

有機酸による熱付加条件下での汚染土壌の重金属溶出特性

北九州市立大学 フェロー 伊藤 洋, 正会員 ○山田百合子

1. はじめに

難分解性の重金属類による汚染土壌は、移動性が小さく土壌に収着されてしまうため、原位置での浄化等は困難であり、現状は掘削除去・場外処理・処分等が主流となっている。しかし、コスト、処理・処分先の確保や運搬に伴う周辺環境への影響などの課題がある。そこで、著者らは現位置（原位置を含む）での重金属汚染土壌の浄化手法として、有機酸を用いた安価で効率的な浄化工法の確立を目指して基礎的な研究を行っている^{1),2)}。

本報告では、重金属を土壌から分離するための有機酸による洗浄に加えて、土壌に熱付加を与えたときの重金属（As および Pb）溶出特性に関して基礎的実験を行い、若干の考察を加えた。

2. 有機酸を用いた土壌浄化システムの概念

本システムでは、たとえば汚染土壌をまず掘削除去し、現位置で汚染土壌をコンクリートや鋼製のピット等に充填し、ピット内に有機酸を注入し、一定期間浸漬した後排水する工程を数回行う。終了後は、水で洗浄することで主に溶出成分の重金属を土壌から分離・回収することを想定している。

3. 実験方法

3.1 人工汚染土壌の作製

実験に用いたまさ土、標準砂および人工汚染土壌（As あるいは Pb 含有）の土質試験の結果を表-1 に示す。人工汚染土壌は、粒径 2mm 以下にふるったまさ土に高濃度 As 含有鉱物からの溶出液（250~500mg/L）もしくは Pb 標準液（1000 mg/L）を含水率 10%になるよう噴霧し 1 日以上養生した。Pb 汚染土壌については、養生後さらに超純水（重量比 5 倍量）で洗浄した後、65°C-12h 乾燥炉にて乾燥させて作成した。

3.2 実験手順

有機酸は、昨年度までの研究成果から 1%酢酸を選択した²⁾。

実験では、図-1 に示したように円筒カラム容器（φ=10.0cm）内には下から標準砂 3cm、汚染土壌 10cm を順に詰め、1%酢酸（pH2.8）は下面から注入し、汚染土壌の上面まで浸漬させた。一定時間（2h、24h）浸漬した後、酢酸を下面より排水する。この作業を各ケースとも 5 回繰り返した。熱付加ケースでは、恒温槽の温水（80°C）をカラム内に設置したパイプに循環させて、土壌および有機酸を同時に加熱した（常温+37.5~41.5°C）。実験後、下部より超純水を注入し、汚染土壌の上面まで浸漬し、その後、洗浄水を下部から排水する工程を 5 回行い、酢酸を含む間隙水を洗い流した。

3.3 実験ケース

実験ケースは、表-2 に示したように As 汚染土の As-B および Pb 汚染土の Pb-B を対象として、浸漬時間を 2h と 24h の 2 水準、熱付加あり・なしの 2 水準での組み合わせで計 8 ケース実施した。

実験後の土壌は、環境庁告示第 18 号(溶出試験)、環境庁告示第 19 号 (含有量試験) 準じて前処理を行い、得られた検液は高精度 ICP-MS にて As および Pb の濃度を測定した。

表-1 実験土壌土質試験結果

基本量	As-B	Pb-B	標準砂	まさ土
乾燥密度 [Mg/m ³]	1.53	1.41	1.54	1.36
湿潤密度 [Mg/m ³]	1.72	1.49	1.54	1.72
空隙率 n (%)	9.4	18.3	28.7	22.5
体積含水率 θ (%)	8.5	0.1	0.396	4.3
透水係数 k (m/s)	9.94 × 10 ⁻⁴	3.90 × 10 ⁻⁴	3.33 × 10 ⁻⁴	5.16 × 10 ⁻⁵
初期濃度(mg/L)	As : 0.13	Pb : 0.05	As:ND Pb:ND	As:ND Pb:ND
pH [-]	7.2	5.0	7.2	7.5

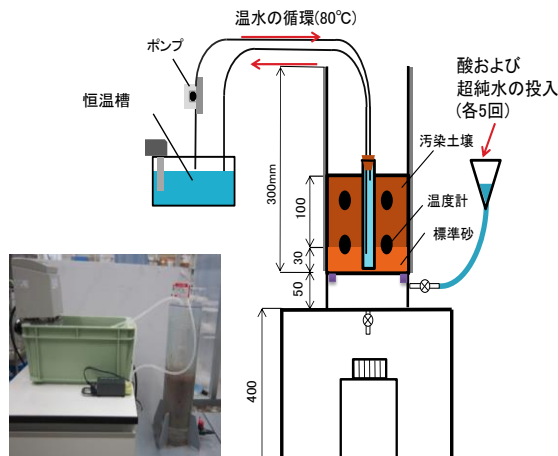


図-1 有機酸浸漬カラム実験装置

表-2 実験ケース

実験ケース	人工汚染土壌	浸漬時間	加温条件	カラム内温度[°C]
As-2h5-H	As-B	2h	○	20.0~16.5
As-2h5-N		2h	×	61.5~46.0
As-24h5-H		24h	○	20.0~16.0
As-24h5-N		24h	×	58.0~31.5
Pb-2h5-H	Pb-B	2h	○	20.5~19.5
Pb-2h5-N		2h	×	58.0~32.5
Pb-24h5-H		24h	○	20.5~19.5
Pb-24h5-N		24h	×	61.0~36.0

キーワード 重金属、土壌汚染、有機酸、溶出試験、熱

連絡先 〒808-0135 北九州市若松区ひびきの 1-1 北九州市立大学国際環境工学部 TEL 093-695-3253

4. 実験結果

4.1 As 汚染土壌

図-2 は、As-B ケースにおける溶出量を示したものである。初期土壌の As 溶出量と比べると、いずれのケースも溶出量が減少しており、浸漬時間が 2h より 24h、熱付加がある方が溶出量が減少していることが認められる。浸漬時間 24h で熱付加がある場合(24H5-H)では、初期土壌の溶出量から 76%減少している。図-3 は、As-B における含有量を示したものである。含有量は、有機酸の浸漬時間による減少傾向は多少確認できるが、熱付加の影響は明確ではない。なお、これらのケースでの浄化後の pH は、3.8~4.5 で大きな変化はない。

4.2 Pb 汚染土壌

図-4 は、Pb-B ケースにおける溶出量を示したものである。初期土壌の Pb 溶出量 (Pb:0.5mg/kg) と比べるといずれのケースも溶出量(wet)が増加していることがわかる。この原因としては、間隙水中に溶解した Pb が残留していたか、溶出が継続もしくは不安定化している可能性が考えられる。つまり、有機酸および熱付加によって Pb の溶出が促進された状態で安定化していないことになる。そこで、試験後の土壌を乾燥させて溶出試験を行ったところ、初期値よりも 24h 浸漬したケースにおいて Pb の溶出量の多少の減少が認められた(Pb:0.34~0.36mg/kg)。図-5 は、Pb-B における含有量を示したものである。上述の As-B と同様に有機酸の浸漬時間による含有量の低減効果は多少認められるが、熱付加による影響はほとんど判読できない。なお、洗浄後の pH は、2.9~4.7 である。

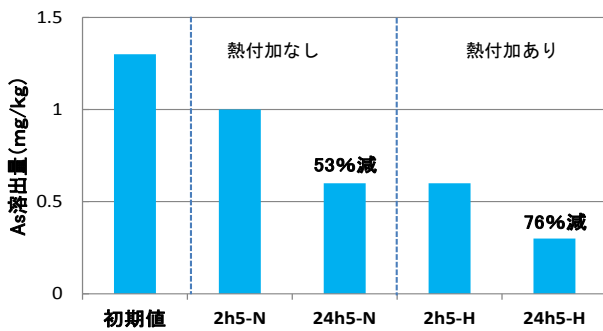


図-2 As-B における溶出量

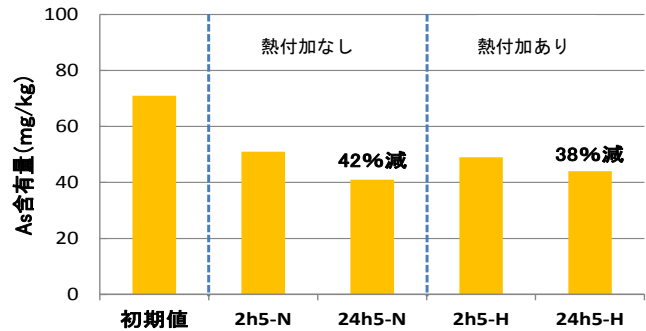


図-3 As-B における含有量

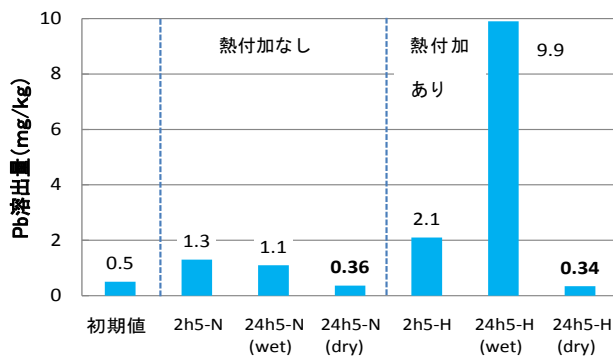


図-4 Pb-B における溶出量

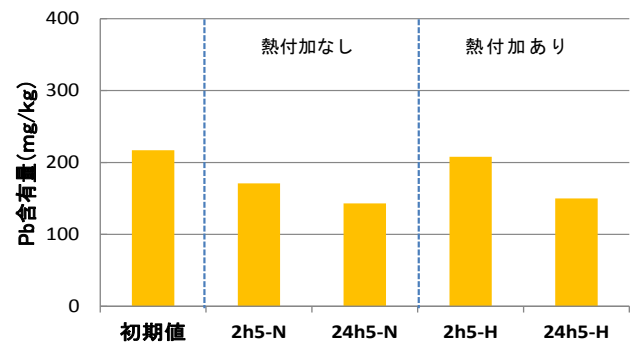


図-5 Pb-B における含有量

5. まとめ

As 汚染土壌では、有機酸 (1%酢酸) による汚染土壌からの溶出量は、より長い浸漬時間と熱付加により、大きく低減することが認められた。Pb 汚染土壌では、それらの影響は認められず、逆に増加する傾向が認められた。これは、洗浄効果が不十分で残留間隙水中に Pb が残留していたか、溶出速度が促進されて不安定化している可能性があるかと推察した。一方、それらの含有量は、有機酸の浸漬時間が長いほどやや低減することが認められたが、熱付加による影響は小さいと判断された。なお、本研究実施にあたり軸丸直騎氏 (北九州市立大学) の助力を得た。

参考文献

- 1) 宮崎照美・伊藤洋・門上希和夫・兵道英男・大川清和(2009):有機酸を用いた重金属汚染土壌の現地浄化に関する基礎研究Ⅲ, 第 15 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, pp.563~568.
- 2) 立元陽子・伊藤洋(2013): 有機酸を用いた重金属汚染土壌浄化の効率化, 第 18 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, pp.284~287.