

岐阜大学 正会員 佐藤 健

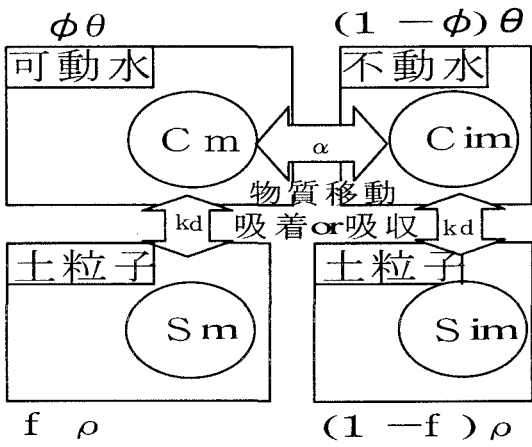
岐阜大学 学生会員 ○川縁浩平

岐阜大学 井ノ口奈津子

岐阜大学 和田将宏

1. 研究目的

微生物の分解活性を最大限に引き出すためには、分解活性を加速化させる栄養塩（炭素、窒素、リンなど）を微生物生息地盤中に広く行き渡らせることが大切で、栄養塩がどのように土中を広がり、微細間隙にどのように蓄積されるのか、定量的な評価方法の確立が期待されている。土中の物質移動特性を記述する拡散・分散・移流・吸着の古典的方法によって、団粒内間隙に拡散する物質移動現象を追跡することは難しく、団粒内間隙と団粒間間隙を別々に評価する MIM モデルが団粒土の物質移動現象の説明によく使われる。MIM モデルとは土中には動く水（可動水）と動



きにくい水（不動水）が存在すると考えるもの（可動水－不

図 1. MIM モデルの概念図

動水モデル）である。一方、土中の水はすべて動いていると考えるものは M モデル（可動水モデル）と呼ばれる。

本研究は、MIM モデルのパラメータの内でも最も重要になる領域区分係数（全水分量に対する動く水の体積割合）と物質移動係数（動く水と動かない水の物質移動を決める）に着目した。各値を砂、ガラスビーズ、火山灰土についてカラム実験を行い、その結果から fitting より推定したパラメータの物理的な意味を、実験条件と試料の物性値とで考察した。

2. MIM モデルの考え方

MIM モデルは土中の水を可動水と不動水とに分け溶質の移動現象を説明しているモデルである。このモデルは一般的な移流拡散方程式に土中の水を可動水・不動水とに領域を区分して、以下の 3 つの無次元パラメータを導入することにより、次式 (1) (2) を誘導している。

$$\beta \frac{\partial c_m}{\partial T} + (1-\beta) \frac{\partial c_{im}}{\partial T} = \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 c_{im}}{\partial z^2} - \frac{\partial c_m}{\partial z}$$

$$(1-\beta) \frac{\partial c_{im}}{\partial T} = \omega (c_m - c_{im}) \tag{2}$$

ここで、 ω 、 β 、 Pe は、次のように定義される無次元量である。

$$\omega = \frac{\alpha L}{q}$$

$$\beta = \frac{\theta_m}{\theta}$$

$$Pe = \frac{v_m L}{D}$$

α : 物質移動係数、 L : カラム長、 q : ダルシー流速（見かけの流速）、 θ : 体積含水率、 D : 分散係数、 v : 間隙平均実流速、（下付きの m は可動水を示す）

3. 試験方法

カラムに水中落下法を用い試料（豊浦砂、ガラスビーズ、鹿沼土）をそれぞれ一定の乾燥密度になるように充填した。水道水を流して

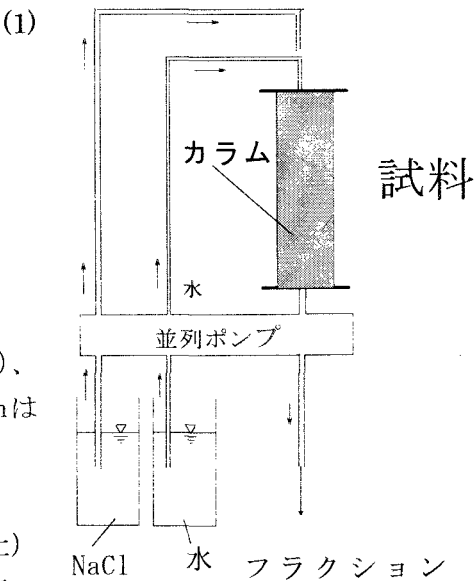


図-2 カラム実験

定常流れ場を作った後、NaCl 溶液を流し、流出濃度の変化（破過曲線）を記録した。濃度の計測は硝酸銀滴定法で行った。パラメータとの関係を調べるために流速、飽和度を変えた実験条件を設定した。本研究では、計測値と解析解の二乗誤差を修正マルカート法で最小化する方法を用いてパラメータ推定を行った。

4. 試料によるパラメータと実験条件の関係

表-1 試料の物性値

豊浦砂、ガラスビーズ (GB-B)、鹿沼土の実験結果より MIM モデルのパラメータと実験条件 (流速、飽和度) との間に次のような関係が認められた (図 3~図 11)。また試料の物性値は表 1 で表される。

	土粒子密度 (g/cm ³)	平均粒径 d ₅₀ (μm)	比表面積 As (m ² /g)
豊浦砂	2.65	190	0.34
GB-B	2.50	500	0.01
鹿沼土	2.59	20	145

(1) 分散係数 (D)

すべての試料においてダルシー流速の増加に対して分散係数は直線的に増加し、飽和度の低下により分散係数が大きくなることが確認できた。また試料による分散係数の違いを見てみると、豊浦砂と GB-B がほぼ同じ値を示し、鹿沼土はとても大きな値である事がわかった。

(2) 物質移動係数(α)

すべての試料においてダルシー流速の増加に対して物質移動係数の増加が確認できた。飽和度に対して物質移動係数の依存性は確認できなかった。

(3) 可動水存在率 β (= φ)

豊浦砂、GB-B は 100%、鹿沼土は 40~70%が可動水領域である事が推定された。

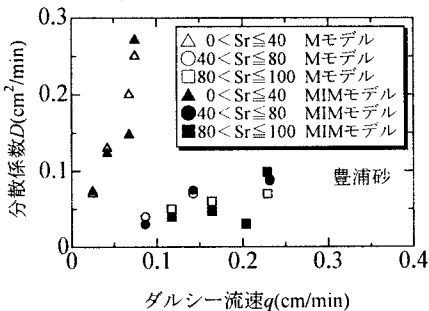


図 3 q-D の関係 (豊浦砂)

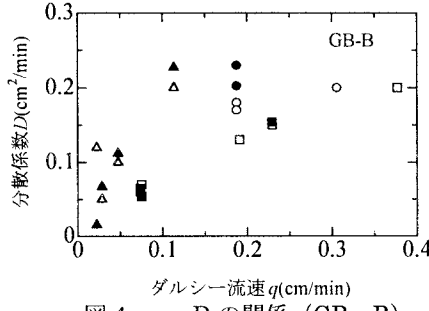


図 4 q-D の関係 (GB-B)

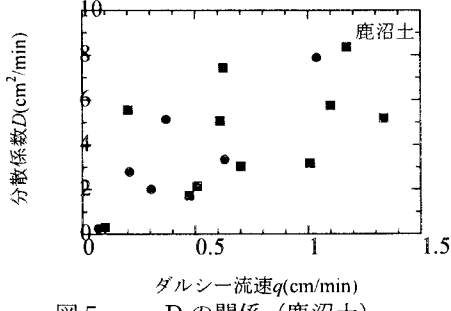


図 5 q-D の関係 (鹿沼土)

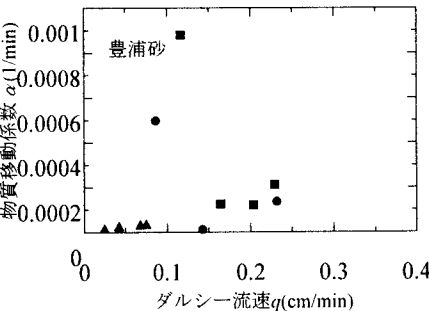


図 6 q-α の関係 (豊浦砂)

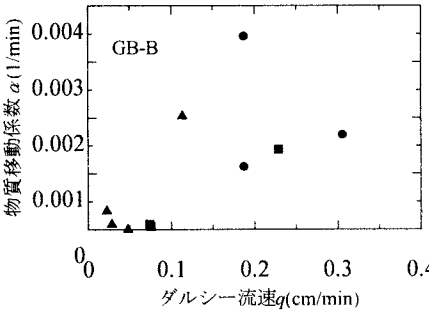


図 7 q-α の関係 (GB-B)

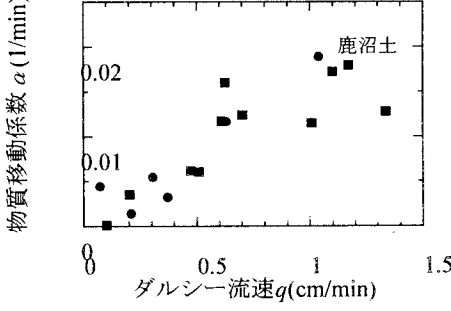


図 8 q-α の関係 (鹿沼土)

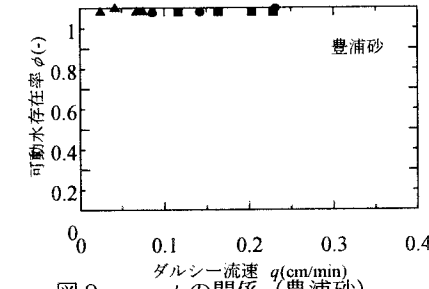


図 9 q-φ の関係 (豊浦砂)

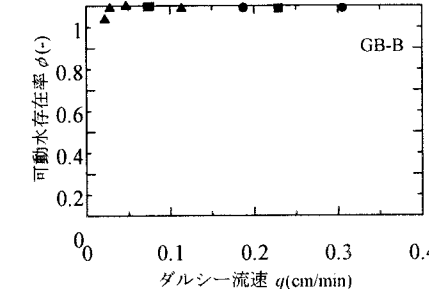


図 10 q-φ の関係 (GB-B)

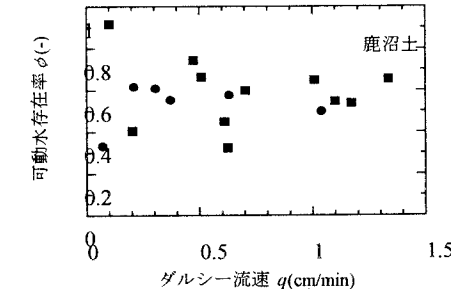


図 11 q-φ の関係 (鹿沼土)

参考文献

1) VanGenuchten, M. Th. and Wierenga, P. J. (1976): Mass transfer studies in sorbing porous media. I. Analytical solutions, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 40, pp. 473-480.