

【3K133012】微生物及び粉碎・選鉱プロセスを導入した廃電子基板等からの有用金属回収システムの構築（H25～H27；累計予算額 57,982 千円）

宮田 直幸（秋田県立大学）

1．研究開発目的

本研究では、バイオリーチング等の微生物プロセスと物理的な粉碎・選鉱プロセスを併用して、廃電子基板等から有用金属を高効率で分離回収できる実用的技術を開発することを目的とする。本研究では、以下の3つの課題を設定した。

- (1) 廃電子基板等のバイオリーチング技術の開発
- (2) 廃電子基板等の浸出液からの有用金属回収技術の開発
- (3) 有用金属回収に関わる有用微生物の遺伝子情報基盤の整備

(1) では、バイオリーチングと物理的粉碎・選鉱プロセスを併用して、多様な鉱種を効率的に分離できるようにするため、バイオリーチングに最適な廃棄物試料の粉碎・選鉱手法を確立するとともに、好酸性鉄酸化菌を利用したバイオリーチング条件の最適化を図ることとした。さらに、バイオリーチング後の残渣中にはリーチング困難な金、銀、白金、パラジウム等の貴金属類が残存すると予想されるため、溶媒抽出等により残渣から貴金属を回収できることを示す。(2) では、バイオリーチングで発生する浸出液について、微生物が形成する特殊な金属吸着剤（ナノ構造をもつマンガ氧化物）を利用し、塩濃度の高い浸出液でも金属イオンを選択的かつ高濃度で吸着回収する技術を開発する。(3) では、バイオリーチングで使用する有用微生物の全ゲノムを解析し遺伝子情報の基盤整備を行うこととした。さらに、有用金属回収に関連した機能遺伝子を明らかにして、バイオリーチングのさらなる効率化、高機能化に向けた微生物育種法を提案することを目指す。

2．本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

1) 廃電子基板等のバイオリーチング技術の開発

廃電子基板等のバイオリーチング技術の効率化に関して、優れた増殖特性をもつ新奇微生物を用いることにより、廃電子基板のバイオリーチングの効率化（鉄イオン添加量の削減、浸出時間の短縮）を図ることができた。希塩酸をベースとした新しいバイオリーチング技術の創出につながる成果を得ることもできた。

廃電子基板の粉碎・選鉱条件の確立では、超遠心粉碎及び風力選別による多段粉碎・多段選別法を適用することにより、廃電子基板から金属成分を濃縮した精鉱試料と低品位の尾鉱試料に分離できるようになった。これらの粉碎・選鉱技術がバイオリーチングの前処理として効果的であることが示唆された。

また、バイオリーチング後、廃電子基板残渣に残存する貴金属やレアメタル類を回収することを目指して、酸で化学的に浸出したモデル浸出液からの活性炭吸着及び溶媒抽出を検討した。これらの結果をもとに、バイオリーチング残渣から貴金属及びレアメタル類を抽出回収するプロセスの提案に至った。

最後に廃電子基板からの銅回収時の LCA 及びコストの評価を検討し、本研究で開発したバイオリーチング技術の有効性を提示することができた。

2) 廃電子基板等の浸出液からの有用金属回収技術の開発

廃電子基板の浸出液からの有用金属回収技術の開発に関して、高イオン強度のため汎用的な

陽イオン交換樹脂の適用は困難であったが、微生物形成マンガン酸化物（BMO）を用いることにより、微量金属元素（Cu、Co、Mn、Ni、Zn）を高効率で回収できた。また回収金属は可採品位を上回る濃度で濃縮できることを提示できた。有害金属イオンについては排水基準値以下にまで低減できることを明らかにした。これらの研究成果により、イオン交換法の適用が困難な高イオン強度の廃水から、微量金属元素を回収する新しい技術を提示することができた。

3) 有用金属回収に関わる有用微生物の遺伝子情報基盤の整備

有用微生物の全ゲノムを解読し、有用バイオリーチング微生物の遺伝子情報基盤を整備できた。廃棄物のバイオリーチングにおいて、ゲノム情報を基盤とした機能解析、微生物反応の最適化や分子育種による高効率・高機能化を目指した研究事例は皆無であるため、本研究をもとにして今後先駆的な研究に発展することが期待された。

(2) 環境政策への貢献

< 行政が既に活用した成果 >

特に記載すべき事項はない。

< 行政が活用することが見込まれる成果 >

本研究の成果により、廃電子基板からの銅回収について LCA、コスト評価を行った結果、本研究で開発してきた粉碎・選鉱及びバイオリーチングプロセスは、今後の展開により、環境負荷、コストとも既存のプロセスと十分に競争し得る技術になるとの推算結果が得られた。

従来の粉碎・精錬工程の代替もしくは補完できる実用的技術が少ない現状において、金属の再資源化を推進するためには、複数の実用的技術の提案がなされ、選択肢を確保する必要がある。本研究の成果は、金属回収リサイクルを推進するための技術課題の一つとして、生物利用技術を政策的に位置付ける根拠になるもので、その位置づけにより、今後、公設試や民間において当該技術の研究開発を推進する駆動力になることが期待される。

さらにはバイオリーチングの既往研究を鑑みて、本研究で得られた成果は廃電子基板のみならず、脱硝触媒等の使用済触媒や使用済バッテリー、ガス化溶融炉残渣、焼却飛灰など多様な廃棄物からの回収リサイクルにも適用できる。将来的に産業廃棄物処理リサイクル事業者への技術移転を経て実用化することができれば、金属リサイクル施策を推進する技術として社会実装されるため、環境政策に直接的に貢献できると期待される。

本研究の成果は、海外市場を見据えた我が国のグリーン成長戦略の観点からも意義あるものといえる。粉碎・選鉱、バイオリーチングプロセスは運転条件など比較的平易な技術であり、設備規模が小さくて済む利点がある。経済産業の発展が著しい新興国や途上国では使用済電気電子機器類の排出量も増加していることから、それらの諸外国での技術の展開が想定される。本研究は、我が国のグリーンイノベーション施策の推進に貢献し得る有用な技術基盤を提示している。

3. 委員の指摘及び提言概要

好酸性鉄酸化菌により基板からの Cu, Zn, Ni, Co の 70-90% 程度の回収に成功しているが、従来のバイオリーチングによる金属回収と比べてどのあたりが特に優れているのかが読み取れない。基板の処理では金が重要なので、金を抽出できる酸化反応をこのバイオシステムで可能とする検討をしてほしい。

4 . 評点

総合評点 : B