

# 酸や有機溶媒を使用しない、環境調和型 レアメタルリサイクル技術を開発

後藤雅宏・九州大学大学院工学研究院 教授

環境研究総合推進費において、2014年からレアメタルのリサイクル技術の開発に取り組む

ここが  
POINT!

## レアメタル回収技術の現状

- レアメタルを溶かすのに、高濃度の酸や有害な化学物質を大量に使用
- 溶剤の繰り返し利用ができない
- 精製工程において、高効率な回収技術の開発が必要

## 開発した新技術と仕組み

- 高濃度の酸や有害な化学物質を使用せず、環境負荷の少ない「**深共晶溶媒**」で代替
- 深共晶溶媒は繰り返し利用が可能
- 目的のレアメタルだけを高効率に回収できる
- 分子設計により、様々なレアメタルおよびそれ以外の金属に応用可能
- 天然鉱物からのレアメタル分離もできる

## 目的・背景

環境に配慮したレアメタルの高度な分離技術の開発が重要

資源の乏しい日本では、レアメタルのリサイクル技術の確立が大事になってきます。特に、EU においては、自動車のバッテリー製造において、一定量のリサイクル金属を使用することが義務付けられ、近年、SDGs の観点から、環境に配慮した高効率なレアメタルリサイクルのプロセスを構築することが急務となっています。

従来のレアメタルリサイクルは、製品を解体したあと、金属浸出および抽出工程を経て、目的のレアメタルを分離回収しています。環境中に出ると汚染につながる、従来の酸や有機溶媒を使用するリサイクルプロセスに代わり、目的のレアメタルだけを溶かし出す**特殊溶媒の開発**によって、その問題を解決しようと考えました。

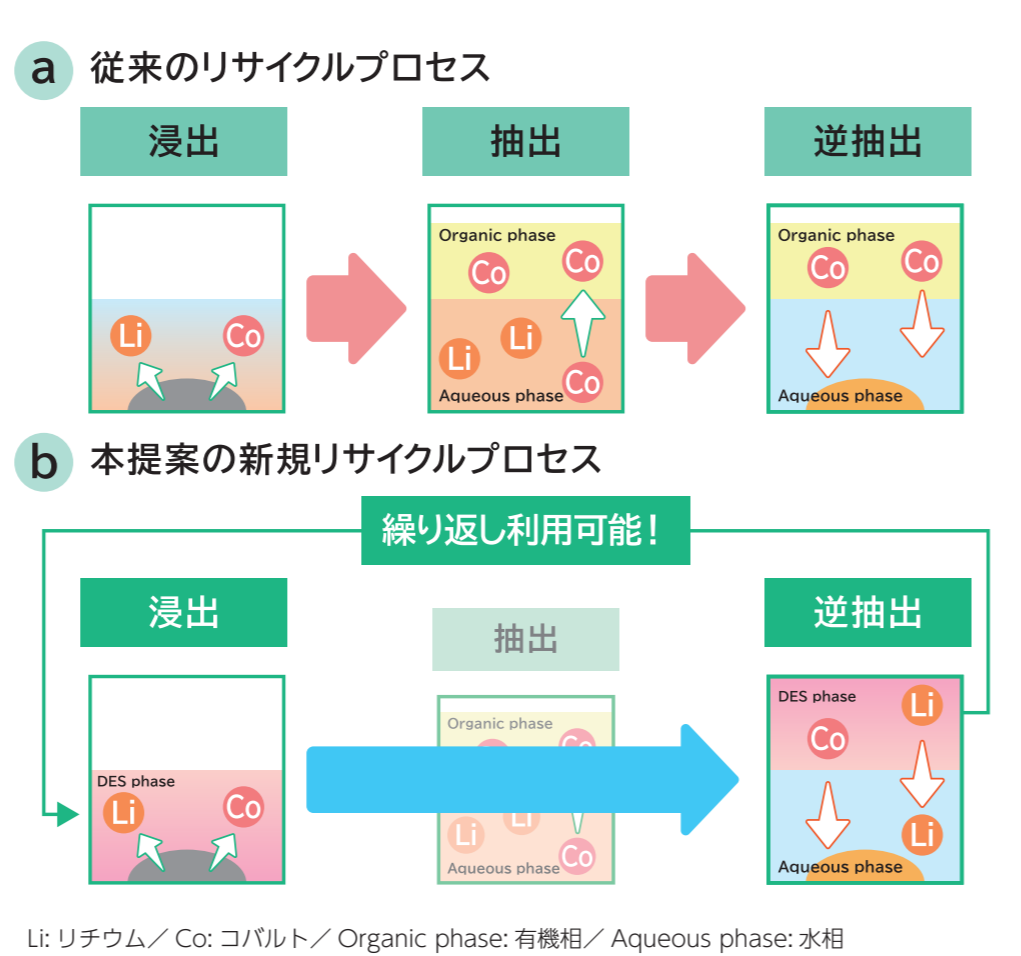


図1: 本研究で提案するレアメタルリサイクルのプロセス

【特徴】

- 深共晶溶媒を用いることで、有機溶媒を使う工程を省略できる
- 浸出工程で酸を使用しないため、環境にやさしい
- 深共晶溶媒は、リチウムの抽出・逆抽出において、繰り返し利用できる
- 1回の操作で90%以上分離可能

## 成果

目的のレアメタルだけを溶かし出す、特殊溶媒の開発に成功

酸や有機溶媒を必要としない方法として、廃棄物の粉末に直接作用し、レアメタルのみを溶かし出す特殊溶媒を開発しました。それが、「**深共晶溶媒\***」という溶解力の大きな溶媒です。

これにより、**リチウムイオンバッテリー (LIB) から、Ni (ニッケル)、Co (コバルト)、Li (リチウム) を高効率に分離回収したり、貴金属 (Pt, Pd, Rh) についても自動車触媒から目的のもののみを溶解分離することができるようになりました。**

また、深共晶溶媒の分子設計によって、**様々なレアメタルの分離に応用が可能です。**

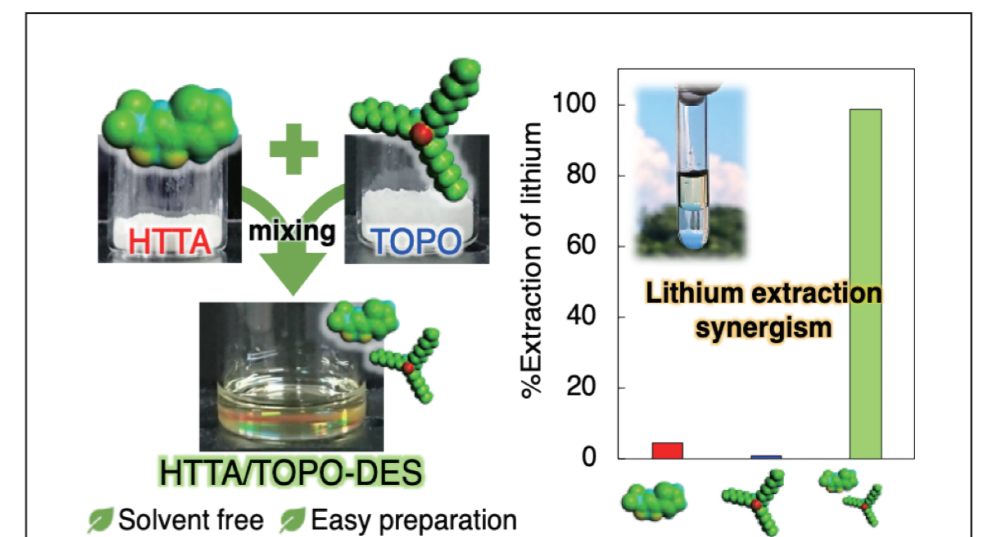


図2: リチウムを可溶化する深共晶溶媒の開発に成功

HTTAとTOPOを調整した深共晶溶媒 (HTTA/TOPO-DES) を用いると、リチウムの抽出作用が大きく向上した。

\* 深共晶溶媒 (DES: Deep Eutectic Solvent): 「水素結合ドナー性の化合物」と「水素結合アクセプター性の化合物」をある一定の割合で混ぜることで、「室温で液体」になる化合物。低揮発性のため、環境負荷の低い溶媒として、様々な応用が期待される。

## レアメタルのリサイクルを社会に生かす3つのアイデア

### 1 天然の鉱物資源からのレアメタル分離も可能

深共晶溶媒は、計算科学やデータサイエンスの活用で、自由に分子設計が可能です。

天然の鉱物資源からのレアメタル分離に対しても、本手法が有用であることを明らかにしています。例えば、**塩湖水からLi回収や天然鉱石からのNiやCoの回収にも有用**です。

### 2 レアメタル以外の金属分離にも応用が可能

**Fe (鉄)、Cu (銅)、Zn (亜鉛) や Al (アルミニウム) など、様々な金属分離に応用が可能です。**

深共晶溶媒の分子の設計によって、目的となる金属を選択的に溶かし出す、深共晶溶媒の調製が可能となります。このため、金属分離を目的とした様々な分野に導入できます。

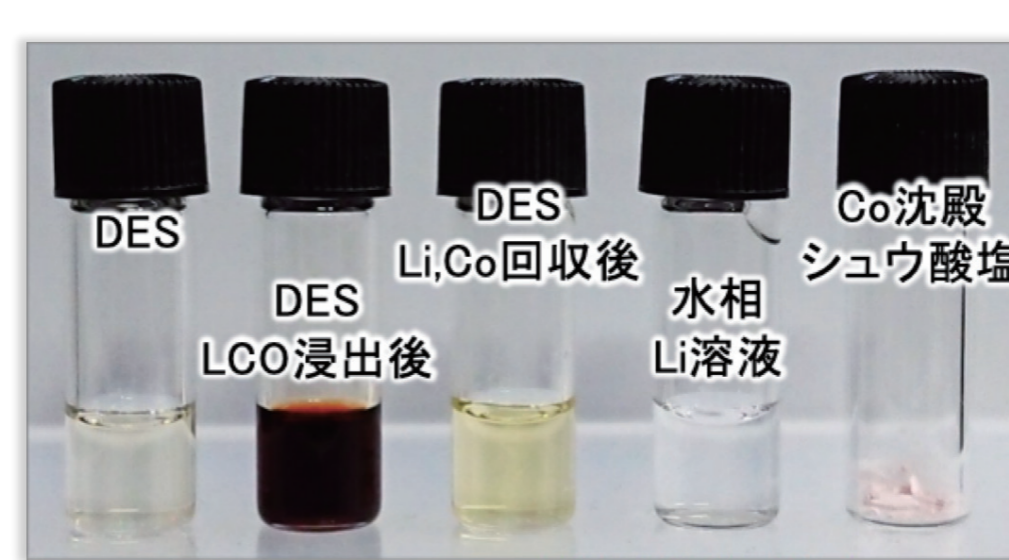


図3: 深共晶溶媒によるLIBの陽極材 (LiCoO<sub>2</sub>) からのレアメタル分離  
深共晶溶媒を用いることで、LIBから、コバルト酸リチウム (LiCoO<sub>2</sub>) を浸出させ、そのあと、シュウ酸溶液に触れさせることで、リチウム (Li) とコバルト (Co) を抽出することができた。

\* 深共晶溶媒 (DES) を用いることで、抽出工程を省くことができる  
\* 深共晶溶媒は、リチウムの抽出・逆抽出において、5サイクル以上の繰り返しにも問題がない

### 3 分離プロセスの簡略化で、二酸化炭素の排出削減に貢献

深共晶溶媒を用いるリサイクルプロセスでは、従来法で必須だった工程が不要となるなど、大幅な簡略化ができます。具体的には、**高温、高圧の環境下で行っている浸出工程が省略できるため、二酸化炭素の排出削減に貢献**します。

また、既存の分離装置で対応可能であり、それほど大きな導入コストにはなりません。



## Message 企業・自治体関係者へのメッセージ

「深共晶溶媒」を用いたレアメタル分離プロセスは、**小規模なものから大規模な対象物まで、幅広く応用可能**です。また、対象金属は、単一のみならず、**複数の金属にも対応が可能**です。「深共晶溶媒を用いたレアメタル分離プロセス」に関し、一緒に社会実装に取り組んでいただける企業からのお声がけをお待ちしています。特に、**非鉄金属業界や自動車産業との協働を希望**しています。

【環境研究総合推進費 3-2302】「無機酸と有機溶媒を代替可能な環境調和型レアメタルリサイクル溶媒の開発」(研究期間: 2023年度~2025年度)

