

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	亜臨界水イオン交換法による福島汚染土壌からのCs除染プロセスの開発
Title(English)	Development of Cs Decontamination Process of Fukushima Soils by Ion Exchange Method using Subcritical Water
著者(和文)	福田達弥
Author(English)	Tatsuya Fukuda
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12126号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:竹下 健二,加藤 之貴,小林 能直,塚原 剛彦,鷹尾 康一郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12126号, Conferred date:2021/9/24, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		福田 達弥	
			氏名	職名		
論文審査 審査員	主査		竹下 健二	教授	審査員	鷹尾 康一郎 准教授
	審査員		加藤 之貴	教授		
			小林 能直	教授		
			塚原 剛彦	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「亜臨界水イオン交換法による福島汚染土壌からの Cs 除染プロセスの開発」と題して 6 章より構成されている。

第 1 章「緒言」では、福島第一原子力発電所事故で発生した汚染土壌の特徴と現在検討が進められている汚染土壌からの Cs⁺除去技術がまとめられ、その中でも「亜臨界水イオン交換法」は、先行する熱処理法（焼却・溶融法）に比べて低温で処理できること、Cs⁺除去後の処理土壌の再利用が可能であること、二次廃棄物発生量が少ないこと、使用試薬が安価で高い経済性を有することなどの多くの利点を有し、実用化に向けた研究が必要であると述べている。本研究では実用化に向けて高圧フィルタープレス装置を応用した汚染土壌の連続処理装置を提案しており、研究目的がこの連続処理装置を用いた亜臨界水イオン交換法による汚染土壌からの Cs⁺除染プロセスの開発であると述べている。

第 2 章「Cs⁺脱離のモデル化および Cs⁺脱離速度の定式化」では、亜臨界水イオン交換法による汚染土壌からの Cs⁺脱離機構が検討され、土壌からの Cs⁺脱離速度は Cs⁺が選択吸着される粘土鉱物（パーミキュライト）の層端部のイオン交換現象と層間のイオン拡散現象を組み合わせた数学モデルで記述できると述べている。回分試験装置とカラム試験装置を用いてパーミキュライトからの Cs⁺脱離試験が実施され、パーミキュライトからの Cs⁺脱離挙動が提案した数学モデルで記述できることを明らかにしている。また、XRD 及び EXAFS による Cs⁺脱離の in-situ 観察により、亜臨界環境下でも粘土鉱物の構造が大きく変化しないこと、水和した交換イオン(Mg²⁺)の粘土鉱物層間への侵入による層間の水和状態の変化が Cs⁺脱離挙動に強く影響し、水和され易い交換イオンを用いることでパーミキュライトからの Cs⁺脱離率、脱離速度が共に向上することを明らかにしている。

第 3 章「平板型カラム内の流動の解明」では、模擬汚染土壌（非放射性的 Cs⁺を飽和吸着させたパーミキュライト）を充填した小型平板型カラム内に亜臨界状態の溶離液を通液した際の液流動を解析している。ろ過圧密と溶離液流動の数値解析の結果、小型平板型カラムに模擬汚染土壌を充填した際に形成されるケーキの圧密の進展による充填状態の変化が溶離液通液時の流動に強く影響することを明らかにしている。圧密が進展するほど溶離液通液時に平板型カラム端部に溶離液が流れにくくなるが、これを防ぐためには圧密が進展していない状態、即ちろ過現象から圧密現象に移行してからの模擬汚染土壌の打ち込み時間を短くすることが有効であることを明らかにしている。

第 4 章「平板型カラムを用いた Cs⁺除去」では、前章と同じ模擬汚染土壌を充填した小型平板型カラムを用いた Cs⁺脱離試験を実施している。土壌の充填状態の異なる小型平板型カラムを用いた Cs⁺脱離試験を行った結果、圧密の抑制により土壌からの Cs⁺脱離率が向上することを明らかにしている。第 2 章で構築された Cs⁺脱離モデルと第 3 章で得られたカラム内流動解析結果を用いて小型平板型カラム内の模擬汚染土壌からの Cs⁺脱離挙動を数値解析した結果、圧密の進展を抑えたケーキ形成が Cs⁺脱離率の向上に有効であることを明らかにしている。

第 5 章「高圧フィルタープレス機構を応用した実用規模装置を用いた汚染土壌処理のシステム・コスト評価」では、高圧フィルタープレス機構を応用した平板型カラムを用いた汚染土壌からの実規模 Cs⁺除染システムを提示し、二次廃棄物発生量およびコスト評価を実施している。その結果、提案システムは二次廃棄物発生量が少なく、コスト面では先行する熱処理法と同程度となることを明らかにしている。土壌処理コストには装置の償却費が占める割合が大きく、処理時間を短縮することや装置寿命を長期化することが処理コストの更なる低減に有効であると結論している。

第 6 章「結言」では各章で得られた結果を総括し、本論文の結論を述べている。

これを要するに本論文は、高圧フィルタープレス機構を応用した平板型カラム装置を用いて亜臨界水イオン交換法による汚染土壌からの Cs⁺除染プロセスが実用化可能であることを理論面、実験面から明らかにしたものであり、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値あるものと認められる。