

自然由来ヒ素不溶化処理土の還元環境でのカラム試験

鹿島建設(株) 正会員 ○篠原智志 正会員 石神大輔 上島 裕

1. はじめに

自然由来の重金属等を溶け出さないようにする不溶化工法は、土中に重金属等が残る課題はあるものの、浄化处理と比較して設備が簡易であり、経済的な場合が多い。しかし、施工直後の酸化的、中性的な環境では問題がなかった不溶化効果が、図-1に示すように、長期的な周辺環境の変化（酸性土由来の酸性水の接触や盛土内部での嫌気性還元化）により、重金属等の再溶出リスクがある。特に、実際の利用環境では、多くが土中の還元環境に曝されると想定されるが、このような還元環境を考慮した不溶化評価手法は確立されていない。

そこで筆者らは、評価手法の確立に向けて還元環境での重金属等の溶出可能性評価に関する知見の獲得を目指し、還元環境での不溶化効果について検討を行っている。本報では、2種類の不溶化材を用いて不溶化した自然由来ヒ素含有土を対象に、還元環境下でのヒ素の不溶化効果についてカラム試験によって評価したので報告する。

2. 使用した試料

試験には建設現場より採取した自然由来のヒ素含有土を使用した。表-1に試料の基本物性を示す。試料は細粒分が30%以上含まれ、ヒ素が土壌溶出量基準(0.01 mg/L)を超過している。また含有量はJIS K0470に従い、蛍光X線分析で測定した。表-2に本検討で用いた2種類の不溶化材の成分、添加率を示す。なお、添加率は予備試験により決定した。

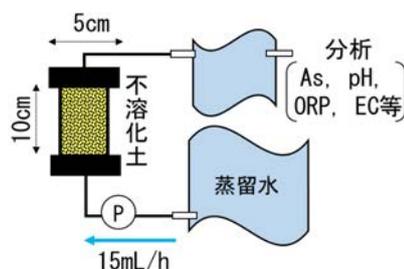
3. カラム試験方法

カラム試験は、内径5 cm、高さ10 cmのアクリルカラムを用い、試料の充填はカラムを15層に分け、各層に125 gのランマーで落下高さ約20 cmから3回ずつ突き固めることで行った。

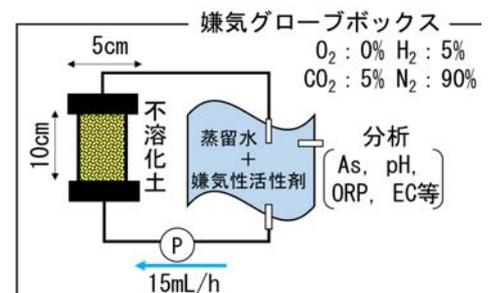
その後、カラム下端より蒸留水を15 mL/hで通水させて飽和した後、2日間静置養生したものを供試体とした。その後、通水を再開し試験を開始した。

試験では、成り行き環境のヒ素溶出挙動の比較と、還元環境でのヒ素の溶出挙動を評価するため、図-2に示すように通水方法を2段階とした。

STEP1では、累積液固比10



STEP1: 累積液固比1~10まで



STEP2: 還元過程

図-2 カラム試験のそれぞれのSTEPでの通水方法

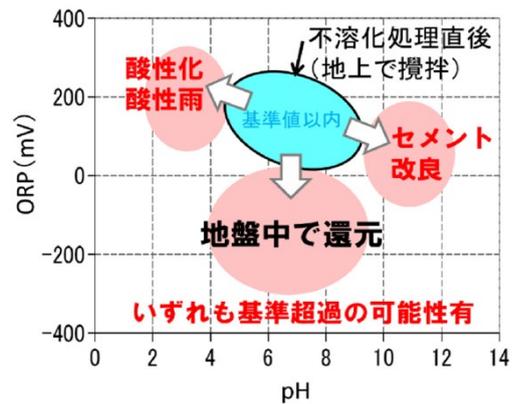


図-1 pH, ORP の影響によるイメージ図

表-1 試料の基本物性

土粒子密度 (g/cm ³)	2.666	
細粒分 (< 0.075 mm) (%)	38.5	
砂分 (< 2 mm) (%)	61.5	
ヒ素含有量 (mg/kg)	8.3	
環告46号試験	ヒ素 (mg/L)	0.056
	pH	9.1

表-2 不溶化材の成分と添加量

	薬剤A (CASE1)	薬剤B (CASE2)
成分	鉄粉, 酸化鉄, カルシウム	酸化鉄
添加率	3 wt%	3 wt%

キーワード: ヒ素, 不溶化, カラム試験, 還元環境, SDG's

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-489-6662

になるまで蒸留水を通水し、カラム上部からの浸出水を採水して分析を行った。STEP2では、供試体の乾燥質量の10倍の蒸留水に嫌気性活性剤をTOC濃度で約300 mg/Lになるように添加した溶媒をテドラバックに入れて通水し、その後溶液を循環させることで還元環境を持続できるようにした。さらに、試験装置を嫌気グローブボックス内に設置し、試験期間中に外部から酸素の流入がないようにした。それぞれのSTEPで、所定の間隔で通水溶液を採取し、pH、ORP、ヒ素濃度等を分析した。

4. 結果および考察

供試体の乾燥密度はCASE1が0.92 g/cm³、CASE2が0.91g/cm³であった。図-3にSTEP1でのヒ素溶出濃度を示す。図中の原土は、不溶化をしていない土を対象に実施したカラム試験結果²⁾である。STEP1では、CASE1、2ともにヒ素溶出濃度は初期に比較的高い値を示し、その後低下する傾向である。どちらのCASEも、原土と比べると低い値で推移しており、不溶化材の効果が発揮されている。

図-4~7に、STEP2での通水溶液のpH、ORP、ヒ素濃度、鉄イオン濃度を各々示す。循環初期は嫌気性活性剤の影響でpHが低下しているものの、時間経過に伴い7付近となった。ORPは試験経過に伴い減少し、循環時間20日以降は-100 mV以下となった。

ヒ素濃度は、CASE1では循環時間10日頃から上昇し、CASE2では試験開始後から上昇する傾向となり、どちらのCASEでも循環時間40~50日でピークを示した。鉄イオン濃度も同様の傾向を示した。

これらの結果から、CASE1、2ともに、ヒ素と鉄イオンの溶出とORPには相関性があり、特にORPが低下するに伴いヒ素と鉄イオン濃度が増加する傾向を示した。CASE2では、不溶化材の成分である酸化鉄に吸着されていたヒ素が、酸化鉄の還元分解に伴って放出されたため、ヒ素濃度が大きく上昇したと考えられる。一方、CASE1の方がヒ素濃度は低い結果となっており、これは酸化鉄以外の成分(鉄粉やカルシウム)による不溶化効果が還元環境下でも持続したためと考えられる。

5. おわりに

自然由来ヒ素含有土を不溶化処理したものを対象にしたカラム試験にて、還元環境での不溶化安定性を評価した。その結果、ORPの低下に伴って、ヒ素の溶出が促進され、酸化鉄のみでは基準超過した。また、複数の不溶化成分を加えることで、環境変化に強い不溶化処理土にできる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 肴倉ら：地盤材料として利用する副産物の長期安定性評価法確立に向けた検討，第13回環境地盤工学シンポジウム，pp.215-222，2019
- 2) 石神ら：不溶化土の環境条件変化による不溶化安定性の評価，第13回環境地盤工学シンポジウム，pp.249-252，2019

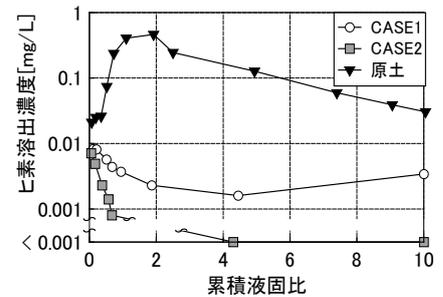


図-3 STEP1のヒ素溶出濃度

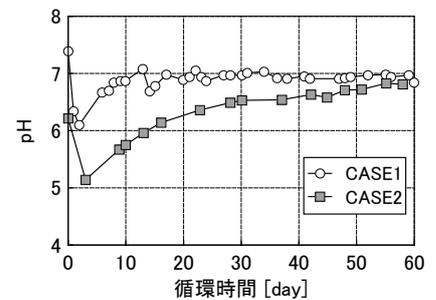


図-4 STEP2のpH

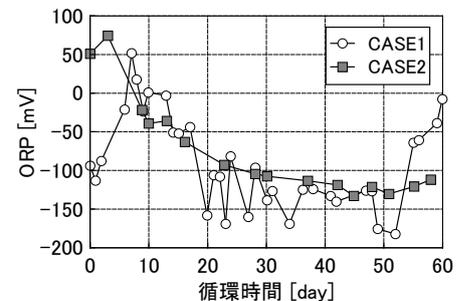


図-5 STEP2のORP

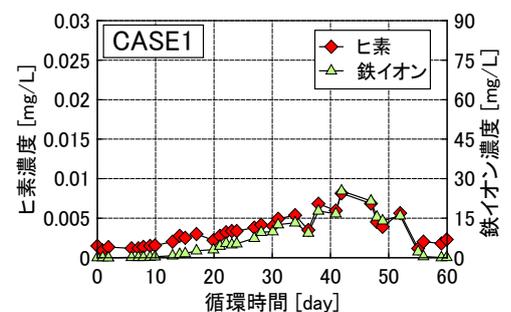


図-6 STEP2のヒ素、鉄溶出濃度 (CASE1)

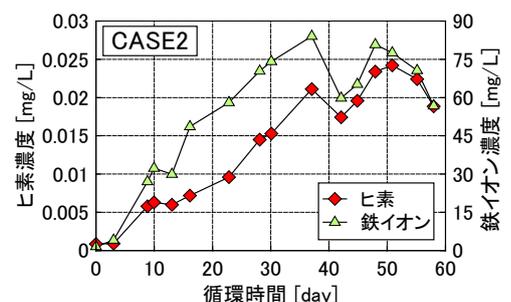


図-7 STEP2のヒ素、鉄溶出濃度 (CASE2)