

泥水式シールド工法における重金属汚染土浄化システムの開発 その1

— 特殊鉄粉による高比重泥水中での重金属吸着試験 —

戸田建設（株） 正会員 ○中山卓人 小林 修
田中 徹 中島広志

1. はじめに

現在、首都圏では鉄道や道路整備を目的としたシールド工事での大深度・大断面施工が増加している。地質的にみると大深度となる地下 40 m 以深では上総層群が多く堆積し、この上総層群の固結シルト層からは環境基準値を超える砒素をはじめとする自然由来の重金属の溶出が確認されている¹⁾。大断面でのシールド工事では大量の掘削土砂が発生するため、この土砂が汚染土である場合、処理に大きなコストが必要となる。

そこで、シールド工事から発生する汚染土を特殊鉄粉²⁾を使用し、基地内で浄化処理し無害なものとして処分することでコスト削減を可能とする重金属汚染土浄化システムの開発を実施している。

本稿では、本システムの基礎実験として行った特殊鉄粉の重金属吸着試験の結果を報告する。

2. 重金属汚染土浄化システム

図-1 に重金属汚染土浄化システムの模式図を示す。

泥水式シールド工法において、省面積立坑システムの要素技術の一つである「泥水濃縮システム」³⁾を使用することで、比重 1.2 の余剰泥水を比重 1.4 まで濃縮することができ、処理する泥水量を従来の

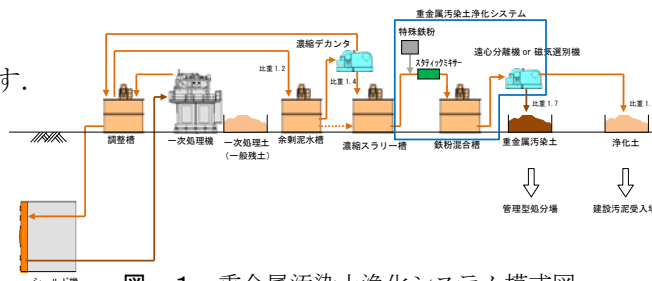


図-1 重金属汚染土浄化システム模式図

約 1/2 にすることが可能となる。この濃縮泥水に本システムを使用することで、浄化する泥水量を従来の約 1/2 にすることができる。本浄化システムは主に、以下に示す 2 つの工程から成る。

工程 1: 汚染土を含む泥水に特殊鉄粉を添加、攪拌することで泥水中の有害重金属を鉄粉に吸着させる。

工程 2: 重金属を吸着させた鉄粉を泥水中から分級・回収および再利用する。

工程 1 の基礎実験として、試験室において実汚染土を使用し、比重を調整した泥水中に特殊鉄粉を添加、攪拌して有害重金属として代表的な砒素を鉄粉に吸着、除去する重金属吸着試験を行い、汚染土を浄化するために必要な条件を確認した。以下に基礎実験の概要と結果を示す。

3. 特殊鉄粉を使用した砒素吸着試験

3.1 試験材料

(1) 特殊鉄粉

写真-1 に特殊鉄粉（JFE ミネラル社製）の外観、表-1 に特殊鉄粉の物性を示す。今回使

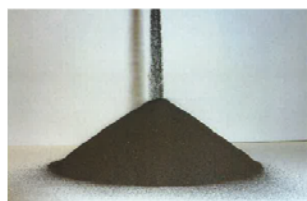


写真-1 特殊鉄粉の外観

表-1 特殊鉄粉の物性

主成分	Fe (90 %以上)
かさ密度	3.0 g/cm ³
粒径	平均 100 μm

用した鉄粉は重金属の吸着性能を有する特殊鉄粉であり、砒素のほかに鉛、セレンなど複数の重金属へ適用可能である。

(2) 試料土

試料土として有楽町層の硬質シルトを使用した。この試料土を解砕し、乾式 10 mm で異物などを取り除いた後、湿式 2 mm で礫などを取り除き、篩を通過した 2 mm アンダーを「試験原土」として全ての試験において共通試料として取り扱うこととした。表-2 に試験原土の砒素分析結果を示す。

表-2 試験原土の砒素分析結果

砒素溶出量 (mg/L)	砒素含有量 (mg/kg)
0.11	< 10

基準値：溶出量 0.01 mg/L、含有量 150 mg/kg

キーワード：重金属，自然由来，鉄粉，泥水式シールド工法

連絡先 戸田建設（株）土木工事技術部 東京都中央区京橋 1-7-1 TEL03-3535-1614 FAX03-3535-1524

3.2 実験方法

図－2に試験フロー，表－3に試験条件を示す。試験原土に水を添加し，比重1.4に調整したスラリーにアルミナボールを添加して5分間のアトリッション（摩砕）を行った。アトリッションを行うのは土粒子の塊を解きほぐすことや，土粒子の表面に吸着している重金属を物理的に剥離させ，溶出を促進させるためである。比重1.1，1.2の場合は，水を加え比重調整した。各比重のスラリーに含まれる試験原土重量に対して設定量（1.0 or 2.0 or 5.0 wt%）の特殊鉄粉を添加し，2 L のポリ容器に封入してロータリー式シェイカーにより10分間（及び60分間）の混合を行った。この工程で水に溶出した砒素を鉄粉に吸着させる。混合後のスラリーから棒磁石と板磁石を用いて鉄粉のみを磁力選別回収した。鉄粉回収後の土壌スラリーを0.075 mm の篩にて湿式分級し，篩上の0.075～2.0 mm を土壌分析試料とした。

篩下の< 0.075 mm については卓上遠心分離機により固液分離し固形分を土壌分析試料とし液分を上澄液としての液体分析試料とした。まずは比重1.1 の泥水から試験を行い，その後比重を増加させ高比重泥水での砒素吸着条件の確認を行った。

3.3 試験結果・考察

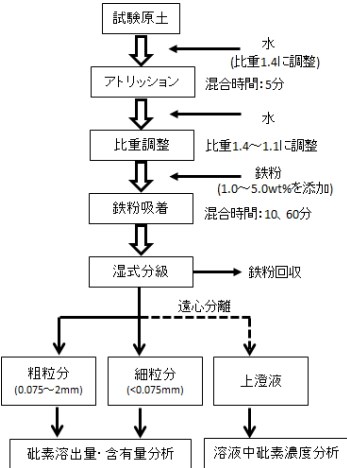
表－4に試験結果一覧を示す。砒素を対象とした鉄粉による吸着試験を行った結果，以下のことが明らかとなった。

- (1) 水準1～5の結果から，泥水比重1.1の場合，鉄粉添加量1 wt%，攪拌時間10分の条件では粗粒分，細粒分で溶出量が基準値を超過する結果となった。しかし，鉄粉添加量5 wt%，攪拌時間10分または鉄粉添加量1 wt%，攪拌時間60分の条件では，溶出量が基準値を満足する結果となった。したがって，鉄粉添加量を増加させるかまたは攪拌時間を増加させることで，溶出量を基準値以内にすることができる。
- (2) 水準6，7の結果，泥水比重が1.2であっても攪拌時間60分，鉄粉添加量を1 wt%以上添加すれば，溶出量を基準値以内にすることができる。
- (3) 水準8，9の結果，泥水比重1.4であっても攪拌時間60分，鉄粉添加量を1 wt%以上添加すれば，溶出量を基準値以内にすることができる。
- (4) 砒素含有量に関しては，すべての水準で基準値を満足する結果となった。

4. まとめ

特殊鉄粉の砒素吸着試験の結果，比重が1.4という高比重泥水であっても鉄粉添加量1 wt%以上であれば砒素溶出量・含有量ともに基準値を満足することができると判明した。今後，実機における攪拌方法の検討等を行い，実証施工を行う予定である。

【参考文献】1) 氏家 亨ほか (2005)：土壌・地質汚染評価基本図－5万分の1 姉崎一，地質ニュース 605号，43－45。
2) 石神大輔ほか (2014)：鉄粉を用いた自然由来重金属の処理検討，第20回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会。
3) シールド発進立坑用地の省面積システム技術マニュアル (2008)：財団法人 下水道新技術推進機構。



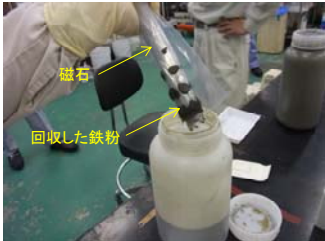
図－2 試験フロー



写真－2 鉄粉吸着工程

表－3 試験条件

水準	比重	鉄粉添加量 wt%	混合時間 分
1	1.1	なし	10
2	1.1	1.0	10
3	1.1	5.0	10
4	1.1	1.0	60
5	1.1	2.0	60
6	1.2	1.0	60
7	1.2	2.0	60
8	1.4	1.0	60
9	1.4	2.0	60



写真－3 鉄粉回収工程

表－4 試験結果

水準	分級区分	溶出量	含有量
		mg/L	mg/kg
1	粗粒	0.070	<10
	細粒	0.210	<10
	上澄液	0.046	－
2	粗粒	0.012	<10
	細粒	0.012	<10
	上澄液	0.009	－
3	粗粒	0.007	<10
	細粒	0.008	<10
	上澄液	0.005	－
4	粗粒	0.006	<10
	細粒	0.003	<10
	上澄液	<0.002	－
5	粗粒	0.004	<10
	細粒	0.003	<10
	上澄液	<0.002	－
6	粗粒	0.005	<10
	細粒	0.003	<10
	上澄液	0.004	－
7	粗粒	0.005	<10
	細粒	0.003	<10
	上澄液	0.002	－
8	粗粒	<0.002	<10
	細粒	<0.002	<10
	上澄液	0.002	－
9	粗粒	<0.002	<10
	細粒	<0.002	<10
	上澄液	<0.002	－

基準値：溶出量 0.01 mg/L
含有量 150 mg/kg