

アルカリ洗浄，分級による除染土壌の再生利用技術の開発

大成建設株式会社	正会員	○副島	敬道
大成建設株式会社	正会員	根岸	昌範
大成建設株式会社	正会員	井尻	裕二
大成建設株式会社	正会員	樋口	雄一
大成建設株式会社		斎藤	祐二

1. はじめに

福島第一原発の事故によって放出された放射性セシウム（以下放射性 Cs と称す）により，空間線量が高くなった地域では，放射性 Cs で汚染された表土の除去によって空間線量の低減が行われている．これら中間貯蔵施設に運搬される除染土壌は約 2,200 万 m³ と試算され莫大な量となっており [1]，最終処分土壌量の低減，土壌の再生利用の促進による減容化は中間貯蔵施設における最も大きな課題である．

2. 目的

除染土壌中の放射性 Cs のほとんどは，固定態とイオン交換態として存在している．固定態は雲母等粘土鉱物の末端部分であるフレイドエッジサイトに強固に吸着しており，イオン交換態は土壌中の腐植質（植物が分解した有機物）が持つカルボキシル基（-COOH）等とイオン結合している．

粘土鉱物の構成元素である Al や Si はアルカリ可溶性であり，また腐植質は強アルカリ環境下では土壌鉱物との架橋が破壊されて土壌鉱物から離脱すると考えられている．本技術はこのようなメカニズムに基づいて，放射性 Cs を含む土壌をアルカリで洗浄し，固定態放射性 Cs を含む粘土鉱物，ならびにイオン交換態放射性 Cs を含む腐植質を土壌粒子から離脱，分離することで，土壌を再生利用可能な放射能濃度に低減する方法である．本報ではアルカリ洗浄，分級による除染土壌の放射能濃度低減方法について，適用性の高い土壌性状および有効な洗浄条件を明確にすることを目的とし，室内試験による最適条件の検討，および実スケールを模擬した装置構成の実証試験による検証を行った結果について報告する．

3. 実験方法

室内試験および実証試験は，福島県相馬郡飯舘村内の大成建設作業所内において実施した．

飯舘村内の土壌表面線量が高かった 3 か所の区域から土壌を採取し，風乾した後に目開き 4.75mm の篩で団粒を解砕しながら篩い，篩を通った土壌を試料土壌とした．試料土壌は放射能濃度，含水率，強熱減量を測定し，さらに目開き 2, 0.85, 0.425, 0.25, 0.106, 0.075mm の篩で水を用いた湿式分級を行い，各粒度別フラクションの重量，含水率，放射能濃度，強熱減量を測定した．

3 種の試料土壌を，表 1 に示す洗浄条件にて洗浄した後，目開き 2mm, 0.425mm, 0.075mm の篩で分級した．0.075mm 未満のフラクションについては，さらに遠心分離にて沈殿と上清に分離し，分級後の各フラクションについて重量，放射能濃度を測定した．室内試験においては，0.075mm 以上の土壌が洗浄後の放射能濃度が低減された土壌に，0.075mm 未満の沈殿が高放射能濃度の濃縮物に相当する．

実証試験の処理フローを図 1 に示す．図に示す前処理槽にて土壌 10kg と洗浄溶液 40L を混合し，液面に浮上した浮遊物を網で回収した後に，条件に準じて助剤である H₂O₂ を所定量添加後，攪拌，洗浄を行った．所定時間経過後，H₂O₂ と有機物との反応により生じる泡，および 2mm, 0.85mm の篩を通して 0.85mm 以上の土壌を除去した．0.85mm 未満のスラリーを攪拌しながらサイクロン分級機にポンプで送り，粗粒分と細粒分に分級した．粗粒分はサイクロン下部より回収し，細粒分は凝集反応槽へ移送して希硫酸を加え，pH7 に調整した後凝集剤を添加してフロックを形成させた．フロックを形成した泥水はフィルタープレスへ高圧ポンプで移送

キーワード 放射性セシウム，除染，減容化，アルカリ，土壌洗浄，分級

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 TEL045-814-7245

し、脱水ケーキとろ液に分離した。実証試験においては、篩で除去した 0.85mm 以上の土壌とサイクロンで分級した粗粒分が低放射能濃度の洗浄後の土壌に、脱水ケーキが高放射能濃度の濃縮物に相当する。

また、洗浄後土壌の放射能濃度については、指定廃棄物の基準である 8,000Bq/kg 未満を目標値とした。

表 1 室内試験洗浄条件

KOH濃度 (M/L)	H ₂ O ₂ 添加量 (mg/g-強熱減量)	洗浄時間 (分)
0	0	60
0.5	0,10,50,100,150	

表 2 試料土壌性状

土壌	A	B	C
放射能濃度 (Bq/kg-dry)	25,092	21,347	22,644
強熱減量(%)	2.3	8.4	9.2

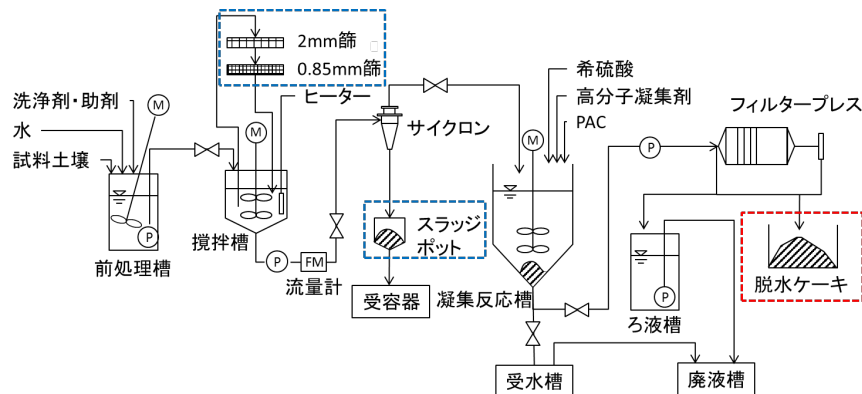


図 1 実証試験処理フロー

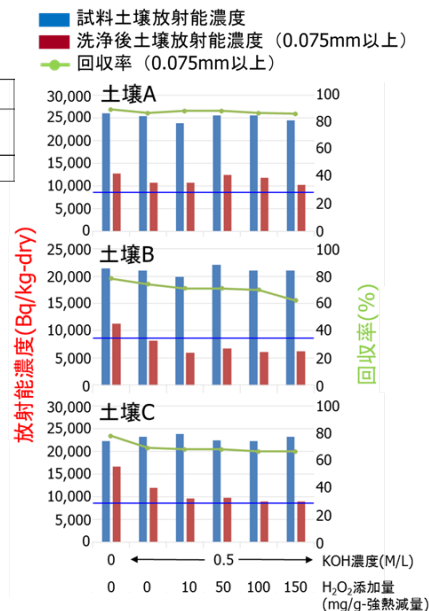


図 2 室内試験結果

(青のラインは 8,000Bq/kg)

4. 結果

室内試験における洗浄前後の土壌の放射能濃度、および洗浄前土壌に対する 0.075mm 以上土壌の重量回収率を図 2 に示す。土壌 A では、洗浄後土壌の放射能濃度が水洗浄より KOH 溶液洗浄で低くなる傾向には無く、アルカリ洗浄の効果は認められなかった。一方、土壌 B, C では洗浄後土壌の放射能濃度は水洗浄よりアルカリ洗浄が低くなり、アルカリ洗浄より H₂O₂ を添加した洗浄でさらに低くなっていた。土壌の有機物含有量を表す強熱減量は、土壌 A が 2.3%であったのに対して、土壌 B は 8.4%、土壌 C は 9.2%であり (表 2)、土壌 B, C は相対的に有機物含有量が多かった。また、土壌 B, C では、強熱減量と放射能が広い粒度範囲に存在していた。土壌中の有機物のほとんどは腐植質であることから、土壌 B, C では、放射性 Cs が結合した腐植質が広い粒度範囲で存在している可能性がある。これら腐植質がアルカリ洗浄によって土壌粒子から剥離され、0.075mm 未満の細粒分として除去された結果、0.075mm 以上の土壌の放射能濃度が低減されたと考える。また土壌 B では、アルカリ洗浄時の洗浄後土壌の放射能濃度は指定廃棄物の基準値である 8,000Bq/kg 以下となった。さらに土壌 B について洗浄時間を 20 分に短縮、KOH 濃度を 0.1M/L に低減して H₂O₂ を 100mg/g-強熱減量加えた条件で洗浄、分級を行った結果、洗浄後土壌の放射能濃度は 7,704Bq/kg と 8,000Bq/kg 未満を達成した。

実証試験においては、図 1 に示した小型の洗浄、分級装置を用い、土壌 B を使用して室内試験結果の検証を行った。前述の室内試験条件である洗浄時間 20 分、KOH 濃度 0.1M/L、H₂O₂ 添加量 100mg/g-強熱減量の条件で実証試験装置による洗浄、分級を行った結果、洗浄後土壌の放射能濃度は 6,969Bq/kg と 8,000Bq/kg 未満を達成し、室内試験の結果が実機と同様の構成の装置で再現できることを確認した。

以上のように、アルカリ洗浄、分級は放射性物質を結合した腐植質が広い粒度範囲で存在する土壌に有効であり、本方法が実機にスケールアップすることも可能であることを確認した。

なお、本研究は環境省「平成 28 年度除染土壌等の減容等技術実証事業」の補助金を受けて行った。

参考文献

[1] 中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る検討会 (第 1 回) 資料 2-3, 環境省, 2013.