

## 地下環境中の物質移動に関する実験的研究

## Experimental Study on Mass Transport in Geologic Porous Media

# 清水 航士 [1]; 羽田野 祐子 [2]

# Koji Shimizu[1]; Yuko Hatano[2]

[1] 筑波大・工シス; [2] 筑波大・シス情

[1] Col.Eng.Sys.,Tsukuba Univ; [2] Inst. Eng. Mech & Sys., Tsukuba Univ.

<http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~hatano>

### 1 はじめに

汚染物質の地下水中の移動予測に関して、従来から移流分散方程式 (ADE) が広く使われてきた。この方程式はある一定の流速、一定の拡散係数を与えてそこから時間、位置ごとの濃度変化を求めるというもので簡易で扱いやすいものである。しかし、実際の濃度分布を表せていない部分があるということがわかってきた。原因として考えられているのは分散係数が一定ではないということである。そこで従来から用いられている移流分散方程式ではなく Benson(1998)の研究をもとにした非整数階微分を用いた異常移流拡散方程式 (fADE) との比較を実験を行い明らかにする。具体的には多孔質媒体中でトレーサー実験を行い濃度変化を計測する。多孔質媒体として豊浦砂 (平均粒径 0.175mm) を用いる。また、合わせて補助的実験として多孔質媒体にガラスビーズ (平均粒径 0.1mm) を用いた移流分散流れの可視化の実験も行う。

### 2 実験概要

実験装置の構成は 1000(横) × 120(奥行) × 710(高さ)mm のアクリル製の容器、マリオットタンク、アンプ、測定用電極から成る。行程としては、まず容器中に水中落下法により砂を充填し、マリオットタンクを用い上流側と下流側の水位差を一定に保つ。そして水頭差を一定に保ったまま、上流タンクからトレーサー (0.5%NaCl 水溶液) を連続注入する。砂の中に 5 箇所測定用電極が埋め込んで、その点において電気伝導度を測定したものを濃度換算して PC に取り込む。他のトレーサー (0.5%KCl 水溶液) を用いても同様に行う。次にガラスビーズによる可視化の実験であるが、行程としては同様であるが砂の代わりにガラスビーズを用いる。色素トレーサーには 0.5%NaCl 水溶液にメチレンブルー三水和液 (C16H18N3S · 3H2O) を加えたものを用いる。一定時間ごとに画像を撮り、これを分析する。

### 3 実験結果

得られた実験結果について解析を行った。濃度の経時変化をプロットした破過曲線を移流拡散方程式とフィッティングさせる。各位置について時間毎の濃度変化をみると、濃度の濃度の低い部分はフィットしたが、濃度の高い部分についてはフィットさせることは出来なかった。次に異常移流拡散方程式でのフィッティングである。これも同様に各位置について時間毎の濃度変化をみると、濃度の低い部分は移流拡散方程式ほどではないが、比較的フィットしており、濃度の高い部分において移流拡散方程式に比べると大部分フィットしていた。全体としてみると、移流拡散方程式による破過曲線は左右対称でテール部分になだらかな部分があり、そのグラフの全体的な傾向は異常移流拡散方程式ととても似ている。また、異常移流拡散方程式におけるパラメータにはテール部分に影響を及ぼすパラメータと非対称性に影響を及ぼすパラメータを計算したが、それぞれの法則性については見出すことが出来なかった。続いて、移流拡散流れの可視化についてであるが、開始からの各時間ごと画像より移流拡散流れの状況を可視化することができた。このように地下水のような低速の流れでは密度くさびが形成されにくいということがわかった。

### 4 まとめ

サンドボックス型容器でトレーサー実験を行ったが、移流拡散方程式では表せなかった部分も異常移流拡散方程式では表すことができることが示せた。発表では数種類のトレーサーで実験を行なって異常移流拡散方程式においてまだわかっていないパラメータの法則性についての考察についても示す予定である。