

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

西松建設株式会社 正会員 ○山崎 将義, 石渡 寛之

金沢大学

地井 直行, 斉藤 誠, 澤井 光, 長谷川 浩

1. はじめに

平成 22 年の改正土壌汚染対策法施行を機に、掘削除去・場外処分を抑制する機運が高まり、原位置浄化のニーズが増している。このような背景の下、VOC の場合は原位置浄化が採用される対策が多くなっている。しかしながら、重金属等の場合は掘削除去が 323 件、原位置浄化が 4 件と掘削除去に依存している状況に変化がない（環境省の平成 26 年度調査結果¹⁾）。そこで今回、筆者らが開発した生分解性キレート剤を用いた湿式洗浄技術²⁾（以下、キレート洗浄）に着目し、重金属等汚染土壌の原位置浄化技術（ソイルフラッシング法）の確立を目的として基礎的な検討を行った。

2. 材料および実験方法

2.1 土壌試料

上総層群の泥岩（砒素含有量：2.6mg/kg, 砒素溶出量：0.036mg/L）を乾燥後、破碎・ふるい分けし、粒径 2mm 以下に前処理したものを土壌試料（以下、試料）とした。

2.2 キレート剤

キレート剤としては、イミノ酢酸系キレート剤（薬剤 1）および生分解性キレート剤 2 種類（薬剤 2, 薬剤 3）の計 3 種類を供試した。

2.3 カラム実験

テフロン製チューブ（内径 9mm, 外径 10mm）に試料 0.5g と、その両端にテフロン繊維を充填し、試料充填長 10mm のカラムを作製した（図 1）。キレート洗浄の条件としては、キレート剤の濃度（10mM, 100mM）、pH（3, 7, 11）および通液速度（0.5, 1, 2, 5mL/min）とした。キレート洗浄は蠕動ポンプを用いて、循環系および非循環系で行った。循環系（図 1(a)）では、50mL のキレート剤水溶液を所定の通液速度で繰り返し通液した。非循環系（図 1(b)）では、所定の通液速度で通液し回収した。通液したキレート剤水溶液は、メンブランフィルター（孔径 0.45 μ m）で吸引ろ過後、フレームレス原子吸光分析装置を用いて、砒素濃度を定量しキレート洗浄効果を確認した。

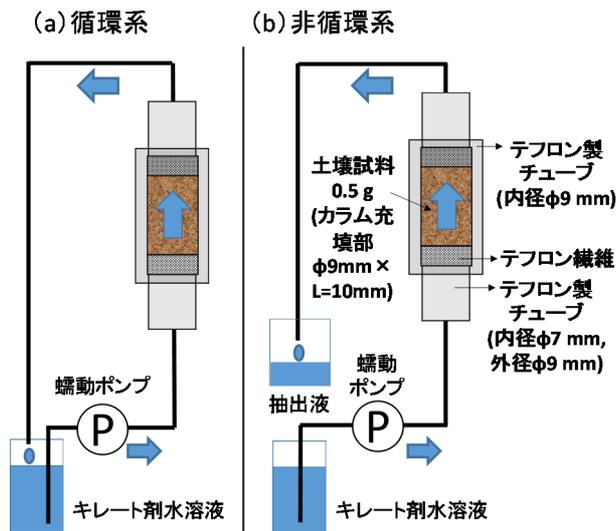


図 1 キレート洗浄のカラム実験装置

3. 実験結果および考察

3.1 キレート剤および pH による洗浄効果

3 種類のキレート剤を用い、循環系で各 pH 条件におけるキレート洗浄を行った結果を図 2 に示す。各キレート剤とも pH3 の洗浄条件で抽出効果が高く、その中でも薬剤 2 が最も高い抽出効果を示した。薬剤 2 は洗浄 1 時間後も通液中砒素濃度が漸増する傾向にあったが、他のキレート剤は

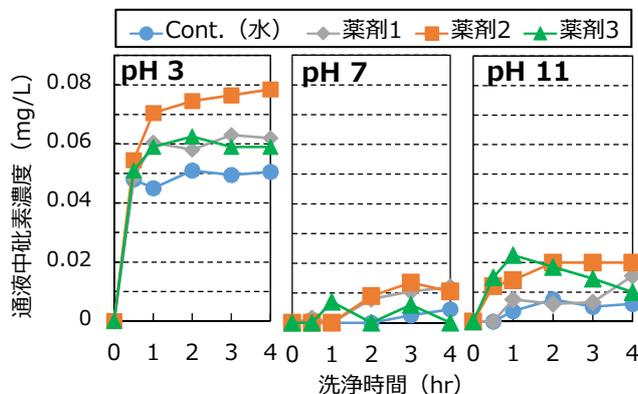


図 2 キレート剤および pH による洗浄効果
(循環系, 通液速度 2mL/min, 濃度 10mM)

キーワード：土壌汚染, 重金属等, 原位置浄化, 生分解性キレート剤, 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

平衡となった。また、薬剤 2 においては濃度を 100mM に高めると、約 2 倍の砒素除去量となった (図 3)。

3.2 通液速度によるキレート洗浄への影響

砒素に対する洗浄効果が認められた薬剤 2 (pH 3) を用い、非循環系において、通液速度によるキレート洗浄への影響を確認した結果を図 4 に示す。通液速度 1~5mL/min では、砒素除去量に大きな差はないが、0.5mL/min では、1mL/min と比較して、約 1.5 倍の砒素が除去された。

3.3 ソイルフラッシング法への適用性検討

キレート洗浄は水洗浄よりも高い洗浄効果が得られるが、洗浄後の土壌の溶出量試験で基準以下にならないことが多い。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ている。そのため、非循環系で薬剤 2 (pH 3) のキレート洗浄後、仕上げ処理 (リンス処理) として、pH 7 に調整した水および金属塩水溶液 2 種類 (Ca²⁺, Mg²⁺) を通液した結果を図 5 に示す。通液中の砒素濃度は、水を 5mL 通液後に約 0.06mg/L、15mL 通液後以降には 0.01mg/L 未満となった。pH についても、5mL 通液後に 6.6、10mL 通液後以降は 7.0 に速やかに中性化した。リンス溶液として 2 種類の金属塩水溶液 (Ca²⁺, Mg²⁺) を用いた場合、pH は水と同様なリンス効果であったが、砒素濃度に関しては、Ca²⁺ および Mg²⁺ の両金属塩水溶液とも 10mL 通液後に 0.01mg/L 未満となり、それ以降も 0.01mg/L 未満を維持した。

4. まとめ

重金属等汚染土壌のソイルフラッシング法の確立を目的とし、砒素汚染土壌を対象としたカラム実験により基礎的な検討を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- ・ 生分解性キレート剤の薬剤 2 が優れており、pH 3 の洗浄条件が効果的であった。
- ・ 洗浄液中のキレート剤濃度を高めることで、砒素除去量が増加した。
- ・ 通液速度を遅くし、土壌とキレート剤水溶液の接触を長くすることのみで、砒素除去量が増加した。
- ・ キレート洗浄後の仕上げ処理 (リンス処理) として、pH 7 に調整した水を通液することのみで、速やかな中性化および砒素濃度の 0.01mg/L 以下への低減を確認でき、ソイルフラッシング法にキレート洗浄を応用できる可能性が示唆された。

参考文献 1) 環境省 水・大気環境局：平成 26 年度土壌汚染対策法の施行状況及び土壌汚染調査・対策事例等に関する調査結果, pp37, 2016.
 2) 澤井ら：自然由来の砒素で汚染されたシールド掘削土の浄化技術の開発 (その 1) キレート剤を用いた湿式洗浄の基礎的検討, 土木学会第 70 回年次学術講演会, pp173-174, 2015.

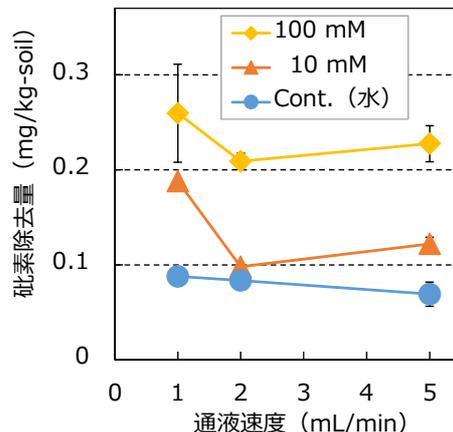


図 3 キレート剤濃度による洗浄効果 (非循環系, 薬剤 2, pH 7, 通液量 5mL)

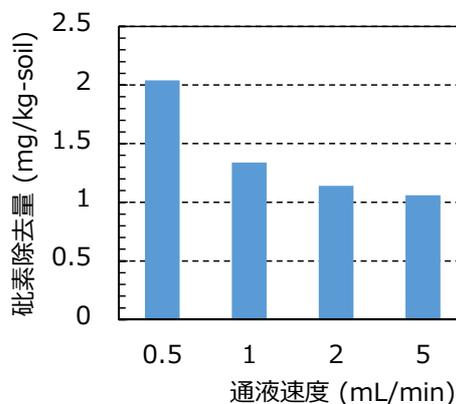


図 4 通液速度によるキレート洗浄への影響 (非循環系, 薬剤 2 (10mM), pH 3, 通液量 10mL)

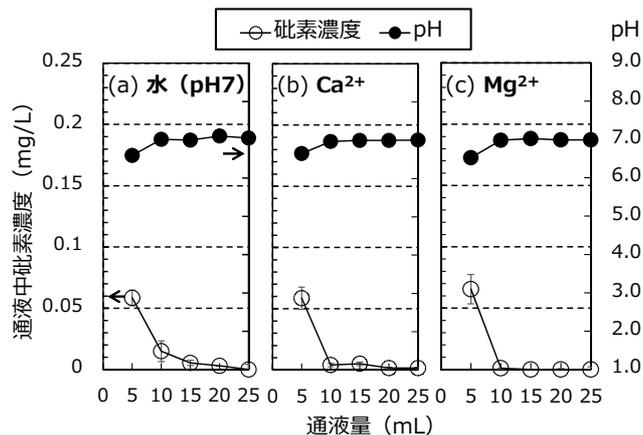


図 5 キレート洗浄後の仕上げ処理の効果 (非循環系, 薬剤 2 (10mM), pH 3)