【課題番号】1-1805
【研究課題名】汚染土壌浄化・再利用と廃棄物高減容化を目指した亜臨界水処理システムの開発
【研究期間】平成 30 年度～平成 32 年度
【研究代表者（所属機関）】竹下健二（東京工業大学科学技術創成研究院先導原子力研究所）

研究の全体概要

提案する土壌処理・廃棄物減容システムは、土壌からの高い Cs 回収性能と回収 Cs の高減容固定化能力を有していることを平成 28 年度の実証事業で明らかにしたが、提案システムを実用化するために、本研究では以下の４つの課題について研究する。

①亜臨界水イオン交換による福島土壌からの Cs 高速脱離：福島の汚染土壌に含まれる多種類の粘土鉱物（2:1 型のバーミキュライト等）からの亜臨界水イオン交換による Cs 脱離に対応できるように、粘土鉱物の層状構造に対する亜臨界水中でのイオン交換現象の速度論・平衡論の解析とその理論化を進める。それらの結果から、多様な福島土壌の処理に適用可能な亜臨界水イオン交換プロセスを構築する。

②カラムを用いた亜臨界水イオン交換プロセスによる連続処理と実用装置の開発：亜臨界水中でのイオン交換速度は大変速く、カラムを用いた連続回収が適応可能である。カラム法にすれば連続的に溶離剤を流すため、バッチ処理のような繰り返し洗浄操作は不要で、土壌細粒物（粘土鉱物）からの Cs 回収技術の一層の高速化・高効率化・低コスト化を図ることができる。小型カラム試験装置を用いて土壌の連続処理技術を確立すると共に、カラムの動的挙動を解析してプロセスを設計できる数学モデルを構築する。更に合理的に連続処理を達成できる実用装置を開発する。

③土壌から回収した Cs の高減容固定化技術：亜臨界水イオン交換プロセスでは汚染土壌の分級細粒物から水相に Cs を取り出すことができる。アルミノシリケート等の固体酸を高分散した多孔質ガラスを用いれば、取り出された Cs は多孔質ガラスに高選択吸着され、加熱により直接ガラス固化体を作製できる。高い減容率が期待できる機能性ガラス材料を開発する。

④汚染土壌処理・高減容システムの評価：亜臨界水イオン交換プロセス（第１工程）と回収 Cs の高減容固定化プロセス（第２工程）を統合化した土壌処理・高減容システムに対して、装置規模、物質収支、熱収支、放射能収支、二次廃棄物発生量、経済評価を行い、土壌処理・高減容化に優れたシステムを構築する。

研究の全体概要図

全体計画

汚染土壌浄化・再利用と廃棄物高減容化を目指した亜臨界水処理システムの開発
（総括代表　東工大　竹下　健二）

- **目標**　土壌細粒物（75μm以下）からのCs回収率が99%以上、ガラス固化により最終廃棄物の体積が土壌細粒物の1万分の1以下（減容率：1/10,000以下）
- **研究目的**　①土壌からのCsの高速脱離、②処理後、土壌としてそのまま再利用、③Cs廃棄物の高減容化を同時に達成できる実用性の高い土壌処理・減容技術を開発する。

第１工程

サブテーマ-1

亜臨界水イオン交換による福島土壌からのCs脱離
(東工大　竹下健二)

装置：回分型亜臨界水接触装置
試験対象：福島土壌を構成する粘土鉱物と汚染土壌細粒物
試験内容：亜臨界水イオン交換法による土壌粘土鉱物からのCs脱離試験（平衡論、速度論）。粘土鉱物のような層間化合物イのオン交換現象の解析
試験期間：平成30～31年度

期待される成果
- 亜臨界水中での土壌粘土鉱物のイオン交換平衡・速度の解析
- 土壌粘土鉱物のような層間化合物からの亜臨界水中におけるイオン交換現象の理論化
- 汚染土壌を分級した細粒物（粘土鉱物を含む）からの亜臨界水イオン交換によるCs脱離の測定と結果の理論解析

サブテーマ-2

カラムを用いた亜臨界水イオン交換プロセスによる連続処理
(東工大　稲葉　優介)

装置：小型カラム試験装置
試験対象：福島土壌を構成する粘土鉱物と汚染土壌細粒物
試験内容：カラムを用いた亜臨界水イオン交換法によるCsの連続脱離試験
試験期間：平成30～31年度

期待される成果
- カラムを使った亜臨界水イオン交換法によるCsの脱離特性
- カラムからのCs連続脱離挙動を調べ、Cs脱離率99%以上を達成する
- サブテーマ1で構築したイオン交換理論をカラム解析用に拡張して、カラムの動的挙動を記述できるCs輸送方程式を導出する。

サブテーマ-3

フィルタープレスを利用した実用的連続処理装置の開発
(三菱マテリアル　近沢　孝弘)

装置：多室平板カラム型処理装置の要素試験装置
対象：福島土壌を構成する粘土鉱物と汚染土壌細粒物
試験内容：平板型カラムを用いた亜臨界水イオン交換法によるCsの連続脱離
試験期間：平成30～32年度

期待される成果
- ①平板カラムへの土壌輸送(スラリ状搬送)→②平板カラムへの土壌充てん(土壌ケーキ層形成)→③亜臨界水処理工程→④処理済土壌排出の4工程サイクル運転により粘土鉱物と土壌細粒物の連続処理運転
- カラムのCs輸送方程式を使って平板型カラムによる連続処理をシミュレートし、プロセス設計

第２工程

サブテーマ-4

土壌から回収したCsの高減容固定化技術
（東工大　稲葉　優介）

材料：固体酸含有多孔質ガラス
対象：亜臨界水イオン交換処理で得られたCs含有水
試験内容：Cs含有水からのCsの高選択吸着、Cs吸着多孔質ガラスの加熱によるガラス固化体作製
試験期間：平成31～32年度

期待される成果
- 土壌細粒物処理水からのCsのガラス固化を実施し、Csの選択吸着性と耐水性試験によりガラス固化体へのCsの安定固定化について評価
- 土壌細粒物体積に対するガラス固化体体積比から廃棄物減容率1万分の1以下を達成

サブテーマ-5

汚染土壌処理・高減容システムの評価
（東工大　竹下　健二）

対象：実機規模の土壌処理・減容固化システム
試験内容：実機規模の土壌処理・減容固化システムの性能の総合評価
試験期間：平成32年度
期待される成果：物質・エネルギー・放射能の各収支、二次廃棄物発生量、実機システム構造、処理した土壌細粒物の性状評価と再利用可能性、Cs廃棄物の減容効果、システムの経済評価など総合的なシステム評価