

## VOCs 実汚染現場での原位置微生物処理における pH の影響

(株)大林組 正会員 佐藤 祐輔 フェロー 西田 憲司 正会員 日笠山徹巳

### 1. はじめに

揮発性有機塩素化合物 (VOCs) の原位置微生物処理では、地下水の性状など、地盤条件によって VOCs 分解菌の生育に適さない場合がある。この場合、十分な浄化効果が発揮せず、浄化完了に至らないことや、完了までに長期を要することがある。微生物の活性を阻害する一つの要因として、地下水の pH の低下が挙げられる。清水ら<sup>1)</sup>の報告によると、pH7.2~8.6 (中性領域) のときにシス-1,2-ジクロロエチレン (cis-DCE) の分解速度定数が最も大きくなる。そのため、浄化期間中は pH を中性領域に維持する必要がある。

本稿では、地下水の pH と VOCs 分解効果に着目し、VOCs 汚染地盤に対して原位置微生物処理を実施した結果について述べる。

### 2. 土質条件および汚染状況

当現場は、図-1に示すとおり GL-9~14m の帯水層が cis-DCE で汚染されており、基準不適合の土壌および地下水が存在する。本微生物処理では、この帯水層の浄化を対象としている。また、この帯水層の地下水を用いて微生物処理のトリータビリティ試験を実施<sup>2)</sup>しており、工事着手前にその適用性を確認している。

### 3. 原位置微生物処理の概要

#### 3.1 微生物栄養剤の注入

当現場における施工では、図-1に示す構造の井戸を設け、地上部から栄養剤を注入した。栄養剤注入井戸および観測井戸の配置図を図-2に示す。VOCs の汚染範囲を考慮し、注入井戸を約 7.5m 間隔で設置した。観測井戸は、地点 A および B の既設のものを利用した。

使用した栄養剤の特徴を表-1に示す。栄養剤は、VOCs 分解効果が早期に発現する易分解性栄養剤と、分解効果が長期間持続する難分解性栄養剤の2種類を使用した。これらの栄養剤は、先行して易分解性栄養剤を 0.5%水溶液で注入 (全井戸合計で約 1100m<sup>3</sup>) し、その注入が完了したのち難分解性栄養剤を注入 (高濃度汚染箇所の井戸に約 50m<sup>3</sup>) した。

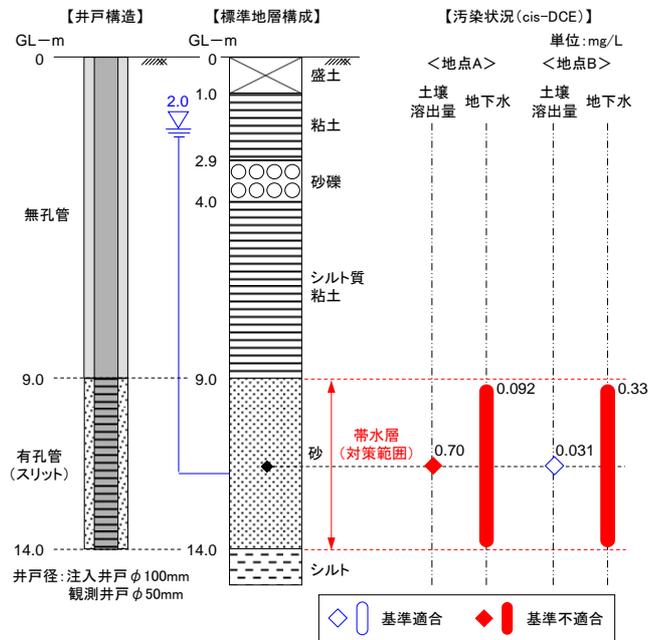


図-1 井戸構造，土質概要および汚染状況

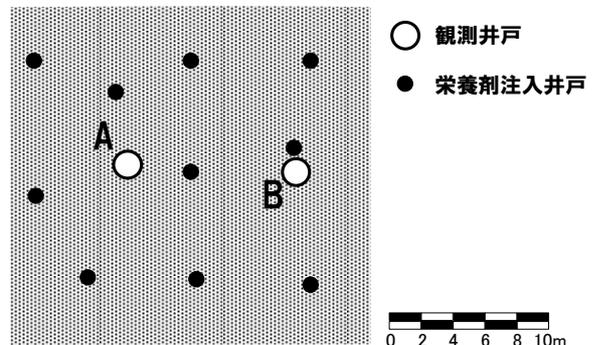


図-2 観測井戸付近の注入井戸配置図

表-1 各栄養剤の特徴

	主剤	主な特徴
易分解性 栄養剤	カルボン酸塩を主体とした 食品添加物	・粉体の栄養剤 ・栄養剤が分解されやすい ・水に溶解しやすい ⇒ 早期に地盤を浄化
難分解性 栄養剤	乳化植物油主体の粒径 1 μmのエマルジョン	・栄養剤が難分解性であり徐放性 を持つ ・土粒子に吸着しやすい(流出しに くい) ⇒ 長期間地盤を浄化

キーワード 地下水，揮発性有機塩素化合物，原位置浄化，微生物，pH 調整，栄養剤

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 環境技術第一部 TEL 03-5769-1054

### 3.2 地下水分析結果

地点 A および地点 B における地下水 VOCs 濃度の推移を図 - 3, 4 に示す。いずれの地点も、一旦 cis-DCE 濃度が基準適合となっているが、注入開始から 90 日経過した時点で再び基準不適合となった。

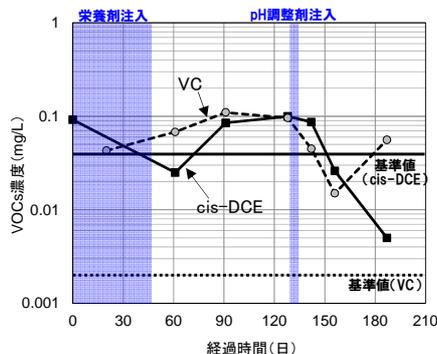


図 - 3 VOCs 濃度の推移 (地点 A)

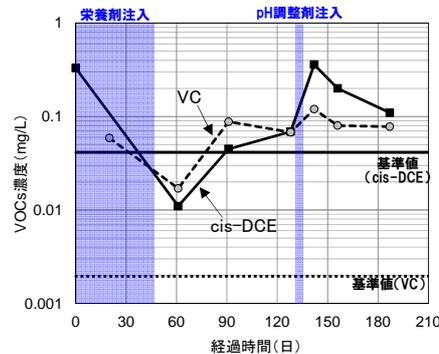


図 - 4 VOCs 濃度の推移 (地点 B)

### 3.3 考察

cis-DCE の上昇の主要因としては、『栄養剤濃度の低下 (要因 a)』、『pH 低下に伴う分解速度の低下 (要因 b)』、『土壌汚染の影響による再溶出 (要因 c)』が考えられる。

栄養剤濃度の指標となる TOC 濃度および pH の推移を図 - 5, 6 に示す。TOC 濃度は、

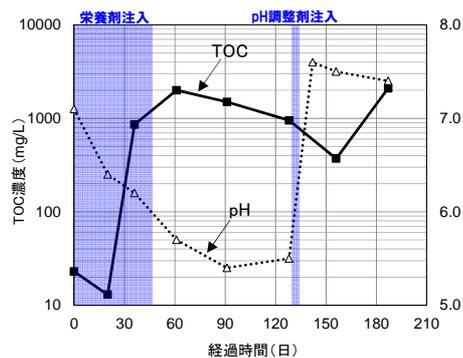


図 - 5 TOC 濃度, pH の推移 (地点 A)

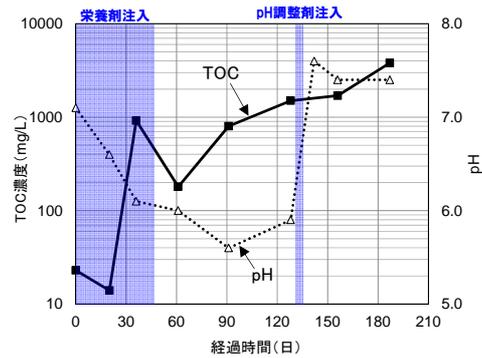


図 - 6 TOC 濃度, pH の推移 (地点 B)

いずれの地点も低下する傾向は確認されず、こうした傾向から要因 a と結論するには至らないと考えられる。一方、pH は低下傾向が確認されており、この時点で要因 b による影響が大きいと推察される。

いずれの地点も cis-DCE による土壌汚染が確認されている。土壌から汚染物質が溶出している場合、溶出速度が分解速度を上回ると cis-DCE 濃度は上昇するが、溶出がない場合は pH 変動で分解速度が低下しても、cis-DCE 濃度は上昇しない。両地点とも 60 日経過した時点で cis-DCE 濃度が上昇に転じたことは、要因 c による影響と推察される。

## 4. 地下水の pH 調整

### 4.1 pH 調整剤の注入

地下水の pH を中性領域に保持するため、注入開始から 128 日経過した時点で、両観測井戸より pH 調整剤を注入した。pH 調整剤は 5%炭酸水素ナトリウム水溶液とし、各地点 50L 注入した。

### 4.2 pH 調整後の VOCs 濃度の推移

pH 調整剤注入後、地下水の pH は 7.5 程度に上昇し、142 日後以降では、地点 A では cis-DCE 濃度が基準適合となり、地点 B でも濃度が低下し始めた。地点 A は塩化ビニルモノマー (VC) の濃度上昇が顕著なことから、cis-DCE の分解が進んでいることが示唆される。一方、地点 B では VC の濃度上昇が確認されていない。cis-DCE の分解は地点 A ほど顕著でないため、VC の生成速度が現時点では小さいと考える。あるいは、cis-DCE の分解が今後進むにつれて、地点 A と同様の分解傾向を示すことが推測される。

## 5. おわりに

原位置微生物処理において、VOCs の分解速度を高める上で、地下水の pH を中性領域に保持することが重要であると、当現場でも再認識した。今後も地下水モニタリングを継続し、VOCs 分解や pH の状況を確認していく予定である。

**参考文献** 1) 清水泰貴, 他: バイオスティミュレーション法に与える pH の影響について, 第 16 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, pp.173-176, 2010.

2) 佐藤祐輔, 他: VOCs 嫌気バイオ処理における微生物栄養剤種の相違による分解特性への影響, 第 21 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2015. (投稿中)