

坑道閉鎖時に形成される化学環境と物質移動特性の事例研究

Geochemical condition and solutes transport property around a closure tunnel

*岩月輝希, 林田一貴, 村上裕晃, 渡辺勇輔

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

花崗岩の深度 500m に模擬実験坑道を建設・閉鎖し、地下水中の希土類元素の観測を行った結果、閉鎖坑道は、吹付コンクリートやコロイドとの相互作用により希土類元素が移動し難い環境になることが判った。

キーワード：坑道閉鎖模擬試験, 花崗岩, 地下水, 化学環境の変化, 希土類元素の挙動

1. 緒言

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業では、深度 300m 以深の地下環境において大規模坑道群の建設・操業・閉鎖が行われる。その安全性の評価においては、坑道閉鎖後の物質移動特性（地下水流動や化学環境、元素の挙動、元素の移動経路など）が重要な考慮事項となる。本研究では、坑道閉鎖後の物質移動特性を理解することを目的として、岐阜県瑞浪市の瑞浪超深地層研究所において研究用の坑道の一部を閉鎖し、坑道周辺の化学環境と元素の挙動を観察する模擬実験を行った。

2. 方法

花崗岩の深度 500m に建設された模擬実験坑道（以下、冠水坑道：幅 5m, 高さ 4.5m, 長さ約 45m：総容量約 900m³）を止水壁により閉鎖し、周辺の地下水によって冠水させた。その後、約 1 年間にわたり定期的に冠水坑道内及び周辺岩盤中の地下水を採取し、主要化学成分濃度、トレーサー（蛍光染料）濃度、pH、酸化還元電位を測定するとともに、放射性核種のアナログ元素となる希土類元素の物理化学的挙動について観察・解析した。なお、冠水坑道壁面には吹付コンクリートが施工されており、実際の坑道建設～閉鎖時において作業安全確保のためにセメント材料が使用、残置された条件を模擬した状態になっている。

3. 結果・考察

冠水坑道閉鎖直後の地下水には酸素が溶存していたが、坑道閉鎖から約 4 ヶ月後には 0.02 mg/L 以下まで減少し、酸化還元電位も坑道掘削前の値（-180mV 前後）と同等となった。地下水の化学成分分析の結果、冠水直後から微生物による還元作用に特徴的な NO₃, NO₂, SO₄濃度の順次減少が認められ、微生物活動が還元環境の回復に関与していると推察された。一方、地下水の pH は、坑道閉鎖直後から上昇し始め、約 6 ヶ月後には pH10 付近まで上昇した。吹付コンクリートに由来する可能性のある Si, Al, Fe 濃度が増加していたため、pH の上昇は吹付コンクリートの溶解によるものと推測された。坑道周辺の地下水中の希土類元素について分析を行った結果、希土類元素の数十%が懸濁粒子（主に炭酸塩コロイド）に付着して存在していた。一般的に地下水は炭酸塩鉱物に対して飽和平衡状態にあることから、炭酸塩コロイドの起源は主に花崗岩中の割れ目表面に存在する炭酸塩鉱物と推察された。また、坑道閉鎖環境では地下水中の溶存態及びコロイド態の希土類元素濃度が、時間とともに周辺の地下水に比べて有意に低下することが確認された。熱力学解析により地下水に溶存する希土類元素の主要な溶存化学形態を計算した結果、溶存態の希土類元素は主に炭酸錯体として存在していると推測され、坑道壁面のコンクリート吹付上に炭酸塩コロイドとともに吸着・共沈することで、その濃度が減少していると考えられた。以上のことから、セメント材料が残置された坑道閉鎖環境では、希土類元素が移動し難い環境が形成される可能性が示唆された。

*Teruki Iwatsuki, Kazuki Hayashida, Hiroaki Murakami and Yusuke Watanabe

Japan Atomic Energy Agency