

土壌中のセシウムの抽出と吸着に関する研究

香川大学 学生会員 田中絢人, フェロー 吉田秀典, 正会員 松本直通

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に起きた福島第一原発事故により、大量の放射性物質が広範囲に渡って拡散した。現在行われている汚染土壌の主な除染方法は、表土の剥ぎ取りであるが、対象となる年間 5mSv 以上の区域を除染した場合、最大で東京ドーム 23 杯分 (2879 万 m³) にも相当する汚染土壌が排出される。最終処分場の計画が不透明であることに加え、中間貯蔵施設また仮置き場の土地確保に難航しているため、現在の除染方法は適当とは言いがたい。本研究では、除染対象であるセシウムが水溶性に富む陽イオンであることを利用し、電気泳動法を用いて汚染土壌よりもかなり小さい容積の吸着材にセシウムを吸着させることで、除染と減容化の同時達成を試みるが、その際の課題として、土壌に強く固着したセシウムをどうやって抽出し、かつ、どのようにして効率よく吸着させるかどうかということが挙げられる。そこで、セシウム添加後の時間経過を変化させた上でその抽出特性について、また、より現実に近い大規模装置や吸着シートを用いた試験を通してセシウムの吸着特性について調査することを目的とした。

2. 研究の手法

本研究では、豊浦標準砂にセシウム (38.13mg) を含ませ、これを汚染土壌に見立て実験を行った。まず、小型容器 (6cm×7cm×8cm) を用いた電気泳動吸着試験方法について説明する。小型容器を用いた実験では、豊浦標準砂の最下部に陽極側の導線をつなげた炭素棒を埋め込み、さらに、吸着材上部に陰極側の導線をつなげたアルミ板を設置し、電解質 (酢酸アンモニウム水溶液 70mL) を加えた上で、通電を行った (図 1)。これにより、セシウムが陽イオンであるため陰極側に引き寄せられ、その過程で吸着材に吸着される。なお、通電は危険性を考慮し電流値 0.05A で固定した。通電終了後、蒸留水 100mL を加え、豊浦標準砂を攪拌 (10 分間×4 回) することで、砂中に含まれるセシウムを洗い出し、その洗い出した溶液ならびに電解質に対し、原子吸光分析装置を用いて溶液中のセシウム残存量を測定した。これらの残存量と初期状態を比較し、その差分量が吸着材に吸着されたと考えた。

さらに、小型容器を用いたセシウムの電気泳動吸着試験を拡張させ、大型実験装置 (100cm×70cm×30cm) を用いて、より実地試験に近い形式でセシウムの電気泳動吸着試験を行い、セシウムの吸着特性を調べた。大型装置では、まず、アクリル水槽内に、陽極側の導線に接続した金具を設置した炭素棒を側面から 10cm 離れた地点に配置し、豊浦標準砂を炭素棒が完全に隠れる深さまで敷き詰める。次に、20 倍に希釈した水酸化セシウム 1mL (セシウム 38.13mg) を添加し、60cm×90cm に加工した吸着シート (厚さ 0.4cm) を敷き、電解質として、酢酸アンモニウム水溶液 3L を加え、陰極側の導線をつなげた鉄板を設置し、通電を行う。また、電流は 0.05A で一定とし、電圧は 40V を上限に設定した。通電終了後、セシウム添加点を中心に、5cm×5cm の範囲で豊浦標準砂を取り出し、攪拌を行い、セシウム残留量を測定した。

3. 浸漬試験の結果および考察

浸漬試験において、セシウム添加後浸漬するまでの時間を変化させた場合における試験結果および考察を示す。表 1 はセシウム添加後すぐに酢酸アンモニウムによる浸漬を始めた場合とセシウム添加後 1 ヶ月放置した後に浸漬を始めた場合におけるセシウム抽出量を示している。セシウム添加後すぐと 1 ヶ月放置の結果を比較すると、それぞれのセシウム平均抽出量は 33.65mg, 34.33mg となっており、両者の間で大きな差はない。抽出率に換算するとそれぞれ 88.33%, 90.11%と大部分が抽出できていることから、試料が標準砂であればセシウムを添加してから時間が経過しても酢酸アンモニウムで十分に抽出できることがわかる。

4. 吸着材試験結果および考察

本研究より以前の研究では、高い吸着性能を持つことから粉末タイプのハイドロキシアパタイト (HAp) を

用いていたが、実際の土壌に適用した場合、粉末タイプのもものでは回収が困難となるため、専用の吸着シートを作成した。以下にこの専用シートを用いて 48 時間の電気泳動試験を行った結果および考察を示す。なお、本試験でも電解質には酢酸アンモニウムを用いている。表 2 は粉末 HAp を用いた場合と吸着シートを用いた場合の通電後のセシウム残存量を示している。吸着シートを用いた場合の残存率は 5% 程度になり粉末 HAp と比較しても吸着性能に大差はなく、吸着シートにも十分高い吸着能力があることがわかる。

5. 大型電気泳動試験結果および考察

大型通電試験の結果について考察を述べる。セシウムを E 地点に添加すると、地点 D、地点 E、地点 G、地点 H において多くのセシウムが検出され、地点 A、地点 B、地点 C、地点 F、地点 I においてはほとんど検出されないことがわかった（表 3）。これは、電流が図 2 の左下に向かって流れており、電気泳動により地点 E に添加したセシウムが地点 D、地点 G、地点 H 側に移動させられたため、このような結果になったと考えられる。また、セシウムの総残存量は 20.22mg となり、セシウム残存率は 53% 程度となった。この結果より、大型通電試験においても、電気泳動法によりセシウムを吸着できているといえるが、小型試験と比較すると効果が落ちている。また、検出箇所が限られていることから、これらの地点以外にセシウムが拡散している可能性あるため、調査範囲を広げる必要がある。

6. まとめ

浸漬試験より、土壌材料が標準砂であればセシウム添加後の時間経過の程度に係わらず、酢酸アンモニウムを用いることで高い抽出性能を確認できた。大型試験においても、電気泳動法にてセシウムを吸着させることが可能であることが判明した。しかしながら、小型試験と比較すると通電性の低下等により吸着効果が落ちている。このことを改善することが今後の課題と言える。それには、HAp 含有量の違い、電解質の量、通電時間などを変化させるなど、さらなる試験を行い、吸着性能の向上について検討していく必要があろう。また、今回の試験においては再現性を優先し、品質が安定している豊浦標準砂を使用した。が、今後はグラウンド土や田畑、海底汚泥などを想定し、各種土壌におけるセシウムの吸着特性を調査する必要がある。

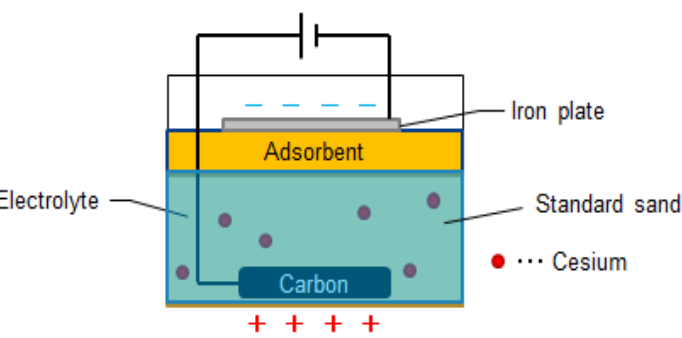


図 1 電気泳動試験概略図

表 1 セシウム抽出量

添加時期	1 回目 (mg)	2 回目 (mg)	3 回目 (mg)	平均 (mg)	抽出率
添加後すぐ	34.21	32.36	34.39	33.65	88.33
1 ヶ月放置	33.98	35.35	33.67	34.33	90.11

表 2 セシウム残存量

	粉末 タイプ	1 回目	2 回目	3 回目	平均
残存量(mg)	0.53	1.87	1.95	2.25	2.02
残存率(%)	1.40	4.90	5.12	5.90	5.31

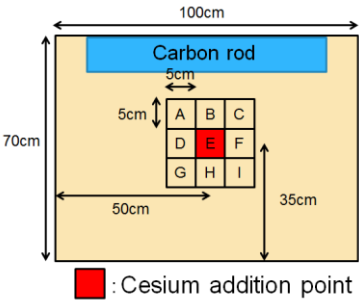


図 2 大型電気泳動試験概要図

表 3 セシウム残存量

	砂 1 回 目 (mg)	砂 2 回 目 (mg)	砂 3 回 目 (mg)	平均 (mg)
地点 A	0	0	0	0
地点 B	0	0	0	0
地点 C	0	0	0	0
地点 D	1.43	3.75	2.47	2.55
地点 E	7.46	11.11	10.57	9.71
地点 F	0	0	0	0
地点 G	2.20	2.51	2.57	2.43
地点 H	9.00	3.73	3.86	5.53
地点 I	0	0	0	0
合計	20.09	21.10	19.47	20.22
残存率	52.73%	55.38%	51.10%	53.07%