



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Application of Alkali-Activated Materials to Solidification of the Wastes Generated from On-site and Off-site of Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Station [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Chaerun, Raudhatul Islam
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15856号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/92462
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Chaerun_Raudhatul_Islam_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 Chaerun Raudhatul Islam

審査担当者 主 査 教 授 佐藤 努
副 査 教 授 大竹 翼
副 査 准教授 エラクネス ヨガラジャ

学位論文題名

Application of Alkali-Activated Materials to Solidification of the Wastes Generated from On-site and Off-site of Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Station

(福島第一原子力発電所のオンサイトとオフサイトで発生している廃棄物固化へのアルカリ刺激材の応用)

福島第一原子力発電所 (FDNPS) の事故によって、原子力発電所敷地内外で様々な放射性廃棄物が発生した。冷却水の浄化プロセスからは、吸着剤として用いた使用済みチャバサイトや鉄スラリーなどの二次廃棄物が発生し、様々な放射性核種を含有している。また、原子力発電所敷地外では、事故により放射性物質が大気中に放出された影響により、Cs-137 等を含む大量の土壌や溶融飛灰などが中間貯蔵されている。これらの廃棄物に関しては、安全な保管や処分のため、適切に処理された後に安定固化する必要がある。そこで本論文では、上述の様々な放射性核種含む廃棄物を固化するためのマトリックス材としてのアルカリ刺激固型化材 (AAM) の適用性について、核種固定化プロセスのメカニズムなどの観点から、包括的に評価した。

第 1 章では、本研究の大きな背景である FDNPS 事故の詳細や、その影響により発生した放射性廃棄物の管理・処分の複雑さ、既存技術の課題などを概説するとともに、本研究の目的を示した。

第 2 章では、AAM の基本的な特性、利用用途の拡大、および水和プロセスについて、先行研究の包括的なレビューを実施した。本章では、特に本研究で主に用いるカリウムベースの AAM (K-AAM) に焦点を当て、既存の知識や本研究で焦点を当てる放射性核種の固定化についての課題を明示した。

第 3 章では、使用済みチャバサイト中に吸着している Cs の K-AAM への固定化について検討した。実験結果より、K-AAM が高い Cs 保持性能を有していることが明らかとなり、それは K-AAM と廃棄物を混練後に、K-AAM 内部に Cs 保持性能の高いポリューサイトが生成することによるものであった。

第 4 章では、原子力発電所敷地外に貯蔵されている Cs を含む土壌を、K-AAM のバインダーとして使用可能かどうかについて検討した。その結果、未処理の土壌は反応性が低く、バインダーとして用いることはできないが、粉碎により非晶質化させることで反応性が向上し、バインダーとして使用可能であることを確認した。これにより、Cs 汚染土壌を固化体製造のバインダーとして使用することによる減容化の道筋が示されたことになる。

第 5 章では、ALPS 処理で大量に発生する鉄スラリーと K-AAM 間の相互作用について調べた。その結果、鉄スラリーを K-AAM 中に固定化しても、両材料間での相互作用は認められず、両者が固化体内で安定に保持されていることが明らかとなった。

第6章では、K-AAMによるヨウ化物イオンの封じ込め性について検討した。K-AAMは陰イオン吸着性を有しないことが先行研究により明らかにされていたので、陰イオン吸着性を有する複層状水酸化物や酸化マグネシウム、ヨウ化銀を形成させるための硝酸銀を添加して、ヨウ化物イオンの固定化を検討した。その結果、硝酸銀を添加した時にヨウ化銀が生成し、ヨウ化物イオンの浸出を抑制できることが明らかとなった。

第7章では、K-AAMによる亜セレン酸イオンの封じ込め性について検討した。その結果、4配位で存在する亜セレン酸イオンは、K-AAMの重合過程でSiやAlの四面体とともに重合されて構造化してK-AAM内に取り込まれ、その結果として浸出が抑制されていることが明らかとなった。これにより、亜セレン酸イオンは陰イオンであるが、添加剤なしでK-AAM構造内に固定化されることが判明した。

第8章では、上記の章で示されたように、K-AAMで安全評価上鍵を握る放射性核種の浸出を抑制することができたので、求められた浸出率を使ってK-AAM固化体をピット型の浅地層処分した際の安全評価を試行した。その結果、検討したすべての核種で、最大ピークが10 μ Sv/年を下回り、廃棄物を安全に処分できることが明らかとなった。

第9章では、本研究を総括するとともに、福島に溜まる他の廃棄物の処理・処分におけるK-AAMの有効性や実用化のために将来必要となる研究課題について提言した。

これを要するに、筆者は、福島第一原子力発電所の廃炉事業で問題となっている様々な廃棄物の安全な保管・処分のための固化材料の選定に関して、精緻な実験とその結果を用いた安全評価によりK-AAMの有効性を明示した。このことは、廃炉作業に新たな技術オプションを提示することを可能にただけでなく、その技術開発の背景となる環境鉱物学や環境資源工学の発展に寄与するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。