

## 生物処理を用いたVOCs 原位置浄化の事例

(株) 大林組 正会員 ○福武健一 正会員 緒方浩基  
フェロー 西田憲司 正会員 日笠山徹巳

### 1. はじめに

一般的にシルト粘性土を主体とする透水性の小さい地盤を対象とした揮発性有機化合物（VOCs）原位置浄化においては、機械式攪拌混合工法や高圧噴射工法などの比較的広い施工ヤードを確保する必要がある方法にて対策をおこなっているケースが多い。本稿では、主にシルト粘性土に VOCs 汚染が確認され、必要な施工ヤードを確保することが困難な狭隘なサイトにおいて、特殊な機械や注入方法を用いずに、簡易な注入方法により原位置嫌気バイオレメディエーションを適用した事例について報告する。

### 2. 対策方法の選定

某事業所内の狭隘な場所において、テトラクロロエチレン等による土壤汚染が認められたことから浄化工事を講ずることになった。事業所は、関東地方の低地部に位置しており、土質はシルト粘性土が主体であった。また、近傍の土地にて原位置嫌気バイオレメディエーションを適用した事例があり、本サイトにおいても事前のボーリング調査の結果、テトラクロロエチレンからシス-1,2-ジクロロエチレンへの分解が認められており、同等の対策を適用することとなった。

### 3. 汚染状態

本サイトの地層構造および汚染状態を図-1 に示す。汚染源は、旧事業所地下階からのテトラクロロエチレンの漏えいと考えられている。主にシルト層にテトラクロロエチレン（最大土壤溶出量：0.35 mg/L）やシス-1,2-ジクロロエチレン（最大土壤溶出量：1.2 mg/L）による基準不適合土壤が認められている。なお、シルト層下部のシルト質細砂層および地下水は、調査が実施されていないため土壤および地下水汚染状況は不明であった。

### 4. 浄化工事の施工

#### 4.1 栄養剤の選定

本浄化工事（原位置嫌気バイオレメディエーションによる対策）においては、別途実施した室内試験の結果から、グリセリンを基剤として高分子系の薬剤を独自に配合した栄養剤を適用した。

#### 4.2 注入工事

##### 4.2.1 概要

施工エリア内の注入孔と観測井の配置を図-2 に示す。対象となるエリアの面積は 30 m<sup>2</sup> であり、原位置浄化の対策深度は、GL-3 m～GL-14 m であった（対象土量：330 m<sup>3</sup>）。栄養剤の注入量は、別途実施した室内試験の結果から、対象となる土壤と地下水の合計重量比の 0.15 % とした。なお、GL-1m から GL-3 m に関しても VOCs 土壤溶出量基準不適合土壤が認められていたが、不飽和層のため原位置嫌気バイオレメディエーションに適していないと判断し、本浄化工事前に掘削除去を別途実施した。

##### 4.2.2 注入工

栄養剤の注入は、φ180 の掘削孔（裸孔）にそのまま注入し充填する簡易な施工方法を用いた。注入孔の掘

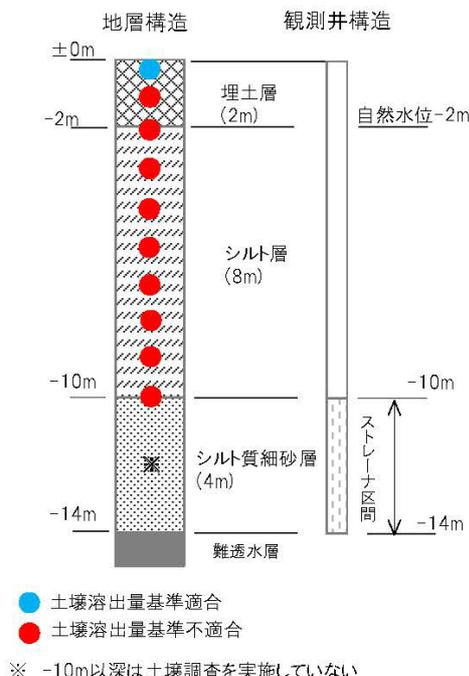


図-1 地層（汚染状況）および観測井構造

キーワード VOCs, 生物処理, 栄養剤, 原位置浄化, シルト

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ-B 棟 TEL03-5769-1054, FAX03-5769-1983

削機械は、次の優先順位で選定した。①狭隘な場所でも掘削可能、②掘削孔径（1地点当たりの栄養剤注入量を多くするため）、③作業効率。その結果、アウターロッドφ180のオーガーにφ120のインナーロッドを組み合わせた自走式の掘削機械を選定した。施工にあたっては、GL-14 mまで掘削した後、インナーロッドを引き上げながら、所定量の栄養剤を注入孔に注入し充填した。

5. 地下水モニタリング

5.1 地下水モニタリング計画

栄養剤注入後の効果は、汚染源と考えられた注入孔付近に観測井を1地点設け（図-2参照）、地下水の水質の測定をおこなうことで評価した。観測井構造は図-1に示すとおりである。また、地下水の水質の測定は、栄養剤注入後から2ヶ月に1回の頻度で採水し、テトラクロロエチレンおよび分解生成物等の分析をおこなった。

5.2 地下水モニタリング結果

観測井における VOCs 地下水濃度と TOC（全有機炭素）濃度の経時変化を図-3に示す。ここに横軸は、栄養剤注入完了時からの経過月数を示している。TOCは、栄養剤の存在を示す指標として用いた。図-3によると TOCは、注入後から2ヶ月後にかけて最大濃度（6200 mg/L）を示した後、徐々に低下を始め注入8ヶ月後には、注入前の状況に戻った。シス-1,2-ジクロロエチレンは、注入2ヶ月後に最大濃度1.67 mg/Lを示した後、徐々に濃度の低下が始まり、注入8ヶ月後に地下水基準適合状態になった。また、初期に検出されたトリクロロエチレンは、注入2ヶ月に地下水基準適合状態になった。

観測井における VOCs 地下水濃度と ORP（酸化還元電位）の経時変化を図-4に示す。ORPは、地下水の嫌気状態を示す指標として用いた。注入4ヶ月後までは、プラス側（好気状態）を示していたが、シス-1,2-ジクロロエチレンおよび TOC の濃度低下とともに注入6ヶ月後に-102 mV（嫌気状態）まで低下した後、10ヶ月後に電位がプラス側（好気状態）に移行した。

6. おわりに

シルト粘性土を主体とする透水性の小さい地盤に対して、簡易な注入方法による原位置嫌気バイオレメディエーションを適用した結果、VOCs 地下水基準適合が確認できた。以下に本事例における考察を記す。

- ・ VOCs 地下水基準適合とほぼ同時期に栄養剤効果がなくなり、好気状態に移行していることは、栄養剤添加量が適正であったことを示唆していると考えられる。
- ・ 地下水中に栄養剤がなくなり好気状態になったと考えられる栄養剤注入から10ヶ月後以降においても、VOCs 地下水基準不適合状態が生じなかったことは、間接的ではあるが、シルト層に認められた VOCs 基準不適合土壌に対しても浄化が進んでいることが示唆されていると考えられる。

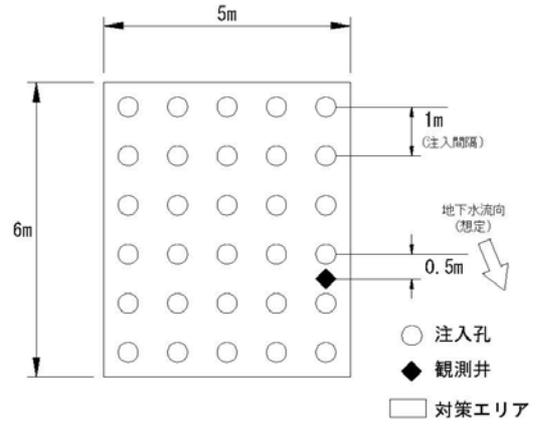


図-2 注入孔と観測井の配置平面図

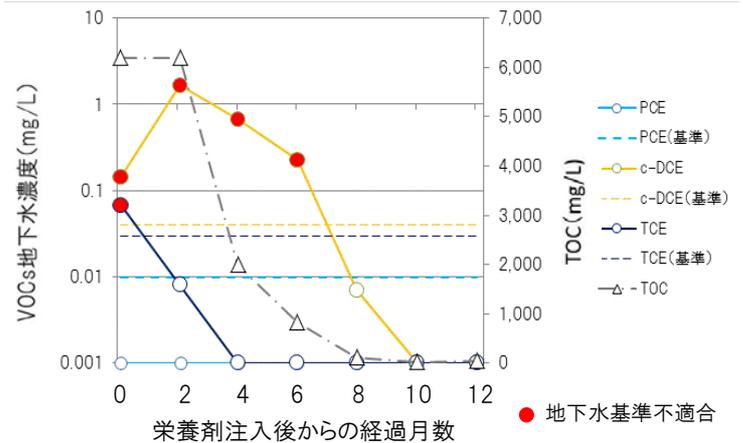


図-3 VOCs 地下水濃度と TOC 濃度の経時変化

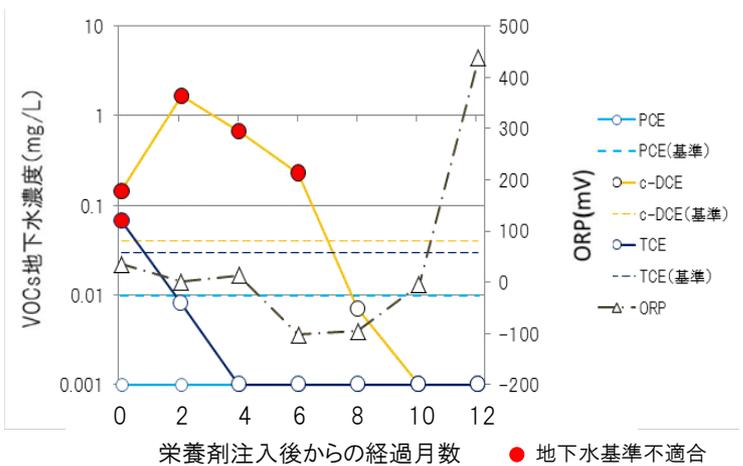


図-4 VOCs 地下水濃度と ORP の経時変化