

汚染土壌乾式除染・減容技術

Technology for Dry Decontamination and Volume Reduction of Contaminated Dirt

神坐 圭介 JINZA Keisuke

富塚 千昭 TOMIZUKA Chiaki

東日本大震災により発生した福島第一原子力発電所の事故によって放射性物質が放出され、環境汚染が生じている。除染のために削り取った土壌から汚染レベルの高い土を分離すれば保管が必要な量を減らすことができる。

富士電機は、宇部興産機械株式会社と共同で汚染土壌乾式除染・減容技術の開発を行った。一般産業で使用実績のある乾式分級・研磨装置と放射能計測装置を組み合わせたものであり、大量処理が可能な技術である。実際の汚染土を用いた実証試験において、研磨・分級後の放射能濃度が半分以下に低下していることが確認できた。

The Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station accident, caused by The Great East Japan Earthquake, has resulted in leakage of radioactive materials and contamination of the environment. Separating highly-contaminated dirt from the total amount of dirt removed for decontamination makes it possible to reduce the volume of dirt that needs to be stored.

In cooperation with Ube Machinery Corporation, Ltd., Fuji Electric developed technology for dry decontamination and volume reduction of contaminated dirt. This technology combines the dry sorting and grinding equipment used in general industry with a radiation measurement device, enabling mass processing. Verification tests using actual contaminated dirt have demonstrated that radiation levels are reduced to less than half after crushing and separation.

1 まえがき

東日本大震災により発生した福島第一原子力発電所の事故によって放射性物質が放出され、環境汚染が生じている。放出された放射性物質は主にセシウムであり、土壌や森林に付着している。国は、この事故に由来する放射性物質による被ばく線量を年間1mSv以下となるように除染を計画している。

除染計画では、汚染した田畑などは、表層数cmの土壌を削り取り除染することを検討している。これによって大量の土壌が汚染廃棄物として発生する。この土壌（原土）は適切な場所に仮置きし、中間貯蔵を経て最終処分が行われる計画である。しかし、除染は広範囲であり、全量を保管するには広大な場所が必要であるが、その確保が難しいため、除染作業がはかどらないという課題がある。

削り取った原土は全てが汚染されているのではなく、汚染レベルの高い土を分離できれば、保管が必要な量を減らすことができる。そこで、汚染土壌の乾式除染・減容技術の開発を行った。本稿では、その技術の特徴と実証試験について述べる。

2 汚染土壌乾式除染・減容技術の特徴

公的および民間の研究機関によると、土壌の放射性セシウムによる汚染は、表層数cmに集中しており、その土壌の中でも粘土、シルトといった細粒子部分に多くの放射性セシウムが付着していることが報告されている。

〔注〕「平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法」平成23年8月

富士電機は、汚染土壌を減容するために、乾式除染・減容技術を、宇部興産機械株式会社と共同で開発した。

2.1 乾式除染・減容処理フロー

本技術に基づく処理フローを図1に示す。本技術のポイントはA部であり、その詳細は次のとおりである。

(a) 見かけの粗粒子の砕き

細粒子が固まって見かけ上粗粒子となっている土を、ミルにより砕く。

(b) 細粒子の剥離

粗粒子表面に付着している細粒子を、ミルによる研磨によって剥ぎ取る。

(c) 粗粒子表層の研磨

放射性セシウムが吸着している粗粒子表層を、ミルによる研磨によって剥ぎ取る。

(d) 乾式分級

粒径による仕分けを乾式分級により行う。

これらの一連の工程により、汚染の高い土壌と低い土壌とに仕分けられる。

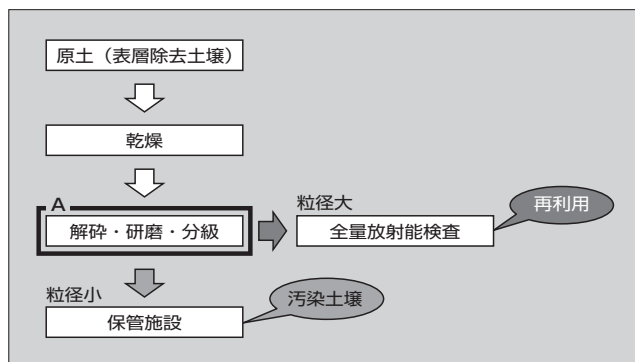


図1 乾式除染・減容処理フロー

2.2 乾式除染・減容処理の特徴

本技術は、一般産業で使用実績のある乾式分級・研磨装置と放射能計測装置を組み合わせたものであり、大量処理が可能な技術である。特徴は次のとおりである。

(1) 水や薬品などを使用しない処理方式

汚染土壌の減容に関して先行研究が行われている土壌湿式処理方式と異なり、水や薬品を使用しないので、これらの使用に伴う二次廃棄物の処理の手間や費用がかからない。また、薬品処理や高温処理を行わないため、原土本来の性状が損なわれにくい。

(2) 分級処理・減容・保管場所の省スペース化

乾式分級技術は、土壌再利用のための任意の分級しきい値を設定することができるため、さまざまな土壌に適した減容処理を行うことが可能である。湿式処理が適用しにくい水田の土壌への適用性も基礎試験で実証した。

汚染廃棄物として保管する土壌に仕分けられた土壌は、さらに脱気・圧縮により容積を減容することが見込める。これによって、さらに保管場所の省スペース化を図ることが可能である。

(3) 再利用する土壌の放射能濃度の全量計測による安全・安心の付与

富士電機が既に商品化している「食品放射能測定システム」の原理を土壌に適用した土壌モニタにより、仕分けられた土壌のうち、再利用可能な低汚染土壌の放射能濃度を連続的に全量を計測する。

放射能濃度の分析を外部に委託する場合、結果が分かるまで数日かかるが、本技術ではリアルタイムで計測結果がわかるため効率的に作業が行える。土壌の種類、汚染の仕方に応じて分級条件などの設定を変える場合でも、放射能濃度がどう変化したかをその場ですぐに確認でき、効率的である。

(4) 低コスト

初期コストやランニングコストを考慮して処理コストを試算した。本技術は、汚染水処理が不要であり、二次廃棄物処理費用が発生しないため、湿式除染に比べて1/3～1/4の低コストである。

3 乾式除染・減容プラント

乾式除染・減容プラントは、移動式と定置式の2種類を計画している。

移動式プラントは、トレーラーに必要装置を搭載することで、必要な場所へプラントを移動することができる。設置や撤去が容易なので、地元の理解と除染作業をスムーズに進められることが期待できる。除染効果を追求した機器構成としているので、比較的線量の高い区域での適用を想定している。移動式プラントのイメージを図2に、処理フローを図3に示す。

定置式プラントは、処理量と減量効果を追求した機器構成としているので、比較的線量の低い区域で多量の土壌を

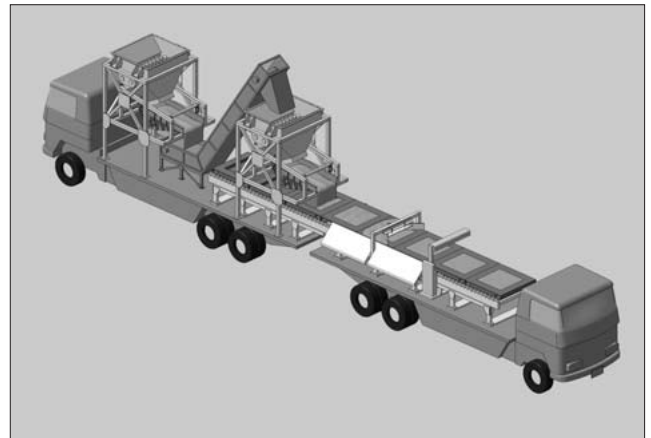


図2 移動式プラントのイメージ

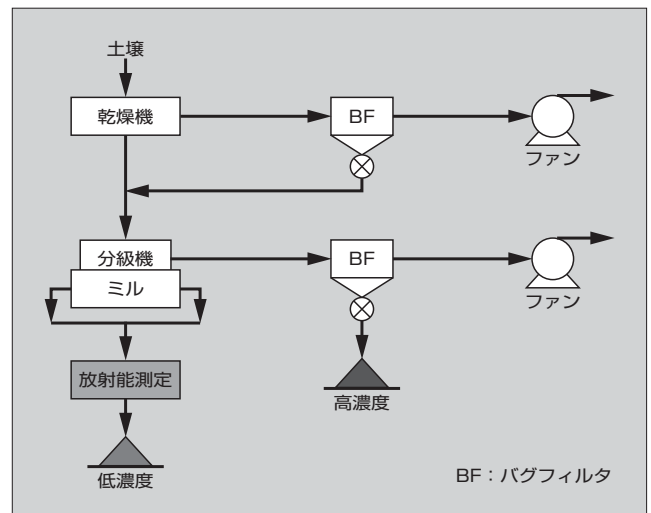


図3 移動式プラントの処理フロー

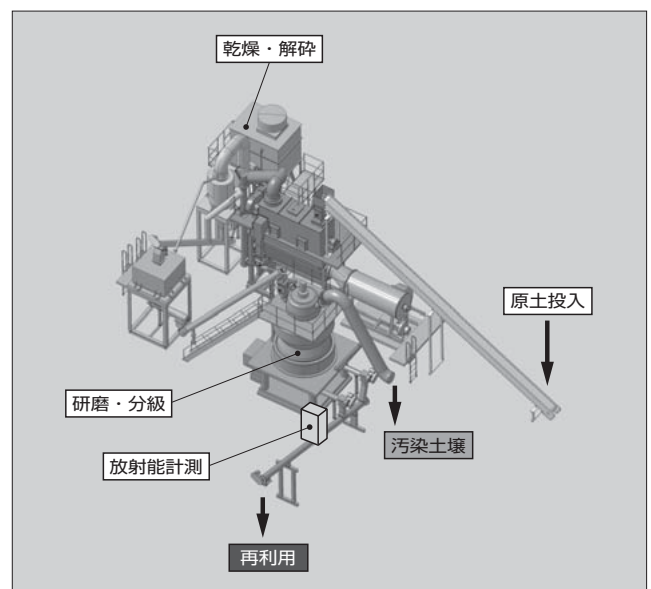


図4 定置式プラントのイメージ

除染する場合を想定している。定置式プラントのイメージを図4に、乾式除染・減容プラントの仕様を表1に示す。なお、処理後に再利用可能な土壌の原土に対する質量の割

表1 乾式除染・減容プラントの仕様

	移動式	定置式
除染率*1	50～86%	20～60%
減量率*2	30～50%	50～70%
処理能力 (WB)	3t/h	20t/h
設置スペース	W18×H7.5×D28 (m)	W20×H10×D35 (m)
設備動力	350 kW (発電機軽油)	650 kW (固定電源)
乾燥室	灯油	灯油

*1：除染率：処理後に再利用可能な土壌の原土に対する放射能濃度の低減率
 *2：減量率：処理後に再利用可能な土壌の原土に対する質量の割合

合を減量率という。表中の数値は、土壌除染・減量の基礎試験結果の一例である。土壌の種類や場所によって汚染の状況が異なるため、効率的な分級粒子径（粒径で区別するしきい値）や除染性能が異なる。今後、種々の土壌においてデータの蓄積を図る予定である。

4 実証試験

本装置の基本原理を実証するため、「平成23年度除染技術実証事業」(環境省)⁽²⁾⁽³⁾において、実際の汚染土壌を使用した実証試験を実施した。

4.1 土壌特性

土壌の違いによる除染や減量効果の違いを把握するため、細粒褐色低地土（水田）、礫質（れきしつ）褐色低地土（畑）、細粒褐色森林土（森林）の3種類の土壌についてサンプルを採取し、除染・減量試験を実施した。試験結果の一例として、分級点の粒子径を75μmとした場合の土壌ごとの除染効果を図5に示す。研磨前と研磨・分級後の各粒子径ごとの放射能濃度を示している。いずれの場合でも粗粒子側では、研磨・分級後の各粒子径の放射能濃度が半分以下に低下していることが確認できた。これにより、本装置の基本原理である、(a)見かけの粗粒子の砕き、(b)細粒子の剝離、(c)粗粒子表層の研磨、(d)乾式分級が実現可能であることが確認できた。

4.2 分級点と除染効果

研磨前後における土壌の放射能濃度について、分級点をパラメータとして整理した結果を図6に示す。

放射能濃度が8,000 Bq/kgの原土を研磨した後、45μmで分級した場合、放射能濃度は4,000 Bq/kgに低減した。また、75μmで分級した場合は、放射能濃度が2,000 Bq/kgに低減した。ただし、分級粒子径を小さくすると減量率が低下する。

汚染の低い土壌を再利用する場合、対象となる土壌に対して図6のグラフをあらかじめ作成することにより、再利用できる土壌の放射能濃度および物量を推定できる。規制基準値の今後の動向を待つことになるが、原土の汚染状況を踏まえた除染計画の詳細な立案が可能になる。

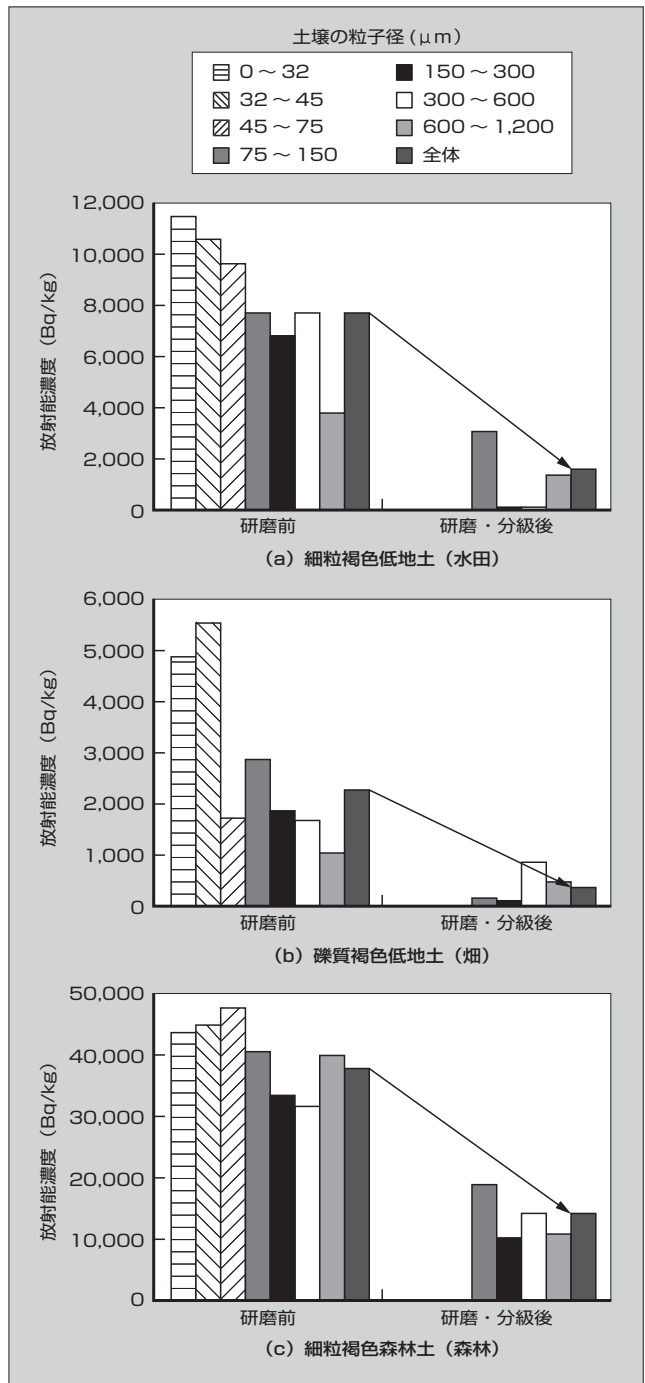


図5 土壌ごとの除染効果（分級点の粒子径 75 μm）

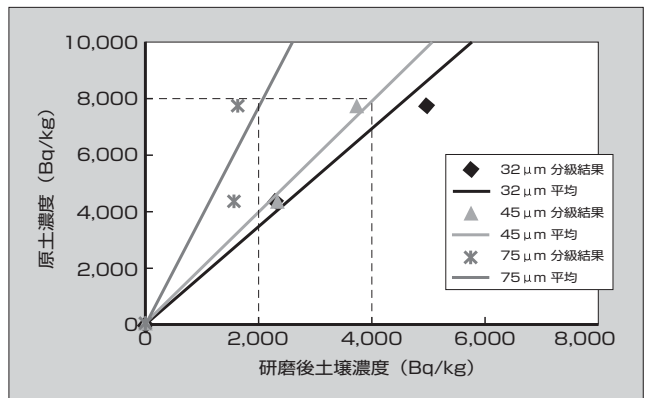


図6 分級点による除染効果（細粒褐色低地土：水田）

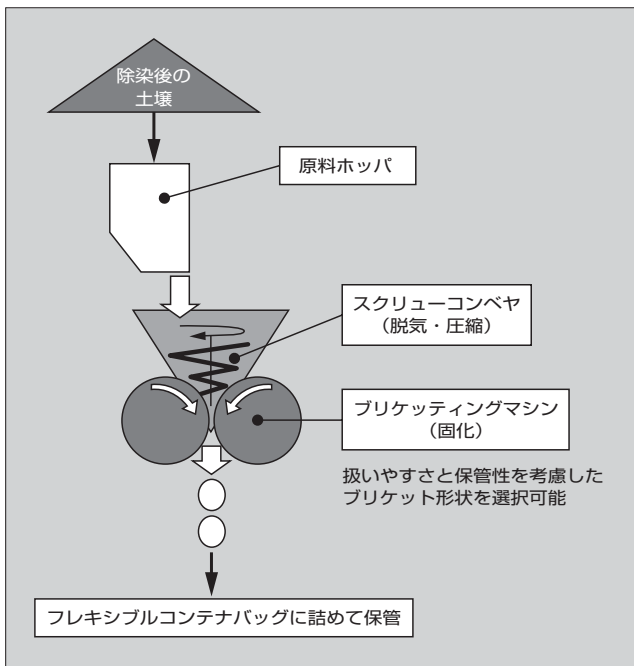


図7 高線量土壌の減容フローの例

5 今後の展開

除染処理した後の放射能濃度が高い土壌を脱気・圧縮，固化する工程（図7）を追加することによって，容積をさらに減容することが見込める。これによって仮置場所，中間貯蔵施設などに必要なスペースをさらに少なくすることが期待できる。乾式除染の総合的効果を評価するために，今後，脱気・圧縮，固化による減容効果を把握する必要がある。

6 あとがき

放射性物質による汚染土壌の乾式除染・減容技術について述べた。今後も，東日本大震災ならびに福島第一原子力発電所の事故からの復旧・復興に貢献できる技術を開発する所存である。

今回の実証試験は，「平成23年度除染技術実証事業」（環境省）において，富士古河E&C株式会社の下，実施した。実施に際してご指導いただいた環境省殿，日本原子力研究開発機構殿に謝意を表する。

参考文献

- (1) “農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）の開発の取組について”. 農林水産省.
<http://www.s.affrc.go.jp/docs/press/110914.htm>（参照 2012-10-23）.
- (2) “平成23年度除染技術実証事業”. 環境省.
http://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/tech_gaiyo-201208.pdf（参照 2012-10-23）.
- (3) “平成23年度除染技術実証事業（環境省受託事業）報告書”. 独立行政法人 日本原子力研究開発機構.
http://www.jaea.go.jp/fukushima/techdemo/h23/h23_techdemo_report.html.（参照 2012-10-23）.



神坐 圭介

原子力発電プラント機器の設計およびエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機株式会社発電・社会インフラ事業本部発電事業部原子力技術部主席。



富塚 千昭

原子力発電プラント機器の設計およびエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機株式会社発電・社会インフラ事業本部発電事業部原子力技術部課長。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。