



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	金属同位体を用いた表層環境における鉄および微量元素の地球化学的挙動の理解 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	伊藤, 茜
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13654号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74149
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Akane_Ito_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 伊藤 茜

審査担当者 主 査 准教授 大竹 翼
副 査 教 授 五十嵐 敏文
副 査 教 授 廣吉 直樹
副 査 教 授 佐藤 努

学位論文題名

金属同位体を用いた表層環境における鉄および微量元素の地球化学的挙動の理解
(Geochemical behavior of iron and trace elements in the surface environments as indicated by metal isotopes)

表層環境における金属元素や有害元素などの微量元素の起源や挙動の理解は、探査指標の確立や鉱山廃水の効果的な処理法の提案など資源工学的に重要である。多くの表層環境では、普遍的に存在する鉄が低結晶性で巨大な比表面積を有する反応性が高い鉄水酸化物を生成し、吸着や共沈反応により微量元素の挙動に影響を与える。したがって、表層環境における微量元素の挙動を明らかにするには、鉄の挙動の理解が必要である。本研究では、酸化還元を含む様々な地球化学反応の理解に有用なツールである鉄とクロム同位体に着目した。どちらも酸化還元環境に敏感であるが、異なる同位体的挙動を示すため、両者を組み合わせる事でより多くの情報が得られる事が期待される。本研究では、これらの同位体を用いて、鉱床や鉱山廃水における鉄および微量元素の挙動とそれらを支配する要因を明らかにする事を目的とした。

本論文は全5章で構成され、第1章は序論であり研究の背景、目的について示した。第2章では、鉱石や土壌などの環境試料中の鉄およびクロム同位体の分析手法の開発を目的とし、試料の最適な溶解方法および分析方法を検討した。環境試料にはニッケルラテライト鉱石、標準試料にはJP-1を用いて複数の方法により溶解した後、元素回収率を求めた。結果より、高温高压分解容器と混酸による溶解法において最も高い回収率が得られた。また、質量数50および54のCrによるダブルスパイクを作製し、スパイクを添加したJP-1の同位体組成を表面電離型質量分析計により測定した結果、分析値は先行研究と概ね一致した。これらの結果クロムの安定同位体分析が可能となり、以降の鉄およびクロム同位体分析には、本章で確立した手法を用いた。

第3章では、レアアース製錬に伴う汚染元素の起源と挙動の解明を目的とし、マレーシアの重鉱物製錬場とその周辺地域においてケーススタディを実施した。鉛同位体とレアアースパターンより、製錬場に最も近い汚染河川の高濃度のレアアース、トリウム、ウランが重鉱物製錬の廃滓に由来する事を明らかにした。また、鉄同位体分析の結果から、汚染河川中で無機的な酸化沈殿反応により鉄水酸化物が生成しており、その一部はコロイドとして下流へ輸送されている可能性がある事を示唆された。また、トリウム、ウランは下流に伴い自然浄化されており、熱力学計算の結果から、トリウムは水酸化物として沈殿する一方、ウランは鉄水酸化物への表面錯体形成によって河川水中から除去されている事が明らかになった。鉛同位体やレアアースパターン、鉄同位体は、本研究地域と類似した環境影響が予想されるレアアース鉱床開発の現場への応用が期待される。

第4章では、超苦鉄質岩の化学風化により形成するニッケルラテライト鉱床におけるレアメタルの移動・濃集プロセスの解明を目的とし、インドネシア、スラウェシ島において風化度の異なる風化断面の地球化学的特徴を比較した。チタン濃度で規格化した元素移動度より、主要元素のケイ素やマグネシウムは岩石からほぼ完全に溶脱する一方で、鉄やニッケルは付加されている事が明らかになった。さらに、両者の移動量には正の相関が見られ、風化過程でともに下層へ移動している事が示唆された。付加量が最も顕著であったプロファイルの鉄同位体比はリモナイト層で軽い傾向を示した。鉄の移動度を考慮すると、これは表層の土壌において有機物もしくは微生物による鉄の部分還元溶解により生成した軽い同位体比を持つ溶存二価鉄がリモナイト層で沈殿した結果であると考えられる。また、クロム同位体が表層において軽い値を示した事からも、表層において還元反応が生じている事を示し、鉄同位体の結果が支持された。これらの結果から、ニッケルの移動・高濃集には表層における鉄鉱物の還元溶解が重要な要因の一つである事が明らかとなった。また、リモナイト層における軽い鉄同位体比はサプロライト層でのニッケル高濃集を示す探査指標となり得る可能性がある。

第5章では本研究全体の結論として、鉄やクロム同位体を含む地球化学的指標や理論計算により、鉱山廃水や風化鉱床における微量元素の挙動を明らかにした。これらの金属同位体は環境影響評価や鉱床探査において有用な指標となる事を述べた。

以上を要するに、筆者は、同位体を含む様々な地球化学的指標を用いて、資源工学分野で重要な風化残留鉱床や廃水によって汚染された河川における金属元素の挙動を明らかにした。特に鉄やクロムの安定同位体を用いた酸化還元に敏感な元素の挙動の理解は、今後多くの鉱床や坑廃水における有用元素や有害元素の地球化学的挙動の解明に応用可能であると考えられるため、鉱床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。