

土壌中からのセシウム抽出に関する基礎的研究

香川大学 賛助会員 ○宮崎俊, フェロー 吉田秀典, 正会員 松本直通

1. はじめに

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震により引き起こされた福島第一原発事故によって、多くの放射性物質が広範囲に拡散した。現在、これによって汚染された周辺土壌の除染が急務となっている。しかし、今日、有効とされている表土の剥ぎ取りによる除染では、大量の汚染土壌が排出されることから、中間処理施設や保管場所の確保が困難であるという問題がある。こういう諸問題を解決することを目的として、著者らは電気泳動法を利用した土壌の除染手法を提案している。この手法では、汚染土壌を剥ぎ取ることなく、土壌中の放射性物質を吸着材へ吸着させることで、剥ぎ取りにおける手間の軽減および汚染土壌よりはるかに少ない吸着材を使用することによる汚染物質の減容化という特徴がある。しかしながら、セシウムは粘土鉱物に特異的に固着する性質を有しており、人々の身近に存在するグラウンドに用いられることも多いまき土では、含まれている粘性土にセシウムが固着していることが考えられる。この粘性土に固着したセシウムを抽出することは電気泳動法だけでは困難であるという問題があり、こうしたセシウムを効率的に抽出できる条件の研究が急がれている。そこで、本研究ではグラウンドを想定した土壌としてまき土を研究対象とし、セシウムの持つ粘土鉱物への吸着特性に着目して、まき土におけるセシウムの効率的な抽出効果を検討、考察することを目的とする。

2. 粘土鉱物への吸着メカニズムおよび酢酸アンモニウム概要

セシウムイオンが粘土鉱物に特異的に強く吸着するメカニズムは、粘土粒子を構成する鉱物のうち、2:1型層状ケイ酸塩によるものである¹⁾。この2:1型層状ケイ酸塩とは、ケイ素と酸素からなるケイ素四面体シートが、アルミニウムと酸素からなるアルミニウム八面体シートを挟んだ構造を持つ層を一単位とし、ケイ素四面体シートとアルミニウム八面体シートが、2:1の関係で積層した鉱物の総称である(図-1)。ケイ素四面体シートとアルミニウム八面体シートでは、ケイ素、あるいはアルミニウムの一部が、正電荷量の少ない別の元素に置き換わると、シートが正電荷不足となり負電荷が発現する。この発現した負電荷を層電荷といい、これによって両シートの層間に陽イオンが吸着される。このとき、とりわけセシウムイオンに対して高い選択性を示すことおよび四面体シートにできる穴にセシウムイオンが、強く整合することが、粘土鉱物がセシウムを特異的に強く吸着する理由である。このように粘土鉱物に強く吸着されたセシウムに対して、抽出効果を期待できる物質にアンモニウムが挙げられる。この理由は、アンモニウムイオンがセシウムイオンの半径とほぼ等しく、セシウムイオンほどではないが、四面体シートの層電荷における選択性が比較的高いことが挙げられる。そこで、本研究ではイオンの抽出に広く用いられている酢酸アンモニウム水溶液を抽出溶液として用いた。また、抽出溶液の濃度については酢酸アンモニウムの飽和水溶液(60 wt%)の2%濃度の酢酸アンモニウム水溶液(1.2 wt%)を本研究における基準濃度(1倍)としている。

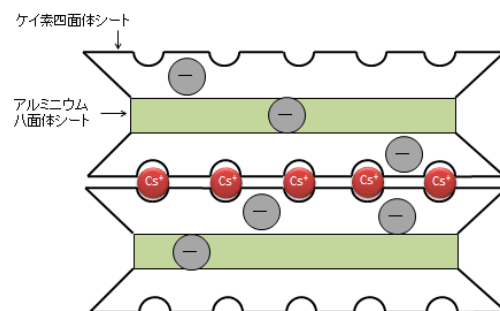


図-1 2:1型層状ケイ酸塩²⁾

3. 試験および分析手法

試験において、まき土 200 g にセシウムを 38.1 mg 添加させたものを汚染土壌と想定して、抽出溶液に浸漬させる試験を行った。試験容器は厚さ 3 mm のアクリル板で容器（外寸 80 mm × 60 mm × 70 mm）を作製し、試験に用いた。抽出試験における浸漬時間は 120, 168, 336 時間、抽出溶液は基準濃度の 1, 2, 3, 5, 10 倍濃度の酢酸アンモニウム水溶液をそれぞれ 100 mL 用いた。

電気泳動試験では、浸漬試験に加え図-2 に示すように、土壌の最下部に導線を繋げた炭素棒（陽極）を設置

し、土壌の直上に吸着材（7 cm×5 cm）を設置する．この試験は酢酸アンモニウム水溶液を 70 mL 加え、吸着材の上に陰極となるアルミ板を設置し、通電を行った．通電は 0.05A の定電流を 168 時間（1 週間）通電した．また、本研究では吸着材として不織布にヒドロキシアパタイト（HAp : Hydroxy Apatite）を重量比 10 % 添加したシート（不織布 120 g / m² に対し HAp12 g / m²）を使用している．浸漬および通電終了後のまさ土に、試験に用いたものと同濃度の酢酸アンモニウム水溶液を 100 mL 加え、攪拌機を用いて攪拌（300 rpm×10 分）を行い、これを 8 回繰り返す．攪拌によってまさ土に残留しているセシウムを洗い出し、その洗い出した溶液に対して原子吸光装置を用いて分析することで、抽出されたセシウムの量を算定した．なお、再現性を確保するため、全ての試験において同条件の下 3 回試験を行うこととする．

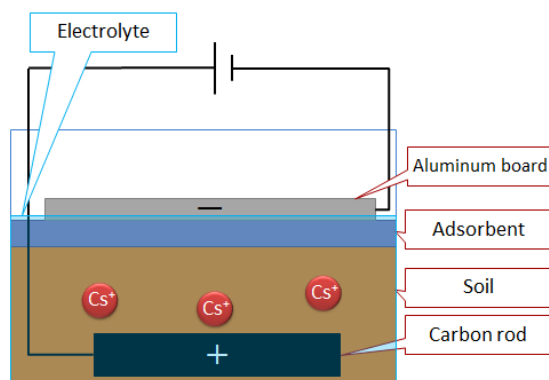


図-2 電気泳動試験概略図

3. 浸漬抽出試験結果および考察

浸漬抽出試験について、浸漬時間および抽出溶液の濃度を変化させた場合における試験の結果および考察を示す．図-3 において横軸に抽出溶液の濃度（倍）を示し、縦軸にセシウム抽出率（%）を示している．図-3 より浸漬時間 120, 168 時間共に抽出溶液の濃度が高くなるにつれてセシウム抽出率も上昇していることが確認できる．また、浸漬時間 120, 168 時間の抽出溶液が 1, 2, 3 倍濃度の場合において、全て 168 時間の方が高い抽出率を示す結果となった．このことから、浸漬時間が長く、抽出溶液濃度が高いほど、セシウム抽出効果が高まることが確認できた．そこで、より濃度を高く、浸漬時間を長くした試験を行った．浸漬時間 168 時間において、抽出溶液濃度を 5, 10 倍と高めた試験では、3 倍濃度と比べると抽出率は上昇したが、5, 10 倍濃度の間では、どちらも抽出率に大きな差は見られず、濃度の違いによる顕著な差は認められなかった．次に、時間の延長による抽出効果をより詳しく調べるため、3 倍濃度の抽出溶液において浸漬時間を 336 時間まで延長した試験を行った．結果は 120, 168 時間とほぼ変わらない抽出率となり、浸漬時間においては 168, 336 時間の間で顕著な差は確認できなかった．

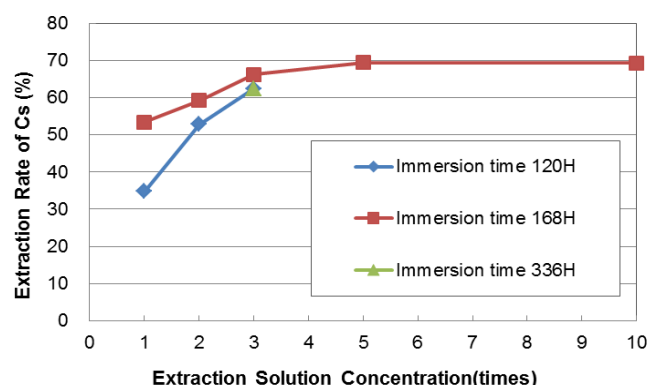


図-3 浸漬抽出試験結果

4. まとめ

本研究では、粘性土を含むまさ土からセシウムを抽出するにあたり、抽出溶液の濃度と溶液に浸漬させる時間に重点を置き、これらを変化させた場合における浸漬抽出試験を実施することで、抽出効果の違いを確認し、より効率的な抽出条件を検討、考察することを目的として試験を実施した．浸漬抽出試験において、抽出溶液の濃度と浸漬時間の増加に伴い抽出率も上昇したが、抽出溶液の濃度においては 5 倍濃度以上に濃度を高くしても、抽出率に顕著な差は認められず、濃度による抽出効果のピークが 5 倍程度であると考えられる．浸漬時間では溶液濃度 3 倍において 168 時間から 2 倍の 336 時間に浸漬時間を延長しても、抽出率に大きな変化は表れず、浸漬時間による抽出効果のピークが 168 時間程度であると考えられる結果となった．ピークと考えられる抽出率が約 70 % であることから、残留している約 30 % のセシウムをいかにして抽出するかが、今後の課題であると言えよう．

参考文献

- 1) 中尾淳, (2012) セシウムの土壌吸着と固定, 放射能除染の土壌科学, 3-6
- 2) 日本土壌肥料学会, (2011) セシウム(Cs)の土壌でのふるまいと農作物への移行