				3.37	0.02
	ZnO			0.04	0.10	0.03
定量分析	Pb	0.008	0.0044	0.0016	2.4	0.0076
	Hg	0.0004	0.0002	0.0006	0.0006	0.0002
	Cr	< 0.002	< 0.002	< 0.002	0.005	< 0.002

市場スクラップは共通してHg、Pbを含有

1-2 政策的位置付け

【標準的評価項目】

○政策的位置付けは明確か。

・事業の政策的意義（上位の施策との関連付け等）

鉱物資源に乏しい我が国は、海外資源の確保、リサイクル、代替材料開発、備蓄の観点からレアアースを含めたレアメタルの安定供給確保対策に取り組んできたところであるが、レアメタルを取り巻く環境には、需給両面にわたる種々の課題や要請が存在し、より一層の総合的、戦略的な取り組みが求められることから、パブリックコメントを経て、平成21年7月、経済産業省の『総合資源エネルギー調査会鉱業分科会』において、『レアメタル確保戦略』が取りまとめられた。

同確保戦略では、①海外資源確保の推進、②リサイクルの推進、③代替材料等の開発、④レアメタル備蓄の4つの施策の柱をより一層の強化が盛り込まれ、また、平成22年6月に閣議決定された『エネルギー基本計画』において、レアメタルの自給率（海外自山鉱比率とリサイクル比率の和）を、2030年には50%以上に引き上げる目標が掲げられ、リサイクルの推進が重要な政策課題となっている。

世界のレアアース生産量は、その90%以上を中国が占めており、圧倒的な生産シェアを持つ中国では、レアアースを国家戦略物資と位置付け、この重要な国家資源を守り、内需を優先し、さらには輸出の高付加価値製品へのシフトを推進するために、生産規制や輸出規制といった様々な政策を実施している。これらの中国の動向は世界の需給・価格動向に多大な影響を及ぼしており、日本をはじめとするレアアース消費国にとってはレアアース安定供給における最大の懸念材料となっている。

一方で、使用済み製品からのレアアースのリサイクルは、コスト面の理由から殆どなされていない。ネオジム磁石等、リサイクルされているケースがあるものの、使用済み製品からのレアアースのリサイクルはコスト面の理由から殆どなされていないのが現状であり、経済性のあるリサイクルプロセスの開発および環境整備が、今後のレアアースのリサイクルにおける課題となっている。本研究では、従来、経済的に成り立たないと考えられてきた廃研磨材、廃蛍光体からのレアアースのリサイクルについて見直しを行い、経済性の高いリサイクル技術の開発を目的とする。

なお、技術施策体系として、平成21年にとりまとめられた「エネルギーイノベーションプログラム基本計画」において「鉱物資源の安定供給」に資する技術開発と位置付けられている。図1-9に、技術体系を示す。

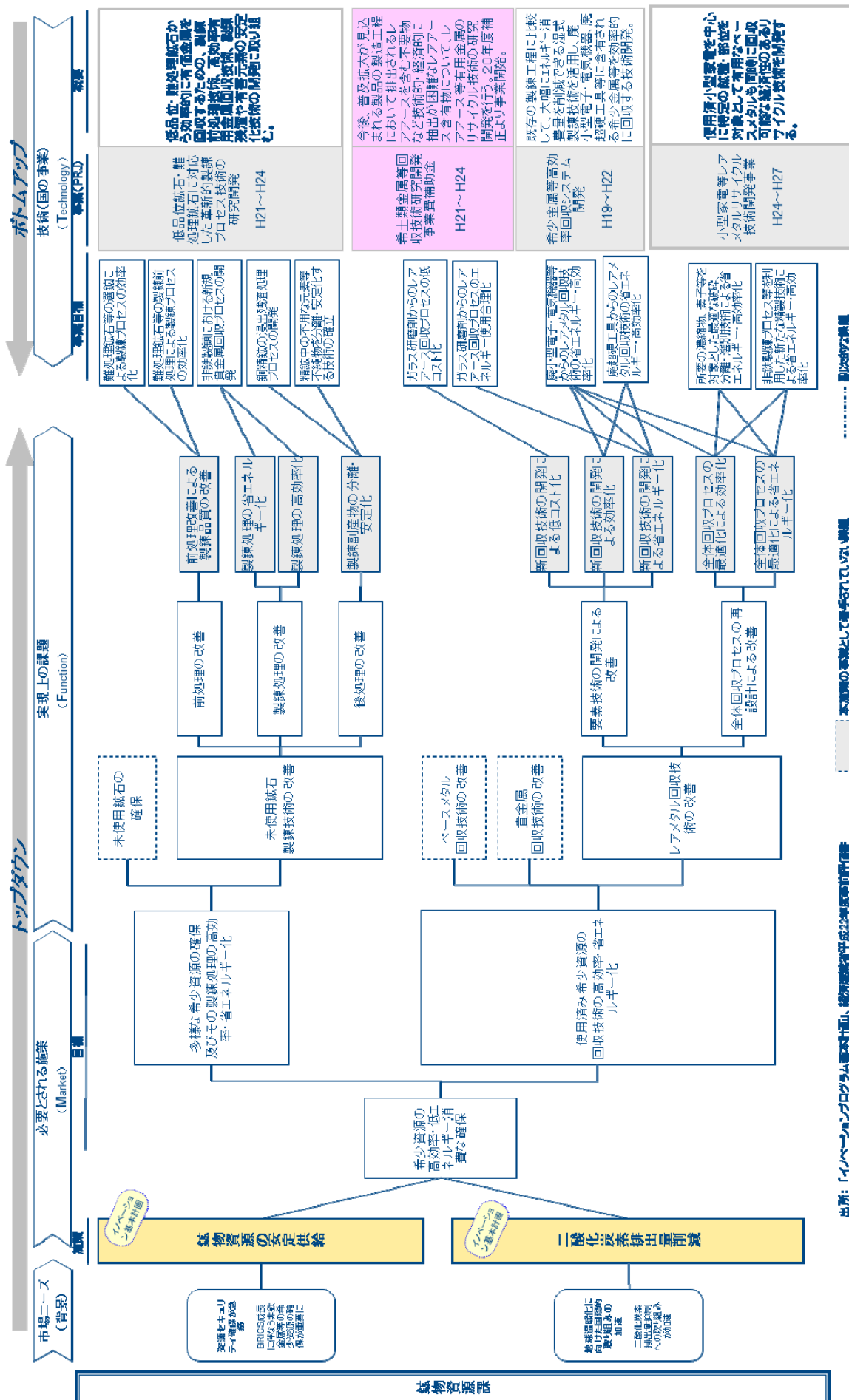


図1-9 技術体系（ロジックツリー）

1-3 国の関与の必要性

【標準的評価項目】

○国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。

- ・国民や社会のニーズに合っているか。
- ・官民の役割分担は適切か。

レアアースは、化学的・物理的性質により、我が国産業の広範な分野で利用され、我が国の国民生活を支えている必要不可欠な資源であるが、中国等の少数の国に偏在して賦存しており、中でも中国が生産量の大宗を占める。今後、中国の経済発展に伴う内需拡大により輸出量が減少した場合、我が国産業への供給障害が生じ、ひいては我が国経済活動に多大な影響を及ぼすことが懸念される。

特に、平成 22 年 7 月、中国は平成 22 年下半期のレアアース輸出割当の前年比大幅削減を発表し、その後、平成 22 年 9 月以降にはレアアースの日本向け輸出が事実上停止され、輸出価格が上昇、平成 23 年春節以降には価格が更に急騰し、内外価格差が拡大する状況が出現した。

このため、廃研磨材や廃蛍光体からのレアアースの効率的な回収技術は、循環型経済社会システム構築に寄与するだけでなく、我が国のレアアース鉱物資源の安定確保にも寄与するという観点から極めて重要であるため、国を挙げて取り組むべき課題である。

2. 研究開発目標

2-1 研究開発目標

【標準的評価項目】

○研究開発等の目標は適切かつ妥当か。

- ・ 目的達成のために具体的かつ明確な研究開発等の目標及び目標水準を設定しているか。特に、中間評価の場合、中間評価時点で、達成すべき水準（基準値）が設定されているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

2-1-1 全体の目標設定

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

廃研磨材に含まれる不純物を効率的に除去する技術を確立し、低コストで使用済み研磨材をリサイクルすることを目的とする。

研究フローは、最初に研磨材の品質を低下させる原因となる不純物の特定を行い、各々の不純物成分に対して除去技術を確立する。次に、要素技術を組み合わせた処理フローの最適化を図る。併せて品質管理技術についても構築を図り、リサイクル技術の基礎を固める。最後に、実証試験により実事業において開発技術が有効に利用されることを確認する。

達成目標としては、液晶パネル研磨向けクラスの品質を満足する研磨材へ再生させることとする。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

廃蛍光体から、各々のレアアース元素を回収（分離・抽出）し、蛍光体原料として再利用する技術を開発する。

表 1 全体の目標

目標・指標	設定理由・根拠等
A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発 (1) 研磨キズ、研磨レート：中粒品種（以下製品研磨材）と同等であること。 (2) レアアースの歩留：70%以上 (3) リサイクルコスト：輸入原料以下であること。 (4) 3トン／月以上の設備での製造が可能であること。	A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発 (1) 液晶パネル研磨向けクラスの品質を基準に設定。 (2) 従来技術（溶解法）の歩留（65%前後）以上に設定。 (3) 事業化の目安として現状（ほぼ全量輸入）よりコストメリットが必要であるため。 (4) 工業的に生産の可否を判断するための指標となるため。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発 (1) 工程内スクラップのレアアース回収率 ・ Y および E u 回収 95% ・ T b および L a、C e 回収 95% (2) 市場スクラップのレアアース回収率 ・ Y、E u、T b、L a、C e 回収 82% (3) 溶媒抽出分離精製回収レアアース (Y、E u、T b) の品質 $\geq 99.99\%$	B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発 廃蛍光体からレアアース元素 (Y、E u、T b、C e、L a) 及びレアアース以外の成分を経済的に分離する前処理方法を確認し、小規模連続抽出分離設備を用いて微量不純物下でのレアアース分離精製プロセスを構築するとともに、本リサイクルの事業採算性を検証するため。
---	--

2-1-2 個別要素技術の目標設定

表2 個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発		
(1) 廃研磨材の前分散処理技術	研磨材成分の1mmメッシュ通過率：99%以上	研磨材廃滓は硬いケーキ状であり、凝集剤除去を効率的に行うためには解砕処理が必要であるため。
(2) 不純物除去技術	不純物品位を下記のとおりとする。 ・ Fe < 0.20% ・ Si < 0.06% ・ Al < 0.06%	製品研磨材及び従来技術で再生した研磨材の不純物品位より設定。
(3) 分散処理技術	3 μ m フィルター通過率：90%以上	製品研磨材のフィルター通過性より設定。
(4) 焼成技術	焼成後の研磨材の粉体物性を下記のとおりとする。 ・ D50：1.0～1.3 μ m ・ SSA：3～4 m ² /g	製品研磨材の粉体物性より設定。
(5) 研磨材特性	研磨キズ、研磨レート共に製品相当の特性とする。	製品研磨材と同等の品質である必要があるため。
(6) 品質管理	下記のリサイクル工程の合否を迅速に判断する。 ・ 不純物除去工程での不純物量 ・ フィルター工程での粗粒頻度 ・ 焼成工程での粒径、比表面積、結晶構造	リサイクル工程を円滑に進めるためには、各工程の合否判定を迅速に行う必要があるため。
(7) 評価技術	研磨キズの評価手法を目視以外で1つ以上確立する。	研磨キズ評価精度を向上するため。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発		
(1) 蛍光体製造工程内スクラップの前処理技術	・ 工程内スクラップの種類、性状を調べ、レアアース成分及び不純物元素の含有状況を把握する。 ・ 化学的処理を用いて不純物の除去及びレアアースの浸出技術を開発する。	スクラップ中のレアアース元素及び不純物元素の含有状況を把握し、それをもとに溶媒抽出分離が可能なレアアース浸出液を得るための最適処理フローを開発する。
(2) 蛍光体製造工程内スクラップのレアアース相互分離精製技術	レアアースを浸出した溶液からレアアースを分離回収するため溶媒抽出方法を検討し最適なフローを開発する。	小規模溶媒抽出分離設備を用いてレアアース毎（Y/Eu、Tb/Ce/La）の分離精製を実施し、各レアアースの最適な回収フローを開発する。
(3) 市場蛍光体スクラップ（主に廃蛍光灯蛍光体）の前処理技術	・ 市場蛍光体スクラップの種類、性状を調べ、レアアース成分及び不純物元素の含有状況を把握する。 ・ 化学的処理を用いて不純物の除去及びレアアースの浸出技術を開発する。	市場スクラップはレアアースを含まない白色蛍光体（ハロリン酸カルシウム）やAl、Hg等の不純物を多く含有し溶媒抽出分離に悪影響を及ぼす。これら不純物の含有量を把握し、それをもとに溶媒抽出分離が可能なレアアース浸出液を得るための最適処理フローを開発する。
(4) 市場蛍光体スクラップのレアアース相互分離精製技術	レアアースを浸出した溶液からレアアースを分離回収するため溶媒抽出方法を検討し、最適なフローを開発する。	小規模溶媒抽出分離設備を用いてレアアース毎（Y/Eu、Tb/Ce/La）の分離精製を実施し、各レアアースの最適な回収フローを開発する。
(5) 市場蛍光体スクラップ処理の最適化	量産処理でのフローの最適化とプロセスの妥当性を検証する。	市場スクラップの品質（レアアース及び不純物含有量の変動）に適応した処理方法を確認するとともに、不純物除去プロセスの最適フロー（効率、コスト）を決定し、溶媒抽出によるレアアースの相互分離技術を確立させプロセスの妥当性を確認する。
(6) 事業構想と採算性の検証	調達される市場スクラップの品質と処理コストを精査し採算性を検証及び事業構想を策定する。	市場スクラップの収集を含めたりサイクル事業フローの策定と、本事業にて開発された回収プロセスによる採算性を検証する。

3. 成果、目標の達成度

3-1 成果

【標準的評価項目】

○成果は妥当か。

- ・得られた成果は何か。
- ・設定された目標以外に得られた成果はあるか。
- ・共通指標である、論文の発表、特許の出願、国際標準の形成、プロトタイプの作製等があったか。

3-1-1 全体成果

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

本技術開発にて得られた最終的な回収フローを図 3-1 に示す。本フローに至るまでの過程には、種々の課題が存在した。中でも、中国のレアアース輸出規制に端を発したガラスメーカーの研磨材使用量削減は、廃研磨材の性状を変化させたため（不純物品位の上昇、油分等の増加）、リサイクルフローを見直すこととなった。それらに対応すべく、最終のリサイクルフローは、化学的処理＋物理的処理＋研磨材への再生のプロセスを組合せたプロセスとなった。

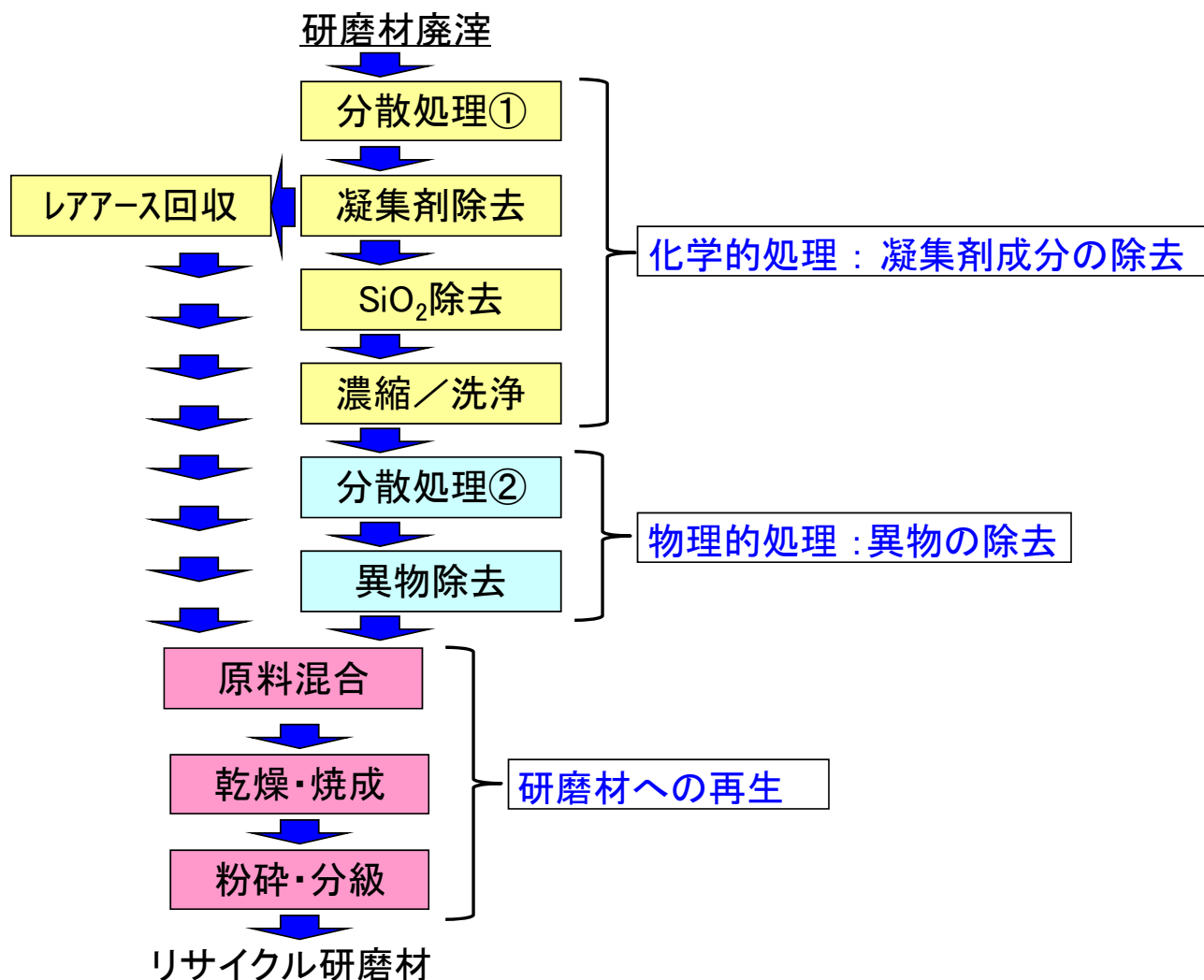


図 3-1 開発した研磨材の再生フロー

このプロセスは以下の基本的な流れである。

ア) 凝集剤成分を化学的処理工程により溶解させ除去するが、同時に一部の研磨材成分も溶解されるため、その回収（図中のレアアース回収工程）が必要となる。図 3-2 に化学的処理工程の流れを示す。

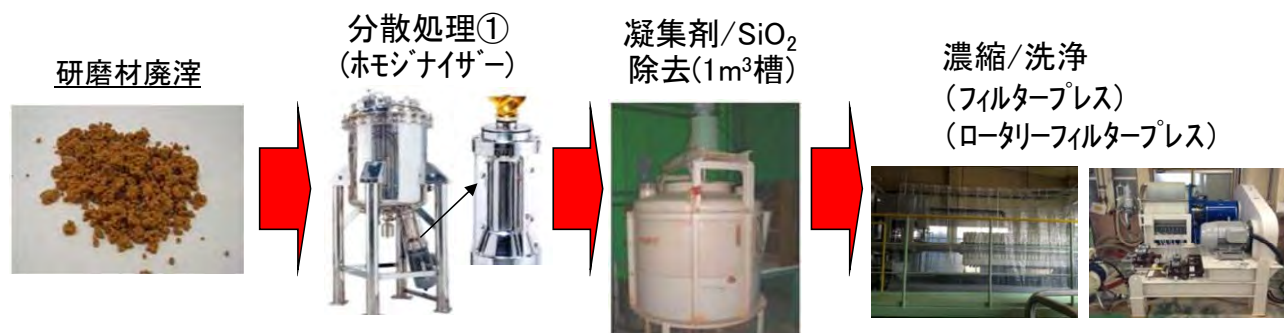


図 3-2 化学的処理工程の流れ

イ) 凝集剤除去後の凝集剤以外の不純物を物理的処理工程により除去する。図 3-3 に物理的処理工程の流れを示す。

分散処理②
(剪断分散機)



異物除去
(振動膜式濾過) (デプスフィルター)

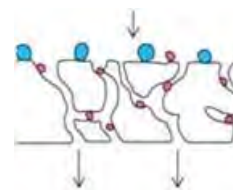


図 3-3 物理的処理工程の流れ

ウ) 不純物の除去された研磨材を、ア) の回収レアアースと混合し、研磨材への再生工程にて粒径調整を実施し、リサイクル研磨材を得る。この工程は、既存の研磨材製造工程の設備（乾燥・焼成・粉碎・分級）を用いることで対応可能である。

製造工程にて原料混合、分級



リサイクル研磨材



図 3-4 研磨材への再生工程の流れ

以上のプロセスを用いて、以下の成果が得られた。

(1) 研磨キズ、レート：製品研磨材と同等であること

研磨材廃滓中には、凝集剤由来の鉄成分およびガラス由来のSi、Al成分、その他異物が含まれている。酸／アルカリを用いた異物の溶解除去（化学処理）、フィルターを用いた異物の除去（物理処理）により、研磨キズは製品研磨材と同等になった。

一方、異物除去後の研磨材は粒径が小さく、研磨レートが低い。現場の製造工程に則った焙焼／分級処理を行う事で、製品研磨材の研磨レートに回復することができた。表 3-1 に製品研磨材と比較したリサイクル研磨材の分析例を示す。

表 3-1 製品研磨材とリサイクル研磨材の分析値比較

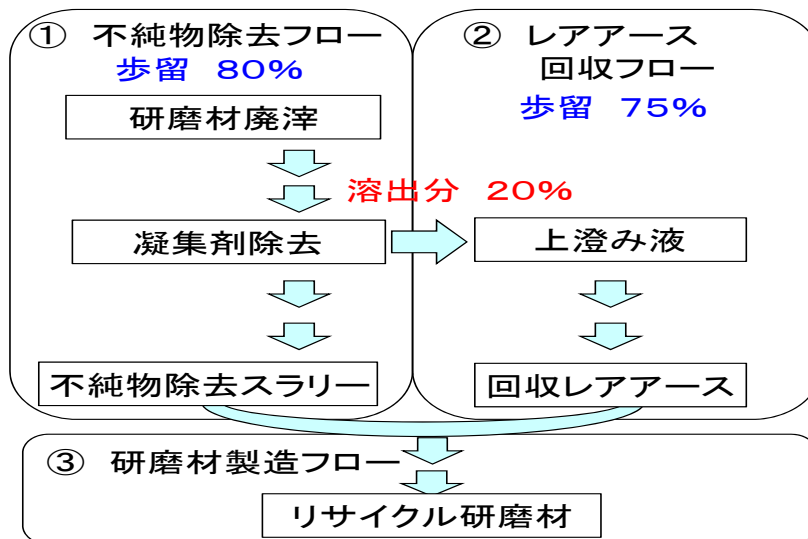
		製品研磨材 (代表値)	リサイクル研磨材 (代表値)
TREO	%	90.9	94.17
CeO ₂ /T	%	62.6	63.8
La ₂ O ₃ /T	%	31.3	29.6
Pr ₆ O ₁₁ /T	%	5.1	5.1
Nd ₂ O ₃ /T	%	1.0	1.5
Fe	%	0.18	0.10
Si	%	0.06	0.02
Al	%	0.02	0.06
F	%	6.3	5.9
SSA	m ² /g	3.40	3.53
D50	μm	1.20	1.10
L.O.I	%	0.80	0.54
キズ	本	20	8
レート	%	100	104

(2) レアアースの歩留：70%以上

歩留低下する原因としては、①酸処理時のレアアース溶解、②フィルター工程での研磨材成分の目詰まりが挙げられる。

①酸処理時のレアアース溶解

溶解したレアアース成分の回収プロセスを取り入れて、再度原料として使用する手法を確立し、95%以上の歩留まりで不純物を除去できる事を確認した。図 3-5 に歩留まりのデーターを示す。



$$\left. \begin{array}{l} \text{不純物除去工程の歩留(80\%)} \\ + \\ \text{原料回収工程の歩留 } 20 \times 75 = 15\% \end{array} \right\} \text{研磨材製造フローまでの歩留は95\%}$$

図 3-5 リサイクルフローにおける研磨材の歩留まり

②フィルター工程での研磨材成分の目詰まり

分散剤の選定や最適な異物除去プロセスの設計により、95%以上の歩留を達成した。以上の内容を総括すると全体の歩留まりは90%程である。

(3) リサイクルコスト：輸入原料以下であること

リサイクルコストは、研磨材廃滓の品位に大きく影響を受ける。開発当初のレアアース品位の高い原料の場合、輸入原料に対して80%程のコストで再生が可能であったものの、直近のレアアース品位の低い原料（顧客工程の原単位削減に伴い、ガラスや凝集剤などの不純物量が著しく増加）の場合、薬液やその他のコストが高くなり、現状では輸入原料に対し2倍程度のリサイクルコストとなっている。（輸入原料価格は変動するため、定量的な評価は困難）また、不純物除去用の薬液コストが高くなることより、従来の溶解法と比較してもコストメリットは小さくなっている。

(4) 3トン／月以上の設備での製造が可能であること

本プロセスを3トン／月スケールで製造するために設備の導入を行った。先述のレアアース品位の低下により、設備に対する生産能力は低下した。ボトルネックであった不純物除去工程の処理能力を上げるために、大型のフィルタープレスを導入した結果、3トン／月の製造は維持可能である。図 3-6 に実証規模試験における各設備能力を示す。

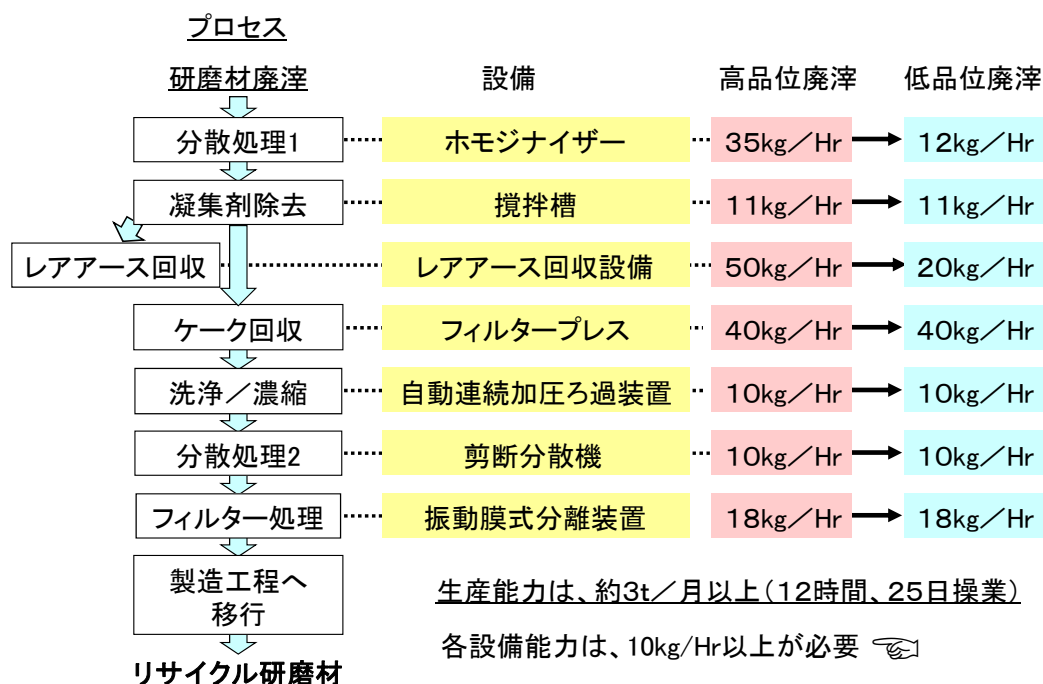


図 3-6 実証規模試験における各設備能力

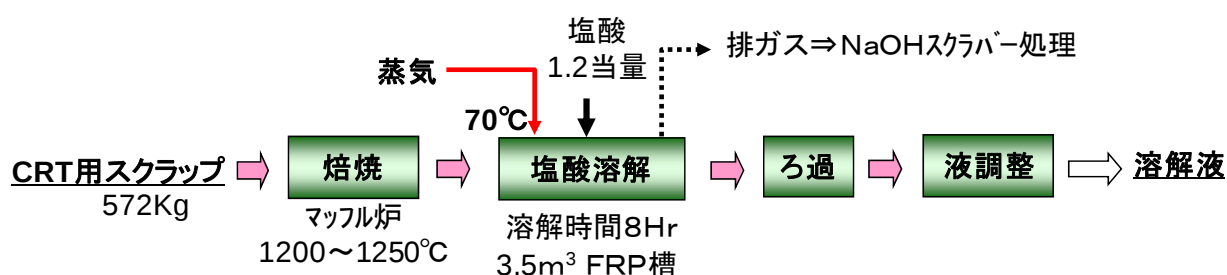
B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

(1) 工程内スクラップのレアアース回収率

蛍光体メーカーで発生した工程内スクラップ処理に取り組んだ。工程内スクラップとしては、CRT用蛍光体（ $Y_2O_2S : Eu$ ）及びランプ用蛍光体（ $LaPO_4 : Ce, Tb$ ）があり、それぞれについて前処理及び溶媒抽出試験を実施した。工程内スクラップはレアアース以外の不純物が少ないため、蛍光体の分解を目的とした前処理技術を確認した。これらの処理液から150段のラボスケールミキサーセトラー設備にて、溶媒PC88Aを用いて Y_2O_3 、 Tb_4O_7 、 Eu_2O_3 、 CeO_2 、 La_2O_3 それぞれを99.99%の品位まで分離精製できることを確認した。図 3-7 にCRT用蛍光体の前処理フロー及び溶媒抽出結果を示す。また、ランプ用工程スクラップについて、図 3-8 に示す。

CRT用工程スクラップの分析値

Y2O3	Eu2O3	S	Cu	Fe	Zn	Si
84.8	4.04	4.04	0.03	—	—	—



MS-90段使用

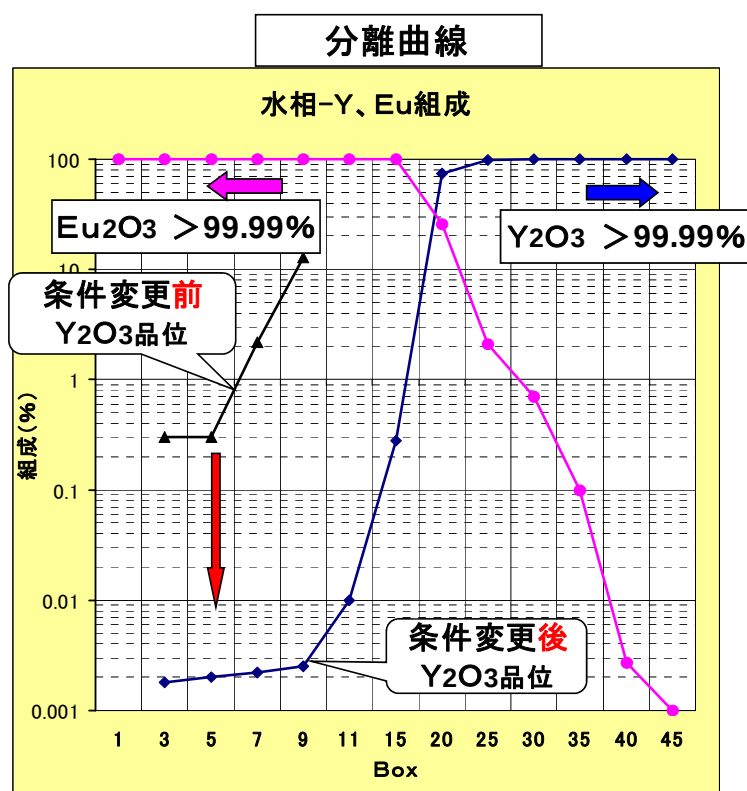
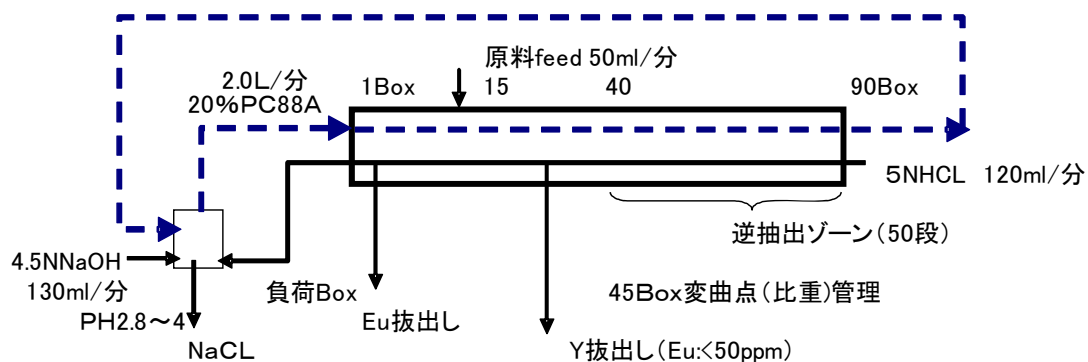
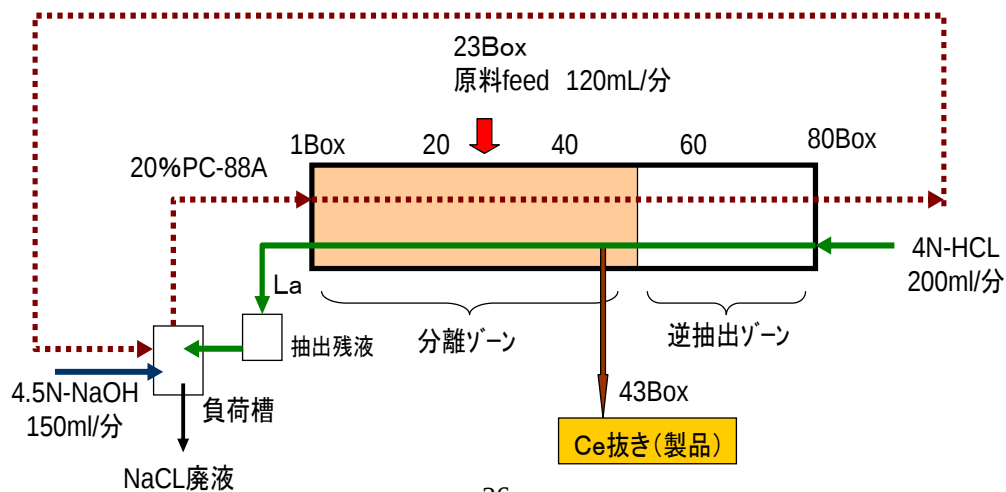
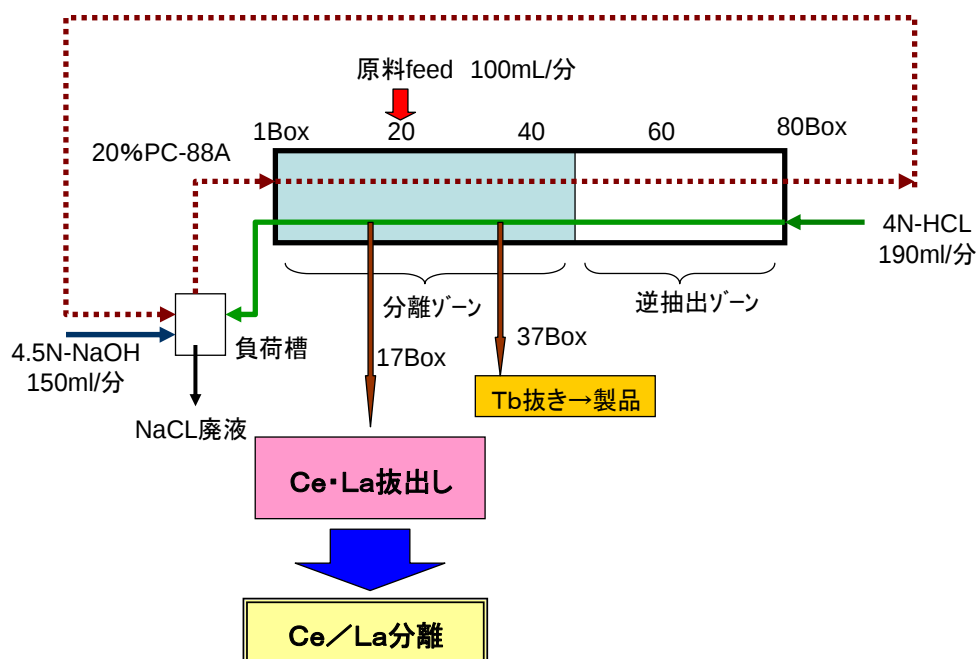
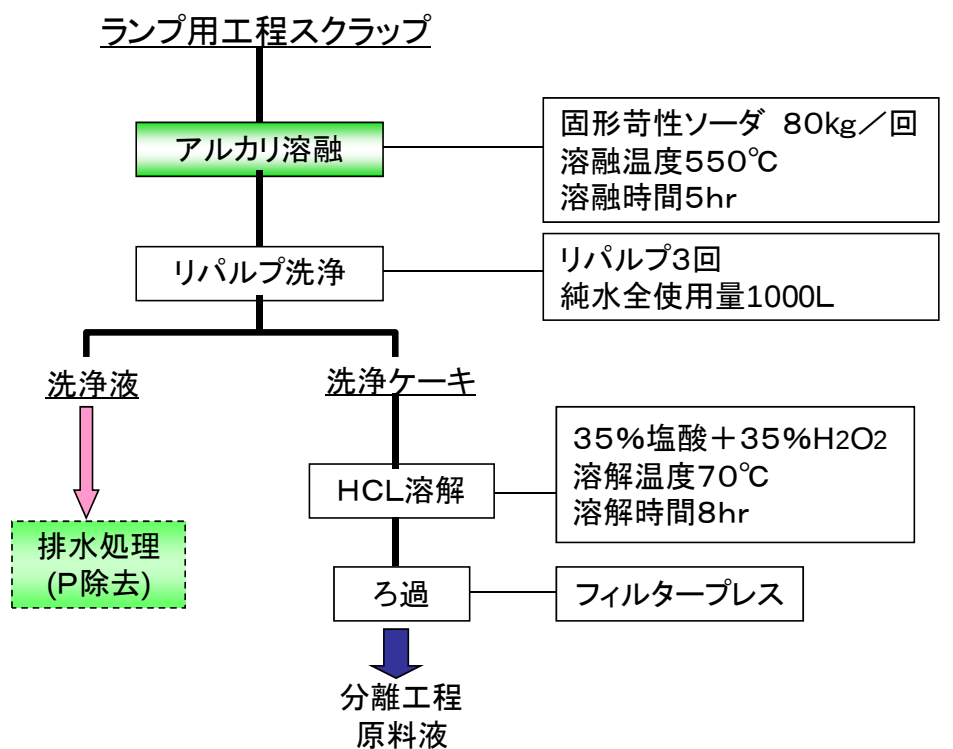


図 3-7 CRT用工程スクラップの前処理及び溶媒抽出結果

スクラップ分析組成 (%)

La ₂ O ₃	CeO ₂	Tb ₄ O ₇	P ₂ O ₅	MgO
44.3	20.5	10.5	23.0	1.4



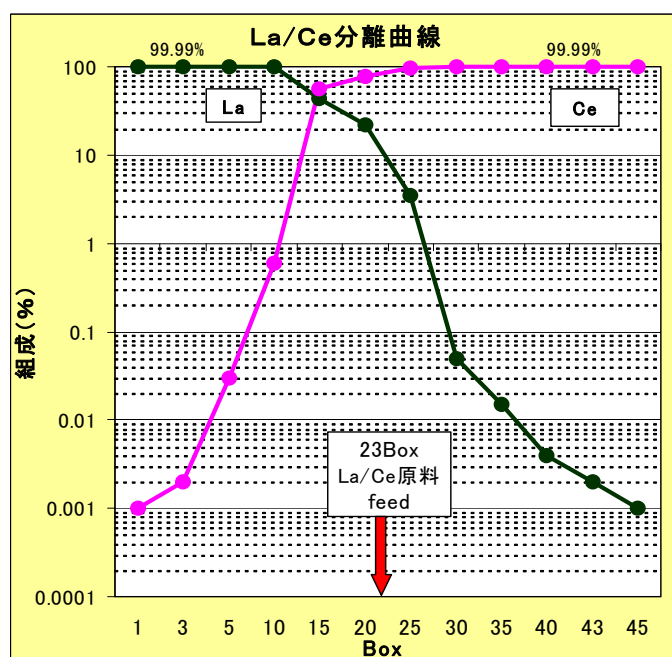
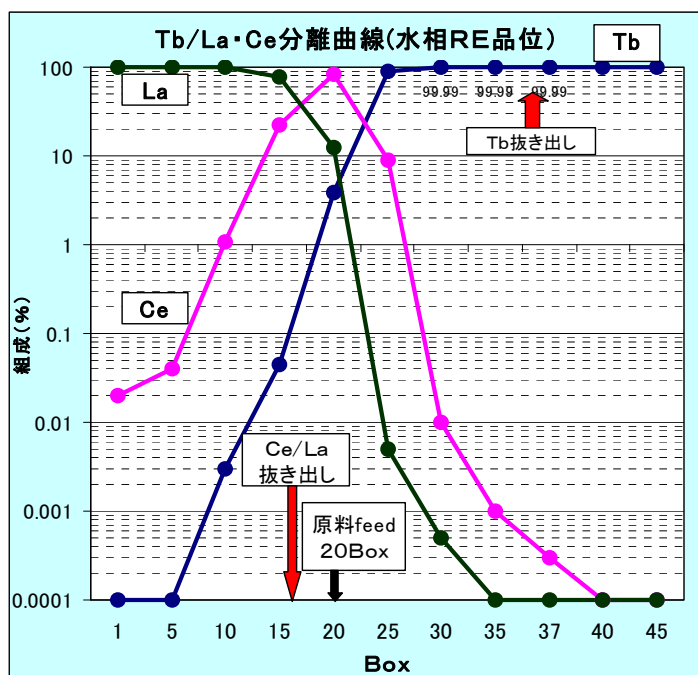


図 3-8 ランプ用工程スクラップの前処理及び溶媒抽出結果

(2) 市場スクラップのレアアース回収率

市場蛍光体スクラップ（使用済み蛍光管から回収）の処理を実施した。市場蛍光体スクラップには溶媒抽出で悪影響を及ぼすAl、Ca、Ba、Sr、Si等の不純物が多く含まれており、前処理で除去しておく必要があった。本試験では、比較的不純物の少ないレアアース高品位スクラップについては、酸洗浄で不純物のみを溶出除去し、不純物の多い低品位スクラップについては酸浸出後pH調整し、レアアースはリン酸塩で回収し、不純物を除去する方法を確立した。不純物が除去されたスクラップは、工程内スクラップと同様の前処理で分解し、分離精製用原料液とすることが可能となった。図 3-9 に前処理フローを示す。

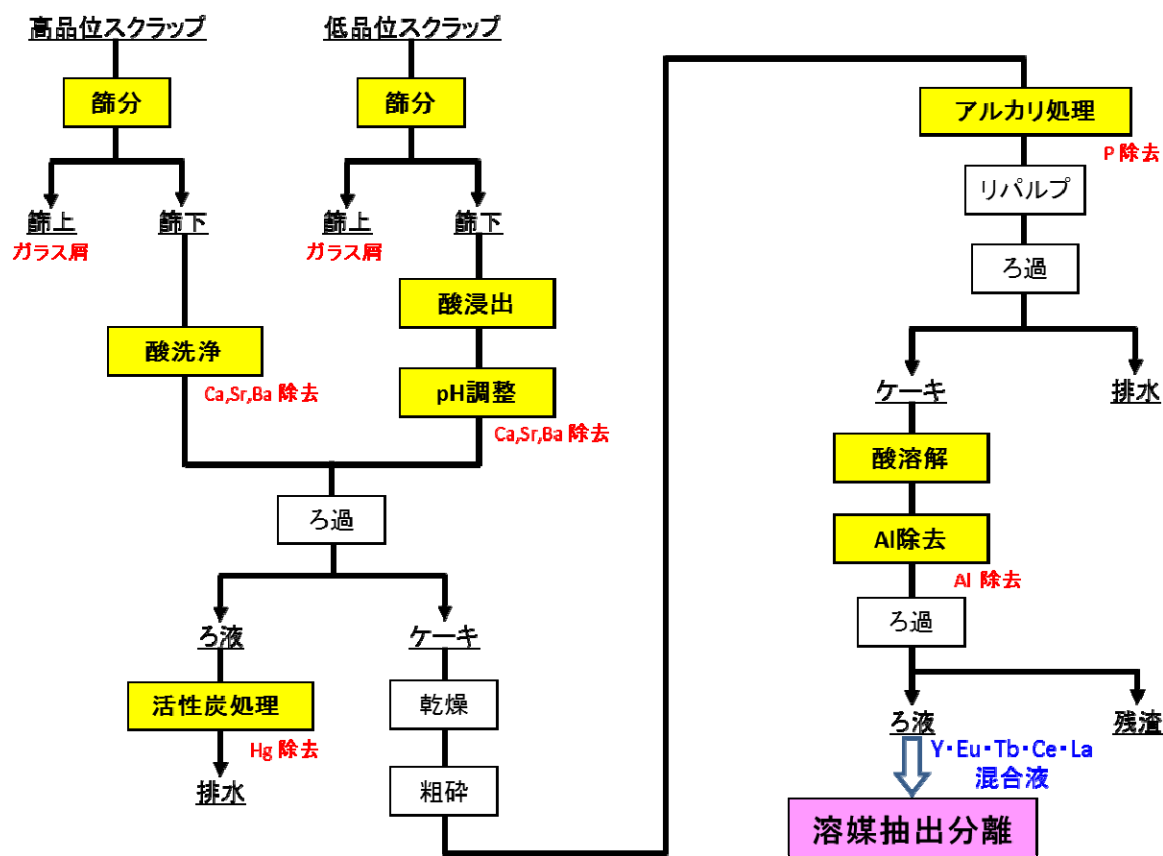


図 3-9 市場スクラップの前処理フロー

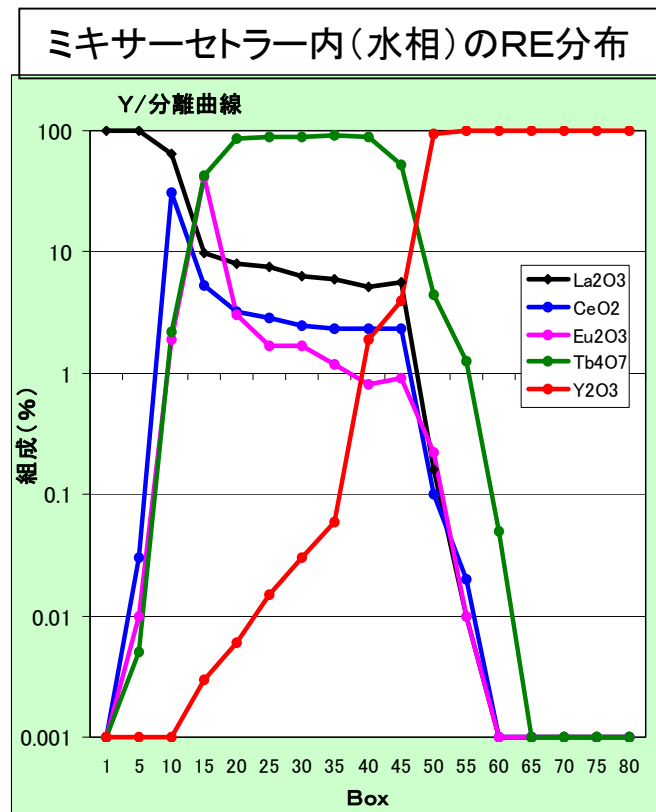
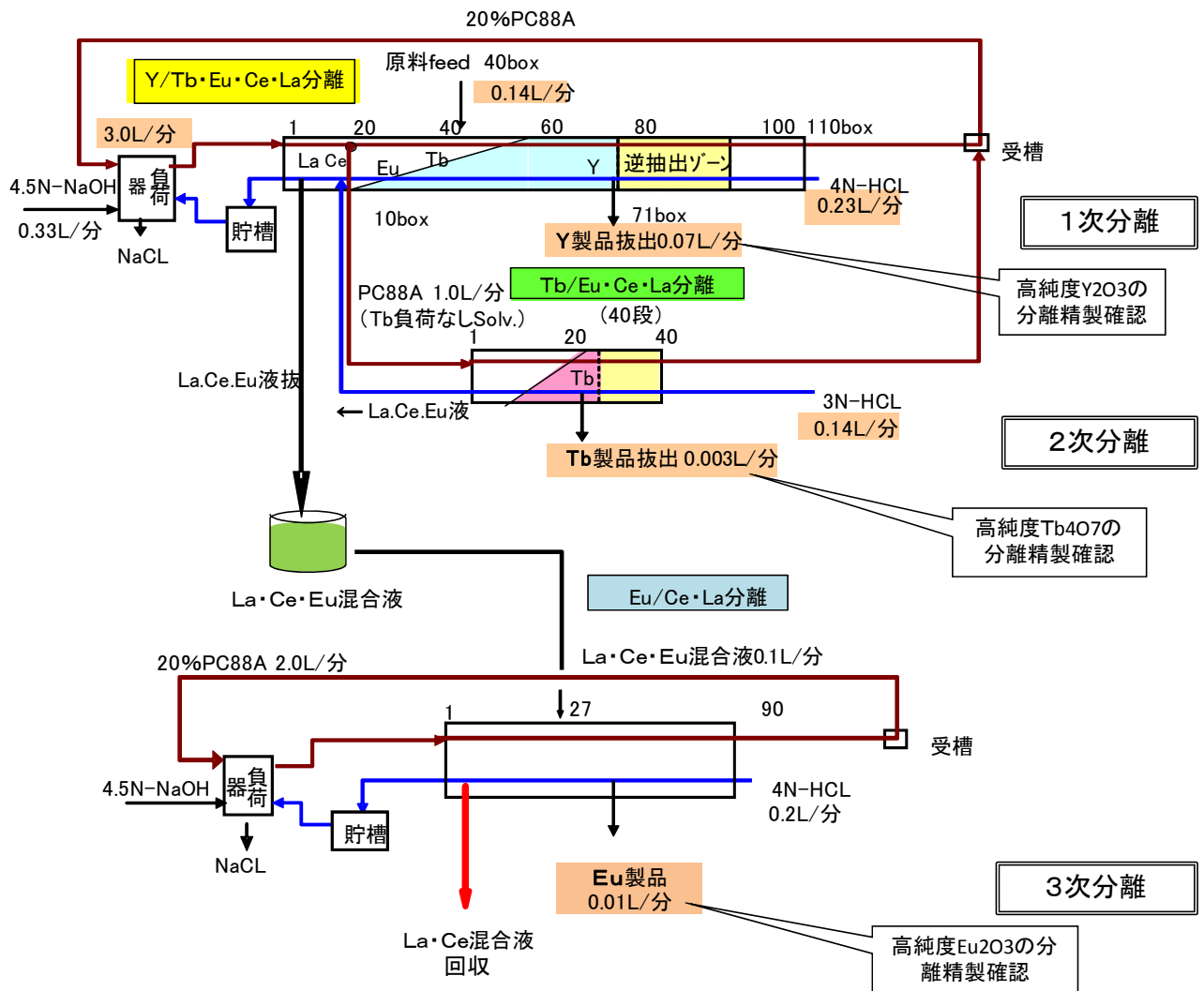
この前処理により得られたレアアース溶解液（Y・Tb・Eu・Ce・La 混合液）から、溶媒抽出法にて各成分の分離精製を実施した。

分離は 1 次分離で Y を、2 次分離で Tb を 3 次分離で Eu をそれぞれ精製し、最後に残った Ce・La は混合液で回収とした。

装置はラボスケールミキサーセトラーを使用し、溶媒は PC88A を用いて分離試験を実施し、1 次分離で 70 段程度の分離ゾーンで高純度の Y₂O₃ が分離できることを確認した。2 次分離では、20 段程度の分離ゾーンで高純度の Tb₄O₇ を分離できることが分かった。3 次分離では、70 段程度の分離ゾーンが必要であり、さらに 1～10 Box の Ce 濃度の管理が重要であることが判明した。10 Box までの Ce 濃度を低減させることで、高純度の Eu₂O₃ を分離精製できることを確認した。以上の結果より、段階的に分離することで高純度の Y₂O₃、Tb₄O₇、Eu₂O₃ の分離精製が可能であることを確認した。図 3-10 に一連の溶媒抽出フロー及び得られた抽出結果を示す。

(3) 溶媒抽出分離精製回収レアアースの品質

前述 (1) 及び (2) にも示したが、廃蛍光体（工程スクラップ及び市場スクラップ）の溶媒抽出分離における、Y、Eu、Tb の品質は 99.99% となった。このことは、(1) 及び (2) で述べた各廃蛍光体の前処理が適正に行われたこと及び (2) で述べたラボスケールミキサーセトラーの性能が適正であったことを示している。



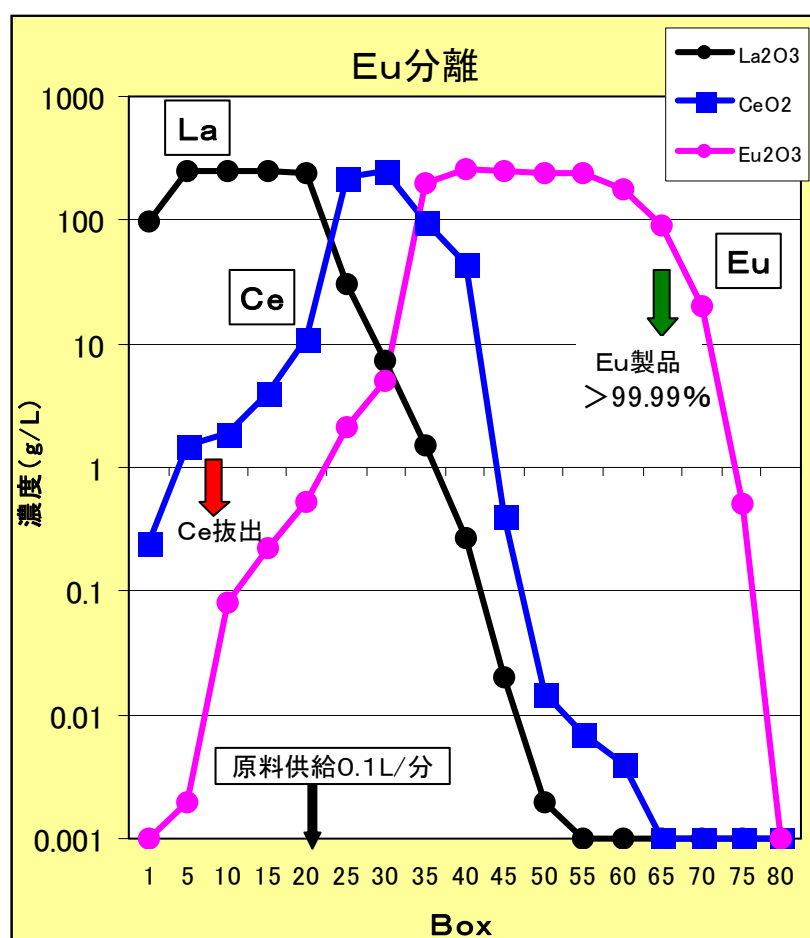
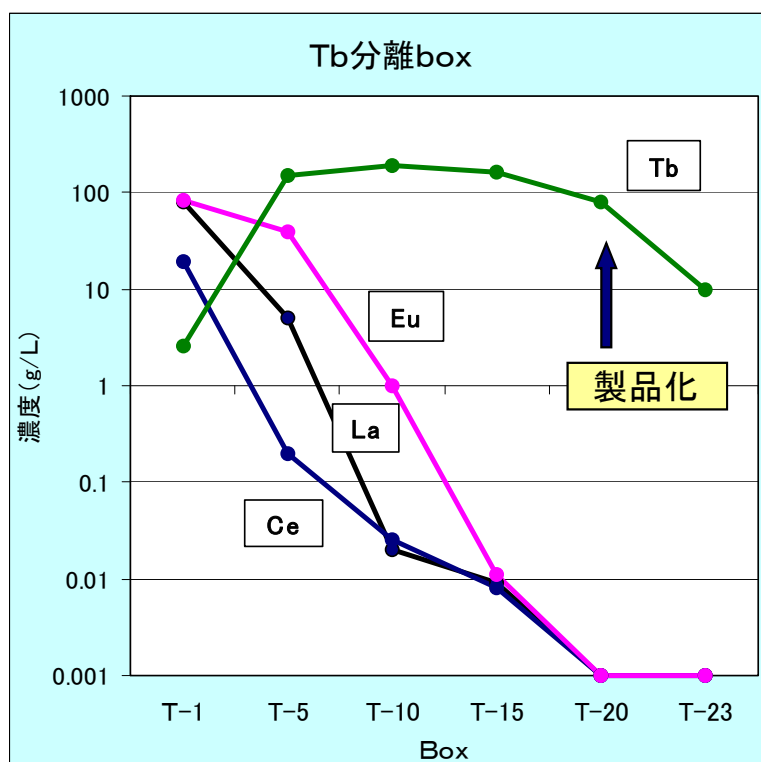


図 3-10 市場スクラップの溶媒抽出フローと抽出結果

最後に市場蛍光体スクラップ処理の採算性の検証を行った。各レアアースの価値は、2011年12月時点のレアアース相場を用いて算出し、本フローでの回収率は80%、10トン/月の処理能力を有した設備を用いての処理と仮定した。高品位、低品位ともに回収したレアアースが全て販売できるとすると、Y₂O₃、Tb₄O₇、Eu₂O₃の3成分を分離回収すると最も利益が多く採算がある。また、主要成分のY₂O₃だけでは採算が無いことが分かった。本リサイクルプロセスを事業化するためには、収集されるスクラップの量と品質、レアアースの需要量さらにレアアースの相場を総合的に考慮し、特にEu₂O₃、Tb₄O₇の販売経路を確保することが重要な課題となる。

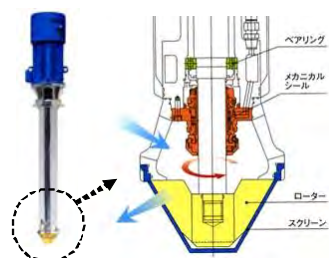
3-1-2 個別要素技術成果

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

(1) 廃研磨材の前分散処理技術

研磨材廃滓は、使用済みの研磨材に凝集剤を添加後、フィルタープレスにて脱水した硬い性状のものである。このケーキ状の廃滓をそのまま酸処理した場合、ケーキ内部の凝集剤を溶解することが困難なうえ、ケーキ内部に到達しない余剰な酸成分が表面の研磨材成分を溶解するなど、不純物除去精度/歩留の両面で弊害が生じる。これらの問題を解決するためには、研磨材廃滓の分散（解砕）処理が必要になる。加温攪拌しても殆ど効果は無く、機械的に大きな力を加えないと分散が十分でないことを確認したため、ホモジナイザーによる攪拌（分散）を検討した結果、短時間で処理が進行し、更なる分散強化の可能性も認められた（図3-11）。

項目	温度 [°C]	攪拌時間 [h]	分散スラリー 1mmメッシュ通過率[%]
水	34	3.0	49
温水 ①	60	3.0	63
温水 ②	91	3.0	63
ホモジナイザー	40	0.5	100



- ・ 主要部はローターとスクリーンによって構成され、スクリーンと微少なクリアランスを保ちローターが高速回転
- ・ 高速回転するローターにより、運動エネルギーを与えられた処理物が、スクリーンスリット部を通過する事により速度が増大
- ・ 速度増大された処理物は、槽内の処理物中に断続ジェット流を形成しその速度界面で液-液剪断力を発生

⇒ この断続ジェット流による剪断力を用いてリスラリーを行う

図3-11. 分散処理試験結果及びホモジナイザー概要図

(2) 不純物除去技術

研磨材廃滓中には凝集剤由来の鉄やガラス成分、その他不純物が混入しており、研磨材を再生するためにはこれら不純物の除去が必要である。不純物の性状から考慮して化学処理（酸、アルカリなどの薬液により溶解）と物理処理（フィルター類で選択的除去）を組み合わせたフローにて処理した結果、不純物品位を製品相当まで低減できる技術を確認した（図3-12）。



図 3-12. 不純物除去フロー及び各工程後の不純物品位

(3) 分散処理技術

研磨キズに影響する因子の代表例として、異物（不純物除去工程で検出されない程微量のものも含む）が挙げられ、これらを除去するためにフィルター処理を実施している。但し、フィルター処理にて研磨材が捕捉されると、工程歩留が低下するため、研磨材成分は高分散状態としなければならない。図 3-13 に各種添加剤による分散性評価試験の結果を示す。リン酸系Cの添加により分散性は大幅に向上する。加えて、剪断分散機による分散処理を施すことで、製品研磨材以上の $2\mu\text{m}$ フィルターを通過させる事が可能（製品研磨材は $3\mu\text{m}$ ）となった。

	pH	分散性	Filter通過性	付着性
製品(Ref.)	4.13	24.0%	0%	×
リン酸系A	8.59	8.7%	100%	○
リン酸系B	6.92	9.6%	100%	○
リン酸系C	8.78	8.0%	100%	○
カルボン酸系D	2.81	7.5%	100%	○

分散性：24hr後スラリーの沈降容積÷全体容積

Filter通過性：研磨材スラリー5mlの $3\mu\text{m}$ デプスフィルター通過率

付着性：研磨材スラリーのPE容器への付着性

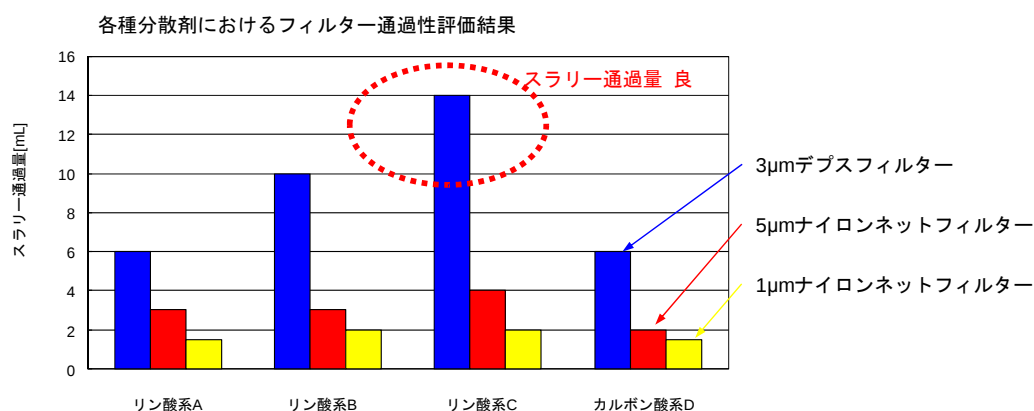


図 3-13. 各種添加剤の分散性評価

(4) 焼成技術

研磨材の品質にはキズ以外にレート（研削速度）も要求される。先述のフローで製造したスラリーは、粒度分布でみる粒径は小さくなっており、所望の研磨レートが得られない。そこで、製品相当の粉体物性となるようにリサイクル研磨材の焼成試験を実施した。サヤに入れた研磨材の静置焼成では、サヤの表面／底部で物性に差が見られたため、現場の製造設備に則ったキルンによる動的焼成を行った。動的焼成後の研磨材の品質は均一となり（図 3-14）、粒子径、比表面積も製品相当となることが分かった（表 3-2）。

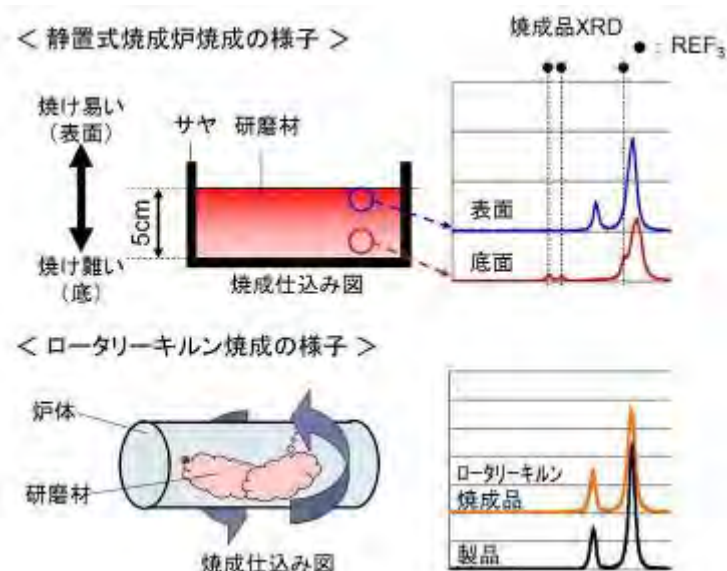


図 3-14. 静置式焼成炉、ロータリーキルン焼成のイメージ図と焼成品のXRDパターン

表 3-2. 焼成前後および製品研磨剤の粉体物性比較

		焼成前	焼成後	製品
SSA	m ² /g	23.39	3.03	3.53
D50	μm	0.70	1.25	1.10

(5) 研磨材特性

先述のフローの最適化により、研磨キズ、レート共に製品相当のものとなる（図 3-15）。



図 3-15. リサイクル研磨剤の研磨特性

(6) 品質管理

① XRFによる不純物管理

不純物除去工程では、凝集剤由来の鉄やガラス由来のSi、Al成分の除去を行うが、これら不純物の除去が確実にできているかを迅速に判断するための評価技術が必要になる。不純物定量評価用に導入したXRF（蛍光X線：（株）リガク）により、不純物除去工程の合否判定を迅速にできるようになった。また、軽元素のSi、Alについても検量線の作成により精度良く解析可能となった。

② 精密粒度分布による粗粒解析

フィルター処理で除去する異物は0.0X%程度のものであり、この異物が少しでも残ると研磨キズの原因となる。通常の粒度分布計は、平均粒径を出すのには適しているものの、微量の粗粒子を検出するのには適していない。そこで、3万個以上の粒子一つ一つを電気検知方式で検出する精密粒度分布計を導入し、わずかな粗粒も迅速かつ正確に分析が可能となった。

③ XRDによる構造解析

焼成工程後の粉体物性を評価するために、保有設備の粒度分布、比表面積測定計の他、研磨材の構造解析用のXRD（X線回折：（株）リガク）を導入して、焼成工程の合否判定を迅速に行えるようになった。

(7) 評価技術

研磨済ガラスの評価機器として、散乱光からキズを検出する検査機のデモ試験を行い、目視異常に精度よく評価できる事を確認した。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

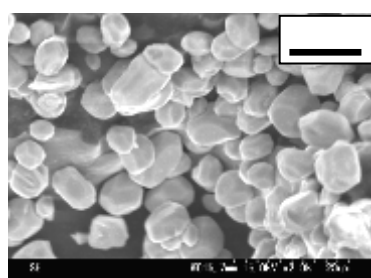
(1) 蛍光体製造工程内スクラップの前処理技術

蛍光体製造メーカーより工程で発生したCRT用蛍光体（YOS） $Y_2O_2S:Eu$ とランプ用蛍光体（LAP） $LaPO_4:Ce, Tb$ の2種類のスクラップを入手し、各スクラップについてXRF半定量分析、SEM、XRD測定を実施し、レアアース成分及び不純物の含有状況を把握し、化学的処理方法によって抽出回収する方法を検討した。

CRT用スクラップにはレアアース成分（Y、Eu）以外に硫黄（S）を多く含有していることが確認された（表 3-3、図 3-16、図 3-17）。

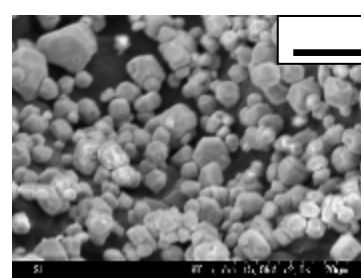
表 3-3. CRT用スクラップのXRF分析結果 (%)

	Y2O3	Eu2O3	S	Cu	Fe	Zn	Si
CRT用蛍光体（未焙焼品）	73.6	4.32	8.4	0.03	—	0.04	0.08
CRT用蛍光体（焙焼品）	84.8	4.04	4.0	0.03	—	—	—



未焙焼品

× 2000



焙焼品

× 2000

図 3-16. CRTスクラップのSEM観察

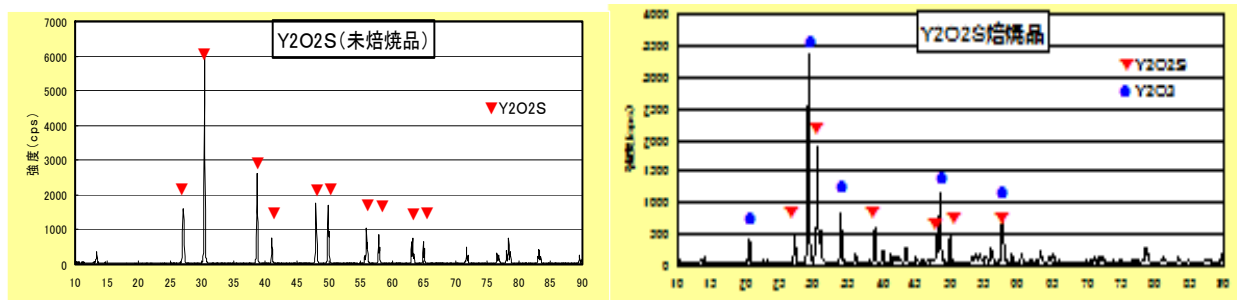
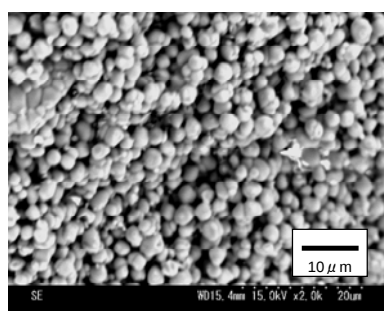


図 3-17. CRTスクラップのXRD測定結果

一方ランプ用スクラップは、レアアース成分（Tb、Ce、La）以外に燐（P）が多く含まれ（レアアースはリン酸化合物で存在）Mg、Si、Al等の不純物も含まれていることが確認された。（表 3-4、図 3-17、図 3-18）

表 3-4. ランプ用スクラップのXRF分析結果

La ₂ O ₃	CeO ₂	Tb ₄ O ₇	P ₂ O ₅	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	(%)
41.2	19.2	10.1	27.2	1.53	0.674	0.175	



×2000

図 3-17. ランプ用スクラップのSEM観察

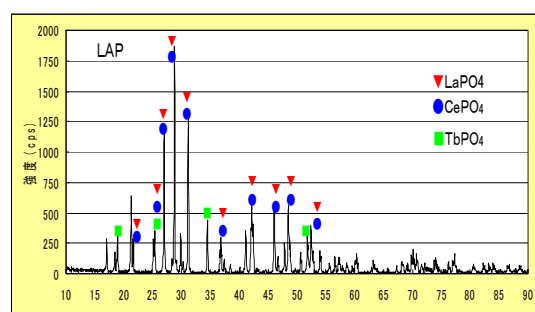
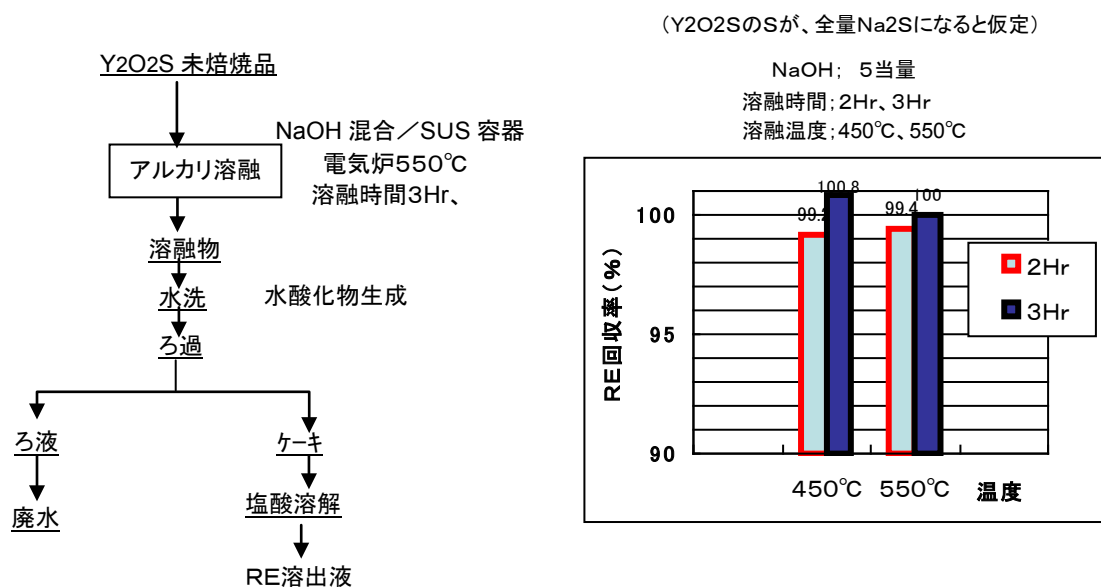


図 3-18. ランプ用スクラップのXRD測定結果

CRT用蛍光体スクラップの処理は、塩酸溶解処理とアルカリ溶融処理を検討した。塩酸溶解は、含有しているS成分を予め除去しないと著しく溶解率が低下（溶解率30%程度）することが分かった。さらにS分解のために焙焼を試みたが、Sは1,200℃以上で焙焼しないと分解せず、静置焙焼では鉍層厚の影響が大きいことを確認した。一方アルカリ溶融は融剤に苛性ソーダ（固形）を用いて処理を行った結果、スクラップを殆ど溶解できることを確認した。また苛性ソーダの添加量、反応温度、反応時間の最適条件も確認した。図 3-19 にCRT用スクラップのアルカリ溶融フローを示す。



溶融温度 450℃ × 3Hr でレアアースは 100% 溶出可能。

反応時間 2Hr でも 99% は溶出できる。

図 3-19. CRT 用蛍光体スクラップのアルカリ溶融フロー

ランプ用蛍光体は、硫酸溶解処理とアルカリ溶融処理を検討した。硫酸溶解は反応温度を 150℃ に上げることで殆どのレアアースが溶出することを確認したが、本法では溶解液のレアアース濃度が低いため、後工程の溶媒抽出の負担が大きくなる。一方アルカリ溶融は融剤に苛性ソーダ（固形）を使用し、溶融後の水酸化物の溶解（塩酸溶解）で過酸化水素水を添加してセリウムを還元しながら溶解することでスクラップを殆ど溶解できることを確認した。図 3-20 にランプ用蛍光体スクラップのアルカリ溶融フローを示す。また高濃度の燐（P）含有廃液は消石灰処理で燐の水質排水基準（日間平均 8 ppm）をクリアすることを確認した。

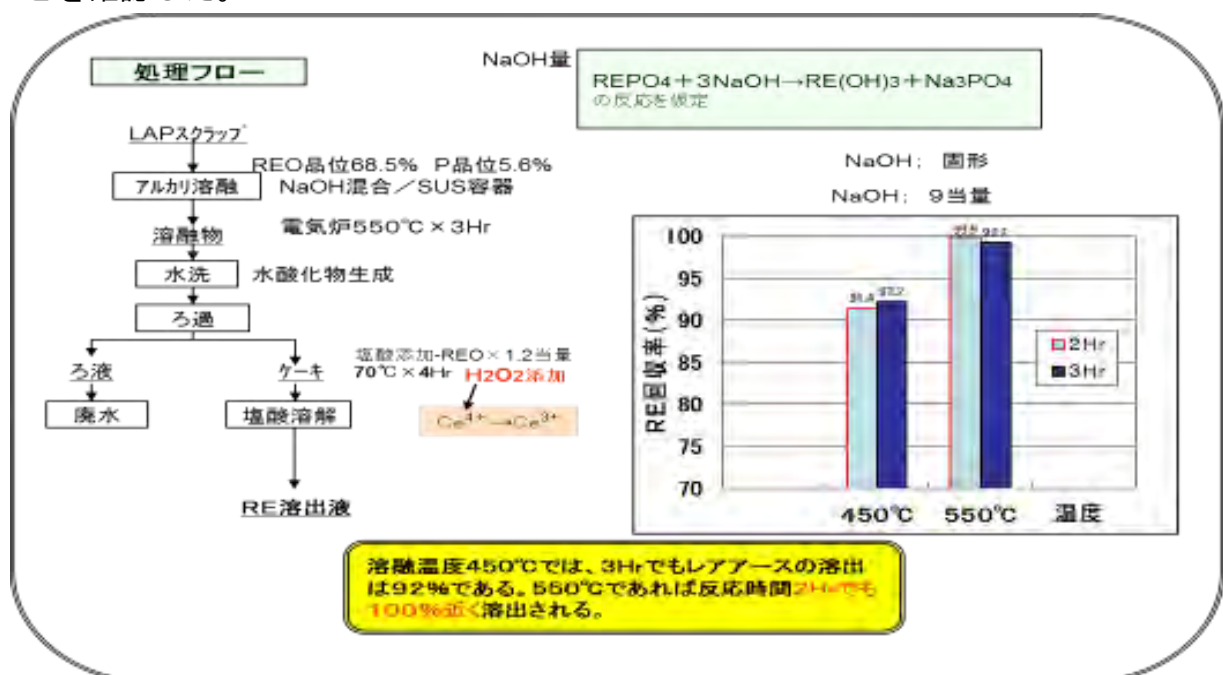


図 3-20. ランプ用蛍光体スクラップのアルカリ溶融フロー

表 3-5 に C R T 用およびランプ用蛍光体スクラップの前処理試験結果を示すが、両工程スクラップとも酸に溶解し難い物質であり、処理コスト等を考慮するとアルカリ溶融法を用いた処理方法が最適である。

表 3-5. 工程内スクラップの前処理試験結果（まとめ）

スクラップ	処理方法	結果	問題点	採用可否
Y ₂ O ₂ S (CRT用)	焙焼→塩酸溶解	①焙焼にて残留しているS分を分解・低減すれば溶解率は上がる ②焙焼温度は1200℃、S分解には長時間必要	①S分解は高温焙焼が必要 ②多量のSO ₂ 発生→排ガス処理設備が必要。	×
	アルカリ溶融	NaOHを使用したアルカリ溶融処理でほぼ100%溶解できる	本方法での処理は可能だが、アルカリ廃液およびNa ₂ S含有廃液が排出される(廃液中和時H ₂ S発生)	○
LAP (ランプ用)	硫酸溶解	溶解温度150℃においてほぼ100%溶解できる	硫酸レアースは溶解度が低い為、硫酸塩の析出が工程に支障を起し易い。	×
	アルカリ溶融	NaOHを使用したアルカリ溶融処理でほぼ100%溶解できる。 また、Ce還元のためのH ₂ O ₂ 添加が必要	H ₂ O ₂ 使用量の最適化が必要	○

(2) 蛍光体製造工程内スクラップのレアース相互分離精製技術

ミキサーセトラーは、実工程と相似性の高い数百キロレベルの原料で実証可能な小規模分離設備および不純物元素等の影響を想定し、ミキサーセトラー段数が150段の設備を設計し設置した。ミキサーセトラー設備は20段／基×7基と10段／基×1基、および溶媒にNaを負荷させる負荷BOX×1基で構成しており、適時接続方法と段数の変更が可能である。1段の容量はミキサー部が3.9リットル、セトラー部が11.8リットルとなっている。図 3-21 にミキサーセトラー20段／基の全体図、図 3-22 にミキサーセトラー外観を示す。

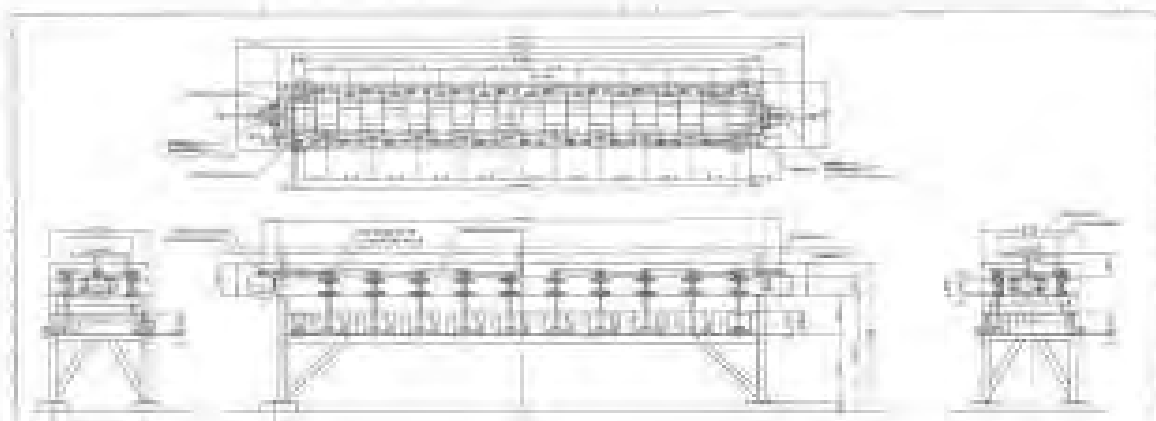


図 3-21 ミキサーセトラー20 段/基 全体図

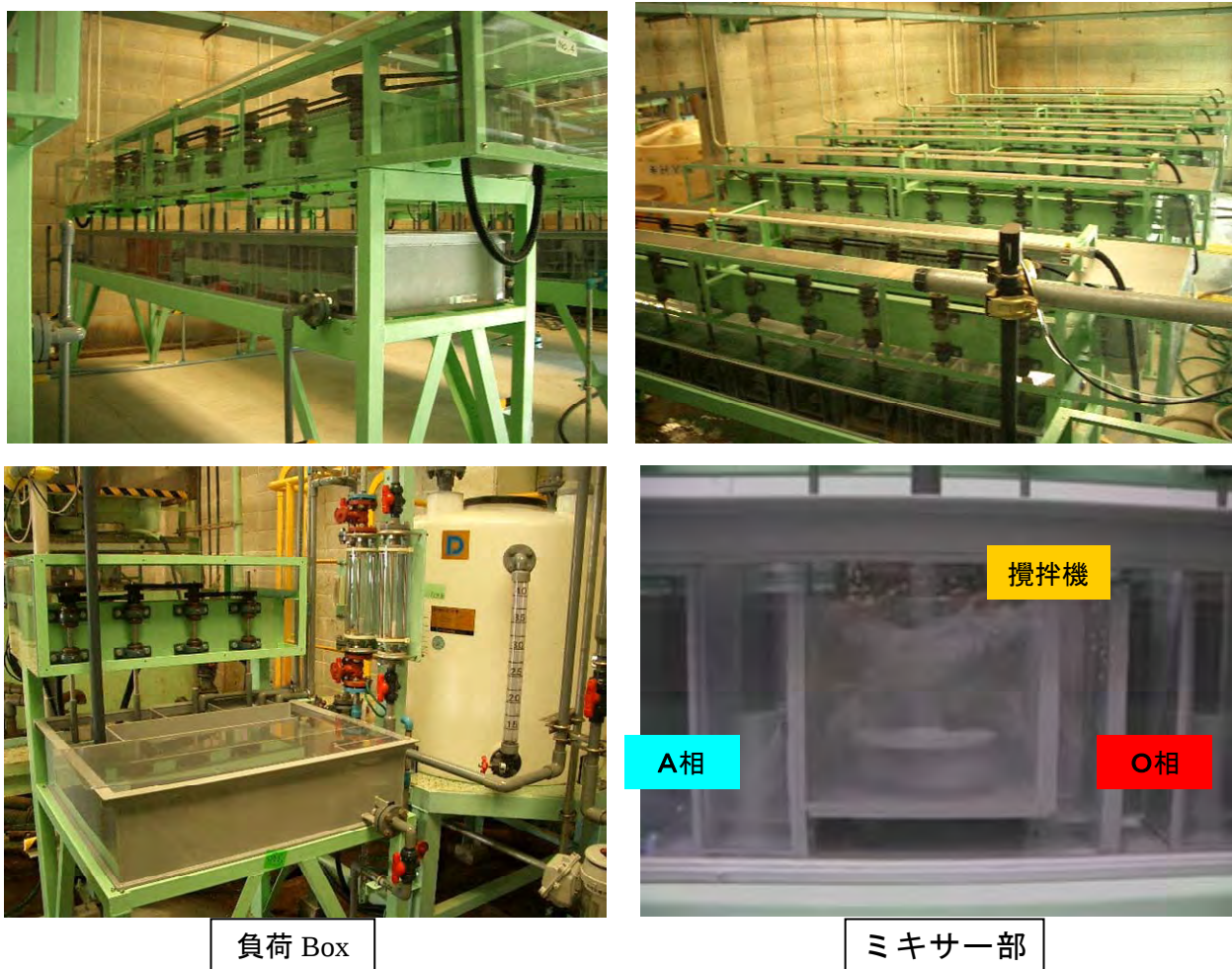


図 3-22 ミキサーセトラー外観

CRT用蛍光体スクラップについて溶解液を作成し（表 3-6）、溶媒PC88A（2-ethyl hexyl phosphonic acid mono2-ethyl hexyl ester）を用いて図 3-23 のフローでイットリウム（Y）とユーロピウム（Eu）の分離試験を実施し、高純度（99.99%）のYおよびEuを分離精製できることを確認した。（図 3-24）

表 3-6 CRT用蛍光体スクラップ溶解液の分析結果

TREO (g/L)	Y ₂ O ₃ /TREO (%)	Eu ₂ O ₃ /TREO (%)	Fe (mg/L)	Si (mg/L)	Al (mg/L)	Ni (mg/L)	Cu (mg/L)
149	94.2	5.8	49	8	6	1.4	<1

MS-90段使用

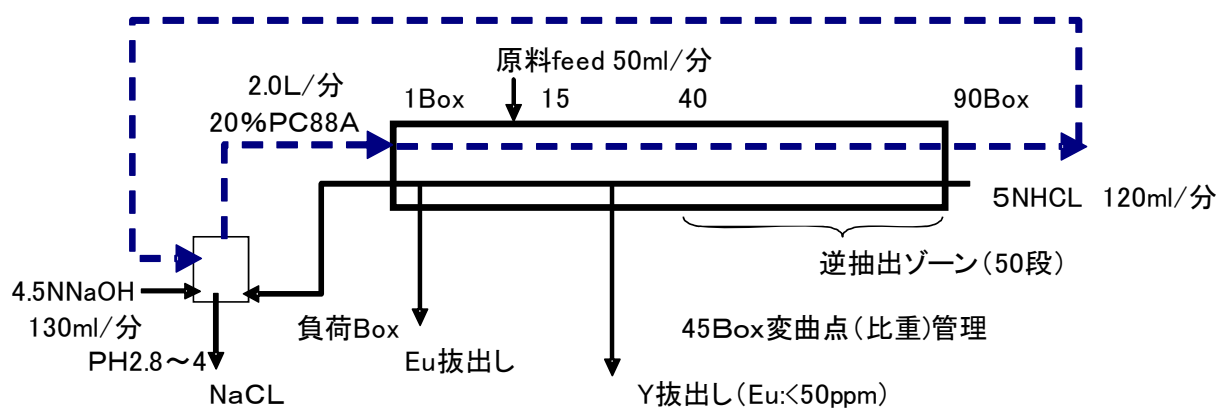


図 3-23 ミキサーセトラー分離フロー

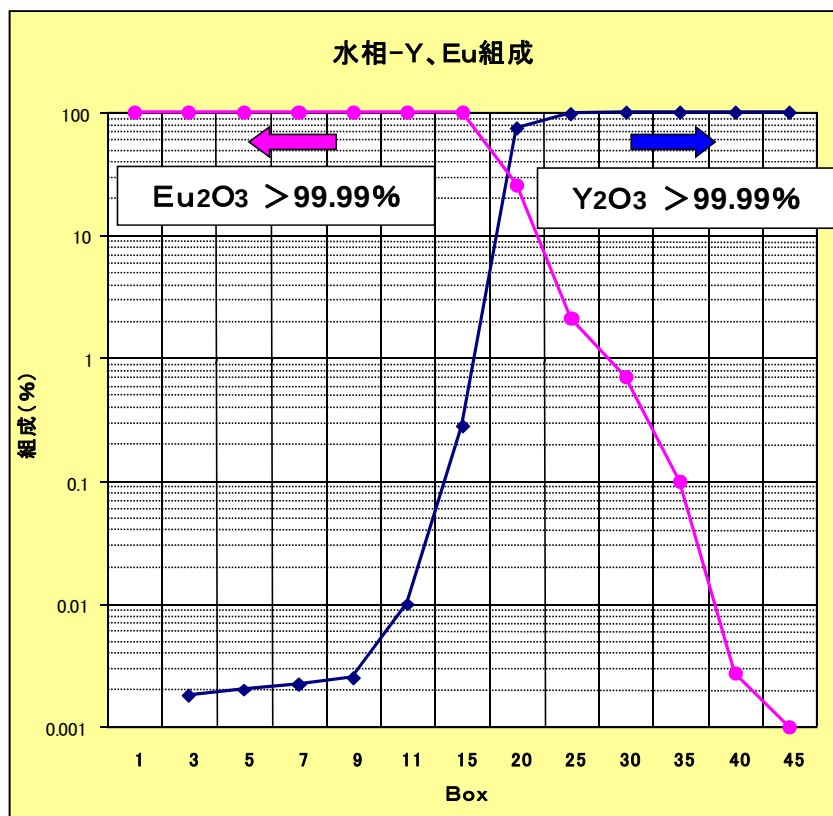


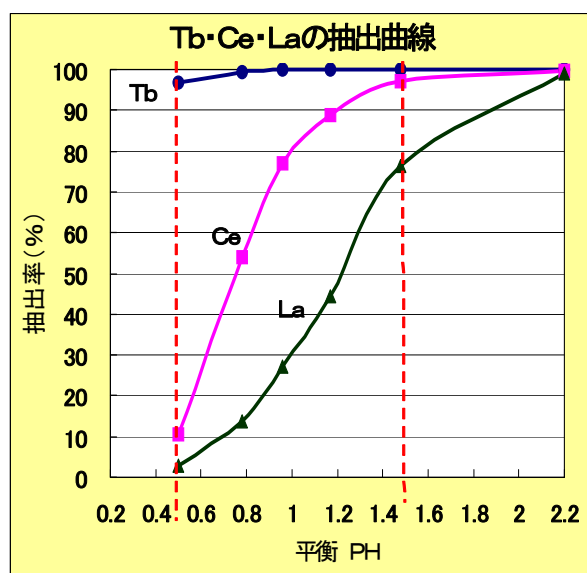
図 3-24 Y-Eu 分離曲線

ランプ用蛍光体スクラップについてアルカリ溶融技術を用いて処理し、テルビウム（Tb）、セリウム（Ce）、ランタン（La）を溶出させ溶媒抽出試験用の原料液を作成した。表 3-7 にその分析結果を示す。

表 3-7 ランプ用蛍光体スクラップ処理液の分析結果

La ₂ O ₃ (g/L)	CeO ₂ (g/L)	Tb ₄ O ₇ (g/L)	Al (mg/L)	Fe (mg/L)	Si (mg/L)	Mg (mg/L)
56.7	26.8	14.5	30	6	19	<10

溶媒抽出分離はPC88Aを用いて行い、原料液でレアース相互の分離係数を調査し（図 3-25）、最初にTb分離（1次分離）を実施した後、La及びCeの相互分離（2次分離）試験を実施した。Tb分離ではCeに起因する分離不良が生じたが分離方法、条件を検討し分離技術を確認した結果、スクラップ処理液からTb₄O₇、CeO₂、La₂O₃各々の成分について99.99%の品位まで分離精製することを確認した。図 3-26、図 3-27 にTbの分離フローおよび分離曲線を示し、図 3-28、図 3-29 にCe/Laの分離フローおよび分離曲線を示す。



【分離係数】

平衡PH	Tb／Ce	Ce／La
PH0.5	265	1.9
PH0.8	168	7.4
PH1.0	45	7.37
PH1.2	—	9.98
PH1.5	—	10.24



①Tbは平衡PH0.5付近で90%以上抽出され、PH 1.0では100%抽出される。またCeは平衡PH0.5で10%程度抽出され、PH0.8付近で約50%の抽出率であった。この条件では平衡PH0.5付近でTb／Ceの分離係数は最大となり、このPH域で最も効率良く分離が行えると推定。

②Laは平衡PH1.2付近で40%、PH1.5で75%抽出される。Ce／Laの分離係数は平衡PH1.5付近で最大となり、このPH域で最も効率良く分離が行えると推定。

図 3-25. Tb・Ce・Laの抽出曲線と分離係数

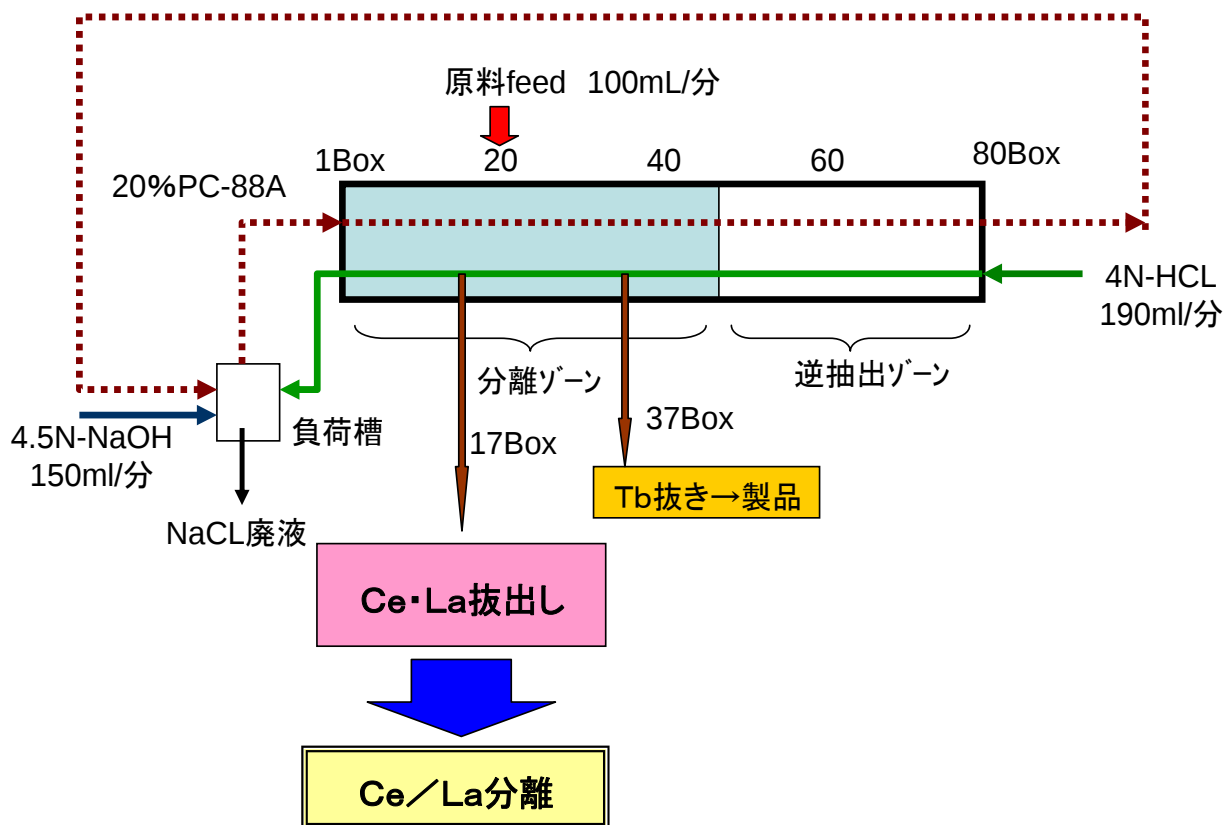


図 3-26. Tb の分離フロー（1 次分離）

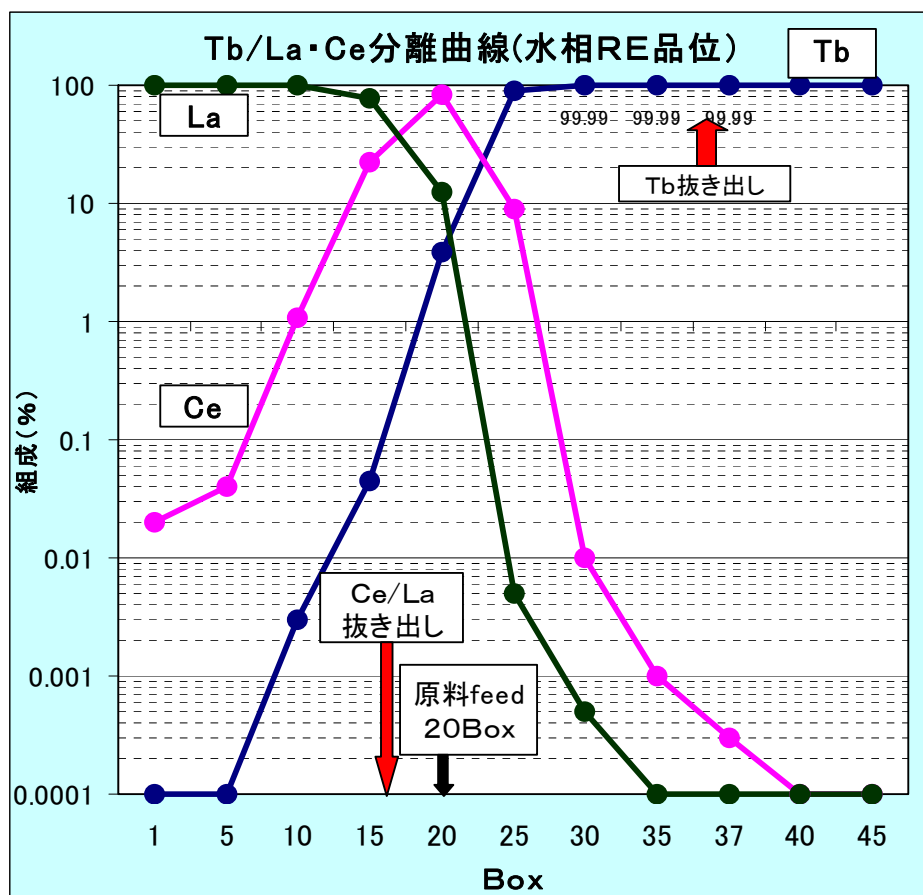


図 3-27. Tb / Ce · La の分離曲線

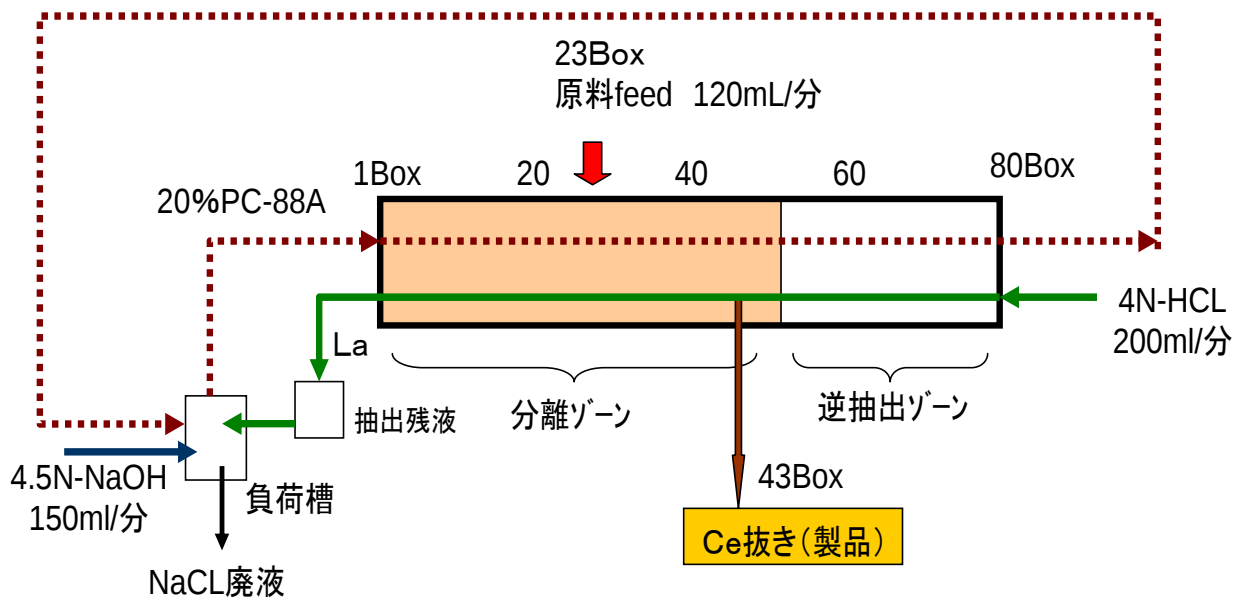


図 3-28. Ce / La の分離フロー（2 次分離）

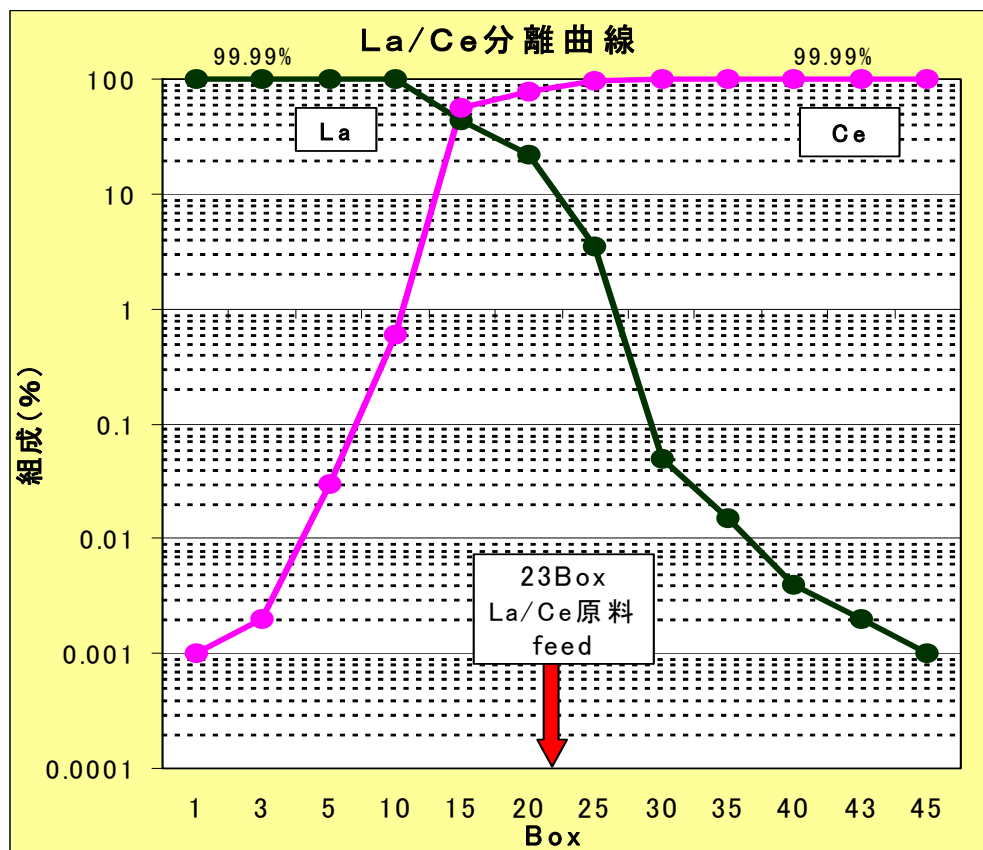


図 3-29. Ce・La の分離曲線

(3) 市場蛍光体スクラップ（主に廃蛍光灯蛍光体）の前処理技術

蛍光体にはレアアースを含む三波長蛍光体と、レアアースを含まない白色（ハロリン酸カルシウム）蛍光体があるが、使用済み蛍光管から回収された蛍光体スクラップは三波長

蛍光体を主に回収されたもの（レアアース含有量が多い）と逆に白色蛍光体を多く含有したスクラップ（レアアース含有量が少ない）があり、表 3-8 に示すようにレアアース以外にP、Al、Ca、Ba、Sr等の不純物を多く含有し共通してHgが含まれることを確認した。図 3-30 にSEM観察、図 3-31 に粒度分布測定結果を示す。

表 3-8 廃蛍光体スクラップの組成分析結果

スクラップ	レアアース成分						不純物成分								定量分析(ppm)		
	Y ₂ O ₃	Eu ₂ O ₃	La ₂ O ₃	CeO ₂	Tb ₄ O ₇	計	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	BaO	CaO	SiO ₂	SrO	Fe ₂ O ₃	MgO	Pb	Hg	Cr
A	42.7	3.1	14.2	6.4	3.2	69.6	9.3	5.2	3.9	1.5	0.6	8.3	0.07	0.53	80	4	<20
B	45.1	3.0	12.6	5.5	2.7	68.9	9.6	2.7	5.5	2.6	0.2	9.1	0.05	0.3	44	2	<20
C	10	0.7	3.4	1.6	0.7	16.4	27.1	1.8	1.5	44.9	3.1		0.02		16	6	<20
D	9.4	0.7	3.2		0.7	14	14.9	3.7	2.5	36.3	14.2	3.1	0.5	0.8	24000	6	50
E	9.8	0.8	3.5	1.6	0.7	16.4	26.5	2.3	2.1	43	0.9	3.7	0.2	0.3	76	2	<20

三波長主体

Pb: ガラス層に起因

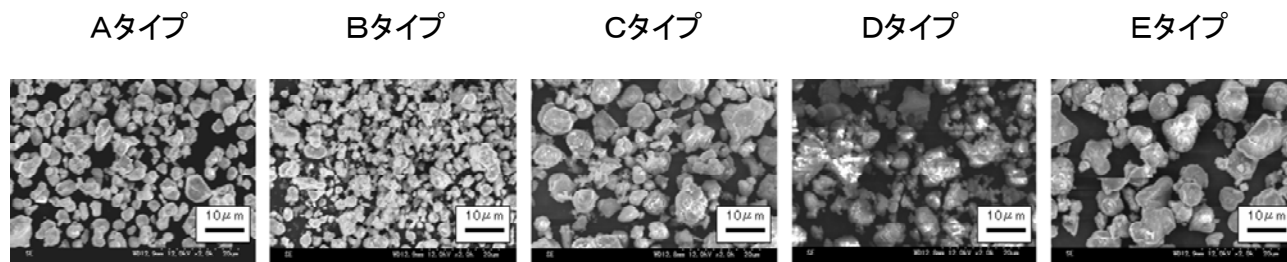


図 3-30. SEM観察結果

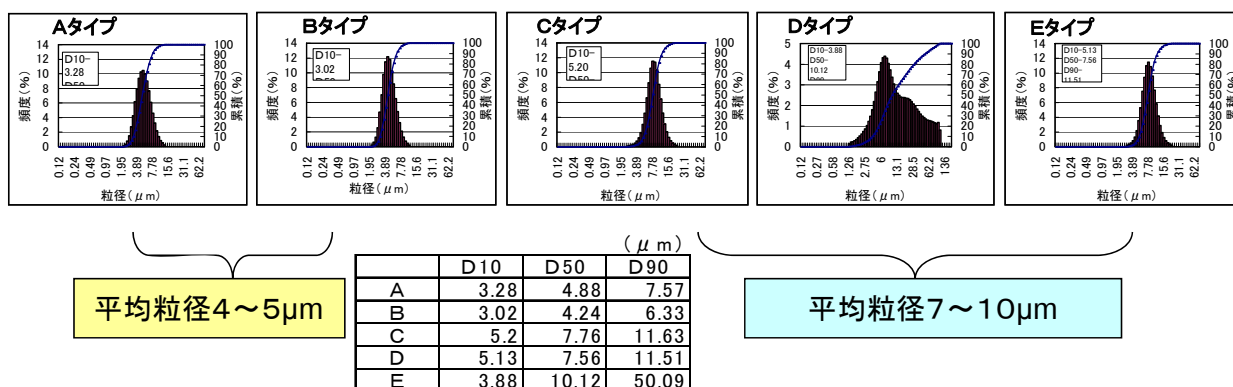


図 3-31. 粒度分布測定結果

溶媒抽出分離における不純物の影響を調査するため、三波長を主に回収したスクラップの溶解液でCa、Ba、Sr、Alの抽出試験を実施した。図 3-32 にCa 1.1 g/L、Ba 5.1 g/L、Sr 1.0 g/Lの濃度の溶解液を用いた試験結果を示すが、抽出平衡pHが2.5→4.1→5.9と高くなるにつれO相とA相の分相時間が長くなり、またいずれの条件においても、O相とA相の界面に微量のクラッドが見られた。ミキサーセトラ一分離操作への影響を考慮するとこれらの不純物は除去しておく必要がある。Ca、Ba、Srについては、スクラップを薄い塩酸で処理することで除去できることを確認した。

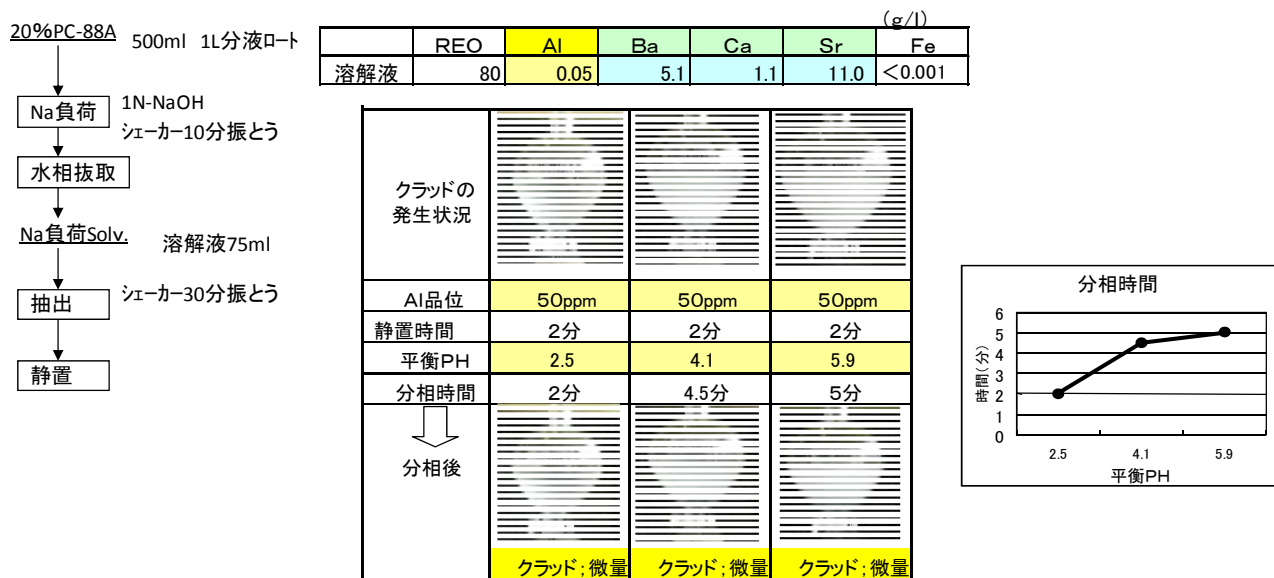


図 3-32. 不純物（C a、B a、S r）の抽出試験結果

同様にA Iについて抽出試験を実施した。溶媒抽出においてA Iはクラッドを発生させる一成分であり、A Iの影響を確認するためにスクラップ処理液にA Iを添加しクラッドの発生状況と分相時間を調べた。図 3-33 に試験結果を示すが、ミキサーセトラ一分離操業への影響を考慮すると溶解液中のA I品位は200ppm以下が望ましいことを確認した。

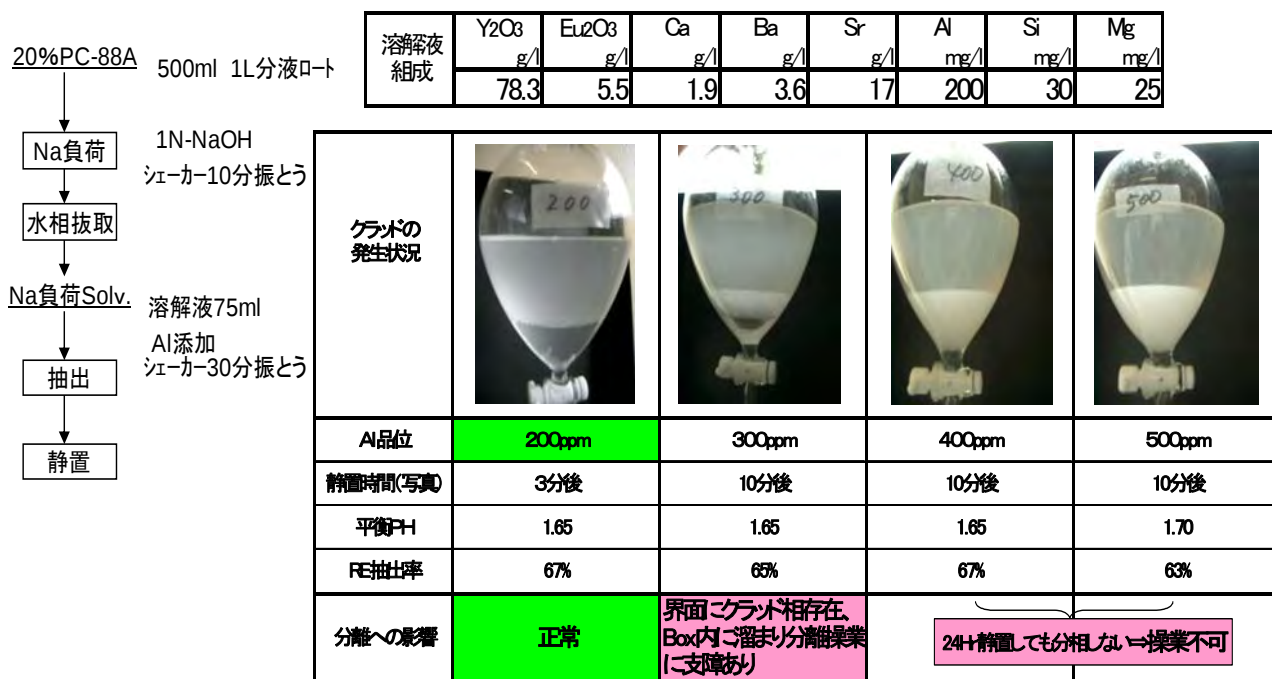


図 3-33. 不純物（A I）の抽出試験結果

A I除去はp H調整による分別沈殿法を検討した。p H3.5 で液中A Iの83%が沈殿として除去でき有効であることを確認した。またこの時のレアアースロス率は3%程度であった。(図 3-34)

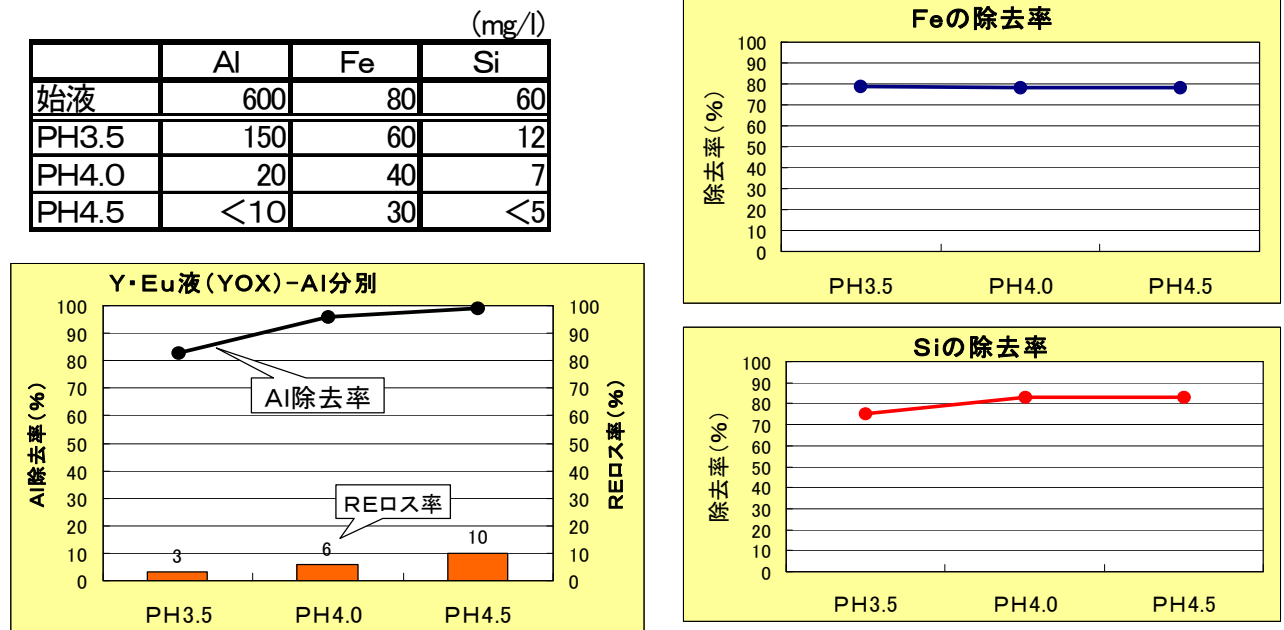


図 3-34. 不純物除去試験結果

実験結果をもとに最適条件を確認し処理フローを決定した。図 3-35 に三波長廃蛍光体スクラップの前処理フローを示す。

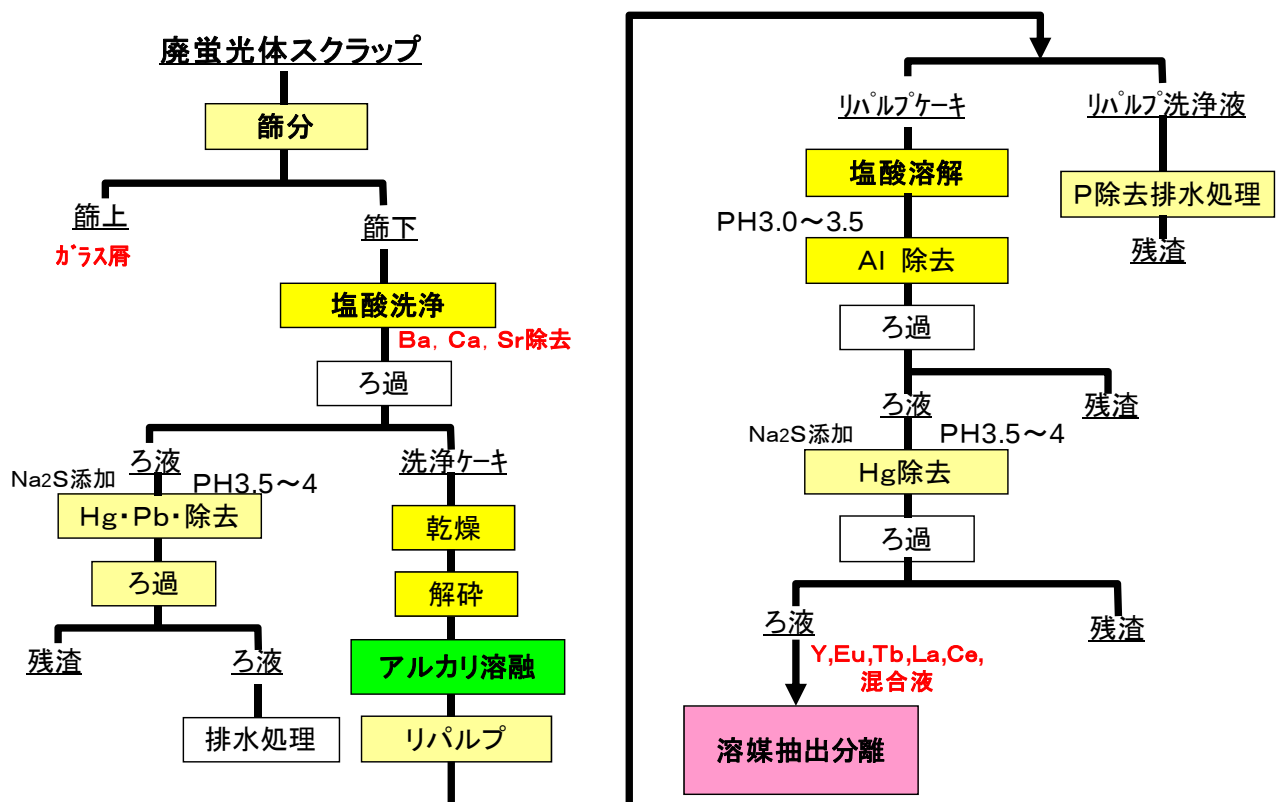


図 3-35. 三波長廃蛍光体スクラップの処理フロー

(4) 市場蛍光体スクラップのレアアース相互分離精製技術

ランプ用蛍光体スクラップの処理液（表 3-9）から、ラボミキサーセトラ一分離設備を使ってレアアース成分を相互分離精製（高純度 99.99%）することを目的に試験を実施。図 3-36 にミキサーセトラ一分離フローを示すが、1 次分離で Y を分離精製し、Y の分離ミ

キサーセトラーから溶媒を一部分岐して同時にTbの分離精製（2次分離）を実施し、回収したLa・Ce・Euの混合液からEuの分離（3次分離）を行った結果、高純度（99.99%）のY、Tb、Euを各々分離精製できることを確認した。最後に残ったLa・Ceは混合液で回収した。

表 3-9. 市場蛍光体スクラップ処理液のレアアース組成

TREO	La ₂ O ₃	CeO ₂	Eu ₂ O ₃	Tb ₄ O ₇	Y ₂ O ₃
g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L
98	18.6	5.9	3.8	3.9	66

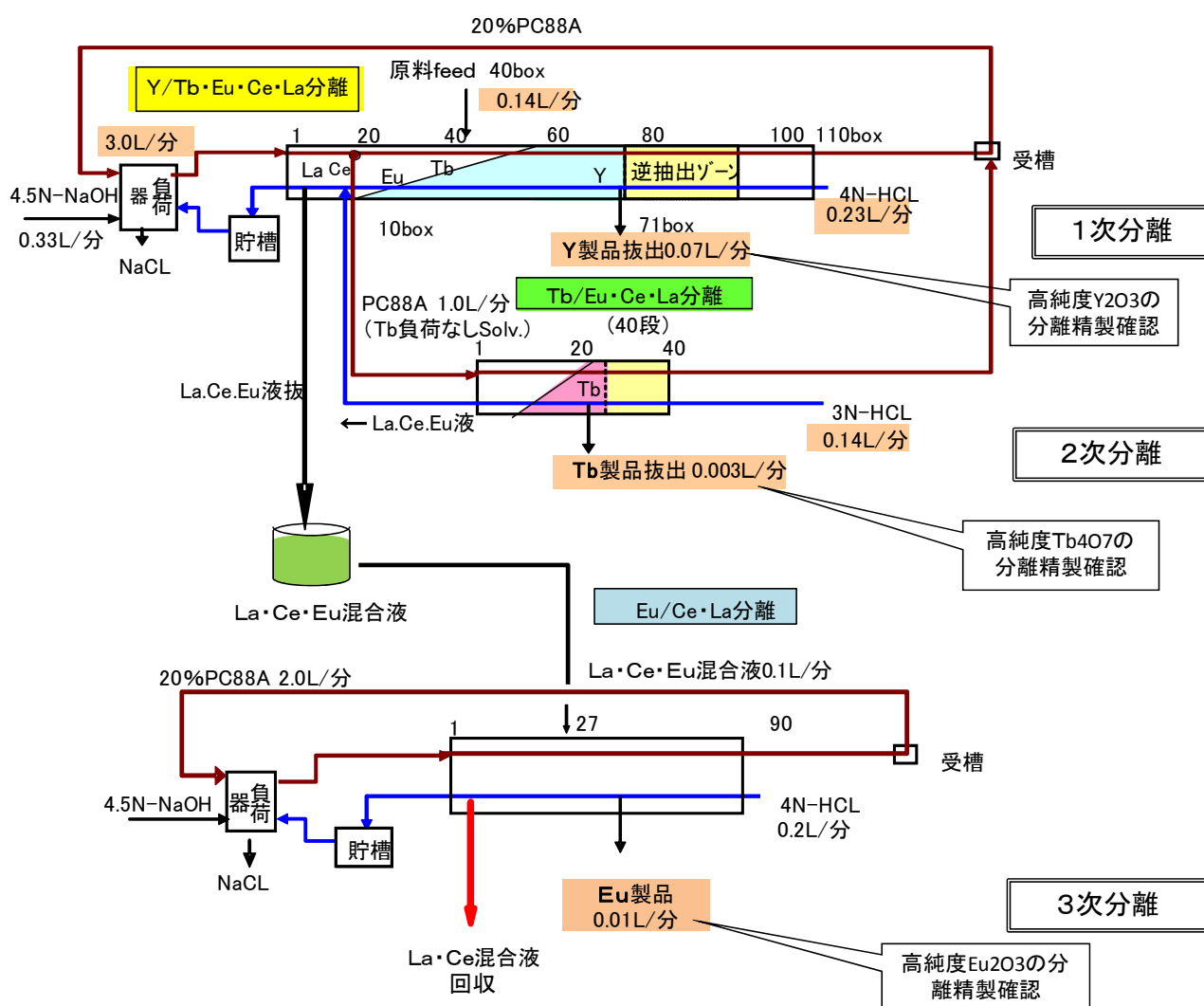


図 3-36. ミキサーセトラー分離フロー

(5) 市場蛍光体スクラップ処理の最適化

市場スクラップに含有する水銀の処理は、当初硫化ソーダを使用した処理方法を検討していたが、この方法だと水銀含有廃滓が多く発生し廃滓処理コストが高くなる問題があった。今回、水銀吸着用活性炭を用いて水銀除去が可能かどうか試験した結果、活性炭 1 m

1あたり水銀2mgの吸着能力があり、処理液pHを1.0、2.0、3.0で比較しても吸着能力に差がなく酸性下での水銀吸着効果が安定していることを確認し、水銀吸着用活性炭の使用は有効であり、廃滓処理コストが大幅に削減できることが分かった。

レアアース高品位および低品位の市場蛍光体スクラップ2種類について前処理フローの確認を行った。三波長蛍光体を主体（高品位）にしたスクラップについては、確立したフローで特に問題なく処理できたが、レアアース低品位スクラップはハロ成分 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{FCl}$ を多く含み、このハロ成分が前処理で分解されずに残留すると、最終のAl除去工程でレアアースリン酸塩を形成（残留ハロ成分量に比例）し、レアアース収率が悪化することが分かった。対応策として、スクラップを最初に酸処理しハロ成分を浸出させたのち、pHを調整してレアアースリン酸塩を沈殿として回収し、余剰なハロ成分を除去するフローを確立した。図3-37に示すようにCaO品位が5%を境に酸処理方法を変更させることも分かった。図3-38に高品位および低品位スクラップの前処理フローを示す。

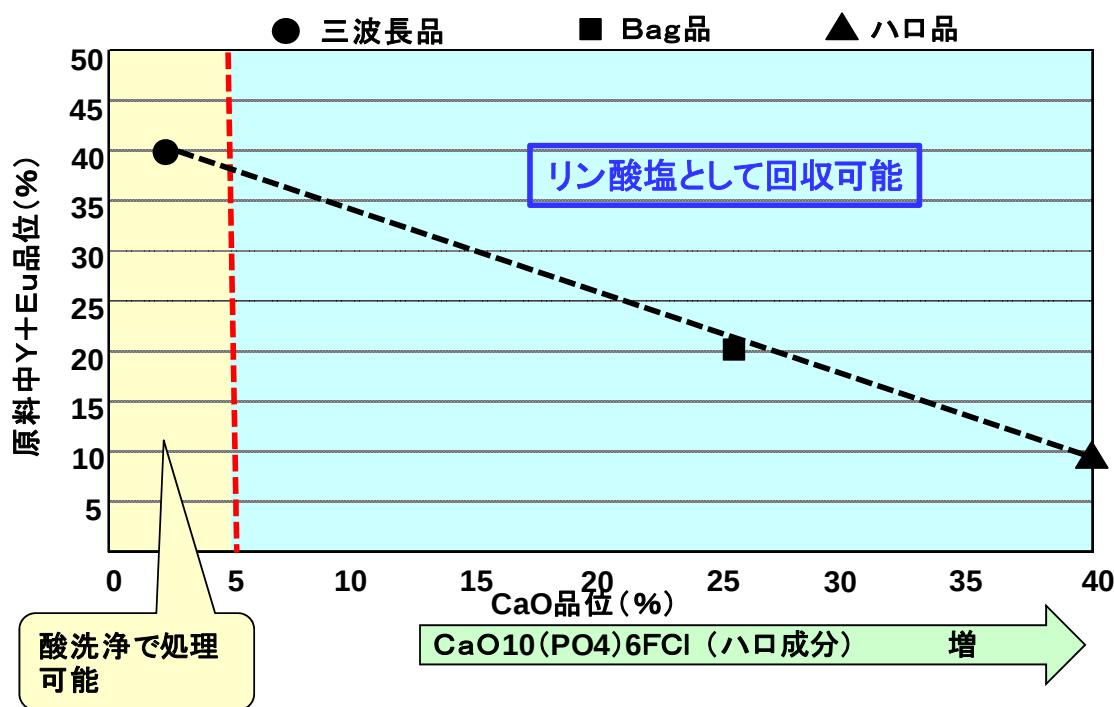


図 3-37. スクラップ中のCaO品位と処理方法選定図

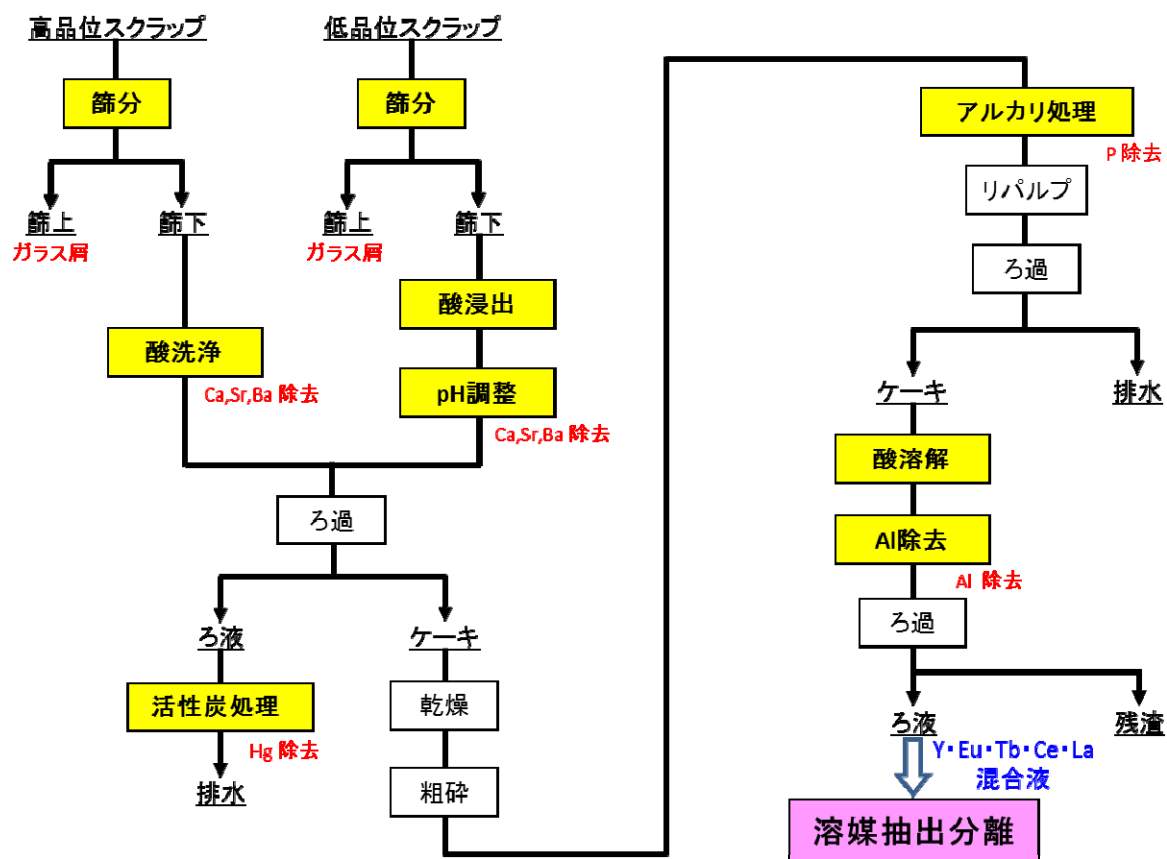


図 3-38. 市場蛍光体スクラップの前処理フロー

(6) 事業構想と採算性の検証

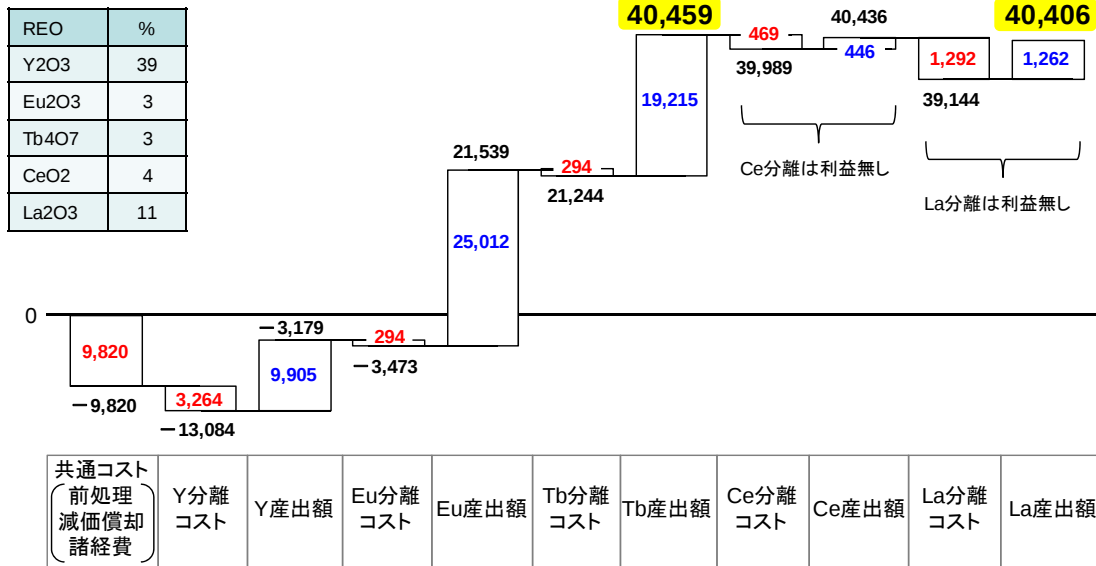
試験結果をもとに市場蛍光体スクラップを処理し、事業として成り立つか採算性の検証を行った。採算性を評価するにあたり本テーマで回収可能な Y_2O_3 、 Eu_2O_3 、 Tb_4O_7 、 CeO_2 、 La_2O_3 の市場価値が必要となるが、今回算出に用いた市場価値は、2011年12月時点のレアアース相場を用いて算出した。本フローでのレアアース回収率は80%とし、10トン/月の処理能力を有した設備を用いて処理すると仮定した。レアアース回収の共通コストとして前処理費、減価償却費、諸経費を計上し、各々のレアアース分離に掛かるコストと回収されたレアアースで得る収入（産出額）により経済性を評価し採算があるかを検証した結果、図 3-39 に示すように Y_2O_3 、 Eu_2O_3 、 Tb_4O_7 の3成分を分離回収すると最も利益が多く採算性があり、主要成分の Y_2O_3 だけでは採算は無いことが分かった。

高品位蛍光体スクラップ処理の経済性※

(処理能力10 t/月 設備で3.5 t/月 処理のとき：レアアース2011年12月価格)

投入スクラップ(高品位)

(単位：千円)



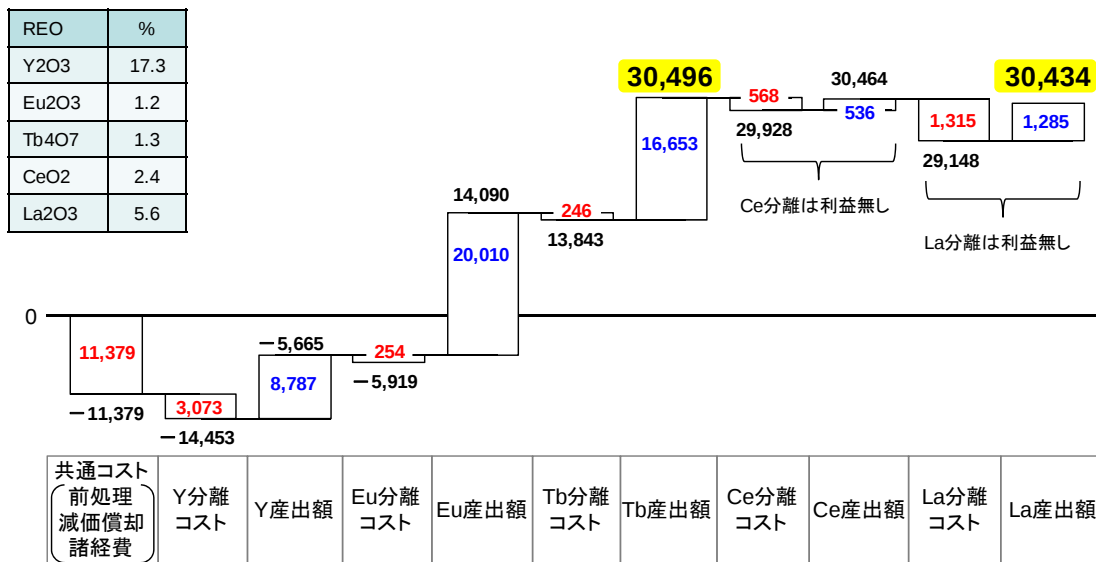
※:採取率 80% のとき

低品位蛍光体スクラップ処理の経済性※

(処理能力10 t/月 設備で7 t/月 処理のとき：レアアース2011年12月価格)

投入スクラップ(低品位)

(単位：千円)



※:採取率 80% のとき

図 3-39. 市場蛍光体スクラップ処理の経済性

本リサイクルプロセスの事業化を見極めるには、図 3-40 に示すように収集されるスクラップと品質、レアアースの需要量さらにレアアースの相場を総合的に考慮し、特に収益のポイントとなるEu₂O₃、Tb₄O₇の販売経路を確保することが重要となる

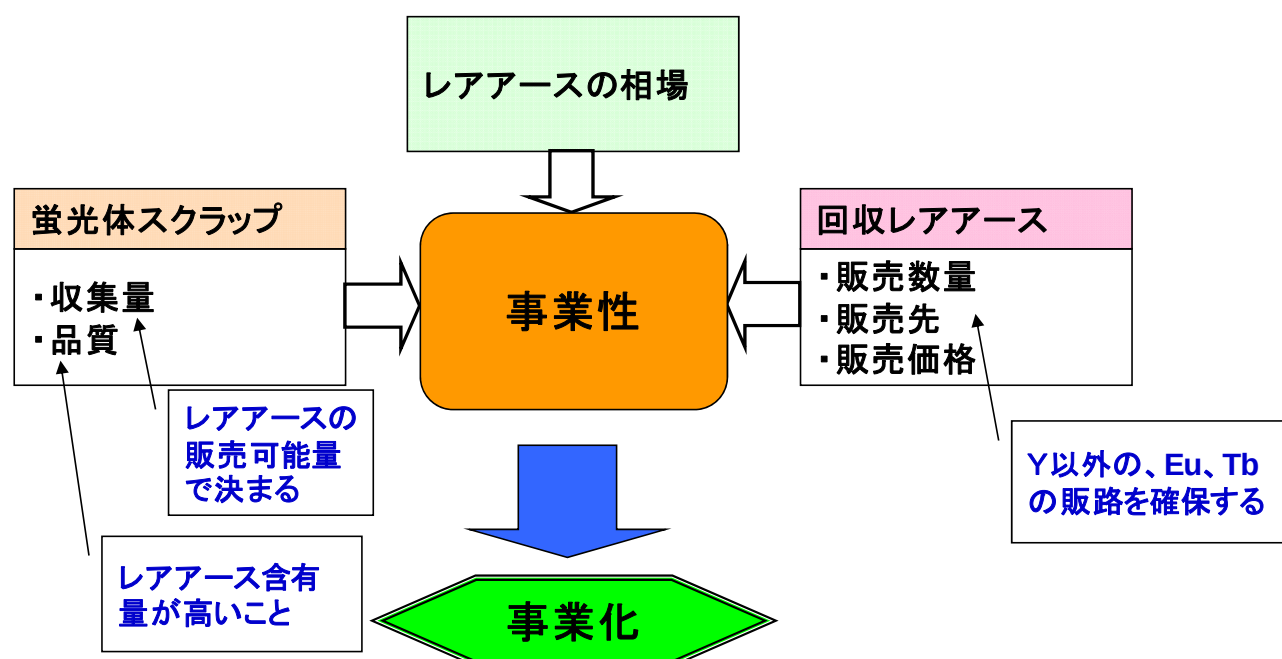


図 3-40. リサイクル事業概念図

3-1-3 特許出願状況等

表 3-10 特許・論文等件数

要素技術	論文数	論文の被引用度数	特許等件数（出願を含む）	特許権の実施件数	ライセンス供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発	0	0	1	0	0	0	0
計	0	0	1	0	0	0	0

表 3-11 論文、投稿、発表、特許リスト

	題目・メディア等	時期
特許	特許 5331200 セリウム系研磨材の再生方法	H25. 8
		特許登録

※ 2 件の出願を 1 件に統合して登録。

3-2 目標の達成度

【標準的評価項目】

○目標の達成度は妥当か。

- ・設定された目標の達成度（指標により測定し、中間及び事後評価時点の達成すべき水準（基準値）との比較）はどうか。

表 3-12 全体の数値目標

目標・指標	成果	達成度
A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発 (1) 研磨キズ、研磨レート：当社の中粒品種（以下製品研磨材）と同等であること。 (2) レアアースの歩留：70%以上。 (3) リサイクルコスト：輸入原料以下であること。 (4) 3トン／月以上の設備での製造が可能であること。	(1) 研磨キズ、レート共に当社中粒品種と同等となった。 (2) レアアースの歩留は95%となった。 (3) 輸入する研磨材原料と同等となった。 （原料価格は変動するため、あくまで、現状の価格に対する指標） (4) 3トン／月スケールでの製造技術を確立した。	達成 達成 達成 達成
B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発 (1) 工程内スクラップ前処理でのレアアース回収率 ・ Y および E u 回収 95% ・ T b および L a、C e 回収 95% (2) 市場スクラップ前処理でのレアアース回収率 ・ Y、E u、T b、L a、C e 回収 82% (3) 溶媒抽出分離精製回収レアアース（Y、E u、T b）の品質 $\geq 99.99\%$	(1) 回収率 ・ Y および E 98% ・ T b および L a、C e 96.9% (2) 回収率 ・ Y、E u、T b、L a、C e 87.3% (3) 回収レアアース品質 ・ Y、E u、T b $\geq 99.99\%$	達成 達成 達成

表 3-13 目標に対する成果・達成度の一覧表

要素技術	目標・指標	成果	達成度
A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発			
(1) 廃研磨材の前分散処理技術	研磨材成分の 1 mm メッシュ通過率：99%以上。	ホモジナイザー処理後の 1 mm メッシュ通過率：99%以上	達成
(2) 不純物除去技術	不純物品位を下記のとおりとする。 ・ Fe < 0.20% ・ Si < 0.06% ・ Al < 0.06%	凝集剤除去後の不純物品位代表値 ・ Fe < 0.15% ・ Si < 0.02% ・ Al < 0.06%	達成
(3) 分散処理技術	3 μm フィルター通過率：90%以上。	分散処理後の 2 μm フィルター通過率：95%	達成
(4) 焼成技術	焼成後の研磨材の粉体物性を下記のとおりとする。 ・ D50：1.0～1.3 μm ・ SSA：3～4 m ² /g	代表値 ・ D50：1.2 μm ・ SSA：3.4 m ² /g	達成
(5) 研磨材特性	研磨キズ、研磨レート共に製品相当の特性とする。	リサイクル研磨材の品質：キズ、研磨レート共に製品相当	達成
(6) 品質管理	下記のリサイクル工程の合否を迅速に判断する。 ・不純物除去工程での不純物量。 ・フィルター工程での粗粒頻度。 ・焼成工程での粒径、比表面積、結晶構造。	不純物の定量分析 ⇒ XRF 評価技術を確立 粗粒頻度の分析 ⇒ 精密粒度分布による評価技術を確立 結晶構造 ⇒ 粒度分布、比表面積計、XRD による評価技術を確立	達成
(7) 評価技術	研磨キズの評価手法を目視以外で 1 つ以上確立する。	散乱光を検出するタイプの検査機の有効性を確認した。	達成

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発			
(1) 蛍光体製造工程内スクラップの前処理技術	・レアアースを回収するための溶解分離方法を開発する。 ・レアアース回収率 95%	YOS (CRT用)、LAP (ランプ用) スクラップともに化学的処理 (アルカリ溶融+酸抽出) による不純物除去およびレアアースの溶解技術を確立した。回収率は Y、Eu が 98%、Tb、Ce、La は 96.9% であった。	達成
(2) 蛍光体製造工程内スクラップのレアアース相互分離精製技術	レアアースの相互分離・分離回収レアアース品質 $\geq 99.99\%$	小規模連続抽出分離設備を用いてレアアース毎 (Y/Eu 及び Tb/Ce/La) の分離精製を行い、各レアアースの相互分離技術を確立した。回収レアアースは各成分とも $\geq 99.99\%$ の品質であることを確認した。	達成
(3) 市場蛍光体スクラップ (主に廃蛍光灯蛍光体) の前処理技術	①レアアースを回収するための溶解分離方法を確立する。 ・レアアース回収率 82%	化学的処理 (アルカリ溶融+酸抽出) によるレアアースの溶解技術を確立した。レアアース回収率は 87.3% であった。	達成
	②不純物の挙動調査および除去技術を確立する。	溶媒抽出分離に悪影響を及ぼす不純物 (Al、Si、Fe 等) を確定し、その除去技術を確立した。また微量の Hg は活性炭による吸着除去方法を確立した。	達成
(4) 市場蛍光体スクラップのレアアース相互分離精製技術	レアアースの相互分離・分離回収レアアース品質 (Y、Eu、Tb) $\geq 99.99\%$	小規模連続抽出分離設備を用いてレアアース毎 (Y、Eu、Tb、Ce、La) の分離精製を行い、各レアアースの相互分離技術を確立した。回収したレアアースは各成分とも $\geq 99.99\%$ の品質であることを確認した。	達成
(5) 市場蛍光体スクラップ処理の最適化	量産処理でのフローの最適化とプロセスの妥当性を検証する。	不純物除去プロセスの最適フロー (効率、コスト的) を決定し不純物除去処理液から溶媒抽出によるレアアース分離プロセスの妥当性を確認した。	達成
(6) 事業構想と採算性の検証	調達される市場スクラップの品質と処理	本事業にて開発された回収プロセスによる採算性を検証し、事業化	達成

証	コストを精査し採算性の検証及び事業構想を策定する。	を見極めるには収集スクラップの量と品質さらにレアアースの相場および販路確保が重要であることを確認した。 また、福岡県リサイクルプロジェクトに参加し市場スクラップの収集を含めたりサイクル事業フローを策定し事業化に向けた取組みを行った。	
---	---------------------------	--	--

4. 事業化、波及効果について

4-1 事業化の見通し

【標準的評価項目】

○事業化については妥当か。

- ・事業化の見通し（事業化に向けてのシナリオ、事業化に関する問題点及び解決方策の明確化等）は立っているか。

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

3トン／月のスケールで研磨材の再生が可能であることを実証した。しかし、開発期間中にレアアース価格が高騰したことを受け、研磨材廃滓の供給先である研磨メーカーでは研磨材の原単位削減が進められ、結果として、研磨材廃滓の品位が著しく低下した。（同一研磨材の繰返し使用による不純物の増加及び研磨材の劣化が進む）そのため、不純物を除去する薬液コストや、設備投資額は当初想定したコストの数倍となる。図4-1に廃滓中のレアアース品位と原料化コストの関係を示しているが、廃滓品位の低下に伴い、コストが上がるうえ、従来技術とのコストメリットも小さくなる。また、レアアース研磨材の市場状況として、各国でのレアアース鉱山開発による供給不足のリスク低減、代替材料の開発、研磨材使用量の削減が進められてきた。一方、リサイクルコスト及び設備投資費も高くなること、直近のレアアース原料価格の低下を考慮すると本技術の事業化については難しいと判断せざるを得ない。

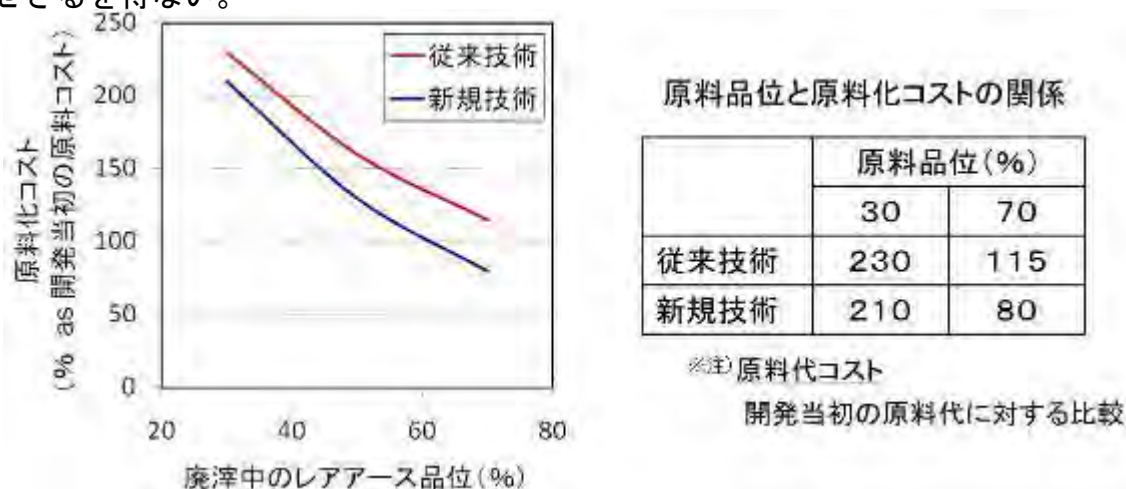


図4-1 廃滓中のレアアース品位と原料化コスト

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

廃蛍光体スクラップからのレアアースリサイクルはコスト面の理由から殆どなされていなかったが、廃蛍光体スクラップの回収システムが近い将来に確立することを想定し、事業化に向けた環境作りのため、要素技術に関する研究開発および回収システムの調査を行った。その結果、低コストでのスクラップ処理技術を開発し、本リサイクルの事業化が実現可能であることを示すことができた。（図3-39）

福岡県が進めた「レアアースリサイクル事業化共同プロジェクト」に参加しており、図4-2に示すとおり蛍光体スクラップからのリサイクル事業の流れは決定している。既にスクラップの収集は始まっており、事業化を図るに至った。

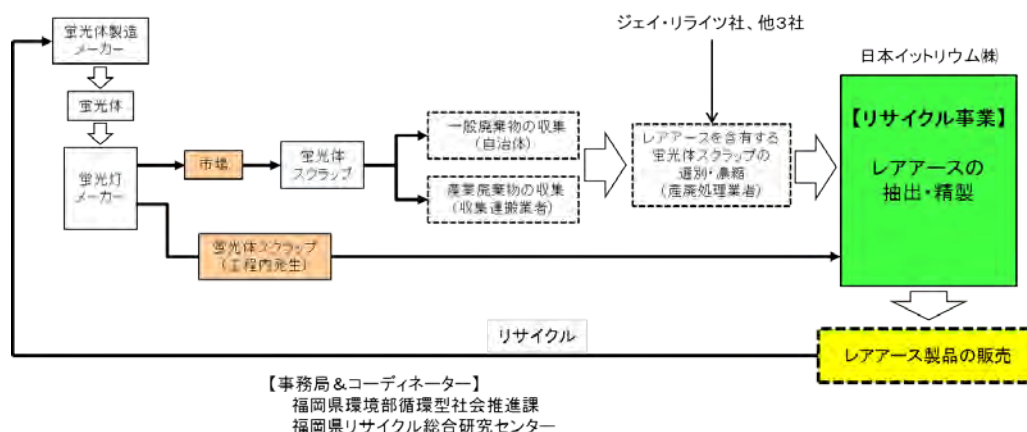


図 4-2 蛍光灯スクラップからのリサイクル事業の流れ

4-2 波及効果

【標準的評価項目】

○波及効果は妥当か。

- ・ 成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
- ・ 当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

本事業は、レアアース原料の供給リスクを回避すべく、リサイクルの視点から開始されたものである。各テーマについては、技術的な面で達成されたが、事業環境の急激な変化により、現時点では事業化が不十分である。しかし、研磨材及び蛍光灯に関するリサイクル技術を保有できた事は、今後、レアアース供給リスクが発生した場合、研磨材及び蛍光灯に使用されるレアアースについては、その供給リスクを低減しうる大きな波及効果があると考えられる。

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

本技術が普及した場合、研磨材原料の輸入量は確実に減少する。特にリサイクルの繰り返しが可能となれば、輸入量は半分以上になるものと考えられる。

事業環境面から、廃滓のレアアース品位の低下により、研磨材以外の廃滓（凝集剤、ガラス）などが多くなる事になるため、研磨材を使用する企業にとっては、廃研磨材の廃棄が大きな負担になることが考えられる。本事業にてリサイクル技術が確立したことは、その様な企業と連携して、リサイクルシステムを構築する上で大きな波及効果があるものと考えられる。また、この連携の観点からは、以下のことを提案出来ると考えられる。

- 1) 研磨材ユーザーにて使用している凝集剤の改善（低コストで除去可能な凝集剤を用いる事により、廃研磨材の原料化コストを低減させる）
- 2) 凝集剤の使用前に、研磨材スラリーから研磨材を再生する。（凝集剤の除去コストはゼロとなる）

また、本技術開発では、実証試験によって開発した各プロセスに用いた設備の仕様及び能力は明らかとなっている。国内に波及させる場合は、廃研磨材の量に応じてスケールアップが必要となるが、そのベースとなるデーターを保有できており、波及の面で大きく寄与すると考えられる。

B. レアアースを含有する蛍光灯スクラップからのレアアース回収技術の開発

スクラップからのレアアース精製を事業化することにより、今まで廃棄されていたスクラップが原料（都市資源）となり、国内でもレアアースの供給が可能となりレアアースの安定供給に繋がっていくことが期待される。またリサイクル体制が整うことで、スクラップが有価で取引されることからスクラップの回収率も上がり、回収業者の事業活発化ひいては地域経済の活性化にも波及すると期待される。

国内への波及の１つの重要な要素として、廃蛍光体集荷の効率化を考える必要がある。蛍光灯・蛍光ランプ等の廃棄方法は、地域によって差があり、廃蛍光体を集荷する点では効率的な体制が整っていない。白色蛍光体・低品位蛍光体スクラップ・高品位蛍光体スクラップの分別が集荷段階で可能となれば、本技術でのプロセスフローも簡素化され、低コスト化が進むと考えられ、本技術の波及に大きく寄与するものと考えられる。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

5-1 研究開発計画

【標準的評価項目】

○研究開発計画は適切かつ妥当か。

- ・事業の目標を達成するために本計画は適切であったか（想定された課題への対応の妥当性）
- ・採択スケジュール等は妥当であったか。
- ・選別過程は適切であったか。
- ・採択された実施者は妥当であったか。

本事業は表 5-1 に示すように平成 21 年度～平成 24 年度までの 4 か年で実施した。事業は大きなテーマとして「A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発」と「B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発」の 2 つを実施した。

表 5-1 研究開発計画

（単位：百万円）

実施項目／年度	H21	H22	H23	H24
A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発	144	130	98	63
(1) 従来技術の検証	→			
(2) 新規技術の基礎研究	→	→	→	
(3) 評価装置の導入	→		→	
(4) ラボスケールでの検証と技術確立		→	→	→
(5) 小規模試験の実施		→		
(6) 実証試験の実施		→	→	→
B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発	86	57	48	0
(1) 蛍光体製造工程内スクラップの前処理技術開発	→			
(2) 蛍光体製造工程内スクラップのレアアース浸出液からレアアース相互分離技術の開発	→	→		
(3) 市場蛍光体スクラップの前処理技術開発		→		
(4) 市場蛍光体スクラップのレアアース浸出からレアアース相互分離精製技術の開発		→	→	
(5) 市場蛍光体スクラップ処理の最適化			→	
(6) 事業構想と採算性の検証			→	

5-2 研究開発実施者の実施体制・運営

【標準的評価項目】

○研究開発実施者の実施体制・運営は適切かつ妥当か。

- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっていたか。
- ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されていたか。
- ・目標達成及び効率的実施のために必要な、実施者間の連携／競争が十分に行われる体制となっていたか。
- ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組を積極的に実施していたか。

本事業は、経済産業省の公募による選定手続きを経て、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構が補助金を受けて実施した。事業運営は独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構があたり、本事業に関する技術や研究施設を有する企業、大学、研究機関との委託研究及び共同研究を実施した。

事業分担としては、資源機構が、全体事業戦略・企画、年度計画策定、研究経費の配分、事業進捗状況管理、研究成果評価などのマネジメントの他、JOGMEC金属資源技術研究所の研究インフラを活用し、基礎試験等を実施する。

また、民間企業が保有する技術及び施設の活用を必要とする研究については、民間企業への委託研究により、効率的に実施する（後半は実証研究に位置付け、民間負担1／2を導入）。さらに当該技術開発を遂行するために、大学や独立行政法人が保有する知見・理論、設備等を活用する必要性があるテーマについては、大学、研究機関等との共同研究などを通じて実施する。

上記技術開発を効率かつ効果的な運営を図るために、当該技術について技術的また社会的知見を有する外部専門家からなる「希土類金属等回収技術開発委員会」を設置し、事業計画、成果評価等について意見を聴取しつつ適切に事業を推進した（表5-2）。

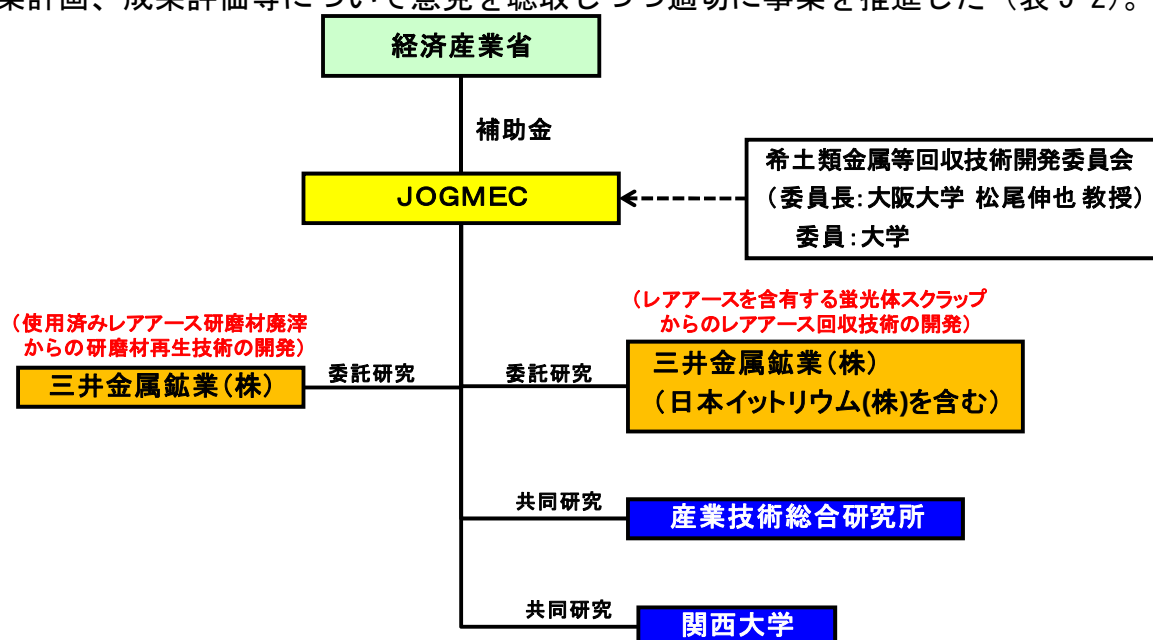


図 5-1 体制図

表 5-2 希土類金属等回収技術開発委員会

	氏 名	所 属
委員長	松尾 伸也	国立大学法人大阪大学工学研究科 教授
委員	岡部 徹	国立大学法人東京大学生産技術研究所 教授
委員	鈴木 亮輔	国立大学法人北海道大学工学研究科 教授
委員	中村 崇	国立大学法人東北大学多元物質科学研究所 教授

5-3 資金配分

○資金配分は妥当か。

- ・ 資金の過不足はなかったか。
- ・ 資金の内部配分は妥当か。

「A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発」については、総額 656 百万円の約 66%にあたる 435 百万円を充て基礎研究及び実証研究を 4 年間実施した。

「B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発」は総額の約 29%にあたる 191 百万円をあて、基礎研究を 3 年間実施した。

各テーマを推進するうえで、資金の過不足は無く、テーマ毎の配分も適当であったと考えられる。

表 5-3 資金年度配分 (補助金ベース)

(単位：百万円)

	21 年度	22 年度	23 年度	24 年度	合 計
A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発	144	130	98	63	435
B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発	86	57	48	0	191
技術検討調査費等	9	10	6	5	30
合 計	239	197	152	68	656

5-4 費用対効果

【標準的評価項目】

○費用対効果等は妥当か。

- ・投入された資源量に見合った効果が生じたか、期待できるか。
- ・必要な効果がより少ない資源量で得られるものが他にないか。

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

使用済みレアアース研磨剤廃滓からの研磨剤再生技術の開発については、4年間の研究により、従来技術より低コストの研磨剤再生技術を開発し、パイロットスケールで実証することができた。開発の間、廃研磨材の性状変化に対応し、一端完成しつつあった回収フローに改善を加え、最終的に廃研磨材中の研磨材を歩留まり95%でリサイクルすることが可能となった。しかし、事業環境の変化により事業化までには至っていないが、本技術をベースとしてさらに効率的で低コストのリサイクルフロー技術の開発を行っていく必要がある。現在、廃研磨材は全て廃棄物として捨てられていることを考慮（廃棄に係るコストは研磨材ユーザーが負担）すると、本事業提案のリサイクルフローが導入された場合、研磨材のユーザーに対し大きなアピールとなり、リサイクルコストの低減にもつながると考えられ、また廃棄物量を減少させるという観点で、環境面にも大きく寄与すると考えられる。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収については、3年間の基礎研究により低コストでのスクラップ処理技術を開発し、最適リサイクルフローを提案できた。なお市場蛍光体スクラップから不純物を除去する前処理工程において、各レアアースの回収率は87%と高い値を示したが、さらに効率的で低コストのリサイクルフロー技術の開発を行っていく必要がある。現在使用済み蛍光体を主とする蛍光体スクラップは、殆どが廃棄物として捨てられていることを考慮すると、本事業提案のリサイクルフローが導入された場合、スクラップ回収が活発となり、リサイクルコストの低減にもつながると考えられ、またスクラップの海外流出に歯止めをかけ国内リサイクル率の向上につながると考えられる。

本リサイクルプロセスの事業化を見極めるには、図3-37に示すように収集されるスクラップと品質、レアアースの需要量さらにレアアースの相場を総合的に考慮し、特に収益のポイントとなるEu₂O₃、Tb₄O₇の販売経路を確保することが重要となる。

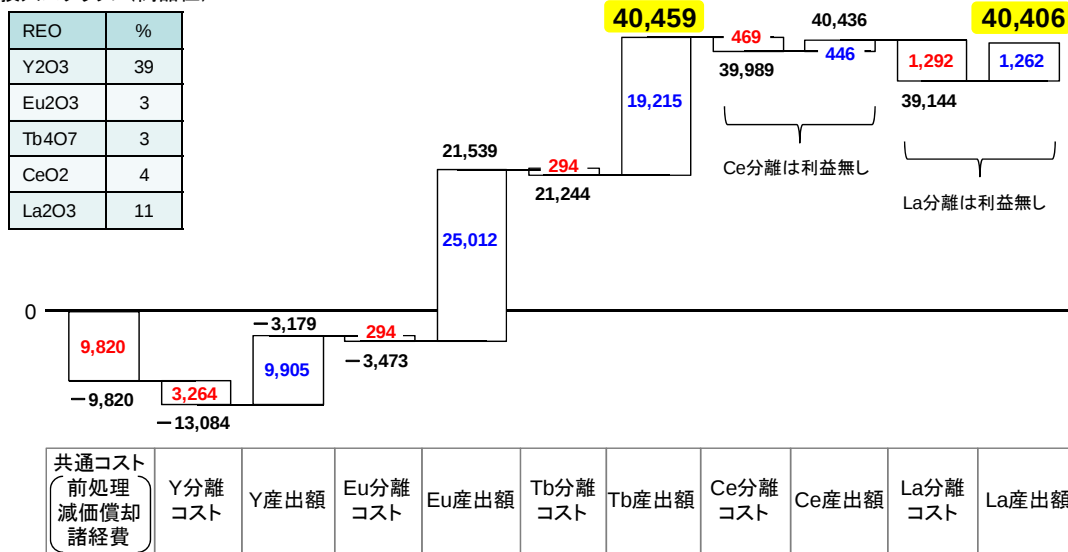
4-1で述べたが、蛍光体に関しては自治体（福岡県）及び蛍光管の収集企業と連携し、事業化に至ったが、その採算性は、レアアース相場及び販路と密接に関係している。レアアース相場の影響が採算性に与える影響を把握するために、2011年と2013年の相場を前提とした場合について比較したものが、図5-2である。

高品位蛍光体スクラップ処理の経済性※

(処理能力10 t/月 設備で3.5 t/月 処理のとき：レアアース2011年12月価格)

投入スクラップ(高品位)

(単位：千円)



※:採取率80%のとき

投入スクラップ(高品位)

(単位：千円)

高品位蛍光体スクラップ処理の経済性※

(処理能力10 t/月 設備で3.5 t/月 処理のとき：レアアース2013年9月価格)

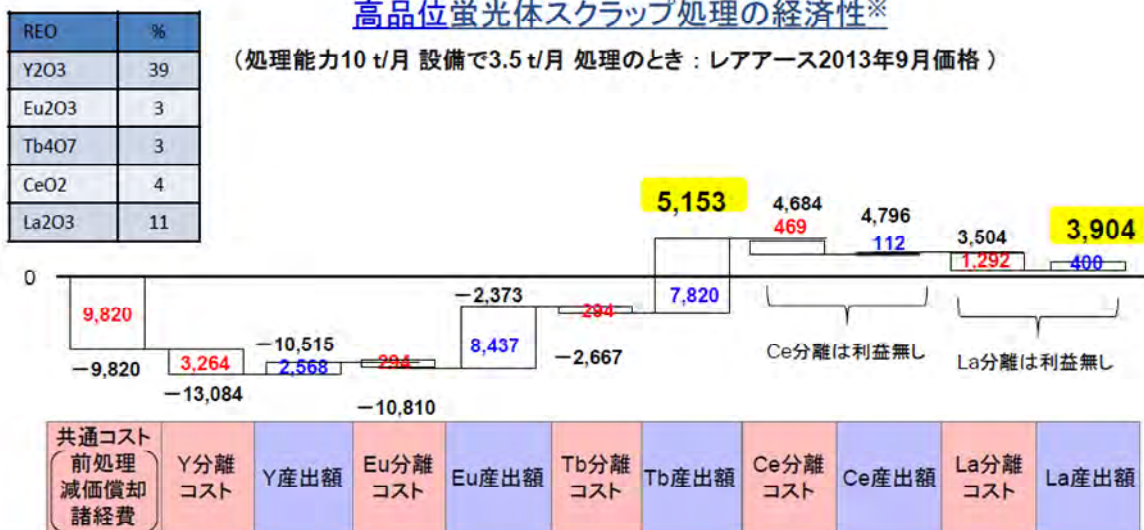


図5-2 高品位蛍光体スクラップ処理の経済性比較 (2011年・2013年)

図5-2より、Laまで分離した時の収益は、2013年には1/10以下となっており、蛍光体リサイクルのメリットは大幅に低下している。そのため、事業化を継続すると共に、蛍光体スクラップを保管し、まとめて処理する等のコストダウンによる採算性の確保が必要と考えられる。

(効果の総括)

本研究の総括的な効果について、定性的には以下のことが考えられる。

1) 本研究を開始した大きな要因は、研磨材・蛍光体原料の大半を中国から輸入していた

ことである。そのリスクを回避すべく、尖閣問題に端を発するレアアースの供給障害以前に、本研究を立ち上げた。

全ての開発項目を達成しリサイクル技術を確認したことは、足元、環境変化から直ちに事業化することは難しいものの、将来的なリスク低減に大きな効果があると考えられる。

環境変化としては以下が考えられる。

A. 研磨材について

ア) ガラスメーカーの研磨材使用量に対するコスト削減が推進され、その量が激減したこと、及びセリウム系研磨材の代替技術開発が推進されたこと。

イ) レアアースの安定供給に関する我が国の政策が推進され、輸入原料として、中国以外の供給源が増加したこと。

B. 蛍光体について

ア) LEDの技術が加速され、従来のランプ用蛍光体としての需要が激減したこと。

イ) レアアースの安定供給に関する我が国の政策が推進され、輸入原料として、中国以外の供給源が増加したこと。

2) 尖閣問題に端を発するレアアースの供給障害への対応策として、鉱山開発・レアアースの使用量低減・レアアースの代替技術開発・レアアースのリサイクル技術を推進し、その効果は十分に発揮出来たと考えられる。本技術は、その一貫として大きく貢献したと考えられる。

5-5 変化への対応

【標準的評価項目】

○変化への対応は妥当か。

- ・社会経済情勢等周囲の状況変化に柔軟に対応しているか（新たな課題への対応の妥当性）。
- ・代替手段との比較を適切に行ったか。

A. 使用済みレアアース研磨剤廃滓からの研磨剤再生技術の開発

使用済みレアアース研磨剤廃滓からの研磨剤再生技術の開発については、4年間で原料価格が大きく変動し（最高で開発当初の原料価格と比較して10倍以上まで高騰）、それに伴い、原料となる研磨剤廃滓品位が大幅に低下した。これは、研磨材のユーザーにおいて、研磨材の繰返し使用及びセリウム系研磨材の代替材料の導入が図られたこと等による。この変化に対応し、本テーマではリサイクルフローの改善を行い、当初の技術目標を達成することができた。また、研磨材の品位の低下に伴い、リサイクルコストは上昇するため、今後とも変動する原料価格と品位を考慮しながら事業化の可否を判断する必要がある。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収については、研究開発に影響を及ぼすような社会的・技術的情勢の変化は無く、事業化にまで到達した。しかし、

研磨材と同様、そのコストメリットは大きく減少している。足元では、何とか採算を保っている状況であるが、事業の優先度としては低下している。また、蛍光灯からＬＥＤへのシフトが急速に進んでおり、ＬＥＤ製品の市場価格も安価となってきたため、廃蛍光体から生産されるリサイクル品の価値は低下傾向にあると考えられる。従って、今後はレアアースの外部環境を見極め、事業化を検討する必要がある。

第 3 章 評価

第3章 評価

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

レアアースの高騰に伴うレアアースリサイクルの推進や経済性のあるリサイクルプロセスの開発に関する政策的位置づけ、特に資源の安全保障の観点から妥当であると判断される。事業開始時の社会的状況から毎年1万トン排出されている廃研磨材からのレアアースの効率的な回収技術は、我が国のレアアース鉱物資源の安定確保にも寄与するという観点から極めて重要であるため、国を挙げて取り組むべき課題として妥当である。

なお、現状のレアアースの価格の下落により、事業としての採算性は確保できていないと判断される。更なる低コストのリサイクルプロセスの開発が必須、あるいは、他用途へのアップグレードリサイクルも考慮する必要も考えられる。また、将来の世界のレアアース開発において、セリウムに代表される軽希土類の生産と需要の動向の検討が必要である。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

レアアースの分離精製技術としては、従来から行われている溶媒抽出技術を使ったものであり、実用化の実績が高い技術であると判断される。事業開始時の社会的状況から廃蛍光体からのレアアースの効率的な回収技術は、我が国のレアアース鉱物資源の安定確保にも寄与するという観点から極めて重要であるため、国を挙げて取り組むべき課題として妥当である。また、現在、レアアースの価格が低下し、本方法は価格の面ですぐに実用化の可能性は少ないが、レアアース資源が不足する将来を見据えた事業として重要である。

なお、現状のレアアースの価格の下落により、事業としての採算性は低くなっているため、更なる技術革新により分離精製技術のコストダウンが図れないと、事業化は難しいものと判断され、社会システム設計等へ活かすことが望まれる。

【肯定的意見】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

・レアアース資源確保のためのリサイクルの視点から政策的意義がある。溶解、物理選別、焼成の組み合わせは科学的・技術的な意義がある。現在、研磨剤が代替材料開発のためにセリウムからアルミナやジルコンに置き換わり、すぐに実用化の可能性は少ないが、レアアース資源が新規開発で十分供給される将来を見据えた事業として重要である。

- ・ 科学技術的意義を考え非常に重要なものである。また、代替技術開発によって需要が低減している今、逆に国の関与は必須であると考えられ、その意味では必要性は高い。

- ・ 本事業の開始時は、レアアースの高騰に伴うレアアースリサイクルの推進や経済性のあるリサイクルプロセスの開発に関する政策的位置づけ、特に資源の安全保障の観点から妥当であると判断される。従来の研磨剤の溶解、セリウム元素分離、再酸化によるリサイクル技術と比較して、簡便で、省エネルギー操作を実現しており、実用性の高い技術開発であると判断される。事業開始時の社会的状況から毎年1万トン排出されている廃研磨材からのレアアースの効率的な回収技術は、我が国のレアアース鉱物資源の安定確保にも寄与するという観点から極めて重要であるため、国を挙げて取り組むべき課題として妥当である。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・ レアアース資源確保のためのリサイクルの視点から政策的意義がある。アルカリ溶融、溶媒抽出の組み合わせで高純度化して回収する技術は科学的に妥当な方法である。現在、レアアースの価格が低下し、本方法は価格の面ですぐに実用化の可能性は少ないが、レアアース資源が不足する将来を見据えた事業として重要である。

- ・ 今後の動向を考えれば非常に重要な技術開発であると考えられる。

- ・ テーマAの場合と同様に、政策的位置づけとしては、妥当であると判断される。レアアースの分離精製技術としては、従来から行われている溶媒抽出技術を使ったものであり、実用化の実績が高い技術であると判断される。事業開始時の社会的状況から廃蛍光体からのレアアースの効率的な回収技術は、我が国のレアアース鉱物資源の安定確保にも寄与するという観点から極めて重要であるため、国を挙げて取り組むべき課題として妥当である。

< 2 テーマ共通 >

- ・ 鉱物資源に乏しい我が国は、レアアースを含めたレアメタルの安定供給確保対策に取り組んでおり、平成21年、「レアメタル確保戦略」が取りまとめられた。また、平成22年に閣議決定された「エネルギー基本計画」において、レアメタルの自給率を、2030年には50%以上に引き上げる目標が掲げられ、リサイクルの推進が重要な政策課題となっている。なお、希土類金属等回収技術開発は、技術施策体系として、平成21年にとりまとめられた「イノベーション基本計画」において、「鉱物資源の安定供給」に資する技術開発と政策的に位置づけられている。

【問題点・改善すべき点】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・将来の世界のレアアース開発において、セリウムに代表される軽希土類の生産と需要の動向の検討が必要である。
- ・代替技術開発によって需要そのものが低落傾向にあることを踏まえ、本事業によって開発した技術が結果としてライフサイクルコストを低減させ、安定的な軽希土類の需要開発に結びつくものとするようなより長期的、かつ戦略的な視点が望まれる
- ・現状のレアアースの価格の下落により、事業としての採算性は確保できていないと判断される。更なる低コストのリサイクルプロセスの開発が必須、あるいは、他用途へのアップグレードリサイクルも考慮する必要も考えられる。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・将来の世界の海陸を含むレアアース開発において、高価な重希土類であるユーロピウム、テルビウムの生産と需要の動向の検討が必要である。
- ・本事業により採算面の問題等も明らかにされていることから、社会システム設計等へ活かすことが望まれる。
- ・現状のレアアースの価格の下落により、事業としての採算性は低くなっているので、更なる技術革新により分離精製技術のコストダウンが図れないと、事業化は難しいものと判断される。

2. 研究開発等の目標の妥当性

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

回収した研磨粉の鉄、ケイ素、アルミニウムの不純物除去、また、研磨キズ、研磨レート、レアアースの歩留、リサイクルコストおよび製造量規模についての目標設定および設定根拠等は事業化を踏まえた設定となっており、妥当である。

なお、研磨に適したリサイクルから製造したセリウム粉の研磨特性は、定性的で評価が難しい面がある。また、事業開始時のレアアースの価格をベースにて事業化のための研究開発を実施しているが、現状のレアアースの価格の下落を受けて、これに対応して事業化できるまでのコストダウンは達成できていない。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

工程内スクラップのレアアース回収率、市場スクラップのレアアース回収率、溶媒抽出分離精製回収レアアース（イットリウム、ユウロピウム、テルビウム）の品質についての目標設定および設定根拠等は、事業化を踏まえた設定となっており、妥当である。

なお、事業開始時のレアアースの価格をベースにして事業化のための研究開発を実施しているが、現状のレアアースの価格の下落を受けて、これに対応しながら十分事業化できるレベルには達しておらず、リサイクルした粉をこれほどまでに高純度化する必要があるのか。また、カスケード利用も検討したほうがコストを下げる可以降低。

【肯定的意見】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・回収した研磨粉の鉄、ケイ素、アルミニウムの不純物除去の目標が設定されている。
- ・目標達成度を判断するために、適切な指標が設定されている。
- ・定量的な目的設定がなされており適切であると考ええる。
- ・研磨キズ、研磨レート、レアアースの歩留、リサイクルコストおよび製造量規模についての目標設定および設定根拠等は事業化を踏まえた設定となっており、妥当である。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・回収したレアアースの品質の目標が99.99%以上と設定されている。
- ・目標達成度を判断するために、適切な指標が設定されている。

- ・ 定量的な目的設定がなされており適切であると考える。
- ・ 工程内スクラップのレアアース回収率、市場スクラップのレアアース回収率、溶媒抽出分離精製回収レアアース（イットリウム、ユウロピウム、テルビウム）の品質についての目標設定および設定根拠等は事業化を踏まえた設定となっており、妥当である。

【問題点・改善すべき点】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・ 研磨に適したリサイクルから製造したセリウム粉の研磨特性は、定性的で評価が難しい面もある。
- ・ 事業開始時のレアアースの価格をベースにて事業化のための研究開発を実施しているが、現状のレアアースの価格の下落を受けて、これに対応して事業化できるまでのコストダウンは達成できていない。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・ はたして、リサイクルした粉をこれほどまでに高純度化する必要があるか、カスケード利用も検討したほうがコストを下げることができる。
- ・ 事業採算性の判定指標となるリサイクルコストの数値目標値が設定されていない。
- ・ 事業開始時のレアアースの価格をベースにして事業化のための研究開発を実施しているが、現状のレアアースの価格の下落を受けて、これに対応しながら十分事業化できるレベルには達していない（優先順位は低くなっている）。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

化学的処理で凝集剤成分を、物理的処理でガラス由来の異物を除去することで、研磨キズは製品研磨材と同等を実現した。また、焙焼／分級処理を行うことで、研磨レートを回復できた。不純物除去工程の歩留は80%であるが、酸処理時に溶解したレアアース成分を回収するプロセス（歩留75%）を設置することで、全体の歩留が95%になった。したがって、技術的な目標は達成したと評価でき、回収した研磨粉の特性はほぼ妥当と考えられる。更に、特許出願2件がある。

なお、研磨材廃滓の著しい品位低下に伴い、薬剤費用の増大や設備投資額の増加によりリサイクルコストが当初総定額の数倍になった。したがって、コスト的には目標を達成しないと評価される。事業の途中で状況の変化に対応するため「レアアース回収プロセス」を追加しているが、レアアースの歩留目標（70%→90%）を大きく超えており、追加した「レアアース回収プロセス」なしでも歩留80%を達成しているため、このプロセスの追加によりリサイクルコストを増加させている可能性が高い。また、技術流出を避ける観点から、論文文化等が難しかったことは理解できるが、少なくともこうした技術を開発したという事実のアピールは、資源戦略上重要であると考え、今後の広報に期待したい。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

工程内スクラップのレアアース回収では、レアアース以外の不純物が少ないため、蛍光体の分解を目的とした前処理技術とミキサーセトラーによる溶媒抽出分離によりレアアースの99.99%の純度の個別分離を達成している。また、市場スクラップのレアアース回収では、特に、レアアース以外の不純物の除去を目的とした前処理を組み込んだ溶媒抽出分離法により99.99%の純度の個別分離を達成しているため、得られた成果は妥当であると判断できる。

なお、本工程は希土類含有混合蛍光粉を、すべて化学的浸出を用いて高純度希土類粉を回収する技術であり、コストが高価である。より安価な、物理的に3色蛍光粉をわけて、表面改質して、蛍光粉に再利用する物理的選別技術を組み合わせた研究も必要である。また、希土類含有セラミックスやガラスをアルカリ溶融するための最適条件の調査がさらに必要である。更に、技術流出を避ける観点から、論文文化等が難しかったことは理解できるが、少なくともこうした技術を開発したという事実のアピールは、資源戦略上重要であると考え、今後の広報に期待したい。

【肯定的意見】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・回収した研磨粉の特性はほぼ妥当と考えられる。特許出願2件がある。
- ・化学的処理で凝集剤成分を、物理的処理でガラス由来の異物を除去することで、研磨キズは製品研磨材と同等を実現した。また、焙焼／分級処理を行うことで、研磨レートを回復できた。不純物除去工程の歩留は80%であるが、酸処理時に溶解したレアアース成分を回収するプロセス（歩留75%）を設置することで、全体の歩留が95%になった。したがって、技術的な目標は達成したと評価できる。
- ・当該事業実施中に、予期不可能な社会の動きなどもあったなか、適切に進行され成果を得ているように思える。
- ・本技術開発にて得られた最終的な回収フローは、妥当なプロセスであると判断できる。本事業の途中で、中国のレアアース輸出規制に端を発したガラスメーカーの研磨材使用量削減により、リサイクルフローの見直しを行い、化学的処理も追加した研磨材としてリサイクルプロセスとなっている。製造された再生研磨材は、未使用の研磨材と同等以上の性能・特性を持つものが得られている。また、特許2件を出願している。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・高純度なレアアースを回収する技術ができた。良好に目標は達成している。
- ・高品位スクラップは酸洗浄のみで不純物を溶出除去、低品位スクラップは酸浸出後pH調整し、レアアースをリン酸塩として回収して不純物を除去する技術を開発した。不純物除去後、溶媒 PC88A を用いた溶媒抽出分離法により99.99%の品位で分離精製できる。
- ・設定された目標を十分に達成している。
- ・工程内スクラップのレアアース回収では、レアアース以外の不純物が少ないため、蛍光体の分解を目的とした前処理技術とミキサーセトラーによる溶媒抽出分離によりレアアースの99.99%の純度の個別分離を達成している。また、市場スクラップのレアアース回収では、特に、レアアース以外の不純物の除去を目的とした前処理を組み込んだ溶媒抽出分離法により99.99%の純度の個別分離を達成しているため、得られた成果は妥当であると判断できる。個別技術については、既存の方法の組み合わせであり新規性はみられないが、溶媒抽出分離に持って行くまでの前処理法に工夫が見られ、かつ、効率的な組み合わせであると判断できる。

【問題点・改善すべき点】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・現状の廃研磨材の回収では、セリウムのゼータ電位を利用した分散処理と分散用機械のさらなる検討が必要である。キルンを使用する焼成してセリウム粉を大きくする工程があり、初期の研磨水溶液からのセリウムの沈降に鉄凝集材以外に有機凝集材を使用する検討も必要である。これにより酸浸出による分離プロセスが容易になる可能性もある。
- ・研磨材廃滓の著しい品位低下に伴い、薬剤費用の増大や設備投資額の増加によりリサイクルコストが当初総定額の数倍になった。したがって、コスト的には目標を達成しないと評価される。
- ・事業の途中で状況の変化に対応するため「レアアース回収プロセス」を追加しているが、レアアースの歩留目標（70%→90%）を大きく超えている。追加した「レアアース回収プロセス」なしでも歩留80%を達成しているので、このプロセスの追加によりリサイクルコストを増加させている可能性が高い。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・本工程は希土類含有混合蛍光粉を、すべて化学的浸出を用いて高純度希土類粉を回収する技術であり、コストが高価である。より安価な、物理的に3色蛍光粉をわけて、表面改質して、蛍光粉に再利用する物理的選別技術を組み合わせた研究も必要である。希土類含有セラミックスやガラスをアルカリ熔融するための最適条件の調査がさらに必要である。特許や発表は、今後の課題である。
- ・特許等の共通指標の成果が見られないが、既存の技術の組み合わせであるため、特許よりもノウハウを優先していると判断される。

< 2 テーマ共通 >

- ・技術流出を避ける観点から、論文化等が難しかったことは理解できるが、少なくともこうした技術を開発したという事実のアピールは、資源戦略上重要であると考え、今後の広報に期待したい。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

レアアース研磨材の市場状況として、代替材料の開発、研磨材使用量の削減の推進により現状のレアアースの価格の下落で事業化は困難な状況になっている。しかしながら、リサイクル技術の確保は資源の安全保障上重要な事項であると判断できる。事業環境の変化から困難な状況に陥っているが、無理に事業化のシナリオを描くのではなく、それを冷静に分析している点は評価されるべきである。

なお、事業化の目処が立っていない点は問題ではある。更なるプロセスコストの低減に取り組むこと、あるいは、スケールメリット（処理量の増加）により事業の採算性がとれる方策を考える必要がある。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

廃蛍光体スクラップからのレアアースリサイクルはコスト面の理由から困難であると言われてきたが、本事業の成果により低コストでのスクラップ処理技術を開発し、本リサイクルの事業化が実現可能であることが示された。加えて、福岡県が進めた「レアアースリサイクル事業化共同プロジェクト」により事業化が可能な段階まで達成したものと判断できる。

なお、3色蛍光粉と燐酸系蛍光粉を一緒にしたものを分離すると分離プロセスが増えるため、回収の段階から3色蛍光粉含有物とそれ以外の蛍光物を分離して回収し処理するための収集の検討が必要である。また、より安価のため物理的に3色蛍光粉をわけて、表面改質し、蛍光粉に再利用する物理的選別技術を組み合わせた研究も必要である。更に、いかに廃蛍光材を収集するかについて、国、地方自治体とともに、流通モデルを構築する必要がある。

【肯定的意見】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

・現在、研磨剤が代替材料開発のためにセリウムからアルミナやジルコンに置き換わり、すぐに実用化の可能性は少ないが、レアアース資源が新規開発で十分供給される将来を見据えた事業として重要である。

・事業環境の変化から困難な状況に陥っているが、無理に事業化のシナリオを描くのではなく、それを冷静に分析している点は評価されるべきである。

・3トン／月のスケールで研磨材の再生が可能であることを実証しているが、事業期間中にレアアース価格が高騰したことにより、研磨材廃滓の品位が著しい低下のため、不純物を除去する薬液コストや、設備投資額は当初想定したコストの数倍となっている。加えて、レアアース研磨材の市場状況として、各国

でのレアアース鉱山開発による供給不足のリスク低減、代替材料の開発、研磨材使用量の削減の推進や、リサイクルコスト及び設備投資費も高くなること、現状のレアアースの価格の下落により事業化は困難な状況になっている。しかしながら、リサイクル技術の確保は資源の安全保障上重要な事項であると判断できる。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・ 現在、レアアースの価格が低下し、本方法は価格の面ですぐに実用化の可能性は少ないが、レアアース資源が不足する将来を見据えた事業として重要である。

- ・ 低コストでのスクラップ回収技術を開発し、本リサイクルの事業化が可能であることが示された。福岡県が推進している「レアアースリサイクル事業化共同プロジェクト」に参加し、蛍光体スクラップの収集を含めたりサイクル事業フローを策定し事業化に向けた取組みを行った。

- ・ 事業化のスタート地点に既に到達できており評価される。

- ・ 廃蛍光体スクラップからのレアアースリサイクルはコスト面の理由から困難であると言われてきたが、本事業の成果により低コストでのスクラップ処理技術を開発し、本リサイクルの事業化が実現可能であることが示された。加えて、福岡県が進めた「レアアースリサイクル事業化共同プロジェクト」により事業化が可能な段階まで達成したものと判断できる。

【問題点・改善すべき点】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・ 研磨材廃滓の著しい品位低下に伴い、不純物除去用薬剤コストや設備投資額が当初総定額の数倍になったために、事業化は困難と判断された。

- ・ 言うまでもないが、事業化の目処が立っていない点は問題ではある。しかし事業担当者の責任ではなく、あくまで本事業が開発した技術の利用法をより幅広い視点で検討されることを望む。

- ・ 更なるプロセスコストの低減に取り組むこと、あるいは、スケールメリット（処理量の増加）により事業の採算性がとれる方策を考える必要がある。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・ 3色蛍光粉と燐酸系蛍光粉を一緒にしたものを分離すると分離プロセスが増えるため、回収の段階から3色蛍光粉含有物とそれ以外の蛍光物を分離して回収し処理するための収集の検討も必要である。

- ・ より安価な、物理的に3色蛍光粉をわけて、表面改質して、蛍光粉に再利用

する物理的選別技術を組み合わせた研究も必要である。

- ・ より広い意味での社会システム設計まで含め、今後の展開に期待する。
- ・ 事業の採算性は実証されているので、今後はいかに廃蛍光材を収集するかについて、国、地方自治体とともに、流通モデルを構築する必要がある。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

研究開発計画や資金分配について、変更柔軟に対応する形で行われたと判断できる。加えて、本事業による技術開発を効率かつ効果的な運営を図るために、当該技術について技術的また社会的知見を有する外部専門家からなる「希土類金属等回収技術開発委員会」を設置し、事業計画、成果評価等について意見を聴取しつつ適切に推進したと判断できる。

なお、他の事業と比べて使用金額が大きいように思えるので、開発技術をベースとしてさらに効率的で低コストのリサイクルフロー技術の開発を行っていく必要がある。また、研磨の評価は研磨剤メーカーと共同で行ったほうがより成果が明確になったと思われる。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

研究開発計画や資金分配について、変更柔軟に対応する形で行われたと判断できる。加えて、本事業による技術開発を効率かつ効果的な運営を図るために、当該技術について技術的また社会的知見を有する外部専門家からなる「希土類金属等回収技術開発委員会」を設置し、事業計画、成果評価等について意見を聴取しつつ適切に推進したと判断できる。

なお、物理的選別も検討するなど、希土類価格の変化に対応した技術開発も必要。市場蛍光体スクラップから不純物を除去する前処理工程において、さらに効率的で低コストのリサイクルフロー技術の開発を行っていく必要がある。また、海外での事業展開を含めて、スケールメリットによる採算性確保について検討する必要がある。

【肯定的意見】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・ 研究開発計画、費用対効果はほぼ妥当。
- ・ 全量廃棄されていた研磨材廃滓からレアアースをリサイクルする技術を研究開発するためには、採択された実施者は妥当であったと判断できる。
- ・ 本事業の4年間の開発研究により、従来技術より低コストの研磨剤再生技術を開発し、パイロットスケールで実証できたものと判断できる。事業の途中で、廃研磨材の性状変化に対応し、回収フローに改善を加え、最終的に廃研磨材中の研磨材を歩留95%でリサイクルを実現したと判断できる。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・ 研究開発計画、実施者、資金配分、費用対効果はほぼ妥当。

- ・目標達成及び効率的実施のために、実施者間の連携が十分に行われる体制であったと評価できる。

- ・本事業の３年間の開発研究により、低コストでのスクラップ処理技術を開発し、最適リサイクルフローを提案できたものと判断できる。また、自治体（福岡県）及び蛍光管の収集企業と連携し、事業化に至ったが、その採算性は、レアアース相場が採算性に与える影響ことも明らかにし、本リサイクルプロセスの事業化の見極めには、収集されるスクラップと品質、レアアースの需要量さらにレアアースの相場を総合的に考慮する必要があることも明らかにしている。

＜２テーマ共通＞

- ・本事業は、平成２１年度～平成２４年度までの４か年間で行われた（テーマＢについては実質３か年）。研究開発計画や資金分配についても、変更柔軟に対応する形で行われたと判断できる。本事業は、ＪＯＧＭＥＣ（（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構）が全体事業戦略・企画、年度計画策定、研究経費の配分、事業進捗状況管理、研究成果評価などのマネジメント、基礎試験等の実施、民間企業が保有する技術及び施設の活用による研究開発が行われている。必要な場面では大学、研究機関等との共同研究が実施された。加えて、本事業による技術開発を効率かつ効果的な運営を図るために、当該技術について技術的また社会的知見を有する外部専門家からなる「希土類金属等回収技術開発委員会」を設置し、事業計画、成果評価等について意見を聴取しつつ適切に推進したと判断できる。

【問題点・改善すべき点】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・他の事業と比べて使用金額が大きいのように思えるので、将来は安価な資金計画も必要である。研磨の評価は研磨剤メーカーと共同で行ったほうがより成果が明確になったと思われる。

- ・事業環境の変化により事業化までには至っていないが、開発技術をベースとしてさらに効率的で低コストのリサイクルフロー技術の開発を行っていく必要がある。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・物理的選別も検討するなど、希土類価格の変化に対応した技術開発も必要。

- ・市場蛍光体スクラップから不純物を除去する前処理工程において、さらに効率的で低コストのリサイクルフロー技術の開発を行っていく必要がある。また、

海外での事業展開を含めて、スケールメリットによる採算性確保について検討する必要がある。

6. 総合評価

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

現在、研磨剤が代替材料開発のためにセリウムからアルミナやジルコンに置き換わり、すぐに実用化の可能性は少ないが、レアアース資源が新規開発で十分供給される将来を見据えた事業として重要である。また、研究開発着手時に想定した研磨材廃滓品位に対しては、従来技術より低コストの研磨材再生技術をパイロットスケールで実証したことは評価できる。

なお、現状のレアアースの相場では、事業としての採算性を確保することは困難であるが、海外への展開等によりリサイクル量の増大によるスケールメリットまで踏み込んだ事業展開を図る必要があると考えられる。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

概ね事業は妥当に遂行されたと判断できる。しかしながら、レアアースの価格の相場により大きく影響を受ける事業であったことは否めないが、採算性の確保できる技術を開発した意義は大きい。

なお、本工程は希土類含有混合蛍光粉を、すべて化学的浸出を用いて高純度希土類粉を回収する技術であり、コストが高価である。より安価な、物理的に3色蛍光粉をわけて、表面改質して、蛍光粉に再利用する物理的選別技術を組み合わせた研究も必要である。

【肯定的意見】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・レアアース資源確保のためのリサイクルの視点から政策的意義がある。溶解、物理選別、焼成の組み合わせは科学的・技術的な意義がある。
- ・現在、研磨剤が代替材料開発のためにセリウムからアルミナやジルコンに置き換わり、すぐに実用化の可能性は少ないが、レアアース資源が新規開発で十分供給される将来を見据えた事業として重要である。
- ・研究開発着手時に想定した研磨材廃滓品位に対しては、従来技術より低コストの研磨材再生技術をパイロットスケールで実証したことは評価できる。
- ・計画設定およびそれに対する進捗は適切なものであった。さらに、事業環境の変化に対する対応も非常に適切になされたと思われる。
- ・概ね事業は妥当に遂行されたと判断できる。しかしながら、レアアースの価格の相場により大きく影響を受ける事業であったことは否めないが、事業として遂行した意義は大きい。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・レアアース資源確保のためのリサイクルの視点から政策的意義がある。アルカリ溶融、溶媒抽出の組み合わせで高純度化して回収する技術は科学的に妥当な方法である。

- ・現在、レアアースの価格が低下し、本方法は価格の面ですぐに実用化の可能性は少ないが、レアアース資源が不足する将来を見据えた事業として重要である。

- ・計画設定およびそれに対する進捗は適切なものであった。

- ・概ね事業は妥当に遂行されたと判断できる。しかしながら、レアアースの価格の相場により大きく影響を受ける事業であったことは否めないが、採算性の確保できる技術を開発した意義は大きい。

【問題点・改善すべき点】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・将来の世界のレアアース開発において、セリウムに代表される軽希土類の生産と需要の動向の検討が必要である。

- ・研磨に適したリサイクルからの製造したセリウム粉の研磨特性は定性的で評価が難しい面もある。

- ・現状の研磨粉の回収では、セリウムのゼータ電位を利用した分散処理と分散用機械のさらなる検討が必要である。

- ・キルンを使用する焼成してセリウム粉を大きくする工程があり、初期の研磨水溶液からのセリウムの沈降に鉄凝集材以外に有機凝集材を使用する検討も必要である。これにより酸浸出による分離プロセスが容易になる可能性もある。

- ・他の事業と比べて使用金額が大きいように思えるので、将来は安価な資金計画も必要である。研磨の評価は研磨剤メーカーと共同で行ったほうがより成果が明確になったと思われる。

- ・事業化の見通しが立たなかったことは若干のマイナス点ではある。ただし、事業全体の成果を否定するようなものではなく、本事業を通して開発された技術の使い途をより広い視野から考えることを強く期待する。

- ・現状のレアアースの相場では、事業としての採算性を確保することは困難であるが、海外への展開等によりリサイクル量の増大によるスケールメリットまで踏み込んだ事業展開を図る必要があると考えられる。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・将来の世界の海陸を含むレアアース開発において、高価な重希土類であるユロピウム、テルビウムの生産と需要の動向の検討が必要である。

- ・本工程は希土類含有混合蛍光粉を、すべて化学的浸出を用いて高純度希土類

粉を回収する技術であり、コストが高価である。より安価な、物理的に3色蛍光粉をわけて、表面改質して、蛍光粉に再利用する物理的選別技術を組み合わせた研究も必要である。

- ・希土類含有セラミックスやガラスをアルカリ溶融するための最適条件の調査がさらに必要である。

- ・物理的選別も検討するなど、希土類価格の変化に対応した技術開発も必要。

- ・問題点、改善すべき点は特に見当たらないが、今後の展開に期待する。

- ・現状のレアアースの相場では、事業化の優先度は高くないと考えられるが、今後は、海外への展開等によりリサイクル量の増大によるスケールメリットまで踏み込んだ事業展開を図る必要があると考えられる。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・ 将来の世界のレアアース開発において、セリウムに代表される軽希土類の生産と需要の動向の検討が必要であるとともに、将来、レアアースの開発に伴い、軽希土類が余る可能性もあり、軽希土類の応用開発も必要と思われる。
- ・ 今後は、研磨剤製造メーカーやガラス・メーカーなどの関係企業と連携して、新たな役割分担に立脚したレアアース研磨剤リサイクルシステムを構築することが肝要である。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・ 将来の世界の海陸を含むレアアースの開発において、高価な重希土類であるユウロピウム、テルビウムの生産と需要の動向について検討が必要である。
- ・ LED製品の普及に伴い、ランプ蛍光体の需要が急激に減少しているという現状もある。今後は、レアアースの外部環境を見極め、研究開発方針を検討する必要がある。

< 2 テーマ共通 >

- ・ レアアースは、高機能性素材として重要であるが、需給状況等の内外環境は、常に不安定な要素をはらんでいる。このような素材を対象とした研究開発においては、単線的な対応ではなく、時間軸を長く取った複線的な進め方がふさわしい。本事業の成果についても、単に現下の事業化の可能性を評価するだけでなく、より定量的に技術パッケージとして整理した上で、contingency planとして位置づけることが重要と思われる。

【各委員の提言】

A. 使用済みレアアース研磨材廃滓からの研磨材再生技術の開発

- ・ 将来の世界のレアアース開発において、セリウムに代表される軽希土類の生産と需要の動向の検討が必要である。
- ・ 研磨に適したリサイクルから製造したセリウム粉の研磨特性は定性的で評価が難しい面もある。研磨の評価は研磨剤メーカーと共同で行ったほうがより成果が明確になるとと思われる。
- ・ 技術的な面からさらなる物理的選別の利用も考慮されたい。
- ・ 将来、レアアースの開発に伴い、軽希土類が余る可能性もあり、軽希土類の応用開発も必要と思われる。
- ・ ガラス・メーカー（オンサイト）では、研磨材代替材料の開発やオンサイトでの再生技術の開発による研磨材使用量の削減が進められている。しかし、廃研

磨材は全量廃棄されているので、ガラス・メーカーにとっては廃研磨材の廃棄が大きな負担になることが考えられる。そこで、今後は、研磨材製造メーカーやガラス・メーカーと連携して、新たな役割分担に立脚したレアアース研磨材リサイクルシステムを研究開発することが肝要である。

- ・資源価格の高騰が、代替技術開発を促進させた結果、実施事業にある意味で負の影響を与えたことは不幸なことではあったが、にも関わらず計画に対して適切な成果を得ていることは評価されるべきである。そしてここでの開発の結果について、どのようにこれを利用していくのかについてより幅広い議論が必要となろう。環境対策技術としての側面を強く含む技術開発事業である以上、より正確な環境影響評価、ライフサイクルコストの定量的評価などを含め、技術開発の次のステップが非常に重要である。

B. レアアースを含有する蛍光体スクラップからのレアアース回収技術の開発

- ・将来の世界の海陸を含むレアアース開発において、高価な重希土類であるユロピウム、テルビウムを生産と需要の動向の検討が必要である。

- ・本工程は、希土類含有混合蛍光粉をすべて化学的浸出を用いて高純度希土類粉を回収する技術であり、コストが高価である。希土類価格の変化に対応した技術開発も必要であることから、より安価な、物理的に3色蛍光粉をわけて、表面改質して、蛍光粉に再利用する物理的選別技術を組み合わせた研究も必要である。

- ・また、現状ではLEDやレンズ中の希土類はリサイクルしにくい、将来にむけてこれらのレアアースをどうするかを検討も必要がある。

- ・低価格のLED製品の普及に伴い、ランプ蛍光灯の需要が急激に減少しており、廃蛍光体から再生されるレアアースリサイクル品の価値が低下傾向にある。今後は、レアアースの外部環境を見極め、研究開発方針を検討する必要がある。

< 2 テーマ共通 >

- ・高機能性素材としてのレアアースは、近年一層その重要性を高めているが、取扱量が少なく、プレイヤーも限定されていることから、本質的に供給リスクのある金属資源であり、その需給状況等内外環境は常に不安定な要素をはらんでいる。したがって、このような素材を対象とした研究開発においては、単線的な対応ではなく、時間軸を長く取った複線的な進め方がふさわしい。A、B両事業の成果についても、単に現下の事業化の可能性を評価するだけでなく、より定量的に技術パッケージとして整理した上で、contingency plan として位置づけることが重要と思われる。生きた形で技術の継続発展を図ることが重要ならば、レアアースリサイクルにおいて、備蓄事業の活用も考えられるのでは

ないか。

・本事業は、レアアースのリサイクルに関する技術開発であるが、事業開始時は喫緊の課題と考えられたのが、事業の途中期間でのレアアース相場下落により、採算性が著しく低下する事態に至っている。しかしながら、レアアースのリサイクルは今後のハイテク技術を支えていくため、および環境面からも極めて重要なキーワードであり、資源の安全補強の観点からも確保すべき技術である。開発された技術自体は、新規性には乏しいが、既存の分離技術や前処理技術の効率的な組み合わせが行われており、むしろ操業の安定性の観点から好ましいものと考えられる。リサイクルには、必ず、採算分岐ポイントが存在するので、事業化を達成できる規模についても調査や研究も必要ではないかと考えられる。特に、海外展開等の可能性についても検討されるべきであろうと考えられる。

第 4 章 評点法による評点結果

第4章 評点法による評点結果

「希土類金属等回収技術研究開発」に係るプロジェクト評価の実施に併せて、以下に基づき、本評価検討会委員による「評点法による評価」を実施した。その結果は「3. 評点結果」のとおりである。

1. 趣 旨

評点法による評価については、産業技術審議会評価部会の下で平成 11 年度に評価を行った研究開発事業（39 プロジェクト）について「試行」を行い、本格的導入の是非について評価部会において検討を行ってきたところである。その結果、第 9 回評価部会（平成 12 年 5 月 12 日開催）において、評価手法としての評点法について、

(1) 数値での提示は評価結果の全体的傾向の把握に有効である、

(2) 個々のプロジェクト毎に評価者は異なっても相対評価はある程度可能である、との判断がなされ、これを受けて今後のプロジェクト評価において評点法による評価を行っていくことが確認されている。

また、平成 21 年 3 月 31 日に改定された「経済産業省技術評価指針」においても、プロジェクト評価の実施に当たって、評点法の活用による評価の定量化を行うことが規定されている。

これらを踏まえ、プロジェクトの中間・事後評価においては、

(1) 評価結果をできる限りわかりやすく提示すること、

(2) プロジェクト間の相対評価がある程度可能となるようにすること、

を目的として、評価委員全員による評点法による評価を実施することとする。

本評点法は、各評価委員の概括的な判断に基づき点数による評価を行うもので、評価報告書を取りまとめる際の議論の参考に供するとともに、それ自体評価報告書を補足する資料とする。また、評点法は研究開発制度評価にも活用する。

2. 評価方法

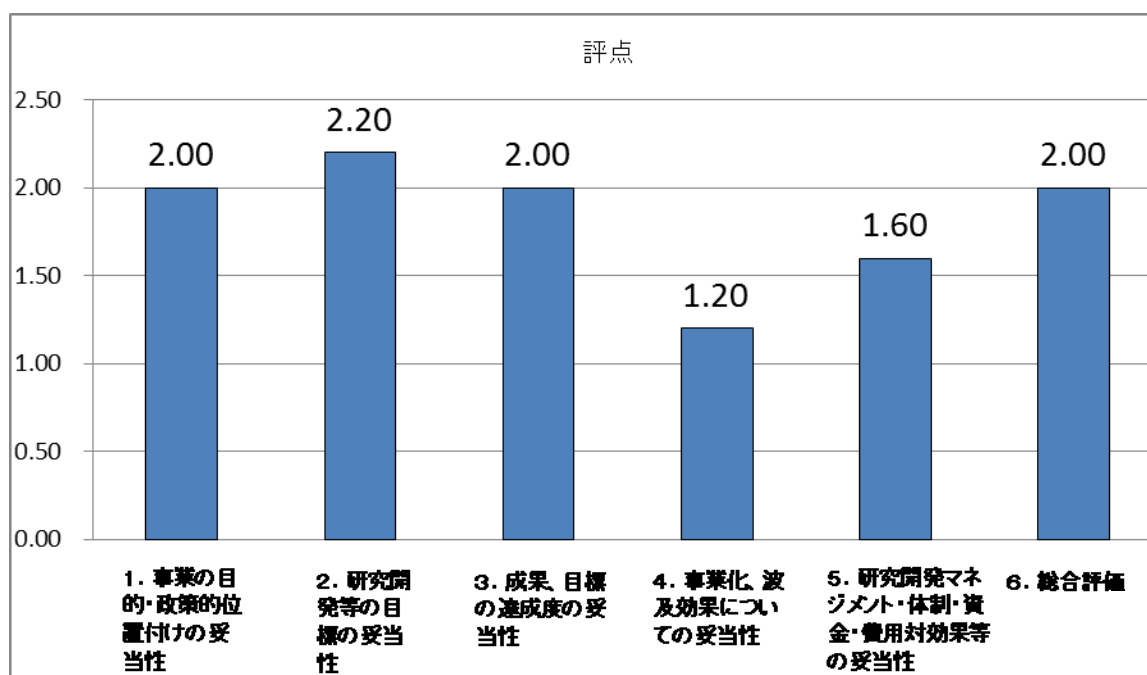
- ・ 各項目ごとに4段階（A（優）、B（良）、C（可）、D（不可）〈a, b, c, dも同様〉）で評価する。
- ・ 4段階はそれぞれ、A（a）＝3点、B（b）＝2点、C（c）＝1点、D（d）＝0点に該当する。
- ・ 評価シートの記入に際しては、評価シートの《判定基準》に示された基準を参照し、該当と思われる段階に○を付ける。
- ・ 大項目（A, B, C, D）及び小項目（a, b, c, d）は、それぞれ別に評点を付ける。
- ・ 総合評価は、各項目の評点とは別に、プロジェクト全体に総合点を付ける。

3. 評点結果

評点法による評点結果

(希土類金属等回収技術研究開発 テーマA)

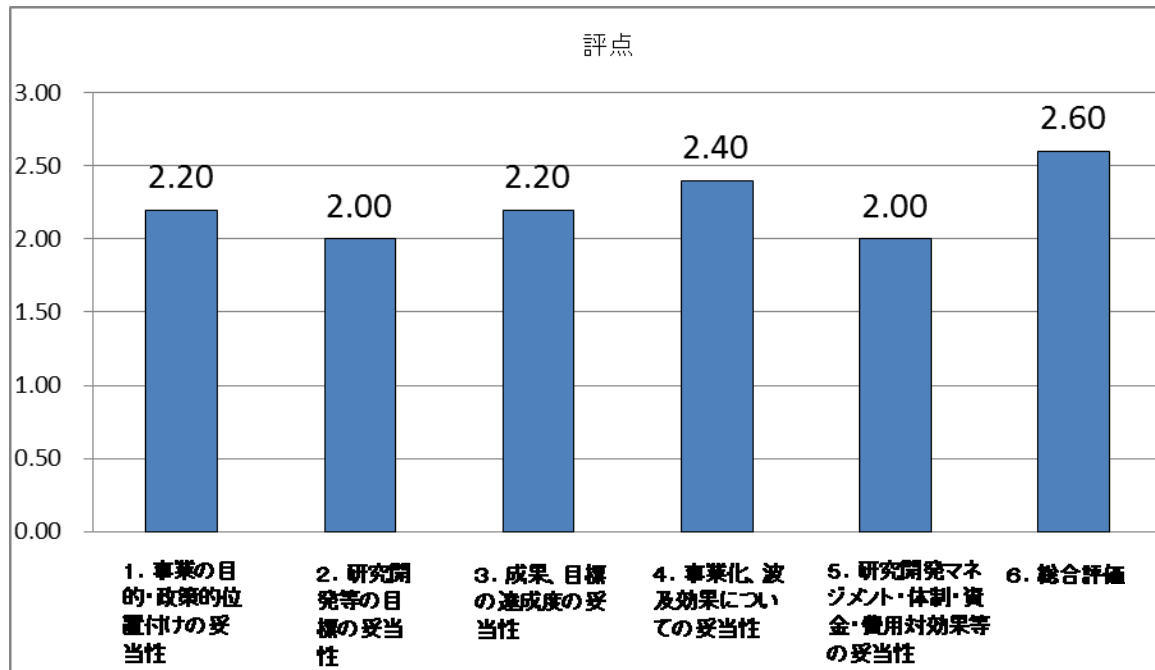
	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.00	2	2	2	2	2
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	2	1	3	3	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.00	2	1	2	3	2
4. 事業化、波及効果についての妥当性	1.20	2	1	1	1	1
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	1.60	1	1	2	2	2
6. 総合評価	2.00	2	2	2	2	2



評点法による評点結果

(希土類金属等回収技術研究開発 テーマB)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.20	2	2	2	3	2
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.00	2	2	1	3	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	2	2	2	3	2
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.40	2	2	3	3	2
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.00	2	2	2	2	2
6. 総合評価	2.60	2	2	3	3	3



経済産業省技術評価指針

平成 2 1 年 3 月 3 1 日

目次

経済産業省技術評価指針の位置付け	1
I. 評価の基本的考え方	4
1. 評価目的	4
2. 評価の基本理念	4
3. 指針の適用範囲	5
4. 評価の類型・階層構造及びリンケージ	5
5. 評価方法等	5
6. 評価結果の取扱い等	6
7. 評価システムの不断の見直し	7
8. 評価体制の充実	7
9. 評価データベース等の整備	7
10. 評価における留意事項	7
II. 評価の類型と実施方法	9
II. 1. 技術に関する施策評価	9
(1) 事前評価	9
(2) 中間・終了時評価	9
II. 2. 技術に関する事業評価	10
II. 2. 1. 研究開発制度評価	10
(1) 事前評価	10
(2) 中間・終了時評価	10
II. 2. 2. プロジェクト評価	11
(1) 事前評価	11
(2) 中間・終了時評価	11
II. 2. 3. 競争的資金制度による研究課題に関する評価	12
(1) 事前評価	12
(2) 中間・終了時評価	13
II. 3. 追跡評価	14

経済産業省技術評価指針の位置付け

経済産業省技術評価指針（以下、「本指針」という。）は、経済産業省が、経済産業省における技術に関する施策及び技術に関する事業（以下、「技術に関する施策・事業」という。）の評価を行うに当たって配慮しなければならない事項を取りまとめたガイドラインである。

本指針は、「産業技術力強化法」（平成12年法律第44号）第10条の規定、「科学技術基本計画」（平成18年3月閣議決定）、「研究開発システムの改革の推進等による研究開発能力の強化及び研究開発等の効率的推進等に関する法律」（平成20年法律第63号）第34条の規定及び「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成20年10月内閣総理大臣決定）（以下、「大綱的指針」という。）に沿った適切な評価を遂行するための方法を示す。

同時に、「行政機関が行う政策の評価に関する法律」（平成13年法律第86号）（以下、「政策評価法」という。）に基づく「経済産業省政策評価基本計画」（以下、「政策評価基本計画」という。）に沿った、経済産業省政策評価のうち研究開発に関する部分の実施要領としての性格を持つ。したがって、技術に関する施策・事業についての評価の結果は、政策評価基本計画に基づき実施される事前評価及び事後評価に適切に反映・活用を図る。

技術評価は、政策評価法上要請される評価を含め政策評価の一環としての位置付けを有することから、本指針は、技術に関する施策・事業の成果や実績等を厳正に評価し、それを後の技術に関する施策・事業の企画立案等に反映させる政策サイクルの一角としての評価の在り方について定めるものである。

ただし、技術に関する施策・事業に係る評価は、競争的資金制度による研究課題、プロジェクトといった研究開発の内容や性格、実施体制等の態様に応じた評価方法に拠るべきであるとともに、評価の厳正さと効率性を両立するためには、評価をとりまく様々な状況に応じた臨機応変な評価手順を設定する必要がある。さらに、評価手法は日進月歩であり、今後よりよい評価手法が提案されることも十分考えられる。したがって、本指針では共通的なルール及び配慮事項を取り上げることとし、より詳細な実施のプロトコルは評価マニュアルの作成等により記述することで、機動的な実施を図ることとする。

研究開発機関が自ら実施する評価をその機関の自己改革の契機とするような自律的なシステムの構築に努め、研究開発を実施する独立行政法人が、大綱的指針及び本指針に沿って、研究開発評価の実施に関する事項について、明確なルールを定め、研究開発評価の実施及び評価結果の活用が適切かつ責任を持って行われるよう、所管官庁としての責務を果たすものとする。

◎本指針における用語については、次に定めるところによる。

- ・競争的資金制度：資金を配分する主体が、広く一般の研究者（研究開発に従事している者又はそれらの者から構成されるグループをいう。）、企業等又は特定の研究者、企業等を対象に、特定の研究開発領域を定め、又は特定の研究開発領域を定めずに研究課題を募り、研究者、企業等から提案された研究課題の中から、当該課題が属する分野の専門家（当該分野での研究開発に従事した経験を有する者をいう。）を含む複数の者による、研究開発の着想の独創性、研究開発成果の先導性、研究開発手法の斬新性その他の科学的・技術評価又は経済的・社会的評価に基づき、実施する課題を採択し、当該課題の研究開発を実施する研究者等又は研究者等が属する組織若しくは企業等に資金を配分する制度をいう。
- ・研究開発制度：資源配分主体が研究課題を募り、提案された課題の中から採択した課題に研究開発資金を配分する制度をいう。
- ・プロジェクト：具体的に研究開発を行う個別の実施単位であり、明確な目的や目標に沿って実施されるものをいう。研究開発制度（競争的資金制度を含む）による研究課題は、本指針上プロジェクトには該当しない。
- ・研究開発機関：国からの出資、補助等の交付を受けて研究開発を実施し、又は研究開発の運営管理を行う機関をいう。
- ・技術に関する事業：具体的に研究開発を行う個別の実施単位をいい、「研究開発制度（競争的資金制度を含む）」、「プロジェクト」及び「競争的資金制度による研究課題」により構成される。
- ・技術に関する施策：同一又は類似の目的を有する技術に関する事業のまとまりをいい、当該目的との関係で必要な研究開発以外の要素（調査等）を含む場合がある。
- ・政策評価書：本指針において用いる「政策評価書」とは経済産業省政策評価実施要領を踏まえた評価書をいう。
- ・政策サイクル：政策の企画立案・実施・評価・改善（plan-do-check-action）の循環過程をいう。
- ・評価システム：評価目的、評価時期、評価対象、評価方法等、評価に係るあらゆる概念、要素を包含した評価制度、体制の全体をいう。
- ・推進課：技術に関する事業を推進する課室（研究開発担当課室）をいう。推進課は、評価結果を反映させるよう努力する義務がある。
- ・主管課：技術に関する施策の企画立案を主管する課室及び予算等の要求事項を主管する課室をいう。
- ・査定課：予算等の査定を行う課室（大臣官房会計課、資源エネルギー庁総合政策課等）をいう。
- ・有識者等：評価対象となる技術に関する施策・事業について知見を有する者及び研究開発成果の経済的・社会的意義につき指摘できる人材（マスコミ、ユーザ、人文・社会学者、投資家等）をいう。
- ・外部評価者：経済産業省に属さない外部の有識者等であって、評価対象となる技術に関する施策・事業の推進に携わっていない者をいう。
- ・外部評価：外部評価者による評価をいい、評価コメントのとりまとめ方法としてパネルレビュー

（評価者からなる委員会を設置（インターネット等を利用した電子会議を含む。）して評価を行う形態）による場合とメールレビュー（評価者に対して郵便・FAX・電子メール等の手段を利用して情報を提供し、評価を行う形態）による場合とがある。

- ・評価事務局：技術に関する施策・事業の評価の事務局となる部署をいい、評価者の行う評価の取りまとめ責任を負う。
- ・評価者：評価の責任主体をいい、パネルレビューによる場合には外部評価者からなる委員会が責任主体となる。また、評価の結果を踏まえて、資源配分の停止や変更、技術に関する施策・事業の内容の変更に責任を有するのは企画立案部門である技術に関する施策・事業の推進課及び主管課である。
- ・終了時評価：事業終了時に行う評価であり、事業が終了する前の適切な時期に行う終了前評価と事業の終了直後に行う事後評価がある。

I. 評価の基本的考え方

1. 評価目的

(1) より良い政策・施策への反映

評価を適切かつ公正に行うことにより、研究者の創造性が十分に発揮されるような、柔軟かつ競争的で開かれた研究開発環境の創出など、より良い政策・施策の形成等につなげること。

(2) より効率的・効果的な研究開発の実施

評価を支援的に行うことにより、研究開発の前進や質の向上、独創的で有望な優れた研究開発や研究者の発掘、研究者の意欲の向上など、研究開発を効果的・効率的に推進すること。

(3) 国民への技術に関する施策・事業の開示

高度かつ専門的な内容を含む技術に関する施策・事業の意義や内容について、一般国民にわかりやすく開示すること。

(4) 資源の重点的・効率的配分への反映

評価の結果を技術に関する施策・事業の継続、拡大・縮小・中止など資源の配分へ反映させることにより資源の重点化及び効率化を促進すること。また、研究開発をその評価の結果に基づく適切な資源配分等通じて次の段階に連続してつなげることなどにより、研究開発成果の国民・社会への還元効率化・迅速化に資すること。

2. 評価の基本理念

評価の実施に当たっては、以下の考え方を基本理念とする。

(1) 透明性の確保

推進課、主管課及び研究開発機関においては、積極的に成果を公開し、その内容について広く有識者等の意見を聴くこと。評価事務局においては、透明で公正な評価システムの形成、定着を図るため、評価手続、評価項目・評価基準を含めた評価システム全般についてあらかじめ明確に定め、これを公開することにより、評価システム自体を誰にも分かるものとするとともに、評価結果のみならず評価の過程についても可能な限り公開すること。

(2) 中立性の確保

評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価の導入等により、中立性の確保に努めること。

(3) 継続性の確保

技術に関する施策・事業においては、個々の評価がそれ自体意義を持つだけでなく、評価とそれを反映した技術に関する施策・事業の推進というプロセスを繰り返していく時系列のつながりにも意義がある。したがって、推進課及び主管課にとって評価結果を後の技術に関する施策・事業の企画立案等に反映させる際に有用な知見を抽出し、継続性のある評価方法で評価を行うこと。

(4) 実効性の確保

政策目的に照らし、効果的な技術に関する施策・事業が行われているか判断するための効率的評価が行われるよう、明確で実効性のある評価システムを確立・維持するとともに、技術に関する施策・事業の運営に支障が生じたり、評価者及び被評価者双方に過重な負担をかけるこ

とのない費用対効果の高い評価を行うこと。

3. 指針の適用範囲

- (1) 本指針においては、多面的・階層的な評価を行う観点から、経済産業省における具体的に研究開発を行う個別の実施単位である研究開発制度、プロジェクト及び競争的資金制度による研究課題である技術に関する事業並びに同一又は類似の目的を有する技術に関する事業のまとまりである技術に関する施策を評価対象とする。
- (2) 国費の支出を受けて技術に関する事業を実施する民間機関、公設試験研究機関等の評価については、当該事業の評価の際等に、これら機関における当該事業の研究開発体制に関わる運営面に関し、国費の効果的・効率的執行を確保する観点から、必要な範囲で評価を行う。
- (3) 上記(2)の規定にかかわらず、独立行政法人が運営費交付金により自ら実施し、又は運営管理する技術に関する事業については、独立行政法人通則法（平成11年法律第103号）及び大綱的指針に基づいて実施されるものであり、本指針の対象としない。なお、技術に関する施策には、これら事業は含まれるものとする。
- (4) 評価の種類としてはこの他に研究者等の業績の評価が存在するが、これは研究開発機関の長が評価のためのルールを整備した上で、責任を持って実施することが基本であり、本指針の対象としない。

4. 評価の類型・階層構造及びリンケージ

(1) 実施時期による類型

評価はその実施時期により、事前評価、中間・終了時評価及び追跡評価に類型化される。

(2) 評価の階層構造

経済産業省における技術評価では、技術に関する施策・事業での評価を基本的な評価単位とするが、政策効果をあげるために、特に必要があると認められるときには、関連する複数の技術に関する施策・事業が有機的に連携をとって

体系的に政策効果をあげているかを評価することとする（これは経済産業省政策評価実施要領における「政策体系評価」に対応するものと位置付ける。）。

(3) 実施時期による評価のリンケージ

中間・終了時評価は、技術に関する施策・事業の達成状況や社会経済情勢の変化を判断し、計画の見直しや後継事業への展開等の是非を判断するものである。また、事前評価での予想が実際にどのような結果となったか、予算措置は妥当であったか等を確認することにより、事前評価の方法を検証し得るものである。したがって、中間・終了時評価の結果をその後の産業技術政策・戦略の企画立案や、より効果的な事前評価の評価手法の確立に反映させるよう努めるものとする。

また、中間・終了時評価の結果は、追跡評価にて検証されるものである。

5. 評価方法等

厳正な評価を行うためには、評価方法、評価項目等に客観性を持たせることが必要であること

から、本指針をはじめ評価実施に係る諸規程等を整備の上、公開するものとする。

技術評価室は本指針を踏まえ、評価マニュアル等を策定するとともに、円滑な評価の実施のための指導及び評価システムの維持管理を行う。

(1) 施策原簿

技術に関する施策の基本実施計画書、政策評価書等をもって施策原簿とする。施策原簿を作成・改定した場合は、速やかにその写しを技術評価室へ提出する。

(2) 事業原簿

技術に関する事業の基本実施計画書、政策評価書等をもって事業原簿とする。研究開発制度及びプロジェクトの事業原簿を作成・改定した場合は、速やかにその写しを技術評価室へ提出する。

(3) 評価項目・評価基準

評価の類型及び技術に関する施策・事業の態様等に応じて標準的な評価項目・評価基準を技術評価室が別に定めることとする。

(4) 評価手続・評価手法

評価の類型に応じて適切な評価手法を用いるものとする。なお、複数の事業間の相対的評価を行う場合等においては、評点法の活用が有効と考えられ、評価の類型及び対象案件の態様に応じ適宜活用することが望ましい。

(5) 評価の簡略化

評価の実施に当たっては、評価コストや被評価者側の過重な負担を回避するため、評価対象となる事業に係る予算額が比較的少額である場合には、評価項目を限定する等の簡略化を行うことができるものとする。なお、簡略化の標準的な方法については技術評価室が別に定める。

6. 評価結果の取扱い等

(1) 評価結果の取扱い

評価事務局は、評価終了後速やかに評価書の写しを技術評価室に提出する。技術評価室は全ての評価結果について、これまでに実施された関連調査及び評価の結果、評価の実施状況等を踏まえつつ意見をまとめ、査定課、秘書課及び政策評価広報課に報告することができる。

(2) 予算査定との関係

査定課は、技術評価室から事前評価及び中間評価の評価書の提出を受けた場合は、技術評価室の意見を踏まえつつ技術に関する施策・事業の評価等を行う。事前評価に関しては査定課の評価を終えた事前評価書に記載された技術に関する施策・事業の内容をもって、推進課又は主管課と査定課との間の合意事項とみなし、査定課はこれを踏まえて予算査定を行う。中間評価に関しては、査定課は中間評価結果を踏まえて予算査定を行う。

(3) 評価結果等の公開の在り方

評価結果及びこれに基づいて講ずる又は講じた措置については、機密の保持が必要な場合を除き、個人情報や企業秘密の保護、知的財産権の取得等に配慮しつつ、一般に公開することとする。なお、事前評価については、政策立案過程の透明化を図る観点から、評価事務局は予算が経済産業省の案として確定した後に、公開するものとする。パネルレビューを行う場合にお

ける議事録の公開、委員会の公開等については、「審議会等の透明化、見直し等について」（平成7年9月閣議決定）に準じて行うものとする。

7. 評価システムの不断の見直し

いかなる評価システムにおいても、評価は評価者の主観的判断によってなされるものであり、その限りにおいては、完璧な客観性、公平性を求めることは困難である。したがって、評価作業が終了するたびごとにその評価方法を点検し、より精度の高いものとしていく努力が必要である。また、本指針については、こうした一連の作業を踏まえ、原則として毎年度見直しの要否を検討する。

8. 評価体制の充実

評価体制の充実を図るため、研究者の評価者としての活用などにより評価業務に携わる人材を育成・確保するとともに、研究開発費の一部を評価費用に充てるなど評価に必要な資源を確保する。

9. 評価データベース等の整備

技術評価室は、国内外の適切な評価者を選任できるようにするため、及び個々の評価において普遍性・信頼性の高い評価を実現するため、個々の技術に関する施策・事業についての研究者、資金、成果、評価者、評価結果等をまとめたデータベースを整備する。

また、競争的資金制度による研究課題に関する評価など、審査業務等を高度化・効率化するために必要な電子システムの導入も促進する。

10. 評価における留意事項

(1) 評価者と被評価者との対等性

① 評価者と被評価者との関係

評価作業を効果的に機能させるためには、評価者と被評価者の双方が積極的にその知見と情報を提供し合うという協調的関係と、評価者もその評価能力を評価されるという意味で評価者と被評価者とが相互に相手进行评估するという緊張関係とを構築し、この中で、討論を行い、評価を確定していく必要がある。

この際、評価者は、不十分な成果等被評価者が自ら進んで提示しない事実があるかどうかを見極める能力が要求される。一方、被評価者は、評価対象の技術に関する施策・事業の位置付けを明確に認識するとともに、評価結果を正確に理解し、確実にその後の技術に関する施策・事業の創設、運営等に反映させていくものとする。

② 評価者に係る留意事項

研究者が評価者となる場合、評価者は、評価作業を評価者自らの研究を妨げるものとして捉えるべきではなく、自らの研究の刺激になる行為として、積極的に取り組むことが必要である。

また、研究開発成果を、イノベーションを通じて国民・社会に迅速に還元していく観点から、産業界の専門家等を積極的に評価者に選任する。

③ 被評価者に係る留意事項

被評価者は、評価を事業の質をより高めるものとして積極的に捉え、評価は評価者と被評価者の双方の共同作業であるとの認識の下、真摯な対応を図ることが必要である。

(2) 評価の不確実性

評価時点では見通し得なかった技術、社会情勢の変化が将来的に発生し得るという点で評価作業は常に不確実性を伴うものである。したがって、評価者は評価の精度の向上には、必然的に限界があることを認識した上で、評価時点で最良と考えられる評価手法をとるよう努めることが必要である。かかる観点からは、厳正さを追求するあまりネガティブな面のみを過度に減点法で評価を行うこととなると、将来大きな発展をもたらす技術を阻害するおそれがある点にも留意する必要がある。

また、成果に係る評価において、目標の達成度合いを評価の判定基準にすることが原則であるが、併せて、副次的成果等、次につながる成果を幅広い視野からとらえる。

(3) その他の留意事項

① 海外の研究者、若手研究者の活用

研究者には、研究開発の発展を図る上で専門的見地からの評価が重要な役割を果たすものであることから、評価者としての評価への積極的参加が求められる。一方、特定の研究者に評価実施の依頼が集中する場合には、評価への参加が大きな負担となり、また、評価者となる幅広い人材の養成確保にもつながらないことから、海外の研究者や若手研究者も評価者として積極的に参加させることなどにより評価者確保の対象について裾野の拡大を図るよう努める。

② 所期の成果を上げられなかった研究開発

研究開発は必ずしも成功するとは限らず、また、失敗から貴重な教訓が得られることもある。したがって、失敗した場合には、まずその原因を究明し、今後の研究開発にこれを生かすことが重要であり、成果を上げられなかったことをもって短絡的に従事した研究者や組織、機関を否定的に評価すべきものではない。また、評価が野心的な研究開発の実施の阻害要因とならないよう留意しなければならない。

③ 数値的指標の活用

論文の被引用度数、特許の申請状況等による成果の定量的評価は一定の客観性を有するが、技術に関する施策・事業においては研究分野や内容により、その意味は大きく異なり得るものであり、必ずしも研究開発成果の価値を一義的に表すものではない。したがって、これらを参考資料として有効に活用しつつも、偏重しないよう留意すべきである。

④ 評価結果の制度間での相互活用

研究開発をその評価の結果に基づく適切な資源配分等を通じて次の段階の研究開発に連続してつなげるなどの観点から、関係府省、研究開発機関及び制度を越えて相互活用するよう努める。

⑤ 自己点検の活用

評価への被評価者等の主体的な取組を促進し、また、評価の効率的な実施を推進するため、推進課及び主管課は、自ら技術に関する施策・事業の計画段階において具体的かつ明確な目標とその達成状況の判定基準等を明示し、技術に関する施策・事業の開始後には目標の達成状況、

今後の発展見込み等の自己点検を行い、評価者はその内容の確認などを行うことにより評価を行う。

⑥ 評価の国際的な水準の向上

研究開発の国際化への対応に伴い、評価者として海外の専門家を参加させる、評価項目に国際的なベンチマーク等を積極的に取り入れるなど評価に関して、実施体制や実施方法などの全般にわたり、評価が国際的にも高い水準で実施されるよう取り組む。

II. 評価の類型と実施方法

II. 1. 技術に関する施策評価

技術に関する施策の評価は、当該技術分野全体の方向性等を勘案しつつ、当該施策の下に位置付けられる技術に関する事業のまとまりを俯瞰する形で、各事業の相互関係等に着目し、個々の事業に係る評価結果を踏まえて行う。

(1) 事前評価

新規の技術に関する施策の創設に当たって行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び主管課

③ 評価事務局

推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

外部評価を行う。

評価対象とする技術に関する施策は、技術評価室が推進課及び主管課と協議の上、定める。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

(2) 中間・終了時評価

技術に関する施策創設後、一定期間継続的に実施しているものについて、技術に関する施策ごとに中間・終了時評価を行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び主管課

③ 評価事務局

推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

施策原簿、成果報告、運営状況報告等を基に外部評価を行う。

評価対象とする技術に関する施策は、技術評価室が推進課及び主管課と協議の上、定める。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

中間評価については、実施が4年以上にわたる又は実施期間の定めのない技術に関する施策について3年程度ごとに定期的に行う。なお、モニタリング（進捗状況を把握する作業）については毎年行うこととする。

終了時評価については、当該技術に関する施策の成果を切れ目なく次の技術に関する施策につなげていく場合には、当該技術に関する施策が終了する前の適切な時期に終了前評価を行うこととし、その他の場合には、当該技術に関する施策の終了直後に事後評価を行うものとする。

なお、中間・終了時評価は、効果的・効率的な評価の実施の観点から、技術に関する施策を構成する技術に関する事業の評価を前提として実施する。

Ⅱ. 2. 技術に関する事業評価

Ⅱ. 2. 1. 研究開発制度評価

研究開発制度評価は、個々にその目的・政策的位置付け、目標、成果、目標の達成度、必要性、効率性、有効性等について、事前評価及び中間・終了時評価を行う。

(1) 事前評価

新規の研究開発制度の創設に当たって行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課

③ 評価事務局

推進課

④ 評価手続・評価手法

外部評価を行う。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。研究開発制度について制度実施予定期間及び中間評価の時期の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・終了時評価

研究開発制度創設後、一定期間継続的に実施しているものについて、研究開発制度ごとに中間・終了時評価を行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び研究開発機関

③ 評価事務局

推進課又は研究開発機関（独立行政法人であって、研究開発制度の推進部門から独立した評価部門が評価を行う場合に限る。）。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

事業原簿、研究開発制度から得られた成果、研究開発制度の運営状況等を基に外部評価を行う。また、必要に応じ、評点法の活用による評価の定量化を行うこととする。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

中間評価については、実施期間が5年以上の研究開発制度又は実施期間の定めのない研究開発制度については、その目的、内容、性格、規模等を考慮し、3年程度ごとに定期的に行う。なお、モニタリング（進捗状況を把握する作業）については毎年行うこととする。

終了時評価については、当該研究開発制度の成果を切れ目なく次の研究開発制度につなげていく場合には、当該研究開発制度が終了する前の適切な時期に終了前評価を行うこととし、その他の場合には、当該研究開発制度終了直後に事後評価を行うものとする。

なお、中間・終了時評価は、効果的・効率的な評価の実施の観点から研究開発制度に関する評価結果の情報を集積し、関連する技術に関する施策の評価に際しその情報を提供する。

II. 2. 2. プロジェクト評価

プロジェクト評価は、個々にその目的・政策的位置付け、目標、成果、有効性、効率性等について評価を行う。事前評価及び中間・終了時評価を行う。

(1) 事前評価

新規のプロジェクトの創設に当たって行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課

③ 評価事務局

推進課

④ 評価手続・評価手法

外部評価を行う。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。プロジェクトについて実施予定期間及び中間評価の時期の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・終了時評価

プロジェクト創設後、一定期間継続的に実施しているものについて、プロジェクトごとに中間・終了時評価を行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課、研究開発機関及び実施者（研究開発機関から委託又は補助を受けてプロジェクトを実施する機関又は個人をいう。）

③ 評価事務局

推進課又は研究開発機関（独立行政法人であつて、事業の推進部門から独立した評価部門が評価を行う場合に限る。）。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

事業原簿、成果報告、運営状況報告等を基に外部評価を行う。また、必要に応じ、評点法の活用による評価の定量化を行うこととする。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

中間評価は、実施期間が5年以上のプロジェクト又は実施期間の定めのないプロジェクトについては、その目的、内容、性格、規模等を考慮し、3年程度ごとに定期的に行う。なお、モニタリング（進捗状況を把握する作業）については毎年行うこととする。

終了時評価は、当該プロジェクトの成果を切れ目なく次のプロジェクトにつなげていく場合には、当該プロジェクトが終了する前の適切な時期に終了前評価を行うこととし、その他の場合には、当該プロジェクト終了直後に事後評価を行うものとする。

なお、中間・終了時評価は、効果的・効率的な評価の実施の観点から個別プロジェクトに関する評価結果の情報を集積し、関連する技術に関する施策の評価に際しその情報を提供する。

II. 2. 3. 競争的資金制度による研究課題に関する評価

競争的資金制度に提案された個々の研究課題について、当該競争的資金制度の目的に照らして、目標・計画、科学的・技術的意義、実施体制、実用化の見通し等について評価を行う。複数の候補の中から優れた研究課題を採択するための事前評価及び目標の達成状況や成果の内容等を把握するための中間・終了時評価を行う。

(1) 事前評価

新規研究課題の採択時に行う。

① 評価者

外部評価者。

研究課題の採択の際、被評価者と同じ研究開発機関に所属する等の専門家は排除する必要があるため、例えば評価事務局はあらかじめ全評価者名を公表し、被評価者に対して申請時に利害関係者の存在を併せて書面にて宣誓することを求める等の措置を講ずる。また、評価者には秘密保持を義務付ける。

なお、評価者としてふさわしい者であることを示すため、評価者の業績又は実績について適切な時期にホームページ等で公開する。

② 被評価者

研究課題の提案者

③ 評価事務局

推進課又は研究開発機関

④ 評価手続・評価手法

研究課題の採択に当たっては、エフォート（一研究員の全研究活動時間のうち当該競争的資金制度による研究活動に充てる時間の割合をいう。）の明記を原則求める。また、被評価者と利害関係のない有識者等によるパネルレビュー又はメールレビューによる評価を行う。採択に当たっては、他の競争的資金制度による研究課題等との重複が生じないようにする。評価事務局は研究課題の提案者へ不採択の結果を通知する場合には、原則として評価項目別に詳細な評価内容を提示するとともに、不採択となった提案者からの問い合わせに応じるための環境を整備する。

なお、研究課題の評価に際しては、研究分野や当該競争的資金制度の趣旨を踏まえ、必要に応じて、主に業績が十分に定まらない若手研究者等について、マスキング評価の導入を図ることとする。主に中堅以上の研究者に関する研究者としての評価は、所属組織や機関のみに着目するのではなく、過去の実績を十分に考慮した評価とする。

また、研究者の研究遂行能力を示している過去の研究実績について、定量化を試みつつ、研究者としての評価を過去の実績を十分考慮して行った上で研究課題の採否を決定する。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。研究課題について実施予定期間及び中間評価の時期の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・終了時評価

研究課題の目標達成度の把握とともに研究課題の継続、拡大・縮小、中止等の資源配分の判断、および必要に応じ被評価者に対する支援的助言を行うための評価。

① 評価者

外部評価者

なお、評価者としてふさわしい者であることを示すため、評価者の業績又は実績について適切な時期にホームページ等で公開する。

② 被評価者

研究課題の実施者

③ 評価事務局

推進課又は研究開発機関。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

事業原簿、成果報告、運営状況報告等を基に外部評価を行う。

競争的資金制度による継続的な研究の必要性及びプロジェクトへの発展の可能性（主として技術シーズの創造を目的とする研究の場合に限る。）の有無が判断できる手法により評価を行う。

また、研究課題の終了時評価の結果については、採択された研究課題ごとに定量化されたも

のについては結果を公表する。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

中間評価については、実施期間が5年以上の研究課題又は実施期間の定めのない研究課題については、その目的、内容、性格、規模等を考慮し、3年程度ごとに定期的に行う。

終了時評価については、当該研究課題の成果を切れ目なく次の研究課題又はプロジェクト等につなげていく場合には、原則、当該研究課題が終了する前の適切な時期に終了前評価を行うこととし、その他の場合には、当該研究課題終了直後に事後評価を行う。

II. 3. 追跡評価

終了して数年経った技術に関する施策・事業を対象に、その研究開発活動や研究開発成果が産業、社会に及ぼした効果について調査し、その調査結果を基に現在の視点から総合的に評価を行う。

(1) 評価者

外部評価者

(2) 被評価者

評価対象となる技術に関する施策・事業及びこれに関連する技術に関する施策・事業に携わった推進課及び研究開発機関

(3) 評価事務局

推進課又は技術評価室

(4) 評価手続・評価手法

過去の事業原簿等の文献データ、関連部署・機関及びその他関係者等からの聞き取り調査等による情報を基にパネルレビュー又は第三者機関への委託による外部評価を行う。また、可能な限り定量的な評価に努める。

(5) 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

(6) 実施時期

技術に関する施策・事業終了後、成果の産業社会への波及が見極められる時点とする。

(該当部分のみ抜粋)

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

平成 2 5 年 4 月

経済産業省産業技術環境局

技術評価室

はじめに

研究開発評価に当たっては、公正性、信頼性さらには実効性の観点から、その対象となる研究開発の特性や評価の目的等に応じて、適切な評価項目・評価基準を設定して実施することが必要である。

本標準的評価項目・評価基準は、経済産業省における技術に関する施策及び技術に関する事業の評価を行うに当たって配慮しなければならない事項を取りまとめたガイドラインである経済産業省技術評価指針に基づき、評価方法、評価項目等に一貫性を持たせるために、標準的なものとして、技術評価室が定めるものである。

なお、本標準的評価項目・評価基準は、あくまで原則的なものであり、必ずしも全てそのとおりとしなければならないものではなく、適切な評価の実施のために評価対象によって、適宜、変更することを妨げるものではない。

Ⅱ．技術に関する事業評価

Ⅱ－１ プロジェクト評価

【事前評価】

1. 事業の必要性及びアウトカムについて（研究開発の定量的目標、社会的課題の解決や国際競争力強化への対応）

- （１）事業の必要性はあるか（どのような社会的課題等があるのか）。
- （２）アウトカム（目指している社会の姿）の具体的内容及び検証可能なアウトカム指標とその時期は適切に設定されているか。
- （３）アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果の程度は優れているものか。
- （４）アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標（技術的成果等）の具体的内容とその時期は適切に設定されているか。

2. アウトカムに至るまでの戦略について

- （１）アウトカムに至るまでの戦略に関して、以下の点について適切に計画されているか。
 - ・ アウトカムに至るまでのスケジュール
 - ・ 知財管理の取扱
 - ・ 実証や国際標準化
 - ・ 性能や安全性基準の策定
 - ・ 規制緩和等を含む実用化に向けた取組
- （２）成果のユーザーの段階的イメージ・仮説は妥当なものか。
 - ・ 技術開発成果の直接的受け手は誰か
 - ・ 社会的インパクトの実現までのカギとなるプレイヤーは誰か

3. 次年度以降に技術開発を実施する緊急性について

- （１）次年度以降に技術開発を実施する緊急性は合理的なものか。

4. 国が実施する必要性について

- （１）科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有している事業か。
 - ・ 我が国が強みを持ち、世界に勝てる技術分野か

- ・他の研究分野等への高い波及効果を含むものか

5. 当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業について

- (1) 当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業との関係性は適切か
- ・当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業として何があるか
 - ・上記の関連性のある事業と重複がなく、また、適切に連携等が取れているか

【中間・事後評価】

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

- (1) 事業目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。
- ・事業の政策的意義（上位の施策との関連付け等）
 - ・事業の科学的・技術的意義（新規性・先進性・独創性・革新性・先導性等）
 - ・社会的・経済的意義（実用性等）
- (2) 国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。
- ・国民や社会のニーズに合っているか。
 - ・官民の役割分担は適切か。

2. 研究開発等の目標の妥当性

- (1) 研究開発等の目標は適切かつ妥当か。
- ・目的達成のために具体的かつ明確な研究開発等の目標及び目標水準を設定しているか。特に、中間評価の場合、中間評価時点で、達成すべき水準（基準値）が設定されているか。
 - ・目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

- (1) 成果は妥当か。
- ・得られた成果は何か。
 - ・設定された目標以外に得られた成果はあるか。
 - ・共通指標である、論文の発表、特許の出願、国際標準の形成、プロトタイプ之作製等があったか。
- (2) 目標の達成度は妥当か。
- ・設定された目標の達成度（指標により測定し、中間及び事後評価時点の達成すべき水準（基準値）との比較）はどうか。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

- (1) 事業化については妥当か。

- ・事業化の見通し（事業化に向けてのシナリオ、事業化に関する問題点及び解決方策の明確化等）は立っているか。
- (2) 波及効果は妥当か。
- ・成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
 - ・当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合、以下の評価項目・評価基準による。

4. 標準化等のシナリオ、波及効果の妥当性

- (1) 標準化等のシナリオは妥当か。
- ・JIS化や我が国主導の国際規格化等に向けた対応は図られているか。
- (2) 波及効果は妥当か。
- ・成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
 - ・当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

- (1) 研究開発計画は適切かつ妥当か。
- ・事業の目標を達成するために本計画は適切であったか（想定された課題への対応の妥当性）。
 - ・採択スケジュール等は妥当であったか。
 - ・選別過程は適切であったか。
 - ・採択された実施者は妥当であったか。
- (2) 研究開発実施者の実施体制・運営は適切かつ妥当か。
- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか、いたか。
 - ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか、いたか。
 - ・目標達成及び効率的実施のために必要な、実施者間の連携／競争が十分に行われる体制となっているか、いたか。
 - ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組を積極的に実施しているか、いたか。
 - ・国民との科学・技術対話を効果的に実施したか、又は実施することとしているか。（ただし、公募要項に当該対話を実施することが明記されている研究開発で、3千万円以上の公的研究費の配分を受ける研究開発を実施する研究者等を対象とする。）ここで、国民との科学・技術対話とは、研究活動の内容や成果を社会・国民に対して分かりやすく説明する、未来への希望を抱かせる心の通った双方向コミュニケーション活動をいう（「国民との科学・技術対話」の推進について（基本的取組方針）（平成22年6月19日））。
- (3) 資金配分は妥当か。
- ・資金の過不足はなかったか。
 - ・資金の内部配分は妥当か。

(4) 費用対効果等は妥当か。

- ・ 投入された資源量に見合った効果が生じたか、期待できるか。
- ・ 必要な効果がより少ない資源量で得られるものが他にないか。

(5) 変化への対応は妥当か。

- ・ 社会経済情勢等周囲の状況変化に柔軟に対応しているか（新たな課題への対応の妥当性）。
- ・ 代替手段との比較を適切に行ったか。

6. 総合評価