

酸化分解法のpH による VOC 低減効果と環境影響への検討

鹿島建設(株) 正会員 ○仲山 賢治 河合 達司 川端 淳一

1. はじめに

土壌・地下水対策の原位置浄化工法としては、長らく地下水の揚水による浄化工法が主流であった。しかし近年、化学分解や微生物分解を利用した原位置浄化工法を採用した浄化事例が増加してきている。本稿では VOC 分解技術のひとつである化学的酸化分解法としてフェントン法に着目した。フェントン法はその適用に際して地盤のpH を酸性に調整する必要がある。そのため環境に与える影響、特に重金属の溶出に与える影響が懸念されている。今回、室内試験において、フェントン法適用時のpH の違いが浄化効率及び重金属溶出に与える影響について検討したので報告する。

2. 化学的酸化分解法について

化学的酸化分解法とは強力な酸化力を持つ浄化剤(酸化剤)を VOC と反応させることによって、VOC を分解する技術である。今回着目したフェントン法は過酸化水素(H_2O_2)と鉄イオンを酸性下で反応させ、生成したヒドロキシルラジカルによって VOC を分解する方法である。この反応速度は極めて速く、過酸化水素と鉄イオンを接触させた直後から分解反応が開始し、数日～数週間程度の短い浄化(効果持続)期間で効果が確認できる。また、最終的に VOC は、水や二酸化炭素、塩化物イオン等の無害な物質に分解される。しかしながら、地盤のpHを酸性化するため、重金属の溶出や微生物を含めた生態系への影響が懸念される。

一方、pH を中性に保ったままフェントン法を適用する方法(中性フェントン法)も研究されつつある。特殊な助剤を添加することにより、反応pH域を中性に保ったまま VOC の分解が可能となる。本稿では従来の酸性条件下でのフェントン法(酸性フェントン法)と中性フェントン法を比較、検討するため、酸性と中性下でのVOC分解効果と土壌からの重金属溶出特性を評価した。

3. 実験概要

3.1 分解効果の評価実験

表-1 実験ケース

実験ケース名	pH	使用薬剤
酸性フェントン法	3.3	過酸化水素+二価鉄塩
中性フェントン法(助剤無し)	7.8	過酸化水素+二価鉄塩
中性フェントン法(助剤有り)	7.8	過酸化水素+二価鉄塩+助剤

実験ケースとして、pH条件と助剤添加の有無により、表-1 に示した3ケースを設け、各々VOCの分解効果を評価した。各実験ケースでは過酸化水素と二価鉄塩を同一濃度で添加した。VOC としては、ベンゼン及びシス-1,2-ジクロロエチレン(以下 α -DCE)を検討対象とした。20mlバイアル瓶に実汚染サイトの地下水に対して二価鉄(硫酸第一鉄)、助剤(中性フェントン法(助剤有り)のみ)、pH 調整剤を所定の濃度となるように加えた。バイアル瓶をテフロンライナー付ブチルゴム栓とアルミシールで封入後、ベンゼン及び α -DCE が各々1mg/L になるように添加した。各VOCの初期濃度及びpHを確認した後、過酸化水素を添加し、液相の総液量が15mlとなる条件で実験を開始した。気相部のガスをガスタイトシリンジを用いて採取し、ベンゼン及び α -DCE の濃度を、ヘッドスペース-GC/PID 法により測定し、濃度低下を測定した。なお、実験は恒温槽において20℃一定の条件で実施した。

3.2 重金属溶出に対する影響評価

3.1 の実験により一定以上の分解能を確認できた酸性フェントン法と中性フェントン法(助剤有り)について、酸化法適用による重金属溶出に与える影響を検討した。実汚染サイトの土壌 50gに対して純水 10 倍量を加え、浄化剤との

キーワード: 土壌汚染、地下水汚染、VOC、酸化剤

連絡先: 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL:042-489-8790 FAX042-489-7034

総液量が 500ml になるように調製した。なお、浄化剤の添加濃度は実験 3.1 と同じ濃度設定とした。過酸化水素を添加した後、一日静置し、第二種特定有害物質の全項目を対象に溶出量を測定した。なお、比較対象として土壌に浄化剤を加えず純水のみを加えたケース(初期状態)を設け、同時に測定した。

4. 実験結果・考察

4.1 分解効果の評価実験

地下水を対象とした α -DCE、ベンゼン各々の分解試験結果を図-1 に示す。

中性フェントン法(助剤有り)が最も高い VOC の濃度低減効果を示し、分解効率は 90% を超えた。これに対して中性フェントン法(助剤無し)は最も効果が低く、分解効率は 30% 程度にとどまった。従来の酸性フェントン法は、分解効率で 60% 程度であったのに対し、中性フェントン法(助剤有り)では中性での反応に関わらず、濃度低減効果が大きく改善されている。また、ベンゼンと α -DCE と物質が異なってもほぼ同等の分解効果を示した。

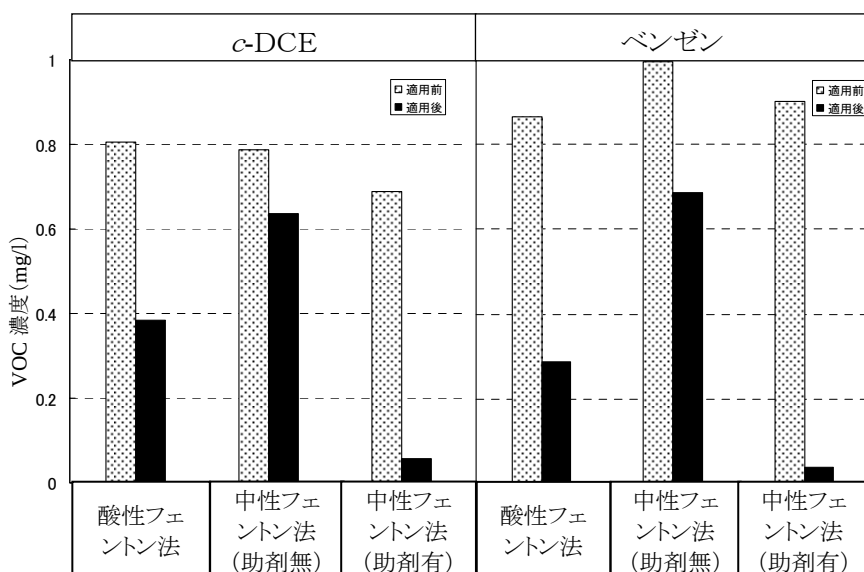


図-1 各酸化法適用前後の VOC 濃度

4.2 重金属溶出に対する影響評価

酸性フェントン法と中性フェントン法(助剤有り)に関して、酸化分解法適用による重金属の溶出に対する影響を評価した。各種重金属の溶出量分析の結果、カドミウム(Cd)や鉛(Pb)、フッ素(F)、ホウ素(B)が検出された(図-2)。図に示さなかった他の重金属は全ての実験ケースで検出限界値未満であった。

酸性フェントン法は、検出された重金属全てに関して、初期状態よりも大

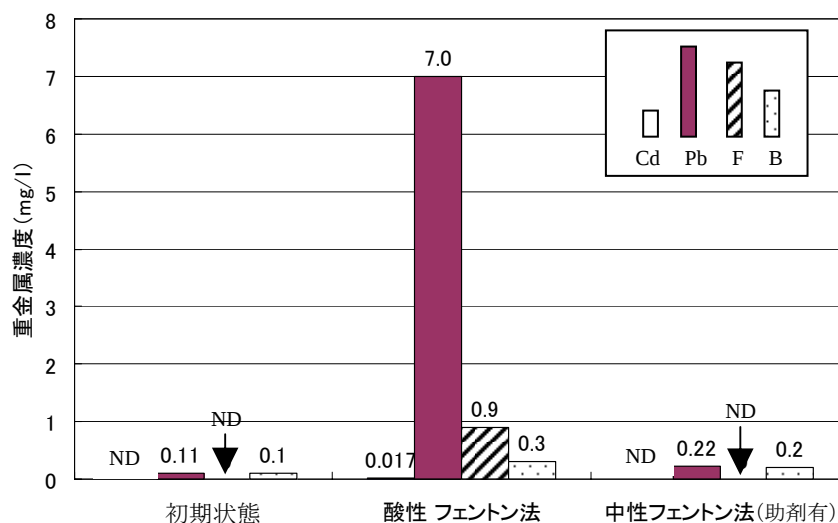


図-2 各酸化剤の重金属溶出に与える影響

幅に濃度が増加した。特に鉛の溶出に関しては、中性フェントン法(助剤有り)などと比べても顕著に溶出が促進された。鉛は両性金属であるため、酸性フェントン法における酸性環境により、土壌からの溶出が促進されたためと考えられる。また、カドミウムとフッ素に関しては、酸化剤適用前のサンプルでは環境基準値未満であったものの、酸性フェントン法では環境基準値を超過する結果となった。なお、ホウ素に関しては、他よりも高い数値が出ているものの、その差は顕著ではなく、他法に比べて酸性フェントン法が溶出促進の要因であるとは断定できない結果であった。

5. まとめ

酸性条件下でのフェントン法の適用により、土壌からの重金属溶出が促進されることが確認された。従って、酸性フェントン法を適用する際には重金属の溶出促進防止対策が重要であり、pH の中性化により重金属溶出量の低減が可能であることが示された。この場合、pH を中性化するだけでは VOC の低減効果が大きく低下するため、中性域での低減効果の維持に関しては、酸化分解を促進する助剤の添加等の検討が重要である。