

【3-1710】 有機溶媒を用いない環境調和型のレアメタル高効率リサイクルシステムの開発
(H29～H31)

研究代表者 後藤 雅宏（九州大学）

1. 研究開発目的

本研究は、使用済み資源からのレアメタルリサイクル技術として、溶媒抽出の原理に基づいた高効率かつ環境への負荷を極めて低減した有機溶媒不使用のレアメタルの抽出分離法を構築することを目的とする。ここで、有機溶媒を使わない湿式分離法として、イオン液体抽出および膜分離システムを提案する。

イオン液体は、イオンのみからなる液体である。構成するイオンの構造およびその組み合わせを変えることにより、イオン液体自身に抽出機能を付与するとともに、物性を調整することによってそのまま抽出溶媒として用いることを可能にする。レアメタル高選択的なイオン液体を開発する。

膜分離システムは、膜中にレアメタルと高選択的に結合する試薬を封入し、膜を介して原料相から回収相にレアメタルを選択的に分離する溶媒抽出を進化させた手法である。キャリアとなる試薬（抽出剤、イオン液体）を設計合成し、高分子材料に加えて均一かつ内部流動的な薄膜（液膜(SLM)あるいはポリマー包含膜(PIM)）に調製する。長期間安定で高性能なレアメタル選択的分離膜を構築する。

廃電子機器および自動車排ガス触媒などには、多量の一般金属とともに微量のレアメタルが含まれる。これら使用済み品スクラップの金属酸浸出液からのレアメタルの回収をこの二つのシステムを用いて検討し、本提案プロセスのレアメタルリサイクルへの応用を目指すものである。

2. 研究の進捗状況

1. 自動車メーカーおよび北九州エコタウンで事業を展開する企業より、リサイクルに関する情報と自動車排ガス触媒を入手し、浸出の前処理(解体、粉体化)までをこれら企業の協力のもとに行った。酸浸出および浸出液の分析により粉体中の PGMs 組成を求め、同時に原料浸出液の調製の指針を得た。携帯電話については、これまでの蓄積により、サンプル情報が得られている。

2. 有機溶媒不使用を実現するため、PGMs リサイクルのための抽出溶媒として、化学メーカーと協力し、自身が PGMs に対する抽出能力を有する新規イオン液体を開発した。本イオン液体の物性が抽出溶媒に適すること、また PGMs の抽出、逆抽出の検討によりこれら金属が分離溶媒として有用であること、また実用化の課題である繰り返し使用も可能であることを示した。目標である Rh の抽出率 90%($V_{aq}/V_{IL}=2$)を達成した。Pt/Pd の分離係数については、逆抽出で 20～40 が得られている。また、自動車触媒の不純物金属から PGMs が分離可能であることを示し、次年度以降の回収プロセス構築のための操作条件を得た。

3. 有機溶媒不使用のためのもう一つの課題である膜分離（次年度計画）について貴金属のリサイクルへ応用可能であることを示すために、既にサンプル情報を得ている携帯電話浸出液からの Au の膜（PIM）分離を前倒しして行った。溶媒抽出より金属選択性が増すことを示した。耐薬品性や膜透過性の観点から、貴金属分離に適した膜材料の検討を行った。PGMs リサイクルのための分離膜設計の重要な指針を得た。

4. 本年度掲げたレアメタルの抽出システムとして、複数の抽出剤の協同（拮抗）効果による分離を、希土類金属(Sc)の分離をモデルに行った。リン酸系およびカルボン酸系抽出剤を混合し、その拮抗効果により、これまで難しかった金属の分離回収が可能となった。またこの拮抗効果は、膜中でも発現させることに成功した。協同（拮抗）効果による抽出分離は、分離の難しいその他の金属にも応用可能である。

自動車触媒は個体差があるため、原料液調製のための浸出については引き続き検討を行う予定

である。上記の様に、目的達成のための基礎的データは得られており、計画通り順調に進んでいる。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

資源の安定供給の確保と環境保全のために我が国では、2001年に家電リサイクル法、2013年には小型家電リサイクル法が成立した。2015年の国連持続可能な開発サミットで採択された2030アジェンダの中では天然資源消費とそれに伴う環境劣化を阻止するために、3Rの促進が提唱され国際的にも資源リサイクルの重要性が増している。しかし国内ではレアメタルのリサイクルはあまり進んでおらず、その実現には効率的で環境負荷の低い高効率分離技術の開発が不可欠である。

イオン液体は、蒸気圧がほとんど無いことから、これを抽出溶媒とすることによって、安全かつ環境負荷の小さい分離プロセスの構築が可能となる。本研究では、経済性の観点からまず資源価値の高い貴金属含有廃棄物を対象とし、リンを含むホスホニウム型イオン液体をその抽出溶媒として開発した。ここで重要な点は、この溶媒が実利用可能であることである。すなわち抽出分離が優れているのみならず、合成が容易で、抽出溶媒としての条件を備えていること、特にリンを含むイオン液体の水中への漏洩を抑えることは重要である。本研究で開発したイオン液体は、このような実用化の条件を満たすとともに、通常の溶媒抽出では不可能であったRhの抽出を高効率で可能にするなど、抽出性能の向上にも寄与している。

膜分離法は、抽出剤を保持した薄膜の両側で抽出と回収を行う省エネルギー分離回収な方法である。中でも高分子包含膜は有機溶媒を膜内に保有しないことから、環境負荷の低減に貢献する。大量の一般金属の中からAuのみを透過することが示されたことから、リサイクル技術としての利用が可能であることが分かった。

このように、これらの手法は、効率的で環境負荷の低いレアメタルのリサイクルプロセスを構築することができる。リサイクルに求められる地方分散型の小規模プロセスの構築が可能となり、上記リサイクルの促進に貢献できると考えられる。

4. 委員の指摘及び提言概要

PGMに特化した抽出法への社会的関心は高く、本研究は、その分野でのイオン液体抽出法の可能性

を示している。既に興味深い結果が得られていることから最終成果が期待できる。これからは回収率を向上することに注力してほしい。また、イオン液体は安価でないためコスト分析を行うと共に、抽出廃液等の最終処理を含めて、他技術との比較・優位性を示してほしい。なお、将来目標である膜分離方式については技術見通しがまだ十分とはいえない。

5. 評点

総合評点：A