

砒素吸着鉄粉の再生処理に使用したアスコルビン酸からの砒素回収方法

大成建設(株) 技術センター 都市基盤技術研究部 正会員 ○海野 円

根岸 昌範

高畑 陽

1. はじめに

建設工事に伴って発生する自然由来砒素を含む泥水に対して、フィルタープレスなどによる固液分離前の段階で、鉄粉を泥水に混合して水溶性の砒素を吸着させ、続いて鉄粉を系外に回収することで発生土の環境リスクを低減させる手法が検討されている。筆者らは、永久磁石（ネオジム磁石）を用いて鉄粉を回収する技術を確認¹⁾すると共に、飽和状態まで砒素を吸着した鉄粉をアスコルビン酸溶液を用いて砒素吸着機能を回復（再生処理）させ、鉄粉を何度も再利用することにより鉄粉使用量を削減する技術の検討を行ってきた²⁾。再生処理により砒素が濃縮した廃アスコルビン酸溶液は、そのまま廃棄処理することも可能であるが、コストや環境面を考慮すれば廃液処理をしてアスコルビン酸溶液も繰り返し使えることが望ましい。本報では、廃アスコルビン酸から砒素を電解析出によって電極表面に回収する廃液処理方法を室内試験で検討した結果について報告する。

2. 試験方法

2.1 模擬溶液

鉄粉の再生処理において発生する廃アスコルビン酸溶液の模擬液（以下、模擬溶液）として、砒素濃度 120mg/L、鉄濃度 1,000mg/L を含む 0.5mol/L アスコルビン酸溶液を作製した。砒素はひ酸水素二ナトリウム七水和物、鉄は塩化鉄(II)四水和物、アスコルビン酸は L(+)-アスコルビン酸の粉末を用いて目標濃度に調整した。

2.2 電解析出による砒素回収

前記した模擬溶液に対して電解析出による砒素の回収試験を実施した。試験条件を表 1、試験装置の外観を写真 1 に示す。模擬溶液 1L を電解セルに入れ、陰極（SUS）および陽極（炭素）が所定の面積および間隔となるように模擬溶液内に浸漬して固定した。その後、印加電圧を 3.0V で固定し、電解セル中の溶液濃度が均一となるよう、通電中はマグネティックスターラーを用いて攪拌した。通電開始から 0, 2, 8, 24, 48, 72, 96 時間後に模擬溶液 1mL を採取し、砒素濃度および pH を測定した。砒素濃度は ICP 質量分析装置にて測定し、pH はガラス電極法にて測定した。また、通電時における水素化砒素（アルシン）発生の有無を確認するため、ガス回収トラップ³⁾を使用した。電解セルをアクリル製の密閉容器内に設置し、発生したガスをトラップに 2L/min で吸引通気した。トラップ内吸収液の砒素濃度を測定することでガス発生を確認した。吸収液は、ヨウ素液とヨウ化カリウムを使用し、2段階のトラップで計 800mL を用いた。

表 1 試験条件

項目	条件
電解セル	アクリル(容量 1L)
陰極	SUS (144cm ² ×2枚)
陽極	炭素 (144cm ² ×2枚)
電極間距離	15mm
対象溶液 (目標濃度)	砒素(V): 120mg/L 鉄(II): 1,000mg/L アスコルビン酸: 0.5mol/L

2.3 電極への砒素回収状況の確認

通電後の電極（陰極）を用いて、砒素の回収状況を確認した。電極表面の観察は、エネルギー分散型蛍光 X 線装置付走査型電子顕微鏡(SEM/EDS)により実施した。また、電極表面に回収された砒素量を定量的に分析するため、電極の一部約 5.1cm² の欠片を濃硝酸（比重 1.42）10mL に 5 分間浸漬させた。濃硝酸から電極を取り出した後に、純水を用いて 100mL にメスアップし、0.45μm のメンブレンフィルターでろ過したものを ICP 質量分析装置にて砒素濃度を分析し、電極総面積で換算して砒素回収量を評価した。

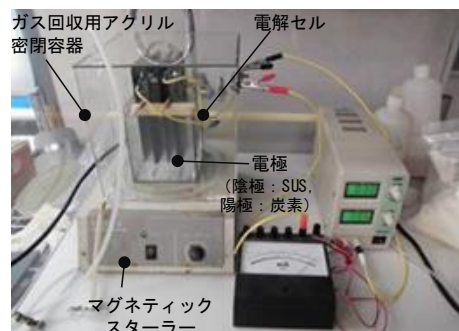


写真 1 試験装置の外観

キーワード 自然由来重金属, 砒素, 鉄粉, 電解析出

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 TEL045-814-7240

3. 試験結果

3.1 アスコルビン酸溶液中の砒素濃度の変化

通電時間に伴う模擬溶液中の砒素濃度の推移および砒素除去率を表2に示す。溶液の砒素濃度は、通電後8時間までは顕著な濃度低下を示し、砒素除去率は94.3%となった。一方で、その後の砒素の濃度低下は緩やかであり、96時間まで通電しても砒素除去率は96.3%に留まった。表2に示した電気効率は、砒素1mgを処理するために必要な電力量のことであり、通電開始から8時間時点で0.4Whであった。時間と共に効率は低下し、96時間後に3.0Whとなった。以上より、8時間程度の電解処理で90%以上の砒素をアスコルビン酸溶液から回収できることが明らかになった。なお、通常の廃酸として扱うには1mg/L以下までの砒素除去が必要であるが、電気効率の低下を考慮すると、電解析出で90~95%の砒素を取り除いた後に、他の処理と併用するなどの対応が効率的と考えている。

3.2 陰極への砒素析出状況の確認

96時間通電後の陰極表面のSEM画像を図1に示す。試験終了から観察までの期間に空気酸化等により表面に腐食物が生成したため、SUS電極が露出して腐食物が存在していない箇所(図1の枠内部分)でEDSを用いた定点での元素組成分析を行った。その結果、砒素存在量が21.4%であり、電極表面に一定量の砒素が析出していることを確認した(表3)。また、別途実施した電極部材を濃硝酸に浸漬した分析評価結果から、SUS電極表面全体で約86mgの砒素が回収され、模擬溶液中に存在した砒素量の約72%に相当していることを確認した。

3.3 水素化砒素の発生状況確認

通電開始から8時間後の吸収液中の砒素濃度を測定した結果を表4に示す。ガス化した砒素は、およそ6.5mgであり、模擬溶液量の約5%に相当した。また、水素化砒素の吸収効率を100%と仮定し、8時間の累積吸引風量960Lから平均的なガス濃度に換算すると、1.9ppmと高濃度の砒素が含有するガスが生成していることが示された。そのため、スケールアップした際にもガス吸収設備が必要であると考えられる。

4. まとめ

鉄粉再生処理後のアスコルビン酸溶液から、電解析出により処理により、約95%の砒素を8時間以内に除去することが可能であることが示された。また、除去した砒素の大部分は陰極部材(SUS)の表面に析出していることが確認できた。今後は、ガス回収設備を含めてスケールアップ時のフィージビリティスタディなどに取組み、再生処理後の二次廃棄物の最適な取り扱い方法について検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 太田綾子ほか：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) 海野円ほか：土木学会第71回年次学術講演会, pp. 165-166, 2016.
- 3) 高橋篤ほか：川崎市公害研究所年報, 第14号, pp.10-15, 1987.

表2 電析試験結果

通電時間 [hour]	累積電力量 [Wh]	pH [-]	砒素濃度 [mg/L]	砒素除去率 [%]	電気効率 [Wh/mg-As]
0	0	2.1	120	0.0	-
2	8	1.8	60	50.0	0.1
8	44	1.6	6.9	94.3	0.4
24	144	1.3	5.8	95.2	1.2
48	241	1.3	5.6	95.3	2.0
72	303	1.5	5.4	95.5	2.6
96	347	1.6	4.4	96.3	3.0

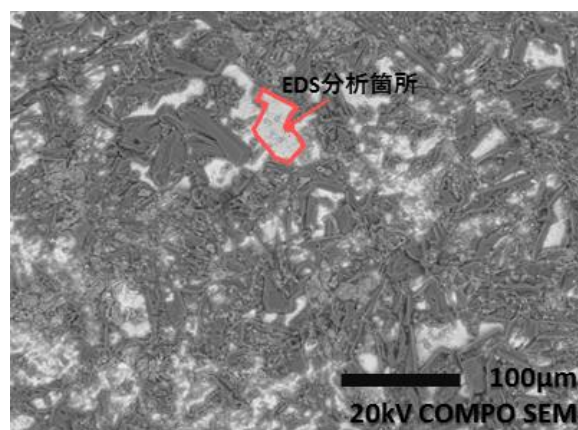


図1 通電後陰極表面のSEM画像

表3 通電後陰極表面の元素組成

元素	C	O	Fe	As
存在比率 [wt-%]	3.1	17.8	57.6	21.4

表4 水素化砒素の回収状況

吸収液量 [mL]	吸収液の 砒素濃度[mg/L]	砒素回収量 [mg]	砒素回収率 [%]
800	8.2	6.5	5.4