

堆積有機質層充填カラムから流出するコロイド粒子の流出特性と粒径分布 Effluent pattern and size distribution of colloidal particles through the column packed with organic horizon

山下祐司
筑波大学 生命環境系

要旨

茨城県南部の林地から採取された堆積有機質層（O層）を充填したカラム通水実験を行い、コロイドの流出パターンと粒子群の粒径分布を計測した。その結果、ファーストフラッシュ時にコロイド流出量が高まり、その放出速度も速いことが示された。加えて、動的光散乱法による粒径分布測定から、10,30,300 nm および 2 μm にピークをもつコロイド粒子群の存在が確認された。

テーマ：放射性物質と土壤物理

キーワード：コロイド粒子、カラム試験、動的光散乱、粒径分布

Key words: colloidal particles, column experiment, dynamic light scattering, size distribution

1. はじめに

放射性セシウムの除染作業で発生した汚染土壤の保管・貯蔵に際しては、その漏出防止策を講じる必要がある。このとき、廃土中の放射性 Cs は土壤固相に強く結合しているため^[1]、その流出形態は土壤コロイドと結合した懸濁態であると予測される。有害化学種がコロイドに吸着して運搬されるこのような現象はコロイド促進型輸送として知られるが^[2]、その生起条件は、(1)コロイド粒子の生成、(2)コロイド粒子と化学種の会合、(3)コロイド粒子の水理学的輸送の3つである。本研究では、上記条件(1),(3)について、主たる除染対象物である表層土壤を想定した土壤充填カラムの通水実験を行い、コロイド粒子の流出パターンおよび流出したコロイド粒子の粒径分布を測定した。

2. 実験方法

(i) 土壤試料

土壤は茨城県南部に位置する国立環境研究所の敷地内林地における堆積有機質層（O層）から採取した。採取に際しては、最表層の落葉落枝をおおまかに取り除いた後、表面から 2cm 程度を削り取った。採取土壤は恒量まで風乾し、4mm ふるいでふるい分けて供試土壤とした。

JIS 法による測定より、試料の含水比は $10.4 \pm 0.1\%$ 、有機物含量は $43.8 \pm 1.6\%$ であった。

(ii) カラム流出実験

土壤カラムには長さ 20cm、直径 3cm のガラスカラムを用い、カラム両端には孔径 10μm の焼結ガラスフィルターを敷いた。土壤カラムの作成手順は以下のとおりである。カラムへ風乾土壤試料を 7.9g 入れ、カラム直径の 1/2 の大きさの円筒棒で 150 回程度締固めた。この操作を 13 回繰り返して、102.7g の風乾土壤試料をカラムへ充填した。その後、脱ガス装置を接続した送液ポンプを用いて、流速 0.05 ml/min で 0.1 mM NaCl 溶液をカラム下端から浸透させ、カラム内を飽和条件にした。

飽和後、送液方向を上端からの供給に切り替え、流速 0.03 ml/min（浸透速度 2.55 mm/h に相当）で 0.1 mM NaCl 溶液を流し入れると同時に流出液の採取を開始した。カラム流出液はフラクションコレクターで採取し、1.2μm フィルターで濾過した上で、濁度計（2100AN, HACH）によって濁度の経時変化を測定した。

(iii) コロイド粒子の粒径分布

1.2μm フィルターあるいは 0.20μm フィルターでろ過したカラム流出液について、動的光

散乱法 (HPPS5001, Malvern Instruments Ltd.) を用いて、その粒径分布を測定した。なお、動的光散乱法は懸濁液に照射されたレーザー光の散乱光パターンの相関関数から粒子の拡散係数を算定し、球形粒子に相当する流体力学径を決定する手法である。

3. 結果と考察

図 1 に土壌カラム流出液の濁度、および各時刻の濁度に累積浸透量をかけた値、すなわち累積コロイド流出量に相当する値の経時変化を示す。濁度は開始直後に上昇して、高値を示した後に減少し、その後一定となった。図中の点線は 1 ポアボリューム (1PV) の時刻を表している。1PV 後、コロイド流出量のピークが低減して一定値となっていることから、コロイド流出量はファーストフラッシュ時に間欠的に増大することが示された。

また、1PV 前後で累積流出曲線は傾きの異なる 2 本の直線で示され、1PV 以降で緩やかな傾きとなった。この傾きはコロイド粒子の放出過程に関する反応速度に相当することから、ファーストフラッシュ時に放出速度が早いことが示された。また、傾きが異なることから、間隙水の全置換前後でコロイド放出のメカニズムに差異があることが示唆される。

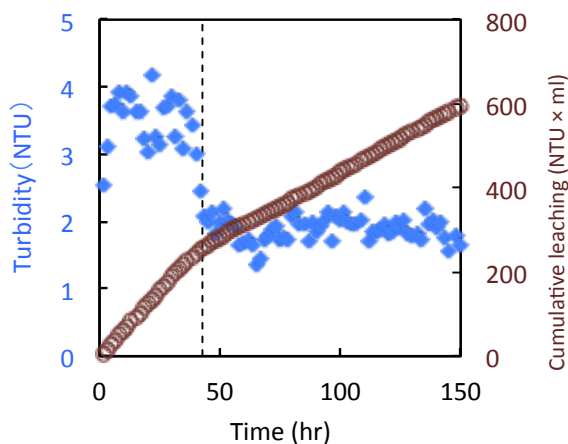


図 1 流出液の濁度および累積コロイド流出量の経時変化

図 2 (a)は、実験開始後 200 分における体積基準の粒径分布曲線である。実験開始直後には、流体力学径が 10nm から 2 μ m まで幅広く分布し、特に 30nm 付近、330nm 付近、および 2 μ m 付近にピークをもつコロイド粒子群が流出したことが定性的に判る。図 2 (b)は、同時刻における個数基準の粒径分布曲線である。図 2 (a)の最小ピークとほぼ等しい粒径にピークを持つ単峰の粒径分布曲線を得た。このことは、個数濃度としては 30nm 付近の粒子が多いことを示唆するものである。

4. 結論

攪乱充填された表層土壌に対して、初めて溶液が浸透するとき、コロイド流出量が高まり、その放出速度も速いことが示された。また、流出コロイドは 10,30,300nm および 2 μ m にピークをもつことが定性的に確認された。発表では、コロイド粒径分布に与える経過時間、およびフィルターの影響についても報告する。

謝辞 本研究は平成 24 年度国立環境研究所委託業務「廃棄物等の処分・保管・貯蔵時のコロイド移動による影響評価」により行われたことを付記する。

参考文献

- [1] 山口ら (2012): 農環研報, 31.
- [2] McCarthy, J.F. & Zachara, J.M. (1989): *Environ. Sci. Technol.*, 23, 496-502.

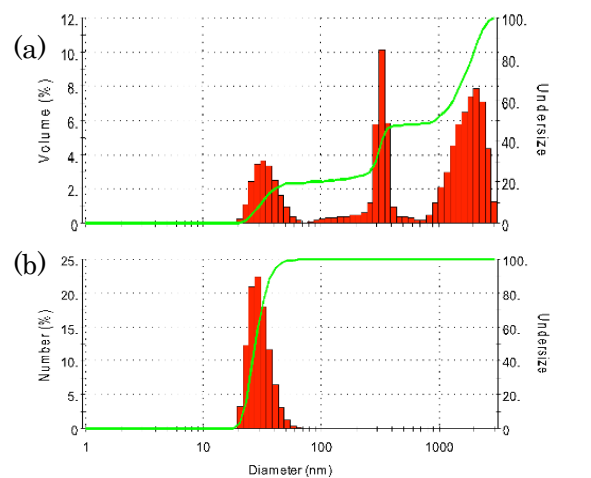


図 2 実験開始後 200 分における流出コロイド粒子の粒度分布 (a)体積基準、(b)個数基準