

【3K143009】放射性 Cs および Sr で汚染された廃棄物の熱処理を中心とした最終処分技術に関する研究（H26～H28 累計予算額 89,653 千円）
研究代表者 米田 稔（京都大学）

1. 研究開発目的

今後、放射性物質で汚染された廃棄物の中間貯蔵、最終処分を実施する上で、放射性の Cs および Sr で汚染された廃棄物の安全性の高い処分法を確立するため、廃棄物中のこれら放射性物質の挙動を明らかにして、その環境中への漏出を防止する現実的な方法を提案することを目的としている。このため、本研究ではまず、廃棄物を埋立処分する場合などの目標とする溶出濃度をリスク評価によって設定し、実際に放射性の Cs および Sr を用いた実験により、これら核種の現実的な汚染濃度における廃棄物中での挙動を明らかにするとともに、安定 Cs や Sr を用いた実験が許容される濃度も明らかにすることを考えた。また、現実的な放射性 Cs などの溶出抑制対策として、Cs の強い吸着能力を持つ土壌などを混合する方法の有効性や、ジオポリマーを用いる方法の有効性についても検討することにした。本研究で求めるデータは、今後、これら核種で汚染された廃棄物の処分政策を進めて行く上で必須の情報であり、福島第一原発事故のような巨大事故での放射性物質による汚染に対する対策にとって、国際的標準データとして採用されていく発展性を有している。

2. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

土壌が主成分となると考えられる除染廃棄物の熱処理における Cs や Sr の挙動が明らかになりつつある。従来から知られていた土壌が Cs を固定する能力の定量的説明や、その焼却灰などからの溶出抑制への応用方法も定量的に確立されつつあり、この数年間、経験に頼ってきた分野において、定量的理論に基づく処分計画を可能とする点で、科学的意義は大きい。

廃棄物の熱処理時の Cs の挙動については、5 年が経過し、研究の蓄積がなされつつあるが、Sr の挙動についてはまだまだその研究は少ない。溶融実験と熱力学的平衡計算を組み合わせ、その存在形態を推定したことは意義がある。また、ジオポリマーに関しては固化体の強度を改善するためにガス発生メカニズムを明らかにするとともに、ガス発生を抑制する改善方法を提案し、気泡と強度、溶出性の関係を明らかにしたことはさらなる Cs の溶出性低減のための因子を明らかにしたことになり、科学的意義がある。

(2) 環境政策への貢献（研究代表者による記述）

本研究より得られた知見から、除染廃棄物のように土壌を大量に含む廃棄物の処理における放射性 Cs の溶出を抑制する方法の提案、除染廃棄物と一般廃棄物の焼却灰や飛灰との混合物からの放射性 Cs 溶出を抑制する方法の提案、可燃性廃棄物中の Sr 及び Cs 濃度により廃棄物焼却処理の条件などについて提案が可能である。また、現在行われている福島県内の災害廃棄物、片付けごみのための仮設焼却炉、さらには中間貯蔵施設での減容化処理施設において、基本的な知見が利用でき、現在生じている現象解明に利用可能である。このことにより、安心安全な処理のための科学的な根拠を提出できる。特に、ジオポリマー固化については溶出性の高い飛灰中の Cs に対して極めて効果的であり、セメント固化に変わりうる処理法として利用可能である。現在進まない指定廃棄物の飛灰の処分に関して利用できる。

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

土壌と模擬飛灰とを混合する場合、土壌の陽イオン交換容量（CEC）の値よりも存在する K の量が

はるかに大きいと、[K+]の濃度は、ほぼ飛灰中に存在しているKの量で決まることになる。土壌と模擬飛灰を混合する場合、Csの溶出率ECsはLangmuir型の競争吸着理論に基づくと、次式で推定することができる。

$$ECs=1000/(10+0.5/[K+])$$

この性質を利用することにより、一般の管理型処分場で処分する廃棄物量を最大にする廃棄物の組み合わせ戦略などを立てることが可能となる。

溶融対象物中のSrは、その溶融条件によらず、ほとんどがスラグ中に分配されSrAl₂Si₂O₈のような安定な形態で存在しているものと考えられる。一方でCsに関しては、バーミキュライトやNa₄P₂O₇によるスラグへの固定効果が確認できるものの、対象物中のCl濃度が高い場合には、その効果は失われる。

焼却飛灰等に濃縮された放射性セシウム・ストロンチウムの効率的な固定化方法として、ジオポリマー法を提案し、Cs溶出率、一軸圧縮強度の観点から、フィラーにNaOH水溶液を先に加えて、水を添加せずに6時間以上静置し十分にガスを発生させてから、水ガラスを加えジオポリマーを作成する製法を明らかにした。

効率的なジオポリマーによるセシウム・ストロンチウムの「同時固定化」条件として、無希釈水ガラス使用でフィラーと飛灰の割合がFi50FA50の105℃、24時間の養生条件において溶出率がCs = 0.83%、Sr = 0.20%で最適条件と考えられ、かつ、強度試験の基準値もクリアした。これにより比較的に福島第一原発に近く、Csのみならず、Srも考慮すべきところに本技術は適用できると考えている。

3. 委員の指摘及び提言概要

放射性CsやSrの焼却埋立のリスク低減型の技術方式を開発し、リスク評価を試みた研究として、極めてタイムリーな研究であり、高く評価される。特にSrに関しての知見が少ない中でのこの研究は評価できるが、長期的な視点での解明と共に、本技術の実用化に向けた経済性と安定性評価のアプローチを期待したい。現実には中間貯蔵施設などでどのように成果を生かすかが重要であり、今後は実事業者との共同作業を検討すべきである。

4. 評点

総合評点：A