

生分解性キレート剤を用いた重金属等汚染土壌のソイルフラッシングの基礎的検討その2

西松建設株式会社 正会員 ○山崎 将義, 地井 直行, 石渡 寛之
金沢大学 齋藤 誠, 石井 健斗, 長谷川 浩

1. はじめに

筆者らは重金属等に対するソイルフラッシング(原位置土壌洗浄)に着目し, 生分解性キレート剤を洗浄液とする洗浄方法(以下, キレート洗浄)の確立を目的に検討を行ってきた。前報¹⁾では, 砒素汚染土壌を用いた基礎的な検討を行った結果, キレート洗浄の有効性を見出した。しかしながら, キレート剤の働きによって砒素がより溶出しやすくなることから²⁾, キレート洗浄後の残存キレート剤によって, 土壌溶出量が指定基準以下にならないことが多いといった課題がある。そこで, キレート洗浄後の残存キレート剤の影響を消失させる処理(リンス洗浄)について検討した。本報では, その結果を報告する。

2. 材料および実験方法

2.1 土壌試料

砒素の土壌溶出量(以下 As 溶出量)が指定基準を超過した2種類の土壌を試料として用いた(表1)。試料は乾燥後, 粒径2 mm 以下にふるい分けし, 各実験に供した。リンス洗浄の検討では, より濃度の高い As 溶出量の条件とするため, カラム充填した試料に, 砒素を添加し0.1 mg/L 砒素濃度に調製したキレート剤洗浄液を試料の50倍量通液した。

2.2 キレート剤洗浄液およびリンス洗浄液

生分解性の水溶性キレート剤(市販品)を0.1 M または1 M 酢酸-酢酸ナトリウム緩衝液を用いて, 10 mM, pH3 に調製し, キレート剤洗浄液とした。リンス洗浄液としては, 10 mM 鉄(III)塩水溶液(Fe), 0.1 M 酢酸ナトリウム水溶液(AcONa), 8.4×10^{-3} M 次亜塩素酸ナトリウム水溶液(NaClO), 10^{-4} M 生石灰水溶液(CaO) および 10 mg/L 普通ポルトランドセメント水溶液(セメント)を用いた。

2.3 実験方法

各実験条件を表2に示す。キレート洗浄の効果を確認する実験は浸漬法で行った。浸漬法はカラムに試料を一定の充填密度で充填し, キレート剤洗浄液を試料に対して一定量(液固比)で浸漬させた後, 試料とキレート剤洗浄液を各々回収し, 試料の As 溶出量とキレート剤洗浄液中の砒素濃度を分析した。リンス洗浄の実験はカラム法で行った。カラム法はカラムに一定の充填密度で充填した試料中にキレート剤洗浄液等を通液速度 1 mL/min で所定時間通液した後, 試料の As 溶出量を分析した。

3. 実験結果および考察

3.1 キレート洗浄の効果

浸漬1時間でキレート剤洗浄液中の砒素濃度は0.32 mg/L で, 浸漬6時間までは大きな違いはなかった。浸漬24時間では0.47 mg/L となり, 浸漬1時間よりも約1.5倍に増加した(図1)。一方, As 溶出量は浸漬1時間で0.011

キーワード: 土壌汚染, 重金属等, 原位置浄化, 生分解キレート剤, ソイルフラッシング, 砒素
連絡先: 〒105-0004 東京都港区新橋 6-17-21 西松建設(株) 技術研究所 TEL03-3502-0247

表1 土壌試料の諸性状

試料名	土質	砒素		土懸濁液 pH
		溶出量 (mg/L)	含有量 (mg/kg)	
試料①	礫混じり細砂 (細粒分 25%)	0.012	5 未満	8.4
試料②	上総層群泥岩 (細粒分 75%)	0.036	2.6	8.2

表2 実験条件

検討項目	実験法	試料: 洗浄水量(液固比)
キレート洗浄の効果	浸漬法	キレート剤洗浄液=2
リンス洗浄の効果	カラム法	キレート剤洗浄液=20,50 ^{*1} 精製水=20~120 Fe リンス洗浄液=10 Na/Ca 系リンス洗浄液=20 ^{*2}

^{*1} 精製水リンス洗浄の場合は 20 とした

^{*2} 1段階リンス洗浄の場合は 30 とした

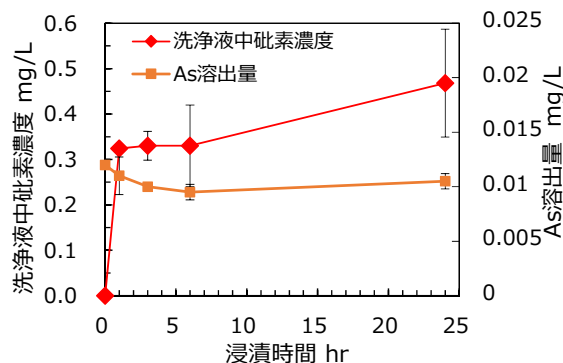


図1 キレート洗浄結果(試料①)

mg/L, 浸漬 6 時間で 0.010 mg/L となり, 僅かに減少する傾向にあるものの, 浸漬 24 時間でも 0.011 mg/L であり, 指定基準に適合しなかった (図 1). これは, キレート剤の土壌表面への吸着とそれに伴う表面電位の変化に基づく砒素の複雑な吸脱着による影響と考えられる²⁾.

3.2 リンス洗浄の効果

キレート洗浄後, リンス洗浄として精製水 (pH 調整なし) を通液した結果を図 2 に示す. リンス洗浄後の精製水中の砒素濃度は通液量が増すにつれ減少し, 試料量の 60 倍量 (液固比 60) の通液で定量下限値未満となった. リンス洗浄後の精製水の pH は通液量が増すにつれ上昇し, 液固比 60 の通液で 5 弱となり, その後はほぼ一定であった.

Fe と Ca 系薬剤のリンス洗浄液を用いて, 2 段階リンス洗浄を行った「Fe (液固比 10) +CaO (液固比 20)」および「Fe (液固比 10) +セメント (液固比 20)」のリンス洗浄条件において, 試料①, 試料②とも As 溶出量が相対的に最も低減した (図 3). 試料①の As 溶出量 (リンス洗浄前 0.016 mg/L) はリンス洗浄後に 0.004 mg/L, 試料②の As 溶出量 (リンス洗浄前 0.050 mg/L) はリンス洗浄後に 0.001 mg/L となり, 試料①, 試料②とも指定基準を満足した. その際の溶出液 pH は, 試料①で 8 程度, 試料②で 5~6 であった. これらのリンス洗浄条件は 2 段階の洗浄となるが, リンス洗浄液量は精製水の場合の 1/2 量で As 溶出量を指定基準以下, かつ pH も中性域に回復させることができ, ソイルフラッシングのキレート洗浄条件として有効と考えられた.

4. まとめ

重金属等汚染土壌を対象とするソイルフラッシングの確立を目的とし, キレート洗浄後の残存キレート剤の影響を消失させる処理 (リンス洗浄) について検討した. その結果, 以下に示すリンス洗浄に関する知見が得られ, キレート洗浄による重金属等汚染土壌のソイルフラッシングの実用性が示された.

- ・精製水 (pH 調整なし) の場合, 対象土壌の 60 倍量のリンス洗浄を行うことにより, 残存キレート剤の影響を消失させることができることがわかった.
- ・鉄 (III) 塩と Ca 系薬剤のリンス洗浄液を用いた 2 段階リンス洗浄を行うことにより, 精製水の場合の 1/2 量で As 溶出量を指定基準以下, かつ pH も中性域に回復させることができることがわかった.

参考文献

- 1) 山崎ら: 土木学会第 72 回年次学術講演会 VII 部門, pp. 11-12, 2017.
- 2) 地井ら: 第 16 回環境技術学会年次大会, pp. 28, 2016.

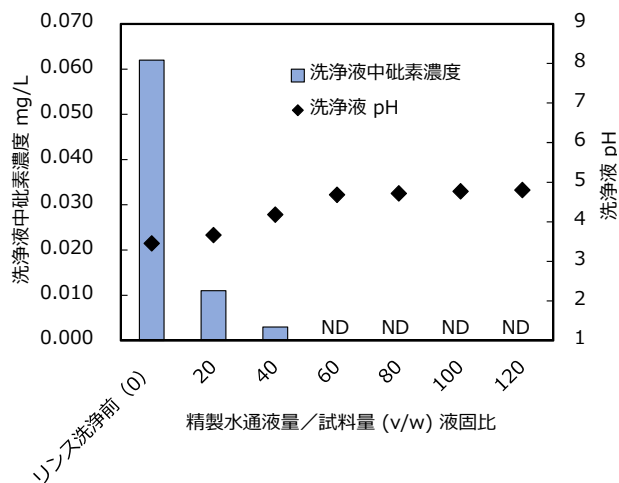


図 2 精製水によるリンス洗浄結果

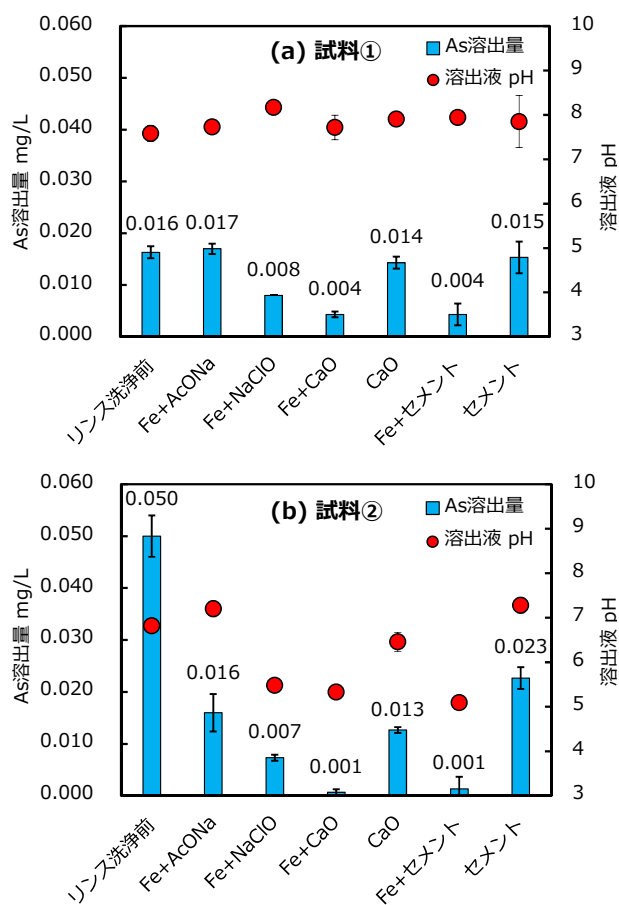


図 3 リンス洗浄の比較結果