

## アスコルビン酸注入による透過性地下水浄化壁の原位置脱塩素反応性回復試験

大成建設株式会社 正会員 ○太田 綾子 根岸 昌範 深澤 道子  
岩崎 広江 樋口 雄一

### 1. はじめに

汚染地下水の拡散防止策である透過性地下水浄化壁は、揮発性有機塩素化合物に汚染された地下水に対しては金属鉄粉を反応材として脱塩素無害化する手法が一般的である。しかし、金属鉄粉は経年的に嫌気性腐食が進行することが知られており<sup>1)</sup>、鉄粉周囲に形成された腐食皮膜によって浄化壁の反応性は緩やかに減衰していく。浄化壁設置から10年以上経過してもなお浄化壁への流入負荷低減措置がとれないサイトでは、浄化壁における鉄粉の反応性回復措置の必要性が生じているケースもみられる。したがって、原位置で鉄粉の腐食皮膜を除去し脱塩素反応性を回復できれば、浄化壁の耐久性を向上させることができる。既往の研究では室内試験によって、経年劣化した鉄粉を0.1~0.5mol/Lのアスコルビン酸溶液に6時間以上浸漬すれば、還元的に酸化皮膜を除去することが可能であり、鉄粉の浄化機能を回復できることがわかっている<sup>2)</sup>。

本稿では、実汚染地盤に施工後、約4年経過した透過性地下水浄化壁内にアスコルビン酸溶液を注入し、鉄粉の腐食皮膜の洗浄効果と反応性の回復度合いを評価した。また、有機物濃度や鉄イオン濃度の増加などの周辺影響がどの程度継続するか、現場モニタリングにより確認した。

### 2. 試験サイトの状況

原位置試験サイトは、テトラクロロエチレン(PCE)による汚染地下水の敷地外流出防止策として、2004年に透過性地下水浄化壁を施工している。図-1に示すように、地質構成は粘性土と砂質土の互層であり、鉄粉を重量比で20%混合した浄化材を地下水面上のGL-3mから不透水層の深度プラス1mのGL-23mに打設して浄化杭を構築している。試験サイトでは、図-2に示すように地下水下流側の敷地境界に浄化壁(改良径1200mmの改良杭の連壁)と遮水壁を交互に配置し、敷地外へ流出する地下水は透過性遮水壁を通過する。注入井戸および注入井戸からそれぞれ約4mの位置にある周辺井戸P1、P2は浄化杭の杭心に位置しており、上流井戸は注入井戸から約7.5m離れている。現地の平均地下水位はGL-6m程度、浄化壁を通過する地下水の実流速の設計値は27.6cm/dayである。

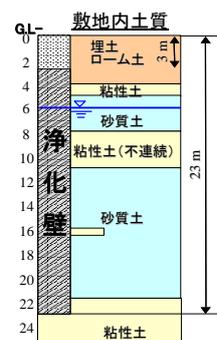


図-1 サイト状況

### 3. 試験方法

薬剤注入試験は、図-2に示す注入井戸から1m<sup>3</sup>タンク内で作製した0.1mol/Lのアスコルビン酸溶液を、送液ポンプにて井戸内に注入した。注入量は浄化杭1本分の空隙が1回置換される溶液量である6m<sup>3</sup>とし、注入深度は注入溶液の拡散傾向を考慮してGL-22~6mの範囲で徐々に浅くした。約6時間かけて注入し、注入後1、7、14、56日後に注入井戸、周辺井戸P1、P2および上流井戸の地下水を採取し、pH、有機炭素濃度(TOC)、酸化還元電位(ORP)、溶存鉄濃度、PCE濃度について分析した。

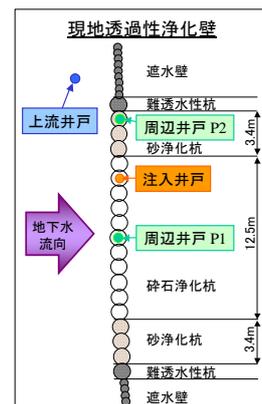


図-2 サイト平面図

注入井戸近傍の浄化杭内から事前にボーリングサンプルとして浄化材を回収・真空乾燥させ、鉄粉の粒径を考慮して75μmふるい通過試料を経年変化鉄粉とした。現地にて薬剤注入の直後に、メッシュ袋に入れた経年変化鉄粉を注入井戸のGL-12m付近に吊り下げ、1週間後に回収して鉄粉の酸化皮膜形成状況とその除去状況について検討した。観察・解析方法は、鉄粉試料をエポキシ樹脂に埋め込んで真空含浸および硬化させ、自動研磨装置を用いて研磨して鉄粉断面を露出させた。走査型電子顕微鏡および付属のエネルギー分散型マイクロアナライザ(SEM/EDS)を用いて、微視的な観察と画像解析を実施した。

キーワード 透過性地下水浄化壁, 脱塩素反応性, 浄化用鉄粉, アスコルビン酸, 原位置注入試験

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設株式会社 技術センター TEL045-814-7217

4. 試験結果

図-3 に薬剤注入による注入井戸および周辺井戸の水質の経時変化を示す。pH, TOCは、図中に示す注入溶液の値から、薬剤注入 1 日後では注入溶液が注入井戸内に残存しており、7 日後以降にはほとんど初期値と変わらない値が検出されていることから、注入溶液は浄化壁から拡散・流出したものとと思われる。薬剤注入から 1 日後の pH は深度によって異なる値を示しているが、溶存鉄濃度も同じ傾向を示していることから、GL-12~14m 付近では水酸化第一鉄 (Fe(OH)<sub>2</sub>・nH<sub>2</sub>O) などの腐食皮膜の溶解が顕著に進み、溶存鉄濃度と pH の上昇がみられたものと考えられる。ORP は、薬剤注入から 56 日経過後でも、特に GL-13m より浅い深度では初期値に比べて低い値を維持しており、注入溶液の消失後も還元雰囲気となっている。周辺井戸の水質から、注入井戸から 4m 程度離れたと薬剤注入の影響は全くないことが示された。

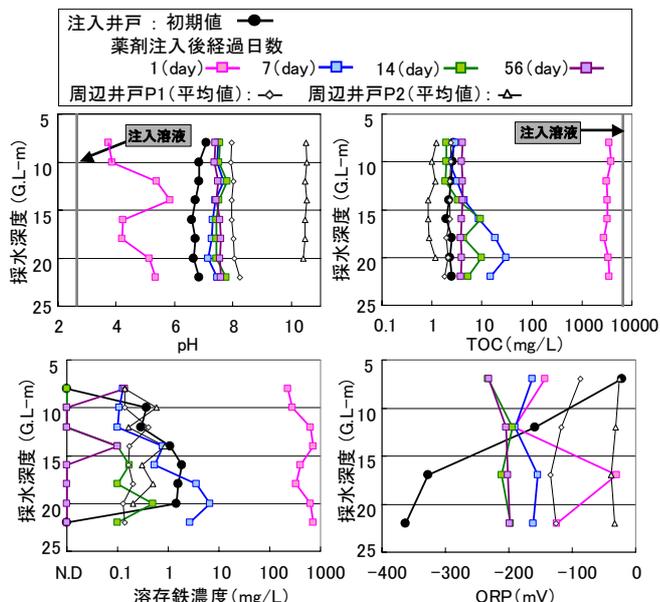


図-3 注入井戸および周辺井戸の水質の経時変化

図-4 に注入井戸および上流井戸の PCE 濃度の経時変化を示す。上流井戸の PCE 濃度は 0.1~1mg/L オーダーを推移しており、注入井戸では基準値 (0.01mg/L) を超える PCE 濃度が約 1 年にわたり検出され続けている。赤点線で示した薬剤注入以降は、基準値を下回る PCE 濃度を 2 ヶ月間維持している。上流井戸と注入井戸での PCE 濃度低減比、浄化杭端部から注入井戸までの距離、および地下水実流速の設計値から、擬一次反応を仮定した場合の脱塩素反応速度定数を求めた。その結果、薬剤注入前の平均値は 0.0674 (1/h)、薬剤注入後では 0.1018 (1/h) となり、鉄粉の脱塩素反応性が回復していることが示された。

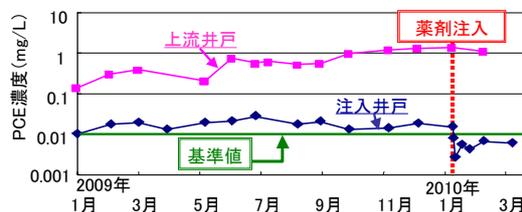


図-4 PCE 濃度の経時変化

SEM/EDS による鉄粉の断面画像を、経年変化鉄粉については写真-1 に、薬剤注入から一週間後に回収した鉄粉については写真-2 に示す。左側が SEM 画像、右側の 2 枚は EDS 装置による面分析データを多変量解析し、EDS 波形が類似したエリアをマッピングした画像で、I.鉄粉層は Fe 主体、II.皮膜層は O, Si などを主成分とした画像である。写真-1 では経年変化鉄粉の周囲に満遍なく皮膜層が存在しており、平均的に 10 μm 以上の酸化皮膜が形成されていることがわかった、写真-2 では写真-1 の状況と比べて、腐食皮膜は概ね除去できているものと考えられた。

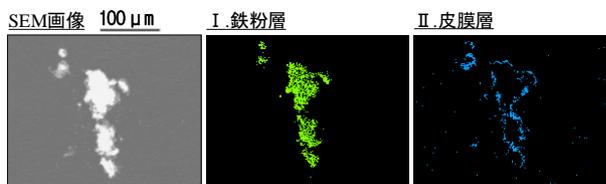


写真-1 経年変化鉄粉の解析結果

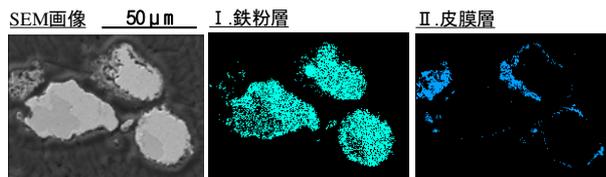


写真-2 薬剤注入後鉄粉の解析結果

5. まとめ

設置から約 4 年経過した PCE 汚染地下水に対する透過性浄化壁にアスコルビン酸溶液を注入し、経年変化した浄化用鉄粉の原位置脱塩素反応性回復試験を実施した。事後モニタリングにおける PCE 濃度から、鉄粉の脱塩素反応性は回復していることがわかった。また、薬剤注入前後の鉄粉の断面を SEM/EDS 分析したところ、10 μm 程度生成していた腐食皮膜は、概ね除去することが可能であった。今回の原位置試験では、注入溶液の消失が早かったため、今後周辺への影響などを別途評価していく必要がある。さらに実汚染サイトでの効果的な薬剤注入方法に関する検討も加えていく予定である。

【参考文献】1)H.H.ユークリック, R.W.レヴィー:『腐食反応とその制御』, pp.92-123 (1968) 2)太田綾子、根岸昌範、深澤道子、有山元茂(2009): 経年劣化した地下水浄化用鉄粉に対するリフレッシュ薬剤の室内選定試験, 第 64 回土木学会年次講演会, pp.387-388