

土壌に混合したバーミキュライトへの Cs 吸着における共存イオンと溶存有機物の影響

岩手大学 学生会員 ○佐々木海

岩手大学 正会員 石川奈緒、伊藤歩 非会員 笹本誠

1. 背景

東京電力福島第一原子力発電所の事故により発生した放射性物質を含む廃棄物の一部は、廃棄物周辺に土壌層を設置し管理型最終処分場で処分されている。既存の研究により、バーミキュライトなどの鉱物を土壌に混合することで、土壌の Cs 保持能が向上する一方、土壌中溶存有機物(DSOM)が鉱物へ吸着し鉱物表面を覆うことで Cs 吸着を阻害することも明らかになっている。

そこで本研究では、まず蛍光分光光度計を用いてバーミキュライトへの DSOM の吸着性を評価した。加えて、Cs 吸着に対する DSOM と共存イオンの影響を検討した。

2. 実験方法

2-1 使用材料

実験にはバーミキュライト(Sigma-Aldrich, vermiculite 2 ~3 mm)を使用した。また、3 種類の黒ボク土(A,B,C)を用いて土壌溶液を作成した。土壌と超純水を固液比 1 g : 10 mL で混合し、25 °C で 1 日振とうした。3,000 rpm で 5 分間遠心分離した後、上澄み液を孔径 0.3 μm のガラス繊維フィルターでろ過し、ろ液を土壌溶液とした。表-1 に土壌溶液の理化学的特性を示す。

表-1 土壌溶液の理化学的特性

土壌溶液	pH	EC [μS/cm]	TOC [mg/L]
A	6.3	124	148.5
B	7.0	72	12.9
C	6.4	44	20.1

2-2 バーミキュライトへの DSOM の吸着挙動

遠沈管に鉱物 0.3 g を秤量し、土壌溶液を 30 mL 加えた。試料を 25 °C で 1 日振とうした。3,000 rpm で 5 分間遠心分離した後、上澄み液を孔径 0.3 μm のガラス繊維フィルターでろ過し、ろ液の蛍光スペクトルを分光蛍光光度計(JASCO, FP-8500)で測定した。測定した励起波長の範囲は 200-400 nm、スキャン間隔は 2 nm であり、蛍光波長の範

囲は 300-600 nm、スキャン間隔は 1 nm とした。バーミキュライトに接触する前の土壌溶液についても蛍光スペクトルを測定した。三次元蛍光スペクトルは Graph-R にて作成した。

2-3 バーミキュライトへの Cs と K の吸着実験

遠沈管に鉱物 0.3 g と土壌溶液 B を 30 mL を加えた。試料を 25 °C で 1 日振とうした。遠沈管内の Cs 濃度が 0.1, 0.5, 1, 5, 10 mg/L になるように Cs 溶液を 0.3 mL 添加した。25 °C で 5 日間振とうした後、3,000 rpm で 5 分間遠心分離を行い、上澄み液を孔径 0.3 μm のガラス繊維フィルターでろ過後、ろ液中の Cs 濃度を誘導結合プラズマ質量分析装置(Thermo, iCAP Qc)で測定した。また、土壌溶液を 10 倍希釈し、CaCl₂溶液を用いて電気伝導度を希釈前の土壌溶液と同程度に調整した溶液を用いて同じ実験を行った。Cs の吸着量 Q (mg/kg)は次式で算出した。

$$Q = (C_0 - C_e) \cdot \frac{V}{M} \quad (1)$$

ここで C_0 は初期 Cs 濃度(mg/L)、 C_e は接触後の液相中 Cs 濃度(mg/L)、 V と M は液量(L)と固相の質量(kg)である。

同様の実験を K で行った。初期 K 濃度を 70 mg/L、振とう期間を 5 日間とし、K 濃度は誘導結合プラズマ発光分光分析装置(Shimadzu, ICPE-9000)で測定した。

3. 結果および考察

3-1 バーミキュライトへの DSOM の吸着挙動

図-1 にバーミキュライトへの接触前後の土壌溶液を 5 倍希釈した試験液の 3 次元蛍光スペクトルを示す。接触前後で 3 次元蛍光スペクトルはほぼ変化が見られなかった。次に、既存の研究¹⁾により得られているフミン酸とフルボ酸についての励起波長と蛍光波長の範囲から、各土壌溶液で最も強度の高い部分(ピーク)を指定した(表-2)。土壌溶液の希釈割合とピーク強度との関係を図-2 に示す。線形関係が得られたことから、バーミキュライト接触後の土壌溶液のピーク強度をこれらのグラフにあてはめ、フミン酸とフ

【キーワード】粘土鉱物、フミン酸、フルボ酸、蛍光光度法、フレイドエッジサイト

【連絡先】〒020-8550 岩手県盛岡市上田 4 丁目 3 番 5 号 019-621-6982

ルボ酸の減少量を算出したところ、A ではほとんど減少しておらず、B, C ではバーミキュライト接触後、フミン酸とフルボ酸ともに 5%程度しか減少しなかった。ゼオライトやイライト接触後の土壤溶液 B ではフミン酸がそれぞれ 27.5%, 15.3%, フルボ酸がそれぞれ 31.5%, 21.2%減少していることから、バーミキュライトはゼオライトやイライトよりも DSOM の吸着量が少なく、DSOM による Cs の吸着阻害が少ない可能性がある。

表-2 各土壤溶液で得られたフミン酸とフルボ酸のピーク

土壤溶液	フミン酸		フルボ酸	
	励起波長 [nm]	蛍光波長 [nm]	励起波長 [nm]	蛍光波長 [nm]
A	336	433	250	468
B	328	423	270	466
C	326	427	264	467

3-2 バーミキュライトへの Cs および K の吸着挙動

図-3 に Cs の吸着等温線を示す。どちらの吸着等温線も Henry式(2)に適合した。K_d (L/kg)は分配係数である。

$$Q = K_d C_e \quad (2)$$

土壤溶液の 10 倍希釈液の方が土壤溶液原液よりも吸着等温線が上部に位置しており、DSOM による Cs 吸着阻害が見られた。K_dは無希釈液で 1,790 L/kg, 10 倍希釈液では 3,075 L/kg であり、DSOM 濃度が 1/10 になることで K_dが 1.7 倍増加した。3 次元蛍光スペクトルでは DSOM の吸着が明確ではなかったが、DSOM による Cs 吸着阻害が示唆された。

無希釈の土壤溶液 B を用いた K 吸着実験では、振とう後の液相中 K 濃度は 43.4 mg/L、吸着量は 2,415 mg/kg であり、分配係数は 56 L/kg となった。Cs の K_dは濃度に依存せず 1,790 L/kg であったことから、K と Cs が同量液中に共存していた場合バーミキュライトへの Cs の吸着選択性は 32 倍高いことが示された。

4. まとめ

バーミキュライトのように Cs を特異的に保持するサイトを持つ鉱物では、DSOM の吸着により、Cs 吸着が阻害されるといわれている。本研究では、バーミキュライトへの DSOM の吸着を明確にすることができなかったものの、DSOM の存在により Cs 吸着が阻害されることが示唆された。

参考文献

1) Tameta et al., *J. Environ. Manage.*, 112477, 2021.

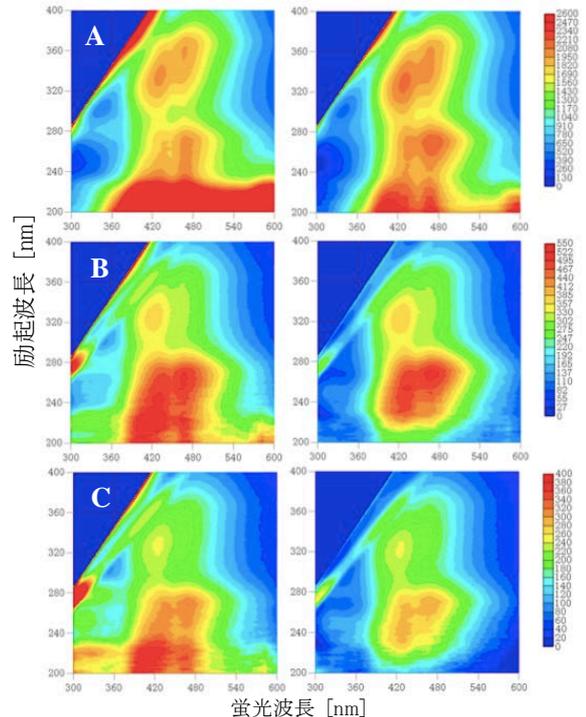


図-1 バーミキュライトへの接触前後の土壤溶液の三次元蛍光スペクトル

(上から順に土壤 A,B,C, 左: 接触前, 右: 接触後)

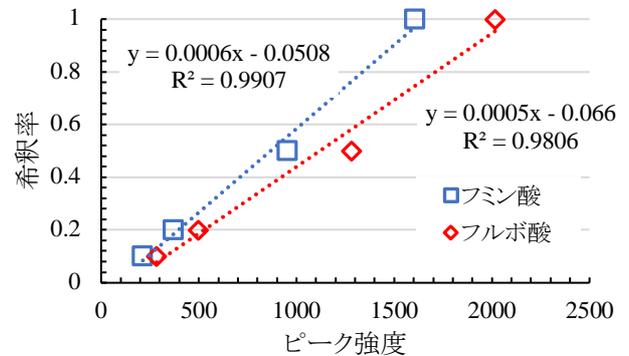


図-2 土壤溶液 B の希釈率とピーク強度の関係

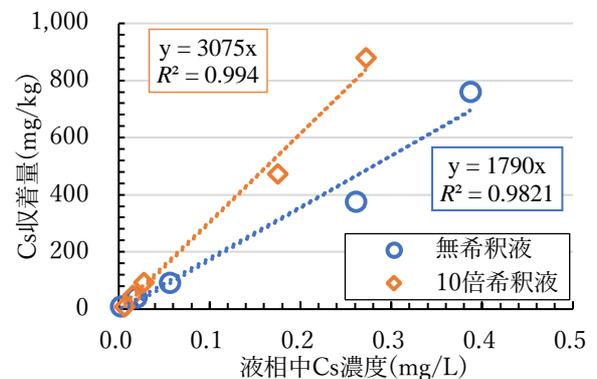


図-3 Cs の吸着等温線