

岩盤が有する酸化還元緩衝能力に関する原位置試験

In-situ experiment for redox buffer capacity in the subsurface environment of Horohobe URL site

天野 由記^{1*}, 南條 功¹, 岩月 輝希¹, 佐々木 祥人¹, 浅野 貴博¹, 寺島 元基¹,
青木 和弘¹, 長岡 亨², 中村 孝道², 吉川 英樹¹

Yuki Amano^{1*}, Isao Nanjyo¹, Teruki Iwatsuki¹, Yoshito Sasaki¹, Takahiro Asano¹,
Motoki Terashima¹, Kazuhiro Aoki¹, Toru Nagaoka², Takamichi Nakamura²,
Hideki Yoshikawa¹

¹(独) 日本原子力研究開発機構, ²(財) 電力中央研究所

¹Japan Atomic Energy Agency, ²CRIEPI

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては、廃棄物を安全な状態で長期間維持するために、処分場が長期にわたって還元的環境に保持されることが望ましいと考えられている。しかしながら、処分場建設時には、坑道掘削に伴って坑道周辺岩盤に大気中の酸素が侵入するため酸化的環境が形成される。このように形成された酸化的環境が処分場閉鎖後に、処分場建設前と同様の還元環境まで回復するか否かを判断するためには、岩盤の酸化及び還元のプロセスとメカニズムを理解しておくことが重要である。日本原子力研究開発機構では、岩盤中の「水-岩石-微生物」システムが有する環境回復能力(酸化還元緩衝能力)について、実際の地下坑道を利用した原位置試験(観測)、地下水および岩石試料を使用した室内試験(実験系)、それらの結果を理論的に再現するためのシミュレーション解析の3つの側面から評価を試みている。本報告では、地下坑道において実施した酸化還元原位置試験の結果を報告する。

2. 試験方法

幌延深地層研究所の深度140m調査坑道から掘削したボーリング孔(07-V140-M03号孔;掘削長20m,傾斜下向き35°)に、ダブルパッカーにより区切られた試験区間(以下、循環区間)と坑道の地球化学モニタリング装置の間で、閉鎖系にて地下水を注入・循環・モニタリングできる原位置試験装置を製作・設置した。循環区間は、坑道壁面から3.0-4.0m奥にあり、区間長は1.0m,約2.7リットルの区間体積となっている。坑道には約10リットルの気密性水タンクを設け、地下水を満した後、強制的にタンク内の地下水に酸素を飽和させた。酸素注入前の循環区間の物理化学パラメーター値(温度, pH, 酸化還元電位, 溶存酸素濃度など)を取得した後、酸素を飽和させた地下水を循環区間に注入・循環した。循環試験中は、酸素濃度, 酸化還元電位の変化およびそれに伴う化学成分や微生物数・微生物群集組成の変化をモニタリングし、「水-岩石-微生物」システムにおける岩盤の酸化還元緩衝能力を評価した。

3. 結果と考察

還元的状態(pH 7.29, 酸化還元電位-198 mV)で安定している循環区間に、酸化させた地下水を注入したところ、溶存酸素濃度は循環開始後10時間以内に検出限界以下となった。Fe(II)イオン濃度も減少傾向を示したことから、溶存酸素は地下水中の溶存鉄により消費されたと考えられる。試験期間中の酸素消費速度は $9.64 \text{ mg L}^{-1} \text{ day}^{-1}$ であった。また、酸化還元電位は循環を開始してから5日後に試験開始前とほぼ同等の約-208 mVで安定状態となり、速やかに還元状態が回復することが示された。実測したpH, 酸化還元電位および化学成分濃度から酸化還元反応に関わる

平衡電位を計算し、実測値と比較することによって、主要な酸化還元反応が $\text{Fe}_3(\text{OH})_8 + 8\text{H}^+ + 2\text{e}^- = 3\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$ であると推定できた。これらの反応における微生物活性の関与については、今後解析を進める予定である。また、今後は、室内における同様の試験やシミュレーションにより、操業期間や埋め戻し前後における長期的な酸化帯の形成を考慮して、それらの酸化的インパクトに対して還元環境がどの程度回復するのかを検証していく予定である。尚、本報告は、経済産業省委託事業「処分システム化学影響評価高度化開発」において得られた成果の一部である。

キーワード: 幌延深地層研究所, 酸化還元緩衝能力, 原位置試験, 堆積岩, 水 - 岩石 - 微生物システム

Keywords: Horohobe Underground Research Laboratory, redox buffer capacity, in-situ experiment, sedimentary rocks, water-rock-microbes system