

浄化用鉄粉の砒素吸着能回復手法に関する基礎的検討

大成建設(株) 技術センター 正会員 ○太田 綾子, 海野 円
根岸 昌範, 高畑 陽

1. はじめに

金属鉄粉は、重金属汚染地下水に対する拡散防止技術である地下水浄化壁の反応材としての適用例が報告されており、地下水中からその表面に砒素を吸着することがわかっている¹⁾²⁾。筆者らは自然由来の砒素を含む実汚染土壌を用いて作成した砒素を含む泥水に対して金属鉄粉を混合し、一定時間攪拌した後で小型磁気分離装置によって鉄粉を回収する処理技術を検討し、建設工事等で発生する泥水への適用性を確認した³⁾。地下水汚染の受動的な拡散防止対策として砒素の経年的な負荷量に見合う鉄粉を地中に埋設する場合と異なり、大量に発生する泥水から積極的に砒素を回収するために鉄粉を使用する場合、簡便な方法で鉄粉を再生利用することができれば大幅なコスト低減に繋がることになる。本報では、2種類の鉄粉について一定時間ごとに砒素を繰返し添加する室内バッチ試験を実施し、砒素吸着量が飽和に達するまでの濃度推移を確認するとともに、砒素吸着鉄粉のアスコルビン酸溶液への浸漬による砒素吸着性能の回復状況について評価した結果を報告する。

2. 試験方法

2.1 浄化用鉄粉

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(以下、砒素浄化用鉄粉)、鋳鉄系のリサイクル鉄粉(以下、リサイクル鉄粉)の2種類を用いた。砒素浄化用鉄粉は図-1に示すとおり、粒径53 μm 以下が42%の比較的粒径が小さい鉄粉である。リサイクル鉄粉は平均粒径で20 μm 程度のものを使用した。

2.2 飽和吸着量の把握試験

有効容量100mlのバイアル瓶に鉄粉2gを分取し、砒素濃度10mg/Lに調整した溶液100mlを分注して密閉し、写真-1に示す回転型振とう器(10rpm, 20°C)にて反応させた。振とう開始から1時間後および48時間後に合計10mlの液相を採取した後、砒素濃度が100mg/Lの溶液10mlをバイアル瓶に追加注入し、再び回転型振とう器にて反応させた。その後は48時間以上経過後に液相測定用の10mL採取と、砒素濃度100mg/Lの溶液10mlを添加する作業を4回繰り返した。採取した液相は孔径0.45 μm のフィルターでろ過したものを分析検液とし、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。

2.3 鉄粉再生操作および機能回復鉄粉の吸着能評価

前項で試験した鉄粉2gを液相と分離して取りだし、0.1Mアスコルビン酸溶液100mLに1時間浸漬した(液固比L/S=50)。その後、鉄粉とアスコルビン酸溶液を分離して蒸留水30mLを加えて洗浄し、再度液相と分離して回収した鉄粉を機能回復鉄粉とした。機能回復鉄粉に対して、2.2で記載した方法でバッチ試験を実施し、砒素吸着量を評価した。

2.4 機能回復のための最適条件の検討

実際に鉄粉をアスコルビン酸溶液に浸漬して再生することを想定すると、鉄粉に対する浸漬液の液固比は小さいほうが望ましい。そこで、アスコルビン酸濃度を1Mとし、鉄粉とアスコルビン酸溶液の液固比L/Sを2および5として室内試験を実施した。浸漬液の砒素濃度および鉄濃度の経時変化を把握し、砒素回収と鉄粉溶解状況を評価した。

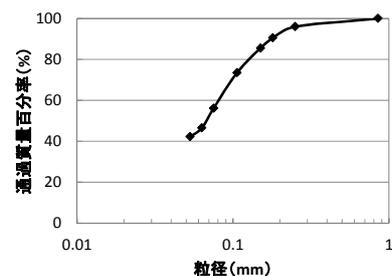


図-1 砒素浄化用鉄粉の粒度分布



写真-1 回転型振とう器

キーワード 自然由来重金属, 砒素, 浄化, 鉄粉

連絡先 〒240-0012 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株)技術センター TEL045-814-7226

3. 試験結果

3.1 機能回復前後の砒素吸着挙動

振とう時間（経過時間）と液相砒素濃度の関係を図-2 に示す。図-2 a) より、初期状態鉄粉を用いた場合、試験開始後 1 時間の液相濃度の低下率は、粒径から類推して比表面積の大きいリサイクル鉄粉よりも砒素浄化用鉄粉の方が大きかった。48 時間後および 96 時間後の液相濃度についても、リサイクル鉄粉に比べて砒素浄化用鉄粉の方が、より低濃度まで達していた。その後、2 回目（96 時間）の砒素添加以降は、大きな濃度低減はみられなくなった。図-2 b) より、アスコルビン酸溶液への浸漬によって機能回復した鉄粉は、改めて砒素を吸着する機能が回復していることを確認した。

液相の砒素濃度低下量から求めた試験終了時における鉄粉 1g あたりの累積砒素吸着量および試験開始後 1 時間の砒素吸着量を表-1 に示す。砒素浄化用鉄粉の累積砒素吸着量は、初期状態で 1.8mg/g、機能回復後では 1.5mg/g となった。ただし、いずれの場合も有効な液相の砒素濃度低下が確認できたのは、砒素を 48 時間後に再添加した後までであり、その時の鉄粉の砒素吸着量はいずれも 1.0mg/g であった。また、試験開始後 1 時間経過時点の鉄粉 1g あたりの砒素吸着量は、初期状態鉄粉で 0.47mg/g、機能回復鉄粉で 0.43mg/g であり、機能回復鉄粉の吸着量は初期状態鉄粉の 90%程度であった。その後の液相濃度低減傾向からも、機能回復鉄粉は表面活性が若干損なわれている可能性があり、使用に際しては添加量や泥水との反応時間に配慮が必要になると考えられる。

3.2 機能回復のための最適条件の検討

鉄粉を浸漬したアスコルビン酸溶液（浸漬液）の砒素濃度と鉄溶解率の経時変化を図-3 に示す。砒素濃度は浸漬開始から 2 時間後をピークとして、時間経過とともに減少する傾向を示した。一方で、浸漬液への鉄溶解率は経時的に上昇した。同時に測定した浸漬液の pH は徐々に上昇し、24 時間後には pH=4 を超過していたことから、鉄粉からの鉄溶解と非晶質水酸化第二鉄の形成が同時に発生し、溶解した砒素が一部再沈殿したと考えられる。この点については、今後鉄粉の表面観察などで確認していく必要がある。鉄粉と浸漬液の液固比 L/S は 2 および 5 のいずれの場合も、浸漬液の砒素濃度、鉄溶解率の経時変化は同じ傾向を示した。以上の結果より、浸漬時間は、鉄粉表面からアスコルビン酸溶液への砒素溶解が完了すれば比較的短い方が良く、1 時間程度の浸漬時間で鉄粉表面の砒素は十分に回収できるとともに、鉄粉のロス率も 1~2%に抑えることが可能であった。

4. まとめ

浄化用鉄粉を用いた砒素吸着バッチ試験を実施し、砒素吸着量が飽和状態に達するまでの濃度推移を把握するとともに、アスコルビン酸溶液へ 1 時間程度浸漬することによって、鉄粉の砒素吸着能が初期状態の 90%程度まで回復することを確認した。今後は、機能回復鉄粉を使用する際の最適条件を明らかにするとともに、スケールアップ方法を検討していく予定である。

参考文献：1) 根岸昌範ほか、(2006)：X 線分析手法を用いた鉄粉による重金属安定化形態の実験的検討、地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会第 12 回講演集、pp.615~619 2) 根岸昌範ほか、(2004)：マルチバリアによる複合汚染水の浄化に関する研究、土木学会年次学術講演会、第 59 回講演集、pp.495-496 3) 太田綾子ほか、(2015)：小型磁気分離装置を用いた自然由来砒素含有土からの鉄粉による砒素回収技術検討、地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会第 21 回講演集、投稿中

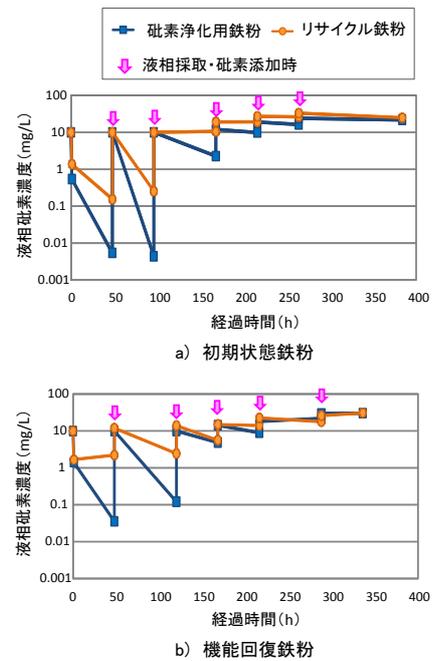


図-2 経過時間と液相砒素濃度の関係

表-1 砒素浄化用鉄粉の累積砒素吸着量・試験開始 1 時間の砒素吸着量

鉄粉の状態	鉄粉1gあたりの累積砒素吸着量 (mg/g)	試験開始から1時間の砒素吸着量 (mg/g)
初期状態	1.8	0.47
機能回復鉄粉	1.5	0.43

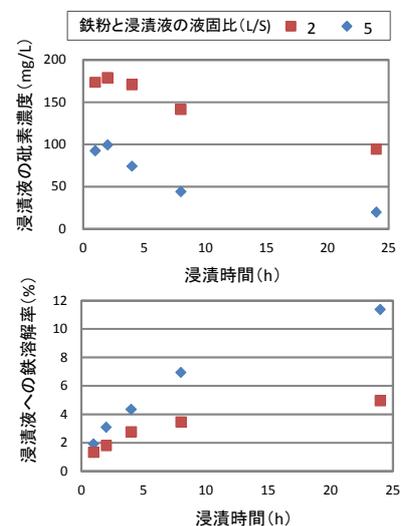


図-3 機能回復の最適条件検討結果