

中日本建設コンサルタント 正会員 大國 哲* 名古屋大学工学部 正会員 松林宇一郎***
 名古屋大学工学部 菅沼 誠** 名古屋大学工学部 フェロー 高木 不折****

1, はじめに 生活・工業・農業用水など広く利用されている地下水が廃棄物などによって汚染され、水質が低下するという問題が生じている。したがって汚染を防ぎ水質の低下を阻止する対策を考えていかななくてはならない。そのためまず、土壌中を汚染源である物質がどのように移動し広がっていくのかを把握する必要がある。土壌中では物質は間隙内にある水にとけ込み間隙内を移動するので、場の特性によって移動の様子が変わる。物質移動の多くは移流分散過程で述べられ、分散係数はそれを知る代表的なパラメータである。まだ明確にされていない不均質場と分散係数との関係を実験により見ようというのがこの研究の目的である。

2, 実験と解析 実験装置は内径10cm, 高さ5cmの塩ビパイプを積み上げてつくったカラムと降雨発生装置から成り立っている（図1）。このカラム内に平均粒径0.5mmのガラスビーズを2種類にふるい分けした（通過分 fine-beads, 残留分 coarse-beads）ものを詰め、階層と並列なそれぞれ2種類の不均質場を作った（図2）。降雨発生装置から低濃度の食塩水（溶液1）をフラックス一定で供給し、しばらくおいたのち場の水分量が一様になったところで実験を開始した。瞬間的に高濃度の食塩水（溶液2）に切り替え、各地点における溶液の時間的変化を比電気伝導度を用いて測定した。溶液2が下端まで達したら流量を変えて再びしばらくおき、場の水分量が一様となったところで溶液2から溶液1に切り替えて次の実験を行った。これより一つのカラムに対して異なる流量での結果を得ることができた。濃度の時間的変化を表した図は Breakthrough Curve と呼ばれ図3に例示される。左から深さ10, 20, 30, 40, 50cmにおける変化曲線であり、それぞれの深さの値を濃度変化の中間点での時刻の値で割ることで実流速を求めた。これより、一次元移流分散式の解 (Rose&Passioura, 1971) を使った計算値と実験結果の BTC が最も良く合うように最小2乗誤差の原理で分散係数の値を決めた。

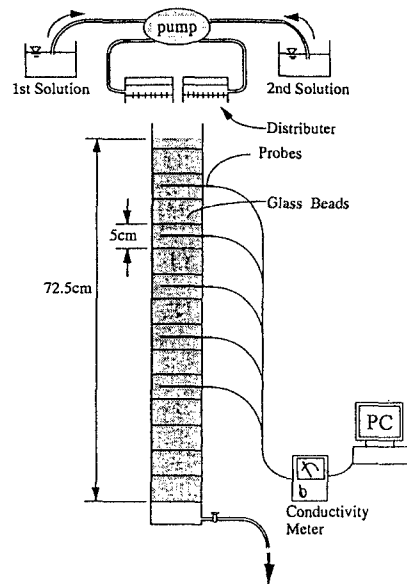


図1. Components of the experimental apparatus used in experiments

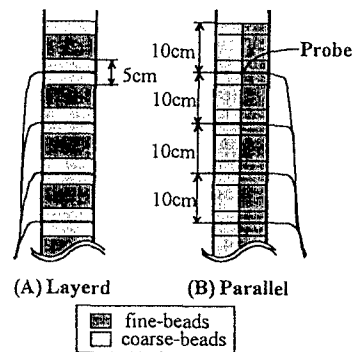


図2. Heterogeneous media

*

〒460 名古屋市中区錦1丁目8番6号ストークスビル名古屋

tel. 052 (232) - 6031

, *, ****

〒464-01 名古屋市中区千種区不老町

tel. 052 (789) - 5018

3.実験結果と考察 図3は並列不均質場でのBTCの一例であり、また図4は階層不均質場と並列不均質場それぞれにおける実験より得られた分散係数と実流速の関係を表しており、比較として均質場（粒径0.5mm）での実験結果を直線で示してある。図4からわかるように階層不均質場では実流速と分散係数との間に線形関係が見られ、その傾きである分散度の値は均質場での0.40cmよりもやや小さく0.31cmとなった。この場合は透水性の異なる fine-beads と coarse-beads が鉛直方向に交互に重なっているため、透水性のより高い coarse-beads からより低い fine-beads へと進むときに流れが抑制され、そのため流速のばらつきが小さくなり分散が小さくなったのだと考えられる。一方で並列不均質場でも低含水域では実流速と分散係数との間に線形関係が見られたがその傾きの分散度の値は、非常に大きくなるという予想に反し、均質場とほぼ同じ0.36cmとなった。またそのBTCは図3に見られるように後半で大きく遅れが生じ、あたかも2段階で変化しているような形となった。この場合は透水性の異なる場が並列に並んでいるので、上端より均等に流量が与えられると水平方向にポテンシャルに勾配が生じ、鉛直方向に流れが進むにつれて coarse-beads から fine-beads へと横方向にも流れが生じる。したがってそれぞれの領域を流れる流量に偏りが見られ、BTCは早い変化を示す部分（fine-beads を表す）と遅い変化を示す部分（coarse-beads を表す）との2段階に変化する曲線になる。ここでの解析では計算値と実験値は早い変化の部分でのみあっているため、分散係数として評価されたのは早い変化の部分での分散現象であり、遅い変化の部分での分散は考慮されなかったために分散度の値は予想より小さくなったと考えられる。また遅い変化の部分も含んだ緩やかな変化（分散係数大きい）を考えると、全体の分散の規模は捉えられるが早い変化を表すことができない。すなわち、図3のようにBTCが2段階になったときにはBTCから求めた分散係数の考え方が今までのように単純ではないと言える。

4.まとめ 階層不均質場では流れは抑制され分散が起りにくいのにに対し、並列不均質場では横方向にも流れが生じBTCは2段階に変化をする。そのためにBTCより求められる分散係数から実際の現象を正確に捉えるのが難しくなることがわかった。

参考文献

- 1)Devkota,L.P.:Mixing length theory approach to dispersion phenomena in miscible displacement through glass beads media , A dissertation for the Degree of Doctor of Civil Engineering , Nagoya University , 1997
- 2)Rose,D.A. and Passioura,J.B.:The analysis of experiments on hydrodynamic dispersion ,Soil Science,Vol.111,No.4,1971,pp252-257

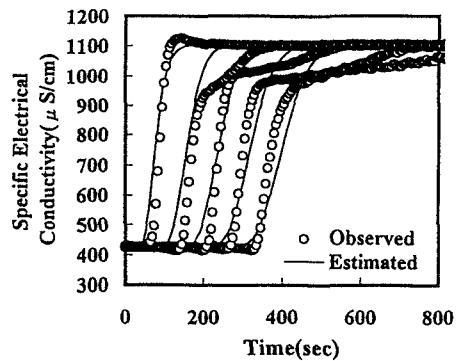


図3. Breakthrough curve in Parallel media

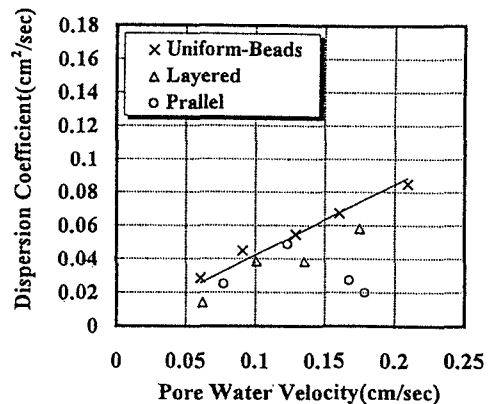


図4. Relationships between dispersion and pore water velocity in Heterogeneous media