

セシウム汚染土壌減容化のための分級処理の高度化研究（その1）

農地土壌に有効な解泥装置の比較検討

鹿島建設(株) 正会員 ○三浦一彦 間宮 尚

鹿島建設(株) 辻本 宏

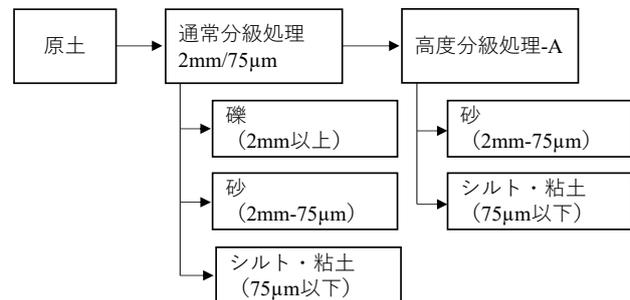
京都大学大学院エネルギー科学研究科 日下英史

1. 背景

環境省によると、2011年3月の福島第一原発の水素爆発により放出されたセシウムを中心とする放射性物質により汚染され除染により除去された土壌（以下、除去土壌と呼ぶ）は、約1,300万 m^3 である。これらは、福島県大熊町及び双葉町に環境省が建設・運営を行う中間貯蔵施設に搬入され30年間貯蔵されることとなっているが、30年後には搬出する必要がある、それらすべてを最終処分することは不可能であるため、減容再生利用が不可欠である¹⁾。除去土壌は、表-1に示すように4つのクラスに分類されている²⁾。すなわち、再生利用可能な放射能濃度8,000Bq/kg以下が土壌A、中間貯蔵施設への搬入開始30年後（2045年）までに8,000Bq/kg以下までに物理減衰し再生利用可能なものが土壌B、現時点の高度分級技術（分級+摩砕等）等により再生利用可能な8,000Bq/kg以下の砂質土を得ることが可能なものが土壌C、それ以上に放射能濃度が高いものが土壌Dである。除去土壌の減容化方法として、土壌汚染などの分野で用いられている分級処理を行うことが基本とされており、更にこれによって減容化しきれない土壌に対しては、それ以外の高度処理、化学処理、熱処理などで減容化を行う方向性が示されており、これに供する技術の開発を2024年度までに完成させるロードマップが示されている¹⁾。

表-1 除去土壌の分類と物量²⁾

| 分類 | 砂質土 (万 m^3) | 粘性土 (万 m^3) | 計 (万 m^3) |
|-----|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| 土壌A | 655.0 | 416.1 | 1,071.1 |
| 土壌B | 35.2 | 50.0 | 85.3 |
| 土壌C | 20.8 | 112.9 | 133.7 |
| 土壌D | 0.7 | 9.8 | 10.6 |
| 計 | 711.7 | 588.9 | 1,300.6 |

図-1 現状の分級処理フロー²⁾

2. 分級処理によるセシウム汚染土壌の減容化と解泥の重要性

放射性セシウムの大半は、粘土のフレイド・エッジサイドと呼ばれる部分に吸着されており、いったん捕捉されたセシウムは粘土から簡単には放出されない³⁾。この事実を利用し、分級処理によりシルト・粘土と砂・礫を十分に分けることで放射線能濃度が低い砂・礫は再生利用が可能となる。図-1に環境省が実証を行った分級処理のフローを示す¹⁾。しかし、農地土壌は一般的な土木工事で排出される土砂と違い、腐植酸などの有機分を多く含み、これが糊のような働きをして土壌を団粒化させているのが大きな特徴である⁴⁾。この団粒構造を十分に解泥させた上で分級を行うことが再生利用率を上げるための重要な技術となるが、これまで環境省が実施している分級実証では通常の土砂に対する分級洗浄技術を適用しており、農地土壌の特性を考慮したものとなっていない。また、分級点も75 μm となっており、これでは篩下に残ったシルト・粘土すべてが濃縮残土となり、この中にはセシウムを吸着していない再生利用可能な土粒子も多く含まれることとなる。

キーワード：除去土壌，減容再生利用，放射性セシウム，湿式分級，解泥

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設株式会社 TEL 03-5544-1111

3. 農地土壌解泥の方法と試行実験

既報⁵⁾で示したように、ここで適用する解泥装置に必要な要件は、①柔らかい有機団粒に対して解泥効果が高く砂礫そのものは粉碎しないこと、②コストが安く取り扱いも容易で大量の処理に向いていることである。これに対し既報ではペブルミルの可能性を示したが、本稿では、これに加え、上記の要件に合致すると考えられた3種類の解泥装置を追加し4種類の装置の比較検討を行った。それぞれの特徴と試験に用いた装置の概要を表-2に示す。これらを用いて、茨城県内で採取した農地土壌に対し解泥を行った結果を図-2に示す。ペブルミルと超音波分散機では、粒度のピークが崩れ細粒分へ移行しており解泥が進行したことが確認できたが、他の2つの装置ではほとんど粒度の変化が起こらなかった。この傾向は、本実験で用いた他の土壌に対しても同様であることから、ペブルミルと超音波分散機が目的にかなった解泥装置として絞り込まれた。

表-2 解泥装置の概要

| ペブルミル | 超音波分散機 | 高圧エジェクタ | シヤミキサ |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| 回転体中に解泥媒体を投入し、これと処理対象の泥水との衝突により解泥を行うもの。柔らかい有機団粒向けの媒体として数mm程度のペブル（砂礫）を用いる。 | 高出力の超音波による強力なキャビテーションによる表面破壊を起こさせる。超音波効率が96%あるため発熱が少なく、大出力化（16,000W）が可能。 | 一次エジェクタ部で高圧の気・液を同時に装置に送り込みキャビテーションによる破壊を促し、二次エジェクタ部では衝突板での破壊を行う。 | 1/4球状のくぼみにロータを高速回転させスラリーを通すことでせん断力を働かせ、更に隙間両側に形成された高速な渦によるせん断で破砕が促進される。 |

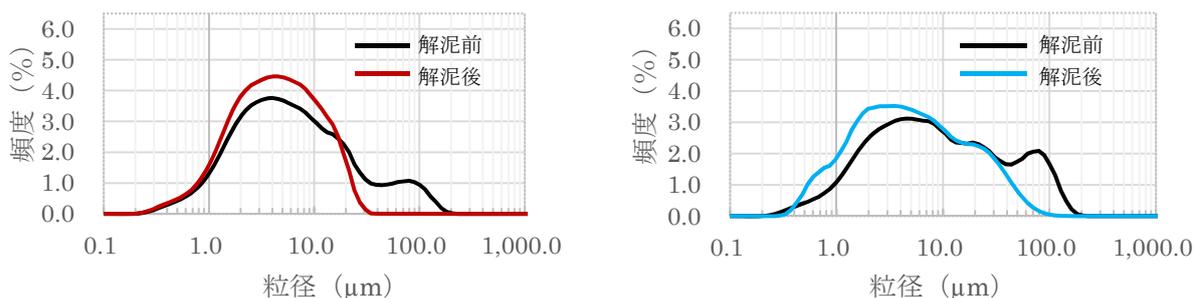


図-2 解泥による粒度分布の変化（左：ペブルミル 右：超音波分散機）

4. 今後の展望

本稿では、解泥装置の絞り込みを行ったが、解泥後の泥水を用いた分級処理の成果については、別報で報告することとする。最終的には、こうした技術を複合的にシステム化することで、土木技術の延長でできるだけ安価な除去土壌の再生利用率を高めることができると考えている。

謝辞 本報告は、中間貯蔵・環境安全事業株式会社が環境省より受託した平成31年度除去土壌等の減容等技術実証事業「除去土壌中の放射性Cs含有粘土の分離性向上を目指した物理的解泥技術の実証」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 環境省：中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略戦略 目標の達成に向けた見直し，2019.3.
- 2) 環境省：減容・再生利用技術開発戦略進捗状況について，中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略検討会（第9回），2018.12.17.
- 3) 山口ら：土壌-植物系における放射性セシウムの挙動とその変動要因，農環研報，vol.31，2012，pp.75-129.
- 4) Maki Asano, Rota Wagai：Evidence of aggregate hierarchy at micro- to submicron scales in an allophanic Andisol, Geoderma, vol.216, 2014, pp.62-74.
- 5). 三浦ら：除染による除去土壌減容技術に関する一考察，土木学会全国大会第74回年次学術講演会 VII-87, 2019.9.