

## グリムゼル花崗閃緑岩中の不均質性を考慮した核種移行モデル開発

Modelling of radionuclide migration in Grimsel granodiorite with microscale heterogeneities

\*太田 良介<sup>1</sup>, 三津山 和朗<sup>1</sup>, 舘 幸男<sup>2</sup>, 四辻 健治<sup>2</sup>, 佐藤 智文<sup>2</sup>, 佐藤 久夫<sup>3</sup>, Andrew Martin<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>QJサイエンス, <sup>2</sup>日本原子力研究開発機構, <sup>3</sup>三菱マテリアル, <sup>4</sup>Nagra

グリムゼル花崗閃緑岩を対象に、鉱物や間隙分布の不均質性を表現可能な核種移行モデルを開発し、不均質性が核種移行に及ぼす影響を評価するとともに、実測データとの比較からモデルの妥当性を確認した。

**キーワード**：地層処分、核種移行、グリムゼル原位置試験場、花崗閃緑岩、マトリクス、拡散、不均質性

**1. 緒言** 結晶質岩中の核種移行モデルの開発と確証を目的として、スイスグリムゼル原位置試験場における花崗閃緑岩を対象に、室内試験によるデータ取得とモデル開発、及び原位置試験への適用性評価からなる研究を進めている。この研究の一環として実施したグリムゼルの花崗閃緑岩マトリクス中の室内拡散試験において、陽イオンの実効拡散係数が大きく加速され、一方で、陰イオンの拡散係数が小さくなる傾向が確認された[1]。このような陽イオン加速と陰イオン排除の効果を含む拡散メカニズムを解明するうえで、花崗閃緑岩中の鉱物分布の不均質性の影響、特に層状ケイ酸塩鉱物の黒雲母の分布とその間隙中での静電的相互作用の影響を理解することが重要と考えられた。本報告では、花崗閃緑岩マトリクス中の黒雲母の分布の不均質性が核種移行へ及ぼす影響を明らかにするため、黒雲母の分布の不均質性を表現可能な核種移行モデルを開発し、これらの不均質性がイオンの拡散挙動に及ぼす影響を評価した。

**2. 方法** グリムゼルの花崗閃緑岩は葉理構造を特徴とし(図1a)、ナノX線CT等の分析により、黒雲母等鉱物の含有率、葉理構造に伴う黒雲母の配向性や連続性、鉱物内間隙率等に関する定量的情報を取得した。この情報に基づき、層状鉱物である黒雲母とそれ以外の鉱物に分類して、それぞれの含有率や形状・サイズ、鉱物間及び鉱物内の間隙率等を設定することにより、不均質場モデルを構築した(図1b)。このモデルに対する粒子拡散解析を、ランダムウォーク法に基づくPARTRIDGEコードを用いて実施した。モデル解析では、層状の黒雲母の配向性(層状鉱物の拡散方向に対する向き)や連続性、黒雲母間隙中における陽イオン加速や陰イオン排除の効果をもとに変動させた。初期粒子配置面から移行した粒子が、一定距離の評価断面を通過する拡散フラックスを評価し、次元拡散方程式の解析解をフィッティングすることによって、不均質場の平均的な拡散係数を求め、黒雲母による場の不均質性が拡散に及ぼす影響を評価した。

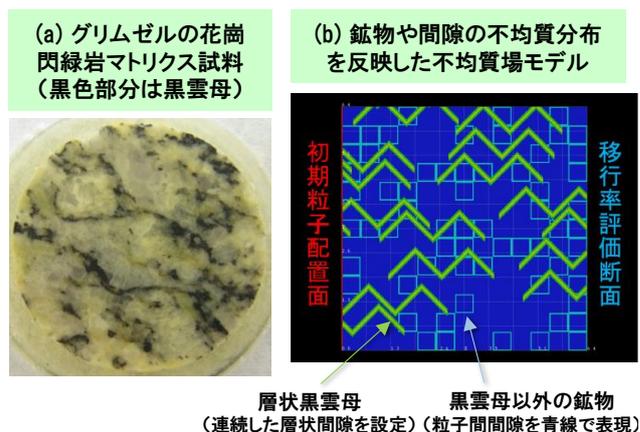
**3. 結果と評価** モデル解析の結果、中性粒子、陽イオン、陰イオンのいずれの拡散挙動も、層状の黒雲母の配向性や連続性の影響を受けることが確認された。特に、陽イオンの場合には、黒雲母中の層状間隙で拡散が加速される効果のため、黒雲母の配向性や連続性の影響が、中性粒子や陰イオンと比較して顕著に大きくなることを確認された(図1c: 黒雲母の連続性による拡散係数の依存性の評価例)。実際にX線CT等の分析結果から推定された黒雲母の分布に近い条件(観察された黒雲母の連続性(黒雲母粒子を4枚連結)と黒雲母の配向性(層状間隙が拡散方向に水平)と設定)において、実測された中性化学種、陽イオン及び陰イオンの実効拡散係数、並びに陽イオン加速とイオン排除の効果(図1c)[1]を概ね再現することができた。以上の結果から、黒雲母の配向性や連続性がイオンの拡散に及ぼす影響、及び不均質性を考慮することの意義が確認された。今後、この不均質性を考慮した核種移行モデルを多様な岩石に対して適用し、その有効性を評価していく。 ※本報告は、経済産業省委託事業「平成29年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業(処分システム評価確証技術開発)」の成果の一部である。

### 参考文献

[1] Tachi et al., J. Contam. Hydrol. 179 (2015) 10–24.

\*Ryosuke Ohta<sup>1</sup>, Kazuaki Mitsuyama<sup>1</sup>, Yukio Tachi<sup>2</sup>, Kenji Yotsuji<sup>2</sup>, Tomofumi Sato<sup>2</sup>, Hisao Sato<sup>3</sup> and Andrew Martin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>QJ Science Ltd., <sup>2</sup>JAEA, <sup>3</sup>Mitsubishi Materials Co., <sup>4</sup>Nagra



### (c) ランダムウォーク解析による実効拡散係数の評価結果例

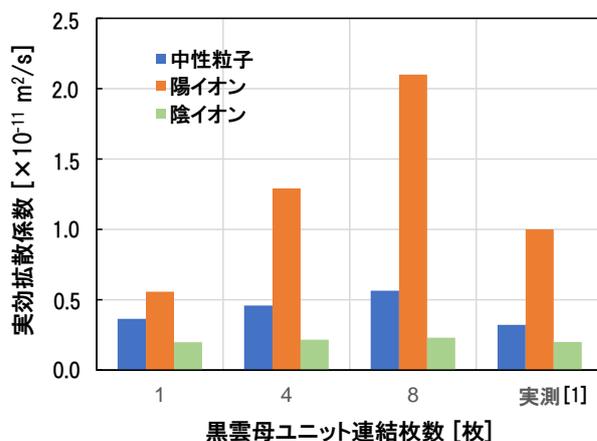


図1 グリムゼル花崗閃緑岩マトリクス試料(a)の鉱物分布等を反映した不均質場モデル(b)及び実効拡散係数の評価結果の例(c)