

グリムゼル花崗閃緑岩の単一割れ目中の核種移行特性評価 (3)解析評価

Radionuclide migration in single fracture of granodiorite at Grimsel Test Site (3) Modelling

*伊藤 剛志¹, 舘 幸男¹

¹ 日本原子力研究開発機構

結晶質岩の割れ目中における核種移行モデルの検証に資するため、スイスグリムゼル原位置試験場から採取した単一割れ目を含む花崗閃緑岩試料を対象に実施した定流量通液試験の結果について、拡散試験等から得られた収着・拡散特性、割れ目及びその近傍の鉱物・間隙分析の情報をもとに、割れ目からマトリクスにかけての不均質構造や割れ目中の物質移行挙動の不均質性を考慮したモデルによる解釈を試みた。

キーワード：核種移行，グリムゼル，花崗閃緑岩，単一割れ目，移流・拡散，不均質性，モデル

1. 緒言

放射性廃棄物の地層処分安全評価に関わる基盤技術として、花崗岩中の核種移行評価技術の検証を行う上で、室内試験によるメカニズムの理解とモデル化、原位置トレーサー試験等を通じた実際の深部地質環境における適用性評価を、相互に関連付けつつ実施することが重要となる。本研究では、本シリーズ発表の1, 2件目で報告した割れ目試料を対象とした一連の室内試験・鉱物分析の結果をもとに、不均質性の取り扱いを含む割れ目中の核種移行の評価手法を検討した。

2. 解析方法

単一割れ目を含むグリムゼル岩試料中の定流量通液試験で得られた重水(HDO), I, Se, Cs, Ni, Eu の破過曲線(シリーズ発表 1)に対して数値解析モデルによる再現解析を行った。解析には汎用的なシミュレーションソフトウェアである GoldSim を用いた。割れ目内の流路は、平行平板モデルで表し、解析に用いたパラメータは基本的に実測値に基づいて設定した。試験に用いたコアのサイズが直径 50mm, 長さ 80mm であることと、X 線 CT の分析結果(シリーズ発表 2)を踏まえ、平行平板形状モデルの形状を 80mm×30mm×2.5mm と設定した。割れ目内の流速は試験の流量 1mL/h を割れ目の開口面積で除することにより、 3.70×10^{-6} m/s と設定した。割れ目部とマトリクス部の間隙率、実効拡散係数及び収着分配係数は、本シリーズ発表 1 件目の拡散試験から得られた実測値に基づいて設定した。なお、境界条件としては、上流側をフラックス固定(濃度、流量固定)条件とし、下流側を自由流出境界とした。一方で、割れ目近傍は複雑な間隙構造となることから、拡散試験で得られた内部プロファイル(シリーズ 1), X 線 CT や EPMA による割れ目近傍の鉱物・間隙の不均質構造(シリーズ 2)を踏まえ、割れ目からマトリクスにかけての鉱物・間隙の不均質構造を 2 層または 3 層で表現したモデルを構築し解析を行った。また、試験後の割れ目表面の観察結果からは、割れ目内部で不均質な流れが生じていた可能性が示唆されたため(シリーズ 1)、割れ目中の物質移行挙動の不均質性を考慮したモデルを構築し、破過曲線の実測データと比較した。

3. 解析結果

割れ目からマトリクスにかけての鉱物・間隙の不均質構造を 2 層及び 3 層モデルで表現した解析結果を図 1 に示す(2 層モデルの結果は Cs, Ni, Eu : 破線)。重水, I, Se といった非収着性及び低収着性のトレーサーは、モデルによらず実測値に近い傾向が得られた。2 層モデルの場合、割れ目部とマトリクス部のパラメータを、各トレーサーを対象とした拡散試験で得られた値を用いたが、割れ目部の拡散係数が低いため、Cs, Ni, Eu の収着性トレーサーの破過曲線の立ち上りを再現することができなかった。一方で、拡散試験の濃度プロファイル及び割れ目近傍の鉱物・間隙分析から得られた割れ目近傍の鉱物・間隙の不均質情報に基づき、表層から 0.2mm を第 1 層、0.6mm を第 2 層とし、それ以深をマトリクスと仮定した 3 層モデルを仮定することで、高収着性の Cs, Ni, Eu の破過曲線により近い傾向を再現することができた。このことから、割れ目近傍の不均質な鉱物・間隙構造と核種移行特性との関係の理解と、それを反映した核種移行モデルの構築が重要であることを確認した。発表では、不均質性を考慮した割れ目中の物質移行挙動のモデル化の結果も含めて考察する。

※本報告は経済産業省委託事業「平成 27 年度 処分システム評価検証技術開発」の成果の一部である。

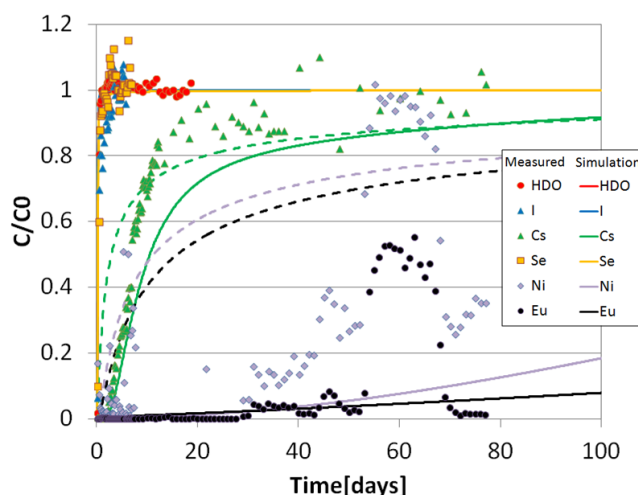


図1 通液試験で得られたトレーサーの破過曲線と解析結果

*Tsuyoshi Ito¹ and Yukio Tachi¹ ¹Japan Atomic Energy Agency