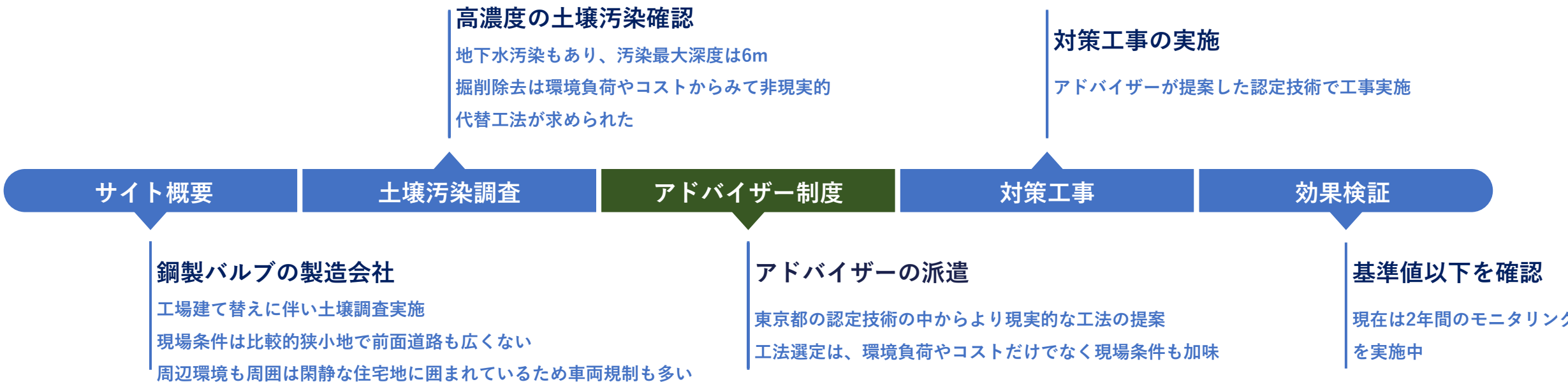


対策工事实施までの経緯



課題と対応方針について

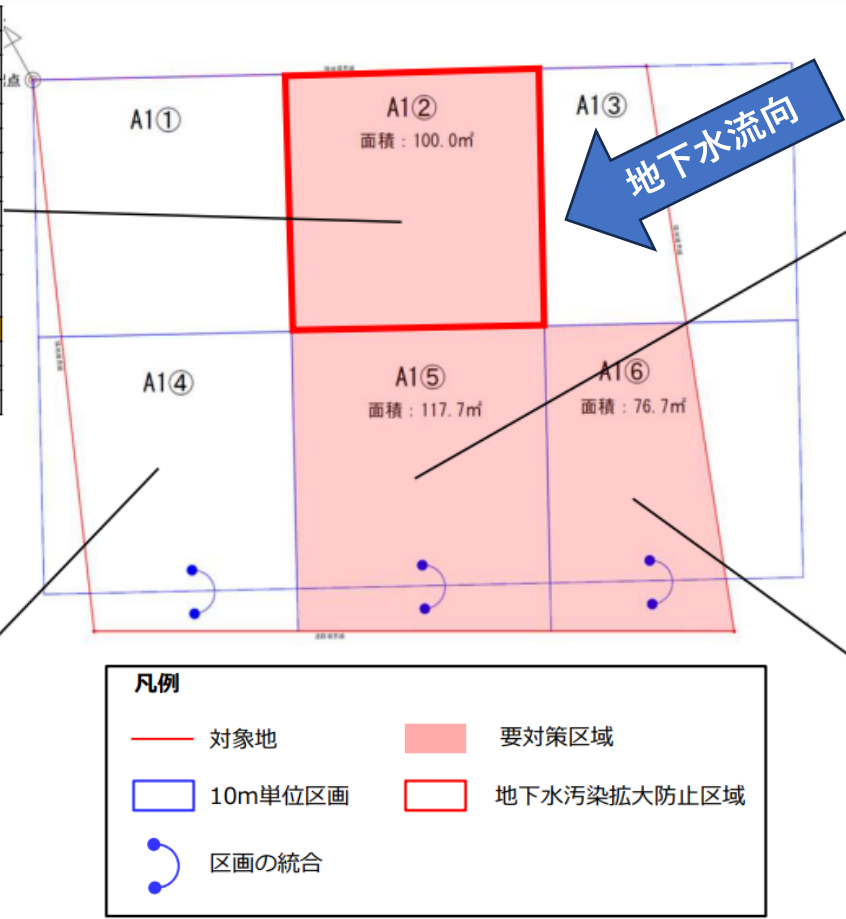
	課題	対応方針
1	環境負荷やコストからみて、掘削除去に替わる工法が必要であった。	原位置浄化は汚染深度に限定して集中的な対策を取ることができるため、工事規模も小さく、環境負荷やコストを抑えることが可能となる。
2	対象サイトの地盤は粘性土主体で従来の注入工法では薬剤の注入が難しい。	本工法は加圧注入式なので、透水性が低い粘性土でも注入可能な工法である。
3	サイト自体が狭小地だけでなく、周囲は閑静な住宅地に囲まれているため規制も多い。そのため工事車両台数の圧縮が必要であった。	本工法での最大車両サイズは4tトラック程度であり、プラントを設置すればその後は何台も車両を現場に入れる必要がない。

対策サイトの汚染状況

トリクロロエチレンとその分解生成物の1,2-ジクロロエチレン、クロロエチレンによる土壌・地下水汚染を確認
今回支援対象となった区画は地下水汚染拡大防止区域である1区画（100㎡）

試料名	分析結果 (mg/L)				
	クロロエチレン	1,1-ジクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	テトラクロロエチレン	トリクロロエチレン
A1②表層	<0.0002	<0.002	<0.004	0.002	<0.001
A1②-0.5m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1②-1.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1②-2.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1②-3.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1②-4.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	0.003
A1②-5.0m	<0.0002	<0.002	0.088	<0.001	<0.001
A1②-6.0m	<0.0002	<0.002	0.018	<0.001	<0.001
A1②-7.0m	<0.0002	<0.002	0.026	<0.001	<0.001
A1②-7.45m (帯水層底面)	<0.0002	<0.002	0.035	<0.001	<0.001
地下水	0.001	0.002	1.0	0.003	0.033
第二基準	≦0.02	≦1	≦0.4	≦0.1	≦0.1
土壌溶出/地下水基準	≦0.002	≦0.1	≦0.04	≦0.01	≦0.01
定量下限値	0.0002	0.002	0.004	0.001	0.001

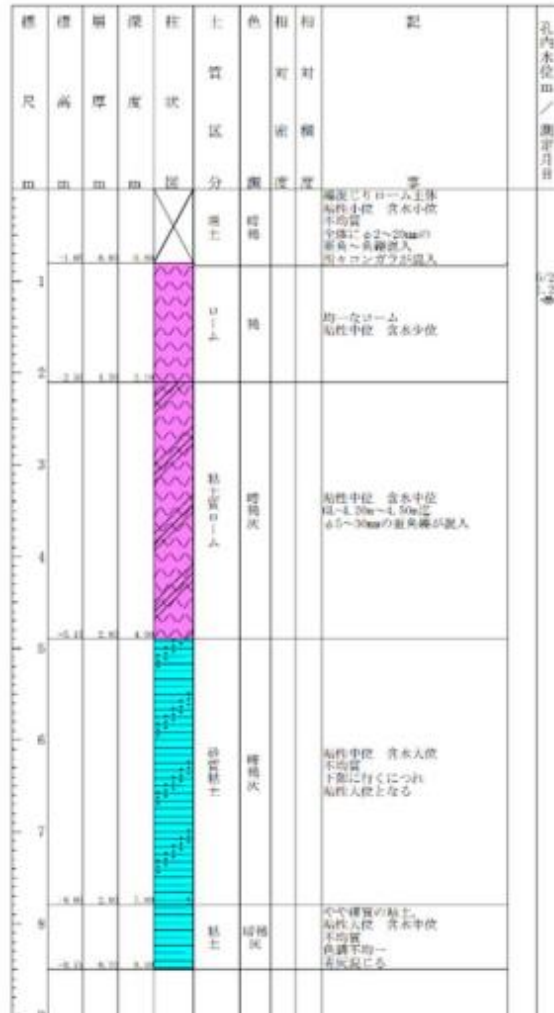
試料名	分析結果 (mg/L)				
	クロロエチレン	1,1-ジクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	テトラクロロエチレン	トリクロロエチレン
A1④表層	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	0.001
A1④-0.5m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	0.002
A1④-1.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	0.001
A1④-2.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1④-3.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1④-4.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1④-5.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1④-6.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1④-7.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1④-7.85m (帯水層底面)	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
地下水	<0.0002	<0.002	0.014	<0.001	<0.001
第二基準	≦0.02	≦1	≦0.4	≦0.1	≦0.1
土壌溶出/地下水基準	≦0.002	≦0.1	≦0.04	≦0.01	≦0.01
定量下限値	0.0002	0.002	0.004	0.001	0.001



試料名	分析結果 (mg/L)				
	クロロエチレン	1,1-ジクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	テトラクロロエチレン	トリクロロエチレン
A1⑤表層	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	0.002
A1⑤-0.5m	<0.0002	<0.002	<0.004	0.004	0.005
A1⑤-1.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	0.003	0.006
A1⑤-2.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1⑤-3.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1⑤-4.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1⑤-5.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	0.001	0.008
A1⑤-6.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	0.002	0.025
A1⑤-7.0m	<0.0002	<0.002	0.007	<0.001	<0.001
A1⑤-7.80m (帯水層底面)	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
地下水	0.0008	<0.002	0.16	<0.001	0.007
第二基準	≦0.02	≦1	≦0.4	≦0.1	≦0.1
土壌溶出/地下水基準	≦0.002	≦0.1	≦0.04	≦0.01	≦0.01
定量下限値	0.0002	0.002	0.004	0.001	0.001

試料名	分析結果 (mg/L)				
	クロロエチレン	1,1-ジクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	テトラクロロエチレン	トリクロロエチレン
A1⑥表層	<0.0002	<0.002	<0.004	0.003	0.004
A1⑥-0.5m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1⑥-1.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1⑥-2.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1⑥-3.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1⑥-4.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1⑥-5.0m	<0.0002	<0.002	0.008	<0.001	0.008
A1⑥-6.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1⑥-7.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1⑥-7.75m (帯水層底面)	<0.0002	<0.002	0.006	<0.001	<0.001
地下水	0.0016	<0.002	0.14	<0.001	0.002
第二基準	≦0.02	≦1	≦0.4	≦0.1	≦0.1
土壌溶出/地下水基準	≦0.002	≦0.1	≦0.04	≦0.01	≦0.01
定量下限値	0.0002	0.002	0.004	0.001	0.001

A1②



標 尺	層 高	層 厚	深 度	柱 状	土 質 区 分	色 相 対 照 表	相 対 密 度	記 事
m	m	m	m	図				
1	1.40	0.80	0.60		硬土	暗褐色		新築コンクリート主体 局部小位 含水小位 平均質 全部に砂不均一に混入
2								
3					ローム	褐色		局部中位 含水中位
4								
5	1.40	0.80	0.60		砂混じりの粘土	暗褐色		局部中位 含水大位 平均質 全部に砂不均一に混入
6								
7								
8	1.40	0.80	0.60		粘土	暗褐色		局部中位 含水小位 平均質 点状に不均一
9	1.40	0.80	0.60					



地下水流向：南西方向

対策サイトの周辺状況



用途地域：準工業地域

周辺環境：住宅、小規模工場、中規模の集合住宅、学校施設等、様々な用途の建物が密集している。工場があることから、平日昼間でも人通りは比較的多い。

道路状況：狭い道路、一方通行、時間帯規制等がある道路が点在する。

前面道路：道路幅員5m

隣接建物：3面（前面道路以外）

建物離隔：1m程度（最小部分）

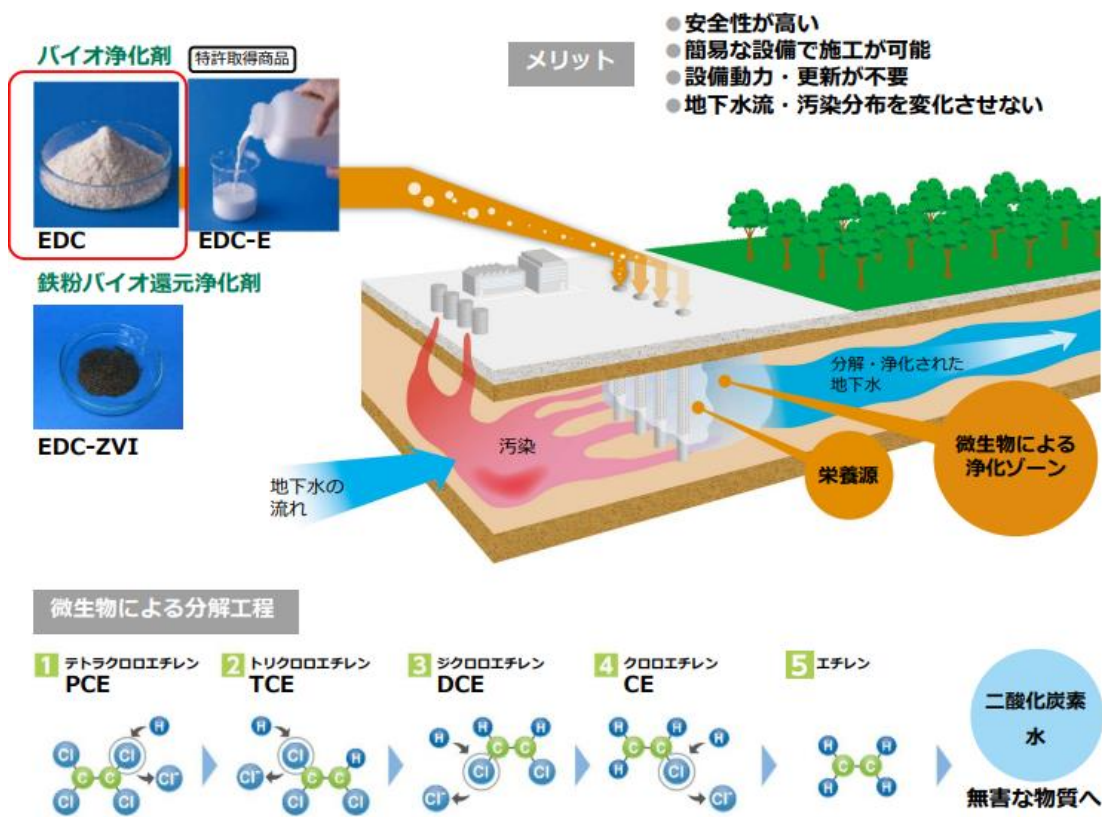
環境音：約50dB（平日日中）



採用した認定技術の概要

技術番号 1：バイオ栄養源EDCによる塩素系VOCの原位置バイオ浄化法（原位置浄化）
対象物質：トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエチレン、1,3-ジクロロプロペン、クロロエチレン

バイオ浄化剤EDCを注入し、土着の微生物を活性化することで、有機塩素化合物を分解・浄化する方法です。



注入設備は、現場のスペース等に対応して柔軟なアレンジが可能です。



採用した認定技術の概要

技術番号 1：バイオ栄養源EDCによる塩素系VOCの原位置バイオ浄化法（原位置浄化）

施工方法：深度別薬剤の圧力注入法（ダブルパッカー注入）

ダブルパッカー注入とは、ボーリング機でサイト地面に孔を掘り、そこに加圧注入用の二重管を設置し、深度毎に薬剤を圧力をかけて注入します。

加圧注入により透水性の低い粘性土に対応できること、深度毎に注入が可能で液が浸透しにくく汚染がたまって濃度が高くなりがちな粘性土の深度を狙って注入が可能なることから、粘性土層がある現場において有効な注入方法です。

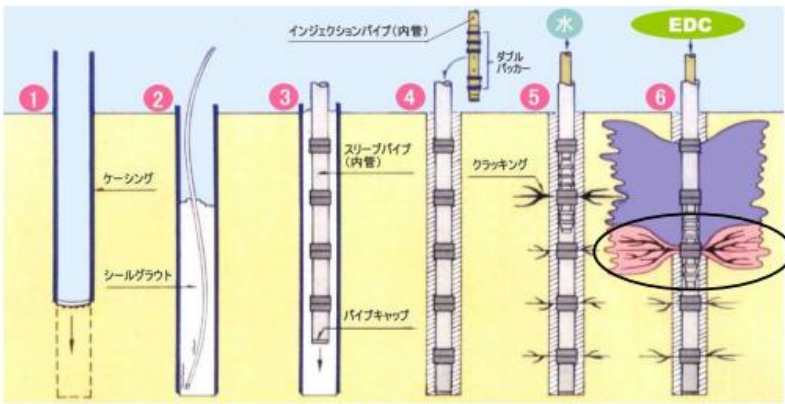


図. ダブルパッカー注入イメージ



注入外管・内管からの送水状況



注入口からの送水状況



スポットで実施する場合の小規模設備



稼働工場内の土壌浄化の注入状況



稼働工場内の注入プラント状況

加圧注入
粘性土、多少の粒子状材料も注入OK

深度ごとに注入
汚染濃度などに応じて深度方向に注入量を配分可能

+

大規模な設備不要
地上部は、注入液調整タンク、送液ポンプ・ホース等面積：数m×数m

対策範囲と工事計画

対策工事全体としては、3区画の原位置浄化を実施しているが、今回支援対象となる区画は地下水汚染拡大防止区域であるA1②区画となる。対策工事完了まで約7か月（2024年6月～2025年1月）
汚染区画の解除が最短でなされるのは2027年2月頃

試料名	分析結果 (mg/L)				
	クロロエチレン	1,1-ジクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	テトラクロロエチレン	トリクロロエチレン
A1②表層	<0.0002	<0.002	<0.004	0.002	<0.001
A1②-0.5m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1②-1.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1②-2.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1②-3.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	<0.001
A1②-4.0m	<0.0002	<0.002	<0.004	<0.001	0.003
A1②-5.0m	<0.0002	<0.002	0.088	<0.001	<0.001
A1②-6.0m	<0.0002	<0.002	0.018	<0.001	<0.001
A1②-7.0m	<0.0002	<0.002	0.026	<0.001	<0.001
A1②-7.45m (帯水層底面)	<0.0002	<0.002	0.035	<0.001	<0.001
地下水	0.001	0.002	1.0	0.003	0.033
第二基準	≦0.02	≦1	≦0.4	≦0.1	≦0.1
土壌溶出/地下水基準	≦0.002	≦0.1	≦0.04	≦0.01	≦0.01
定量下限値	0.0002	0.002	0.004	0.001	0.001

支援対象区画：A1②区画
対象土量 ：345m³（GL-4.00～7.45m）
注入井戸本数：25本

凡例

対象地

10m単位区画

区画の統合

要対策区域

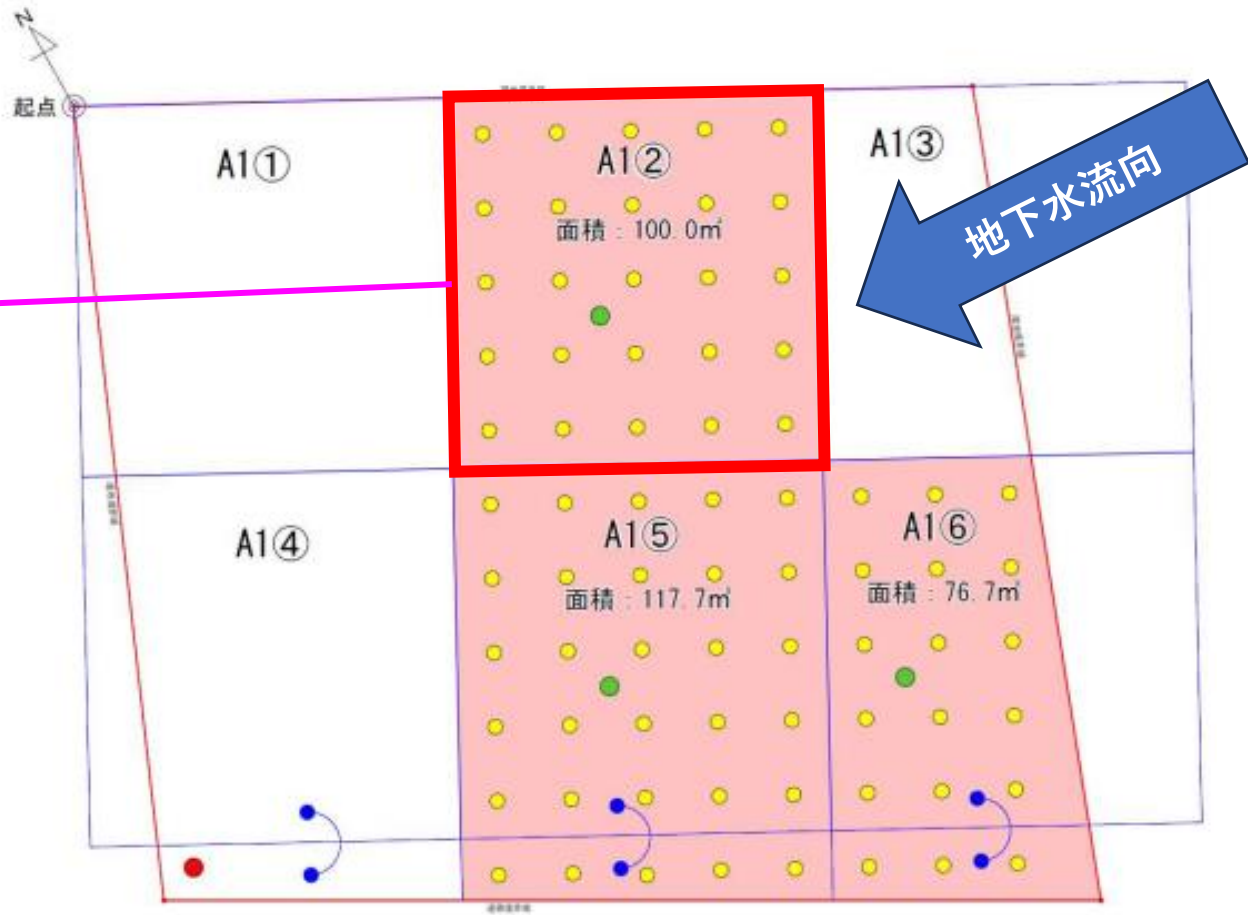
地下水汚染拡大防止区域

既往調査地点

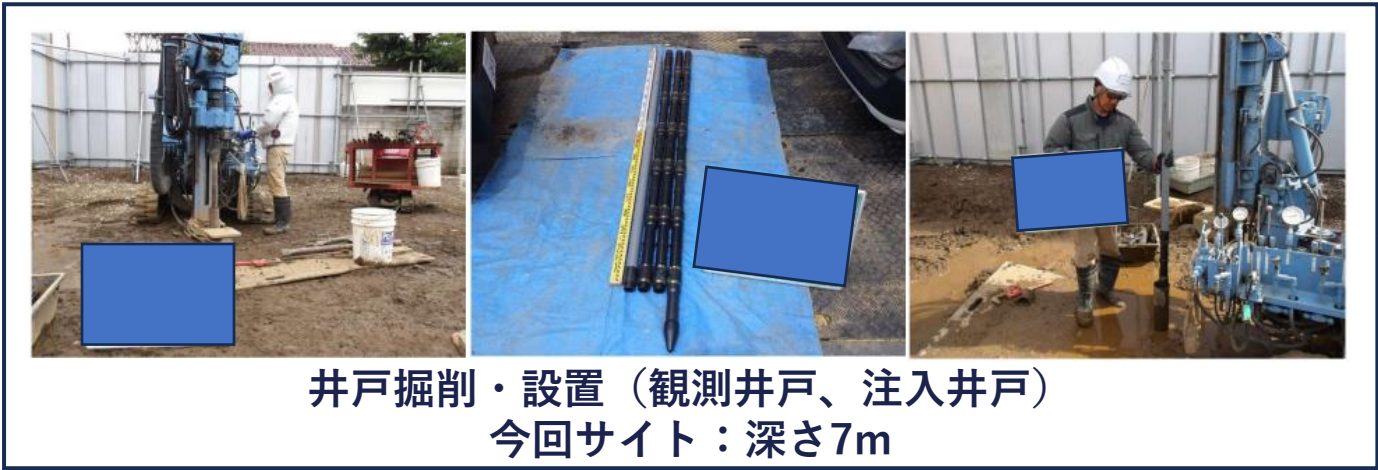
観測井戸（浄化状況確認）

観測井戸（2年間モニタリング対象）

注入井戸（計73本）



施工状況写真と施工フロー



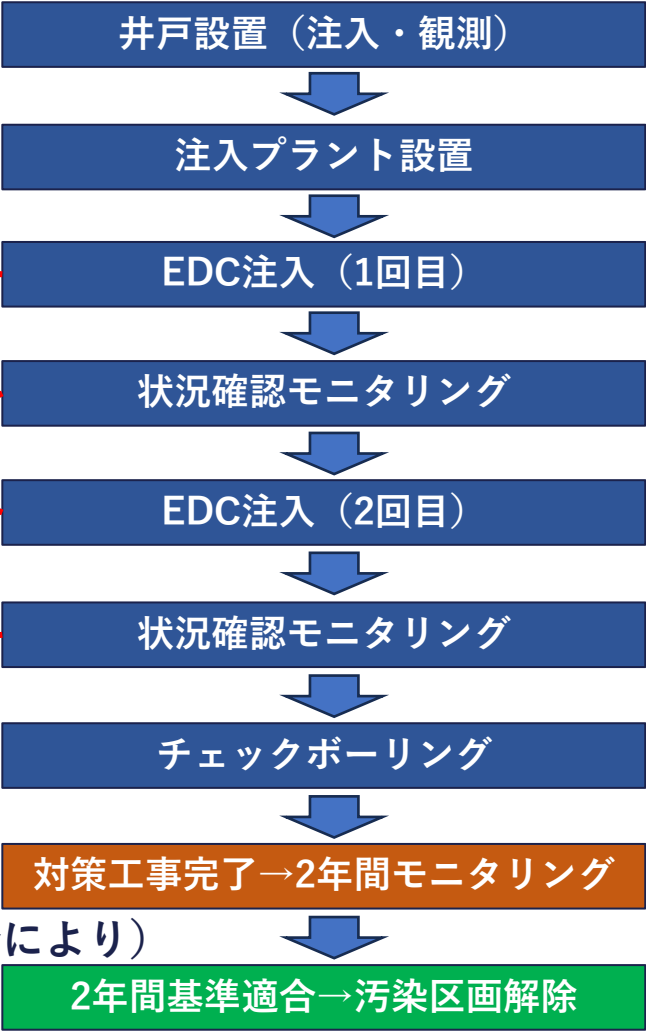
EDC：土の中に存在する微生物への栄養剤のこと。微生物が有害物質を分解する働きがある。
状況確認モニタリング：観測井戸の地下水を採取して水質分析を行い、分解状況を確認するモニタリング。
チェックボーリング：土を採取し土壌分析を行い、土壌汚染の有無を確認するボーリング。



施工状況写真と施工フロー



※EDC注入中の騒音は69dB
（今回実測）
69dBの例：掃除機の声
セミの鳴き声等



施工フロー図

EDC：土の中に存在する微生物への栄養剤のこと。微生物が有害物質を分解する働きがある。
状況確認モニタリング：観測井戸の地下水を採取して水質分析を行い、分解状況を確認するモニタリング。
チェックボーリング：土を採取し土壌分析を行い、土壌汚染の有無を確認するボーリング。

対策結果（モニタリング結果）

A1②	2023年	2024年							基準値
	12月6日	7月11日	8月20日	9月9日	9月19日	10月7日	10月31日	12月18日	
経過日数	汚染状況調査時	注入前日	8月定期測定	2回目注入前					
クロロエチレン	0.001	0.0011	0.0095	0.0037	—	0.0012	0.0002未満	0.0002未満	0.002以下
1,1-ジクロロエチレン	0.002	0.003	0.002未満	0.002未満	—	0.002未満	0.002未満	0.002未満	0.1以下
1,2-ジクロロエチレン	1.0	1.7	0.004未満	0.004未満	—	0.004未満	0.004未満	0.004未満	0.04以下
トリクロロエチレン	0.033	0.003	0.001未満	0.001未満	—	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.01以下
pH	—	6.46	6.52	6.82	7.18	6.9	6.73	6.65	6.0～9.0
ORP	—	-27.7	-207.3	-183	-144.5	-157.5	-137.3	-131.2	-100以下
TOC	—	1未満	36		2000	320	1未満	1未満	100以上
硝酸イオン	—	6.1	1未満		1未満	1未満	1未満	1未満	0に近い
硫酸イオン	—	87	2.3		8.6	1未満	3.6	3.7	0に近い

2回目注入の1か月後には対象となる特定有害物質全てが定量下限値未満＝基準適合という結果になった。
1回目注入の1か月後には脱塩素化の進行もみられ（1,2-ジクロロエチレン→クロロエチレン）、浄化が問題なく行われたことが確認できた。

効果検証

工法	掘削除去	原位置浄化（今回工法）	掘削除去との比較
対策土量	600m ³ （約1080トン※1） GL-0m～6m	<u>345m³（約620トン※1）</u> <u>GL-4m～7.45m</u>	上から掘らなくても深度を限定して <u>対策土量を減らせる。（▼26％）</u>
工事期間	<u>6か月程度</u>	7か月程度	基本的に掘削除去より時間はかかるが、 汚染深度が深くなると差は小さくなる 傾向がある。（▲17％）
工事費用（概算）	6800万円（11.3万/m ³ ）	<u>2310万円（6.7万/m³）</u>	<u>1m³あたりのコストは半額近い</u> <u>対策土量も抑えることが可能。</u> <u>（▼40％）</u>
環境負荷 （工事車両台数）	4tダンプ480台 （土壌搬出・搬入用）※2 道路が狭く、大型進入不可	<u>4tトラック15台</u> <u>（プラント設置・撤去・薬剤搬入用）</u> <u>プラント設置完了後は車両搬入がほぼない</u>	土の運搬がないため <u>車両台数を大きく抑えることが可能。</u> <u>（▼97％）</u>
環境負荷 （CO2排出量）※3	18.0トン/件	<u>0.56トン/件</u>	<u>単純に車両台数だけ見てもCO2排出量</u> <u>を大きく抑えることが可能（▼97％）</u>

※1：1.8トン/m³として計算
※2：4tダンプ1台あたり2.5m³として計算（土壌搬出240台、土壌搬入240台）
※3：1トンの物を1キロ運搬＝トラックの場合208gのCO2排出量（国土交通省HP：モーダルシフトとは）
運搬距離を40kmとして設定⇒1台あたり約37.5kgのCO2排出量

狭隘地独特の要件を、環境負荷低減という視点から工法を選定し、工夫しながら要件を解消することで
結果的に、3R＋コストにかなった施工となった。

この工法をあなたの土地で採用するにあたって

採用の条件確認

・汚染の状態

- ①対象物質がマッチしているか？（P4記載）
- ②濃度が300mg/L以上ではないか？
（テトラクロロエチレンだと基準値の3万倍に相当）

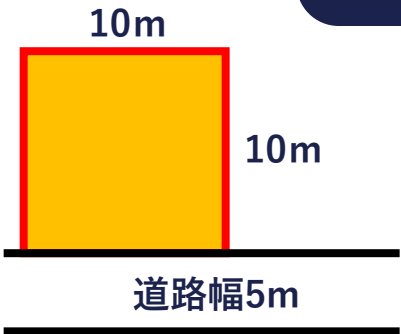
・地盤の状態

- ①地下水位はどのくらいの高さか？
（地下水位より上は他工法との併用が必要な場合あり）
- ②主な土質は砂か粘土か？
（粘土と砂だと粘土層のほうが入井戸の間隔が狭くなる傾向がある）
- ③土中のpHはどれくらいか？（極端に酸性やアルカリ性に傾いていると分解に時間がかかる場合あり）

・土地の状態

- ①プラント設置スペースはあるか？（6×10m程度）
- ②前面道路の広さや制限はどうか？
（狭かったり通行制限があると、仮設条件が変わる）

工事のイメージ例



敷地面積：100㎡（10m×10m）
前面道路：幅5m（4tトラックは乗入可能）
地下水位：2m
現場状況：更地（建物解体後）

現場条件	汚染深度0m～4mの場合	汚染深度3m～7mの場合
対策土量	400㎡	400㎡
他工法との併用有無	有り（地下水より上部）	無し
汚染状態	基準値の数十倍程度 地下水汚染あり	基準値の数十倍程度 地下水汚染あり
工事期間	6か月程度	6か月程度
費用 （本工法）	2000万～3200万（5～8万/㎡）	1600万～2400万（4～6万/㎡）
費用 （掘削除去）	3200万～4000万（8～10万/㎡） 対策土量：400㎡	7000万～8400万（10～12万/㎡） 対策土量：700㎡

土壌汚染が地下水より上か下かで費用が異なるケースが多い。（地下水より下であれば他工法との併用が無くなり安価な傾向）
掘削除去と比較すると価格が抑えられるケースが多い。（特に深ければ深いほど掘削除去はより高くなる）