

汚染土壤に含まれる重金属の抽出と除去に関する研究

香川大学 学生会員 ○森木和志 フェロー 吉田秀典
正会員 松本直通 正会員 末永慶寛

1. はじめに

古くから続く築地市場は、現代のマーケティングを行うには手狭であり、さらに、老朽化などの問題も顕在化している。これらの問題を解決するには市場を建て直すより、移転の方が合理的と判断され、平成13年に豊洲への移転が決定された。しかしながら、豊洲新市場予定地はかつて存在していたガス工場の生産活動の副産物として排出されていた数種類の重金属などの有害物質によって土壤が汚染されていることが判明した。東京都の調査より、豊洲の汚染土壤の除染方法は確立されており、その中で主として用いられる洗浄処理は大量処理が可能であること、土壤の変質がないというメリットがある反面、汚染土壤の掘削の手間・コストや汚染土壤を処理する際に汚染水が大量に発生するという課題がある。

そこで、本研究では、これらの課題を解決する除染手法として電気泳動法を用いた除去手法を提案する。提案手法を用いた除去手法を用いることで、汚染土壤の掘削を伴うことなく、さらに、汚染水の発生を削減することが可能である。そして、この提案手法の適用性や有用性を検討するために、電気泳動法によって重金属イオンを吸着材である魚骨由来のヒドロキシアパタイトを主成分とするフィッシュボーンアブソーバー(FbA)に引き寄せ、重金属を吸着した吸着材を撤去することで除染する実験を豊浦標準砂に重金属を添加した模擬汚染土壤に対して行った。これにより、電気泳動を用いた除去手法で除去することが可能か否かについて検討することとした。

2. 研究の手法

本研究では、電気泳動試験を行うにあたり、酢酸アンモニウム水溶液、酢酸ナトリウム水溶液が重金属イオンの抽出に適しているか否かを確認するための基礎試験として、蒸留水および各抽出液を用いた土壤からの重金属の抽出試験を行った。抽出液は酢酸アンモニウム水溶液、また、比較のために、蒸留水、酢酸ナトリウム水溶液の計3種類を用いて試験を行った。水溶液の濃度はいずれの水溶液も質量パーセント濃度5%で行っている。電気泳動試験では、試験容器に陽極となる炭素棒(直径15mm、長さ40mm)を設置した後に、模擬汚染土壤を容器に投入する。その容器に電解質である酢酸アンモニウム水溶液(50~60mL)を浸漬させ、模擬汚染土壤の上に吸着材を設置する。吸着材は試験後回収するためにろ紙とボルディングクロスを組み合わせた簡易容器内に設置した。最後に吸着材の上から陰極となるアルミ板(横30mm 縦90mm)を設置する。重金属イオンは溶液中では陽イオンとして存在するため、通電により陰極であるアルミ板に移動し、吸着材に吸着される。電気泳動試験概略図を図-1に示す。

本試験では吸着材として粉末状のFbA10gを使用した。電気泳動試験に用いる模擬汚染土壤は湿潤状態の豊浦標準砂200gに対し、1mgの重金属を添加したものを168時間の養生したものである。通電条件は通電時間を48時間、電圧値を25V以下に固定した。電流値は0.05Aとして試験を行った。以上の試験をマンガン、ニッケル、亜鉛、カドミウム、鉛の5種類の重金属に対して行った。

3. 試験結果

土壤からの重金属の抽出試験の結果をまとめてグラフ化したものを図-2に示し、電気泳動試験の結果をまとめてグラフ化したものを図-3に示す。

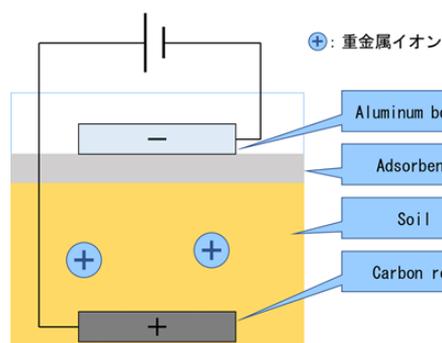


図-1 電気泳動試験概略図

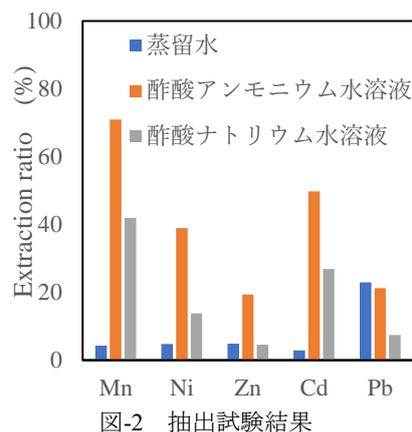


図-2 抽出試験結果

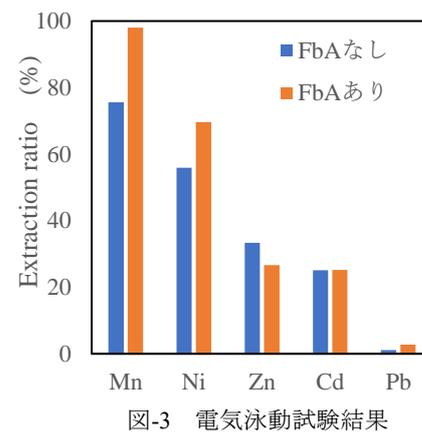


図-3 電気泳動試験結果

4. 考察

まず、抽出試験について考察する。図-2より、重金属5種中の4種において、蒸留水を用いた場合より酢酸アンモニウム水溶液を用いた場合の方が重金属の抽出率が高い値を示したことから、蒸留水より酢酸アンモニウム水溶液の方が重金属元素の抽出効果が大いと考えられる。これはアンモニウムイオンが持つイオン交換特性により、土壤に吸着していた重金属イオンとアンモニウムイオンが置換したことに起因すると考えられる。また、5種中の3種において、蒸留水を用いた場合より酢酸ナトリウム水溶液を用いた場合の方が高い重金属の抽出率を示したが、酢酸アンモニウム水溶液を用いた場合より低い値を示すことから、試験を行った3種類では最も酢酸アンモニウム水溶液が土壤中からの重金属の抽出適していることが分かった。

電気泳動試験では、吸着材の有無による2つのケースの重金属の抽出率を比較し、吸着材への重金属の吸着効果を確認した。図-3では左から質量の昇べき順に重金属元素を表記しており、両ケースともに重金属の抽出率が左から順に低下していくのが見て取れる。これは重金属元素の重さが関係していると考えられる。本試験では電気泳動試験を行う際には図-1に示すように陰極であるアルミ板を装置の上方に設置し、陽極である炭素棒を装置の下方に設置して、試験を行う。つまり、陽イオンとして溶液中に存在する重金属イオンを装置上方に設置している陰極であるアルミ板に引き寄せて抽出するため、重金属イオンが重力の影響を受けてしまっていると考えられる。重金属元素は比重が4~5(g/cm³)であり、比較的重い元素であるため、質量が小さい元素ほど引き付けやすく、質量が大きい元素ほど引き付けにくい傾向があるということが分かった。しかし、吸着材であるFbAを用いているにもかかわらず、亜鉛以外の元素に関して抽出量がFbAを用いていない試験よりも上回っている。電気泳動によって引き付けられた重金属イオンはFbAに吸着されるため抽出量は低下するはずであるが、本試験の結果を見る限りFbAありの電気泳動試験では重金属の抽出率が上回っているため、FbAは重金属イオンに対する吸着効果が低いことが分かり、重金属イオンを土壤から抽出する効果を促進するような効果がある可能性が考えられる。

5. まとめ

本研究では、電気泳動試験を5種類の重金属に対して行い、吸着材であるFbAに重金属を吸着させることで、土壤中から重金属を除去できる可能性を探った。本試験の結果では、FbAは電気泳動試験における吸着材として適切ではないと判明した。したがって、今後、電気泳動試験するにあたり、通電時の土壤中を移動する重金属のメカニズムの検討を行う必要がある。また、本試験では、土壤中における電気泳動試験しか行っていないため、通電時のイオンの動向を確認すべく水中における電気泳動試験を行う必要がある。

参考文献

1. 東京都中央卸売市場：豊洲市場年表
2. 岡崎正之：歯と骨をつくるアパタイトの科学，東海大出版会，pp30～36，1992
3. 東京都中央卸売市場：豊洲市場予定地の汚染物質処理に関する実験