

成層カラム中の分散土壌粒子の移動・捕捉過程に対する初期電解質濃度の影響

Transport and deposition of dispersed particles in layered soil columns
as affected by the initial electrolyte concentration

中野恵子¹, 鈴木克拓¹, 加藤英孝¹

NAKANO Keiko, SUZUKI Katsuhiko, KATOU Hidetaka

1. はじめに

分散粘土粒子の土層内の移動は、難溶性で土壌に強く吸着される環境負荷物質の移動・拡散を促進するため、これらの物質の土層内での挙動を予測するには分散粒子の移動・捕捉機構を明らかにする必要がある。前報では、分散土壌粒子の捕捉は乾燥密度の小さい上層と大きい下層の境界部分に集中して起きること、土壌内では電解質濃度の低い溶液の到達に対応して分散粒子の目詰まりによる透水係数の低下が生じることを報告した。ここでは初期電解質濃度とカラム長の異なる飽和二層土壌カラムへの蒸留水浸透実験を行ない、カラム流出液の懸濁粒子濃度と粒径分布を測定し、土壌構造の安定性と分散性の異なる条件下での土壌粒子の移動・捕捉過程を明らかにしようとした。

2. 方法

埼玉県深谷市で採取した褐色低地土作土を、上層の乾燥密度 1.15 Mg m^{-3} 、下層の乾燥密度 1.25 Mg m^{-3} の二層カラム（直径 5 cm、上層の厚さ 4 及び 8 cm、下層の厚さ 3 cm）に充填し、蒸留水または 0.005 M CaCl_2 溶液を下端から供給してカラムを飽和させた。これらのカラムの上端から動水勾配 1.4 の定水頭で蒸留水を供給して透水実験を行ない、カラム内の圧力分布と下端からの流出水フラックスを測定した。また、流出液の EC, pH, 蒸発残留物濃度及び $0.2 \mu\text{m}$ フィルター通過蒸発残留物濃度、及び流出懸濁物質の粒径分布を測定した。流出懸濁物質中に粒径 $0.2 \mu\text{m}$ 以下の画分が占める割合は 1% 以下であったため、流出懸濁物質濃度は蒸発残留物濃度と $0.2 \mu\text{m}$ フィルター通過蒸発残留物濃度の差として求めた。粒径分布測定にはレーザ回折/散乱式粒度分布測定装置 (Horiba LA-920) を用いた。なお、水に対する懸濁物質の相対屈折率は $0.92-0.01i$ とした。

3. 結果 透水係数の時間変化と粒子の捕捉 (Fig. 1) 初期蒸留水飽和カラムと初期 CaCl_2 飽和カラムでは粒子捕捉層の形成に違いがあった。初期蒸留水飽和カラムでは、カラムの透水係数は浸透初期に急激に低下し、その後も低下し続けた。圧力損失は層境界付近で時間とともに増大し、粒子捕捉層の形成が示唆された。初期 CaCl_2 飽和カラムでは、透水係数の減少は浸透初期 (流出液量 $< 2.0 \text{ cm}$) には緩慢であり、その後蒸留水の浸透が進むにつれて透水係数は徐々に低下した。明瞭な圧力

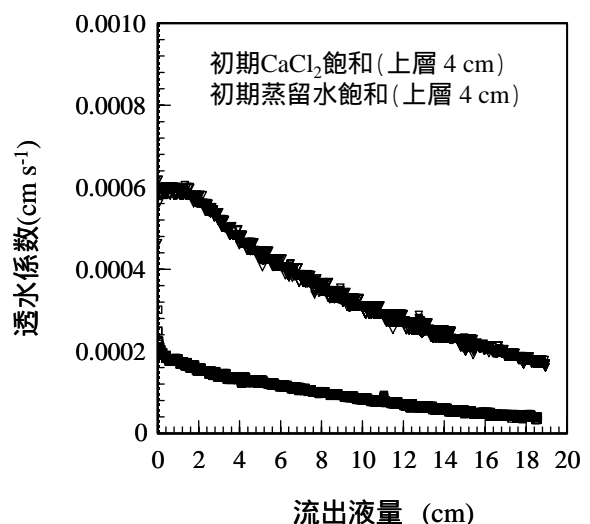


Fig. 1 カラムの透水係数の時間変化
Changes in the hydraulic conductivity of the columns.

損失増大部位の形成は認められなかった。

流出懸濁物質濃度からみた粒子の移動・捕捉 (Fig. 2) 初期 CaCl_2 飽和カラムでは電解質濃度の低下による懸濁物質の流出が観察された。懸濁物質濃度は、カラム長によらず、流出液量が 1 pore volume に達する前後で急速に上昇し、その後の時間変化は小さかった。カラム長さの影響が認められなかったことは、粒子の分散・捕捉両過程ともに抑制され、間隙構造が安定であったことを示唆する。これに対し、初期蒸留水飽和カラムでは、流出初期の懸濁物質濃度が高かった。また、カラム上層(低乾燥密度)の長さによって流出液中の懸濁物質濃度が異なり(濃度は上層 4 cm カラム > 上層 8 cm カラム)、上層 8 cm カラムでは初期流出の後、懸濁物質の流出がほとんど認められなくなった。初期蒸留水飽和カラムでは浸透初期から分散性が高く間隙構造が不安定なため、分散粒子の移動・捕捉量ともに大きく、層境界部で分散粒子の捕捉が集中して生じるためにカラム下端からの懸濁物質の流出が減少したと考えられる。

流出懸濁物質の粒径分布からみた粒子の移動・捕捉 (Fig. 3) カラムから流出する懸濁物質の粒径分布には初期電解質濃度の影響が明らかに認められた。初期 CaCl_2 飽和カラムからの流出液は蒸留水飽和カラムに比べて、より粒径の大きな懸濁粒子まで含み、粒径分布幅が広がった。また、浸透実験後期(流出液量 18 cm)まで、懸濁物質の粒径分布の変化は認められなかった。蒸留水飽和カラムでは、流出初期に見られた比較的粒径の大きな粒子の流出が時間の経過とともに見られなくなった。これは層境界の捕捉層による濾過の効果であり、流出液の懸濁物質濃度自体の低下 (Fig. 2) と関連した現象と考えられる。

以上の結果から土壤溶液の初期電解質濃度が小さい場合、分散土壌粒子の放出が促進されるにもかかわらず、成層化した土壌では粒子捕捉層形成と水移動速度の低下により、それより下方への分散粒子の移動はかえって抑制される場合があることがわかった。

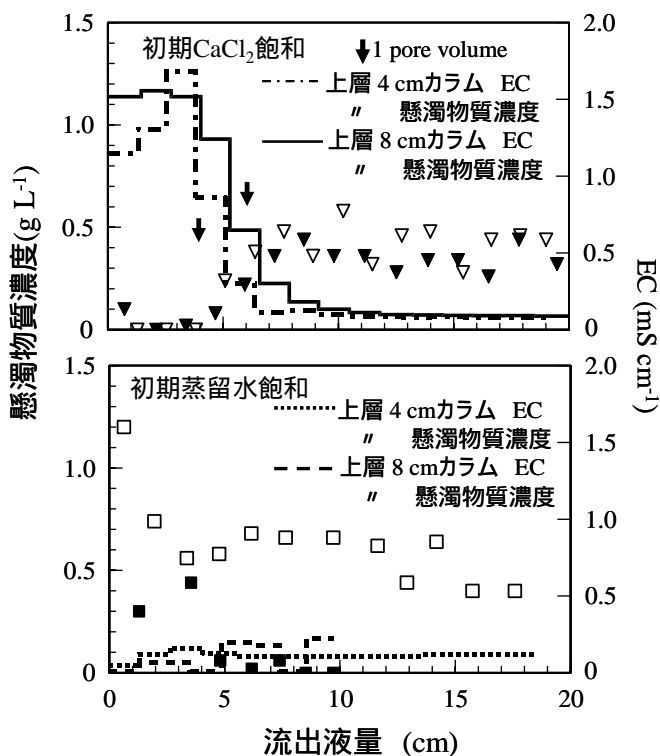


Fig. 2 流出液中の懸濁物質濃度とEC変化
Changes in the suspended matter concentration and the effluent EC.

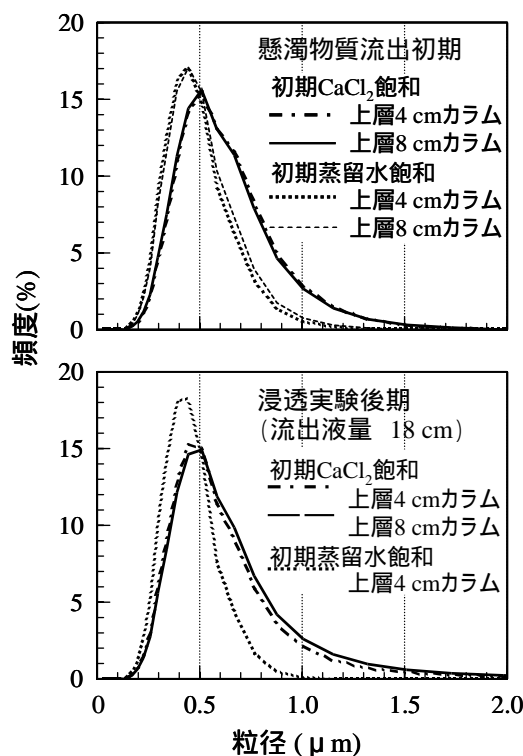


Fig. 3 流出液中の懸濁物質の粒径分布
Particle size distribution of suspended matter in the effluent.