

Web シンポジウム『休廃止鉱山のグリーン・レメディエーションと関連分野の最前線』
講演資料

<p>講演番号：04</p>	<p>演題：鉱床形成や環境影響理解のための安定同位体や微量元素の応用</p>
<p>発表者：大竹 翼</p>	<p>所属：北海道大学大学院工学研究院</p>
<p>キーワード：表層環境、鉄酸化物、レアースパターン、安定同位体、自然浄化、</p> <p>要旨：休廃止鉱山のグリーンリメディエーションを効率的に行うためには、地球表層環境における元素の地球化学的挙動、特に元素の移動・濃集に深く関わる溶解・沈殿・吸着などの挙動を定量的に理解する必要がある。鉱床探査の基礎となる鉱床形成プロセスの理解も、金属元素や主要元素の地球化学的挙動を理解する必要があるという点で共通している。特に、主要な金属元素であり酸化還元環境に敏感な元素でもある鉄の挙動は、多くの有害元素の挙動に影響を与えることが知られており重要である。地質時代を通して、海洋から鉄に富む化学沈殿物が堆積することがあり、これらの化学沈殿物はレアース元素などの微量元素を化学的に取り込む。そのため、コンドライト組成などで規格化したレアースパターンを比較することによって、堆積当時の海洋環境を推定することに用いられてきた。我々の研究グループでは、この手法を黒鉱鉱床に代表される塊状硫化物鉱床に適用し、秋田県北鹿地域に産する松峰鉱床や深沢鉱床の直上に産する鉄石英と呼ばれる化学堆積岩とさらに上部の化学沈殿物を含む堆積岩中のレアースパターンを比較した (Otake et al., 2021[1])。鉱床直上の鉄石英のレアースパターンは正の Eu 異常を示し、強い熱水の影響下で形成したことが示唆された (図 1)。また、近年分析可能になった鉄安定同位体比 ($^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$) を測定し、黒鉱鉱床形成時およびポスト黒鉱熱水活動時代を通して同位体比が比較的大きく分別していたこと (図 2) から、当時の海洋底の一部は非酸化的な環境になっていたと考えられ、硫化鉱物鉱物の地質学的時間スケールでの保存に重要な役割を果たしていた可能性がある。また、これらの研究成果を環境影響評価に応用し、漂砂鉱床由来のイルメナイトからチタンの製錬を行なっているマレーシア・イポー市周辺地域の水環境の調査を行なった (Ito et al., 2017[2])。製錬所周辺地域の河川は塩酸性になっており、廃さい堆積場からの漏洩水によって汚染されていると考えられた。汚染水中のレアースパターンや鉛同位体比は漏洩水と同様のパターンを示すことから、汚染源はチタン製錬所であると推定される。しかしながら、この汚染は支流の数百 m 内に収まっており、本流ではその影響は見られなかった。これは周辺地域の地層が主に石灰岩から成るため、河川の高い pH 緩衝能によって鉄が比較的速やかに沈殿したためと考えられる。汚染水中に含まれていたウランやトリウムといった元素も下流に行くにつれて濃度が低下していたが、熱力学的にはウランは鉄水酸化物への吸着、トリウムは中和に伴う鉱物としての沈殿で説明することができる。さらに、鉄同位体比の測定からは、鉄酸化物が pH 上昇に伴い沈殿するだけでなく、河川中でコロイド輸送していることも示唆された (図 3)。これらの手法は、自然流下処理などを行なっている坑廃水処理現場において、鉄や鉄に影響される有害元素の挙動をより定量的に理解することに役立てられる可能性がある。</p> <p>[1] Otake, T., Yamada, R., Suzuki, R., Nakamura, S., Ito, A., Shin K., Sato, T. (2021) <i>Geochim. Cosmochim. Acta</i> 295, 49-64.</p> <p>[2] Ito, A., Otake, T., Shin, K., Ariffin, K.S., Yeoh, F.-Y., Sato, T. (2017) <i>Appl. Geochem.</i> 82, 89-101.</p>	<p>図 1. 北鹿地域に産する黒鉱鉱床やアラスカ、パルマー鉱床に産する塊状硫化物鉱床直上の鉄石英のレアースパターン (Otake et al., 2021[1]).</p> <p>図 2. 黒鉱鉱床に伴う鉄石英と上部の新しい時代に堆積した鉄酸化物に富む堆積岩とのバルク鉄同位体比の比較 (Otake et al., 2021[1]).</p> <p>図 3. マレーシア、イポー市周辺地域の汚染河川における鉄同位体比の変動 (Ito et al., 2017[2]).</p>