

有機塩素系溶剤で汚染された高有機質土の修復事例

Restoration Example of Highly Organic Soil Contaminated with Organic Chlorine Solvent

渋谷 正宏 (しぶや まさひろ)

応用地質(株)中部支社環境設計部 主任

田中 良郎 (たなか よしろう)

応用地質(株)東京支社技術部 課長

長瀬 雅美 (ながせ まさみ)

応用地質(株)東京支社 副支社長

谷地 武晴 (やち たけはる)

応用地質(株)札幌支社技術部

1. はじめに

トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンに代表される揮発性有機化合物：Volatile Organic Compounds (以下 VOCs と称する) は、昭和30年代～50年代にかけて電子部品や機械部品の脱脂洗浄用として広く利用され、魔法の液体ともいわれてきた。しかしその反面、昨今では大気、土壌や地下水の代表的な汚染物質となっている。

一方、沖積低地に分布する高有機質土は、VOCs が浸透するとこれらの物質を良く吸着し、長く滞留させることが知られている。また、一般的に高有機質土は透気性が低く、地下水で飽和されているため、いったん浸透した VOCs を土中から真空抽出によって脱離させることは困難とされている。

本稿では、VOCs に汚染された高有機質土に対して、ウェルポイントによる揚水浄化工法と生石灰混合を用いた掘削・熱処理工法を併用した施工例を紹介する。

2. 地質の分布状況と VOCs の分布状況

当該地は沖積低地に位置し、第四紀完新世に堆積した沖積層が約10 m の層厚で分布する。また、地層構成は上位から埋土 (B)、高有機質土 (Ap)、砂質土 (As)、粘性土 (Ac) の順に堆積しており、埋土 (B) の下位に分布する高有機質土の層厚は約5 m である (図-1)。

VOCs の使用履歴がある箇所において表層調査 (ガス調査および浅層土壌の分析) と深度方向の調査 (ボーリングによる試料採取および分析) を実施したところ、特に高有機質土層において高濃度の VOCs 汚染が確認さ

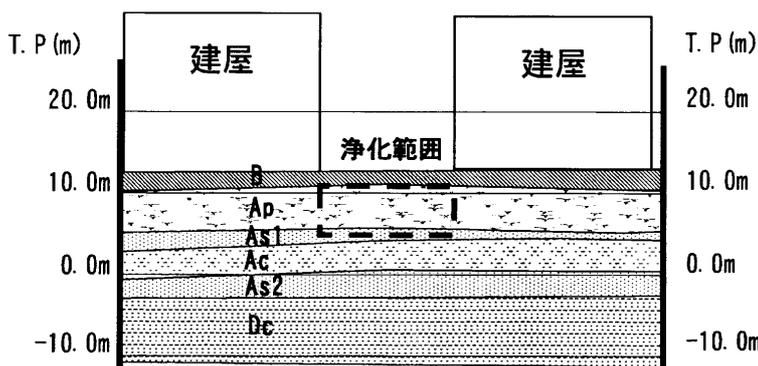


図-1 当該地の分布地質と浄化範囲

れた (図-2)。

確認された VOCs の中で特に高い濃度を示した物質は「トリクロロエチレン」と「シス-1,2-ジクロロエチレン」の2種類である。

トリクロロエチレンは当該地における使用物質であるが、シス-1,2-ジクロロエチレンはトリクロロエチレンが生物分解して生成したものである。

また、高有機質土中の汚染濃度は使用履歴のあるトリクロロエチレンと分解生成したシス-1,2-ジクロロエチレンが同程度の濃度として検出された。これは、「VOCs の有機物への高い吸着性^{1,2)}」のために、地盤中に浸入したトリクロロエチレンがほとんど移動せずに生物分解が促進された結果を示していると考えられる。

3. 浄化対策工法の検討

当該地の浄化対策工法を選定するにあたって考慮すべき条件は、高有機質土の吸着性と飽和土に起因する VOCs 脱離の困難さだけでなく、短期間の浄化対策完了

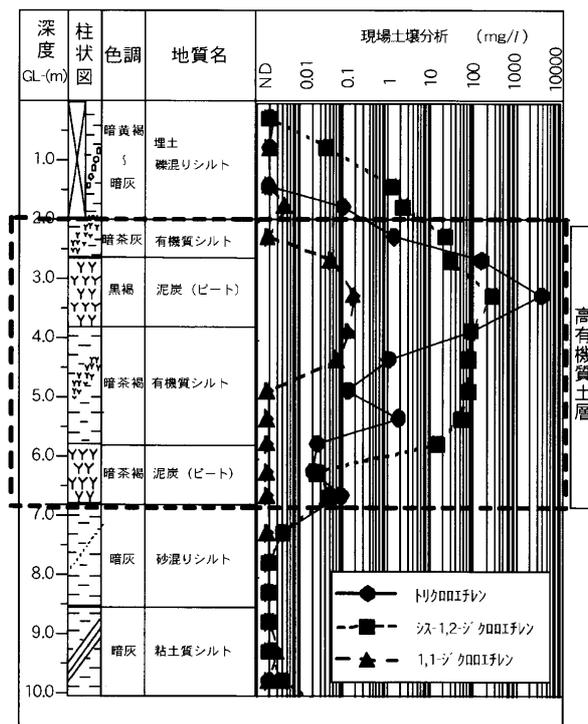


図-2 深度方向の VOCs 分布状況

論文

も重要な条件としてあげられていた。

VOCs 汚染に対する土壌浄化対策工法の中で一般に多く用いられている工法は、「掘削・熱処理工法」, 「真空抽出工法」, 「化学的分解工法」, 「バイオレメディエーション工法」等であるが, 地下水位が高く, 吸着性の高い高有機質土の浄化を短期間に行う場合には, 掘削を行った後に熱処理をして VOCs を揮発させる「掘削・熱処理工法」が最適な工法として選定される。しかし, 対象となる高有機質土は含水比が約200%と高いため, 加熱処理の効率の悪さが予想されるとともに掘削時の湧水浄化処理の問題も懸念され, 通常の「掘削・熱処理工法」をそのまま適用することが最適ではないと判断された。

「掘削・熱処理工法」を効率的に実施するためには, 高有機質土の含水比を低下させることが最も効果的である。当該地に分布する高有機質土は「黒泥」に分類され, 水平方向の透水係数は $k=1 \times 10^{-5}$ cm/sec 程度であり, 揚水井戸を用いた揚水曝気工法は適用しにくいがウェルポイントを用いた揚水ならば適用が可能な地盤であると判断し, ウェルポイントを用いた揚水による高有機質土の含水量低下と, 揚水に伴う VOCs の回収を行う方針とした。

本工法の適用性を把握する目的で本施工の前に試験施工を実施したところ, 揚水後の高有機質土の含水比は約200%から70%まで低下し, トリクロロエチレンの溶出値は10 mg/l から 2 mg/l, シス-1,2-ジクロロエチレンの溶出値は 9 mg/l から 1 mg/l まで低下した。

以上からウェルポイントの適用性が確認され, 本工法を採用することとした。

4. 浄化対策工法の実施

試験施工結果および検討結果から浄化対策工法に関して以下の設計を行った。

- 地下水位低下に起因する周辺の地盤沈下対策および揚水範囲の遮断対策として揚水範囲を鋼矢板で締切る。

- ウェルポイントから揚水される汚染地下水は曝気処理を行って環境基準値以下として排水する。
 - ウェルポイント実施後に掘削を行い, 生石灰混合による熱処理を行う。
 - 熱処理は大気拡散防止処理を施したテント内で行う。
- ウェルポイントを用いた浄化システム概要図を図-3に示し, 浄化処理のフローを図-4に示す。

浄化工事を実施した結果, 地下水の汚染物質の濃度は図-5に示すように, 若干の上下変動があるものの経時的には濃度が低下する結果となった。また, 浄化工事後の高有機質土の VOCs 溶出値は, 表-1に示す様に浄化工事前に比較して大幅に減少しており, ほぼ予想したとおりの結果を得た。

生石灰混合をして熱処理を行った後の土壌の溶出値は表-1に示すようにトリクロロエチレン, シス-1,2-ジクロロエチレンとも土壌環境基準値を満足する値となり,

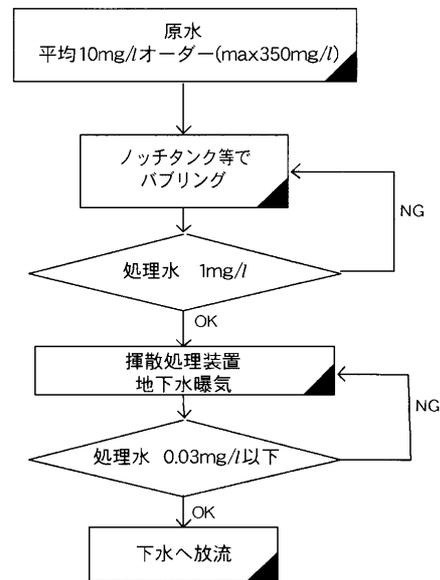


図-4 浄化処理フロー

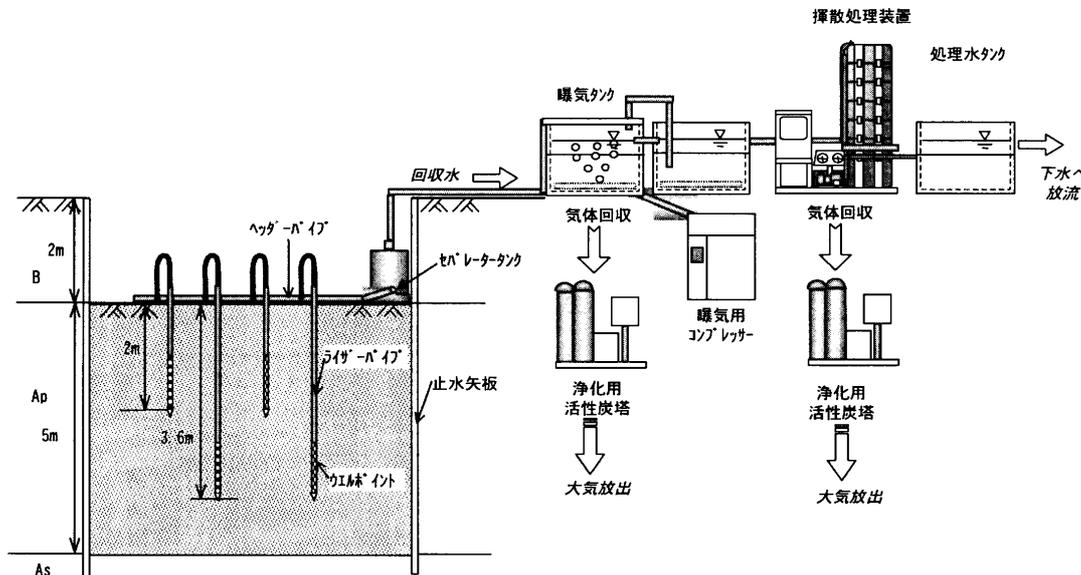


図-3 ウェルポイントによる浄化システム概要図

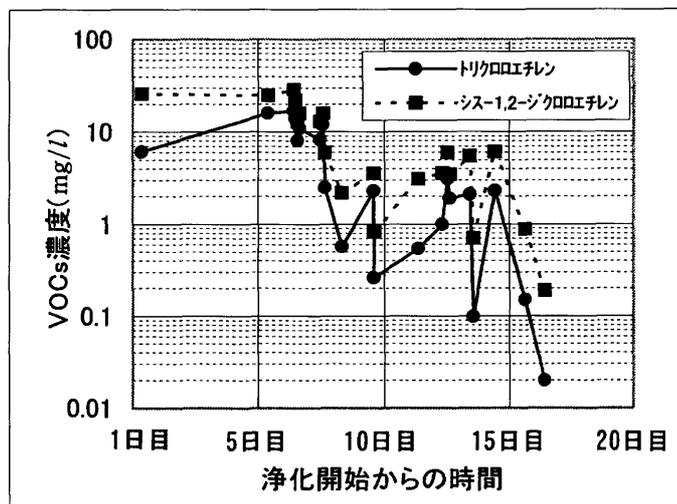


図-5 ウェルポイントによって揚水した地下水のVOCs濃度

約3カ月の工期で浄化工事を完成することができた。

5. あとがき

土壌・地下水汚染対策は、対象物質に対する化学的視点、構造を捉えるための土質力学的視点および地下水に対する視点が必要である。

今回の事例ではこれらの各視点からバランス良くアプローチして対策工事を実施することができた。また、新しい工法を追うだけでなく、汚染地の諸条件をもとに従来から用いられている施工方法を応用する事により適切

表-1 ウェルポイント前後および生石灰混合前後の土壌VOCs濃度

	トリクロロエチレン (mg/l)	シス-1,2-ジクロロエチレン (mg/l)
ウェルポイント実施前	150~200	83~280
ウェルポイント実施後 (生石灰混合前)	9.43	4.92
生石灰混合後	<0.002	<0.002
土壌環境基準 (環告46号)	0.03	0.04

な浄化工事を完了することができた。

このように特殊な工法を用いなくても従来からある工法を応用する事によって適切な汚染対策が可能となる場合もあるため、今後もさまざまな現地条件の中で高有機質土に対するウェルポイント工法の実証を行いたいと考えている。

参考文献

- 1) 田井慎吾：有機塩素化合物の土壌への吸着特性について、「環境科学」研究報告集, B293-R12-14, pp. 55~56, 1986.
- 2) 成瀬洋児ほか：トリクロロエチレンの土壌への収・脱着について、水環境学会誌, 16(5), pp. 346~353, 1993.

(原稿受理 2002.7.5)