



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Understanding of geochemical partitioning and surface complexation modeling of heavy metals during treatment of mine drainage for green mining : Case study of the Zambian Copperbelt [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Phiri, Cryton
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14453号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81372
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Cryton_Phiri_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 Cryton Phiri

審査担当者 主 査 教 授 佐藤 努
副 査 教 授 廣吉 直樹
副 査 客員教授 富山 眞吾
副 査 准教授 大竹 翼
副 査 准教授 エラクネス ヨガラジャ

学位論文題名

Understanding of geochemical partitioning and surface complexation modeling of heavy metals during treatment of mine drainage for green mining: Case study of the Zambian Copperbelt
(グリーンマイニングのための廃水処理中の重金属分配の理解と表面錯体モデリングーザンビア国
カッパーベルト地帯を例に一)

アフリカ南部のコンゴとザンビアにまたがるカッパーベルト地区には、世界の需要を賄う銅およびコバルトを産する大鉱床が分布する。その鉱石の鉱物処理の結果として、重金属や大量のスラッジが河川に廃棄され、石灰による河川水の中和処理が施されている。この中和処理によって河川の重金属濃度は低減されているが、重金属を含む大量のスラッジは河川の流域に堆積され続けている。したがって、このままの状態が継続すると、堆積場の負荷が大きくなるばかりでなく、重金属の溶出リスクを有するスラッジはザンビアの負の遺産となる可能性が高い。したがって、スラッジの発生や環境汚染を最小限に抑え、スラッジからの金属の回収や回収後のスラッジの利用を促進するために、鉱山廃水処理中の重金属の地球化学的分配とその安定性を理解することは、ザンビアにおけるグリーンマイニング (持続可能な環境に優しい鉱山活動) にとって重要である。

第1章では、研究の背景と工学的諸問題が紹介され、その問題を解決するために設定された本研究の目的が記されている。

第2章では、現地で大量に発生しているスラッジを構成する鉱物のカオリナイト (Ka) とフェリハイドライト (HFO) による銅やコバルト吸着、特に表面錯体モデリング (SCM) に関する先行研究をレビューし、先行研究による成果の有効性や問題点について概説されている。

第3章では、ザンビアのカッパーベルト地区の地質や鉱石等について概説されている。また、本研究で調査対象とした鉱山周辺の廃水路や河川、スラッジ堆積場と試料を採取したポイントの説明がなされている。また、採取された水試料の現地での分析や採取方法、スラッジの採取方法と分析方法について記されている。

第4章では、現地廃水中に含まれる銅やコバルトの分析結果と中和処理によるスラッジ中の鉱物への分配に関する結果が示されている。スラッジ中の鉱物への銅やコバルトの化学的分配は、X線回折分析や光学・電子顕微鏡観察、8段階の連続抽出法によって調べられた。その結果、銅やコバルトを廃水から除去しているホスト鉱物は Ka と HFO であり、吸着金属のほとんどが鉱物の表面に不安定に分配されているものであることを明らかにしている。

第5章では、固液界面での金属の分配挙動をさらに解明するため、バッチ吸着実験を実施しその

結果が記されている。そのバッチ吸着実験により、現地中和処理による重金属のスラッジ鉱物への分配は表面錯体形成が主要なメカニズムであることを明らかにし、SCM を通じて中和処理における pH と金属吸着量の関係、銅とコバルトの吸着競合の影響、吸着ホストである Ka と HFO の吸着競合の影響を定量的に示した。なおこの SCM では、信頼性の高い汎用的な表面錯体モデルが存在していなかった Ka の SCM を整備するとともに、現地で得られた水やスラッジ中の銅やコバルト濃度に関するデータの再現や実施された様々な実験データの再現により、新しく整備した Ka の SCM の確証作業を行っている。

第 6 章では、廃水処理による重金属の分配やスラッジ鉱物表面での金属の存在状態とその SCM による再現技術に基づき、廃水処理やスラッジからの銅・コバルトの回収方法の最適化や回収後のスラッジ利用の提案がなされ、ザンビアのカッパーベルト地区のグリーンマイニングのあり方について提言されている。

第 7 章では、研究の結論がまとめられているとともに、本研究の成果を基に推奨されるザンビアのカッパーベルト地区のグリーンマイニングの将来に向けた提案が記されている。

以上を要するに、筆者は、ザンビアのカッパーベルト地区で操業している鉱山を例に、地球化学モデリングによる鉱山廃水処理やスラッジ中の金属回収の最適化の例示方法を示した。このことは、鉱山活動を持続可能なものとするグリーンマイニングために有用であるだけでなく、その技術開発の背景となる環境鉱物学や環境資源工学の発展に寄与するところ大なるものがある。よって筆者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。