

# S1-13 ダイレクトセンシング技術を用いた原位置浄化工事設計の事例

Case Study: Designing In-Situ Remediation of Contaminated Soil and Groundwater with Direct Sensing Technology

○小川えみ・草場周作  
株式会社アイ・エス・ソリューション

## 1. 業務の概要

表1.1 サイトの状況

項目	情報
地質状況	土地分類: 洪積台地 深度0~16m付近: 粘土混じり砂をマトリクスとする砂礫層 深度17m付近~19m付近: シルト層
地下水	水位: 深度7m付近 流向: 南西→北東
汚染状況	TCE、cis-1,2-DCEによる深度13~20mの土壤汚染(最大350mg/L(帯水層底面)) TCE、cis-1,2-DCEによる地下水汚染 分解生成物(DCE)はごくわずか

### 想定された浄化工法

- 工法: 揚水および薬液注入による原位置浄化
- 薬剤: 化学酸化剤

### ① 詳細な汚染状況の調査

- 三次元的な透水性・地質・塩素化VOCs分布状況の把握

### ② 適切な薬剤の選定

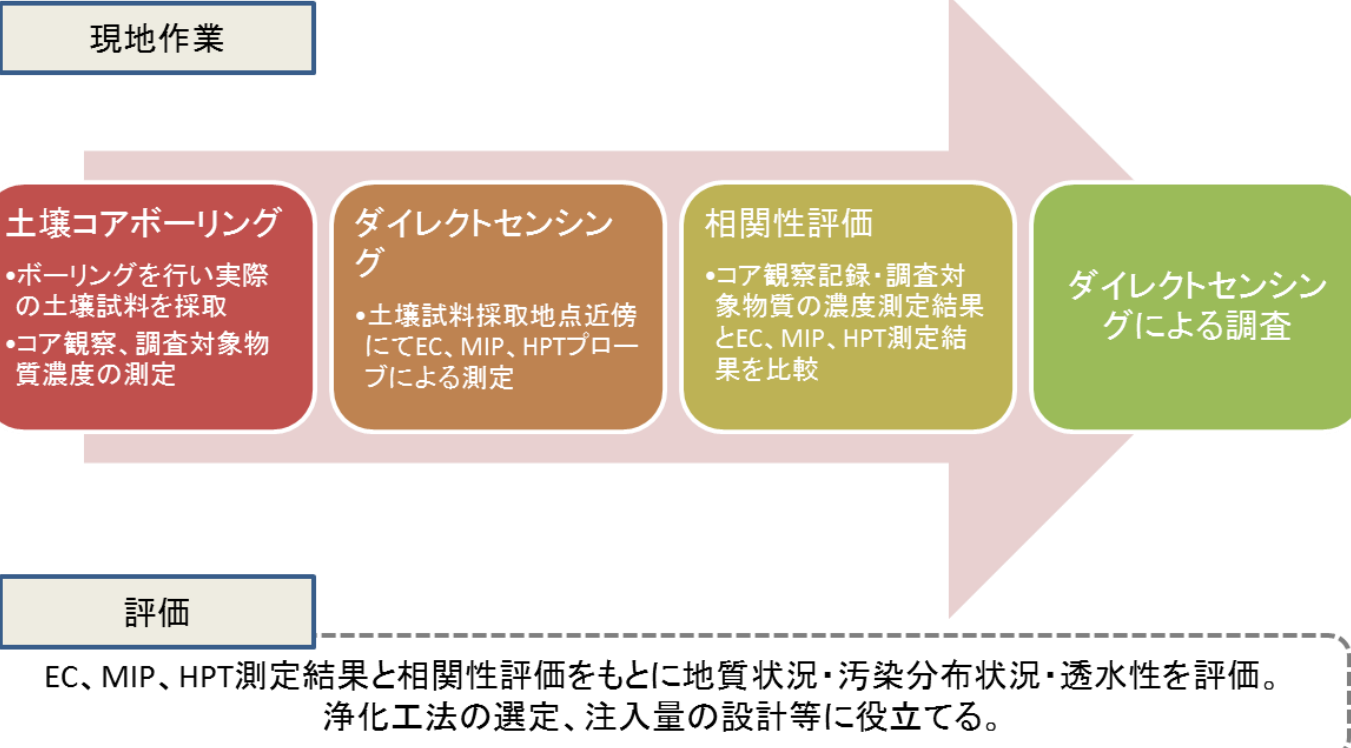
- 調査結果から適した薬剤をリストアップ
- サイトの土壌・地下水を用いたTR試験

### 原位置浄化工事設計

- 工法: 高濃度箇所での揚水、濃度低減後の薬液注入
- 薬剤: 過硫酸ナトリウム+キレート剤

図1.1 業務の流れ

## 2. 詳細な汚染状況の調査



EC、MIP、HPT測定結果と相関性評価をもとに地質状況・汚染分布状況・透水性を評価。浄化工法の選定、注入量の設計等に役立てる。

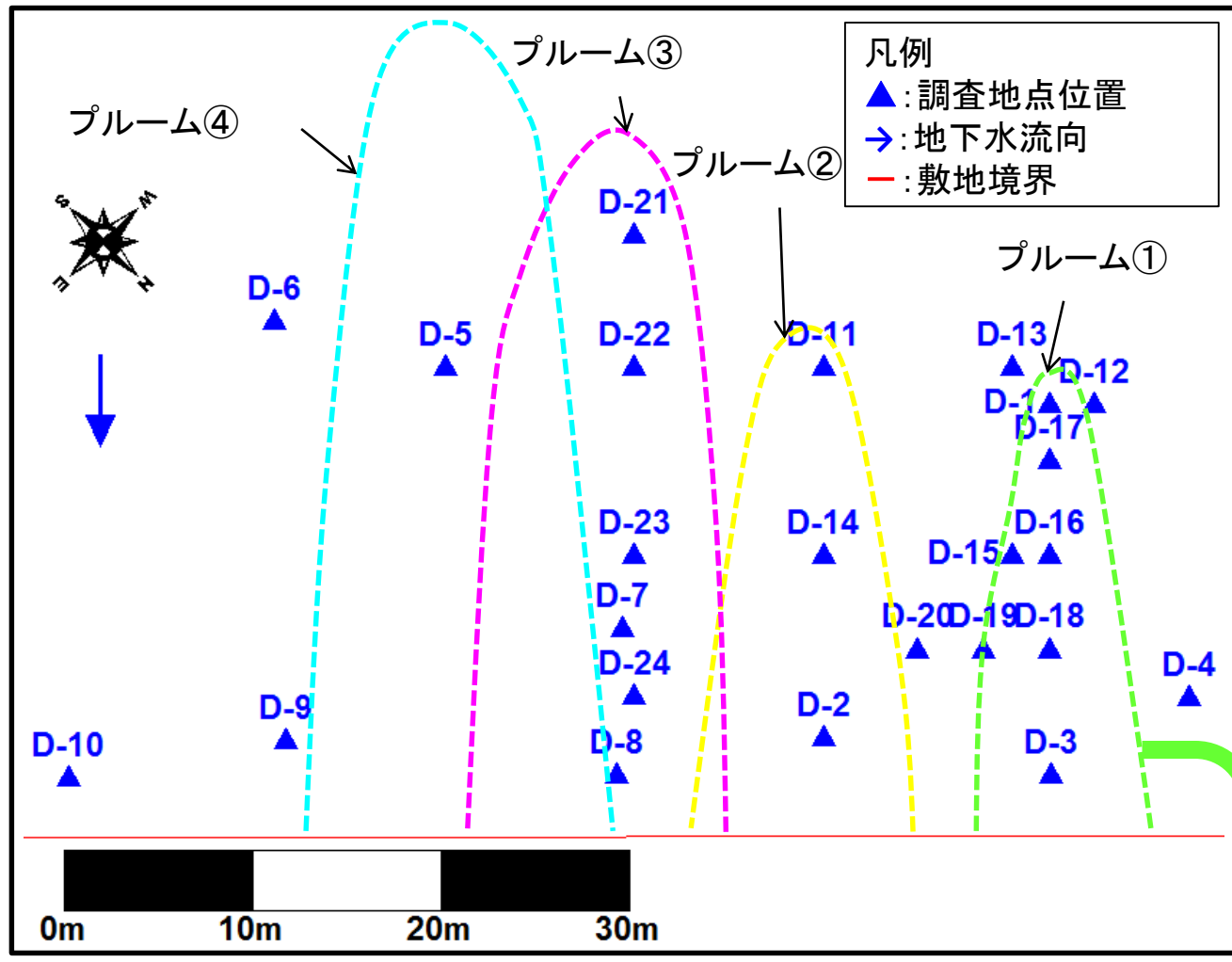


図2.2 塩素化VOCsの平面分布図

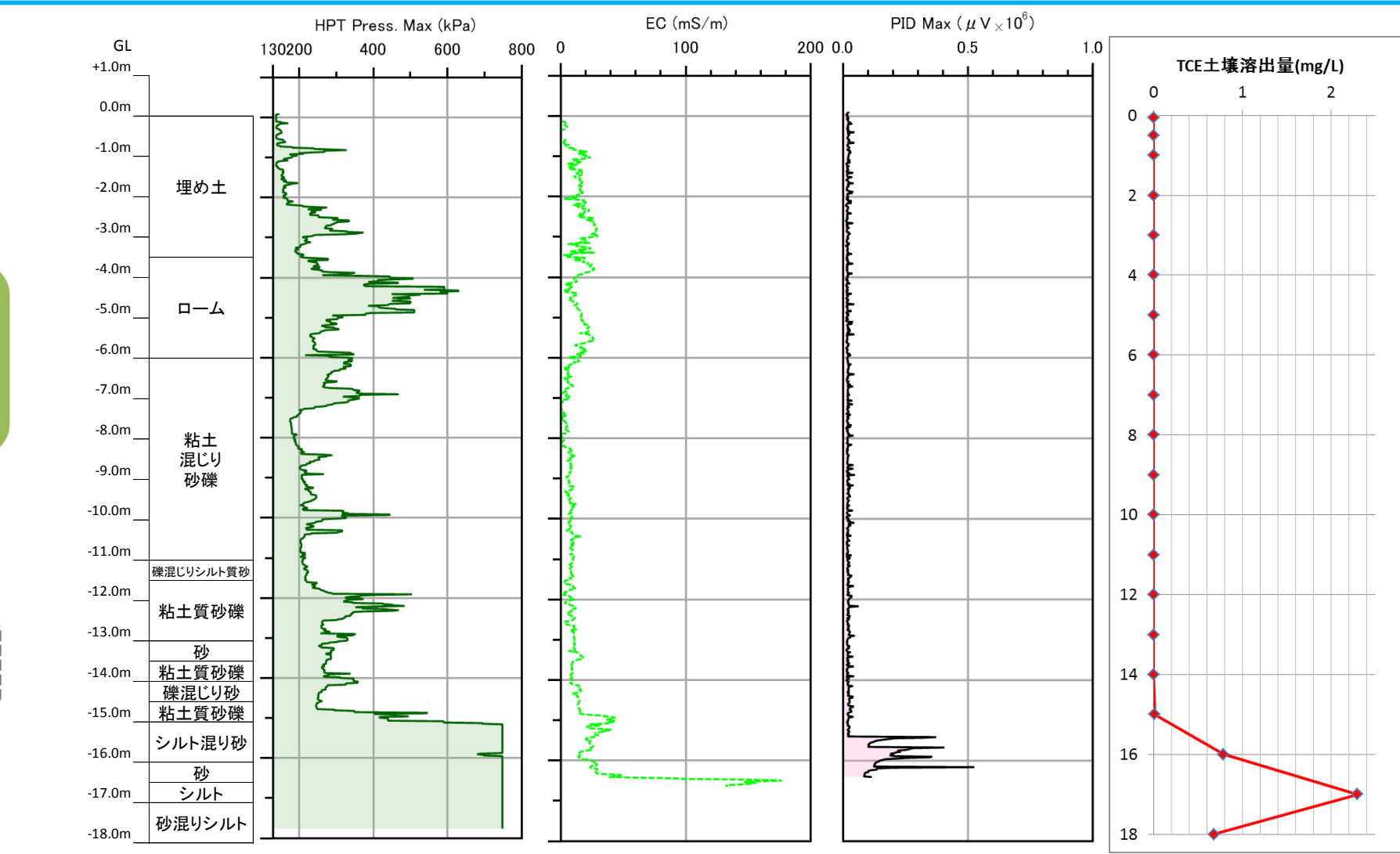


図2.1 D-2地点における測定機器のキャリブレーション

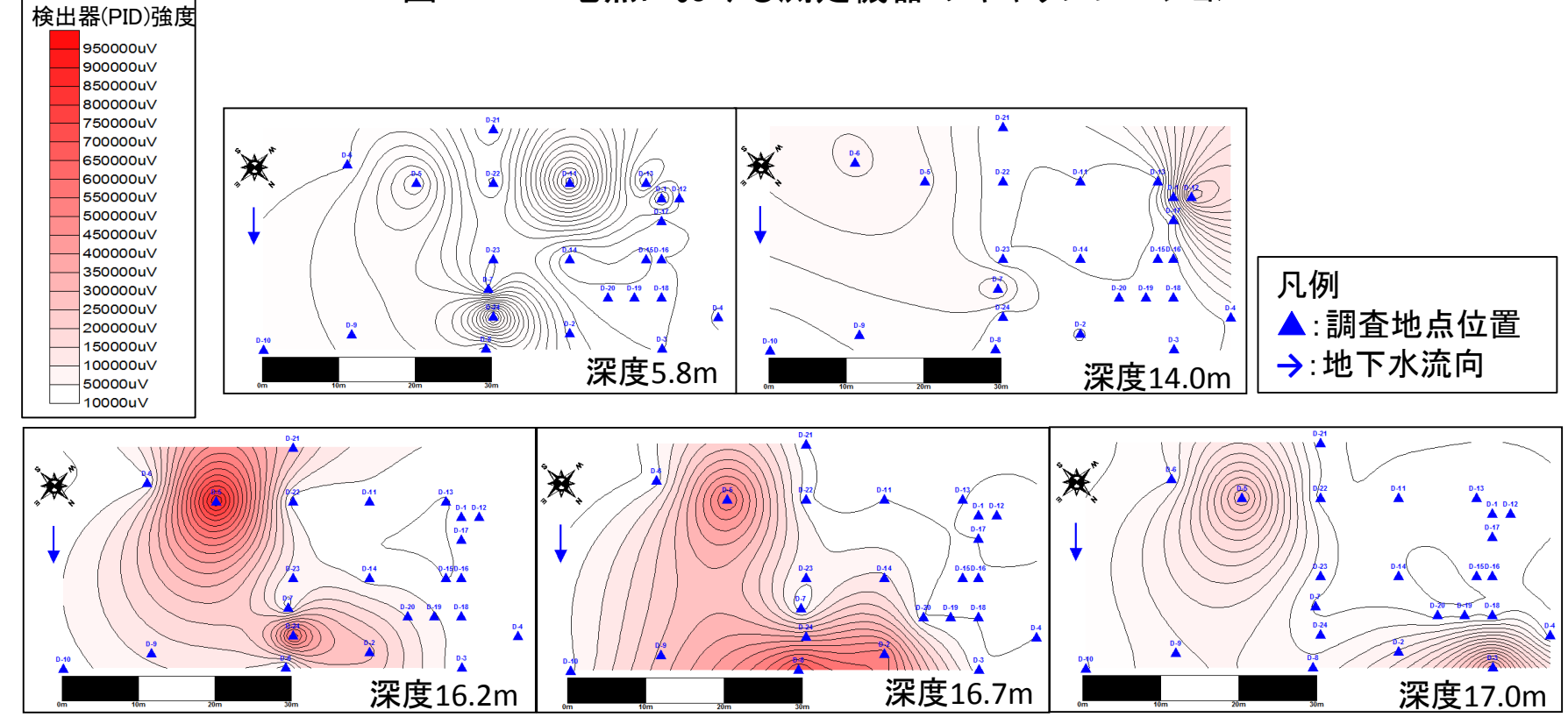


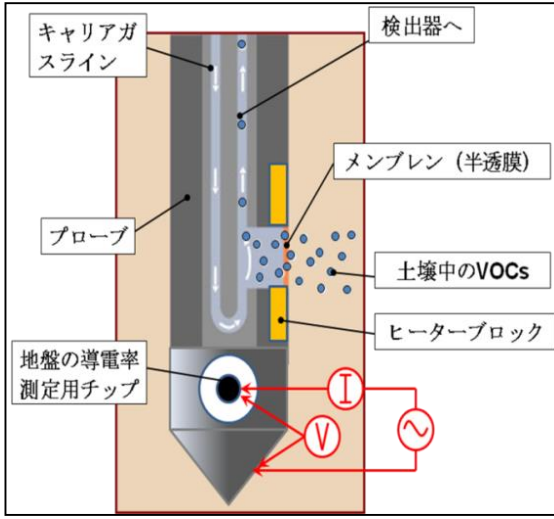
図2.3 塩素化VOCs深度別コンター図

膜界面サンプリング法および水理特性測定法による調査の結果、下記①~④の汚染ブルームが存在すると推測された。

- D-1地点付近を汚染源とする汚染ブルーム
- D-11地点付近を汚染源とする汚染ブルーム
- D-21、D-7地点付近を汚染源とする汚染ブルーム
- D-5地点上流側を汚染源とする汚染ブルーム

### 膜界面サンプリング法

- 全VOCs量(検出器:PID)を連続した深度で測定
- 電気伝導度(EC)を連続した深度で測定
- 全VOCs量とECを同時に測定
- 構造(右図)



### 水理特性測定法

- 透水性を連続した深度で測定
- ECを連続した深度で測定
- 透水性とECを同時に測定
- 構造(右図)

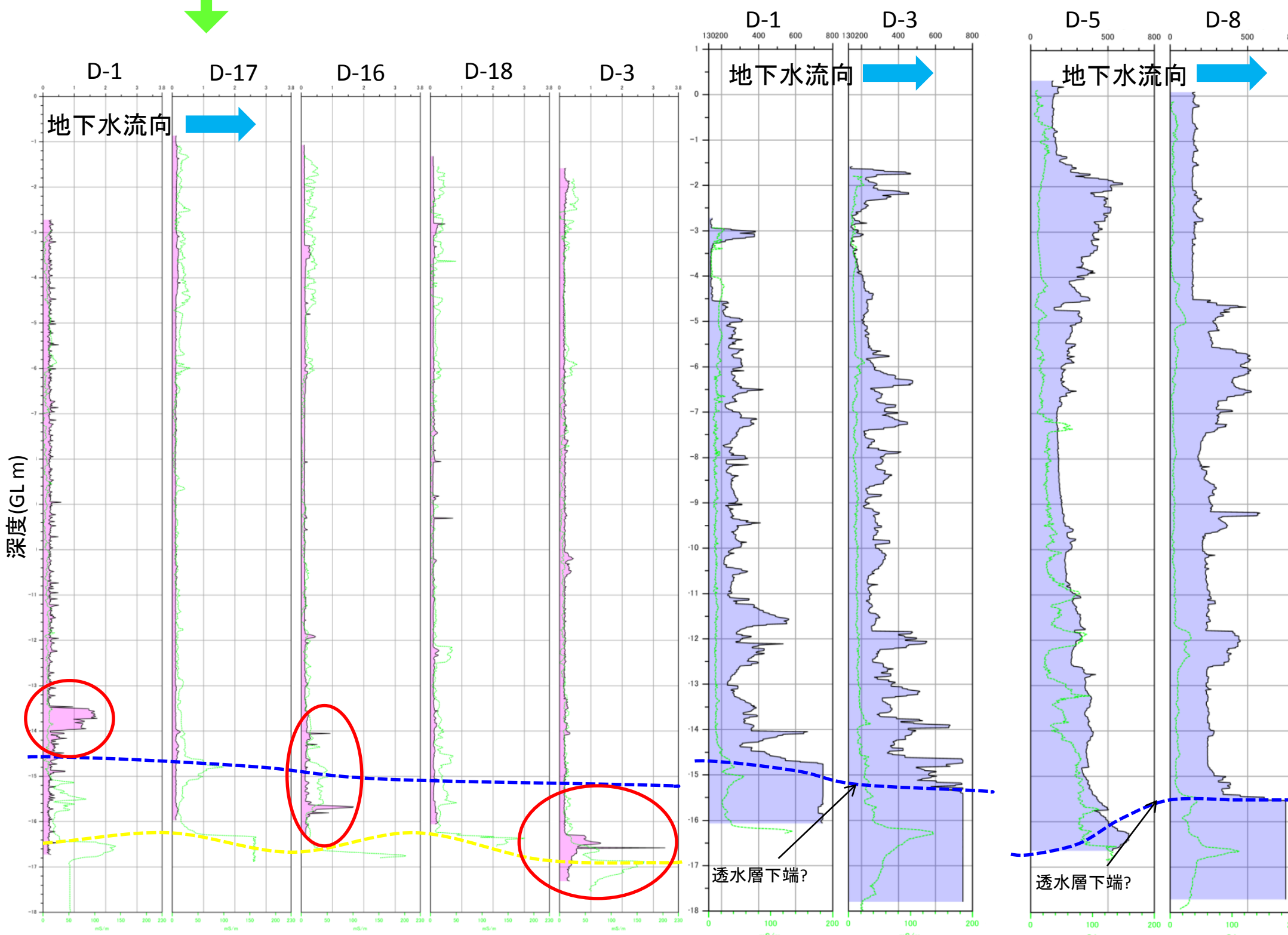
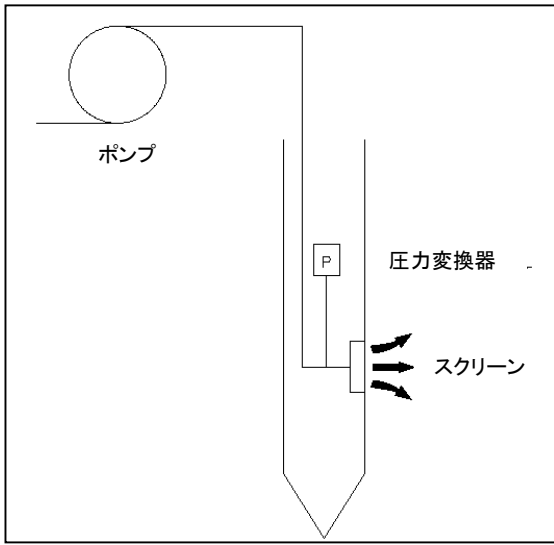


図2.6 塩素化VOCs分布調査結果(D-1、17、16、18、3)

図2.7 透水性調査結果(D-1、3およびD-5、8)

## 3. 化学酸化剤の選定

### 原位置浄化技術の選定

- 微生物分解適用困難
- 持続性が高く浸透しやすい過硫酸ナトリウムによる化学分解が有効と判断
- キレート剤を加え、キレート-金属触媒活性化法が有効と予想

浄化対象地盤の土壌・地下水を用いて、活性化過硫酸法のTR試験を実施

表3.1 試験の仕様

試験系	活性化法	主酸化剤		活性化剤		
		過硫酸ナトリウム(土壌に対してwt%)	PS剤(土壌に対し過硫酸でwt%)	水酸化ナトリウム(g/L)	鉄(II)触媒(過硫酸に対するモル比)	キレート剤(過硫酸に対するモル比)
I	アルカリ性pH	2.0	0.0	18	0.0	0.0
II	キレート-金属触媒(鉄(II)触媒を添加)	2.0	0.0	0.0	0.02	0.004
III	キレート-金属触媒(地盤の金属を利用)	2.0	0.0	0.0	0.0	0.004
IV	過酸化水素	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V	アルカリ性pH+不均一触媒作用	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
対照	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

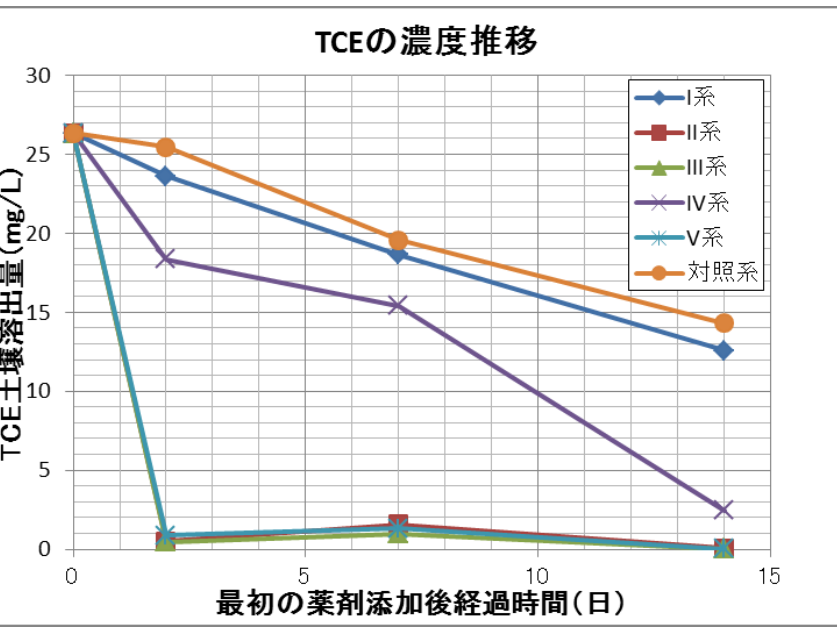
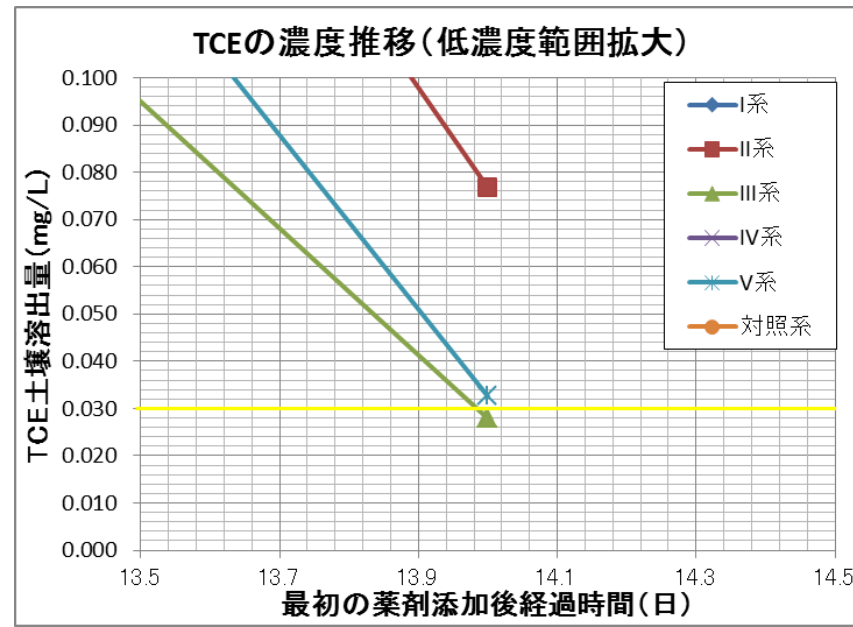


図3.1 TCEの濃度推移



- 金属触媒の有効性
  - II系、III系、V系: TCE減衰最大
  - III系: 環境基準適合
  - キレート剤を加え土壌に元々含まれていた金属の触媒利用が有効
- スクベンジャーの可能性
  - I系: 対照系とほとんど違いなし
  - 水酸化ナトリウムの不足なく活性化は十分
  - 土壌に含まれる微量ミネラル等による捕捉の可能性有
  - IV系: 過炭酸ナトリウムの反応の発砲による曝気効果の可能性有
  - 炭酸イオンや土壌に含まれる微量ミネラル等による捕捉の可能性有

過硫酸の活性化法: **キレート-金属触媒が最適**  
金属触媒: **地盤に元々含まれる鉱物中の金属を用いる工法が最適**

## 4. 原位置浄化工事設計

### 事前調査

- 浅い層に局所的な汚染の残留がないことを確認できた
- 高濃度汚染範囲を詳細に把握できた

### TR試験

- キレート-金属触媒による活性化法を用いた過硫酸法が最適
- 地盤に元々含まれる鉱物中の金属を用いることが可能

事前調査にて確認された高濃度汚染箇所に対し、下記工法を実施し、塩素化VOCs汚染の除去を行うこととした。

- 地下水揚水により地中のTCEを薬剤の注入工法が有効な量まで低減させる(原位置抽出)
- キレート剤+過硫酸ナトリウムの注入により地中の塩素化VOCsの化学分解を行う(原位置分解)

## 5. 参考文献等

1) Furman OS, Teel AL, Watts RJ(2010): Mechanism of Base Activation of Persulfate, Environmental Science & Technology, Vol. 44, No. 16, pp.6423-6428.  
2) Petri BG, Watts RJ, Tsitonaki A, Crimi M, Thomson NR, Teel AL(2011): Fundamentals of ISCO Using Persulfate, In Situ Chemical Oxidation for Groundwater Remediation, pp.147-191.