

最先端・次世代研究開発支援プログラム  
事後評価書

研究課題名	レアメタルの環境調和型リサイクル技術の開発
研究機関・部局・職名	東京大学 生産技術研究所 教授
氏名	岡部 徹

## 【研究目的】

本研究では、高価あるいは今後も一層需要が増大すると予想されるレアメタルを幾つか選び、新しいプロセス原理に基づいたリサイクル技術を提案することを目的とした。そして、そのフィージビリティ(実行可能性)について基礎実験に基づいて評価し、新しいプロセス技術の発展の可能性を学際的に検討した。

具体的には、「スクラップコンビネーション」という環境調和型の新しいプロセス概念を基軸としたリサイクルプロセスの構築を目指して、貴金属(白金(Pt)、ロジウム(Rh)、パラジウム(Pd)...)、レアアース(ネオジウム(Nd)、ジスプロシウム(Dy)、...)、チタン(Ti)、コバルト(Co)、ガリウム(Ga)、タングステン(W)などのレアメタルについて、それぞれの課題の要素研究を行った。

本研究の主たる特色は、スクラップ同士を上手く組み合わせることにより、効率良く目的のレアメタルを分離・回収し、同時に、処理が困難な廃棄物の量を減らすことを目的とする従来にないプロセス技術の開発である。新しいタイプのレアメタル製錬の要素技術の開発を通じて、学術的にも産業的にもインパクトが大きい新たなプロセス原理の構築を目指した。

高価なレアメタルのリサイクル技術の開発は、これまでも数多くの研究が行われてきたが、従来の手法は銅製錬などの既存の大型非鉄製錬プロセスを利用する方法や、目的のレアメタルを個別に抽出・分離する方法などが主な手法であった。本研究では、申請者が独自に考案した「スクラップコンビネーション」という新しいプロセス概念を発展させ、有害あるいは処理にコストがかかる廃棄物をレアメタルのリサイクル技術に積極的に活用し、環境調和型のプロセス技術の新たな可能性を探り、グリーン・イノベーションを推進することを目的とした。

個別の具体的な研究としては、「スクラップコンビネーション」という環境調和型の新しいプロセス概念を基軸として、高価あるいは今後も一層需要が増大すると予想されるレアメタルを幾つか選び、新しいプロセス原理に基づいたリサイクル技術を提案した。

- ① 貴金属(金(Au)、白金(Pt)、ロジウム(Rh)、パラジウム(Pd)...)、
- ② レアアース(ネオジウム(Nd)、サマリウム(Sm)、ジスプロシウム(Dy)、スカンジウム(Sc)...)、
- ③ チタン(Ti)、シリコン(Si)、

④ ニオブ(Nb)、タンタル(Ta)、コバルト(Co)、ガリウム(Ga)、リチウム(Li)などのレアメタルについて、それぞれのリサイクルプロセスを提案し、課題の要素技術の研究を行い、新しいリサイクルプロセス技術として発展するかどうかの実行可能性(Feasibility)を明らかにすることを目的とした。目的を達成するための研究の工程としては、それぞれのレアメタルのリサイクル・精製プロセスの要素技術の開発から取り組み、多角的に課題を設定し、研究を進めた。また、レアメタルをはじめとする有価金属の回収だけでなく、有害あるいは処理にコストがかかる廃棄物を有効利用できる新しいリサイクル技術の開発を目指した。

【総合評価】	
	特に優れた成果が得られている
	優れた成果が得られている
○	一定の成果が得られている
	十分な成果が得られていない

【所見】	
① 総合所見	
<p>本研究課題が目指しているレアメタルリサイクルプロセスの開発という目的は明確であり、社会的にも経済的にも望まれている分野である。本研究では、新しい環境調和型のリサイクルプロセス開発の指針を示したという成果が認められる。</p> <p>しかしながら、最終報告書も貴金属、レアアース、チタン、コバルトやタンゲステンなどと個別独立的なテーマが多く、各テーマではそれなりの技術開発が行われたとも見えるものの、全体として総花的である。とくに、今回の研究開発の対象となった要素技術が、提案の目的であるスクラップ同士を上手く組み合わせることにより、効率良く目的のレアメタルを分離・回収し、同時に、処理が困難な廃棄物の量を減らすことを目的とする従来にないプロセス技術の開発にどのようなつながったかわかりにくい。</p> <p>研究成果の公表の点では、数多くの受賞実績、会議発表や一般向け講演会が極めて多いことは高く評価されるものの、国際雑誌への論文掲載が7報とやや貧弱に感じられる。</p>	

② 目的の達成状況	
<p>・所期の目的が (□全て達成された ・ ■一部達成された ・ □達成されなかった)</p>	
<p>レアメタル等の金属のリサイクルプロセスを開発するという目的は明確であり、我が国が必要とする具体的なレアメタルをターゲットとし、環境保全と資源戦略の両方の観点から、新しい環境調和型のリサイクルプロセスを開発する手法も明確である。本課題で実施している4種類のリサイクルプログラムはいずれも重要な技術であり、取り組んでいる要素技術の方向性を示す意味においては高く評価される。</p>	

しかしながら、個々のリサイクル技術は独立したプロセスとなっており、相互の関連性は見えない。目標についても、対象物質は絞り込まれているが、それぞれのプロセスで目指している純度、品位などの目標値が示されていないことから、到達度の判断が困難である。また、プロセスのほとんどが簡単に熱力学で予想できるものであり、学術的な新規性にやや欠ける感がある。単にプロセス技術を開発することを目的するのではなく、学術的な新規性を追求することも望みたい。

なお、貴金属のリサイクルプロセスを開発するため、当初はスクラップコンビネーションという概念が提案されていた。しかし、その概念に基づく研究成果が見られない。研究対象は広く、環境に調和したプロセス開発という観点では一貫性があるが、研究手法が総花的であり、それぞれのプロセス開発が場当たりの印象を受ける。

### ③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が  
(ある ・ ない)

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が  
(創出された ・ 創出されなかった)

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

貴金属の塩化処理によるリサイクルプロセス技術開発は、まだ基礎段階であるものの今後の実用化が期待できる。研究代表者はフィージビリティも考慮した大型設備処理を目指しており、この分野では先進的で優位性が高い。環境調和型リサイクルやコンビネーション型のリサイクルプロセスの概念は、これからの資源開発やレアメタルの開発における有力な方向性を提示しており、優位性もあると考えるが、取り組んでいる要素技術の目標値や品位が評価に値するか不明である。

また、当初はスクラップコンビネーションという概念が提案されていたが、その概念に基づく貴金属のリサイクルプロセスの研究成果は試薬を利用したモデル実験にとどまっている。今後、実際のスクラップを利用したフィージビリティスタディの成果を期待する。

なお、実用化という観点では本事業の成果は期待できるが、ブレークスルーに値する学術的な研究成果が見えない。様々なプロセスを提案しているが、それらの学術的な意義が小さいと思われる点が残念である。

### ④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が  
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が  
(見込まれる ・ 見込まれない)

リサイクルプロセスに関する多くの提案がなされており、この成果は企業化や現プロセスの改良につながると期待され、その観点から当該分野に対する進展効果があろう。しかし、それは実用化に関する寄与であり学術的な寄与があまりない。ただ、本

事業が環境調和型のリサイクルプロセスの可能性を示したことの意味は認められる。

日本における資源戦略上、枯渇資源、有用金属の都市鉱山からの回収利用は急務の課題である反面、十分な研究者がいる状況ではない。我が国の金属資源の貧弱さを補ううえで、環境保全と資源戦略の両方の観点から、レアメタルなどの金属資源を効率良くリサイクルする環境調和型技術の開発は意義がある。

一方、様々プロセスの可能性を提案していることは、今後の新しいリサイクルプロセスの実用化へつながる可能性があり、社会的、経済的課題の解決への貢献が期待できる。

#### ⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われた ・ 行われなかった）

指摘事項としてあげられていた「総花的でスクラップコンビネーションの概念が明確ではない」への対応は十分といえない。研究手法は総花的なプロセス開発が中心であり、基礎的な研究が貧弱なままである。また、「査読付き論文の発表や特許申請などにも更なる努力を期待する」との対応も不十分である。受賞がある点では評価された研究課題といえるものの、査読付き論文の公表は少ないことが残念であり、今後の公表を期待したい。