

2. バックエンド

割れ目ネットワークを対象とした原位置トレーサ試験の数値解析

背景

当所が参加する高レベル放射性廃棄物処分のためのスウェーデン・ハードロック地下研究施設での国際共同研究の一部、地下水流動と溶質移行に関するモデリング・タスクフォースの対象課題の一つとして、花崗岩の割れ目内の溶質移行を調査対象とした原位置トレーサ試験(図 1)が選定された。しかし、試験サイトの膨大な数の割れ目(図 2)をすべて忠実にモデル化して数値解析を行うことは困難であり、効率的な解析手法が必要となる。

目的

割れ目周辺のマトリクス部の構造が溶質移行に及ぼす影響を明らかにするとともに、多数の割れ目を含む岩体における溶質移行を効率的にかつ精度良く評価する解析手法を提示する。

主な成果

スウェーデン・ハードロック地下研究施設での原位置トレーサ試験結果に対する数値解析を実施し、以下の成果を得た。

1. 割れ目周辺のマトリクス部の構造が溶質移行に及ぼす影響

試験サイトの割れ目は、断層と開口節理に分類される。各々の割れ目を単一の割れ目とした数値解析により、断層では、節理に比べて溶質の移行速度が著しく遅く、流出点濃度も小さくなることがわかった(図 2)。

2. 効率的で精度の良い解析手法の提示

多数の割れ目を含む岩体内の溶質移行を、以下の手順により効率良く高精度に推測できることを示した。

(1) 等価な単一割れ目による複雑な割れ目の近似

試験サイトの比較的規模の大きい割れ目は、場所により複数の割れ目に分岐している。これらの複雑な割れ目の溶質移行特性を、マトリクス部の間隙率、有効拡散係数、分配係数を試行錯誤的に調整した単一の割れ目により、解析的に近似する。

(2) 交差判定による割れ目数の削減

割れ目の交差判定により、溶質の移行に関与しない割れ目をモデルから削除する。

(3) 移流分散解析による支配的な割れ目の抽出

割れ目のみをモデル化し、割れ目内の移流分散のみを考慮した溶質移行解析を実施する。その際、各割れ目を通過する溶質フラックスを計算し、溶質移行を支配する割れ目を抽出する(図 3)。

(4) マトリクス部への拡散・収着も考慮した移行解析

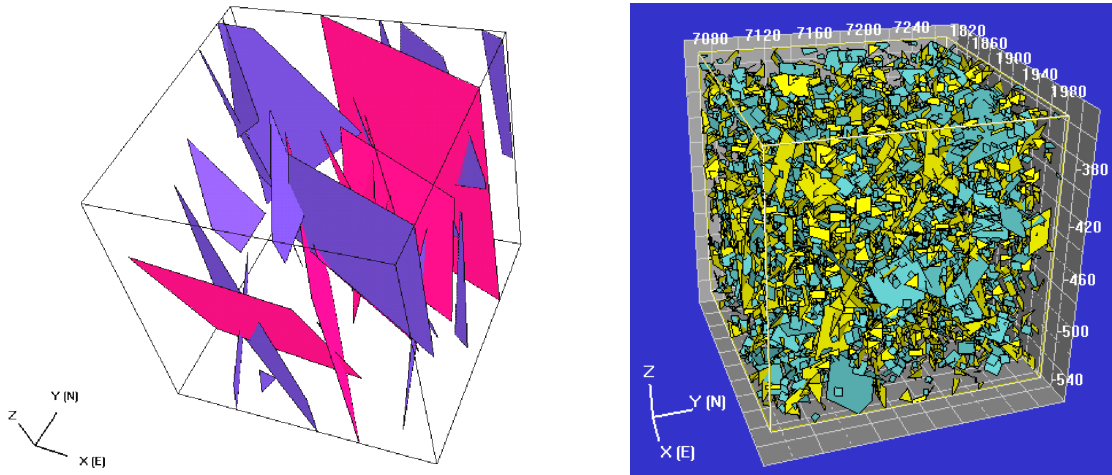
支配的な割れ目と割れ目周辺のマトリクス部をモデル化し、割れ目内での移流分散に加えてマトリクス部への拡散・収着も考慮した溶質移行解析を実施する(図 4)。その際、一部で複数の割れ目に分岐した複雑な割れ目も、解析モデル上は等価な移行特性を有する単一の割れ目により表現する。

今後の展開

モデリング・タスクフォースの次の課題であるフィンランドの高レベル放射性廃棄物処分サイトのオルキルオトで実施された長期間揚水試験に対して、当所の開発した解析手法を適用し、より広域での地下水流動・溶質移行への有効性を検証する。

主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 上席研究員 田中 靖治

関連報告書 「スウェーデン・ハードロック地下研究施設における高レベル放射性廃棄物処分のための国際共同研究(その8)－割れ目ネットワークを対象とした原位置トレーサ試験の数値解析－」
電力中央研究所報告: N06033



(a) 100m 規模の割れ目

(b) より小さい規模の割れ目

図 1 解析領域内の割れ目の分布

解析領域は一辺の長さが 200m の立方体である。

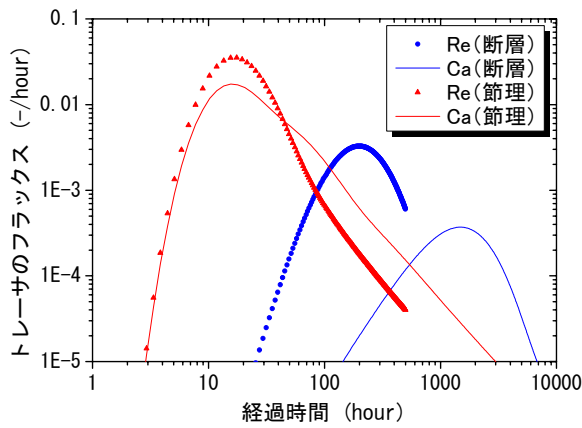


図 2 単一割れ目の流出端でのトレーサフラックス
Re は非収着性、Ca は収着性のトレーサである。

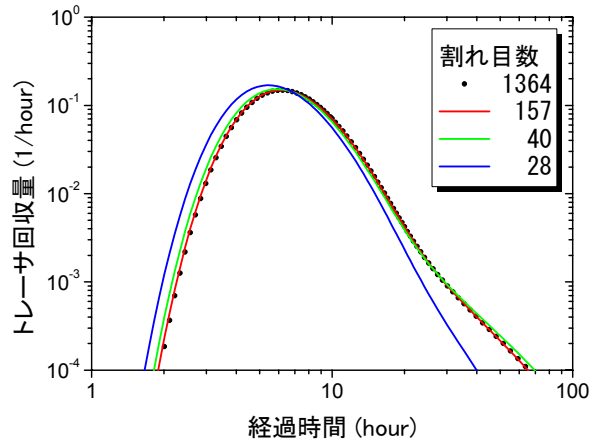


図 3 割れ目のみをモデル化した溶質移行解析結果
トレーサの通過量の多い(支配的な)40 条の割れ目をモデル化するだけで、1,364 条の割れ目すべてをモデル化した場合とほぼ同じ結果が得られる。

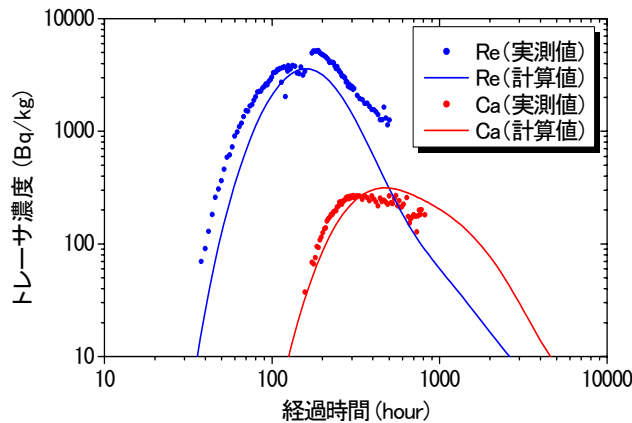


図 4 支配的な割れ目とマトリクス部をモデル化した溶質移行解析結果

支配的な 40 条の割れ目内の移流分散と割れ目周辺のマトリクス部への拡散・収着を考慮した解析により、回収区間でのトレーサ濃度の時系列変化を良好に再現できた。