

中性フェントン法の VOC 浄化特性と原位置浄化への適用

鹿島建設(株) 正会員 ○仲山 賢治 正会員 川端 淳一 永井 文男
 三菱ガス化学(株) 君塚 健一 田崎 賢 海老原 孝
 ケミカルグラウト(株) 上沢 進

1. はじめに

VOC の分解浄化工法の一つとして酸化分解法がある。VOC を浄化剤の持つ強力な酸化力によって分解する方法である。本報告では浄化剤に過酸化水素・鉄を用いるフェントン法の原理と特長について説明を行うとともに pH 反応域を改良した新しい中性フェントン法についての室内試験及び実証施工結果を報告する。

2. フェントン法の原理と中性フェントン法

過酸化水素は二価の鉄イオンを酸化(電子を奪う)し、三価の鉄イオンとする。この際、過酸化水素自身は還元されるが、その過程で一部がヒドロキシルラジカルを経由することが知られている。



ヒドロキシルラジカルは化学量論的にみて電子欠乏状態にあり、他の物質から電子を奪って自身を安定化させようとする。これが即ちヒドロキシルラジカルの酸化力である。フェントン法による VOC 浄化はこのヒドロキシルラジカルによって行われる。通常は二価鉄の沈殿を防ぎ、反応性を高めるため pH3 程度の酸性領域で実施する。生成するヒドロキシルラジカルは非常に反応性が高く、浄化剤を注入後速やかに VOC の分解を確認できる。また、強力な酸化力により土壤汚染対策法で定められた VOC 以外にも様々な有機化合物を分解可能な特長がある。

この度検討したフェントン法は二価鉄の代替触媒を用いることで反応 pH 領域を 3~9 程度まで拡大し、通常必要である地盤 pH の酸性化が不要になった浄化法である。地盤を酸性化しないため、地盤環境への負荷や重金属の溶出リスクを低減することが期待される。

3. 室内試験

実証施工を見据えてベンゼン、及びシス-1,2-ジクロロエチレン（以下 c-DCE）の複合汚染に対する中性フェントン法の効果を確認する室内試験を実施した。施工予定地の土壌は深度毎に pH が大きく異なることが確認された。そのため、様々な pH 条件下での VOC 分解効果を確認した。

3.1 試験方法

100ml バイアル瓶に浄化対象地の土壌、地下水を入れた後、中性フェントン法に必要な触媒を添加した。バイアル瓶を密閉後、ベンゼン及び c-DCE が各々 0.5mg/L になるように添加し、各 VOC の初期濃度及び pH を測定した。ここでは液中の過酸化水素が 2%濃度になるように調製した。VOC は気相部のガスをガスタイトシリンジによって採取し、ヘッドスペース-GC/PID 法により濃度低下を測定、地下水濃度に換算している。なお、実験は恒温槽において 20℃一定の条件で実施し実験期間は浄化剤添加後 1 日とした。

3.2 試験結果

図-1 に試験結果を示す。全てのサンプルにおいて 95%以上の分解効果が確認された。本中性フェントン法では酸性から中性までの幅広い pH 域で高い分解効果を示すことが確かめられ、このことにより本浄化対象地では特に pH 調整を行うことなく浄化が可能であると期待される。

キーワード 酸化剤 原位置浄化 VOC 複合汚染

連絡先

東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社 技術研究所 地下水・地盤環境グループ 仲山賢治
 TEL : 042-489-8790 FAX : 042-489-7034

4. 実証施工
4. 1 実証施工概要

室内試験の結果を踏まえて、実証施工を実施した。本地盤はベンゼンと c-DCE 及びその他の非有害物質である VOC を地下水に含む地盤であり、帯水層はシルトを含む砂地盤で $8.4\times10^{-5}\text{cm/s}$ 程度であった。施工方法としては高圧噴射攪拌工法により酸化剤を直接混合攪拌する方法を採用した(図-2 参照)。この方法は、地盤と浄化剤とを直接混合し改良径を予め設定できるため、薬液注入工法に比べ地盤への混合量を管理可能、対象深度のみの施工が可能、深度が深いほど優位性を発揮、等が特徴である。本施工では事前の噴射試験により改良径($\Phi 2.0\text{m}$)を確認しそれと同様の仕様で施工を行った。浄化剤の混合量は室内試験から算出した浄化剤濃度に希釈効果などを勘案して、地盤内で 2%濃度となるように設定した。

浄化の確認は、施工中心における地下水濃度と、施工後中心から 50cm に設置した観測井における地下水 VOC 濃度を測定し比較することにより行った。浄化対象物質はベンゼン及び c-DCE であるが、浄化効果は全体の有機化合物量(総 VOC 量)及び、COD の変化を分析する事により行った。

4. 2 実証施工結果

今回の施工では、触媒を高圧で噴射し、地盤の切削を行った後にロッドを交換、地盤に再挿入後、過酸化水素を中圧で噴射した。過酸化水素注入後は濃度が低下し、ベンゼン($0.01\text{mg/l} \rightarrow \text{ND}$)、c-DCE($0.046 \rightarrow 0.015\text{mg/l}$)共に環境基準を達成した。浄化効果を総 VOC 濃度で示した結果を図-3 に示す。総 VOC 濃度は 0.33mg/L から 0.05mg/L に低下し分解率は約 85%であった。また COD は $3100 \rightarrow 1300\text{mg/L}$ となり約 60%低下した。室内試験時よりも分解率が低下した理由として非常に高い COD の存在が阻害となった可能性がある。このことから COD が酸化剤による分解浄化の阻害の指標となる可能性が示唆された。

5. まとめ

①中性フェントン法の有効性確認

室内検討試験により、酸性から中性条件下における中性フェントン法の高い VOC 分解効果と共に、ベンゼン、c-DCE の同時分解が可能であることを確認した。

②低透水性地盤への効果的な適用方法確認

高圧噴射攪拌工法を用いた方式では VOC 濃度の低減が確認でき、通常は浄化が難しい低透水性地盤においても効果的に浄化が可能であることが確認できた。

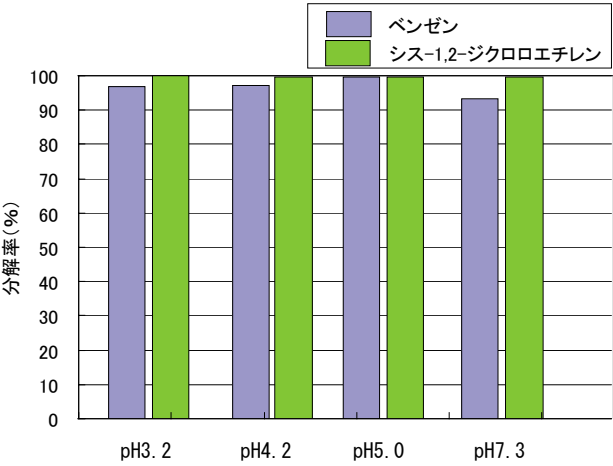


図-1 様々な pH 条件下における浄化効果検討結果

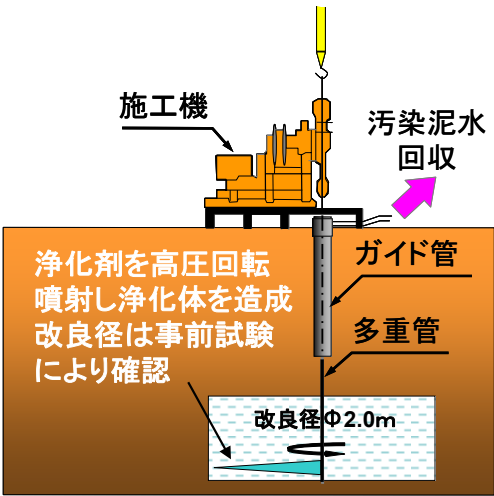


図-2 高圧噴射攪拌法イメージ

表-1 浄化対象地概要

土質	砂～シルト混じり砂
透水係数	$8.4\times10^{-5}\text{cm/s}$
浄化対象 VOC	ベンゼン c-DCE
深度	GL-6～8m (第二帯水層)
地下水 COD	3100mg/l

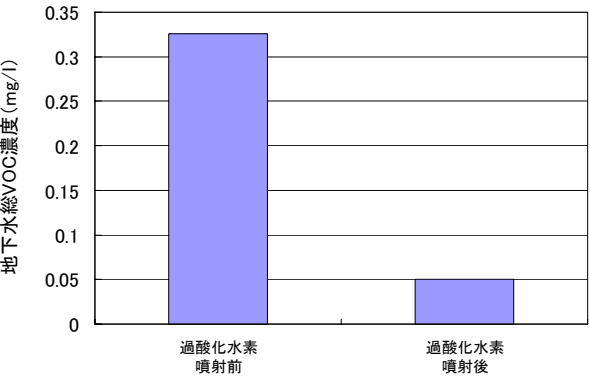


図-3 高圧噴射攪拌法浄化結果