

カラム実験による物質移動係数の推定

岐阜大学 学生員 ○碓井洋介

岐阜大学 学生員 柴田雅夫

信州大学 正会員 棚橋秀行

岐阜大学 正会員 佐藤 健

1. はじめに

不飽和土の水分を可動水と不動水に区分して溶質移動現象を表現した Two-Region モデルには、実験的に決定することが困難なパラメータが含まれている。Two-Region モデルはもともと団粒構造の土に対して提案されているので、団粒構造を有する土として有名な鹿沼土を用いて Two-Region モデルのパラメータを推定し、実験条件との関係を考察した。具体的には、非吸着性の塩素イオンに対する破過曲線を計測しておき、解析解とのフィッティングからパラメータを推定し、カラム長さ、流速などの実験条件との関係を調べた。

2. カラム実験の概要

水道水の通水により定常状態を確認後、NaCl 水溶液 (0.03mol/l) を通水し、カラム下端からの浸出水を採水し、Cl 濃度を硝酸銀滴定法で計測した。濃度計測に際しては水道水中の塩素イオン濃度も計測し、バックグラウンドとした。

3. Two-Region モデルのパラメータ推定

vanGenuchten and Wierenga¹⁾ は、一次元状態に対する Two-Region モデルの解析解を無次元パラメータ (ω , β , Pe , R) を用いて誘導している。カラム実験で得られた破過曲線と解析解のフィッティングから ω , β , Pe , R の4つのパラメータを推定した。パラメータ推定には修正マルカート法を用いた。今回は、 β の初期値周辺でパラメータを推定し、その後第1段階で求めた Pe 値周辺で再度、パラメータ推定を行った。こうした2段階のフィッティングで、1回だけのフィッティング計算よりも残差2乗和の小さなパラメータ値を推定できた。

4. 推定結果

実験は通水量、カラム長、原水濃度を変化させた。濃度を変化させた実験は現在進行中であり、ここでは、濃度一定 (0.03mol/l) として、通水量とカラム長を変化させた結果のみを示す。

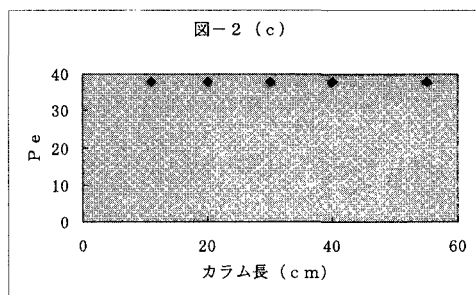
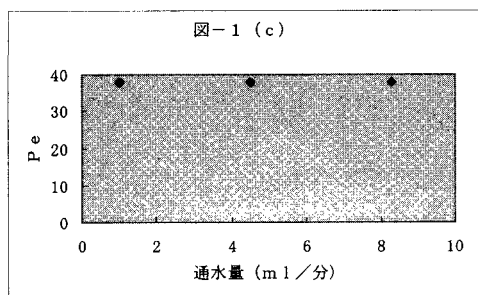
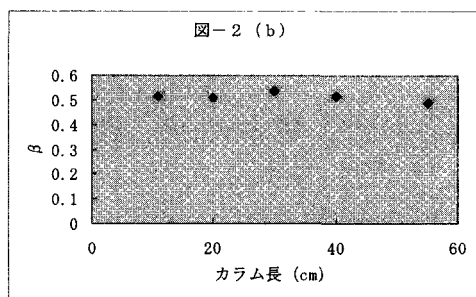
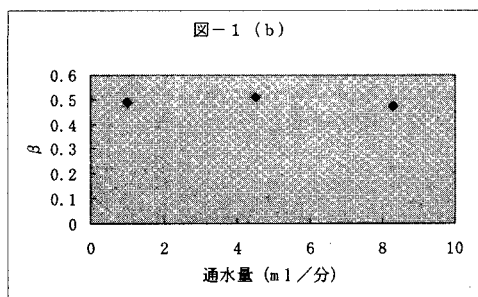
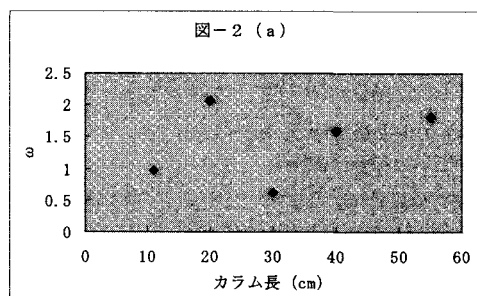
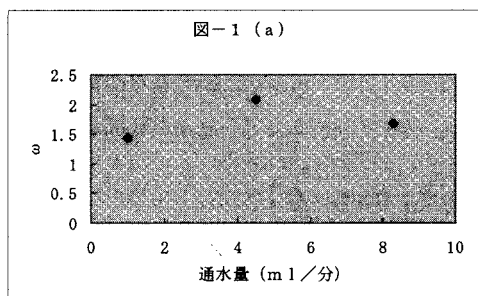
図-1 (a), (b), (c) に通水量による、図-2 (a), (b), (c) にカラム長による ω , β , Pe の変化を示した。非吸着性の塩素イオンに着目しているので、遅れ係数 R はいずれも1である。

ω が、不動水と可動水の間の物質移動係数に関する無次元量である。不動水と可動水間における物質移動の考え方には、いろいろある^{2) 3) 4)}。ここでは、物理的物質輸送モデルに分類される物質輸送係数 α を用いたモデルを考えた。図-1, 2 に示した ω は、通水量によらず一定値を示し、カラムが長くなると大きくなる傾向となる。

β は可動水の割合を示しており、今回の実験の範囲では一定値を示し、0.5前後の値であった。 Pe が分散係数の値に関係し、流量、カラム長によらず一定の値であった。

5. 今後の課題

濃度を変化させた実験を実施するとともに、物質移動係数と実験条件との関係をさらに明確にする予定である。鹿沼土の飽和にはカラムに充填後、真空ポンプで通水しながら飽和度をあげの方法を採用した。しかしながら、実験終了後の飽和度はいずれのケースも65～70%程度になり、簡単に飽和化する方法を検討する必要がある。



参考文献

- 1) van Genuchten, M.Th. and Wierenga, P.J.: Mass Transfer Studies in Sorbing Porous Media, 1. Analytical Solutions, Soil. Sci. Soc. Am. J., Vol.40, pp.473-480, 1976.
- 2) Crittenden, J.C. et al.: Transport of Organic Compounds with Saturated Groundwater Flow, Model Development and Parameter Sensitivity, Water Resources Research, 22(3), pp.271-284, 1986.
- 3) Rao, P.S.C., et al.: Experimental and Mathematical Description of Nonadsorbed Solute Transfer by Diffusion in Spherical Aggregates, Soil. Sci. Soc. Am. J., Vol.44, pp.684-688, 1980.
- 4) Parker, J.C., et al.: Constraint on the Validity of Equilibrium and First-Order Kinetic Transport Models in Structured Soils, Water Resources Research, 22(3), pp.399-407, 1986.