

ゼオライトまたはイライト混合土壌の Cs 収着量の増加に対する土壌の溶存有機物の影響

岩手大学 学生会員 ○田村亮治、為田惟斗
岩手大学 正会員 石川奈緒、伊藤歩

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が管理型最終処分場で処分される。その際、放射性Csの溶出を防ぐために、放射性廃棄物の周囲に土壌層が設置される。過去の研究において、土壌に鉱物を混合することで土壌のCs保持能が向上することを明らかにした。一方で、土壌中に含まれる有機物が鉱物への放射性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種類の鉱物を用いて鉱物単独または鉱物混合土壌でバッチ収着試験を行い、鉱物に対する溶存有機物のCs収着阻害の影響を定量的に評価した。

2. 実験方法

2-1 使用材料

実験に用いた鉱物は、モルデナイト型ゼオライト、イエローイライトの2種類である。表-1に陽イオン交換容量(CEC)、放射性セシウム捕捉ポテンシャル(RIP)、比表面積を示す。土壌は黒ボク土を用いた。表-2に黒ボク土の理化学特性を示す。

表-1 鉱物の理化学特性

	ゼオライト	イライト
CEC (cmol/kg)	83	79
RIP (mol/kg)	62	2.7
比表面積 (m ² /g)	57.6	9.5

表-2 黒ボク土の理化学特性

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

2-2 土壌溶液の作成

土壌と超純水の固液比を 1 g:10 mL になるように混合し、25℃の恒温室で 1 日間振とうした。1,000 rpm

で 5 分間遠心分離をした後、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、そのろ液を土壌溶液とした。ろ液の溶存有機態炭素濃度は 4.1 mg/L であった。

2-3 鉱物への Cs 収着試験

遠沈管に鉱物 0.3 g を秤量し、土壌溶液または超純水を 30 mL 加えた。試料を 25℃の恒温室で 1 日振とうし、遠沈管内の Cs 濃度が 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 mg/L になるように、それぞれ 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10 g/L の Cs 溶液を 0.3 mL 添加した。25℃の恒温室で 5 日間振とうした後、1,000 rpm で 5 分間遠心分離を行い、その上澄み液を孔径 0.3 μm のガラス繊維フィルターでろ過後、Cs 濃度を誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)で測定した。液相中 Cs 濃度を用いて、固相への収着量を算出した。

2-4 鉱物混合土壌での Cs 収着試験

試験は土壌単体と鉱物混合土壌で行った。

(1) 土壌単体の場合

遠沈管に黒ボク土 0.3 g を秤量し、固液比が 1g:100 mL になるように超純水を 30 mL 加え、遠沈管内の Cs 濃度が 0.1, 1, 5, 10, 100 mg/L になるように、それぞれ 0.01, 0.1, 0.5, 1, 10 g/L の Cs 溶液を 0.3 mL 添加した。試料を 25℃の恒温室で 5 日間振とうした後、1,000 rpm で 5 分間遠心分離を行った。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 ICP-MS で測定し、収着量を求めた。

(2) 鉱物混合土壌の場合

遠沈管に黒ボク土を 0.3 g、ゼオライト 0.09 g を秤量し、固液比が 1 g :100 mL になるように超純水を 39 mL 加え、遠沈管内の Cs 濃度が 0.1, 1, 5, 10, 100 mg/L になるように、それぞれ 0.01, 0.1, 0.5, 1, 10 g/L の Cs

キーワード：セシウム 粘土鉱物 土壌有機物 収着 イライト ゼオライト

連絡先：岩手大学 岩手県盛岡市上田 4-3-5 TEL:019-621-6982

溶液を 0.3 mL 添加した。試料を 25℃の恒温槽で 5 日間振とう後、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 ICP-MS で測定した。

3. 結果および考察

3-1 鉱物に対する溶存有機物の阻害

図-1,2 に土壤溶液を用いて得た Cs の吸着等温線をゼオライト、イライトについてそれぞれ示す。線形を示す濃度範囲において吸着等温線を次式に表す Freundlich モデルに当てはめた。

$$Q = K_F \times C^n$$

ここで、 Q は Cs 吸着量(mg/kg)、 C は液相中 Cs 濃度(mg/L)、 K_F と n は定数である。表-3 に各吸着等温線の係数と R^2 を示す。次に Freundlich モデルをもとに液相中 Cs 濃度 0.005, 0.01, 0.1 mg/L での阻害率を次式を使って算出した。

$$\text{阻害率 } I(\%) = (Q_{\text{water}} - Q_{\text{soil solution}}) / Q_{\text{water}} \times 100$$

ここで Q_{water} は超純水での Cs 吸着量、 $Q_{\text{soil solution}}$ は土壤溶液での Cs 吸着量を示す。表-4 に各濃度での吸着量と阻害率を示す。ゼオライト、イライトともに、有機物による Cs の吸着阻害が確認された。また Cs 濃度の増加に伴い阻害率は高くなり、その傾向はイライトで顕著であった。

3-2 鉱物混合土壌での Cs 吸着試験

図-3 に土壤単体および鉱物混合土壌での吸着等温線を示す。鉱物混合土壌は土壤単体よりも吸着等温線が上部に位置しており、Cs 吸着能の向上が見られた。各吸着等温線を Freundlich モデルに当てはめ、液相中 Cs 濃度 0.01, 0.1 mg/L での吸着向上率を次式を使って算出した。

$$\text{吸着向上率 } (\%) = (Q_{\text{soil+clay}} - Q_{\text{soil}}) / Q_{\text{soil+clay}} \times 100$$

表-5 に各濃度での吸着量と吸着向上率を示す。吸着向上率は 0.01 mg/L のとき 87%、0.1 mg/L のとき 94%であり、鉱物混合により Cs 吸着能の向上が見られた。Cs 吸着能は濃度が 0.1 mg/L の場合、土壤単体で吸着できる Cs 量とゼオライト単体で吸着できる Cs 量の合計値と、鉱物混合土壌への吸着量に差がなかった。このことはゼオライトに対して溶存有機物による Cs 阻害効果が低いことを示唆している。

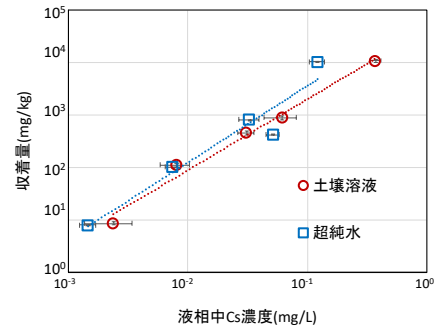


図-1 吸着等温線(ゼオライト)

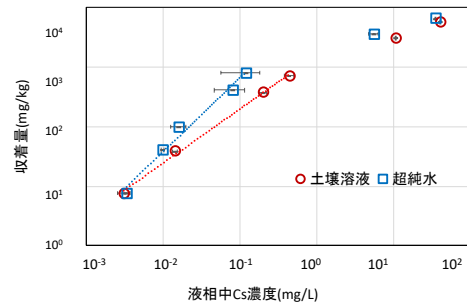


図-2 吸着等温線(イライト)

表-3 Freundlich モデルの各係数

		K_F	n	R^2
ゼオライト	土壤溶液	4.4×10^4	1.35	0.98
	超純水	1.0×10^5	1.46	0.93
イライト	土壤溶液	1.6×10^3	0.91	> 0.99
	超純水	1.1×10^4	1.23	0.98

表-4 各粘土鉱物における阻害率

		Cs濃度		
		0.005mg/L	0.01mg/L	0.1mg/L
ゼオライト	$Q_{\text{soil}}(\text{mg/kg})$	34.4	87.8	1976.3
	$Q_{\text{water}}(\text{mg/kg})$	44.9	123.4	3551.4
	$I(\%)$	23.3	28.8	44.4
イライト	$Q_{\text{soil}}(\text{mg/kg})$	12.9	24.3	196.1
	$Q_{\text{water}}(\text{mg/kg})$	16.1	37.8	647
	$I(\%)$	19.7	35.9	69.7

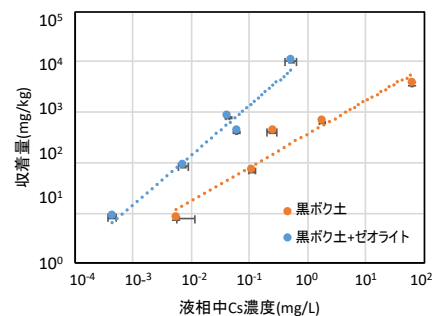


図-3 吸着等温線(土壤単体、鉱物混合土壌)

表-5 各濃度での吸着量と向上率

	Cs濃度	
	0.01mg/L	0.1mg/L
$Q_{\text{soil}}(\text{mg/kg})$	18	81.4
$Q_{\text{soil+clay}}(\text{mg/kg})$	140.3	1354
向上率 (%)	87	94