

土壌有機物がセシウムの移動に与える影響 Effects of Soil Organic Matter on Transport of Cesium in 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。土壌有機物は土壌中の Cs 移動に影響を与えられている。Fan et al. (2014)は粘土鉱物のフレイドエッジサイト等の Cs 吸着選択性の高いサイト付近に有機物が吸着することで、Cs の粘土鉱物への固定が阻害され、交換態 Cs の吸着割合が増え、その結果として Cs が土壌深くまで移動する可能性があることを指摘した。また、Flury et al. (2008)は有機物コロイドによって溶質移動が促進される可能性を指摘した。Cs の移動が促進される要因として、土壌固相に吸着した有機物が Cs の固定を阻害することによる Cs の移動の促進と、溶存有機物 (DOM) による Cs の担体輸送の両方の可能性が考えられるが、通水条件下の Cs 移動に土壌有機物が与える影響を直接評価した報告はない。また、土壌有機物の大半は腐植物質であり、腐植物質はフミン酸 (HA) とフルボ酸 (FA) とでは金属イオンとの錯形成定数や土壌中の動態が異なる (Weng et al., 2002)。

本研究はカラム通水実験により、有機物およびその種類の違いが土壌中の Cs 移動に与える影響について明らかにすることを目的とした。特に、以下の点に着目した。

- 1) DOM が Cs の移動担体として作用するのか
- 2) 土壌の固相表面に吸着した有機物が Cs の固定を阻害し、移動を促進させるのか

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 30~60 cm から採取したマサ土土壌と、2008年に埼玉県秩父の東京大学演習林内で採取した黒ボク土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 μm のフィルターを通過したものを DOM 溶液として用いた。

HA, FA 溶液はリターに加水後、HCl, NaOH 溶液で pH を調整し、振とうと濾過を繰り返し、逐次抽出したものを使用した (渡辺, 2008)。

(3) Cs 試料

CsCl 高純度試薬 (関東化学) に加水し、Cs 溶液として使用した。また、Cs 濃度 0~60 mg/L に対し、溶存有機炭素 (DOC) 濃度 60 mg-C/L となるように有機物溶液を混合し、2日間振とうさせた試料を有機物混合 Cs 溶液 (DOM-Cs, HA-Cs, FA-Cs 溶液) とした。尚、今回使用する溶液はすべて、NaOH 溶液と NaBr 溶液を用いて pH6, イオン強度 1.0 mmol/L に調整したものを使用した。

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, 腐植物質

3. 実験方法

(1) 土壌カラム

a) 有機物吸着-無 内径 3 cm, 高さ 3 cm の円筒アクリル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 1 cm となるまで通水した.

b) 有機物吸着-有 a) の処理後, 湛水深を維持し, pH6, イオン強度 1.0 mmol/L, DOC 濃度 20 mg/L に調整した有機物溶液 (DOM, HA, FA 溶液) を 50 ポアボリューム (PV) 通水した.

(2) 通水条件

a), b) の土壌カラム上端から pH6, イオン強度 1.0 mmol/L に調整した NaCl 溶液を 5 PV 通水後, Cs 濃度 20 mg/L の Cs 溶液, または Cs 濃度 20 mg/L, DOC 濃度 20 mg-C/L の有機物混合 Cs 溶液を通水した. カラム下端からの流出液を 1 PV 毎に回収, DOC 濃度と Cs 濃度の測定を行った. 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 量を評価した.

4. 予備実験

(1) 予備実験の方法

本実験に先立ち予備実験を行った. 内径 8.5 cm, 高さ 10 cm の円筒アクリルカラムに供試土壌 (マサ土) を充填し, カラム上端で 4 cm の湛水を維持し鉛直下向きに通水した. NaCl 溶液 2 PV 通水後, 溶液 (Cs 濃度 30 mg/L) と有機物混合 Cs 溶液 (Cs 濃度 30 mg/L, DOC 濃度 30 mg-C/L) を 10 PV 通水した. 通水後, カラム土壌を深さ 2 cm ごとに分けて逐次抽出を行い, 交換態 Cs と有機物錯形成態 Cs の土壌への吸着量を算出した.

(2) 予備実験の結果

Fig.1 にカラム実験の結果として流出液の DOC 濃度, Cs 濃度を示した. DOM-Cs, FA-Cs 溶液を通水した場合, 流出液の DOC 濃度の増加が確認された. また, FA-Cs 溶液を通水した場合, 流出液の Cs 濃度は Cs 溶液と比べ大きくなった. FA は HA と比べ, 土壌に吸着しづらく, 移動中に凝集することも少ないことが報告されており (Weng et al., 2002), FA は Cs の移動担体として働いたと考えられる. また, 通水後の逐次抽出の結果 (Table1) から, 有機物混合 Cs 溶液を通水した場合, カラム下方においても有機物と錯形成した Cs の吸着が確認された. 溶液中の有機物は Cs の土壌深くへの移動を促進させる可能性はあると考えられる.

謝辞 この研究は科研費 (15H02467, 15KT0025) 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, 76: 682-697. Flury et al., 2008, Vadose Zone J, 7: 682-697. Weng et al., 2002, Environ Sci Technol, 36: 1699-1704. 渡辺彰, 2008, 『環境中の腐植物質』 三共出版 p.74-81.

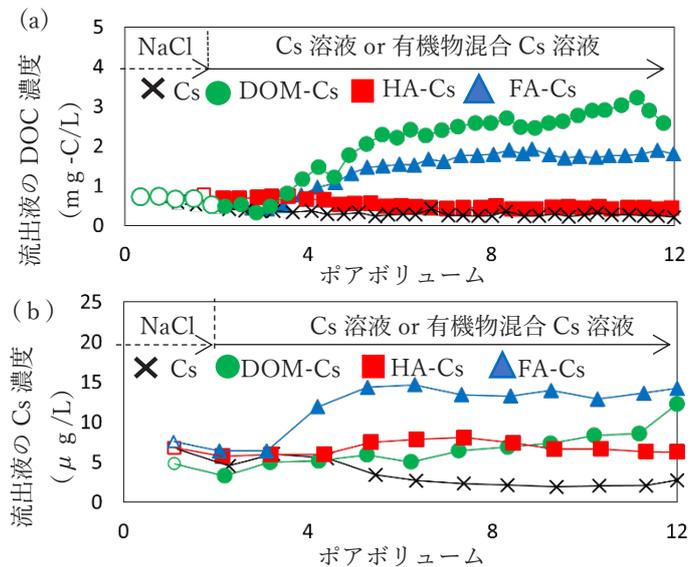


Fig.1 カラムからの流出液の DOC 濃度(a)と Cs 濃度(b)

Concentration of Effluents (a)DOC (b)Cs

Table 1 土壌深さごとの Cs 吸着量

Adsorption Amount of Cs according to Adsorption Types

	供給溶液	交換態(mg/kg)			有機物錯形成態(mg/kg)				
		Cs	DOM-Cs	HA-Cs	FA-Cs	Cs	DOM-Cs	HA-Cs	FA-Cs
土壌深さ (cm)	0~2	519.4	523.4	507.3	495.4	0.0	3.8	3.5	0.4
	2~4	108.3	64.4	9.1	13.9	0.0	9.1	8.1	8.7
	4~6	2.8	0.3	1.7	0.1	0.0	8.1	8.5	6.9
	6~8	1.6	0.8	23.6	2.5	0.0	8.9	7.3	8.9
	8~10	1.2	0.0	1.4	1.1	0.0	10.0	9.5	8.9