

地下研究施設を利用した水 - 鉱物 - 微生物相互作用研究

Study of water-mineral-microbe system at Mizunami and Horonobe Underground Research Laboratory

岩月 輝希^{1*}, 天野由記¹, 吉川英樹¹

Teruki Iwatsuki^{1*}, Yuki Amano¹, Hideki Yoshikawa¹

¹日本原子力研究開発機構

¹Japan Atomic Energy Agency

1. はじめに

水-鉱物・有機物-微生物相互作用は、高レベル放射性廃棄物の地層処分に関わる研究技術開発において重要な研究課題である。たとえば、①同相互作用による環境回復能力（地層処分場の建設・操業により酸化環境となった坑道周辺岩盤が、施設閉鎖後、水-鉱物・有機物-微生物相互作用により還元環境に回復する能力）や②放射性核種の移動に関わる役割（放射性核種を輸送する有機・微生物コロイドを生成し得るか）に対して重要な役割を担う可能性がある。

筆者らは、主に岐阜県東濃地域の東濃ウラン鉱山（現在は閉山）および二つの地下研究施設（瑞浪超深地層研究所、幌延深地層研究センター）を対象として、地下水、鉱物・有機物、微生物の基礎研究とそれら諸特性の相互作用について調査研究を行ってきた。本報告では、主に二つの地下研究施設でこれまでに得られた知見と今後の研究の展望について紹介する。

現在、瑞浪超深地層研究所では花崗岩とそれを被覆する堆積岩を対象として深度400mまで、幌延深地層研究センターでは堆積岩を対象として深度250mまで地下坑道の建設が進んでおり、本研究では、両研究施設において地上や地下坑道から掘削したボーリング孔を利用して、地下水組成、鉱物・有機物組成、微生物組成の調査・観察を行い、主要な反応システム（地下水-鉱物・有機物-微生物システム）の概念を構築した。また、地下水-鉱物・有機物-微生物システムは、地質構造や地下水流動状態とも相互関連しており、周辺の地質構造や地下水流動についても調査を行い、現在観察できるシステムがどのようなプロセス、時間を経て形成されてきたのかといった長期変遷の推察も行った。これらの取り組みは、調査対象とする地下環境や取り扱う試料の空間的・時間的代表性を認識するために不可欠である。

2. 瑞浪・幌延の地下研究施設における研究の現状

これまでの調査研究により、両地域の深度約1,000mまでの領域における、地下水-鉱物・有機物-微生物システムについて、それぞれ以下のような知見が得られた。

瑞浪地域：基盤花崗岩を被覆する堆積岩においては、システムを構成する主要要素として、 Na-HCO_3 型淡水、炭酸塩鉱物・硫化鉱物・リグナイト、硝酸還元菌や硫酸還元菌が挙げられ、それらの相互作用により還元環境が形成されていることが明らかになった。リグナイト（難分解性有機物）が従属栄養細菌や硝酸還元菌によって分解され、生物化学的な硫酸還元反応の還元剤として低分子有機酸が供給されることで長期的に還元環境が維持されていると考えられた。一方、基盤花崗岩では、炭酸塩鉱物・硫化鉱物、硝酸還元菌や硫酸還元菌が主要要素として挙げられ、地表から浸透した酸化的地下水は、これらの鉱物、微生物によって速やかに還元されていると推察される。また、花崗岩深部では、硫酸還元菌が優占して存在することから、地下水中の酸素が微生物により消費された後の強還元状態への移行には、硫化鉱物の溶解反応や硫酸還元菌の還元反

応が主要な役割を果たしている可能性がある。

幌延地域：システムを構成する主要要素として、化石海水、炭酸塩鉱物・硫化鉱物・海洋プランクトン起源の有機物、メタン生成菌や硝酸還元菌が挙げられ、これらの相互作用（pH緩衝反応、酸化還元反応）により還元的環境が形成されていることが明らかになった。また、鉱物の分布状態や地下水中の炭酸水素イオン、炭酸塩鉱物、有機物、メタンガスの炭素同位体比の特徴等に基づいて、地下水、微生物の移動が滞留的な環境条件で、これらの相互作用が長期にわたって継続してきたと推察された。このような閉鎖的環境は、約百万年前までに起こった地層の圧密による空隙率、連結性の低下により形成されており、その結果、間隙水中の硫酸イオンが枯渇し、アンモニウムイオンやメタンガスに富む化学条件、メタン生成菌や硝酸還元菌に富む微生物生態系が形成されたと考えられた。

3. まとめと今後の展望

堆積岩、花崗岩における主要な水-鉱物-有機物-微生物相互作用とその結果形成される化学環境について知見を得ることができた。幌延においては、地下坑道から掘削したボーリング孔に試行的に酸化地下水を注入し、その還元過程を観察した結果、速やかに酸素が消費され還元環境が回復することが確認されており、今後、より酸化的条件下での岩盤の還元環境回復能力の限界値を評価するとともに、還元環境回復に関わる地下水-鉱物-有機物-微生物システムの役割を明確にしていく予定である。また、地下坑道や実験室での酸化還元緩衝試験、地球化学計算コードによるシミュレーション技術開発を行っていく予定である。

キーワード:地層処分,地下水-鉱物-微生物システム,深部化学環境,瑞浪地域,幌延地域

Keywords: Geological isolation, Groundwater-mineral-microbe system, Hydrochemical condition, Mizunami area, Horonobe area