

自然由来ヒ素汚染土壌の分離浄化処理工法の開発

前田建設工業(株) 正会員 ○山本 達生 前田建設工業(株) 正会員 岩田 将英
前田建設工業(株) 正会員 野田 兼司 前田建設工業(株) 正会員 須江 まゆ
前田建設工業(株) 正会員 高橋めぐみ 前田建設工業(株) 正会員 芝本 直尚

1. はじめに

近年、地下構造物が輻輳する大都市圏では大深度地下での建設工事が増え、その過程で遭遇する自然由来ヒ素の汚染土の処分方法が大きな課題となっている。

このため、泥水式シールド工法にて発生する廃棄泥水に、ヒ素吸着能力に優れた特殊鉄粉を添加し、遠心分離と磁性分離の2段階で鉄粉を回収することで、廃棄泥水に含まれる自然由来ヒ素を土壤環境基準値以下まで浄化する処理工法(以下、分離浄化工法とする)を開発した。

本報告は、開発した工法の概要と、都内大深度地下の自然由来ヒ素汚染土壌を対象とした実証プラントの稼働状況について報告するものである。

2. 分離浄化処理工法について

自然由来ヒ素汚染地盤を泥水式シールド工法で掘削した場合、廃棄泥水に溶解出したヒ素イオンが土壤環境基準を超過する要因となる。このため、廃棄泥水中のイオン化したヒ素イオンを鉄粉に吸着させた後、本鉄粉を回収することで浄化処理ができると考え、鉄粉によるヒ素吸着工程と遠心分離・磁性分離による鉄粉回収工程からなる浄化設備を考案した。設備概要を図-1に示し、各主要工程の特徴を後述する。

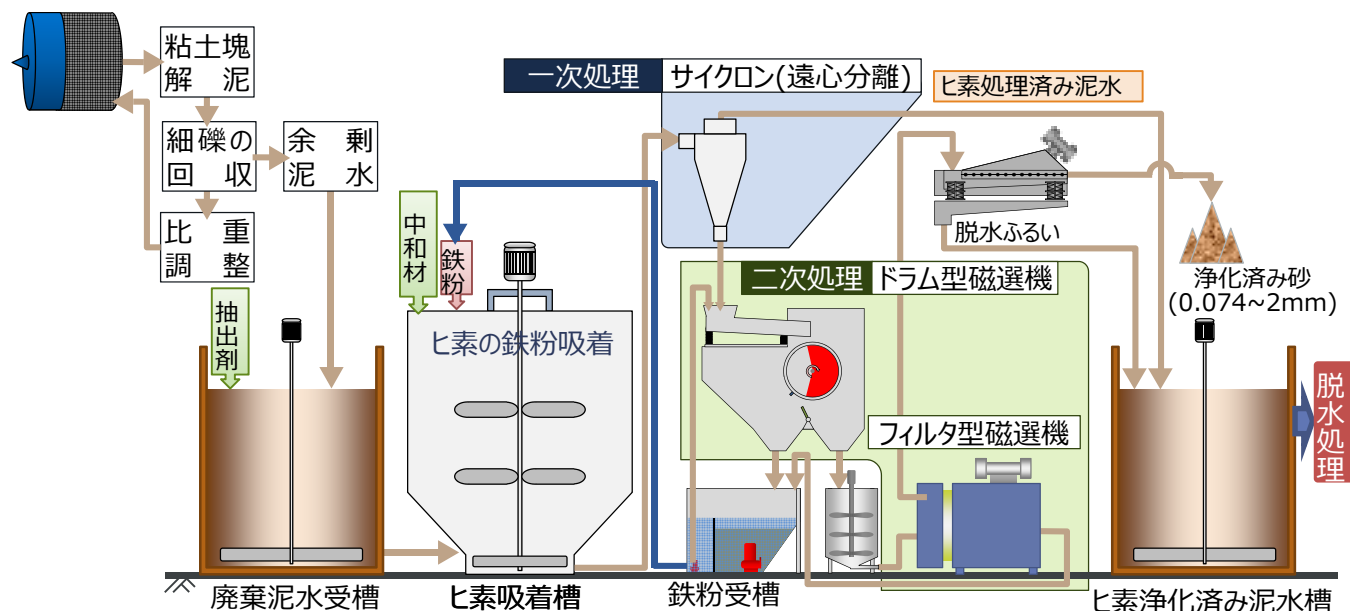


図-1 自然由来ヒ素の分離浄化工法概要図

2. 1. ヒ素吸着工程

本工程で使用する鉄粉を写真-1に示す。この鉄粉の特徴は、①従来の同様技術で用いられる鉄粉に比較して平均粒径が約6倍程度大きい、②比表面積が大きい(多孔質形状)ためヒ素等の重金属類の吸着性能が高いこ

キーワード 自然由来ヒ素, 分離浄化, 鉄粉, 遠心分離, 磁選分離, シールド

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 前田建設工業(株) 土木技術部 (TEL)03-5276-5166

とを特徴としている。

なお、本システムで使用する鉄粉のヒ素除去効果は、以下に示す室内実験により確認している。

【室内試験による鉄粉性能確認試験手順】

- 1) 土壤環境基準値を約3倍超過する自然由来ヒ素実汚染土により泥水比重 1.32 の模擬廃棄泥水を調整
- 2) 鉄粉添加量、反応時間をパラメータとし、上記模擬廃棄泥水に鉄粉を添加
- 3) 所定の反応時間終了後、ネオジム磁石により模擬廃棄泥水中に添加した鉄粉を回収
- 4) 遠心分離器で固液分離を行い、土粒子は環境省告示第 18 号により、水は環境省告示第 17 号によりヒ素濃度を分析

結果を図- 2、図- 3に示す。これらより、鉄粉添加量 0.5wt%-DS 以上、反応時間 30 分以上で模擬泥水の中のヒ素を土壤環境基準以下に浄化処理できることが分かった。



写真- 1 鉄粉の写真

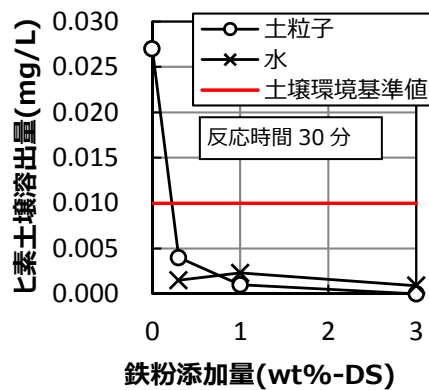


図- 2 鉄粉添加量と溶出量の関係

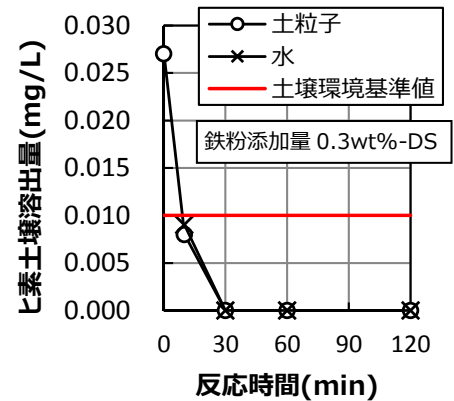


図- 3 反応時間と溶出量の関係

2. 2. 遠心分離工程

本浄化工法は粒径の大きな鉄粉を使用しているため、サイクロンによる遠心分離で鉄粉濃縮物を回収することが可能である(図- 4参照)。ヒ素を吸着した鉄粉は廃棄泥水中的の砂分と共に全体の2～3割程度に濃縮されサイクロン下側から排出される。

また、残りの7～8割程度は鉄粉が除去された浄化泥水(以下、鉄粉除去泥水とする)としてサイクロン上側より排出される。

サイクロンは安価かつ汎用的な比重分離設備であり、複数台使用することで大量処理にも対応可能になる利点があるだけでなく、次工程の磁性分離設備の小型化に寄与するものである。

なお、同様技術で用いられることが多い一般的な鉄粉は粒径が小さいため、サイクロンによる遠心分離では十分な分離が行えないことを確認している。

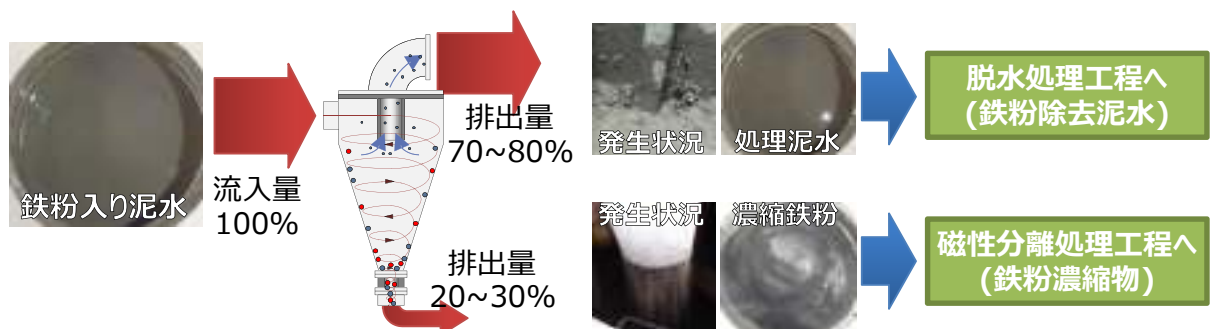


図- 4 サイクロン分離状況

2. 3. 磁性分離工程

遠心分離によりヒ素を吸着した鉄粉は全体量の2～3割程度に濃縮されサイクロン下側から排出されるが、これには鉄粉の他に廃棄泥水中の土粒子(シルト・砂分)も含まれる。このため、鉄分と土粒子を分別することを目的とした磁性分離工程を組込むこととした。磁性分離には、磁力源として永久磁石を用いるドラム型磁選機(写真-2参照)と電磁石を用いるフィルター型磁選機(写真-3)を組み合わせた設備構成とした。各磁選機の特徴を表-1に示す。ドラム型磁選機は消費電力が少なく、鉄粉濃度の高い流体の大量処理に適しており、フィルター型磁選機は消費電力が高いものの鉄粉濃度の低い流体から精度よく鉄粉を回収するのに適している。本工法では高磁性の鉄粉を使用するため消費電力を抑えた運転でも鉄粉の回収は十分に行えると考え、フィルター型磁選機の電磁力を1/4程度に抑えた設備を使用することとした。



写真- 2 ドラム型磁選機外観



写真- 3 フィルター型磁選機外観

表- 1 磁選機の種類とその特徴

	磁力源	消費電力	適用対象	適性
ドラム型磁選機	永久磁石	低い	鉄粉濃度＝高い	大量処理
フィルター型磁選機	電磁石	高い	鉄粉濃度＝低い	回収精度

3. 実証プラントについて

処理能力 40m³/h 級の実証プラントを 140m² 程度の敷地内に建設した。実証プラントの全景を写真-4に示す。



写真- 4 実証プラント全景

実証プラントの浄化対象には、自然由来ヒ素汚染土壌は、都内海浜地区の深度 50～60m 程度から掘削した上総層群土丹を使用した。掘削土の外観を写真- 5 に示す。本掘削土はヒ素溶出量が土壌環境基準値の 3 ～ 7 倍程度あり、握り拳大程度の粒径の粘土塊を含む状態であり含水比は 30～35%程度であった。

この掘削土をクラッシャーにより粉碎した後、清水と水中ポンプにより混合し、泥水比重 1.26, 1.32t/m³ となるよう解泥した。クラッシャーによる粉碎処理後の掘削土の状況を写真- 6 に、これに清水を添加しポンプ攪拌することで解泥している状況を写真- 7 に示す。



写真- 5 供試土壌の外観



写真- 6 粉碎処理後の供試土壌



写真- 7 解泥状況

ヒ素吸着槽の外観を写真- 8 に、鉄粉混合状況を写真- 9 に示す。鉄粉粒径が大きいいためヒ素吸着槽内での鉄粉沈殿が懸念されたが、泥水中に鉄粉が分散された状態が維持できることが観察された。



写真- 8 ヒ素吸着槽外観



写真- 9 鉄粉混合状況

遠心分離設備であるサイクロンの設置状況を写真- 10 に、サイクロンの上側から排出される鉄粉除去泥水の発生状況を写真- 11 に、下側から排出される鉄粉濃縮物の発生状況を写真- 12 に示す。

本実証実験で使用したサイクロン 1 台の処理能力は 40m³/h、鉄粉除去泥水の発生量は 28～32m³/h、鉄粉濃縮物の発生量は 8～12m³/h 程度であり、鉄粉除去泥水のヒ素溶出量は不検出であったことから、サイクロンによる遠心分離により廃棄泥水の 7 ～ 8 割の浄化が終了したこととなる。



写真- 10 サイクロン設置状況



写真- 11 鉄粉除去泥水



写真- 12 鉄粉濃縮物

鉄粉濃縮物(写真-12)中には、廃棄泥水中にもともと含まれていた砂分が含まれているため、ドラム型磁選機(写真-14)、フィルター型磁選機(写真-15)により、鉄粉と砂分の分離処理を行った。回収した鉄粉を写真-13に示す。鉄粉の回収率はほぼ 100%であり、これら磁力選別機から分離回収された鉄粉除去泥水についてもヒ素溶出量は不検出であった。

本実証実験でドラム型磁選機は $8 \sim 12 \text{ m}^3/\text{h}$ 、フィルター型磁選機は $20 \text{ m}^3/\text{h}$ の処理量での鉄粉分離処理を行った。実機レベルの設備の使用により、ドラム型磁選機 $300 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{台}$ 、フィルター型磁選機 $150 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{台}$ 程度の処理能力があると判断した。



写真- 14 ドラム型磁選機処理状況



写真- 15 フィルター型磁選機処理状況



写真- 16 回収鉄粉

4. まとめ

土壌環境基準を 3～7 倍程度超過する自然由来ヒ素汚染土壌の上総層群土丹を用いて、特殊鉄粉によるヒ素分離浄化工法の適用性を検証した結果、以下に示すことが分かった。

- ・遠心分離工程および磁性分離工程から排出される鉄粉除去泥水はヒ素溶出量が不検出となり、ヒ素の浄化が実機レベルの設備で可能となることが実証できた。
- ・サイクロンによる遠心分離により、廃棄泥水の 7～8 割の浄化が終了するため、磁力選別機で処理する泥水量の大幅な縮減を可能とした。
- ・サイクロン 1 台の処理能力は $40 \text{ m}^3/\text{h}$ であり、処理量を増やす場合はサイクロン設置台数を増設することで対応が可能となる。
- ・実機レベルの設備を利用した検証により、ドラム型磁選機、フィルター型磁選機の処理能力は $300 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{台}$ 、 $150 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{台}$ であることが分かった。
- ・サイクロン、ドラム型磁選機、フィルター型磁選機の組合せにより、添加した鉄粉のほぼ 100%を回収できることが実証できた。

以上より、大粒径・多孔質鉄粉、サイクロンの採用により、大量処理への適用性の高いヒ素分離浄化工法を構築することが出来た。

5. おわりに

今後は本実証実験で得られたデータの詳細分析を進め、自然由来ヒ素汚染地盤を掘削する大深度・大断面シールド工事で使用する実機の設備設計を進める予定である。