

透水係数と陽イオン交換容量の分布が物質輸送に及ぼす影響について

鹿児島大学農学部 正会員 中川 啓・靱井和朗

鹿児島大学農学部 天本 茜

1. はじめに

一般に自然状態の土壌や地層においては、その水文地質学的特性が不均一に分布していることが知られている。そのため、透水係数などの物理性が不均一分布するだけでなく、陽イオン交換容量などの化学性も不均一に分布すると考えられる¹⁾。本研究では、まず透水係数と陽イオン交換容量の関係について調べ、つづいて反応輸送シミュレーションによって、それらが不均一に分布することが物質輸送に及ぼす影響について検討した。

2. 透水係数と陽イオン交換容量の関係

一般に土粒子の粒径が大きいほど透水係数が大きくなる。一方、土粒子の比表面積は粒径が小さくなるほど大きくなると考えられる。

そこで、鹿児島大学農場の廃土を採取、篩い分けした試料3つと、珪砂を篩い分けた試料2つを準備して、5種類の粒径範囲の試料について透水係数、陽イオン交換容量を調べた。各試料の透水係数については表-1に示す。陽イオン交換容量の測定は、(1) 酢酸アンモニウムにより交換性陽イオンを抽出して合計する方法と、(2) 吸着している陽イオンをカルシウムイオンに置き換え、交換吸着されたカルシウムイオンを塩化アンモニウムにより抽出し測定する方法の2種類の方法で行った。図-1に透水係数と陽イオン交換容量の関係のプロットを示す。明らかな相関が認められる。図中のCEC(1),(2)はそれぞれの方法での測定値を意味する。後者の方法ではカルシウムを過剰に洗浄してしまったため値が小さくなったと考えられ、後の数値計算ではCEC(1)を用いた。

3. 数値計算による検討

USGSの反応輸送シミュレータであるPHAST²⁾を用いて、2次元不均一領域における透水係数と陽イオン交換容量の分布が物質輸送に及ぼす影響について検討した。計算領域を図-2に示す。左側の領域には粒径0.1~0.2mmを、右側の領域には粒径0.4~0.6mmの試料を充填したと考えた。上下はそれぞれ1.707mと1.0m

表-1 試料の粒径と透水係数

Diameter mm	Hydraulic Conductivity cm/s
0.1 ~ 0.2	0.0011
0.2 ~ 0.4	0.0023
0.4 ~ 0.6	0.0032
0.6 ~ 0.8	0.056
0.8 ~ 1.2	0.083

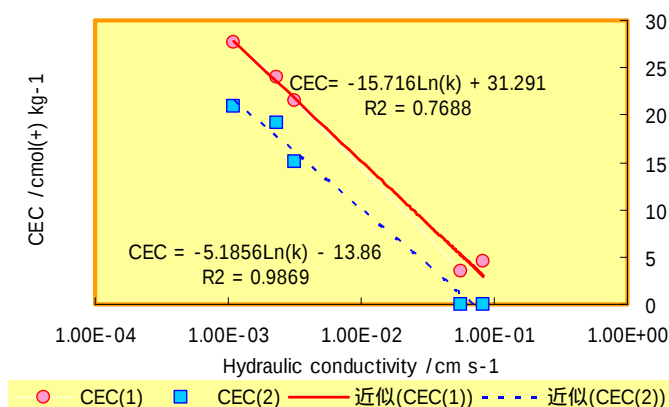


図-1 透水係数と陽イオン交換容量の関係

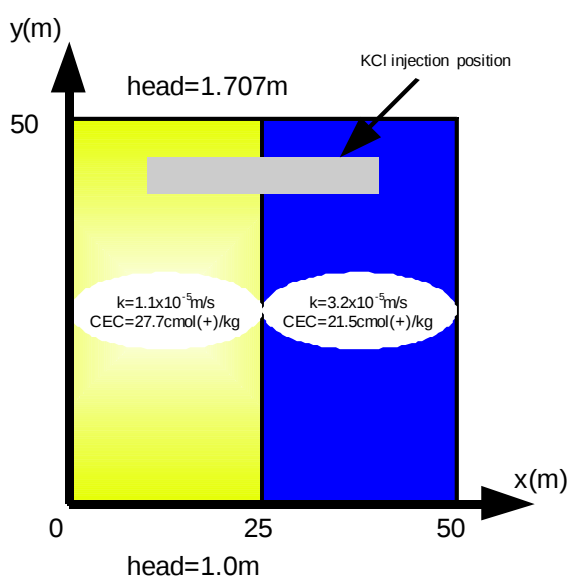


図-2 計算領域の概要

の指定水頭境界とし、左右は上下間の値を線形に変化させた指定水頭境界とした。背景水の水質は、Na: 1.17×10^{-3} M, K: 1.15×10^{-4} M, Mg: 4.12×10^{-4} M, Ca: 8.61×10^{-4} M, Cl: 3.83×10^{-3} M とし、注入領域からは 0.1 M の KCl を瞬間注入した。分散長は、いずれの領域でも縦方向は 1.0 m, 横方向は 0.1 m とした。初期濃度分布は与えた陽イオン交換容量と背景水の水質に応じて決定される。図-3(a)には圧力水頭分布を示す。流れは上から下へ真直ぐ流れる定常流である。図-3(b)～(f)には計算開始から 50 日後の各成分の濃度分布を示した。ここでは、交換体上と間隙水中の濃度を合わせた総量として示している。どの陽イオンも、左領域は透水係数が小さく輸送が遅いため初期位置からあまり流下していない。K は右領域で支配的であり左領域では逆にほとんど存在していないように見える。非反応性の Cl の分布は、左領域は K 以外の陽イオンの分布と対応し右領域では K の分布と対応しており、透水係数の違いを反映して右領域のプリュームが先行している様子が分かる。

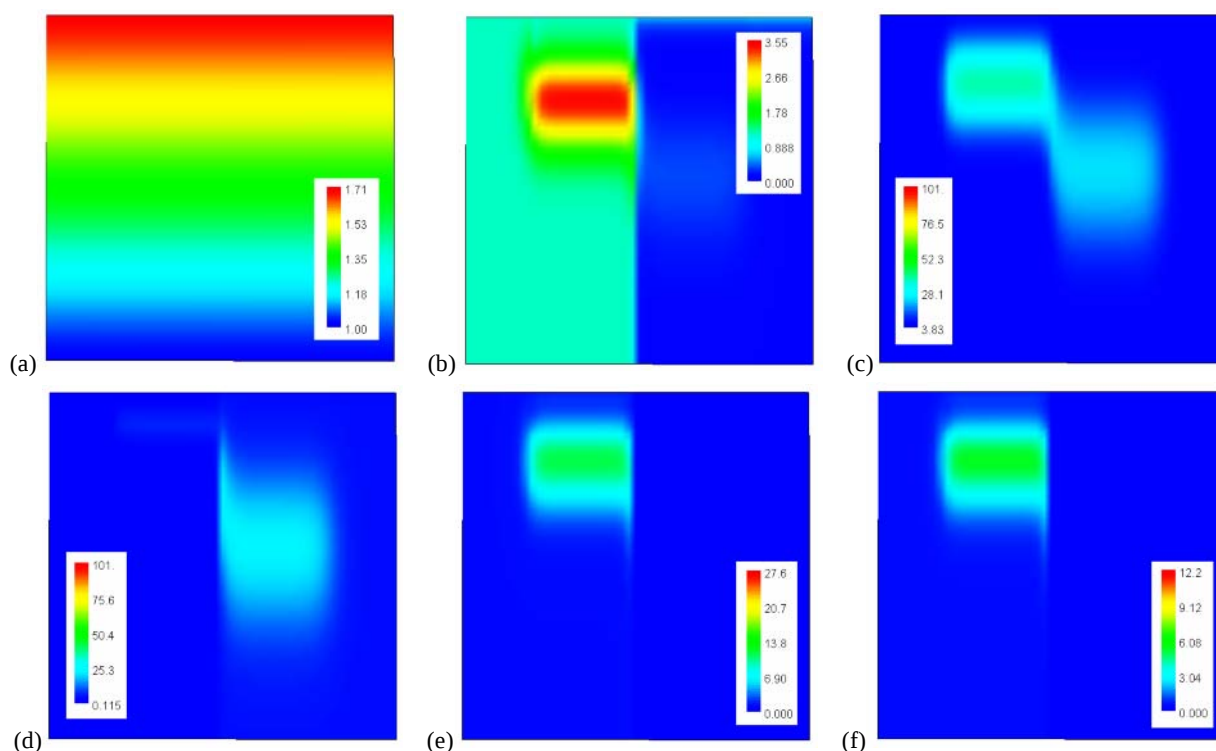


図-3 (a)圧力水頭分布(m)と 50 日後の濃度分布 (mM) (b) Na, (c) Cl, (d) K, (e) Ca, (f) Mg

4. おわりに

本研究では、まず透水係数と陽イオン交換容量の関係について調べた。その結果、今回対象とした範囲では両者の間に明らかな相関が確認された。またそれらの関係を考慮した反応輸送シミュレーションを試みた。流れ場の物理的不均一性と化学的不均一性の両方が反応性の物質輸送に及ぼす影響が確認された。今後は室内実験や数値計算を通じて、物理的・化学的不均一性が、遅延や分散へ及ぼす影響を定量的に評価したいと考えている。

参考文献

- 1) Nakagawa, K., Wada, S.-I., Momii, K. and Berndtsson, R.: Soil heterogeneity effects on acid flushing of lead-contaminated soil, *Environmental Modeling and Assessment*, in press.
- 2) Parkhurst, D.L., Kipp, K.L., Engesgaard, P., and Charlton, S.R.: *PHAST-A program for simulating ground-water flow, solute transport, and multicomponent geochemical reactions*, U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A8, 154p.