

研究区分	教員特別研究推進（地域振興）
------	----------------

研 究 テーマ	Mn(II)酸化真菌の酵素活性 BMO を利用した Mn・Co・Ni の排水リサイクル法の開発				
研究組織	代 表 者	所属・職名	食品栄養科学部・教授	氏名	谷 幸則
	研究分担者	所属・職名	静岡県立大学・助教	氏名	梅澤 和寛
		所属・職名	秋田県立大学・教授	氏名	宮田 直幸
		所属・職名	日本原研開発機構・研究副主幹	氏名	田中 万也
		所属・職名	常葉大学・准教授	氏名	黒田 真史
	発 表 者	所属・職名	食品栄養科学部・教授	氏名	谷 幸則

講演題目

Mn 酸化真菌による複合酸化物形成を利用した Mn, Co, Ni の高効率同時回収

研究の目的、成果及び今後の展望

【目的】世界的な電気自動車普及拡大は、充電バッテリーの主成分である Mn, Co, Ni を中心としたレアメタルの需要を急激に増大させ、新規な鉱山開発や管理されていない無秩序なリサイクルによる大規模な環境汚染が、特に発展途上国を中心に広がってきている。このような背景から、Mn, Co, Ni を低コスト・低エネルギーで回収できる微生物システムの開発が喫緊の課題である。微生物による Mn(II)酸化触媒作用で形成するバイオ Mn 酸化物（BMO）は、様々な無機元素イオンと吸着、酸化、複合酸化物形成などの反応を示し、排水中のレアメタル等の回収媒体として期待されている。本研究では、Mn(II)酸化真菌 *Acremonium strictum* KR21-2 に由来する Mn(II)酵素活性を保持した BMO(活性 BMO)による $\text{Mn}^{2+}/\text{Co}^{2+}$ 二成分系や $\text{Mn}^{2+}/\text{Co}^{2+}/\text{Ni}^{2+}$ 三成分系での同時回収能力について評価した。

【成果】活性 BMO を、1 mM Mn^{2+} /1 mM Co^{2+} （pH 7.0）二成分系で 3 回処理したときの積算回収率は、 Mn^{2+} は $95.0 \pm 1.9\%$ 、 Co^{2+} は $70.8 \pm 3.5\%$ であった。一方、1 mM Mn^{2+} もしくは 1 mM Co^{2+} 単独溶液における積算回収率は、それぞれ $99.1 \pm 0.1\%$ 、 $52.7 \pm 0.6\%$ であり、二成分系において、 Mn^{2+} と Co^{2+} の効率の高い同時回収が可能であった。二段階抽出の結果から、固体相 Co の $78.5 \pm 1.9\%$ が還元抽出態として抽出され、還元抽出態 Mn と一定割合（Co/Mn モル比で 0.55）を保つこと、また、XANES 測定により、還元抽出態 Co の 29%が Co^{2+} のまま存在していた。以上の結果より、Co-Mn 複合酸化物の形成が示唆された。XRD 分析の結果、Mn 単独系（birnessite 鉱）、Co 単独系（heterogenite 鉱）とは異なり、 $\text{Mn}^{2+}/\text{Co}^{2+}$ 二成分系では、 MnO_6 二次元シートと Co 酸化物シートが互層した複合酸化物である asbolane 鉱の形成が示された。Mn(II)酸化酵素を加熱処理で失活させた BMO では、 Mn^{2+} および Co^{2+} の積算回収率はそれぞれ $11.1 \pm 3.5\%$ と $17.0 \pm 2.4\%$ と低く、asbolane の形成は観測されなかった。以上の結果から、Mn(II)酸化酵素反応によって asbolane 鉱が形成し、 Mn^{2+} と Co^{2+} の同時回収が可能であることが初めて示された。 $\text{Mn}^{2+}/\text{Co}^{2+}/\text{Ni}^{2+}$ 三成分系(pH 7.0)においても asbolane 鉱の形成が認められ、有意な量の Ni^{2+} が Mn^{2+} と Co^{2+} とともに不溶化回収できることが示された。本研究により、Mn(II)酸化酵素作用を介して、排水中等の共存する $\text{Mn}^{2+}/\text{Co}^{2+}/\text{Ni}^{2+}$ を同時に収着回収できることが明らかとなった。

【今後の展望】本処理法について実際の廃水処理に応用可能かを検証するため、令和 7 年度後半から令和 8 年度にかけて、自動車関連会社と共同研究を進めており、実排水中から $\text{Mn}^{2+}/\text{Co}^{2+}/\text{Ni}^{2+}$ の高効率な回収・リサイクルへの社会実装を目指している。