

酸化鉄スラリーを用いた汚染拡散防止壁の事前適用性試験例

(株) 大林組 正会員 ○佐藤 祐輔 フェロー 西田 憲司 正会員 三浦 俊彦
 正会員 日笠山徹巳
 石原産業 (株) 平井 恭正 土光 政伸 森田 一太 大澤 誠司

1. はじめに

本研究開発における浄化壁機能を有する汚染拡散防止壁（以下、浄化壁と記す）工法は、図-1 に示すとおり、汚染範囲の外側の地盤に酸化鉄スラリーを注入し、汚染物質を吸着する壁を構築する技術である。この酸化鉄スラリーは、砒素などの重金属類を吸着する性能がある¹⁾。汚染地下水が浄化壁を通過する際に、地下水から汚染物質が除去されることで、汚染拡散防止を図ることができる。本技術を実工事で適用する際、使用する薬剤等が現地条件に適合することを事前に把握し、工法の可否判断や適正な薬剤量の検証を行う必要がある。

本稿でも、砒素汚染サイトの土壌および地下水を用い、室内吸着適用性試験を行ったが、特に、砒素吸着阻害の影響を受けた一事例について述べる。

2. 現地土壌および地下水の性状

現地で採取した土壌・地下水試料の初期性状を表-1 に示す。

砒素の土壌溶出量は 0.017mg/L、砒素の地下水濃度は 0.033mg/L であり、いずれも土壌汚染対策法で定める基準に不適合であった。

3. バッチ試験による砒素吸着量の確認

3.1 試験方法

地下水の酸化鉄スラリーへの砒素吸着量を確認するために、バッチ試験（吸着等温線作成のための試験）を実施した。また、地下水中に共存する無機イオン等により、砒素吸着の阻害も想定されるため、模擬汚染水（純水に砒素標準液を添加）も試験で検討している。ただし、三価および五価の砒素各々で水溶液を作製し、価数の異なる砒素で吸着量を評価した。試験では、初期砒素濃度を 0.1～100mg/L とし、砒素吸着後平衡状態での溶液中砒素濃度と吸着量を確認した。

3.2 試験結果

バッチ試験結果を図-2 に示す。三価および五価の砒素いずれも同様の結果が得られたが、本稿では代表として三価の砒素の吸着等温線を示す。地下水基準（0.01mg/L 以下）における砒素吸着量を比較すると、模擬汚染水の場合（5mg/g-酸化鉄）に比べ、地下水での吸着量（0.44mg/g-酸化鉄）の方が小さいことが確認された。

既往の試験では、酸化鉄スラリーによる砒素吸着効果は、ケイ酸イオン、リン酸イオンによって低減する知見が得られており、それらが影響していると推定された。そこで、地下水中のこれらのイオン濃度を調べたところ、表-2 に示す結果となった。

リン酸イオンは定量下限値未満であることから、同イオンに関

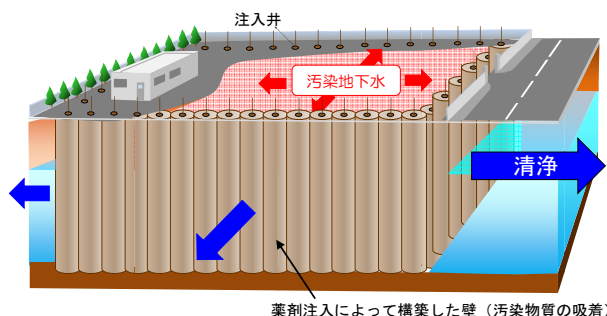


図-1 汚染拡散防止壁工法の概要

表-1 現地試料分析結果

	項目	単位	測定値
土壌	As (溶出量)	mg/L	0.017
	As	mg/L	0.033
地下水	pH	—	7.9
	電気伝導率 EC	mS/m	73.2

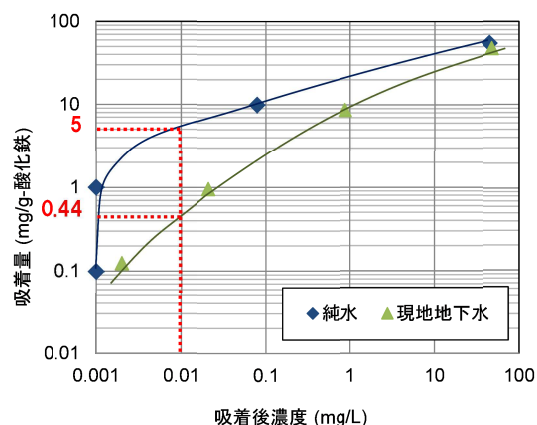
図-2 バッチ試験結果
（砒素（三価）の吸着等温線）

表-2 地下水の無機イオン分析結果

項目	単位	測定値	【参考】一般的な地下水濃度範囲
リン酸イオン(PO ₄)	mg/L	<0.6	—
ケイ酸イオン(Si)	mg/L	29.1	4.3～32

キーワード 地下水, 重金属, 吸着, 汚染拡散防止壁, 酸化鉄, スラリー

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株) 大林組 環境技術第一部 TEL 03-5769-1054

しては模擬汚染水と同条件であり、吸着阻害の要因ではないと考える。一方、ケイ酸イオン濃度はSiとして29.1mg/Lであり、参考値²⁾として記載した一般的な地下水の濃度(4.3~32mg/L)の範囲内にあるものの、比較的高い値であることから、ケイ酸イオンは吸着阻害要因の一つと推測される。

4. カラム試験

4.1 試験方法

前述の結果を踏まえ、地下水中の阻害要因と現地土壌が介在した場合の砒素吸着への影響を確認し、浄化壁としての適用性を判断する目的で、通水カラム方式による吸着試験を実施した。試験概要を図-3に示す。浄化壁は汚染範囲の周縁に設けるため、本来、試験では未汚染土を使用すべきである。しかし、本対象現場は施工場所の敷地境界でも汚染土壌が確認されており、酸化鉄スラリーを所定量(3~48kg-酸化鉄/m³-土)混合した現地汚染土壌をカラムに充填した。その状況にて地下水を一定流量(乱流を発生させない条件で2.0mL/minと設定)で通過させた。カラム通過後の地下水濃度変化を確認することで、砒素吸着量を算出した。

4.2 試験結果

カラム試験結果を図-4および表-3に示す。砒素が酸化鉄スラリーに吸着し、破過状態となることで、カラム出口側での砒素濃度上昇が見られる。出口側での濃度が地下水基準値0.01mg/Lに到達する時点で、浄化壁としての機能が損なわれる。破過時点での砒素吸着量は0.153~0.187mg/g-酸化鉄となった。汚染土壌を介している条件下でもおおむね同じオーダーの吸着量を示していることから、阻害要因の影響はあっても酸化鉄スラリーによる砒素の吸着効果が認められた。

各酸化鉄スラリー混合量の試験ケースで吸着量を比較したところ、いずれのケースも酸化鉄スラリー1gあたりの吸着量に大きな差は生じなかった。酸化鉄スラリーを多く注入するほど砒素吸着量は多くなり、図-4に示すとおり酸化鉄スラリーが多いほど通水量(耐久性期間)は大きくなる。酸化鉄スラリー量を4倍、16倍としたとき、通水量はそれぞれ3.8倍、13.6倍となり、通水量は若干低下するものの、おおむね比例的に上昇していることが分かる。

5. おわりに

酸化鉄スラリーによる砒素吸着において、実際の地下水に存在する無機イオンの影響を受けて、吸着阻害となっている事象が確認された。しかし、こうした阻害要因があっても、カラム試験を通して現場条件に見合う適切な設計が可能であると推察される。

参考文献 1) 土光政伸, 他: 重金属吸着能を持つ地盤注入用スラリー(酸化鉄系)の開発, 第21回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, pp.16-19, 2015.

2) 岩田進午, 他: 土の環境, フジ・テクノシステム, 1997.

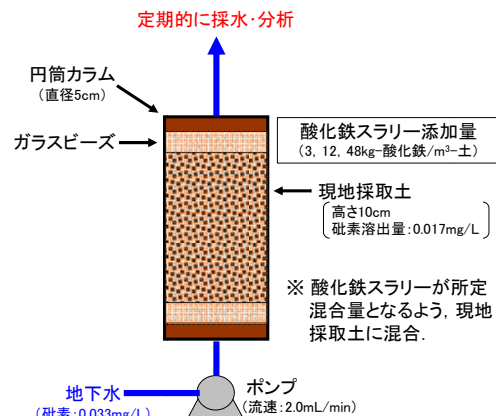


図-3 カラム試験の概要

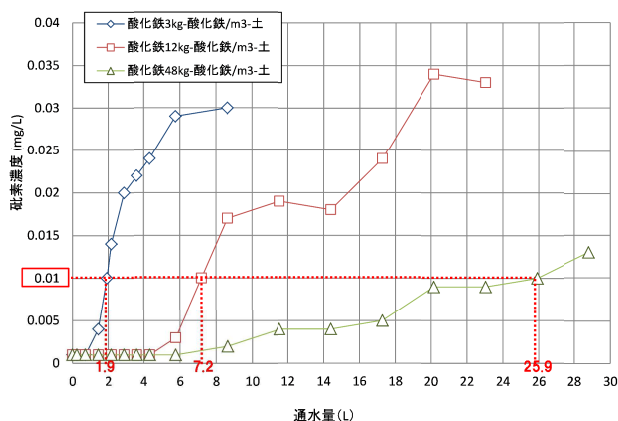


図-4 カラム試験結果(破過曲線)

表-3 カラム試験による砒素吸着量の算出結果

酸化鉄 3kg-酸化鉄/m ³ -土			酸化鉄 12kg-酸化鉄/m ³ -土			酸化鉄 48kg-酸化鉄/m ³ -土		
通水量 (L)	カラム出口 砒素濃度 (mg/L)	砒素 吸着量 (mg/g-FB剤)	通水量 (L)	カラム出口 砒素濃度 (mg/L)	砒素 吸着量 (mg/g-FB剤)	通水量 (L)	カラム出口 砒素濃度 (mg/L)	砒素 吸着量 (mg/g-FB剤)
0.0	<0.001	0	0.0	<0.001	0	0.0	<0.001	0
0.2	<0.001	0.027	0.2	<0.001	0.007	0.2	<0.001	0.002
0.7	<0.001	0.080	0.7	<0.001	0.020	0.7	<0.001	0.005
1.4	0.004	0.150	1.4	<0.001	0.040	1.4	<0.001	0.010
1.9	0.010	0.187	2.2	<0.001	0.060	2.2	<0.001	0.015
2.2	0.014	0.203	2.9	<0.001	0.080	2.9	<0.001	0.020
2.9	0.020	0.234	3.6	<0.001	0.100	3.6	<0.001	0.025
3.6	0.022	0.260	4.3	0.001	0.120	4.3	0.001	0.030
4.3	0.024		5.8	0.003	0.156	5.8	0.001	0.039
5.8	0.029		7.2	0.010	0.184	8.6	0.002	0.058
8.6	0.030		8.6	0.017	0.203	11.5	0.004	0.076
			11.5	0.019	0.236	14.4	0.004	0.093
			14.4	0.018	0.272	17.3	0.005	0.110
			17.3	0.024	0.294	20.2	0.009	0.125
			20.2	0.034	0.291	23.0	0.009	0.139
			23.0	0.033	0.290	25.9	0.010	0.153
						28.8	0.013	0.165