

原位置酸化分解の現地試験実施例

大成建設株式会社 正会員 ○大石 雅也
 大成建設株式会社 伊藤 豊
 大成建設株式会社 正会員 根岸 昌範
 大成建設株式会社 正会員 樋口 雄一

1. 目的

近年、揮発性有機化合物（VOCs）による汚染サイトの原位置浄化対策として、比較的高濃度の汚染範囲において原位置で薬剤を注入する化学的酸化分解法が注目を集めている。米国などでは既に短期間で汚染負荷を低減させるためのツールとして普及している状況であり¹⁾、わが国でも実用化されつつある。しかし、この浄化方法に対する最適な設計手法は十分に確立されていない。

本報告では、過硫酸ナトリウムを用いた酸化分解法²⁾について、薬剤量などの注入仕様を決定する目的で実施した原位置試験の結果を紹介する。

2. 過硫酸ナトリウムを用いた酸化分解

本試験では、酸化剤として過硫酸ナトリウム（ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ）を用いた。過硫酸ナトリウムは過酸化水素（ H_2O_2 ）など他の酸化剤に比べ、鉄触媒と接触したときのラジカル生成反応が比較的緩やかであり、酸化分解反応の持続性が期待できる。また、過硫酸ナトリウムから生じる硫酸ラジカルの酸化還元電位は 2.5V であり、過酸化水素から生じる水酸ラジカル（酸化還元電位 2.8V）と同程度の強い酸化力を有している。

理論上は、過硫酸ナトリウム 1mol を用いて、PCE0.50mol、TCE0.33mol、Benzene0.067mol を酸化分解することが可能である²⁾。

3. 現地試験の概要

表-1 に試験サイトの土壌および地下水の性質を示す。試験サイトに存在する主な VOCs は、cis-1,2-DCE、TCE、PCE であり、PCE が最も高く土壌で 36mg/L、地下水で 25mg/L 検出されている。また、有機物含有量は、土壌で 522mg-C/kg、地下水で 70mg-C/L であり、一般的な地下水に比べて若干高めであった。なお、試験サイトの酸化還元電位は-82mV であり、緩やかな還元雰囲気であった。

表-2 に酸化剤の注入条件一覧を、図-1 に注入井戸および観測井戸配置図をそれぞれ示す。本試験における浄化対象範囲は半径 1.5m、層厚 4m として、この範囲内の地下水に含まれる VOCs および有機物、土壌に含まれる有機物に消費される酸化剤量を必要酸化剤量とした。なお、土壌に含まれる有機物に消費される酸化剤量は、室内試験の結果を鑑み土壌有機物全体の 10%程度としている。さらに、1 点注入の不均質性などを考慮して、現地注入量は必要酸化剤量の 5 倍程度とした。また、鉄触媒量は、室内試験の結果から²⁾ 浄化対象範囲内の地下水濃度が平均で 1000mg/L となる量を注入した。

表-1 試験サイトの諸条件

土壌性状	
土質	粗砂～細砂
pH	9.9
有機物含有量 (TOC)	522 mg-C/kg
透水係数	$2.0 \sim 6.0 \times 10^{-2}$ cm/sec
VOCs 濃度 (GL-6～10m 最大値)	cis-1,2-DCE : 0.26 mg/L TCE : 0.68 mg/L PCE : 36 mg/L
地下水性状	
pH	8.1
有機物含有量 (TOC)	70 mg-C/L
酸化還元電位 (ORP)	-82 mV
溶存酸素量 (DO)	0.8 mg/L
溶存鉄	2.5 mg/L
水温	18.5 °C
地下水実流速	20 cm/day
VOCs 濃度 (GL-6～10m 平均値)	cis-1,2-DCE : 4.4 mg/L TCE : 3.7 mg/L PCE : 25 mg/L

キーワード 土壌・地下水汚染, 浄化, 酸化分解, ラジカル反応, 酸化還元電位

連絡先 〒245-0051 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 TEL045-814-7217

表-2 酸化剤の注入条件一覧

対象範囲	平面半径	1.5 m
	深度 (井戸ストレーナー)	GL-6~10 m
	対象間隙水量	8.5 m ³
酸化剤	種類	過硫酸ナトリウム
	酸化剤必要量に対する倍率	4.5
	投入量	500 kg
	溶液注入量	8 m ³
	注入溶液濃度	6.3 %
触媒	種類	硫酸第一鉄
	範囲内濃度	1000 mg/L
	投入量	8.5 kg
	溶液注入量	0.5 m ³
	注入溶液濃度	1.7 %
その他	注入速度	45 L/min

4. 現地試験の結果

現地試験の結果として、図-2～図4に観測井戸における各測定結果を示す。図-2より、注入井戸および1.5m下流の観測井戸まで酸化剤の注入効果が3～4日程度継続しているが、5日程度で注入前と同程度のPCE濃度となった。これは、PCEの土壌からの再溶出および上流からの地下水再流入によるものと考えられる。

図-3より、pHについては、3～5程度を注入後3～4日程度維持していた。また、図-4より、ORPについては3～4日程度600mV以上を維持しているがその後は低下しており、PCE濃度とORPの値に一定の相関がみられた。そこで、図-5に酸化剤注入前後でのPCE濃度低減率とORPの関係を示す。図-5より、各観測井戸における酸化剤注入前を初期値としたPCE濃度低減率を示しており、ORPが600mVを超えるとPCEの濃度低減効果は大きくなっているが、ORPが600mV以下になると低減効果はほとんど見られなかった。

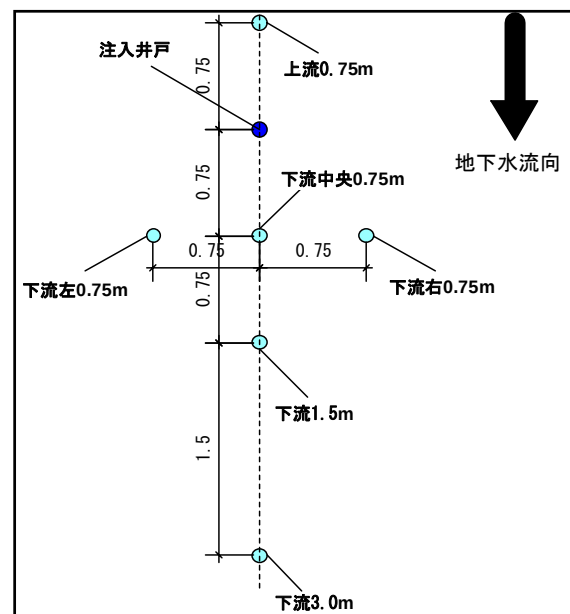


図-1 注入井戸および観測井戸配置図

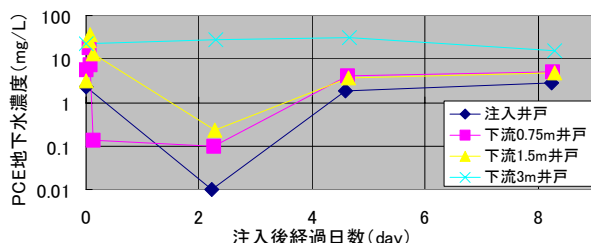


図-2 各観測井戸 地下水 PCE 濃度

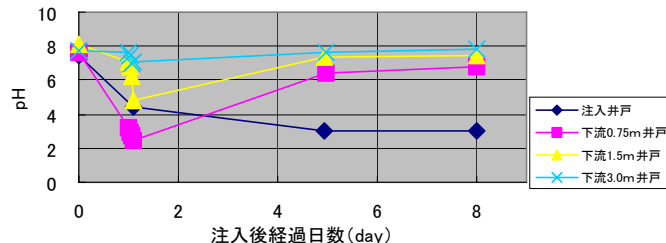


図-3 各観測井戸 地下水 pH

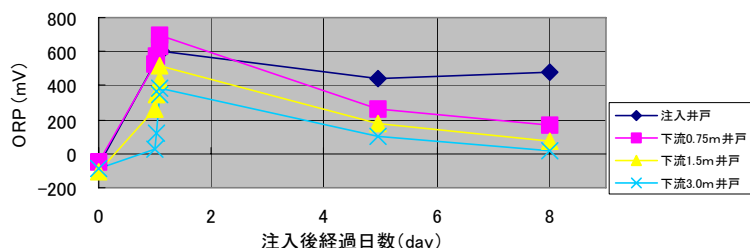


図-4 各観測井戸 地下水 ORP

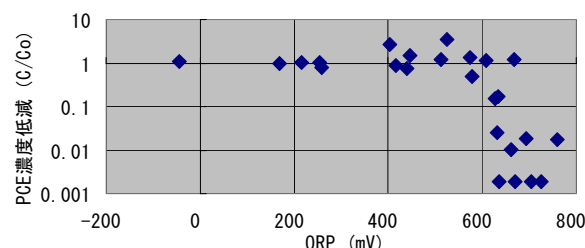


図-5 酸化剤注入前後での PCE 濃度低減率と ORP の関係

5. 今後の課題

本試験では、酸化剤注入により一定の浄化効果を確認することができた。また、VOCs 濃度の挙動と ORP に密接な関係が認められ、600mV 程度の酸化雰囲気にする必要があるであった。今後は、注入方法などを工夫して、原位置で平面的に長期間酸化雰囲気を維持するのににより最適な注入仕様の設計手法などを検討していく。

参考文献

- 1) The Interstate Technology & Regulatory Council In Situ Chemical Oxidation Team, Technical and Regulatory Guidance for In Situ Chemical Oxidation of Contaminated Soil and Groundwater, Second Edition, 2005
- 2) 大石雅也, 伊藤豊, 根岸昌範, 増岡健太郎, 樋口雄一, 松村邦弘, 原位置化学的酸化分解に関する基礎的研究, 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 第13回講演集, 2007