

## 高濃度汚染土壌におけるバーミキュライトによる放射性セシウム(Cs)の固定 Fixing radioactive cesium by vermiculite in highly contaminated soil

高木悠輝\*○登尾浩助\*\* 森也寸志\*\*\*

Y.Takagi,\* K. Noborio\*\*, and Y. Mori\*\*\*

### 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震によって津波が起きた。この津波により福島第一原子力発電所施設の一部が損傷し炉心融解事故が発生した。この事故によって放射性物質が飛散し、周辺地域に大規模な放射能汚染を引き起こした。飛散した放射性物質のうち $^{137}\text{Cs}$ （以下Cs）は半減期が約30年と長い（芝田ら, 2012）。雨（雪）によって大気中に放出されたCsは地表面に降下し、土壌に沈着した。沈着したCsの多くは土壌中の粘土鉱物に吸着または固定される。一度、粘土鉱物に固定されたCsは容易に脱離しないが、交換態として吸着されたCsは根を通して植物に吸収される恐れがある。Csを含んだ植物を継続して摂取すると蓄積し健康への悪影響があると考えられる。粘土鉱物のひとつであるバーミキュライト（以下Vm）は粘土鉱物の中でも特にCsを固定する性質がある（小暮ら, 2012）ので、高木ら（2015）は飯舘村のCs汚染土壌にVmを加えることで土壌中に交換態として存在するCsを固定できるかどうかを調査した。しかし、土壌中のCs濃度が低かったために十分に固定したかどうかは疑わしい結果であった。そこで本研究では、比較的高線量のCs汚染土壌を用い実験を行った。さらに、土壌とVmの混合割合の種類を増やした。また、2015年の実験では土壌とVmの混ざり方が不十分ではないかとの懸念があったので、試料を一定時間静置させた実験を行った。本研究では放射性セシウムで実際に汚染された土壌を用いて実験を行うことで、これからの除染に対する新たな知見を得ることを目的にした。

### 2. 実験方法

土壌試料は福島県相馬郡飯舘村小宮にある水田の表層5cm程の土壌を採取し、風乾後、2mmのふるいにかけて使用した。試料は、土壌のみ、土壌にVmを加えたもの（土壌とVmの混合の割合は体積比で1:0.5、1:1、1:1.5、1:2）計4種類を用意して実験を行った。試料と洗浄溶液（蒸留水と1mol/L KCl溶液）それぞれの放射線量をゲルマニウム半導体検出器（以下Ge検出器）で測定した。KCl溶液は土壌に吸着されたCsを陽イオン交換で溶液中に溶出させ、蒸留水と比較するために用いた。土壌のみの試料を蒸留水、また、土壌のみと土壌とVmの混合試料にKCl溶液を土壌6gに対し100mlの割合で添加し3分間攪拌した後、吸引ポンプを用いてろ過し、洗浄済み試料と抽出溶液に分けた。その後、抽出溶液と110°Cで24時間以上炉乾燥させた洗浄済み試料の放射線量をGe検出器で測定した。

静置実験では同じ土壌試料を用いた。試料は土壌とVmの割合を1:1にし、上記の実験と同じくKCl溶液を土壌6gに対し100mlの割合で添加し攪拌、その後、1日、2日、

---

\*明治大学大学院農学研究科・\*\*明治大学農学部・\*\*\*岡山大学大学院 環境生命科学研究科

キーワード：土壌除染、粘土鉱物 decontamination of soil, clay minerals

3日、4日、5日と静置した後、吸引ポンプでろ過し、洗浄済み試料と抽出溶液に分けた。その後、抽出溶液と 110℃で 24 時間以上炉乾燥させた洗浄済み試料の放射線量を Ge 検出器で測定した。

### 3、結果

表 1、2 の結果から高濃度の土壌を蒸留水で洗浄したとき、わずかであるが溶液中に Cs が溶出した。これは、土壌に吸着されていた Cs の一部が、水に溶出したと考えられる。低濃度のときに Cs は溶液中に溶出しなかったため、高濃度の土壌で植物を栽培すると Cs が移行する可能性があることがわかった。また、KCl 溶液で洗浄した土壌試料から Cs が溶出したが Vm の有無による Cs 溶出量に明らかな差異は見られなかった。これは Vm に Cs が固定したとは言い切れない結果となった。そこで、表 3、4 の静置実験の結果を見ると、静置 1 日～4 日後までは KCl 溶液への溶出量に差異はないが、5 日後には溶出量が約半分に減少した。このことから、日数がある程度経つと、一度、溶液中に溶出した Cs が Vm に固定されたと考えられる。静置実験の結果から高濃度の土壌では、Vm が Cs を固定することが明らかになった。

### 4. 引用文献

芝田準次，古屋仲茂樹，村山憲弘，伊与木茂樹（2012）：福島原子力発電所から排出される放射性物質を含む汚染水の処理技術の開発．特別緊急共同研究報告書．小暮敏博，藤井英子，吉田英人，田村堅志，山田裕久，八田珠郎（2012）：福島県水土壤中への Cs 吸着実験．日本鉱物科学会年会講演要旨集

### 5.謝辞

本研究の一部は科研費挑戦的萌芽研究（代表：森也寸志）の助成により実施した。

表 1.蒸留水および KCl 溶液洗浄前後の土壌試料中の放射線量(n=3)

	洗浄前放射線量(Bq/Kg)	標準偏差	洗浄後放射線量(Bq/Kg)	標準偏差
土壌のみ (水洗浄)	27864	±561	25884	±2274
土壌のみ (KCl洗浄)	27805	±564	25089	±460
土壌+Vrm1:0.5 (KCl洗浄)	20996	±1007	19360	±227
土壌+Vrm1:1 (KCl洗浄)	18574	±952	17569	±383
土壌+Vrm1:1.5 (KCl洗浄)	17709	±919	17147	±1542
土壌+Vrm1:2 (KCl洗浄)	18384	±906	14462	±1465

表 2.洗浄前後の洗浄溶液中の放射線濃度 (n=3,N.D=検出限界 )

	洗浄前放射線濃度(Bq/L)	標準偏差	洗浄後放射線濃度(Bq/L)	標準偏差
蒸留水 (土壌のみ)	N.D		30	±9
KCl溶液 (土壌のみ)	N.D		160	±6
KCl溶液 (土壌+Vrm1:0.5)	N.D		134	±4
KCl溶液 (土壌+Vrm1:1)	N.D		128	±14
KCl溶液 (土壌+Vrm1:1.5)	N.D		90	±9
KCl溶液 (土壌+Vrm1:2)	N.D		82	±17

表 3.静置前後の土壌試料中の放射線量(n=3)

	KCl溶液洗浄前放射線量(Bq/Kg)	標準偏差	KCl溶液洗浄後放射線量(Bq/Kg)	標準偏差
土壌+Vrm (静置1日)	18461	±427	14222	±344
土壌+Vrm (静置2日)	20344	±416	16728	±717
土壌+Vrm (静置3日)	17403	±612	14900	±1389
土壌+Vrm (静置4日)	18461	±274	16242	±335
土壌+Vrm (静置5日)	16121	±1387	14726	±883

表 4.静置前後の KCl 溶液中の放射線濃度 (n=3,N.D=検出限界 )

	KCl溶液洗浄前放射線濃度(Bq/L)	標準偏差	KCl溶液洗浄後放射線濃度(Bq/L)	標準偏差
KCl溶液 (静置1日)	N.D		111	3
KCl溶液 (静置2日)	N.D		120	4
KCl溶液 (静置3日)	N.D		105	24
KCl溶液 (静置4日)	N.D		118	7
KCl溶液 (静置5日)	N.D		60	5