

砒素吸着鉄粉の反復使用時における汚染泥水浄化効果に関する検討

大成建設(株) 正会員 ○松村 綾子, 海野 円
根岸 昌範, 高畑 陽

1. はじめに

さまざまな建設工事に伴い発生する自然由来砒素を含む泥水に対して、金属鉄粉を混合して水溶態の砒素を鉄粉に吸着させ、磁力選別装置で鉄粉を回収することで砒素の溶出リスクを低減する手法を検討している¹⁾。回収した鉄粉は新たな泥水に添加して繰返し利用することを前提とし、飽和吸着量まで砒素を吸着した鉄粉に対しては、有機酸溶液に浸漬することで砒素の吸着効果を再生できることがわかっている²⁾。

しかし、鉄粉の再生処理とその後の吸着機能回復については、水溶液系の室内試験で確認した結果であり、泥水に対して適用した場合の浄化速度に関する知見は得られていなかった。そこで、バージン材である初期鉄粉と、砒素吸着後に再生処理した鉄粉（再生鉄粉）を用いて、自然由来砒素を含む泥水の反復浄化試験を実施し、泥水浄化効果を比較検討した結果について報告する。

2. 試験方法

2.1 使用材料および装置

試験には、高圧水アトマイズ法によって製造された砒素吸着能のある鉄粉を用いた。試験に供した自然由来汚染土は、関東地方の洪積層から採取した貝殻混じりの砂質細粒土で、砒素溶出量は基準値（0.01 mg/L）の3~5倍であった。泥水と混合・攪拌した鉄粉の回収には、ネオジム磁石を内蔵した磁気分離装置（マグネットセパレータ）を用いた（図-1）。

2.2 試験手順

自然由来砒素を含む汚染土壌を用いて、粒径 250μm 以下、比重 1.1 の泥水を作製した。初期泥水の性状を表-1 に示す。液相砒素濃度は初期鉄粉を使用した Case1 では 0.032mg/L、再生鉄粉を用いた Case2 では 0.014mg/L と、試験ケースによって異なっていた。固相の砒素溶出量は、両ケースとも基準値の4倍程度であった。

容量 5L の容器に泥水 4L を分注し、スラリー重量に対して 5% の鉄粉を添加した後、攪拌機（RW20digital, IKA 製）にて回転数 1200rpm で攪拌した。攪拌開始から、5 分後、10 分後、15 分後に少量の泥水を採取し、ネオジム磁石内蔵のマグネットバーで泥水中的鉄粉を回収し、鉄粉回収後の泥水（処理泥水）を分析に供した。30 分経過後に攪拌を停止し、全量をマグネットセパレータに送泥して鉄粉を回収したうえで、泥水は分析に供した。以上を 1 回の試験操作とし、回収した鉄粉全量を新しい泥水 4L に加えて、同様の操作を 5 回まで繰返し実施した（Case 1）。

Case 2 では、Case1 の 5 回目試験終了後に回収した鉄粉について、1mol/L のアスコルビン酸溶液 1.1L に 15 分浸漬する再生操作を施した。浸漬後、上澄み液と分離して回収した鉄粉（以下、再生鉄粉）を用いて、Case 1 と同様に 5 回繰返し泥水浄化試験を実施した。

Case1, 2 とともに、経過時間ごとの処理泥水を遠心分離機にて固液分離後、液相は孔径 0.45 μm のフィルターでろ過したものを分析検液とし、固相は風乾後、環告 18 号に準拠して溶出試験を実施した。液相、固相ともに、作製した検液は誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP/MS : Agilent 7700x）により砒素濃度を定量した。

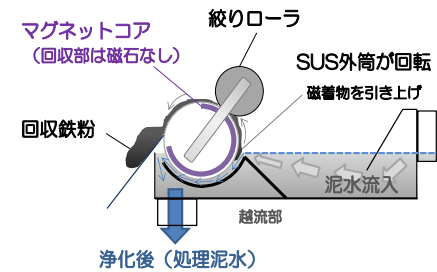


図-1 磁気分離装置の概要

表-1 初期泥水の性状

Case No.		1	2
使用鉄粉		初期鉄粉	再生鉄粉
液相	砒素濃度 (mg/L)	0.032	0.014
	pH (－)	8.4	8.1
	酸化還元電位 (mV)	132	23
固相	砒素溶出量 (mg/L)	0.044	0.037

キーワード 自然由来重金属, 砒素, 泥水, 浄化, 鉄粉

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株)環境本部 TEL03-5381-5185

3. 試験結果

3.1 処理泥水の液相砒素濃度

初期鉄粉および再生鉄粉を反復使用した場合の攪拌時間と処理泥水の液相砒素濃度の関係を図-2 および図-3 に示す。バージン材である初期鉄粉を使用した Case1 では、鉄粉の反復使用回数に関わらず、液相砒素濃度は同様の低減傾向を示し、攪拌開始から 15 分後には全ての鉄粉使用回数で処理目標値 (0.01mg/L) に合致する結果となった。再生鉄粉を用いた Case2 でも同様の傾向を示したが、初期泥水の液相砒素濃度が 0.014mg/L と低濃度であったため、5 分経過後には全ての鉄粉使用回数で処理目標値 (0.01mg/L) に合致していた。なお、Case2 (再生鉄粉) の 1 回目では、2 回目以降と比較して 5 分後の濃度低減率が著しく高い結果となった。

液相砒素濃度の攪拌時間 15 分までの経時変化を、擬一次反応に近似した場合の反応速度定数を表-2 に示す。Case1 (初期鉄粉) では、初めて泥水に触れた 1 回目が最も反応速度定数が大きく、その後 2 回目から 5 回目まで反復使用した条件では、0.1 (min^{-1}) 程度とほぼ同じ値を示した。一方、Case2 (再生鉄粉) では、1 回目の反応速度定数は初期鉄粉より大きかったが、2 回目以降は 0.08 (min^{-1}) 前後となり、初期鉄粉と比較して約 80% の反応速度となった。これより、初期鉄粉、再生鉄粉ともに、2 回目以降の使用時に概ね同様の砒素吸着傾向を維持できることが示された。再生鉄粉の吸着速度はやや低下したが、泥水中の砒素濃度が低ければ攪拌時間への影響は小さいと判断した。

3.2 処理泥水の固相砒素溶出量

30 分攪拌後の処理泥水を固液分離した固相試料について、初期泥水の固相砒素溶出量に対する砒素溶出量低減率を求めた (表-3)。初期鉄粉では、液相濃度の低減傾向と同様に、鉄粉を 1 回から 5 回まで反復使用した場合の低減率に、大きな差異は見られなかった。一方、再生鉄粉では 1 回目の低減率が最も高く、2 回目以降はいずれも 50% 台の低減率を示した。固相溶出量については、再生鉄粉でも初期鉄粉と遜色のない低減率が得られた。なお、今回の試験条件では、経時的な固相溶出量の低減は確認できたものの、30 分攪拌時点での固相溶出量が処理目標値である 0.01mg/L まで低減できない試料もあった。この点については、攪拌時間の延長や攪拌方式の工夫、鉄粉配合量の増加など、最適な条件を設定することで、処理目標値まで確実に濃度低減が可能な方法を検討していく予定である。

4. まとめ

自然由来砒素汚染土で作製した泥水に対して、初期鉄粉と、アスコルビン酸浸漬による機能回復工程を経た再生鉄粉の 2 種類について、泥水浄化を 5 回繰り返して、液相砒素濃度と固相溶出量の低減状況について比較した。その結果、液相の濃度低下速度ではやや劣ったものの、再生鉄粉でも初期鉄粉と遜色ない浄化効果を確認した。実際には初期鉄粉は数 10 回の反復使用を行い、さらに再生処理を施しながらそれ以上繰返し使用することを考えている。今後は、使用回数増加に伴う課題点を抽出し、新規鉄粉との入れ替え方法等、最適な運用方法を検討していきたい。

参考文献

- 1) 太田綾子ほか：小型磁気分離装置を用いた自然由来砒素含有土の鉄粉による砒素回収技術検討，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. 230-233，2015。
- 2) 太田綾子ほか：浄化用鉄粉の砒素吸着能回復手法に関する基礎的検討，土木学会第 70 回年次学術講演会，pp. 145-146，2015。

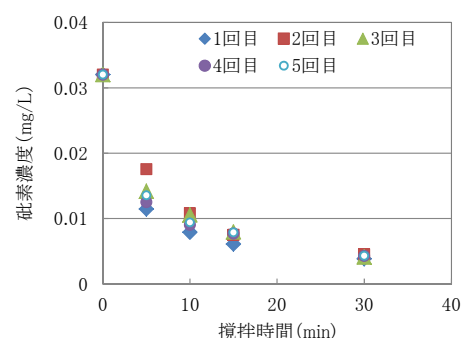


図-2 泥水液相中砒素濃度の経時変化 (Case1 初期鉄粉)

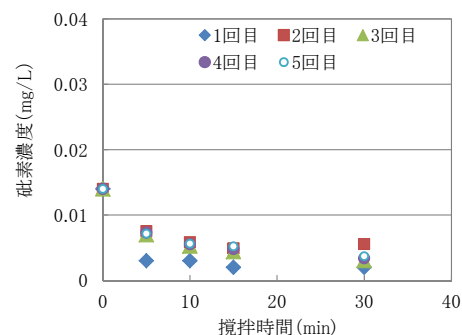


図-3 泥水液相中砒素濃度の経時変化 (Case 2 再生鉄粉)

表-2 砒素濃度低減の反応速度定数

使用鉄粉	反応速度定数 (min^{-1})				
	鉄粉使用 1回目	鉄粉使用 2回目	鉄粉使用 3回目	鉄粉使用 4回目	鉄粉使用 5回目
初期鉄粉	0.125	0.102	0.103	0.111	0.107
再生鉄粉	0.149	0.079	0.087	0.082	0.078

表-3 固相砒素溶出量の低減率

使用鉄粉	固相溶出量低減率 (%)				
	鉄粉使用 1回目	鉄粉使用 2回目	鉄粉使用 3回目	鉄粉使用 4回目	鉄粉使用 5回目
初期鉄粉	48	38	42	45	46
再生鉄粉	75	56	58	53	52