

高 pH 水が花崗岩不連続面の透水特性に及ぼす影響

愛媛大学大学院 学生会員 ○前田健太 正会員 安原英明
正会員 木下尚樹 正会員 川口隆

1. はじめに

使用済み核燃料を再処理する過程で発生する高レベル放射性廃棄物を地層処分する際、廃棄体をガラス固化体に加工し、それを金属製容器(オーバーパック)で被覆する。オーバーパックはさらに外側の緩衝剤により地下水との接触を遮断し、放射性物質の漏えいを防いでいる。しかし、放射性廃棄物は数千から数万年といった長期間貯蔵されるため、地下水中に放射性物質が漏えいする可能性を否定できない。そのため、高レベル放射性廃棄物の地層処分施設周辺の岩盤(天然バリア)の長期的な性能評価が必要不可欠である。そこで、本研究では高レベル放射性処分場近傍の環境を再現した境界条件にて、花崗岩不連続面の透水試験を行い、透水性変化に及ぼす影響について評価する。

2. 実験概要

高レベル放射性廃棄物の地層処分を想定した温度・拘束圧条件下において透水試験を行う。図1に示すように、圧力セルにセットした供試体に模擬セメント溶液を用いた透過実験を実施する。模擬セメント溶液とは、処分施設人工バリアとして使用されるセメント系材料の溶出に起因する地下水の高アルカリ化を想定した溶液である(濃度 NaOH : 0.1 mol/L, KOH : 0.1 mol/L, Ca(OH)₂ : 0.002 mol/L, pH=13.2)¹⁾。また、温度条件は廃棄体からの発熱を想定した E-9(90°C)と比較して行った E-10(25°C)とし、高 pH 水が透水性変化に及ぼす影響を精査する。さらに、SEM-EDX 分析を行うことで透水試験前後での試料岩石の鉱物組成の変化を精査し、透水後の透過水の物質濃度の変化を ICP 発光分光分析によって評価する。

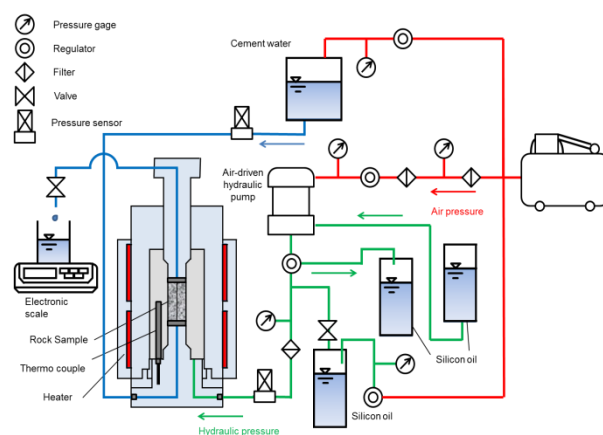


図1 透水試験装置模式図

3. 透水試験

本研究では、透水性変化を評価するために式(1)に示す開口幅 b を算出し、式(2)に式(1)を代入し、透過率 K を算出する。

$$b = \left\{ \frac{12\mu Ql}{w(P_0 - \rho_w gl)} \right\}^{1/3} \quad (1)$$

$$K = \frac{b^2}{12} \quad (2)$$

ここで、 b : 開口幅 [m], μ : 粘性係数 [Pa·s], Q : 流量 [m³/s], l : 移行経路長 [m], w : 不連続面幅 [m], P_0 : 透水差圧 [Pa], ρ_w : 流体密度 [kg/m³], g : 重力加速度 [m/s²], K : 透過率 [m²] である。

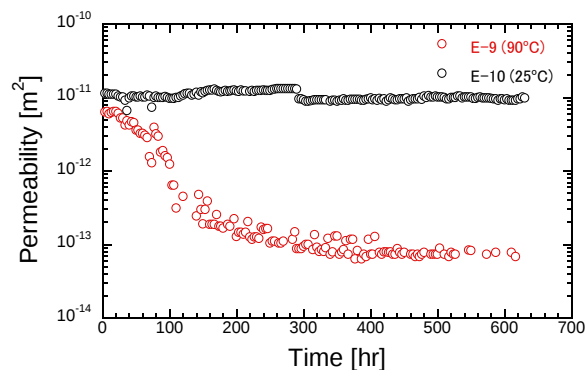


図2 透水試験結果

透水試験の結果を図 2 に示す。この結果から、室温状態を想定した E-10 では透過率の変化はみられないのに対して、廃棄体からの発熱を考慮した E-9 では 2 オーダー程度の透過率の減少を確認した。

4. 鉍物分析

E-9 および E-10 の SEM-EDX 分析の結果を図 3 および図 4 に示す。E-10 では、石英表面の溶解を確認し、廃棄体からの発熱を想定した E-9 では、C-S-H(カルシウムシリケート水和物)を確認した。この結果から石英などの花崗岩中の Si 成分と模擬セメント溶液中の Ca 成分が反応することによって C-S-H が生成したことが考えられる。

5. 物質濃度評価

鉍物溶解濃度は不連続面内の滞留時間に依存するため、測定した溶出濃度を滞留時間で除した正規化溶出濃度を用いる。

$$C_{ri} = \frac{C_i}{t_r} \quad (3)$$

ここで、 C_{ri} : 正規化溶出濃度 [mol/L/s], C_i : 溶出濃度 [mol/L], t_r : 滞留時間 [s]:である。結果を図 5 に示す。廃棄体からの発熱を想定した E-9 では溶出濃度は低下しているが、E-10 では溶出濃度に変化はみられない。この結果から、高温条件下では時間の経過に伴い二次鉍物の沈殿量が増加していることが考えられる。

6. 終わりに

本研究の結果から、高拘束圧・高温・高 pH 環境下での花崗岩不連続面の透水性の減少を確認できた。高レベル放射性廃棄物の地層処分坑道近傍での放射性物質の移行問題については、移動速度を遅らせる要因となるため、地層処分開始時から時間の経過とともに相対的に安全側に進行するものと考えられる。今後は、岩種、不連続面形状などの実験条件を加えた透水試験を実施し、さらなるデータの蓄積を行う必要がある。

参考文献

- 1) 加藤大生, 佐藤光吉, 大和田仁, 三原守弘, 大井貴夫: セメント系材料の浸出液の地質媒体への影響評価ー大型カラム試験設備を用いた高 pH プルूमの岩盤への影響試験ー, JNC TN8430 2000-008, 47pp., 2000.

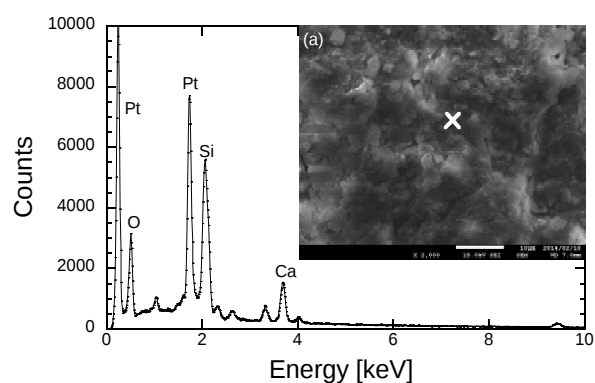


図 3 SEM-EDX 分析結果(E-9)

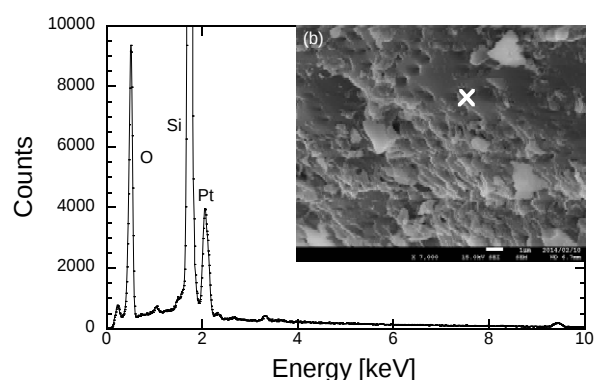


図 4 SEM-EDX 分析結果(E-10)

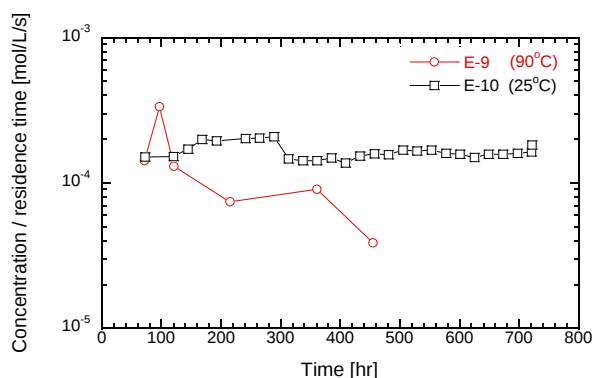


図 5 滞留時間を考慮した Si の溶出濃度