

鹿沼土を充填したカラムにおけるコロイドの輸送挙動

Transport of colloidal particles through a Kanumatsuchi column

○山下 祐司* 足立 泰久**
(Yuji Yamashita) (Yasuhisa Adachi)

はじめに

土壌中のコロイドが難溶性の有害化学物質を吸着して運搬することにより、その移動距離を増大させる機構(Colloid-Facilitated Transport(CFT))の存在が指摘されている[1]。CFTは、コロイドが生成して有害化学物質と会合し、土壌中を水理的に輸送されることで生起すると言われているが、その解析手法や運搬を担うコロイド粒子の挙動は明らかにされていない。

本研究では、CFTの介在に重要な因子となる細間隙(表面化学的性質の発揮)と粗間隙(水みちの確保)を兼ね備えた鹿沼土にコロイドを流し入れるカラム実験を行い、その伝達挙動をコロイド粒子の凝集分散特性の観点から検討する。

試料と実験手順

カラム充填剤に用いた鹿沼土は栃木県芳賀郡二宮町の鹿沼軽石層から採取した。採取後、2 mmのふるいにかけて湿ったまま保存した。コロイド溶液としては水溶液重合法で合成した粒径 974 nm のポリスチレンラテックス(PSL)球粒子単分散系を用いた。一価の塩(NaCl)に対する臨界凝集濃度は約 0.15 M である(Fig1)。

鹿沼土を内径 3.2 cm、高さ 20 cm のパイレックスガラス製カラムに高さ 10 cm まで 0.38 g/cm³ の乾燥密度で充填し、上部に高さ 3 cm 分ガラスビーズを置いた。カラム下部にはメッシュ幅 0.15 mm のステンレス製メッシュを設けた。フラックス一定で送水できるようにペリスタポンプを二種類(A:0.2 ml/s, B:0.056 ml/s)用意し、カラム下端には流出液を採取するためのフラクションコレクターを設置した。

実験手順 -

- ポンプ A で蒸留水を送水し、流出液の塩濃度と吸光度が一定になったところで PSL 分散液、NaCl 溶液をそれぞれステップ状に切り替えて流し入れた。流出液の塩濃度は電気伝導度計、PSL 濃度は分光光度計で測定した。
- ポンプ A で PSL 分散液を送水中にポンプ B で 0.6 M の NaCl 溶液を流し入れた。その後、塩溶液を蒸留水に置き換えた。
- PSL 分散液の塩濃度をそれぞれ 10⁻⁴ M、0.01 M、0.06 M、0.1 M、0.2 M、0.3 M に調整してポンプ A でカラムに流し入れた。

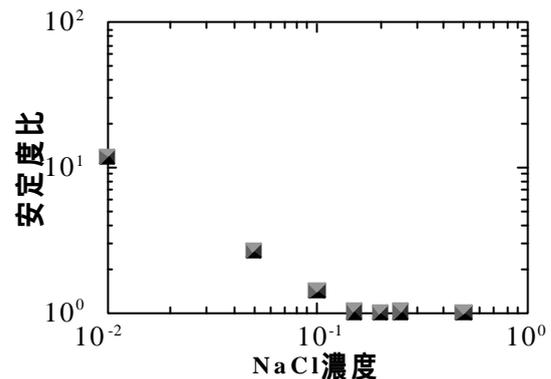


Fig1. NaCl 溶液に対する PSL 粒子の安定度比

* 筑波大学大学院環境科学研究科 The Master's Program in Environmental Sciences, Univ. of Tsukuba

** 筑波大学農林工学系 Institute of Agricultural and Forest Engineering, Univ. of Tsukuba

結果と考察

実験の結果を Fig1 に示す。塩より PSL 粒子が早く流出することが確認された。PSL 粒子が流体に比べて早く移動することは、PSL 粒子がその体積より小さな細間隙に進入できないこと、あるいは同符号の荷電を持つ土壌表面に接近できないことで比較的流速の早い部分を通れるという体積排除・アニオン排除に起因すると考えられる^[2]。また、塩は流出液の濃度が時間の経過とともに流入液と等しくなるが、PSL 粒子は相対濃度が約 0.8 で一定になることも観察された。これは PSL 粒子が分散状態にあってもカラム中に捕捉されることを示すものである。

実験において、0.6M の NaCl 溶液が投入された直後、PSL 粒子の流出量は著しく減少した。また蒸留水に切り替えても PSL 粒子は流出してこなかった (Fig2)。まず、塩の投入によりカラム内が凝集条件となって PSL 粒子が土壌中で沈積し、蒸留水に切り替えた後はカラム内に既に沈積した PSL 粒子が分散状態で流入してくる PSL 粒子を捕集したものと推測される。

塩濃度を分散条件から凝集条件に移行させると流出する PSL 粒子はそれに対応するように減少した (Fig3)。これは、PSL 粒子の安定度が土壌中の移動に大きく影響することを示している。また、PSL 溶液の NaCl 濃度が 0.1 M 以上の急速凝集領域では、PSL 粒子の流出量は初期にピークを示した後、なだらかに減少した。実験の結果を鑑みると凝集状態においては既に捕集された PSL 粒子が後続の PSL 粒子を捕捉すると考えられるため、この系においてもその効果が発揮され効率的にトラップされたものと考えられる。

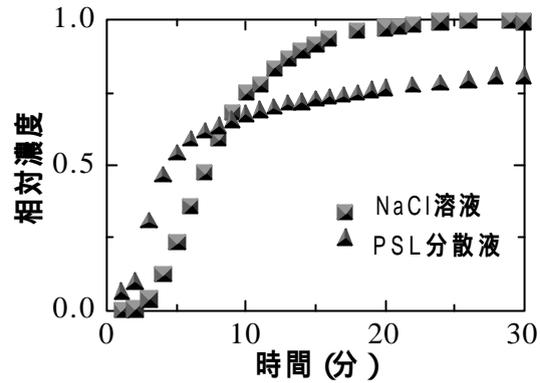


Fig2. NaCl 溶液および PSL 分散液の濃度流出曲線

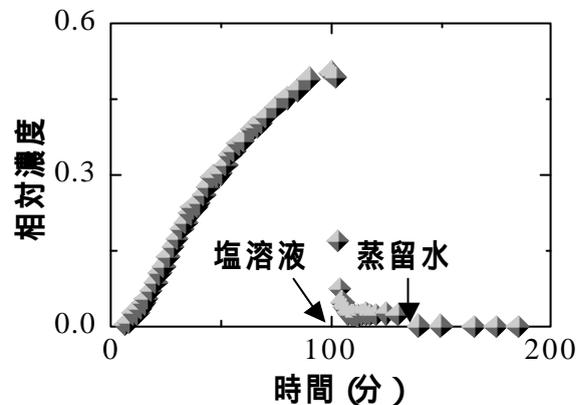


Fig3. 化学的擾乱に対する PSL 粒子の流出応答

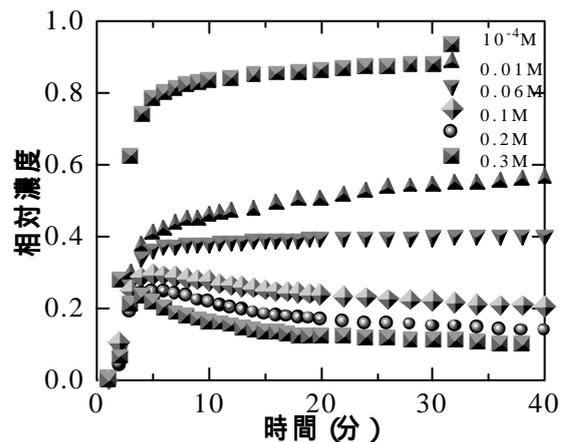


Fig4. 各塩濃度における PSL 粒子の濃度流出曲線

¹ John F. McCarthy and John M. Zachara. *Environ. Sci. Technol.* 1989, 23, 496-501

² 長崎晋也「土のコロイド現象(その9)-地層中におけるコロイド形成とその移動特性」農土誌 1998, 66(12)1261