

高勾配磁気分離を用いた汚染土壌減容化

Volume Reduction of Contaminated Soil Using High Gradient Magnetic Separation

福井工大²

Fukui University of Technology Hanako Oubutsu²

E-mail: nishijima@fukui-ut.ac.jp

1.はじめに

福島第一原子力発電所事故に伴い多量の放射性物質が放出された。現在では、放射性セシウム（134 と 137、以降 Cs）が問題となっている。Cs 汚染物の中でも最も大量に発生するのが土壌であり、その量は 2200 万 m³ に及ぶと推定されている。

除染作業で発生した汚染土壌は、仮置き場において一時保管され、その後、中間貯蔵施設にすべて搬入されることになっている。中間貯蔵施設では減容化を行い 30 年以内に県外の最終処分場へと移送される。最終処分場のサイトは決定されてはいないものの、その貯蔵容量に限界があるため、汚染物の体積を減らす、減容化が依然大きな技術課題として残っている。

2.減容化プロセス

以下、我々が考えている汚染土壌の減容化のプロセスを説明する。まず①汚染土壌を分級し、続いて②粒径の小さい分画について超電導磁石による高勾配磁気分離処理を行う。

この一連の処理で磁気分離時に捕獲された小粒径分（粘土）が Cs の高濃度成分となる。この高濃度成分を最終処分場で長時間保管するのである。これ以外の成分は低濃度汚染土壌（目標は 8000Bq/kg 以下）として、管理型廃棄物処分場で貯蔵する。

基本は上記のプロセスであるが、有機物による団粒構造の解砕や Cs を粘土に移行するプロセスも想定している。

以下、上記手法の意味について説明する。

3.分級

土壌はその成分粒子の大きさで、大きい順番に礫、砂、シルト、粘土に分類される。（粘土は粒子径が 2 μm 以下と定義される。5 μm と定義する場合もある。）Cs の吸着はそれらの表面に起こっていると考えられるので、表面積が大きい成分を取り出せば、残りの成分の放射能濃度は減少するはずである。それぞれの成分が球形の同じ大きさの粒子であり、土壌の構成が体積で 20、45、30、5%であったとすると（代表的成分構成）、その表面積は粘土で 80%以上であることが示される。つまり粘土は土壌中で体積として小さい分量しかなかったとしても、その表面積は大きく、Cs 汚染は粘土あるいは粒子径の小さい成分が汚

染の程度が大きいことが分かる。そこで、除染の第一段階として分級処理を行うのである。

4.磁気分離

磁気分離の対象は粒子径の小さい粘土である。実際はシルト（2～20 μm）も磁気分離対象分画に入るが、シルトは磁気分離されない。粘土は大きく分けて、1：1 型粘土構造物（カオリナイトを代表とする）と 2：1 型粘土構造物（パーミキュライトが代表物である）が存在する。これら粘土の構造は、シリカとアルミナのシートが積み重なってできている。基本構造の中に、シリカ 1 枚とアルミナ 1 枚が積み重なったものを 1：1 型と呼び、シリカ 2 枚、アルミナ 1 枚のものを 2：1 型と呼ぶ。ここで注目したのは、これら粘土構造物の Cs の吸着能力と磁化率である。

まず Cs の補足量である。2：1 粘土鉱物の Cs 吸着量は 25900mmol/kg に対し、1：1 のそれが、6mmol/kg である。2：1 粘土鉱物の方が 1：1 よりはるかに多くの Cs を捕獲することが分かる。次に磁化率である。磁化率は天然の鉱物であるがゆえに値が定まてはいないが、前者で～3×10⁻⁴、後者で～2×10⁻⁵である。つまり 2：1 粘土が常磁性、1：1 が反磁性である。アルミナとシリカは、それぞれ反磁性を示すのであるが、2：1 粘土には同型置換と呼ばれる陽イオンが置換されていることが反映している。また Cs の吸着能力の差もこの置換が原因である。

そこで 2：1 粘土のみを分離すれば良いのであるが、対象は粒子径が 2～20 μm の常磁性粒子である。また大量に処理することも必要である。冒頭述べたように汚染土壌が大量に存在しているため、その処理速度は速い方が望ましい。このような条件を満たす手法として超電導高勾配磁気分離法を採用したのである。

5.実験結果

まずシミュレーションによりどれくらいの磁場強度、さらには処理速度で磁気分離が達成できるかについて検討を行った。その結果、7 T、3 cm/s で分離可能であることが明らかになった。この結果を基に、福島県に超電導磁石を持ち込んで、磁気分離実験を実施した。

謝辞 本研究の一部は国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（JAEA）の委託研究として行われた。