

土の粒度分布に注目した放射性物質吸着土壌の減容化に関する検討

神戸大学 正会員 吉井 大貴
神戸大学 非会員 西門 優

神戸大学 正会員 飯塚 敦
神戸大学 正会員 河井 克之

1. 研究背景・目的

2011年3月11日に発生した、東日本大震災により、関東地方から東北地方にかけて各地で様々な被害があった。特に、東京電力福島第一原子力発電所の事故によって、福島県を中心に関東圏域等に及ぶ広い地域で放射性物質が拡散し、土壌汚染が生じており、早期に解決すべき問題と位置づけられている。放射性セシウムで汚染された土壌においては、ほとんどの場合表層数 cm 以内に固定されていることが知られており、表土剥ぎ取り法で周辺の空間線量を下げることができる。しかしながら、剥ぎ取り土の発生量は膨大となり、その全量を中間貯蔵することは現実的ではない。効率的な中間貯蔵のためには、そこから放射性物質が付着した土壌だけを効率よく分離・除去し、他を埋め戻すという減容化技術開発が急がれる。そこで、本研究では分級操作を行うことによって汚染土を減容化する方法について検討した。土粒子の粒度分布に着目し、イオン吸着実験を行うことで、放射性物質吸着土壌の減容化に関する検討を行う。本研究で考えている減容化は①汚染地盤の掘削、②汚染物質の分別・回収、③脱水による減容化、である(図-1)。

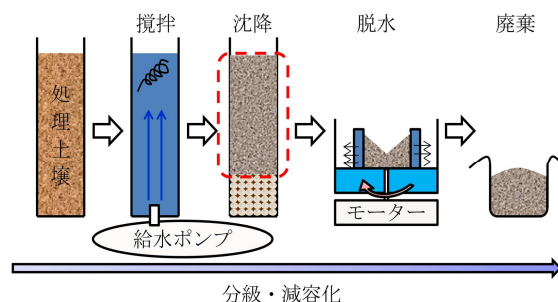


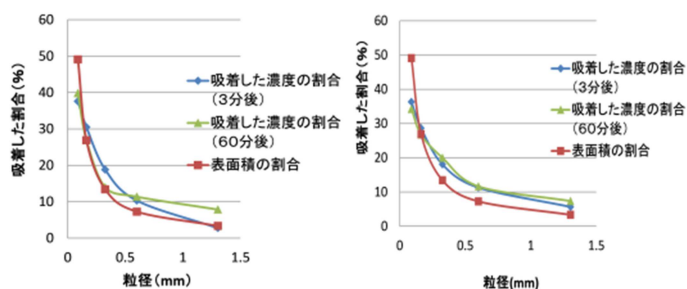
図-1 減容化の手順

2. イオンの選定

セシウムイオンは放射性物質であるため、本研究では土に吸着する点で性質が類似しているイオンを使う。陽イオンであり、水和エネルギーが小さく、イオンサイズが十分に大きいという条件から、アンモニウムイオンとカリウムイオンを選定した。アンモニウムイオンとカリウムイオンは陽イオンであり、水和エネルギーが小さい。またそれぞれのイオンサイズはアンモニウムイオンが半径約 $1.43\text{\AA}$ 、カリウムイオンは半径約 $1.33\text{\AA}$ であり、セシウムのイオンサイズ半径約 $1.69\text{\AA}$ に類似している。これらの陽イオンと土粒子との結合力は水和エネルギーの小さい順、すなわち、 $\text{K}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{Cs}^+$ の順で大きくなる。また、 Cs^+ は、 K^+ に対しておよそ 1000 倍、 NH_4^+ に対しておよそ 200 倍の選択性でフレイド・エッジに固定される¹⁾。

3. 減容化に関する基礎的研究

イオンが土粒子に吸着する量は、土粒子の表面積の大きさと比例すると考えられるため、イオンが吸着する量と土粒子の表面積の大きさの関数に注目して、土粒子のイオン吸着試験を行った。また土粒子の表面積の計算は、粒径加積曲線の質量分布から求めた。その結果、図-2 のように、土粒子の表面積が占める割合と全体のイオン吸着量に対する各粒径の土粒子に吸着したイオンの量が占める割合が比例関係にあることが分かった。



(NH₄⁺)

(K⁺)

図-2 吸着した濃度の割合と表面積の関係

キーワード 放射性物質, 汚染土壌, 減容化

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 神戸大学都市安全研究センター・地盤環境リスク評価研究室 Tel:078(803)6029

4. 汚染物質の分別・回収における減容化効率の検討

土粒子のイオン吸着実験を行い、図-1 に示した減容化の手順の中の処理土壌を攪拌し、沈降させる過程（汚染物質の分別・回収）の中で、イオンの吸着量が水深、沈降時間の違いによってどのような変化を示すのかを検討した。また、本試験ではカリウムイオンを用いた。

(1)試験方法

メスシリンダー内に所定の質量の試料および蒸留水を入れ、良く攪拌し、メスシリンダーを静置する。所定時間経過後、層ごとに5つの区間に区切り、各層の試料を分別回収する。分別回収した各層の試料を、一定質量になるまで炉乾燥する。乾燥試料にカリウムイオン溶液を加え、イオンメータ(東興化学研究所製, TiN-7003i)を用いて行い、カリウムイオンが土粒子に吸着した量を測定する。本試験では3つの場合について試験を行った。土粒子の質量100(g)に対して蒸留水を目盛り250(ml)まで入れた場合を(a), 200(g)に対して250(ml)まで入れた場合を(b), 100(g)に対して150(ml)まで入れた場合(c)とする。

(2)試験結果

それぞれの沈降時間における各層のカリウムイオン吸着量が総吸着量に対して占める割合を図-3 に示す。いずれの場合も、層ごとにイオン吸着量の大きな違いが見られ、特に細粒土が最も多く含まれる層にイオン吸着量が集中していることが分かった。また、その層へのイオン吸着量が総吸着量に対して占める割合は非常に大きく、最も効果的な場合、沈降時間240分の時点で80%を占める。

5. 脱水による減容化における減容化効率の検討

土粒子のイオン吸着実験を行い、図-1 に示した減容化の手順の中の脱水の際に装置に用いるフィルターに濾紙（定性濾紙型式 No.1, 保留粒子径 6 μ m）を使用すると想定した場合、試料に吸着したイオンの保留率を検討する。

(1)試験方法

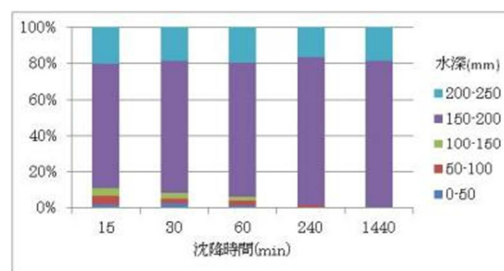
試料を自然濾過および遠心濾過し、保留試料と通過試料を、回収する。回収した各試料を、一定質量になるまで炉乾燥し、カリウムイオン溶液を加え、イオンメータを用いてカリウムイオンが土粒子に吸着した量を測定する。

(2)試験結果

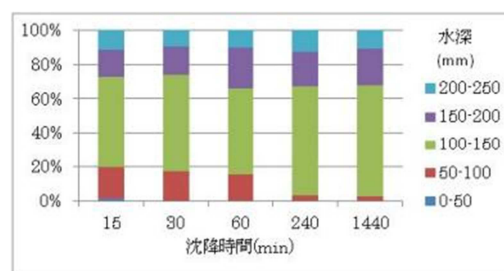
通過試料と保留試料のイオン吸着量の割合を図-4 に示す。遠心濾過を行った場合が(a), 自然濾過を行った場合が(b)である。自然濾過によって脱水した場合、吸着しているイオンの96%保留しているのに対して、遠心濾過の場合、保留率は91%となった。自然濾過による脱水よりも保留率は減少するものの、遠心濾過による脱水も十分な保留率を示し、濾紙を用いて遠心濾過を行うことで減容化の効果を期待できると言える。

参考・引用文献

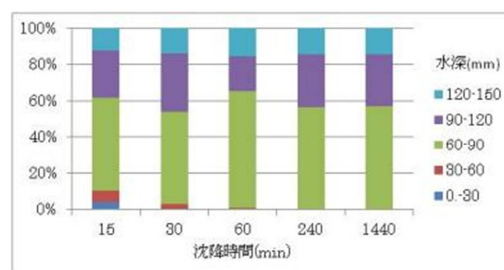
- 1) 中尾 淳：セシウムの土壌吸着と固定，日本学術会議 SCJ フォーラム，学術の動向，2012 年 12 月号
- 2) 西門 優：粒度分布を考慮した土粒子のイオン吸着試験，第 48 回地盤工学会，pp.2159-2160，2013.7



(a)



(b)



(c)

図-3 各層のイオン吸着量が総吸着量に対して占める割合

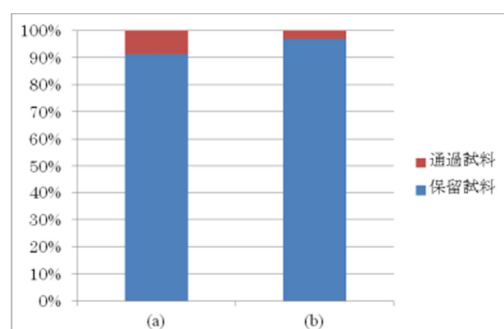


図-4 各試料のイオン吸着量の割合