

乾湿繰り返しを受けた地盤におけるセシウム抽出に関する研究

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

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し、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、主な放射性物質であるセシウムによって汚染された土壌は、表土を剥ぎ取り仮置き場等に保管している。セシウムは、粘土鉱物に選択的に吸着され、吸着された粘土鉱物からセシウムを抽出することは難しい。抽出が難しい要因の一つに、粘土鉱物の風化によってフレイドエッジと呼ばれる部分が形成されることである。フレイドエッジは土壌の風化によって形成され、風化は乾湿の繰り返し等で増長されると考えられている。土壌が風化した場合、土壌からセシウムが抽出されるかどうかは、分かっていない。そこで、本研究では、土壌の風化の促進試験を行い、土壌の風化の程度により土壌からのセシウムの抽出がどのような影響を及ぼすのかを確認することを目的とする。

2. 土壌中のセシウム

粘土鉱物がセシウムを特異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。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的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、これにより層間を中和する形で陽イオンが吸着される。この層電荷が、特にセシウムに対して高い選択性を示すことが、粘土鉱物がセシウムを特異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、貼りあわせた紙の端や破れた部分がめくれあがるように、粘土鉱物層のシートどうしが離れ、粘着力が弱まる。この時、粘土鉱物の末端部が膨潤し、陽イオンが入り込んで行くことのできる部分が形成される。このような部分をフレイドエッジと呼ぶ(図-1)。このフレイドエッジもセシウムの選択性が高く、フレイドエッジに固着されたセシウムは、他の陽イオンと置換することが困難となるため、フレイドエッジも粘土鉱物がセシウムを強く固着する要因である。

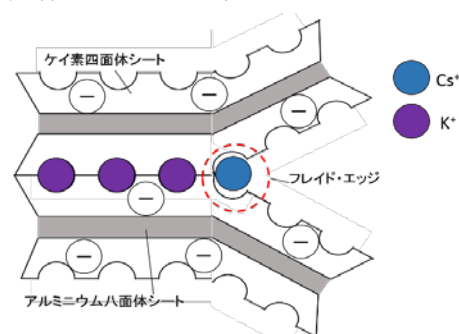


図-1 フレイドエッジ（ケイ酸塩）

このような部分をフレイドエッジと呼ぶ(図-1)。このフレイドエッジもセシウムの選択性が高く、フレイドエッジに固着されたセシウムは、他の陽イオンと置換することが困難となるため、フレイドエッジも粘土鉱物がセシウムを強く固着する要因である。

3. 試験方法

風化とは、鉱物が膨張と収縮を繰り返し、細かく砕かれていくことである。人工的に土壌を風化させるには、土壌の湿潤と乾燥を繰り返すことが有効であると考えられる。そこで、湿潤と乾燥を繰り返す試験を実施した。試験手順については、まさ土 200 g に対して

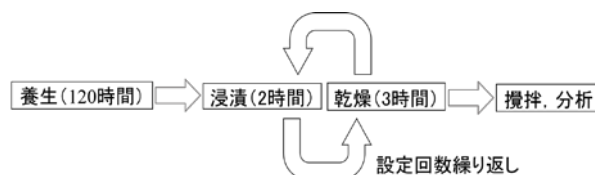


図-2 乾湿繰り返し試験概略図

水酸化セシウム水溶液 1 mL (3.8 mg) を容器に添加し、均一になるようにかき混ぜた後、120 時間養生する。120 時間の養生後、蒸留水 (70mL) を土壌中に入れて 2 時間浸漬させる。次に、浸漬させた容器を電気炉 (110℃) に入れ、3 時間乾燥させる。この湿潤・乾燥を数回行い、その後、セシウムを抽出す

るために、試料に酢酸アンモニウムを添加して攪拌し、攪拌後、原子吸光光度装置を用いて定量分析を行う。図-2 は乾湿試験の概要図である。試験では、浸漬（2 時間）と乾燥（3 時間）を合わせた 5 時間を 1 サイクルとし、本試験では、120 時間の養生後、サイクル回数を 1, 2, 5 回と変化させていくことで、セシウムの抽出率を調べることにする。分析方法としては、試験後の土壤に酢酸アンモニウム水溶液を加し、毎分 300 回転の攪拌機を用いて 10 分間攪拌する過程を 8 回繰り返す、それぞれの溶液を保存した後、原子吸光光度計を用いてまき土中のセシウム残存量の定量を行った。再現性を確保するため 1 つの試験において、同条件の試験 3 回ずつ行っている。

4. セシウムの養生試験

土壤にセシウムを添加し、一定時間経過後、セシウムの抽出率に変化があるかどうかを把握するために養生試験を実施した。図-3 より、24 時間の養生では約 60% のセシウムの抽出率を確認できたのに対し、120 時間の養生では、約 30% にまで低下し、さらに、145 時間の養生では約 20% にまで低下することが分かる。130 時間までは、ほぼ比例的に減少し、その後は、横ばい傾向である。

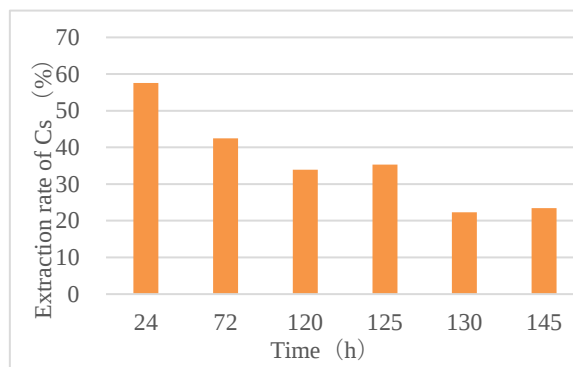


図-3 養生試験結果（平均値）

5. 蒸留水を用いた乾湿繰り返し試験

乾湿繰り返し試験は蒸留水を用いて浸漬を行い、乾湿の繰り返しを行うことによって、粘土鉱物に固着したセシウムがどのような影響があるのか検証することを目的としている。図-4 は、蒸留水を用いて乾湿繰り返しを行った際のセシウム抽出率と繰り返し回数をグラフにしたものであり、図中の 0 サイクルは、図-3 の場合の 120 時間放置のみの試験結果と同じものである。この結果から、乾湿を行う前の 120 時間養生では、セシウムの抽出率が 35% であったのに対して、乾湿を 1 回行うことでセシウムの抽出率が約 15% となり、抽出率が約 20% 低下している。さらに、乾湿の繰り返し回数を増やしていくにつれて、セシウムの抽出率が時間の経過とともに上昇していることが確認できる。乾湿を 1 回繰り返すことで本来形成されていなかったフレイドエッジが形成され、抽出率が低下したと推測される。

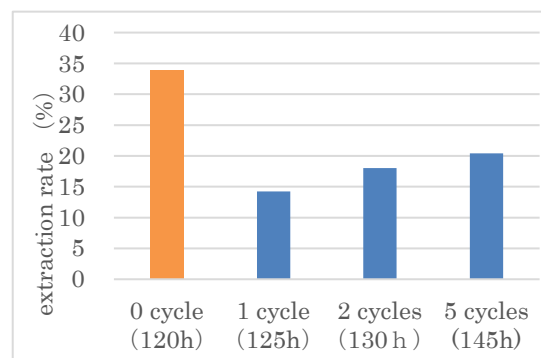


図-4 乾湿繰り返し試験結果（平均値）

6. まとめ

本研究では、一定時間経過でセシウムの抽出量の変化を把握するため養生試験を行った。また、乾湿を繰り返して行うことによって、セシウムの抽出率にどの程度変化があるのか調ために、乾湿繰り返し試験を実施した。これらの結果と知見を示す。養生試験では、期間を長くするにつれて、130 時間まではほぼ比例的に減少しているが、その後は、横ばいになると推測される。つまり、130 時間以上養生させた土壤からセシウムを抽出させることは、20% が限界であると推測される。本試験で用いた土壤より約 5 年も経過している実地土壤では、抽出可能なセシウムは 20% 以下であることが考えられる。乾湿繰り返しを行った土壤は、回数を増やしていくと抽出率が上昇することが確認された。一般的に、乾湿を繰り返すことで抽出率は減少すると考えられるため、予想と異なる結果を得た。乾湿の繰り返しが 3 パターンしかないため、サイクル回数を増やしてセシウム抽出率の傾向を探ることが必要である。

参考文献

- 1) 農文協刊：放射性物質の土壤中での動き，最新農業技術 土壤施肥 vol.4, pp1-9, 2011