

間隙の大きさと表面荷電特性に基づいたモデル土壌を通過するコロイド粒子の通過特性

Transport of colloidal particles through column packed with model soils based on pore size and electrokinetic properties

○山下 祐司*
(Yuji Yamashita)

足立 泰久*
(Yasuhisa Adachi)

はじめに

土壌中のコロイド粒子が疎水性の農薬や重金属など難溶性の汚染物質を吸着して移動することによりその拡散範囲を増大させる機構がリスク評価の立場から懸念されている。筆者らはモデル土壌を用いたコロイドのカラム通過実験を行って、コロイド輸送現象に対する土壌の間隙特性とコロイド安定性の影響を報告した[1]。その中で、安定性を定量的に評価するためにはコロイド及び土壌の表面荷電特性を同定する必要があることを指摘した。そこで本報では、実験試料の表面荷電特性の測定結果を理論解析に有利な飽和条件で行ったカラム通過実験の結果と照らし合わせて検討する。

実験試料と方法

モデル土壌には粒径均一で球粒子のガラスビーズと栃木県の鹿沼軽石層から採取した鹿沼土を用いた。モデルコロイドには平均径 974 nm で負に帯電した単分散球粒子であるポリスチレンラテックス (PSL) 粒子を供試した。

1. ゼータ電位測定

モデル土壌には流動電位方式測定装置 (Zeta CAD (CAD)), PSL 粒子には顕微鏡電気泳動方式測定装置 (Model 502 (日本ルフト)) [2] を適用して、様々な NaCl 濃度におけるゼータ電位を測定した。pH は 5.8 前後に調整した。

2. カラム通過実験

長さ 10 cm, 内径 3.2 cm のガラス製カラムにモデル土壌を水中沈降で飽和充填し、まず、NaCl 溶液を十分に流し入れ、カラム内の溶液条件を一定にする。その後、PSL 懸濁液と NaCl 溶液の混合液を送水し、流出液の PSL 粒子濃度の経時変化を分光光度計を用いて濁度として測定する。表 1 は実験条件である。尚、水移動のトレーサーとして NaNO_3 溶液を用いた通水実験をあらかじめ行った。

表1. カラム通過実験条件

充填試料	充填粒子径 (mm)	流速 (cm/s)	間隙率	pH
beads02	0.2	0.01	0.40	5.8
beads10	1.0	0.01	0.40	5.6
kanuma02	sieved 0.15-0.4	0.007	0.95	5.6
kanuma10	sieved 1.0-2.0	0.01	0.93	5.6

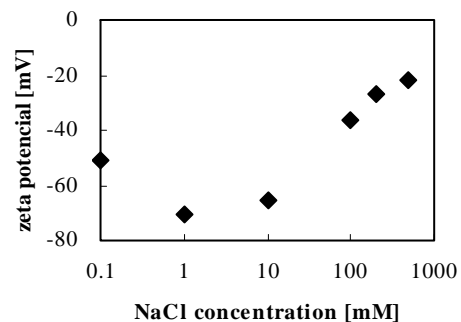
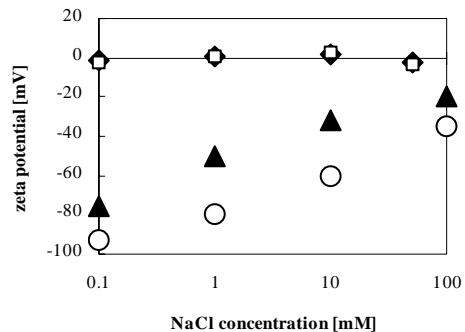


図 1. PSL 粒子のゼータ電位
Zeta potential of PSL particles



: beads02, : beads10, : kanuma02, : kanuma10

図 2. 各モデル土壌のゼータ電位
Zeta potential of model soils

結果と考察

1. ゼータ電位測定

電気泳動法によって得られた PSL 粒子の泳動速度から Smoluchowski 式を基に算出したゼータ電位を NaCl 濃度の関数として図 1 に表す。塩濃度の減少に伴ってゼータ電位の絶対値の増加が確認された。0.1mM で絶対値が減少傾向に合わなかったのは、二重層の緩和効果による泳動速度の低下[2]が原因であると考えられる。

*生命環境科学研究科 (Graduate school of life and environmental sciences)

キーワード: コロイド, カラム通過実験, ゼータ電位

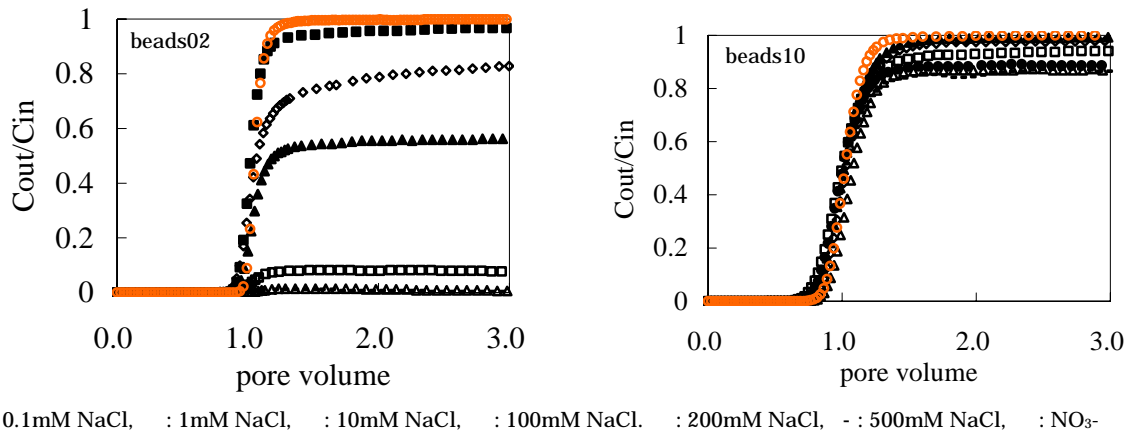


図1. ガラスビーズ充填カラムにおけるPSL粒子および硝酸イオンの破過曲線
Breakthrough curves of PSL particles and nitrate ion in the columns packed with glass beads

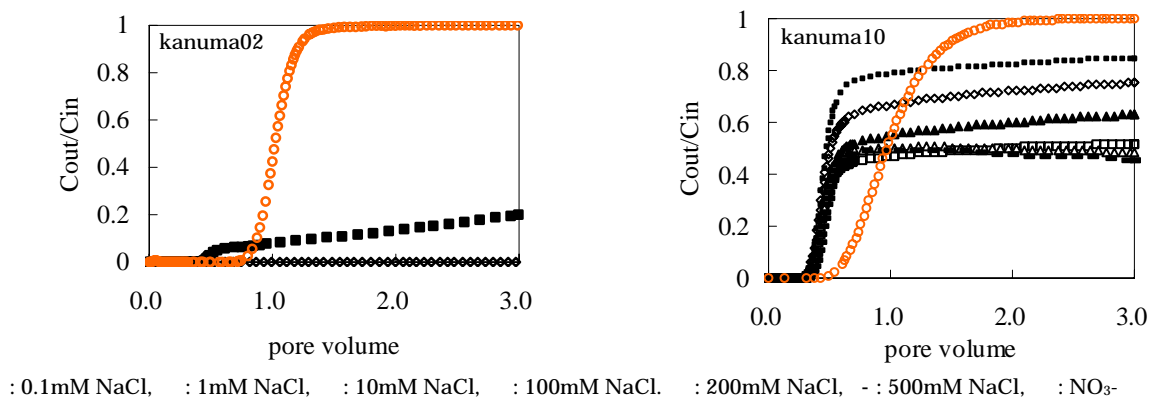


図2. 鹿沼土充填カラムにおけるPSL粒子および硝酸イオンの破過曲線
Breakthrough curves of PSL particles and nitrate ion in the columns packed with Kanuma Soil

流動電位法によって測定したモデル土壌のゼータ電位をNaCl濃度の関数として図2に示す。シラノール基の解離により表面に負電荷を有するガラスビーズではNaCl濃度の増加に伴ってゼータ電位の絶対値は減少した。これは、塩濃度増加に伴うイオン雰囲気圧縮によるものであり、負に帯電したPSL粒子との反発力の低下をもたらすことを予測する結果である。一方、鹿沼土では、全ての塩濃度においてゼータ電位はほぼゼロであり、また、土壌粒径の違いによる差は見られなかった。すなわち、カラム試験におけるPSL粒子の鹿沼土に対する付着に際して、電気的反発力がほとんど作用しないことが予測される。

2. カラム通過実験

図3にbeads02, beads10 充填カラム, 図4にkanuma02, kanuma10 充填カラムにおけるPSL粒子及び硝酸イオンの破過曲線を示す。全てのカラムにおいて、塩濃度の増加に伴いPSL粒子の破過曲線の到達値は減少した。ゼータ電位の

測定結果を考慮すれば、この結果はガラスビーズ充填カラムにおいてはPSL粒子及びガラスビーズ双方のゼータ電位の減少が寄与し、一方、鹿沼土充填カラムではPSL粒子のゼータ電位の減少が主な要因であることが示唆される。また、鹿沼土充填カラムにおいてPSL粒子が硝酸イオンよりも約半分のポアボリュームで早期に流出を開始したが、鹿沼土のゼータ電位がほぼゼロであったことからサイズ排斥が主要因であることが示された。

結論

土壌中のコロイド輸送を検討するために、表面荷電特性を明らかにしたモデル土壌及びコロイド粒子を用いてカラム通過実験を行った。その結果、塩濃度の違いによる表面荷電特性の変化とカラム通過率の変化は定性的に一致することが明らかとなった。

-引用文献-

- [1]. 山下・足立 (2004): 農土論集, **233**, 75-81
- [2]. 北原ら (1995): 「ゼータ電位」サイエンティスト社