

研究課題番号	1-1906
研究課題名	「汚染土壌中のセシウム固定化機構の解明と実用減容化技術の開発」
研究実施期間	令和元年度～令和3年度
研究機関名	国立研究開発法人 物質・材料研究機構
研究代表者名	田村堅志

### 1. 研究開発目的

土壌中のセシウムが土壌中の鉱物等とどのように結合しているかは不明な点が多いが、この喫緊の課題に対しては、土壌中のセシウムの存在形態の理解と除染技術は並行して検討していく必要がある。本研究課題では、我々が事故以来行ってきた基礎研究と現地での汚染土壌処理の経験を活かし、より社会から受け入れられる実用的な汚染土壌減容化技術の確立を目指している。具体的には以下の4つの項目に取り組んでいく。

- ① これまで推定のみで議論されてきた粘土鉱物への放射性セシウムの安定化機構について、モデル土壌を再現してそこでの安定化現象を検証しつつ、このメカニズムを明らかにする。
- ② セシウムの安定化構造を有する粘土鉱物（モデル土壌）を用いて効率的にセシウムを脱離させる方法の確立と汚染土壌から取り除いて集めたセシウムを安全に保管する材料技術を開発する。
- ③ 汚染土壌の減容化のための、汚染土壌中に相当量含まれている低放射性レベルの植物組織と礫の除去方法、そして環境負荷軽減のためのリサイクル技術を確立する。
- ④ 汚染土壌の減容化のため、マイクロ波照射技術を応用して高濃度汚染土壌から放射性セシウムを除去する経済的に優れた湿式処理法の開発を行う。

### 2. 研究目標

【全体目標】	放射性セシウムが土壌に安定吸着する機構を明らかにするとともに、処理副産物のリサイクルを含め、環境に配慮した手法で効率的に汚染土壌の減容化を実現する湿式プロセスを開発する。
【サブテーマ1】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデル土壌による再現実験により、粘土鉱物中のセシウム周辺の安定構造の詳細および安定化機構の本質を原子レベルで明らかにする。</li> <li>・安定化セシウムを湿式で脱離する処理条件を確立するとともに、脱離後のセシウムを安全に保管する方法としてポルサイト化プロセスを確立する。</li> </ul>
【サブテーマ2】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サブテーマ1 から提供された安定化機構の情報をもとに、粉碎処理、マイクロ波照射処理等の汎用工程を導入し、汚染土壌の放射能レベルを8000Bq/kg以下にまで低減する短時間で高効率の湿式処理法を確立する。</li> <li>・研究期間終了時における本提案プロセスは、処理能力 10 ton/day、処理費用 10 万円/ton 以下を目標とし、発生した副産物の再利用を含めた全プロセスの環境適合性向上の方策を提示する。</li> </ul>

### 3. 研究の進捗状況

#### 【サブテーマ1】セシウム固定化機構の解明は、計画通り進展している。

- ① モデル土壌の調製とCs<sup>+</sup>吸着安定性評価技術の確立に関しては、フレイドエッジサイト（FES）と同等と考えられているくさび型空間をもつ変質雲母（モデル土壌）の調製方法の確立ができた。そして、層間に挿入されたAl<sup>3+</sup>が経時安定化でアルミニウム水酸化物に変化することを電子顕微鏡観察により確認した。さらにモデル土壌の固体NMR解析、その結果に基づく原子間相互作用モデルの構築など、Cs<sup>+</sup>の安定化機構の解析が進んでいる。また、アルミニウム水酸化物化がと

時にCs+の吸着安定性も増すことが、先行して検討に入った各種化学種による脱離試験（2年目に実施を予定）により確認できた。

- ② 遊離Cs+を用いたポルサイト (POL) 合成の最適化に関しては、従来の報告より低温、短時間、低NaOH濃度でMORからPOLへ転換できること、POL転換時の高いCs+保持性や溶液安定性が明らかになった。以上の結果から、実際のCs+脱離溶液を用いた検討、他種カチオン含有MORからのPOL転換、各種アルカリ水溶液を用いたPOL転換、およびそれらの溶液安定性など新たな検討課題も明らかになった。

#### 【サブテーマ2】汚染土壌の減容化の前処理法と土壌粉砕法の確立においては、計画通り進展している。

予定のCs+の経時安定化現象の検証、土壌からの砂・礫一次分離技術の確立および粘土鉱物への吸着Cs+の経時安定化機構の解明と湿式脱離法の技術開発に関して主に行った。モデル土壌をもとに、開放系マイクロ波の有効性、および粉砕効果を明らかにした。放射線量が高い土壌は、分級（礫などの分離）による除染が難しい事がわかったが、硫酸処理で7割程度取り除くことができる。また常温10時間攪拌による脱離処理が、マイクロ波処理で3分程度に時間短縮できることが確認できた。ただし、汚染土壌に対しては2割程度除去できないことがわかった。サブテーマ1と合わせてこの科学的な現象の解明が必要である。概ね予定通りで進んでいる。

#### 4. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

2011年の福島第一原子力発電所の事故以来行われた除染作業の結果、中間処理施設に貯蔵された1400万m<sup>3</sup>を超える大量の汚染土壌の処方が緊急の課題となっている。提案されている高温焼却炉法では、莫大な焼却エネルギーと焼却残渣処理のためのコスト高など大きな困難を伴う。本研究で開発する減容化処理プロセスによれば、減容化の処理コストを抑制し、処理後の放射性セシウムを安全に保管する方法も含めて提案する。焼却処理では不可能な土壌の再利用（再生）が可能となり、未来に向けて持続可能な循環型社会の構築のための大きな進歩となる。

#### 5. 評価者の指摘及び提言概要

汚染土壌におけるセシウム固定化における基礎的なデータが収集され、汚染土壌処理対策に向けての提案がなされている。基礎的なセシウムの化学の研究としては興味深い。しかし、実際に大量の汚染土壌の処理としてコスト的に従来の手法を超えるものであるか。パーツごとに問題点を挙げて研究していること自体は悪くないが、それらの成果を集大成して何をしようとしているかの全貌が見えない。現場で使えるものに到達するにはまだ大きな距離がある。また、実際の汚染土壌の処理に適用するためにはスケールアップが必要となろう。大量の汚染土壌を処理するにはどうするか具体的な道筋は検討しておかれる必要があると思う。既往のプロセスや情報等と対比しながら評価を行い、それに基づいて焦点を絞った取り組みを期待したい。

#### 6. 評点

評価ランク：B