

【3K123022】ホスト分子による希少金属オンサイト分離のためのマイクロリアクターシステムの構築に関する研究 (H24~H26; 累計予算額 51,041 千円)

大渡 啓介 (佐賀大学)

1. 研究開発目的

金属資源に乏しく技術先進国である我が国にとって、レアメタル資源の確保は極めて重要である。国際的な政治背景から、日本はさまざまな手法でレアメタル確保を進める中で、使用済み製品や製造時に排出される廃棄物からのリサイクルによるレアメタル確保が一段と重要となっている。しかし、携帯電話のような小型家電に含まれるレアメタルや有害元素は多種多様でありその含有量は極微量であり、効率的にレアメタルのような有価金属を回収、または有害元素を除去する分離技術の確立が望まれている。溶媒抽出プロセスにおいて抽出試薬の果たす役割は大きく、プロセスの抽出効率や分離効率を左右する。

本研究ではホスト化合物と呼ばれる p-t-オクチルカリックス[4]アレーンを構造基体とし、様々な化学修飾を施して抽出試薬とすることを目論んだ。カリックスアレーンはある大きさの空間を有する大環状化合物であり、またベンゼン環を構造単位とするため剛直であり特定のゲストに対して有利な予備配向された構造を取る。しかしながら、分離に優れたテーラーメイド型抽出試薬を利用すると相互分離は可能にはなるが、高価であるために大量に取り扱うことができず、また抽出速度が遅い系があるといった欠点もあり、利用が制限される。

そこで、微量処理法としてマイクロリアクタープロセスに着目した。マイクロリアクターはさまざまな長所を備えているが、抽出速度の問題点を大幅に改善でき、また抽出試薬を極微量しか使用しないため、初期投資を大幅に軽減できる可能性を秘めている。レアメタルの個々の分離に対応できるテーラーメイド型抽出試薬の利用が可能になれば、従来では解決できなかった分離効率の問題も解消できる。また、マイクロリアクターを並列的に、またカスケード的に利用することにより、1回の操業で複数元素の同時分離・回収が可能となる。

本研究ではテーラーメイド型の大環状ホスト化合物を利用したマイクロリアクターシステムを開発し、廃棄物回収地オンサイトでのレアメタルの個別分離を目的とする。

2. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

個々のレアメタルに対して優れた選択性を有し大環状化合物であるカリックスアレーンを基体とするテーラーメイド型抽出試薬を開発した。また、それらの抽出試薬の抽出挙動と液液界面特性の相関について検討し、抽出試薬が界面に吸着する過程が抽出反応の律速であることを明らかとした。また、抽出した元素の逆抽出についても検討を行った。それを踏まえ、この抽出系を2種類のマイクロリアクター系に適用したところ、いずれにおいても劇的な抽出速度の改善が観られた。より界面積の大きな連続液滴形成型マイクロリアクター系がより有効であったことから、界面の影響が大きいことが立証された。最後に、実廃液からの元素の順次回収の可能性が示された。

(2) 得られた成果の実用化

自治体レベルや処理業者でのオンサイト利用を考慮し、レアメタルなどの金属資源回収にマイクロリアクター系を活用できるよう研究を推進した。複数の抽出試薬を各元素回収に当て、迅速に抽出できるマイクロリアクター系に適用することで、最大で数万倍の回収プロセスの回転速度と回転数の向上が得られ、装置規模を劇的に縮減できることが分かった。現行プロセスでは、1回の操業の回収元素が1種類であり低付加価値の元素は未回収となり、残渣処理も問題となる。本系ではこの点も大幅に改善できる。テーラーメイド型分離試薬については1g数万~数十万円

の価格を考えているが、1プロセスの使用量は10 mgにも満たないため初期投資を大幅に削減できる。国内外ではコスト的には不利でも高選択性の抽出試薬が開発されつつあり、本研究成果の実用化によって、多くの試薬の実用化にも繋がる。現在は基礎的段階であるが、最終的に、2~300万円程度の小型装置で、一日あたり100 kg程度の廃液から希少金属を回収できるシステムの構築を目指す。

(3) 社会への貢献の見込み

金属資源に乏しく技術先進国である我が国にとって、レアメタル資源の確保は極めて重要である。レアメタルは産業のビタミンであり、先端技術材料の原料として安定な供給が必要とされるため、本研究での成果は個々の金属資源の確保の観点から、多大な貢献ができると考えられる。また、同時に有害元素の除去といった環境保全の観点からも貢献できる。国家戦略としても、国際的な政治背景から資源が政治戦略に利用される状況も大幅に軽減されると考えられる。また、プロセスが小規模であるために、将来的にはプロセスの運転動力を太陽光によってまかなえる可能性もあり、エネルギー削減の意味でも大きく貢献できる可能性がある。

3. 委員の指摘及び提言概要

レアメタルの回収方法として、マイクロリアクターが利用できるかも知れないという可能性を示すことができた。ただし、これをどのように応用していくのかが不明である。せっかく面白い科学的知見が得られているので、より実用に結び付ける考案をしてほしい。

4. 評点

総合評点： B