

酸性化に対応した不溶化材による岩石からの高濃度ヒ素溶出水吸着効果

鹿島建設(株) 正会員 ○篠原智志・石神大輔・伊藤圭二郎

北海道大学 有馬孝彦

旭川工業高等専門学校 正会員 五十嵐敏文

1. はじめに

山岳トンネルなどの掘削岩石には、黄鉄鉱を含む酸性化岩石を含む場合があります、そのようなケースではヒ素などが短期溶出試験で第二溶出量基準を超過するような高濃度で検出される場合もある。第二溶出量基準以下であれば遮水工封じ込めなどの対策が実施されるが、第二溶出量基準を超過する場合には、ステークホルダーと協議の上でさらなる対策も要求される。本稿では、分級して溶出濃度の高い細粒岩石に酸性化に対応した不溶化材を添加し、さらにそれらを吸着層として浸出水濃度を低減する対策として利用することを検討した結果を報告する。

2. 分級・不溶化・吸着層の概要

分級・不溶化・吸着層のイメージを図-1に示す。一般に岩石・土壌からの溶出量は比表面積に比例することが予想されるため、分級後の溶出量は粗粒岩石が相対的に低濃度、細粒岩石が高濃度となる。溶出量が低濃度の粗粒岩石は無処理で埋め立てて、高濃度の細粒岩石には不溶化材を混合することで低濃度に処理してから埋め立てる。また、不溶化材を混合した細粒岩石は吸着層として粗粒岩石の下に設置することで、万一粗粒岩石から高濃度で溶出しても、吸着して浸出水濃度を低減できるようにするものである。

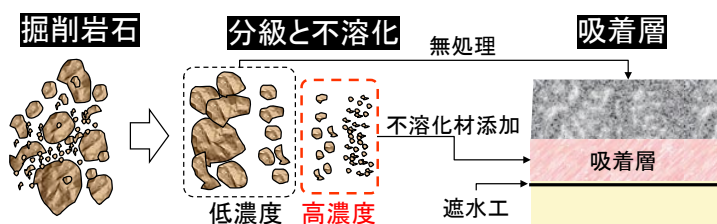


図-1 分級・不溶化・吸着層のイメージ

分級・不溶化・吸着層のイメージを図-1に示す。一般に岩石・土壌からの溶出量は比表面積に比例することが予想されるため、分級後の溶出量は粗粒岩石が相対的に低濃度、細粒岩石が高濃度となる。溶出量が低濃度の粗粒岩石は無処理で埋め立てて、高濃度の細粒岩石には不溶化材を混合することで低濃度に処理してから埋め立てる。また、不溶化材を混合した細粒岩石は吸着層として粗粒岩石の下に設置することで、万一粗粒岩石から高濃度で溶出しても、吸着して浸出水濃度を低減できるようにするものである。

3. 酸性化対応の不溶化材

酸性化岩石を前提に検討するため、酸性でも不溶化効果が維持できる不溶化材の特徴を図-2と図-3に示す。この図は、本実験で使った不溶化材とヒ素または鉛水溶液を混合して作製した不溶化物について、pHやEhを変化させた際の再溶出濃度を評価したものである。中性からアルカリ性のみで性能を発揮するのが一般的な不溶化材であるが、本不溶化材は鉄粉、酸化鉄、カルシウム塩を配合することで、pHが4程度までの酸性側でも不溶化効果を発揮する不溶化材となった。

4. カラム実験方法と実験ケース

カラム実験モデルとケースを図-4に示す。ケース1は、有害岩石を高さ300mm設置して無処理でのヒ素の溶出量を評価した。ケース2は、分級することによる溶出量低減効果を評価するため、9.5mm以上の粗粒岩石を高さ300mm設置してヒ素の溶出量を評価した。ケース3は、分級した細粒岩石に不溶化材を混合したものが吸着層として機能するかどうかを評価するため、高さ150mm設置して、ケース2でヒ素の溶出した浸出水を通過させ、通過後のヒ素濃度を評価した。不溶化材は前述の酸性化対応の不溶化材を使用した。添加量は、事前の室内試験から岩石からのヒ素累積溶出量が40mg/kg程度

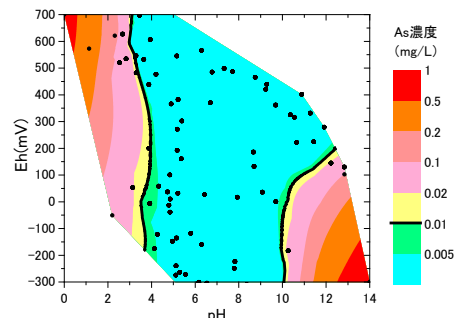


図-2 酸性化対応不溶化材（ヒ素）

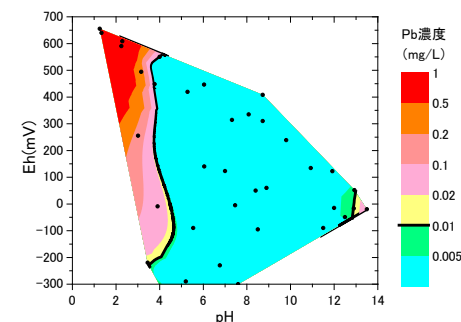


図-3 酸性化対応不溶化材（鉛）

キーワード：重金属、分級、不溶化、吸着層

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 TEL 042-485-1111

と想定され、岩石層（300mm）と比べて 1/2 の高さ（150 mm）の吸着層で処理することから、吸着容量が 80 mg/kg 以上となるように 6% 添加（吸着容量 90 mg/kg）とした¹⁾。

使用した岩石を表-1 に示す。酸性化が既に進行している岩石であり、ヒ素濃度も第二溶出量基準を超過している岩石を使用した。

5. 実験結果

実験は目詰まり等の影響もなくヒ素を飽和吸着するまで継続して通水することができ、岩石層に対する累積液固比 20 まで行った。

実験でのヒ素濃度と累積液固比で整理したものを図-5 に示す。粗粒岩石では分級によって液固比 5 程度までの初期の高濃度ヒ素濃度が無処理と比べて低減されている結果が得られた。吸着層通過後にはさらにヒ素濃度は低下し、液固比 8 程度までは無処理の 1/10 以下、0.1 mg/L 以下に低減できており、その後破過する結果となった。

ヒ素の累積溶出量を計算したものを図-6 に示す。粗粒岩石では無処理と比べて 4 割程度、吸着層通過させることで 1 割程度の累積ヒ素溶出量に低減できる結果が得られた。

ケース 3 でのヒ素の積算吸着量を計算したものを図-7 に示す。吸着量は 90 mg/kg にほぼ到達しており、4 章で示した不溶化材の容量分は吸着できている結果となった。

pH の変化を図-8 に示す。吸着層通過後は、不溶化材の緩衝作用によって液固比 5 までは中性を維持し、5~10 で酸性側に移行して液固比 10 程度で破過する結果となっている。この結果から、液固比 5~10 程度までの低い pH 領域でも、本不溶化材では吸着容量分ヒ素を吸着できており、酸性側でも確実に性能を発揮することが確認できた。

6. まとめ

酸性化する高濃度ヒ素溶出岩石に対して、分級して溶出濃度の高い細粒岩石に酸性化対応の不溶化材を添加し、吸着層として浸出水濃度を低減する手法を検討した。その結果、分級は初期のヒ素の高濃度の溶出を低減する効果があり、酸性化対応の不溶化材が不溶化だけでなく吸着層としても酸性側で持続的に機能することを明らかにした。

参考文献

- 1) 篠原智志ほか（2022）：分級と吸着層工法を併用した高濃度ヒ素含有岩石の処理方法に関する検討，第 15 回地盤改良シンポジウム論文集，pp.427-432.

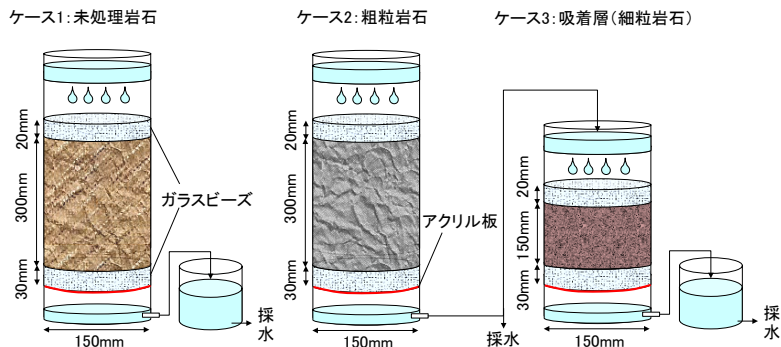


図-4 実験方法とケース

表-1 使用した岩石の性質

項目	単位	試験値
ヒ素全含有量		mg/kg 963
pH	短期溶出試験	3.8
	酸性化可能性試験	2.2
ヒ素濃度	短期溶出試験	mg/L 0.63
	酸性化可能性試験	12.9

※ ヒ素の第二溶出量基準：0.3mg/L

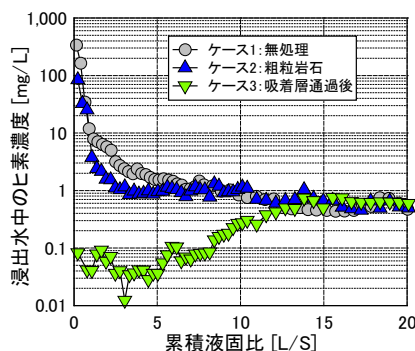


図-5 ヒ素濃度分析結果

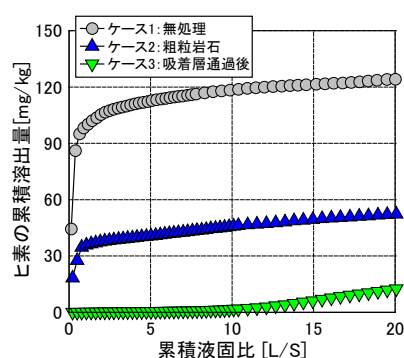


図-6 累積ヒ素溶出量

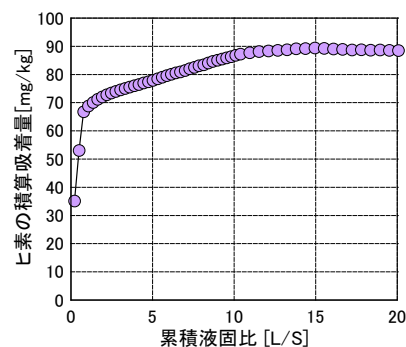


図-7 ヒ素累積吸着量

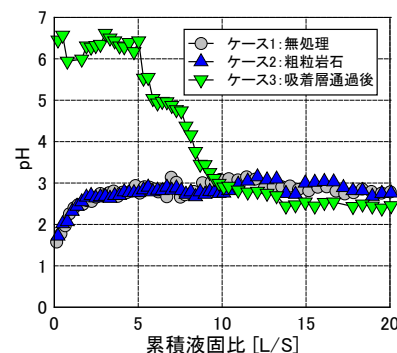


図-8 pH の変化