

Mn(II)酸化真菌を利用したレアメタル回収・水処理技術

環境生命科学科 谷 幸則
(環境微生物学研究室)

● 連絡先 TEL: 054-264-5797 FAX: 054-264-5797
E-Mail: taniy@u-shizuoka-ken.ac.jp

キーワード

レアメタル, 微生物, 水処理, マンガン酸化真菌, リサイクル



世界的な産業高度化の進行によるレアメタル(希少金属)資源の枯渇が危惧されており、元素戦略という観点から『都市鉱山』等の既存未利用資源からのレアメタルリサイクルが望まれています。微生物が関与する無機元素変換反応の特異(選択)性は極めて高く、ある特定元素を選択的に変換し、分離回収することが可能です。ここでは、 Mn^{2+} イオンの微生物による酸化触媒作用によって形成する不溶性Mn酸化物(バイオマンガン酸化物(以下、BMOと表記))を利用した排水等からのレアメタル回収・水処理技術について紹介します。

静岡県内の河川から単離したMn(II)酸化真菌*Acremonium strictum* KR21-2株(以下KR21-2株と省略)は、Mn(II)酸化酵素を細胞外に放出し、 Mn^{2+} イオンから MnO_2 への酸化反応を触媒します。その結果、水に不溶性の黒色マンガン酸化物(図)を細胞外側に形成します。中性pH、 Mn^{2+} イオンの初期濃度 $0.01 \sim 1.2$ mM ($550 \sim 66,000$ μ g/L)で加えた溶存 Mn^{2+} イオンは、99.9%以上がMn酸化物として回収することができます。このKR21-2株が形成したBMOの内部にMn(II)酸化酵素が安定的に保持され、その酵素活性によって、追加した Mn^{2+} イオンから不溶性マンガン酸化物を連続的に形成できます(以下、これを活性BMOと呼ぶ)。BMOに保持されたMn(II)酸化酵素によるMn(II)酸化反応は、 Mn^{2+} イオンのみを含むHEPES緩衝溶液中で容易に進行し、菌体の生存に必要な栄養塩を含まない系でBMOの追加形成が可能であり、また、比較的高い濃度のレアメタルの存在下でも Mn^{2+} イオンの酸化反応の進行が可能です。この活性BMOを用いることで、 Co^{2+} イオンを連続的に不溶性 $Co(III)$ へと酸化し、固相Mnに対するモル比で最大2.48倍に濃縮し回収できます。この時、 $Co(II)$ の酸化にともなうMn(II)イオンの溶出は観測されず、BMOの還元にもなって溶出したMn(II)イオンが、BMOに保持されているMn(II)酸化酵素によって速やかに再酸化(自己修復)されます。また、 Zn^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cd^{2+} イオン存在下、BMOを連続的に形成させながらこれらのイオンを回収できます。活性BMOによる連続的な酸化反応は、無機態Asの処理回収にも応用でき、Mn(II)の溶解を防ぎながら、As(III)を連続的に酸化することができます。また、酸化反応によって生じたAs(V)は、BMO上に吸着させて回収することができます。このように活性BMOは、高反応性無機材料とMn(II)酸化酵素活性機能を組み合わせたハイブリッドマテリアルであり、 $-85^{\circ}C$ での凍結保存で酵素活性を保持できます。また、マグネタイト微粒子を共存させて形成した磁性BMOは、簡単に磁気回収でき、排水等からのレアメタル工程の効率化に利用できます。

このように、Mn(II)酸化真菌が形成した活性BMOを排水処理に利用することで、様々な無機元素の回収に応用することができます。

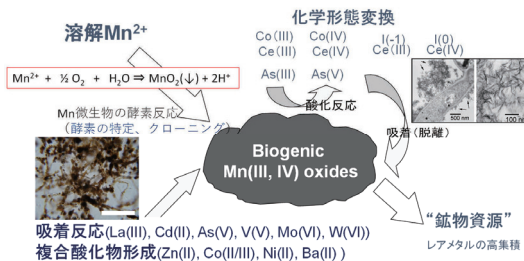


図 Mn(II)酸化真菌*Acremonium strictum* KR21-2が形成するバイオマンガン酸化物によるレアメタル回収と水処理技術

アピールポイント

本研究の詳細は、下記の総説や著書をご参照ください。

- バイオ合成マンガン酸化物による微量元素の処理と回収、*用水と廃水* 56, 32-40 (2014).
- 微生物によるマンガン酸化物の形成を利用したレアメタルの回収法、*バイオインダストリー* 31, 34-40 (2014).
- Mn(II)酵素活性バイオマンガン酸化物によるレアメタル回収、*環境技術*, 48, 314-317, (2019).
- 微生物によるマンガン酸化物の生成: 微生物-金属相互作用と環境技術への応用 マンガン酸化菌研究における4つの課題、*化学と生物*, 58, 562-570 (2020).
- Mn酸化物形成能を有する微生物によるレアメタルの回収、*リサイクルバイオテクノロジーの最前線*(植田充美 監修), pp170-178, シーエムシー出版 (2013)
- 微生物によるマンガン酸化物の形成とレアメタル回収への応用, *地球を救うメタルバイオテクノロジー*(山下光雄, 清和成編), pp.55-62, 成山堂書店 (2014).
- バイオマンガン酸化物による廃水等からのレアメタル回収, *バイオベース資源確保戦略 一都市鉱山・海底鉱山に眠る貴金属・レアメタル等の分離・回収技術* (小西康裕 監修), pp74-82, シーエムシー出版 (2015).