

## 塩化ナトリウム水溶液を用いた花崗岩不連続面の透水実験

愛媛大学 学生会員 ○岩淵友梨 愛媛大学大学院 正会員 安原英明  
愛媛大学大学院 正会員 木下尚樹 大阪大学大学院 正会員 緒方奨

### 1. はじめに

高レベル放射性廃棄物は、地下 300m以深への地層処分が義務付けられている。地層処分施設は、火山活動や鉱物資源、海上輸送の観点から沿岸部への建設が検討されており、処分場周辺の岩盤は、塩類を含む地下水や高圧状態にさらされ、水理学的特性の変化が予想される。そのため、花崗岩不連続面の透水特性評価が必要不可欠である。そこで本研究では、透過流体として塩化ナトリウム水溶液を用いた透水実験を行い、水理学的特性変化に与える要因について評価した。また、透過水における物質濃度評価や微子構造観察を行い、花崗岩不連続面における二次鉱物の析出についても検討した。

### 2. 透水実験

本研究では、瑞浪産土岐花崗岩を用いて塩水環境を再現した透水試験を行った。各実験の境界条件を表 1 に示す。また、本実験で用いた透水試験装置の模式図を図 1 に示す。

透水試験により得られた結果から、式(1)を用いて水理学的開口幅  $b$  を算出し、式(2)を用いて透過率  $k$  を算出した。

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

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

ここで、 $b$  : 水理学席開口幅 [m],  $\mu$  : 粘性係数 [Pa s],  $Q$  : 流量 [ $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ],  $l$  : 供試体高さ [m],  $P_0$  : 透水差圧 [Pa],  $\rho_w$  : 流体密度 [ $\text{kg m}^{-3}$ ],  $g$  : 重力加速度 [ $\text{m s}^{-2}$ ],  $k$  : [ $\text{m}^2$ ]である。また、各実験によって初期透過率が異なるため、各時間における透過率を初期透過率で除した値である正規化透過率を算出し、各実験における透過率経時変化の挙動を比較した。

実験結果を図 2 に示す。すべての境界条件において、時間経過に伴い透過率が減少することが確認できた。E-28 は約 1.5 オーダーの透過率減少を確認し、透水試験を終了した。脱イオン水を用いた E-4 と塩化ナトリウム水溶液を用いた E-28 を比較すると、E-28 の方が透過率の減少量が大きいがわかる。このことから塩化ナトリウムが花崗岩不連続面に二次鉱物として析出したことに起因するものと考えられる。一方、模擬海水を用いた E-22 と比較すると、E-28 の方が透過率の減少量が小さいことがわかる。こ

表 1. 各実験の境界条件

供試体	不連続面形状	温度 [°C]	拘束圧 [MPa]	透過流体
E-4 <sup>1)</sup>	平滑	25	5	脱イオン水
E-22 <sup>2)</sup>	平滑	20	5	模擬海水
E-28	平滑	20	5	NaCl 水溶液

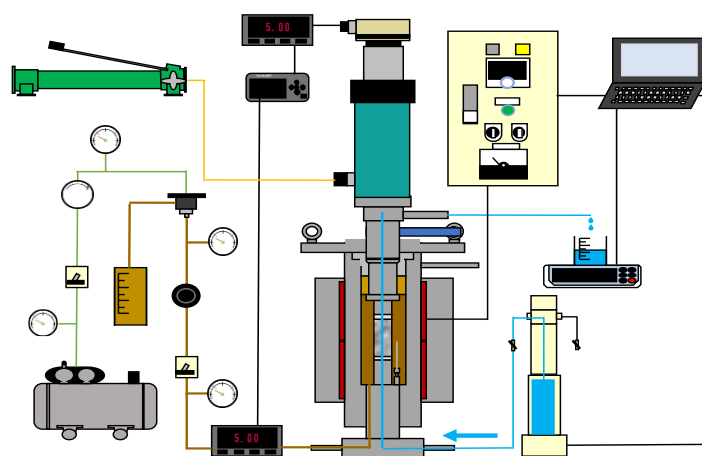


図 2. 透水試験装置模式図

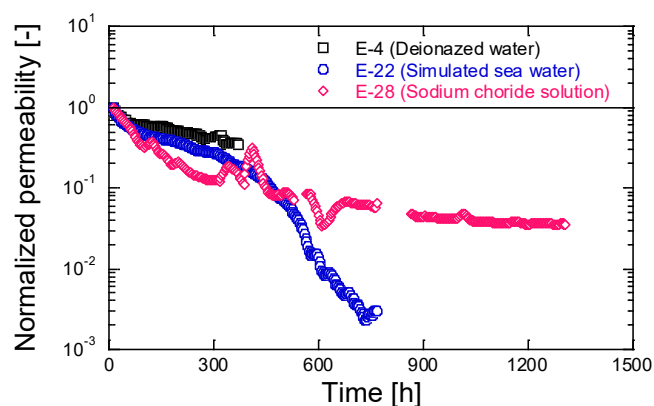


図 2. 正規化透過率の経時変化

れは、模擬海水に含まれる Ca が難溶解性の炭酸カルシウムとして不連続面に析出したためと考えられる。

### 3. 物質濃度評価

透水実験期間中に採取した透過水を採取し、物質濃度評価を行った。ナトリウムイオンと塩化物イオンの透過水中の経時変化を図3に示す。図中の赤線は透水前の初期濃度を示している。ナトリウムイオン、塩化物イオンともに、初期濃度からの増減は微小であった。このことから、二次鉱物の析出にはわずかな残留分のみが寄与していると考えられる。

### 4. 微視構造観察

走査型電子顕微鏡 (SEM-EDX) を用いて、不連続面表面の観察および二次鉱物の同定を行った。透過水流入口付近において、1200 倍で得られた視野のマッピング分析を行ったところ(図4)、塩素が強く反応している箇所が複数確認された。さらに 3000 倍まで倍率を上げたところ、立方体型結晶を確認できた(図5)。二次鉱物を対象に点分析を行ったところ、ナトリウムと塩素が強く反応しており、二次鉱物として塩化ナトリウムが析出していることが確認された。

### 5. おわりに

本実験では、塩化ナトリウム水溶液を用いた室温条件下での透水試験を行い、既往研究の実験結果と比較し、塩化ナトリウムが花崗岩不連続面に与える影響を評価した。透過率の経時変化から、花崗岩不連続面の透水特性変化に塩化ナトリウムが影響を与えることがわかった。また、微視構造観察の結果から二次鉱物として複数箇所塩化ナトリウム結晶が析出していることも確認でき、透過率の減少は塩化ナトリウム結晶の析出に起因することも判明した。

今後は塩化ナトリウム水溶液を用いた高温条件下での透水試験を行い、温度環境による透水特性変化について検討する必要がある。

### 参考文献

- 1) 木下尚樹, 安原英明, 橋本克樹: 熱環境下における岩石不連続面の透水特性に及ぼす化学・力学連成作用, Journal of MMIJ, Vol.129, pp.485-491, 2013.
- 2) Achmad Hafidz, Naoki Kinoshita, Hideaki Yasuhara: Effect of permeants on fracture permeability in granite under hydrothermal conditions, Rock Mechanics Bulletin, Vol.1, issue.1, 100007, 18pp, 2022.

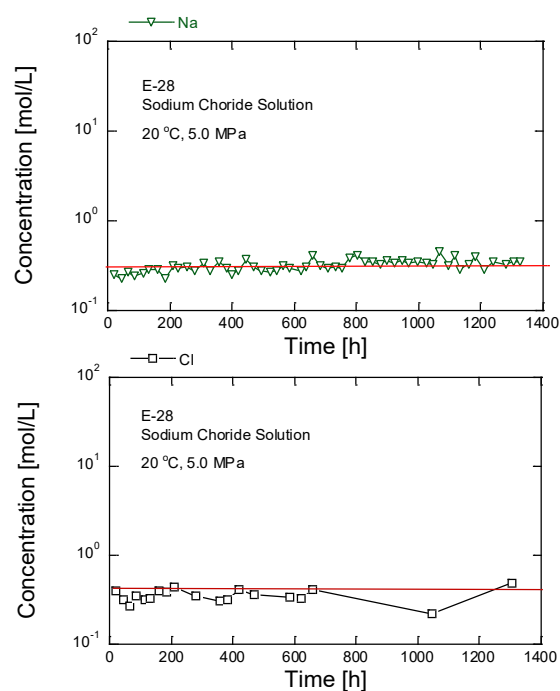


図3. 物質濃度の経時変化

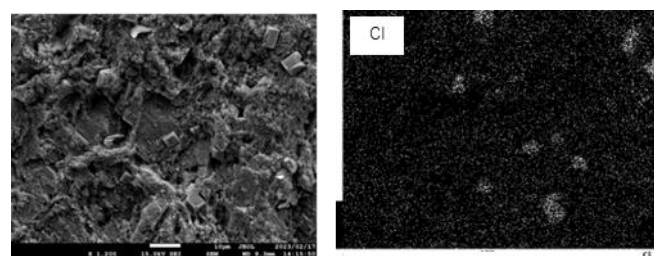


図4. マッピング分析(1200倍)

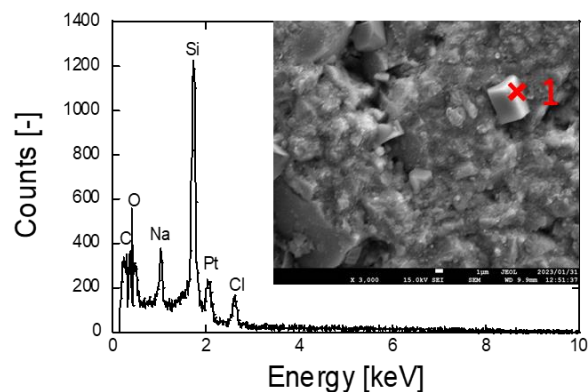


図5. 点分析(3000倍)