

レアメタル回収技術に関する研究

名古屋市工業研究所 材料技術部 環境・有機材料研究室
柴田 信行

1. テーマ設定の背景

レアメタルは資源価格だけでなく、採掘精製の環境負荷、採掘地の途上国における劣悪な労働環境による人的な負荷等の問題がある。そのため、レアメタルの回収・リサイクルには、持続可能な社会の実現のための意義がある。湿式のレアメタルの回収の既存技術には、溶媒抽出法、イオン交換樹脂法などがあるが、これらの単位操作には分離容量や分離度の限界がある。そこで、より高度な回収能力を有する新たな回収技術の開発を行った。

2. 素形材分野との関連性

高機能な素形材にはレアメタルは欠かせないため、持続可能性の観点からレアメタルリサイクルの要求は高い。リサイクル技術開発は今や、素材開発と両輪をなす技術分野である。

3. 研究開発の成果

様々な産業分野で実用されているレアメタルに対し、それぞれに適した新しい回収技術の提案を行ってきた。自動車触媒に使われるロジウムに対しては、吸着容量の優れた吸水ゲルを用いた回収法を、半導体や液晶材料に用いられる金、ガリウム、インジウムに対しては泡を回収媒体とした分離能力に優れた回収法を、高性能磁石に用いられるジスプロシウムに対しては、溶媒抽出法とイオン交換樹脂法を組み合わせることで両者の利点を生かした分離能力の高い吸着回収法の提案を行い、実用できるレベルでの回収技術であることを示してきた。

3.1 吸水ゲルによる回収技術

吸水ゲルはその分子骨格そのものにイオン吸

着性があるため、既存の吸着媒体よりも高容量が得られる吸着材である。ビニルイミダゾール等の窒素を構造中に有するビニルモノマーを、適当な架橋条件下で重合することで作られた吸水ゲルは白金、パラジウム等の白金族イオンに対する選択的吸着性能を有することがわかった。一般的に回収が困難とされるロジウムに対する吸着性能は特長的で、ロジウムの回収技術として特許を取得した¹⁾ (図1)。

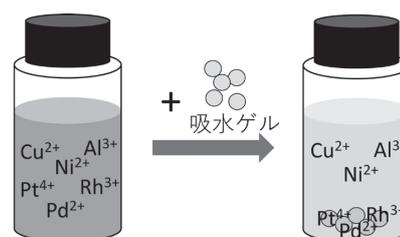


図1 吸水ゲルによる回収

3.2 連続向流泡沫分離法による回収技術

連続向流泡沫分離法は泡沫分離法の一つで、泡を固定相としたクロマトグラフィーといえる。固定相である泡は、絶えず分離塔底部で起泡により供給され、塔内部を上昇、塔上部の回収部で破泡して固定相ごと回収されている。連続向流泡沫分離法の特徴は、その固定相である泡の途中に分離対象を直接導入し、連続的に分離操作が可能な点である。また、試料導入部より上部に洗浄液を加えることにより、クロマトグラフィーの効率をさらに向上させることもできる。この技術により、金やガリウムを効率的に回収できることを見出し、報告した²⁾ (図2)。

3.3 溶媒抽出とイオン交換樹脂による回収

多くの元素は溶媒抽出で精製されている。これはあらゆる分離操作を考えても、単一操作で分離

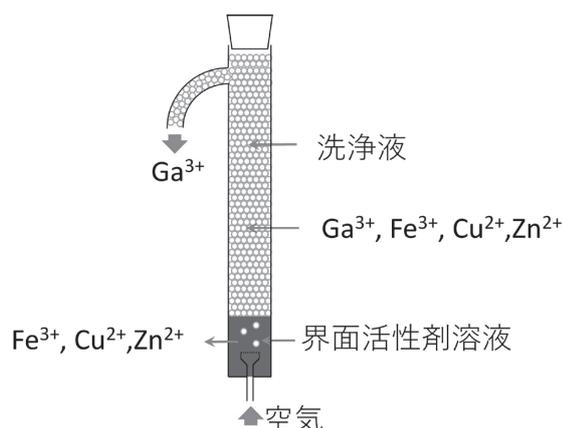


図2 連続向流泡沫分離法による回収

できる元素は限られるため、溶媒抽出でわずかに分離するものを、多段化して分離しているのである。金属イオンを分離する溶媒抽出では一般的には有機相中に親油性の錯化剤が添加されており、その錯形成能（抽出のしやすさ）の差を利用して金属イオンを分離する。錯形成は多くの場合平衡反応であり、有機相中にイオン交換樹脂を入れるとその錯化された金属イオンはイオン交換樹脂に吸着されるため、化学平衡により水相から次々に金属イオンが有機相に移動する。このように多段化された抽出とみなせる現象が連続的に生じることで、選択的かつ効率的な分離が可能となる。一例として希土類のネオジムとジスプロシウムを分離した例を報告した³⁾ (図3)。

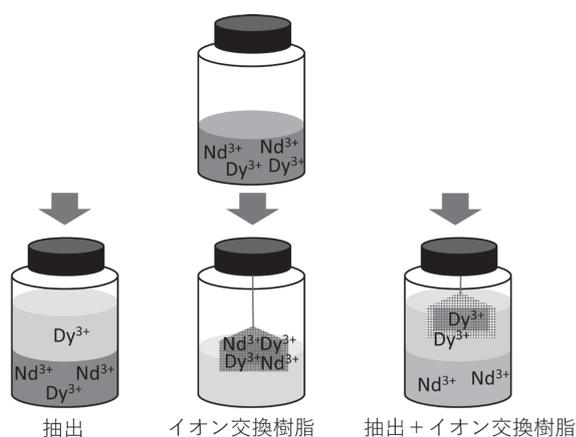


図3 抽出とイオン交換樹脂の組み合わせによる回収

4. 訴求点

レアメタルは産業のビタミンともよばれ、機能材料には欠かせないものである。また、資源としては世界に偏在しており、名前の通り産出量も少なく、供給不安がある。そのような側面から見ると、リサイクル技術はこれらのリスクを低減させることができる社会的意義を持つ。また、レアメタルの採掘現場では、未だに過酷な鉱山労働などが行われていることもあり、人道的な面からもリサイクルの推進には意義がある。

本研究の成果は分離回収の対象そのものに価値があるだけでなく、技術的観点からも手法自体が新しい。また、いずれも既存の技術に対して優位性を持っており、実用性は高く、今後ますます他のレアメタルへも利用を広げていくことが期待されるものである。

有用なリサイクル技術の確立により資源サイクルシステムが構築されれば、鉱石からのレアメタル精錬にかかる様々なコストが軽減される。それは、これまで工業的に利用が現実的でなかったレアメタルの実用性を引き上げられるなどの効果も期待でき、SDGsの目指す持続可能な社会の実現への道が拓かれる。

参考文献

- 1) 柴田信行, 中野万敬, 木下武彦, 石垣友三, 山口浩一, 秋田重人, 特許 6623363 号, **2019**.
- 2) T.Kinoshita, Y.Ishigaki, N.Shibata, K.Yamaguchi, S.Akita, S.Kitagawa, H.Kondou, S.Nii, *Sep. Purif. Technol.*, **2011**, 78, 181.
- 3) N.Shibata, R.Ichino, *Proceedings Critical Metal Symposium in Sendai*, **2015**, 64.