

# 微生物による代謝を活用した レアメタルリサイクル技術の開発

9 産業と技術革新の  
基盤をつくろう



12 つくる責任  
つかう責任



## キーワード

レアメタル、資源循環、環境浄化、微生物、半導体ナノ粒子

## ○取り組んだきっかけ

半導体原料等として電子製品に多く利用されるレアメタルは、高度に情報化された現代社会を支える資源ですが、地球上の埋蔵量は限られており、さらにリサイクルが進んでおらず使い捨てになっているため、将来的な枯渇が懸念されています。また、レアメタル資源の採掘に伴って、産出国では環境汚染や自然破壊が生じており、使用後に廃棄された製品から流出したレアメタルが環境を汚染することも危惧されています。レアメタル資源の枯渢と資源利用に伴う環境汚染を防ぐために、使用済み製品や廃水・廃棄物からレアメタルを取り出し再資源化する技術の開発が求められています。

## ○活動の目的

環境中の様々な元素が、微生物の代謝を介して化学形態を変え、地球上を循環していることが知られています。例えば、太陽光パネル等に用いられるセレンは、水中では水溶性の高いセレン酸イオン( $\text{SeO}_4^{2-}$ )や亜セレン酸イオン( $\text{SeO}_3^{2-}$ )として存在しますが、これらは環境中に存在する微生物の代謝によって不溶性の単体セレン( $\text{Se}^0$ )や揮発性のメチル化セレン等の有機セレン化合物、また他の共存金属と結合した不溶性のセレン化物へと変換されます(図1)<sup>1)</sup>。この反応を利用できれば、水に溶け出た有害なセレンを固体や気体として水から分離し、さらには回収して再利用できます。私は、レアメタル資源の採掘や利用の過程で発生する汚染の浄化と資源回収・リサイクルを目標として、レアメタルを代謝する微生物の研究を進めています。

## ○具体的な内容

ここでは一例として、セレン代謝微生物について紹介します。セレン精錬工場の排水処理設備から分離された細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-Iは、極めて高いセレン代謝能力を持ち、環境浄化への応用が期待される有望な微生物です<sup>2)</sup>。

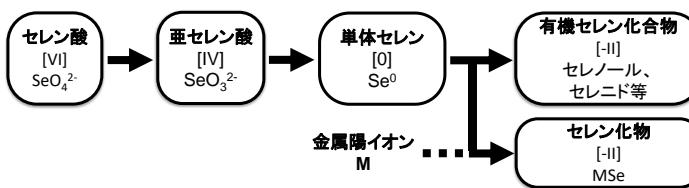


図1 微生物によるセレンの還元経路<sup>1)</sup>。

教員名 黒田 真史

所属学部・学科 社会環境学部  
・社会環境学科

職位 准教授



図2 セレン酸を含む寒天培地上に生育した*P. stutzeri* NT-Iの菌体<sup>2)</sup>。非晶質の単体セレンの生成により菌体全体が赤く呈色している。

NT-I株は、好気条件下(酸素がある環境)でセレン酸および亜セレン酸を速やかに還元し、鮮やかな赤色を持つ単体セレンを生成します(図2)。この単体セレン粒子は不溶性であるため、遠心分離などによって細胞とともに回収し、酸化焙焼という方法で焼くことで再利用可能な高純度のセレンを回収することができます<sup>3)</sup>。また、NT-I株は、セレンとビスマス(III)イオンを共存させることで、セレン化ビスマスの半導体ナノ粒子を合成すること<sup>4)</sup>もわかつており、様々な応用の可能性を秘めています。

## ○期待される効果

日本は鉱物資源に乏しい国であり、消費するレアメタルのほぼ全量が輸入されています。つまり、日本の主力産業でもある先端産業のアキレス腱であるレアメタルは海外に依存しているため、価格の高騰や国際情勢の変化によって輸入が困難となり、経済が立ち行かなくなるリスクを抱えていると言えます。一方、廃棄された電子機器に含まれるレアメタルを鉱山に見立てた「都市鉱山」に日本は多くの鉱物資源を抱えており、これを開発することで新たな鉱物資源の消費を抑制し海外からの輸入への依存度を低下させることにもつながります。

生物反応は、物理・化学的プロセスに比べて高い反応特異性と濃縮性を持つとされており、標的とする金属が低濃度・低含量で複雑な組成中に混合している廃棄物のリサイクルにおいて、この特徴が有利に働くと考えられます。私はこれからもレアメタルを代謝する様々な微生物を探索・研究し、生物反応によるレアメタルリサイクル技術の実現の可能性を探っていきたいと考えています。

### 参考文献

- 1) 黒田, 常葉大学社会環境学部研究紀要, 7:33-39, 2021
- 2) Kuroda et al., J. Biosci. Bioeng., 112(3):259-264, 2011
- 3) Otsuka et al., Mater. Trans., 57(7): 1183-1191, 2016
- 4) Kuroda et al., Appl. Microbiol. Biotechnol., 103:8853-8861, 2019

### 連携先

芝浦工業大学、千葉大学、国立環境研究所