

## 土壌へ鉱物を混合することによる Cs 保持能向上に関する研究

岩手大学 学生会員 ○千葉悠人 伊藤美徳  
岩手大学 正会員 石川奈緒 伊藤歩 海田輝之

### 1. 実験背景

福島第一原発事故により、環境中に放射性物質が放出された。これに伴い放射性物質を含む廃棄物の一部が管理型最終処分場で処分されている。一方、処分場浸出水に放射性物質が溶出し、結果として環境中に拡散する恐れがある。

本研究は、放射性物質、特に放射性 Cs の拡散を抑制する土壌層および隔離層の土壌に、Cs 保持材として有効だと考えられる鉱物を混合することで、土壌層、隔離層の Cs 保持能向上を目的とした。

### 2. 実験方法

#### 2-1 使用材料

実験に用いた鉱物は、ゼオライト(Z)、バーミキュライト(V)の2種類である。表-1に含水率、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)を示す。土壌は黒ボク土、褐色森林土、灰色低地土の3種類を用いた。表-2に各土壌の理化学特性を示す。浸出水は、盛岡市リサイクルセンターより採取した。pHは7.20、SSは27.5 mg/Lであった。また、実験には孔径0.45 μmのメンブレンフィルターでろ過したろ液を使用した。ろ液中の主な元素濃度を表-3に示す。

表-1 鉱物の理化学特性

	Z	V
含水率(%)	2.4	0.7
CEC(cmol/kg)	83	11
RIP(mol/kg)	62	11

表-2 土壌の理化学特性

	黒ボク土	褐色森林土	灰色低地土
自然含水比(%)	8.6	8.2	3.4
強熱減量(%)	25.3	8.5	7.8
砂(%)	58.3	83.4	21.5
シルト(%)	26.6	10.5	43.2
粘土(%)	15.2	6.2	35.4

表-3 浸出水の元素濃度

Ca(g/L)	Na(g/L)	K(g/L)	Mg(mg/L)	Cs(μg/L)	Rb(mg/L)
2.00	2.72	1.63	1.40	24.9	2.55

### 2-2 実験手順

#### 2-2-1 収着動態

バッチ法により Cs 収着動態試験を行った。50 mL 容量の遠沈管に土壌 3 g と Cs 溶液 30 mL を混合した。Cs の初期濃度は 10 mg/L となるように調整した。振とう機を用いて、120 rpm、25 °C で、30 min、1 h、3 h、6 h、1 d、3 d、5 d、7 d、10 d の振とう時間をそれぞれ設けた後、試料を採取した。採取試料を孔径 0.45 μm のメンブレンフィルターによりろ過した。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。各振とう期間における収着率を求めた。実験は3連で行った。

#### 2-2-2 収着・脱離実験

50 mL 容量の遠沈管に土壌 3 g を測りとり、質量比で鉱物を 0%、1%、10%、20%、30% を加えて混合した鉱物混合土壌を用意し、放射性 Cs (<sup>137</sup>Cs) を添加した浸出水(初期 <sup>137</sup>Cs 濃度 20~30 kBq/L) を固液比 1:10 になるように加えた。振とう機を用いて 120 rpm、25 °C で 5 日間振とう後、3000 rpm、5 min で遠心分離した。上澄みを孔径 0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過後、ろ液中の <sup>137</sup>Cs 濃度を測定し、収着量を求めた。残った固相に固液比 1:10 になるように 0.05 M CaCl<sub>2</sub> 溶液を加え、120 rpm、25 °C で 1 日間振とう後、3000 rpm、5 min で遠心分離した。上澄みを孔径 0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過後、ろ液中の <sup>137</sup>Cs 濃度を測定し Ca 交換画分を求めた。残った固相に固液比 1:10 になるように 0.16 M Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 溶液を加え、上記と同様に振とう、遠心分離を行った。液相中の <sup>137</sup>Cs をピロリン酸抽出画分とした。液相の <sup>137</sup>Cs 濃度はオートウェルガンマシステム(Aloka, AccuFLEX γ7001)で測定した。最終的に鉱物混合土壌に残っている固定画分は収着量から Ca 交換画分とピロリン酸抽出画分を差し引くことで求めた。

キーワード Cs 最終処分場 収着 浸出水 鉱物 土壌

連絡先 : 岩手大学 岩手県盛岡市上田 4-3-5、TEL : 019-621-6449

### 3. 結果および考察

#### 3-1 収着動態

図-1 に各土壌の振とう時間に対する Cs 収着率を示す。黒ボク土、褐色森林土では振とう 3 日後までで時間経過とともに Cs 収着率は増加するのに対して、灰色低地土は振とう後 30 min で Cs 収着率が 97.7% となり、1 日以内で収着平衡に達していた。

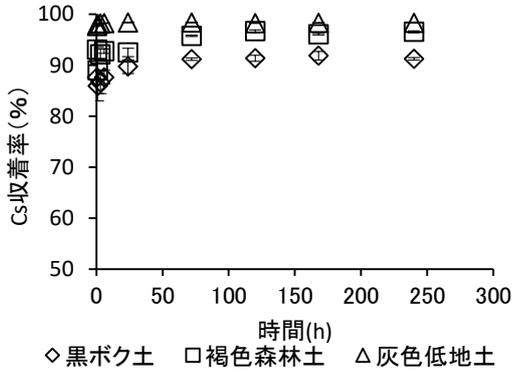


図-1 各土壌の Cs 収着動態

#### 3-2 収着・脱離実験

結果の一例として、図-2、3 に褐色森林土に鉱物を混合した場合の Ca 交換画分、ピロリン酸抽出画分、固定画分をそれぞれ示す。収着・脱離実験では、一度収着した Cs+は Ca<sup>2+</sup>との交換によって脱離することがほとんどなかった。加えて、ピロリン酸抽出画分の結果から、収着した分の 0.5~5.0%が有機物と結合していたと考えられる。

表-4 に各土壌・鉱物混合による固定画分(%)を示す。固定画分は以下の式から求めた。

$$F_F = (Q_F / Q_T) \times 100$$

F<sub>F</sub>: 固定画分(%)

Q<sub>F</sub>: ある鉱物混合比での固定画分量(kBq/kg)

Q<sub>T</sub>: 液中の <sup>137</sup>Cs が全て収着したときの収着量(250kBq/kg)

黒ボク土、褐色森林土は土のみの固定画分がそれぞれ 67.5%、61.8%で、ゼオライトまたはバーミキュライトを加えるほど Cs の固定量の増加がみられ、鉱物混合比が 30%のとき、固定画分は約 90%近くにまで増加した。一方、灰色低地土は土のみで 84%であり、他の 2 土壌と比べて高かった。ゼオライト、バーミキュライトの混合により固定画分は 89~94%と増加傾向はみられたが、黒ボク土、褐色森林土ほどの増加はみられなかった。

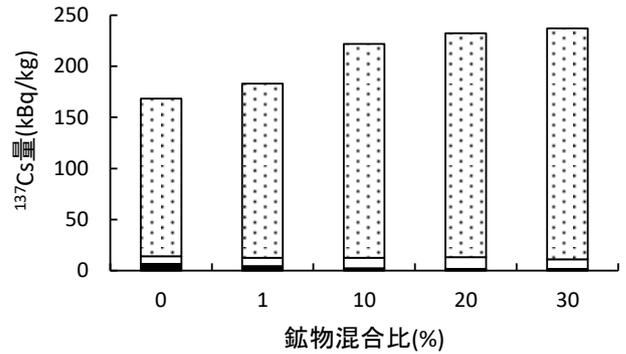


図-2 鉱物混合比に対する各画分の <sup>137</sup>Cs 量 (褐色森林土-ゼオライト)

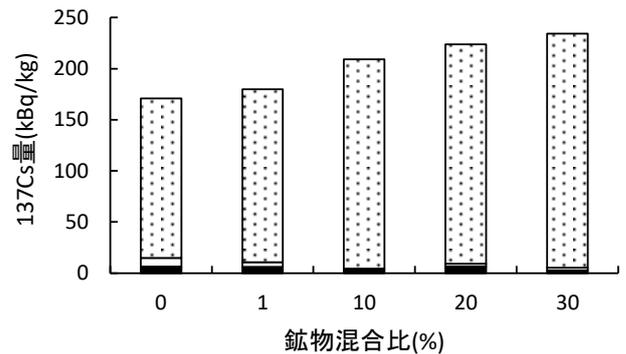


図-3 鉱物混合比に対する各画分の <sup>137</sup>Cs 量 (褐色森林土-バーミキュライト)

表-4 各鉱物混合土壌における固定画分

鉱物混合比	固定画分(%)					
	黒ボク土		褐色森林土		灰色低地土	
	Z	V	Z	V	Z	V
0%	67.5		61.8		84.0	
1%	71.8	68.1	67.8	67.3	86.2	87.8
10%	84.0	79.7	83.3	81.6	89.2	87.6
20%	89.8	85.9	87.2	85.5	87.1	91.2
30%	91.7	89.9	90.0	91.2	89.9	93.7

#### 4. まとめ

本研究では、Cs 保持材として有効だと考えられる鉱物を土壌に混合することにより、土壌の Cs 保持能の向上を検討した。結果として、ゼオライトまたはバーミキュライトを混合することにより Cs 収着および固定量は増加し、各鉱物の有用性が示された。しかし、混合する土壌の種類によりその効果の大きさは異なってくるということも示された。

#### 謝辞

本研究の一部は新技術開発財団の復興支援特定研究助成金により行われた。