

放射性セシウムの土に対する吸脱着特性と溶出効果について

鹿島建設(株) 正会員 ○川端 淳一 鹿島建設(株) 正会員 田中 真弓

鹿島建設(株) 正会員 河合 達司 鹿島建設(株) 正会員 河野 麻衣子

1. はじめに

福島原発での事故後、空間線量率が一般公衆の年間被ばく量の上限とされている 1mSv/h を超える地域は、今後、除染が進められる予定である¹⁾。除染による除去対象物のうち、土の量は膨大であり分級洗浄による減溶化が求められている他、仮置き時、濁水処理時いずれの場合においてもセシウム（以下 Cs）の土への吸脱着特性を確認することは重要である。そこでここでは、土の吸着特性と溶出特性、さらに土の粒度との関係を概略把握するための簡易な試験を実施したので、その結果について報告する。

2. 粘土の非放射性セシウム吸着特性

2-1 試験方法

土壌への Cs の吸着特性を把握するため、非放射性 Cs 溶液と①笠岡粘土、②藤の森粘土、③ベントナイト、④天然ゼオライトを使用してバッチ試験を実施した。試験は、以下の手順で行った。

- (1) ポリ瓶に所定量(表 1)の固体と液体(イオン交換水に CsCl 添加, 約 10mg/L, pH4~6)100mL を封入
- (2) 室温 (20℃, 室内をエアコンにて調整) で振とう 1 時間 (100rpm, 横置き振とう)
- (3) 遠心分離, 0.45μm メンブランフィルターで吸引ろ過後のろ液を試料とし, 非放射性 Cs 濃度を計測
- その結果から $(C_0 - C) / C_0 \times 100$ の式で吸着率を求めた(C_0 : 初期 Cs 濃度, C : 吸着後 Cs 濃度)。

2-2 試験結果

図 1, 表 1 は実験結果である。粘土の吸着率は、固液比 1 : 1000 (添加量 0.1g) のとき 10~30%, 固液比 1 : 100 のとき 40~80%, 固液比 1 : 10 のとき 90~99% となった。ベントナイト, 天然ゼオライトはいずれも 80% 以上と高い吸着率を示した。粘土とベントナイトを比較すると、ベントナイト>粘土の順に高い吸着率を示した。層状の粘土鉱物はその構造に Cs 分子を取り込むことが知られているが、笠岡粘土はモンモリロナイト, カオリン, 藤の森粘土はモンモリロナイト, カオリン, ベントナイトはモンモリロナイトを多く含み、このうち陽イオン交換容量(CEC)の大きいモンモリロナイトを含むベントナイトの高い吸着性が示唆された。

3. 実汚染土の粒度と溶出特性

土壌の分級効果と水で洗浄した場合の放射性 Cs の液相への溶出特性を把握するため、福島県某地点で採取した公園の土壌を試料として分級試験と分級後の土壌の溶出特性把握試験を実施した。

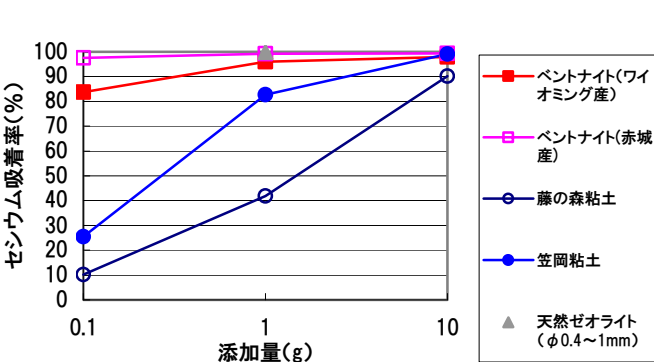


図 1 非放射性 Cs 吸着率と固体添加量の関係

表 1 非放射性 Cs の吸着実験結果

No.	サンプル名	添加量 (g)	ろ過後 Cs (mg/l)	Cs吸着率 (%)
1	ベントナイト(ワイオミング産)	0.1	1.60	83.7
2		1	0.39	96.0
3		10	0.20	98.0
4	ベントナイト(赤城産)	0.1	0.24	97.6
5		1	0.08	99.2
6		10	0.06	99.4
7	藤の森粘土	0.1	8.80	10.2
8		1	5.70	41.8
9		10	0.96	90.2
10	笠岡粘土	0.1	7.30	25.5
11		1	1.70	82.7
12		10	0.09	99.1
13	天然ゼオライト(φ0.4~1mm)	1	0.02	99.8

キーワード 放射性セシウム, 吸着, 脱離, 土壌分級

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-489-6604

3-1 試験方法

土壌を湿式分級にて、 $\phi 2\text{mm}$ 以上、 $0.075\sim 2\text{mm}$ 、 0.075mm 未満の各粒度に分け、それぞれの粒度の土壌の放射性 Cs 濃度・重量、分級時使用水の放射性 Cs 濃度を測定した。さらに分級後の土壌を対象に溶出試験を環境庁告示 46 号の手順で実施した。ただし、固液比は上記告示で規定されている重量比 1:10 と、現場で体積管理した場合の指標として、体積比 1:2 の 2 ケースで実施した。また、試料は 2mm メッシュのふるいでのふるい分けは実施していない。溶出試験の手順は以下の通りである。

- (1) 1L のポリ容器内に、上記の液固比で各粒度の土壌と蒸留水 200mL をいれ、 200rpm で 6 時間振とう
- (2) 遠心分離→静置 10～30 分を行った後、 $0.45\mu\text{m}$ メンブランフィルターによるろ過を行い、固体と液体に分離。この時メンブランフィルター上に残った土壌は蒸留水で洗い流し、固体として回収。
- (3) 絶乾させた土壌とろ過水の放射性 Cs 濃度を測定。同時に重量・水の pH を測定。

3-2 試験結果

分級・溶出試験結果は表 2、図 3 に、土壌の粒径加積曲線は図 4 に示す。本試料は礫まじり砂質細粒土に分類される。土壌分級により放射性 Cs 濃度は、最も細かい粒径の 0.075mm 未満では濃縮が認められ、 $0.075\sim 2\text{mm}>\phi 2\text{mm}$ 以上の順に薄くなった。溶出試験前後では土壌の放射性 Cs 濃度に大きな変化は認められなかった。また、溶出水は $\text{pH}5.7\sim 6.3$ と中性付近であり、放射性 Cs 濃度はいずれも検出限界以下であった。

4. まとめ

高濃度の非放射性 Cs 吸着実験では、ベントナイト・天然ゼオライトが高い吸着率を示した。また、 4300Bq/kg 程度の実汚染土を用いた分級効果確認試験では、 0.075mm 未満の土壌の放射性 Cs 濃度が高く、細粒分に集積する性質が確認できた。放射能汚染土を分級した後、粒度毎に中性付近のイオン交換水を用いて溶出試験を実施したところ、溶出水の放射性 Cs 濃度は検出限界以下であった。溶出試験前後の土壌の放射性 Cs 濃度はほとんど変化しなかったが、値はばらついており低減傾向を示すケースも多い。2-2 試験結果からもわかるように、Cs の濃度レベルが高くなるほど通常の粘土粒子については吸着容量を超えやすい傾向となることから、実際の除染時には、Cs と土の吸脱着挙動に留意する必要がある。

参考文献

- 1) 環境省 (2011) 放射性物質汚染対処特措法に基づく汚染廃棄物対策地域、除染特別地域及び汚染状況重点調査地域の指定について (お知らせ), <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=14598>

表 2 土壌分級・溶出試験結果

分級後粒径	溶出前(湿式分級)				溶出後							
					液:固比 10:1(重量)				液:固比 2:1(体積)			
	(Bq/kg-dry)			重量 (g)	残渣(Bq/kg-dry), 溶出液(Bq/L)			pH	残渣(Bq/kg-dry), 溶出液(Bq/L)			pH
	Cs134	Cs137	Cs合計		Cs134	Cs137	Cs合計		Cs134	Cs137	Cs合計	
2mm以上	324.0	447.0	771.0	328.0	356	464	820	6	296	357	653	6.3
0.075～2mm	946.0	1250.0	2196.0	367.0	884	1190	2074	6	943	1220	2163	5.8
0.075mm未満	2060.0	2650.0	4710.0	363.0	2040	2560	4600	5.9	2060	2880	4940	5.7
水相(Bq/L)	<18.8	<15.5	0.0	1295.0	<12.2～ <19.0	<13.8～ <18.2	0	—	<17.5～ <22.2	<14.1～ <17.6	0	—

元々の土壌の放射性 Cs 濃度(Bq/kg-dry): Cs134 1,840, Cs137 2,430 Cs合計 4,270

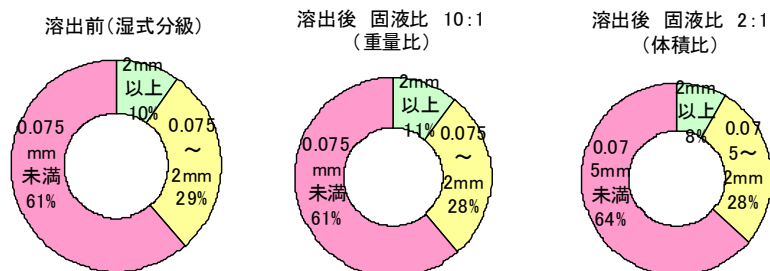


図 3 土壌溶出試験前後の放射性 Cs 濃度割合

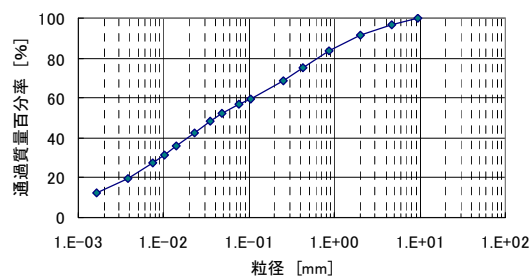


図 4 土壌試料の粒径加積曲線