

土壌からのセシウム抽出と吸着に関する研究

香川大学 ○宮崎俊, フェロー 吉田秀典
正会員 末永慶寛, 松本直通, 学生会員 柴田慶一郎, 松森大輔

1. はじめに

東京電力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され、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。現在の除染方法は、汚染土壌は表土を剥ぎ取って回収し、貯蔵施設等に保管するというのが主流となっている。ここで、表土の剥ぎ取りによって排出される大量の汚染土壌の回収費用の問題や、保管場所、すなわち中間貯蔵施設の確保が困難であるという問題があることから、放射性廃棄物の減容化が強く求められている。このようなことから、汚染土壌等から放射性物質のみを分離することが望まれるが、土壌中の粘土鉱物は、放出された放射性物質の大半を占めるセシウムを選択的に吸着する性質を有しており、粘土鉱物に吸着されたセシウムを抽出することは難しい。そこで、本研究ではセシウムの効率よい土壌からの抽出について検討すると同時に、土壌中の水分に溶解した状態のセシウムイオンのみを吸着材に吸着させる試験（電気泳動試験）を実施し、汚染土壌の減容化の可能性を探ることを目的とする。

2. 土壌中におけるセシウム

粘土鉱物がセシウムを選択的に吸着する性質は、粘土鉱物を構成する鉱物のうち、2:1型層状ケイ酸塩の存在によるものである¹⁾。この2:1型層状ケイ酸塩とは、ケイ素原子を4つの酸素原子が囲んで形成される四面体が二次元に連なってできるケイ素四面体シートと、アルミニウム原子を6つの酸素原子が囲んで形成される八面体が二次元に連なってできるアルミニウム八面体シートという2つのシートが、2:1の関係で積層した鉱物の総称である。これら2つのシートでは、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、これによって層間を中和するかたちで陽イオンが吸着される。この層電荷の、とりわけセシウムに対する高い選択性こそが、粘土鉱物がセシウムを選択的に吸着する要因である。また、土壌が風化することによって粘土鉱物の末端部がほつれるように膨潤すると、陽イオンが入り込んで行くことができる部分が形成され、このような部分をフレイド・エッジと呼ぶ。このフレイド・エッジにおいてもセシウムの選択性が非常に高く、フレイド・エッジに固定されたセシウムは他の陽イオンと置換することが困難となるため、こうしたフレイド・エッジの存在も粘土鉱物がセシウムを強く吸着する要因である。

3. 電気泳動試験

本研究では、土壌から抽出したセシウムを吸着材へ移動、吸着させる手法として、電気泳動法を用いた。電気泳動とは、荷電粒子あるいは分子が電場中を移動する現象のことで、荷電粒子や分子は自らの持つ電荷と逆の電極に移動する。電気泳動法を用いた試験では、セシウムを添加したまき土を試験容器に投入し、陽極となる炭素棒(直径 15 mm, 長さ 40 mm)を設置する。それを抽出溶液および電解質である酢酸アンモ

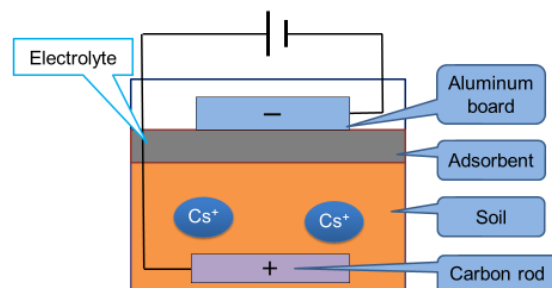


図-1 電気泳動試験概略図

ニウム水溶液(100 mL)で浸漬させて、土壌の上に吸着材を設置する。最後に吸着材の上に陰極となるアルミ板(横 30 mm, 縦 90 mm)を設置する(図-1)。セシウムは溶液中において陽イオンとして存在するため、通電を行うことで陰極であるアルミ板に引き寄せられ、陰極の下に置かれた吸着材に吸着される。

4. 土壌中のセシウムの抽出試験および電気泳動試験

土壌中のセシウムを効率良く抽出することを目的とした抽出試験およびセシウムの吸着材への吸着を目的とした電気泳動試験の結果および考察を以降に示す。図-2 は抽出試験におけるセシウムの抽出率を表したもので

ある。図-2 より、抽出試験では、浸漬時間の延長することや抽出溶液の濃度を高くすることでセシウムの抽出率が向上することが分かる。

電気泳動試験では、抽出溶液に 168 時間浸漬させた土壌に対して通電を行い、その通電時間を 6, 12, 24, 48 時間と変化させることによるセシウムの吸着効果を比較した。図-3 より、通電時間を 48 時間確保することで、吸着材を用いた試験では、吸着材を用いていない試験よりもセシウムの抽出率が 24.0%低下していることが分かる。低下した 24.0%のセシウムの大半は吸着材に吸着されたと考えられることから、電気泳動法による土壌中のセシウムイオンの移動が確認できた。

5. 養生土壌を用いたセシウムの抽出試験および電気泳動試験

土壌にセシウムを添加した後、それを一定期間放置することで、セシウムが土壌にどの程度固着するのかを調べるために、セシウムを添加した土壌を一定期間(120h)養生し、養生土壌を用いて抽出試験および電気泳動試験を実施した。これより、養生期間が土壌からのセシウム抽出および吸着にどの程度影響を与えるのかを確認した。以降に本試験で得られた結果および考察を示す。

図-4 は同抽出試験条件における養生していない土壌と養生土壌のセシウムの抽出率を示した図である。この図から、養生土壌では、養生していない土壌と比較すると、セシウムの抽出率が約 45.0%低下することが確認できた。ただし、養生土壌に投入したセシウムの量は 3.8 mg である。養生土壌と養生していない土壌とで投入セシウムの量が異なるとはいえ、養生土壌においては、セシウムの抽出率が低下していると言えよう。電気泳動試験では、吸着されたと考えられるセシウムは 5.4~7.2%程度と少なく、吸着効果が減少した要因として、養生によってセシウムの抽出率が低下したことが考えられる。

6. まとめ

本研究では、粘土鉱物を含む土壌からセシウムのみを効率よく抽出し、抽出したセシウムを吸着材へ吸着させることで汚染土壌の減容化の可否を探ることを目的に研究を行った。酢酸アンモニウムを用いた抽出試験より、養生の期間等で差異はあるものの、土壌中のセシウムを抽出できることが、また、電気泳動試験より、溶解しているセシウムイオンを移動させることが可能であることが判明した。また、土壌にセシウムを添加してから一定期間養生することで土壌からのセシウムの抽出率が低下することも判明した。本研究の養生期間より遥かに長い年月が経過している実地土壌では、さらにセシウムの抽出および吸着効率が低下することが考えられる。そのため、本研究で用いた試験条件では、十分に汚染土壌の減容化することは難しい。そのため、今後は養生した土壌からセシウムをより効率よく抽出することが課題である。

参考文献：1) 中尾淳：セシウムの土壌吸着と固定，放射能除染の土壌科学，学術の動向 2012 年 10 月号，pp.40~45, 2012.

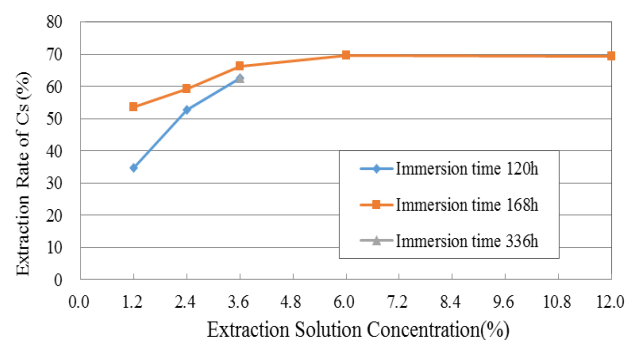


図-2 浸漬抽出試験のセシウムの抽出率

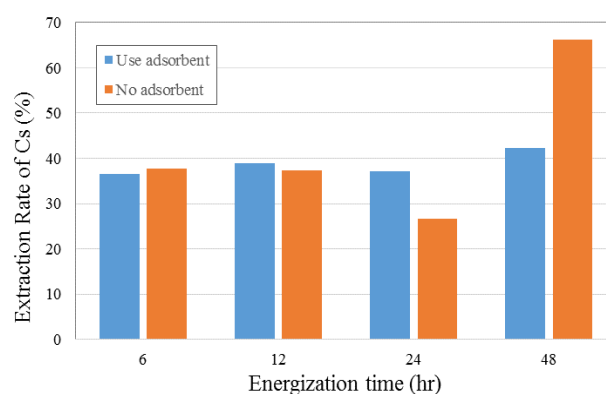


図-3 電気泳動試験のセシウムの抽出率

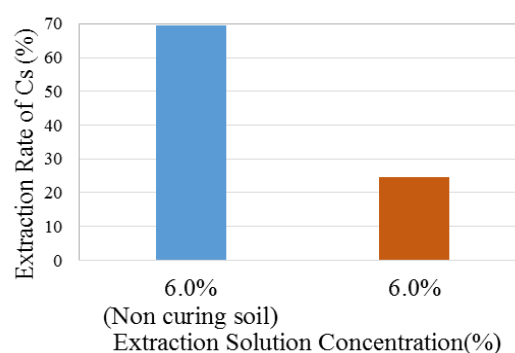


図-4 養生の有無によるセシウムの抽出率