

フエントン反応を利用した原位置浄化技術

株式会社アイ・エス・ソリューション代表取締役 西村 実

当社は、原位置浄化を特長とした土壌汚染の調査・対策サービスを提供している。二〇〇四年二月に

最初の土壌浄化工事を実施して以来、二〇〇八年三月までに八七件の施工実績がある。対象汚染物質は揮発性有機塩素化合物、ベンゼン、油分が圧倒的多数を占めており、適用した浄化手法は、フエントン反応を利用した原位置化学酸化を筆頭に原位置バイオレメディエーション、ナノ鉄粉の原位置注入と続き、現場によっては掘削除去や揚水処理と組み合わせている。施工面積では数十平方メートルのガソリンスタンドから数千平方メートルの工場跡地まで対応しており、夏期休暇等で休止中の工場施設内や不動産ファンドに組み入れる物件での浄化実績もある。3分の2の現場は、調査から対策まで一貫して受注しているが、3分の1は既存の調査結

果を踏まえた浄化工事単独の受注である。

フエントン反応の特徴と浄化手順

施工実績の多いフエントン反応を用いた原位置化学酸化は、過酸化水素水と二価の鉄塩水溶液を汚染された地盤中に注入し、原位置で酸化力の強いヒドロキシラジカルを発生させて有機性の汚染物質を酸化分解する方法である。フエントン反応は、土壌汚染対策法に定められた第一種特定有害物質、有機リン化合物を除く第三種特定有害物質、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、PAH(多環芳香族化合物)および炭素数が二〇以下のガソリン、軽油、灯油などの石油系炭化水素を効果的に分解することが知られている。一方、フエントン反応による

酸化分解作用は短時間で終息するため、通常は複数回に分けてフエントン反応を起こす薬剤を注入するが、いかに効率よく浄化対象物質に到達させて接触させるかが原位置化学酸化の重要なポイントとなる。

当社では、地質の専門技術者による現地の事前調査ならびに土壌・地下水試料をラボに送って化学の専門技術者が実施するトリートメントの専門技術者が実施するトリートメントの結果を踏まえて土木の専門技術者が原位置浄化工事を設計する。事前調査では、特に汚染原因とNAPL(非水溶性流体)の存在位置、汚染の拡散経路および浄化対策が必要な範囲を評価し、汚染の発生から現在の状況に至った経過、そして浄化対策実施後の効果についての適切なシナリオを描くことが大切である。フエントン反応による原位置化学酸化ではNAPLは特に重要である。フエント

ン反応剤の注入直後は汚染物質が分解され濃度が低下するが、NAPLが残っていると分解反応が終息した後も汚染物質は供給され続け、濃度の再上昇が懸念されるからである。トリートメント試験では、フエントン反応による浄化対象物質の分解の程度を確認し、フエントン反応剤の注入量や注入回数を設定するための基礎データを得る。浄化の手順を図1に示す。

フエントン反応の影響として、pH低下に伴う重金属の溶出や埋設配管等の金属腐食の懸念が指摘されるが、pHについては7程度以下であれば十分に反応することを確



▲閉鎖した工場建屋内での原位置浄化

図1 原位置浄化の手順

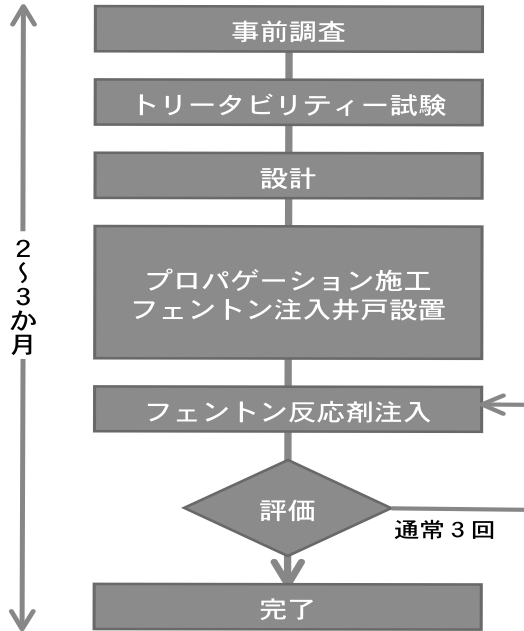
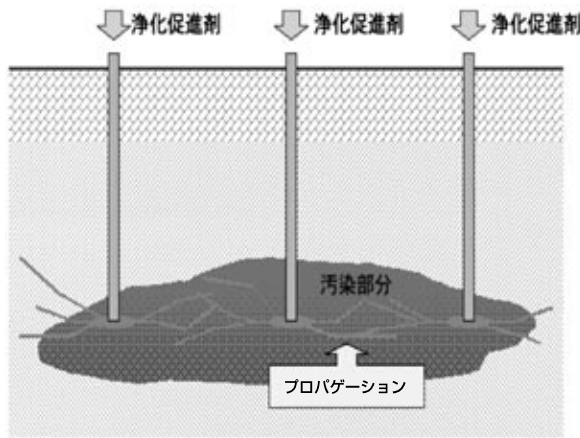


図2 プロパゲーション工法の浄化イメージ



認しており、弱酸である有機酸を用いている。金属の腐食については、フエントンの反応剤への長期浸漬試験でほとんど影響がないことを確認している。

プロパゲーション工法

原位置浄化技術に共通する課題として、浄化対象となる地盤への浄化促進剤の効率的な供給方法があげられる。当社では、地盤の透水性や土質に応じて、井戸注入工法、

ロッド注入工法、プロパゲーション工法などの方法を使い分けている。プロパゲーション工法は、プロパゲーションと呼ばれる砂層を原位置地盤に形成することにより浄化促進剤の汚染土壌への浸透性を向上させる工法である。プロパゲーション工法の要素技術である砂層を形成する方法は、ハイドロフラクチャー法（水圧破砕）を応用したものである。一般的にハイドロフラクチャー法は、岩盤を対象として坑井内に地層・岩層が保有する応力に打ち勝つよ

うな高圧の流体（フラクチャリング流体）を圧入し、地下に亀裂（フラクチャー）を生じさせ、その亀裂を拡張・伸展させる。同時に開口した割れ目が閉じないように粒状のプロパント（支持材）を充填してプロパント層を形成し、透水性を増加させることで油井や熱水の生産量、還元量を増加させることを目的としている。プロパゲーション工法は、高圧の流体に粘性流体を使用し、生じた亀裂や割れ目に支持材として砂を圧入する方法であり、形成

された砂層（プロパゲーション）を浄化促進剤注入のための透水層として活用する（図2）。注入する浄化促進剤を選ばないのでフエントンの反応剤以外にもバイオレメディエーション促進剤やナノ鉄粉の効率的な注入にも適用している。ただし、深度3mより浅い地層や盛土地盤のように乱された地層には適用できないので土質に応じて他の注入方法を併用したり、使い分けたりする必要はある。

おわりに

土壤汚染対策工事の件数は年々増加している。ところがほとんどの対策は汚染土壌の掘削除去に依存しているため、高額な浄化費用に起因するブラウンフィールド化が大きな問題となってきた。土壤汚染対策の先進国である米国では、汚染源処理の約6割に原位置処理技術が適用されている。我が国においても土壤汚染のリスクを経済的に低減できる原位置浄化技術の普及が望まれており、その一役が担えれば幸いである。