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

環境生命科学科
（環境微生物学研究室）　谷　幸則

● 連　絡　先　　TEL：054-264-5797　FAX：054-264-5797

キーワード　レアメタル，マンガン酸化菌，微生物処理

背景

近年、地下資源の涸渇が顕著化しており、近代産業に不可欠なレアメタル（希少金属）の国際的な争奪戦が起きています。これらの背景から、国内に既に輸入された資源（いわゆる「都市鉱山」）からレアメタルを回収・再使用する機運が国内でも高まっています。しかしながら、廃棄物品のリサイクル過程では、有害元素を含む多種類の元素が同時に排出されてきます。このような有害元素が微量濃度で且つ多量に存在する場合、高度なイオン交換処理技術など高コスト・高エネルギー消費型の処理を選択せざるを得なため、リサイクル過程全体のコストパフォーマンスは依然として高いです。よって、微量有害元素を含む水処理に対する低コスト・高機能性除去システム構築は、「元素戦略」や「環境保全」の立場から最も重要な課題の一つです。

概要

本研究は、微生物による無機化合物の代謝（酸化還元反応）を利用した微生物による低コスト・低エネルギー型の元素回収技術を目的としています。我々は、静岡県牧の原台地周辺の河川床石上のマンガン酸化物皮膜から単離したマンガン酸化能を有する真菌 *Acremonium* sp.KR21-2株をモデル微生物として、それが産生するマンガン酸化物（biogenic Mn oxide: 以下$BiMnO_x$と略す）に対する Ni^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}の高い吸着能力（例えば、Zn/Mn 比で0.3）を見出しました。
これらの実験は、元素濃度が数μM から数十μM のレベルで吸着試験がおこなわれており、$BiMnO_x$ がμM レベルの低濃度のカチオン種に対して、大きな吸着能力（Mn に対し数10%）を有していることを示しています。このほかにも、As（III）の酸化反応と As（IV）としての吸着、オキソアニオン種で存在する元素（W, Mo, Sb など）の吸着など、$BiMnO_x$ 上での様々な元素類との相互作用が明らかになりつつあります。

微生物によって形成する $BiMnO_x$ は、MnO_6が二次元状に並んだシート状のナノ構造を取ることが明らかとなっています（図1）。このナノ・シート構造により高い表面積を有するため、様々な元素類に対して吸着収容力が高いです。また、$BiMnO_x$ は、Mn（IV）の結晶欠陥密度（30%程度が結晶欠陥）が高いことが高エネルギー放射光を用いた EXAFS分析によって示されています。構造中の Mn（IV）の結晶欠陥は、-4の電荷を有するため、基本的にカチオン種に対し吸着親和性が非常に高いです（図2）。このように $BiMnO_x$ の高い親和性（μM レベル）と収容能力（固相 Mn に対しモル比で30%以上）は、その特殊な構造によることが明らかとなっています。よって Mn 酸化物形成能を有する微生物による連続的な $BiMnO_x$ の形成　→　多量かつ低濃度の元素の吸着（高い濃縮率）　→　元素再利用（弱い還元剤や嫌気微生物による $BiMnO_x$ の溶解）が可能になると考えられます。
現在は、金属イオン耐性や弱酸性領域で Mn 酸化物形成能を有する真菌が単離されてきており、より実用化を目指した応用研究を行っています。

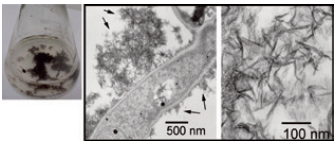

図1　マンガン酸化真菌*Acremonium* KR21-2株によって形成したシート状ナノMn酸化物。シート状結晶により、表面積が大きく、吸着収容能力が高い。

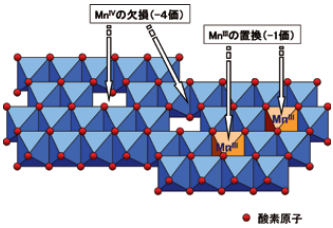

図2　生物形成されたマンガン酸化物の模式図。Mn(IV)の結晶欠陥による-4価、Mn(III)の置換による−1価及び結晶端への吸着など様々な吸着サイトが存在する。

アピールポイント　産業上不可欠な元素類（いわゆるレアメタル）を、Mn 酸化物形成能を有する微生物によって低エネルギーで回収する方法を提案します。