

## バーミキュライト混合砂からのセシウム抽出と吸着に関する研究

香川大学 学生会員 ○西岡昌太 フェロー 吉田秀典  
正会員 松本直通 正会員 末永慶寛

### 1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の原子力事故で放出された放射性物質で、その量と半減期の面から健康や環境影響上、主に影響が大きいのはヨウ素 131, セシウム 134, セシウム 137, ストロンチウム 90 の 4 種類である。中でも、セシウム 137 は放出量が  $1.5 \times 10^{16}$  ベクレルと多量であること、かつ、半減期が約 30 年と影響が長く続くだけでなく、現在も広い範囲で検出が続いている。

セシウムは土壌の粘土鉱物に固定されることで、その除去が困難となることが知られている。放射性セシウムの多くは福島県にも広く偏在するバーミキュライト（風化黒雲母）と呼ばれる鉱物粒子に固定されるが、ここからの抽出は困難を極める。

セシウムを含む土壌を全土剥ぎ取った場合、その仮置き場所と中間処理施設の確保についても課題は多い。よって、環境省は災害廃棄物安全評価検討会において、放射線量が 8000Bq/kg を下回る汚染土については盛り土などの建設資材として再利用が可能であるという方針を示した。これにより、中間貯蔵施設の建設を待たずとも、仮置き場のフレコンバッグ内の汚染土から一定量のセシウムを除去することでその土壌は通常処理が可能となる。

本研究では、まず、セシウムを固着しやすい土壌として、バーミキュライトと豊浦標準砂を混合した人工土壌を作製し、これに対して抽出試験ならびに抽出後の回収方法について検討を加え、より効率的な除染手法の開発に向けた検討をすることとした。

### 2. バーミキュライトのセシウム吸着能

バーミキュライトは酸化ケイ素、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムを主成分とするケイ酸塩鉱物である。四面体シートと八面体シートの骨格構造をもち、土壌の風化とともにバーミキュライトの層間に含まれるマグネシウムイオンが放出され、セシウムイオンを選択的に吸着することが知られている。写真-1 に本研究で使用したバーミキュライト（ベルミテック社製）を示す。



写真-1 本研究で用いたバーミキュライト（左から粒径 0.7mm, 1.0mm, 2.0mm）

まず、バーミキュライトおよびバーミキュライト混合砂のセシウム吸着能を調べるため、様々な条件下でセシウム抽出試験を行った。抽出を行うにあたっては、試験土壌に対してセシウム抽出溶液の酢酸アンモニウム水溶液（3%濃度）100mL を加え、土壌からのセシウムの抽出を促した。その後、攪拌機を用いて 300rpm の回転数で 10 分間攪拌を行い、ふるい目が 38 $\mu$ m のふるいにかけ、溶液と土壌とに分離する固液分離の工程を 4 回繰り返した。回収した溶液に残るセシウムの定量分析については、原子吸光分析装置を用いた。図-1 に異なる粒径のバーミキュライト 20g にセシウム 1mg を添加し、168 時間養生したものを酢酸アンモニウム水溶液でセシウムを抽出した結果である。

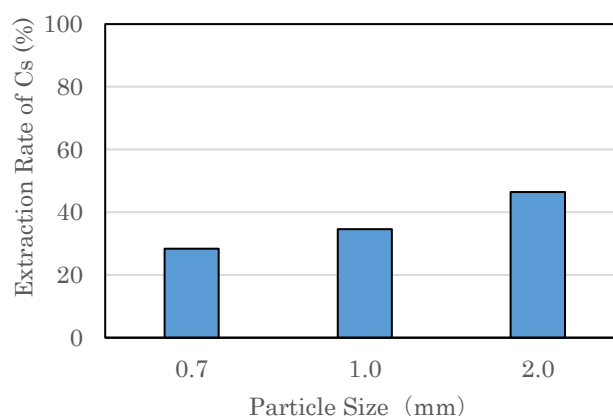


図-1 バーミキュライトからの酢酸アンモニウム水溶液での洗い出しによるセシウムの抽出率（養生期間 168h）

また、バーミキュライト混合砂からのセシウム抽出試験においては、最も高いセシウム吸着効果を示した 0.7mm 粒径のバーミキュライトを豊浦標準砂と混合した。本試験では、より実地に近い条件を想定して、模擬汚染土壌に蒸留水を一定量加える湿潤状態で養生試験を行った。図-2 にバーミキュライト混合砂 50g に対してバーミキュライトの混合比を変化させたセシウム抽出試験結果を示す。なお、試験条件についてはセシウム 1mg を土壌に添加したあとの養生期間は 168 時間で酢酸アンモニウム水溶液による抽出を行っている。

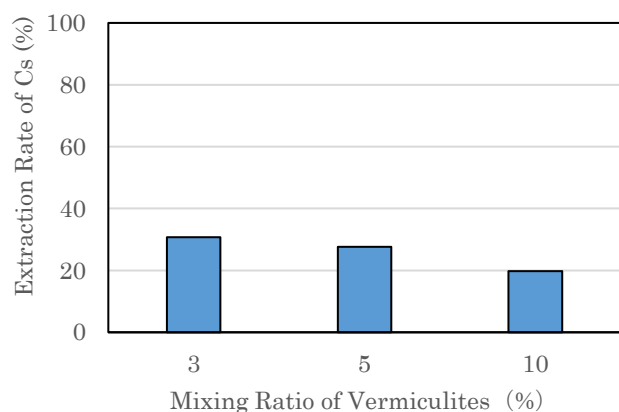


図-2 バーミキュライト混合砂 50g からの酢酸アンモニウム水溶液での洗い出しによるセシウムの抽出率（養生期間 168h）

### 3. 電気泳動試験結果

試験容器に陽極となる炭素棒（直径 15mm, 長さ 40mm）を設置した後に、バーミキュライト混合砂を容器に投入する。それを電解質である酢酸アンモニウム水溶液（60～70mL）で浸漬させ、模擬汚染土壌の上に吸着材を設置する。吸着材は試験後回収するためにろ紙とボルディングクロスを組み合わせた簡易容器内に設置した。最後に吸着材の上から陰極となるアルミ板（横 30mm, 縦 90mm）を設置する（図-3）。セシウムは溶液中において陽イオンとして存在するため、通電により陰極であるアルミニウム板に移動し、吸着材に吸着される。

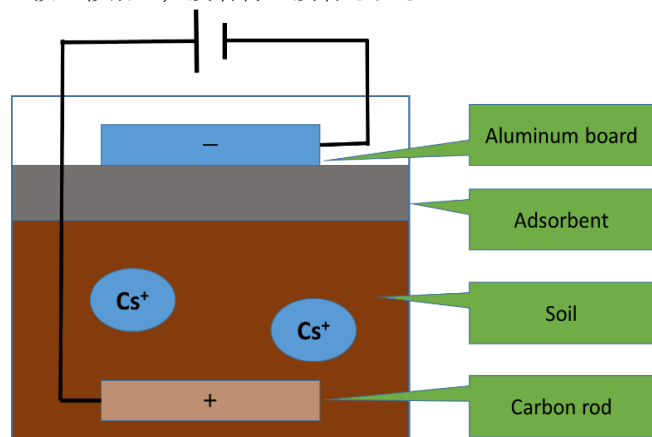


図-3 電気泳動試験概略図

本試験では吸着材として粉末状のゼオライト 10g を使用した。電気泳動試験に用いる模擬汚染土壌は混合砂 120g に対し、バーミキュライトを 5%混合したもので、標準砂とバーミキュライトの体積比はほぼ 1:1 である。また、図-2 の試験と同条件での、本土壌からのセシウム抽出率は約 43%であった。試験土壌は湿潤状態でセシウム 1mg を添加し、168 時間の養生期間をもうけたものである。電気泳動試験は電解質として酢酸アンモニウム水溶液（3%濃度）を用いて、通電条件は通電時間を 48 時

間、電圧値を 25V 以下に固定した。電流値は 0.050A を基準値として低電流の 0.025A と高電流の 0.100A と変化させて試験を行った。図-4 に電気泳動試験におけるセシウムの抽出率を示す。

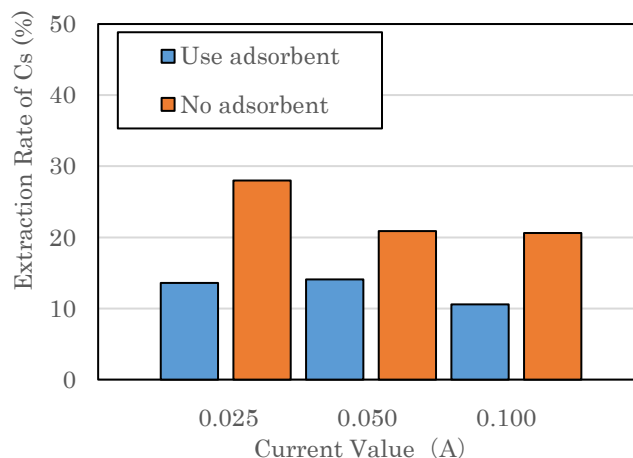


図-4 バーミキュライト混合砂に対する 48 時間通電試験のセシウムの抽出率（吸着材：ゼオライト）

### 4. 考察および今後の課題

図-1 より、バーミキュライトはその粒径が小さいほどセシウム吸着能が高いことが判明した。これは、バーミキュライトが細孔を持たず、粒子の表面でイオン交換をおこなうため、1g あたりの表面積が大きい粒径において、よりセシウムが吸着されたためである。図-2 から、バーミキュライトの混合比の高い混合砂では、セシウム抽出率が低いことがわかった。また、図-4 から、通電における電流値が低いほど吸着材のセシウム吸着量が多いことが確認できた。しかし、通電することでセシウムの抽出率が減少することが判明した。これは、バーミキュライトに吸着されていた土壌中のセシウムイオンが通電によってバーミキュライトに固着されたためであると考えた。

本試験結果から、今後、より低い電流値で電気泳動試験を行うことで、さらに効率的なセシウム抽出および吸着試験の条件を検討する必要がある。また、気温などの季節変化による試験環境の違いがセシウムの抽出率にどのような影響を及ぼすかについて、そして、人工的な混合砂以外の試験土壌についても調査する必要がある。

### 参考文献

- 1) 福島県 HP：福島放射能測定マップ，2016。
- 2) 日本原子力研究開発機構：バーミキュライトや風化黒雲母にセシウムが吸着-そのようすとメカニズムを解明-，TOPICS 福島，No.58，2014。
- 3) 中尾淳，山口紀子：放射性物質の土壌中での動き，農業技術体系，土壌施肥編追録 23 号，農山漁村文化協会，pp85-93，2011。