

砒素汚染土壌の原位置洗浄工法の研究(その1) 洗浄液の検討

(株)竹中工務店 技術研究所 正会員 ○奥田 信康
 (株)竹中土木 技術・生産本部 正会員 藤田 豊彦
 (株)竹中土木 技術・生産本部 正会員 宮部 皓太

1. 目的

我々は、掘削除去措置に換わる低コストな重金属汚染土壌浄化技術として原位置洗浄工法に着目し、効率かつ環境負荷の小さい工法として確立すべく開発を行なっている。本報では、汚染事例が多くまた比較的水に溶出し易い砒素を対象とし、効率的な砒素原位置洗浄手法を見出すことを目的とした基礎実験の結果について報告する。

2. 洗浄液の選定の考え方

砒素は土壌環境中において、主に砒酸塩(As(V) : AsO_4^{3-}) および亜砒酸塩(As(III) : AsO_3^{3-})の形態で、また好気条件下ではほぼ As(V)の形態を取り、土壌中の鉄やアルミニウム酸化物に吸着・固定され¹⁾、周辺の地下水をアルカリ性、高いリン酸イオン濃度、嫌気性の状態とすると土壌からの砒素の溶出が促進されることが知られている²⁾。我々は、これらの薬剤の中から環境負荷およびコストを抑えた原位置洗浄方法として、アルカリ性溶液による洗浄方法に注目した。洗浄液の特性と洗浄条件を把握するために、カラム通水試験による他の洗浄液との比較とアルカリ性洗浄液濃度により土壌から砒素溶出を促進する最適条件の検討最適条件の検討を行った。

3. 実験方法

3.1 カラム通水試験

試験に用いた汚染土壌の性状を表1に示す。前処理として風乾しフルイにて2mm以上の礫を除去した土壌347gを内径46mm、長さ150mmのガラス製カラムに3cm毎につき固め、土壌空隙を CO_2 置換した後に蒸留水で下方から飽和させてから実験を開始した。カラムの上側から下方向に洗浄液を約130mL/日で所定期間通水し、その後蒸留水を通水した。詳細な実験条件は表2に示す。カラムからの排水の砒素濃度、pH、リン酸濃度、ORP(下水試験方法に準拠)を測定し、土壌からの溶出特性を把握した。通水終了後にカラムを解体し、砒素の土壌溶出量(環告18

号)、土壌含有量(環告19号)、土壌全含有量(底質調査方法)を測定し、土壌の浄化効果の確認を行った。

3.2 土壌から砒素溶出を促進する最適条件の検討

ポリ瓶に砒素汚染土壌50g(湿潤重量)にpH11~12.5に調整したNaOH(aq)洗浄液250mLを加え、回転式振とう機により回転数20rpmにてのべ63日間振とうを行なった。期間中7日毎に上澄み液を採取して砒素濃度とpHを測定した。

表1 試験に用いた土壌性状

土質区分	土壌砒素溶出量 (環告18号) (mg/L)	土壌砒素含有量 (環告19号) (mg/kg)	土壌砒素全含有量 (底質調査法) (mg/kg)	溶出液の pH	透水係数 (cm/s)
細粒分質砂	0.053	28	45	8.2	1.7×10^{-4}

表2 カラム通水試験条件

実験ケース	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
洗浄の効果	中性リン酸塩	アルカリ性	アルカリ性リン酸塩	嫌気性
洗浄液	リン酸 Na	NaOH	リン酸 Na	L-システイン
濃度 (pH)	10mM (pH7)	10mM (pH12)	10mM (pH12)	2 g/L
通水速度	130mL/日	130mL/日	130mL/日	130mL/日
通水期間	洗浄液 33 日 蒸留水 60 日	洗浄液 33 日 蒸留水 43 日	洗浄液 51 日 蒸留水 93 日	洗浄液 33 日 蒸留水 43 日

4. 実験結果

4.1 カラム通水試験

1) 砒素の除去量

試験結果を図1に示す。CASE1,2,3は通水を開始直後より砒素濃度が上昇し、ピークに達した後に徐々に低減する傾向が認められた。CASE3は他のケースに比べ砒素濃度の低減がゆっくりであったので洗浄液が1.5倍、蒸留水が2.2倍の通水期間となった。CASE4は溶出ピークが2回に分かれて出現した。各洗浄液の除去効率を比較するために排水量とその砒素の濃度から累積の砒素除去量を算出し、結果を図2に示した。累積の砒素除去量はCASE3(アルカリ性リン酸塩)が最も大きく、次にCASE4, CASE1, CASE2の順であった。

2) 土壌の浄化効果

当初指定基準の約5倍の土壌溶出量が、CASE3(ア

キーワード：砒素、汚染土壌、原位置浄化、薬剤洗浄

連絡先：〒270-1395 千葉県印西市大塚1-5-1 竹中工務店 奥田信康 TEL 0476-47-4627, Email. okuda.nobuyasu@takenaka.co.jp

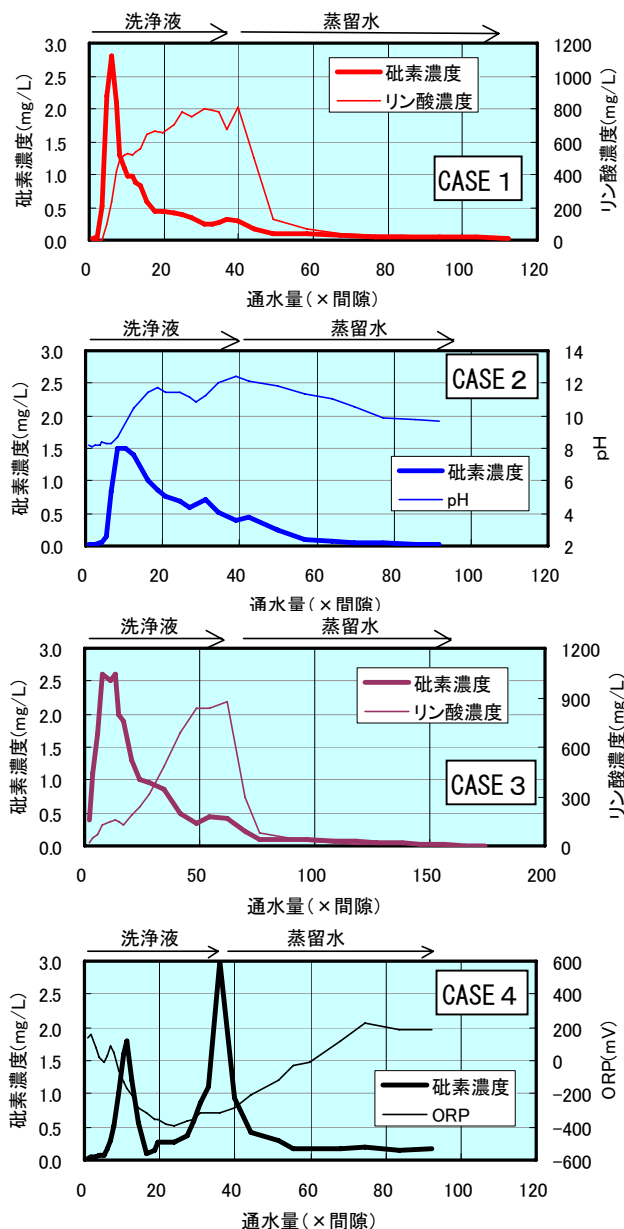


図1 カラム通水試験結果 (CASE1~CASE4)

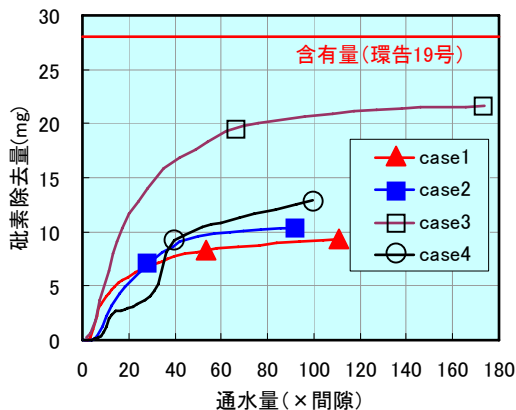


図2 累積の砒素除去量

ルカリ性リン酸塩)のみ指定基準以下まで、嫌気性溶液と NaOH 溶液が基準近くまで、リン酸塩は基準の2倍程度まで低減された。土壌含有量(環告19号)は処理前 28mg/kg に対し、ケースによる違いは小さ

く平均 19~23mg/kg まで低減した。全含有量(底質調査方法)は処理前 45mg/kg に対し、通水後には CASE3 23mg/kg, CASE4 31mg/kg, CASE2 35mg/kg, CASE1 37mg/kg まで低減し、土壌溶出量の除去効果と同様の傾向が認められた。

4.2 土壌から砒素溶出を促進する最適条件の検討

洗浄後の洗浄液砒素濃度から土壌に残留した固相濃度の算出結果を、サンプリング時の pH に対しプロットし図3に示す。洗浄液 pH が高くなるほど固相濃度が低減し、pH12 とすれば 10mg/kg となると推定された。また洗浄期間 7 日間では固相濃度の低下は小さく、洗浄期間を 21~28 日間とすると固相濃度が下げ止り、土壌からの砒素溶出が平衡に達した。

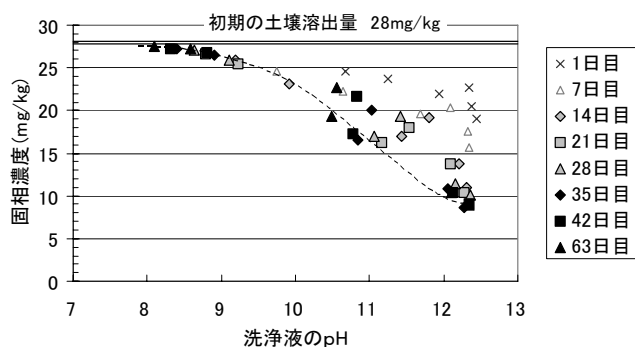


図3 洗浄液 pH による砒素含有量の変化

5. 考察

カラム通水実験の結果から、NaOH によるアルカリ性の砒素溶出促進効果は、リン酸塩よりも少し発現に時間を要するがリン酸塩単独よりも浄化効果が高い結果を得た。NaOH とリン酸を併用すると、除去量は増えるが、浄化期間が大幅に伸びる可能性が示唆された。以上より、洗浄液種類としては NaOH によるアルカリ性洗浄液が最適であると判断した。

室内試験結果より、土壌からの砒素溶出促進には洗浄液 NaOH 濃度を高めることが有効であり、洗浄条件として、洗浄液 pH12 程度かつ洗浄期間 28 日間にて大幅な濃度低減効果が得られると推察された。

今後はこの洗浄条件を用い、より大きな規模での実験を行い効果の確認と検証を行う予定である。

参考文献

- 1) 山村茂樹ほか: 生物学的ヒ酸塩還元と化学洗浄を併用した汚染土壌からのヒ素抽出、用水と排水、vol.48 No.8(2006), pp709~715.
- 2) 高橋直樹ほか: バングラデシュ帯水層を想定したヒ素溶出作用因子の挙動解析、環境工学研究論文集、vol.45(2008)、pp1~7.