

不飽和層の迂回路路を考慮した核種移行挙動のモデル化に関する基礎的検討

Fundamental Study on Modeling of Radionuclide Transport Behaviors

Considering Detouring Paths through an Unsaturated Layer

*小堤 健紀¹、小暮 将之¹、新堀 雄一¹、千田 太詩¹

¹東北大学

本検討は、不飽和層における気相の存在により生じる流路の迂回が核種移行挙動に及ぼす影響を、不飽和を考慮した二次元ネットワークモデルにより評価し、その計算結果を実験値と比較した。その結果、本モデルは実験値を良く説明できることが明らかになった。

キーワード：移流拡散方程式、ネットワークモデル、分散係数、不飽和層、核種移行

1. 緒言

福島原発事故により発生した除染廃棄物や廃炉により生じる低レベル放射性廃棄物は、浅地中ピット処分相当の処分が予定されている。地表近傍の浅地中はケイ酸塩鉱物を主成分とした粒子が充填された多孔質層を成しており、地下水および降雨が断続的に浸入するものの、間隙が水で満たされず気相が共存する不飽和状態となる。このような不飽和層においては、気相の存在による液相の迂回や核種収着サイトの減少が生じるために、核種移行挙動は間隙が液相で満たされた飽和層とは異なる。このうち液相の迂回は、移行が速い流路と遅い流路を形成することにより核種移行経路を複雑化するが、異なる複数の流路の重ね合わせにより模擬できる可能性がある。そこで本研究では、このような不飽和層における核種移行挙動のモデル化の基礎的検討として、格子状に設定した流動場に不飽和層を再現するとともに、それぞれの流路に一次元移流分散方程式を適用することにより、不飽和層における複数の迂回路路を物質移行モデルに反映することを試みた。

2. ネットワークモデルの構成

本研究は二次元ネットワークモデルにより不飽和層中の物質移行をモデル化した。格子状に設定した流路に後述の流路幅を与え、最も幅の小さい流路を次の流路として選択させることにより、不飽和層において流路が迂回する様子を図1のような流路の分布パターンとして再現した。流路の形状は平行平板モデルとし、流路幅は釜石鉱山における透水係数分布^[1]の確率密度関数より得た統計量と等価なベルヌーイ試行列により与えた^[2]。また、流路数(メッシュ)を20×20とした。

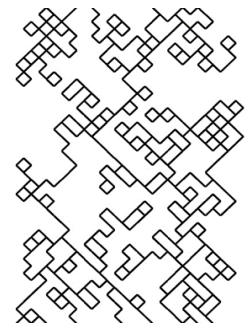


図1. 不飽和層を再現した流路図の例

3. 結果・考察

図2に本モデルによる不飽和層における物質移行の計算結果と実験値^[3](カラム内に調整した不飽和層にセシウム溶液を注入し、破過曲線を測定した値)を比較した図を示す。横軸は、実験結果を実験系の平均滞在時間で無次元化した時間、縦軸は実験に用いたセシウム溶液の濃度を1とした無次元濃度を表す。また、破線は実験結果に対して一次元移流分散方程式によりフィッティングした結果を示す。これまで一次元移流分散方程式による実験値のフィッティングは、図中の①に示す近傍において実験値からの乖離が生じる傾向にあったが、本検討における計算結果はより良いフィッティングを示した。このことは、不飽和層においては物質の移行経路が複雑化し、透水性の局所的な変化から相対的に流路長の長くなる迂回路路が物質移動に影響を及ぼす可能性を改めて示唆する。

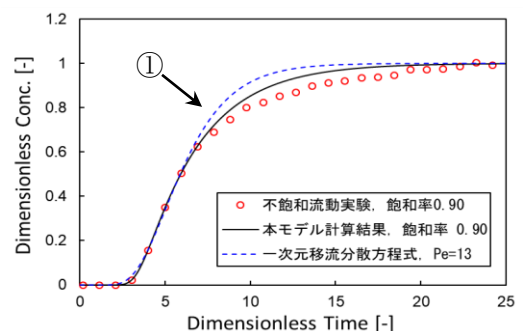


図2. 本モデルの計算結果と実験値および一次元移流拡散方程式によるフィッティング結果との比較

参考文献

[1] JNC：わが国における高レベル放射性廃棄物処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次とりまとめ (1999)

[2] Y. Niibori et al.: *Proc. of Mat. Res. Soc.*, **556**, 751-758 (1999).

[3] T. Ozutsumi et al.: *Proc. of 2018 PBNC*, Paper No. 25877 (2018).

謝辞 本研究の一部は、特別研究員奨励費 17J01851、および科学研究費補助金基盤研究 17H01371 の成果である。ここに記して謝意を表す。

*Takenori Ozutsumi¹, Masayuki Kogure¹, Yuichi Niibori¹ and Taiji Chida¹

¹Tohoku Univ.