

溶存有機物が土壌中のセシウムの移動に与える影響

Effects of Dissolved Organic Matter on Transport of Cesium in weathered granite soil

○辰野宇大 濱本昌一郎 二瓶直登 西村拓

○Tatsuno Takahiro, Hamamoto Shoichiro, Nihei Naoto and Nishimura Taku

1. 背景・目的

東京電力福島第一原子力発電所事故以降、環境中の放射性セシウム (Cs) 動態の把握が課題になっている。Cs は粘土鉱物のフレイドエッジサイト等の選択性の高いサイトに強く固定されると報告されているが (Commans & Hockley, 1992), 土壌中の水分の移動に伴う溶質移動では粘土平面部の速い吸着反応も無視できない。Cs 移動に影響を与える要因の1つに土壌有機物があり、土壌有機物のうち粒径 $0.45 \mu\text{m}$ 以下の粒子を溶存有機物 (DOM) という。Flury et al. (2008) は有機物コロイド担体輸送が溶質移動を促進する可能性を指摘した。また、フミン酸と Cs の分配係数 $100 \sim 1000 \text{ L/kg}$ (Lofts et al., 2002) は、カオリナイト粘土平面部と Cs の分配係数約 900 L/kg (Dumat & Staunton, 1999) と大きくは変わらないことから、DOM が Cs の移動媒体として働く可能性が考えられる。しかし、通水条件下の Cs 移動に DOM が与える影響を直接評価した報告はない。

本研究では、DOM が土壌中の Cs 移動に与える影響を調べることを目的に室内実験を行った。

2. 試料

(1)土壌試料 2015年に福島県相馬郡飯舘村 F 地区の放棄林地で深さ $30 \sim 60 \text{ cm}$ から採取したマサ土土壌を供試土壌として使用した。

(2)有機物試料 埼玉県秩父の東京大学演習林内で 2008年に採取したリターを使用し DOM 溶液を作成した。十分に破碎したリターに加水し、24時間振とう後、遠心分離を行い、 $0.45 \mu\text{m}$ のフィルターを通過したものを DOM 溶液として用いた。

(3)Cs 試料 CsCl 高純度試薬 (関東化学) に加水、Cs 濃度 20 mg/L の Cs 溶液として使用した。また、Cs 濃度 20 mg/L に対し、溶存有機炭素 (DOC) 濃度 20 mg-C/L となるように DOM 溶液を混合、72時間振とうさせた試料を DOM 混合 Cs 溶液 (Cs+DOM 溶液) とした。尚、これらの溶液は全て、NaOH 溶液と NaBr 溶液を用いて pH6、イオン強度 1.0 mmol/L に調整した。

3. 実験方法

(1)土壌カラム 内径 3 cm 、高さ 3 cm のアクリル製円筒カラムに供試土壌を充填し、カラム下端から pH6、イオン強度 1.0 mmol/L の NaCl 溶液を湛水深 2 cm となるまで通水した。

(2)通水条件 土壌カラム上端から NaCl 溶液を 30 PV 通水 (period I) 後、period II と III で通水溶液を変え、各 350 PV 分の溶液を通水した。period II と III では、以下の3種のカラム通水実験を行った (Table 1)。Column (i) は Cs 溶液通後、NaCl 溶液を通水、Column (ii) では Cs+DOM 溶液通後、NaCl 溶液を通水、Column (iii) では Cs 溶液通後、DOM 溶液を通水した。尚、period I と III で通水する溶液は NaCl 溶液と NaOH 溶液を用いて pH6、イオン強度 1.0 mmol/L に調整した。

東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School Agricultural and life Sciences, The University of Tokyo

キーワード セシウム, 溶存有機物, コロイド担体輸送

カラム下端から流出液を 10 PV 毎に回収し、DOC、Cs 濃度の測定を行った。また、Column (ii), (iii)の実験で回収した溶液の一部に対して限外ろ過を行い、流出した Cs を水溶性と有機物錯体に分け濃度を測定した。通水後、土壌カラムを高さ 1 cm 毎に分けて逐次抽出を行い、吸着態別の Cs 量を測定した (F1: 易交換性, F2: 難交換性, F3: 炭酸塩結合態, F4: 易還元性, F5: 有機物結合態)。逐次抽出の方法は Fan et al.(2014)を参考にした。

4. 結果

カラム土壌から流出した溶液中の Cs 濃度の変化を Fig.1 に示す。period II で Cs+DOM 溶液を通水した時 (Column(ii)) の流出濃度は Cs 溶液の場合 (Column(i)) と比べて小さくなった。これは溶液中の DOM が土壌固相に吸着したことで土壌の陽イオン交換容量 (CEC) が増加し、Cs が土壌表面に捕捉されやすくなったためと考えられる。一方、period III で DOM 溶液を通水した時 (Column(iii)) の Cs 流出濃度は NaCl 溶液を通した時 (Column(i)) よりも大きくなった。また、限外ろ過の結果、period II で Cs+DOM 溶液を通水した時 (Column(iii)) や period III で DOM 溶液 (Column(iii)) を通水した時にカラムから流出した Cs の 20~40% が有機物錯体として検出され、DOM による Cs の担体輸送が確認された (Fig.2)。

逐次抽出の結果 (Fig.3), Column (i)と比べて Column(ii) では易交換態 Cs (F1) の吸着量が多く、全体の Cs 吸着量も大きくなった。一方、Column (iii)の場合は Column (i)と比べ、F1 の吸着量が小さくなった。Column (ii)の時に DOM により土壌に吸着されやすくなった Cs や Column (iii)の時に DOM によって土壌表面から脱離した Cs は土壌に弱く吸着された易交換性 Cs であると示された。

4. まとめ

本実験では、DOM の存在によって Cs の移動は影響を受けることが確認された。Cs のみの溶液と比べ、DOM を混合した Cs 溶液を通水した場合は Cs の流出濃度が低下し、Cs の移動に遅延がみられた。一方、Cs 溶液通水後に DOM 溶液を通水した場合は NaCl 溶液を通水した場合と比べカラム土壌からの Cs 流出濃度が大きくなり、DOM が土壌に吸着した Cs, 特に易交換性 Cs を脱離させていることが確認された。

謝辞 この研究は科研費 (15H02467) の助成を受けて行った。ここに記して感謝する。

参考文献 Fan et al.,2012,Geochim Cosmochim Acta,135:49-65. Flury et al.,2008,Vadose Zone J.,7:682-697. Dumat & Staunton,1999,J. Environ. Radioactiv., 46:187-200. Rob et al.,1992, Geochim Cosmochim Acta, 56:1157-1164. Loft et al.,2002. I. Environ. Radioact., 61:133-47.

Table 1 通水条件

Scheme of Column Experiments					
Period	I		II		III
PV	30		350		350
Column	(i) ●	NaCl	Cs	NaCl	NaCl
	(ii) □	NaCl	Cs + DOM	NaCl	NaCl
	(iii) ▲	NaCl	Cs	DOM	DOM

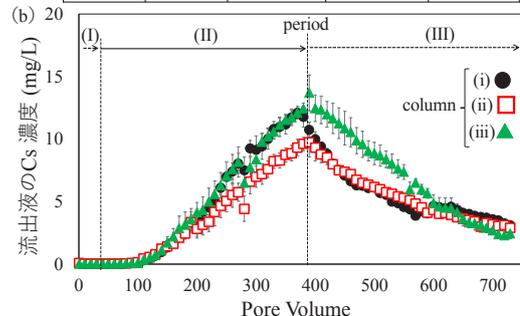


Fig.1 流出液の Cs 濃度

Cs concentration of Effluents

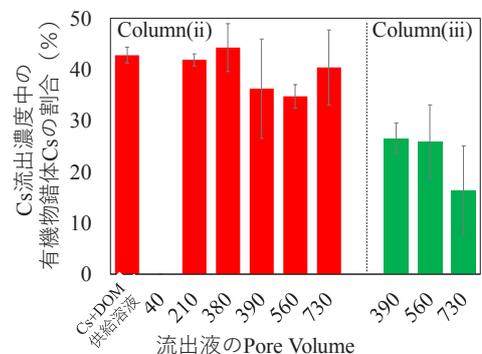


Fig.2 流出 Cs 濃度中の有機物錯態 Cs の割合

Cs Complexed with DOM in Effluent Cs

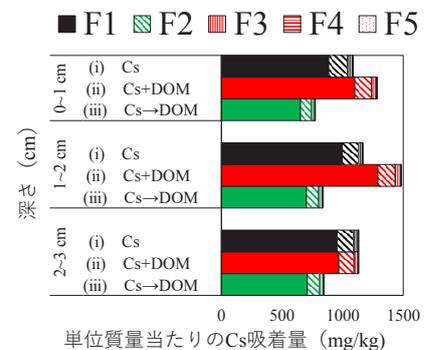


Fig.3 吸着態別の Cs 吸着量

Adsorption Amount of Cs according to Adsorbed Types by the Depth