

土壌中溶存有機物による鉍物への Cs 収着阻害効果

岩手大学 学生会員 ○木村真央

岩手大学 正会員 石川奈緒、伊藤歩

岩手大学 非会員 為田惟斗、笹本誠

1. 背景

福島第一原子力発電所の事故により発生した放射性 Cs を含む廃棄物の一部は管理型最終処分場で処分されている。その際、放射性 Cs の溶出を防ぐために、廃棄物の周囲に土壌層が設置される。土壌に鉍物を混合することで土壌の Cs 保持能が向上する一方、土壌中の有機物が鉍物への放射性 Cs の収着を阻害することが報告されている。そこで本研究では、2 種類の鉍物を用いて、鉍物に対する土壌中溶存有機物(DSOM)の Cs 収着阻害の影響を評価した。

2. 実験方法

2-1 使用材料

実験に用いた鉍物はモルデナイト型ゼオライトとイエローライトであり、土壌は黒ボク土を用いた。表-1 に鉍物、表-2 に黒ボク土の理化学的特性を示す。

表-1 鉍物の理化学的特性

	ゼオライト	イライト
陽イオン交換容量 (cmol/kg)	83.0	79.0
放射性セシウム捕捉ポテンシャル(mol/kg)	62.0	2.7
比表面積(m ² /g)	57.6	9.5

表-2 黒ボク土の理化学的特性

強熱減量(%)		35.1
粒度分布	砂(%)	58.1
	シルト(%)	28.9
	粘土(%)	12.2

2-2 溶液試料の作成

土壌と超純水を固液比 1 g : 10 mL になるように混合し、25 °C で 1 日振とうした。1,000 rpm で 5 分間の遠心分離後、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。

次に土壌溶液から DSOM を除去したイオン溶液を作成した。透析チューブ (SPECTRUM, Spectra/Por®Dialysis Membrane) に土壌溶液 25 mL を入れ、ガラス管を用いて超

純水 30~35 mL に浸し、24 時間ごとに 4 日間超純水を交換することで、土壌溶液中のイオンをチューブ外の超純水に移行させた。回収した超純水を 25 mL に濃縮し、イオン溶液とした。

2-3 鉍物への Cs バッチ収着試験

遠沈管に鉍物 0.3 g を秤量し、土壌溶液またはイオン溶液を 30 mL 加えた。試料を 25 °C で 1 日振とうした。この時、土壌溶液では土壌溶液中のフミン酸とフルボ酸が鉍物へ収着したことを蛍光分析により確認した。遠沈管内の Cs 濃度が 0.1, 1, 5, 10, 50, 100 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、1,000 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。

2-4 ゼオライト混合土壌での Cs 収着実験

土壌にゼオライトを混合した場合の Cs 収着量の変化を把握するため、土壌単体とゼオライト混合土壌でバッチ収着実験を行った。管理型最終処分場の浸出水を液相として用いた。

遠沈管に黒ボク土 0.3 g(土壌単体)または黒ボク土 0.3 g とゼオライト 0.09 g(ゼオライト混合土壌)を入れ、元々の浸出水(Cs 濃度 9 μg/L)の他、Cs 濃度が 50, 100, 500, 1000, 5000 μg/L になるように、¹³³Cs を混合した浸出水に、低濃度の Cs 濃度を精度良く検出するためのトレーサとして ¹³⁷Cs を約 40~60 kBq/L 添加し、固液比 1 g :100 mL になるように加えた。試料を 25 °C の恒温振とう機で 5 日間振とう後、1,000 rpm で 5 分間遠心分離を行った。上澄み液を孔径 0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過後、液相中の ¹³⁷Cs 量をオートウェルガンマシステム(Aloka, AccuFLEXγ7000)で測定した。液相中の ¹³⁷Cs 量(Bq)を ¹³³Cs 量(g)に換算し、収着量(mg/kg)を求めた。

【キーワード】 Cs, ゼオライト, イライト, 土壌, 収着, 土壌中溶存有機物

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

3. 結果および考察

3-1 鉱物に対する DSOM の阻害

図-1 に収着等温線を粘土鉱物ごとに示す。線形を示す濃度範囲において収着等温線を次式に表す Freundlich モデルに当てはめた。

$$Q = K_F \times C^n \quad \dots (1)$$

ここで、 Q は Cs 収着量(mg/kg)、 C は液相中 Cs 濃度(mg/L)、 K_F と n は定数である。表-3 に各収着等温線での係数と R^2 を示す。次に得られた Freundlich 式をもとに Cs 収着阻害率を次式により算出した。

$$\text{阻害率} I (\%) = (Q_{\text{ion}} - Q_{\text{soil solution}}) / Q_{\text{ion}} \times 100 \quad \dots (2)$$

ここで Q_{ion} はイオン溶液での Cs 収着量、 $Q_{\text{soil solution}}$ は土壤溶液での Cs 収着量を示す。液相中 Cs 濃度が 0.005, 0.01, 0.1 mg/L の場合の阻害率を表-4 に示す。ゼオライト、イライトともに、DSOM による Cs の収着阻害率は 74 %以上と高く、またゼオライトでは阻害率がより高いことが確認された。

3-2 ゼオライト混合土壤での Cs 収着試験

図-2 に土壤単体およびゼオライト混合土壤での収着等温線を示す。ゼオライト混合土壤は土壤単体よりも収着等温線が上部に位置しており、Cs 収着能の向上が見られた。各収着等温線は Freundlich モデルに適合した(表-5)。

これまで得られた収着等温線から、液相中 Cs 濃度が 0.01 mg/L の場合について、土壤単体(Q_{soil})と DSOM による阻害がある(土壤溶液)、またはない(イオン溶液)ゼオライト単体への Cs 収着量を実験と同様の混合比で積算した相加的な Cs 収着量($Q_{\text{soil+zeolite}}$ および $Q_{\text{soil+zeolite+DSOM}}$)と、実際のゼオライト混合土壤での収着量(Q_{mix})を比較した(表-6)。

$Q_{\text{soil+zeolite}}$ および $Q_{\text{soil+zeolite+DSOM}}$ を次式に示す。

$$Q_{\text{soil+zeolite}} = \frac{Q_{\text{soil}} \times 0.3 + Q_{\text{ion}} \times 0.09}{0.39} \quad \dots (3)$$

$$Q_{\text{soil+zeolite+DSOM}} = \frac{Q_{\text{soil}} \times 0.3 + Q_{\text{soil solution}} \times 0.09}{0.39} \quad \dots (4)$$

Q_{mix} は $Q_{\text{soil+zeolite}}$ の 2%であった。また、 $Q_{\text{soil+zeolite+DSOM}}$ は $Q_{\text{soil+zeolite}}$ の 12%となった。したがって、ゼオライト混合土壤において、DSOM のゼオライトへの被覆による Cs 収着阻害は、推定される収着量($Q_{\text{soil+zeolite}}$)の 88%に及ぶことが示された。

謝辞

本研究は高橋産業経済研究財団の研究助成で実施された。

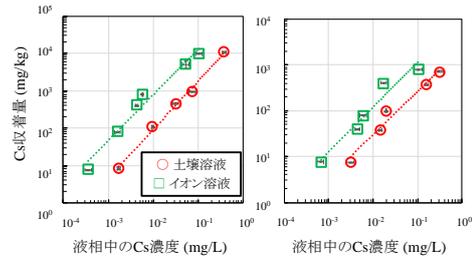


図-1 収着等温線(左:ゼオライト,右:イライト)

表-3 Freundlich モデルの各係数

		K_F (L/kg)	n	R^2
ゼオライト	土壤溶液	3.6×10^4	1.30	1.00
	イオン溶液	2.3×10^5	1.23	0.97
イライト	土壤溶液	2.5×10^3	0.96	0.97
	イオン溶液	1.1×10^4	0.98	0.95

表-4 Cs 収着阻害率(%)

	液相中Cs濃度(mg/L)		
	0.005	0.01	0.1
ゼオライト	89.0	88.4	86.4
イライト	74.4	74.8	75.9

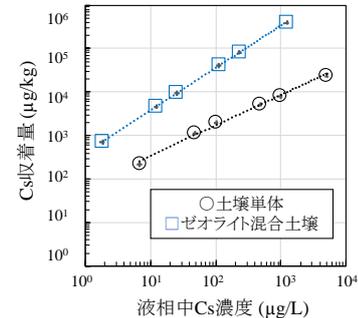


図-2 収着等温線(土壤単体、ゼオライト混合土壤)

表-5 Freundlich モデルの各係数

	K_F (L/kg)	n	R^2
黒ボク土	6.7×10^1	0.70	0.99
ゼオライト混合	4.0×10^2	0.97	1.00

表-6 ゼオライト混合土壤での Cs 収着量と阻害率

$Q_{\text{soil+zeolite}}$ (mg/kg)	187
$Q_{\text{soil+zeolite+DSOM}}$ (mg/kg)	23
Q_{mix} (mg/kg)	3.7
$Q_{\text{mix}}/Q_{\text{soil+zeolite}}$	0.02
$Q_{\text{soil+zeolite+DSOM}}/Q_{\text{soil+zeolite}}$	0.12