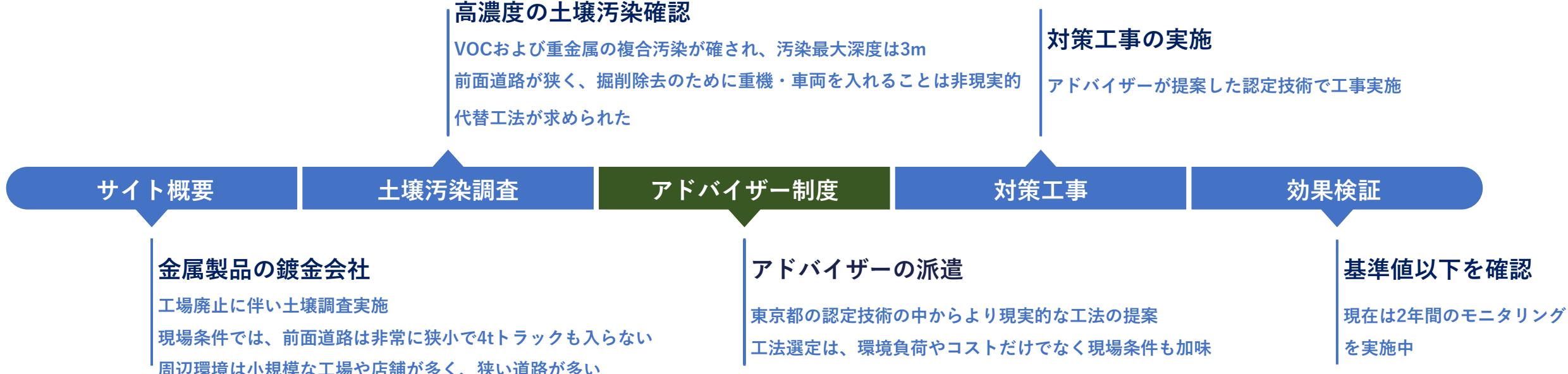


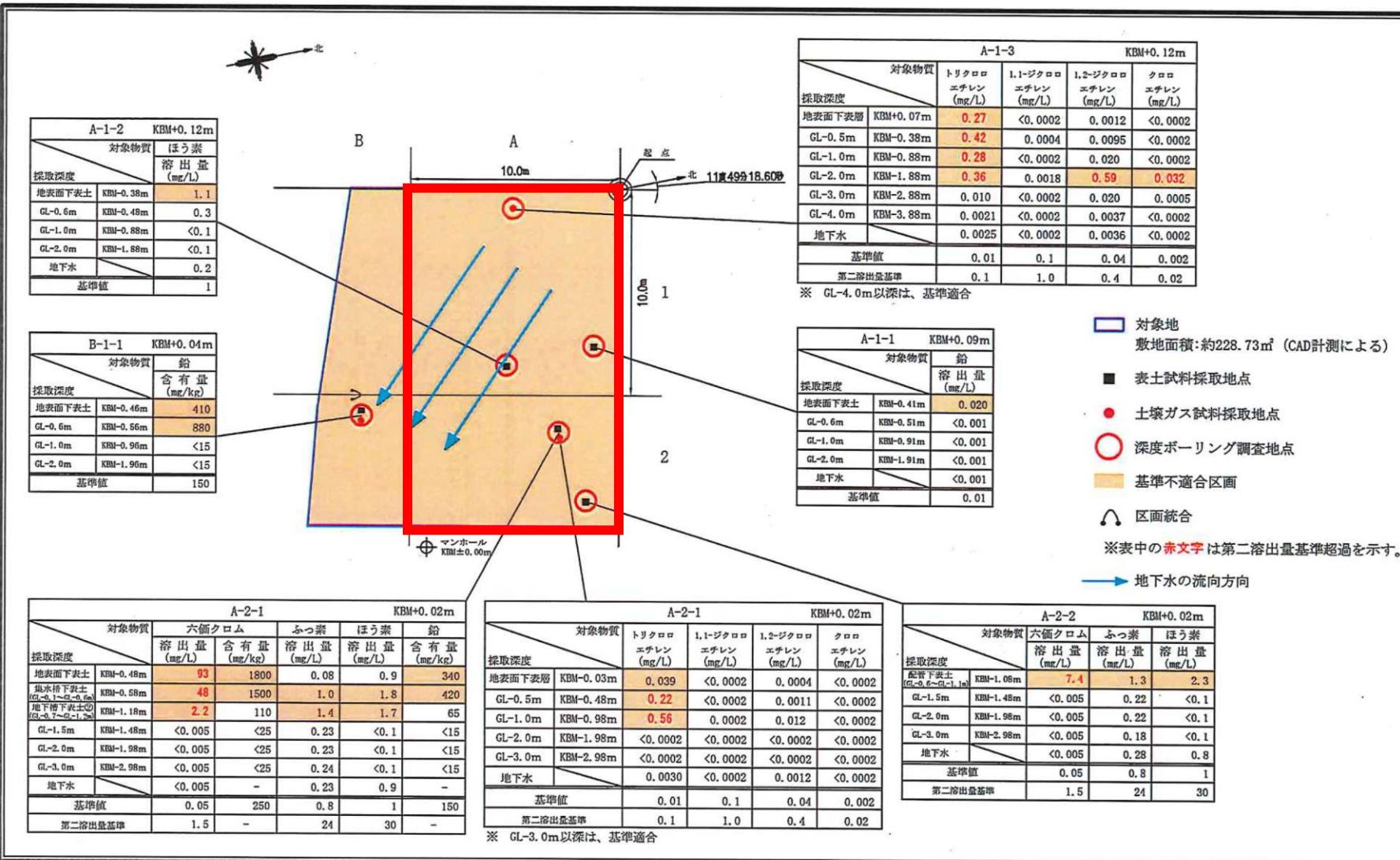
対策工事実施までの経緯



課題と対応方針について

課題	対応方針
1 前面道路が非常に狭く、最大でも2t トラック程度しか車両を入れることができないため、掘削除去に伴って何台もの車両の入退場を行うことは現実的な工法ではない。	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 対象サイトの汚染状況はVOCと重金属の複合汚染であるため、両方の汚染に対応しなければ汚染の拡散させてしまう可能性がある。	本工法は、VOCについて原位置浄化を行いつつ重金属に対して不溶化を行うことが可能な薬剤を使用するため、汚染の拡散を生じさせない工法である。

対策サイトの汚染状況



汚染物質

○VOC

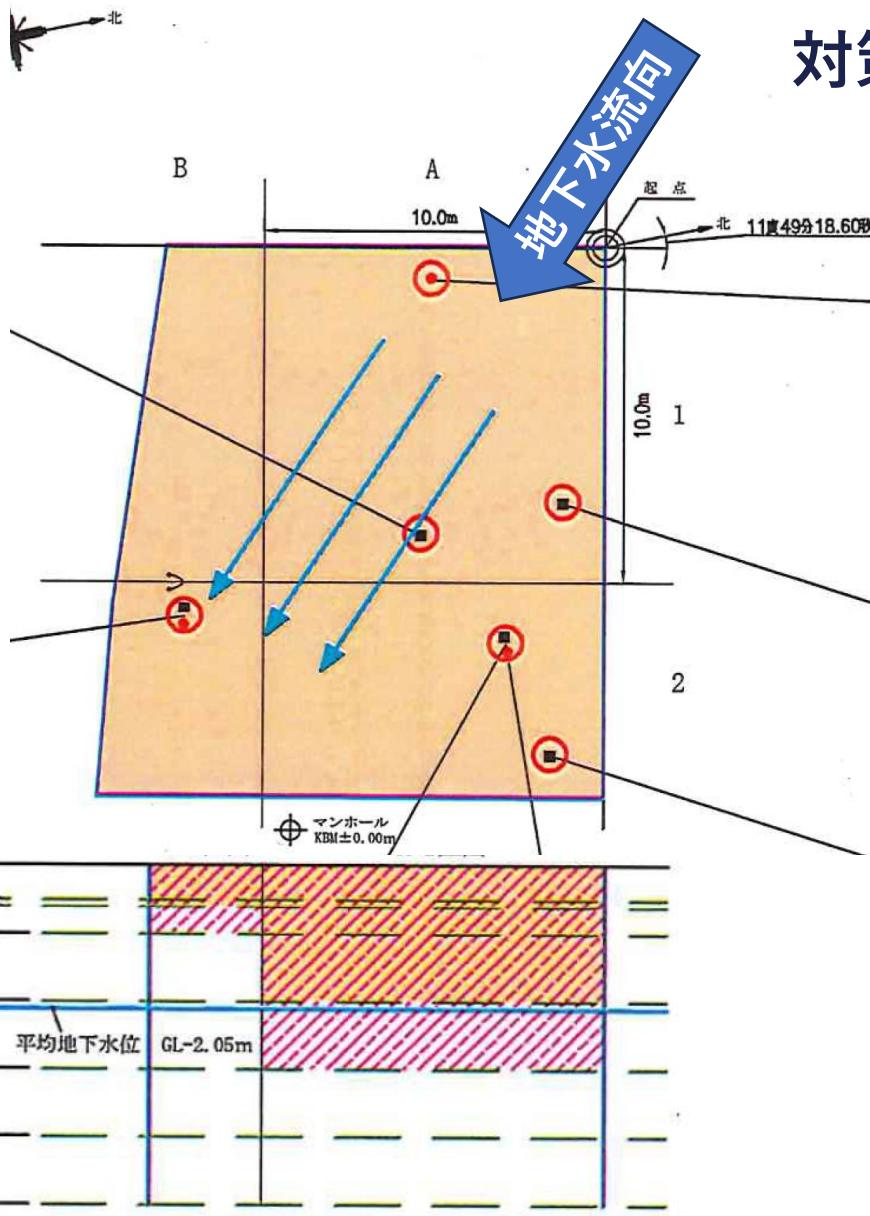
トリクロロエチレン
1,2-ジクロロエチレン
クロロエチレン

○重金属

六価クロム
ふつ素
ほう素
鉛

※地下水汚染なし

今回支援対象となった区画は
地下水汚染拡大防止区域相当
である2区画（約165m²）



対策サイトの地盤状況

近傍の柱状図

標尺	標高(m)	深度(m)	現場土質名(模様)	現場土質名	地盤材料の工学的分類	色相調度	相対密度	相対稠度
-1	-2.04	0.90		表土				
-2	-2.79	1.65		粘土				
-3				シルト質細砂				
-4	-5.04	3.90						
-5								
-6								
-7								
-8								
-9								
-10								
-11								
-12	-12.94	11.80						
-13	-13.84	12.70		砂質シルト				

▽地下水位GL-2.05m

○成層状況
埋土（粘性土）→
○不飽和層
埋土（粘性土）
○飽和層
砂質土（シルト質）
○地下水流向：南西

▽地下水位GL-2.05m

○成層状況

埋土（粘性土）→砂質土→シルト

○不飽和層

埋土（粘性土）

○飽和層

砂質土（シルト質細砂以深）

○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：狭い道路が多く、前面道路は非常に狭い路が点在する。

前面道路：道路幅員1.5m（最小部）

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）

2t トラックが何とか
乗入可能な幅



採用した認定技術の概要

技術番号10：RNIP α によるVOC原位置浄化工法（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

鉄・酸化鉄複合材料

土壤・地下水浄化材 [RNIP[®]]

概要

土壤・地下水浄化材「RNIP[®]」は、戸田工業の湿式合成技術を応用了したナノサイズの鉄複合粒子で、VOC(揮発性有機化合物)類の急速浄化と重金属類の不溶化が可能な環境浄化材料です。

特徴

汚染物質の急速浄化が可能

TCE(トリクロロエチレン)の分解速度は通常鉄粉の100倍以上です。

深度汚染に対する原位置浄化が可能

微粒子のため土壤への拡散性が良く、深層のVOCや重金属汚染に対し原位置浄化が可能です。

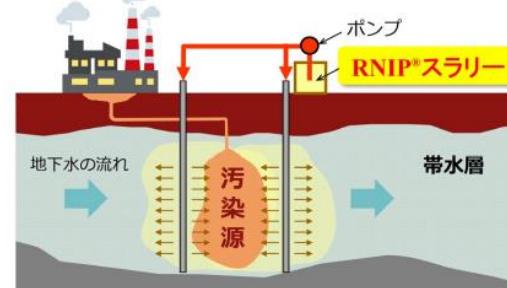
2次汚染無し

有害金属類を含んでいないため、2次汚染の可能性が無い環境に優しい材料です。



製品情報

RNIP[®]は α -Feと Fe_3O_4 のコアシェル構造のナノ粒子（平均粒径70nm、BET比表面積30m²/g）です。RNIP[®]のスラリー（比重1.18～1.25、固形分濃度25wt%）を原位置注入などで施工し浄化します。

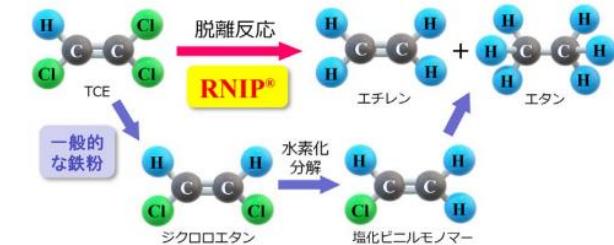
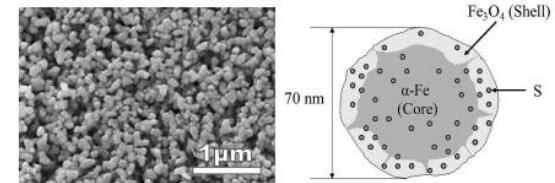


【原位置注入の施工方法】

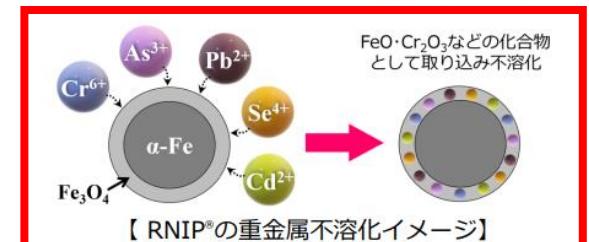
RNIP[®]は強い還元能力をもち分解速度が速いため、TCEを一般的な鉄粉で分解する際に途中生成する有害な塩化物の発生を抑えます。また重金属を不溶な化合物として表面に取り込むことにより無害化することができます。

用途

- 大型浄化機器の搬入が困難な中小規模のスペースの浄化
- 稼働中の工場・建屋下や境界域の浄化
- 深層汚染箇所の浄化



【トリクロロエチレンの分解反応の比較】



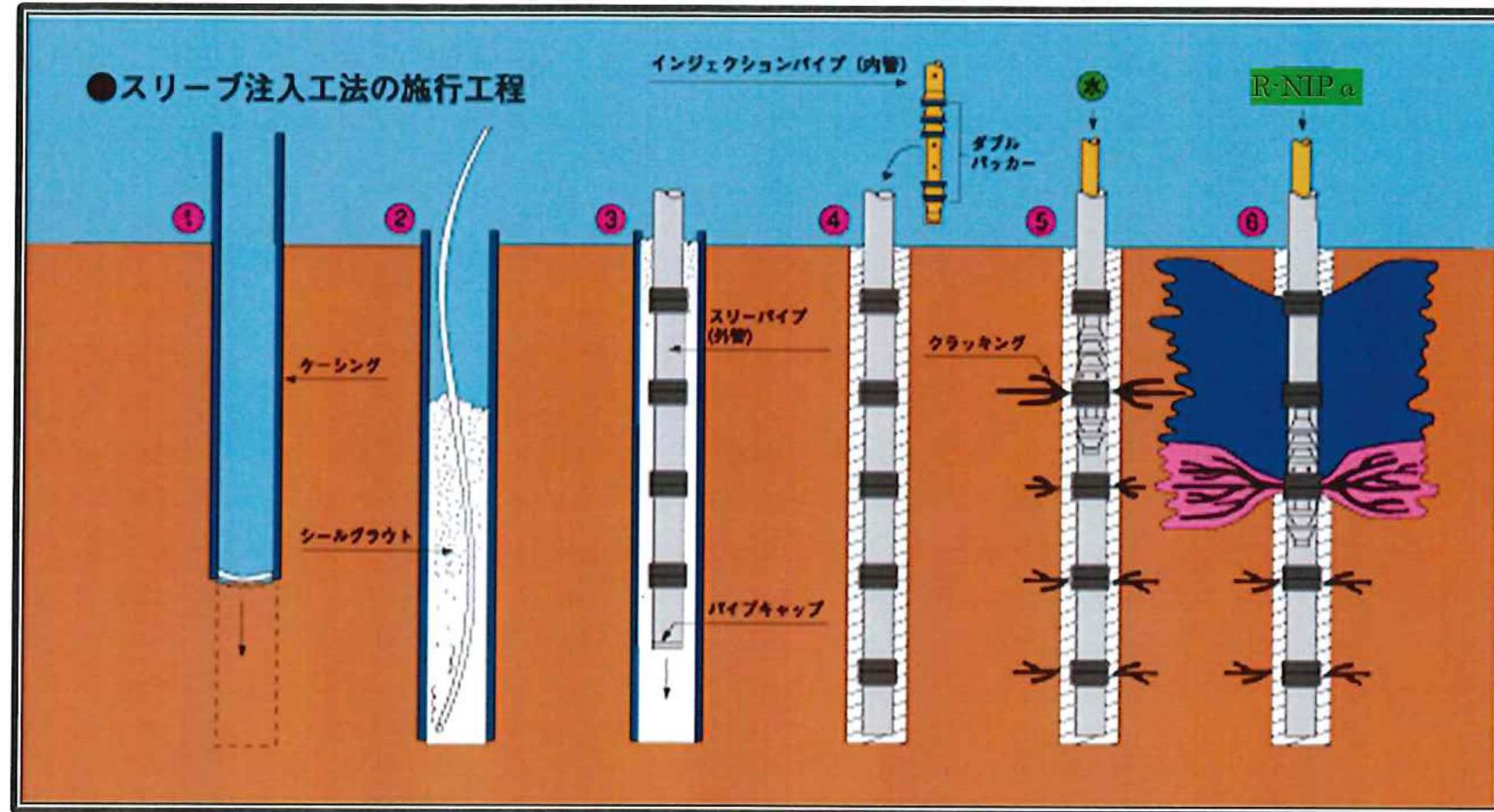
【RNIP[®]の重金属不溶化イメージ】

浄化ではないが重金属の不溶化効果あり

採用した認定技術の概要

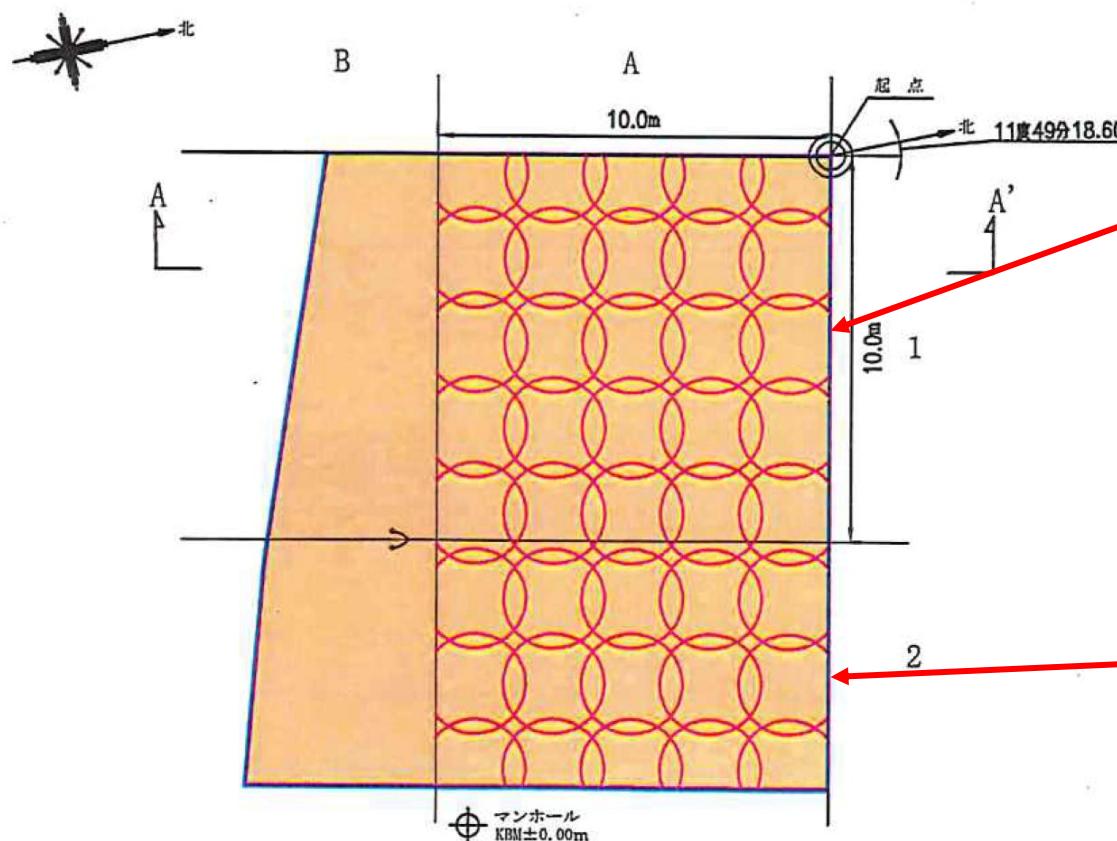
技術番号10：RNIP α によるVOC原位置浄化工法（原位置浄化）

施工方法：深度別薬剤の圧力注入法（スリーブ注入工法）



対策範囲と工事計画

工事全体としては、全域で対策を実施しているが、今回支援対象となる区画は地下水汚染拡大防止区域相当であるA-1-3区画およびA-2-1区画となる。対策工事完了まで約5か月（2024年3月～2025年7月）
汚染区画の解除が最短でなされるのは2027年7月頃



		A-1-3 KBM+0.12m				
採取深度		対象物質	トリクロロエチレン (mg/L)	1,1-ジクロロエチレン (mg/L)	1,2-ジクロロエチレン (mg/L)	クロロエチレン (mg/L)
地表面下表層	KBM+0.07m	0.27	<0.0002	0.0012	<0.0002	
GL-0.5m	KBM-0.38m	0.42	0.0004	0.0095	<0.0002	
GL-1.0m	KBM-0.88m	0.28	<0.0002	0.020	<0.0002	
GL-2.0m	KBM-1.88m	0.36	0.0018	0.59	0.032	
GL-3.0m	KBM-2.88m	0.010	<0.0002	0.020	0.0005	
GL-4.0m	KBM-3.88m	0.0021	<0.0002	0.0037	<0.0002	
地下水		0.0025	<0.0002	0.0036	<0.0002	
基準値		0.01	0.1	0.04	0.002	
第二溶出量基準		0.1	1.0	0.4	0.02	

※ GL-4.0m以深は、基準適合

原位置
浄化
範囲

		A-2-1 KBM+0.02m				
採取深度		対象物質	トリクロロエチレン (mg/L)	1,1-ジクロロエチレン (mg/L)	1,2-ジクロロエチレン (mg/L)	クロロエチレン (mg/L)
地表面下表層	KBM-0.03m	0.039	<0.0002	0.0004	<0.0002	
GL-0.5m	KBM-0.48m	0.22	<0.0002	0.0011	<0.0002	
GL-1.0m	KBM-0.98m	0.56	0.0002	0.012	<0.0002	
GL-2.0m	KBM-1.98m	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	
GL-3.0m	KBM-2.98m	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	
地下水		0.0030	<0.0002	0.0012	<0.0002	
基準値		0.01	0.1	0.04	0.002	
第二溶出量基準		0.1	1.0	0.4	0.02	

※ GL-3.0m以深は、基準適合

原位置
浄化
範囲

施工状況写真と施工フロー



材料等搬入

前面道路は車両進入困難であるため、人力搬入



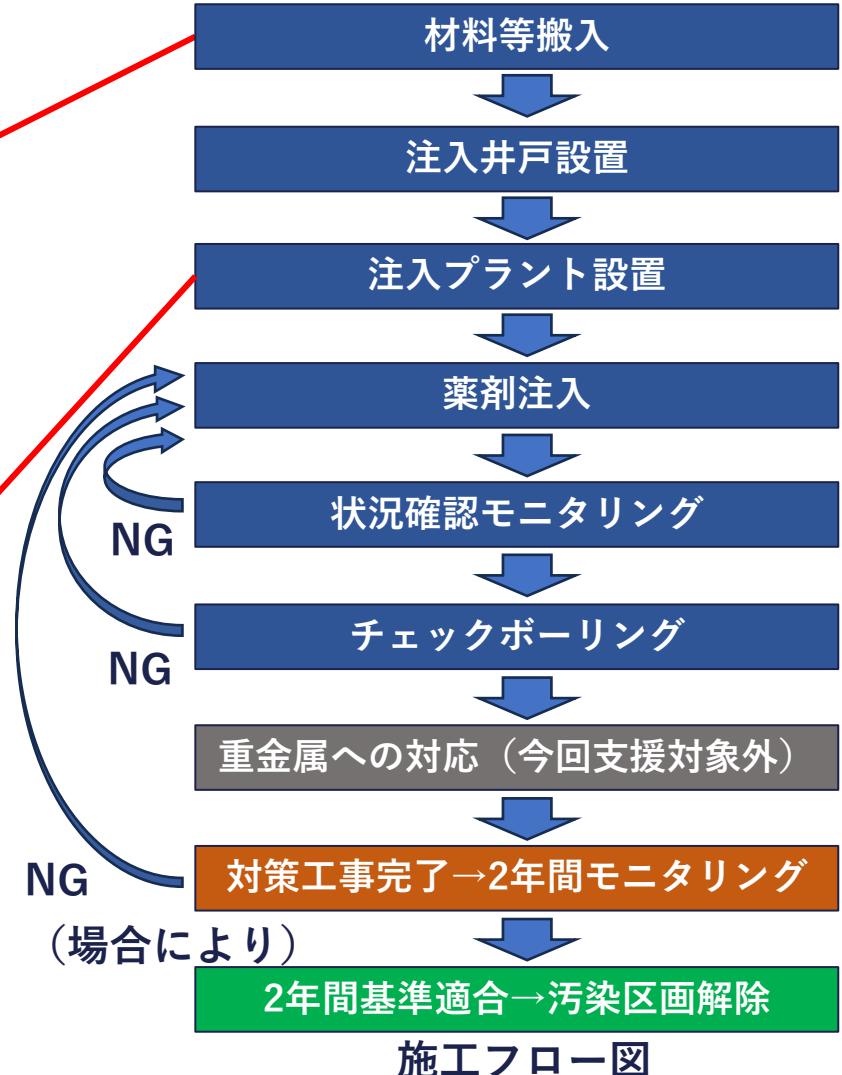
注入プラント設置（プラント面積：6×10m程度）

※今回サイトは材料も一括で搬入したため、材料置場で5×10m程度）

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：土を採取し土壤分析を行い、土壤汚染の有無を確認するボーリング。

重金属への対応：今回は一部のみ掘削除去を実施。



施工状況写真と施工フロー



薬剤注入
プラントからホースで各井戸へ注入する。

状況確認モニタリング

チェックボーリング

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：土を採取し土壤分析を行い、土壤汚染の有無を確認するボーリング。

重金属への対応：今回は一部のみ掘削除去を実施。



対策結果（モニタリング結果）

対象物質	2025年4月	2025年8月	基準値
1, 1-ジクロロエチレン	0.0002mg/L未満	0.0002mg/L未満	0.1mg/L
1, 2-ジクロロエチレン	0.0002mg/L未満	0.0002mg/L未満	0.04mg/L
トリクロロエチレン	0.0002mg/L未満	0.0002mg/L未満	0.01mg/L
クロロエチレン	0.0002mg/L未満	0.0002mg/L未満	0.002mg/L

現状は全て定量下限値未満であり基準値適合（汚染無し）の状態が確認されている。

今後も2年間のモニタリングを行い、効果を確認していく。

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	430m ³ (約1080トン※1) GL-0m～3m	430m ³ (約1080トン※1) GL-0m～3m	表層から対策が必要となるため 対策土量に変更はなかった。
工事期間	5か月程度	5か月程度	車両が小型であるため、掘削除去時の 台数が多くなることから、運搬に時間 を要する。そのため工事期間は同程度。
工事費用（概算）	4600万円 (10.7万/m ³)	<u>3861万円 (9.0万/m³)</u>	<u>1m³あたりのコストを 抑えることが可能。 (▼16%)</u>
環境負荷 (工事車両台数)	2t トラック580台 (土壤搬出・搬入用) ※2 道路が狭く、2t トラック想定	<u>2t トラック20台 (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>	<u>土の運搬がないため 車両台数を大きく抑えることが可能。 (▼97%)</u>
環境負荷 (CO2排出量) ※3	21.8トン/件	<u>0.75トン/件</u>	<u>単純に車両台数だけ見てもCO2排出量 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1.5m³として計算（土壤搬出290台、土壤搬入290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

極めて狭い道路幅であるため、物理的に2t トラック以下という車両制限かつ、重金属とVOCの複合汚染という難しい条件。
工事車両を抑えつつ複合汚染にも対応できる本工法を使用することで、結果的に、コストや環境負荷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100mg/L以上ではないか？
(テトラクロロエチレンだと基準値の1万倍に相当)

・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)

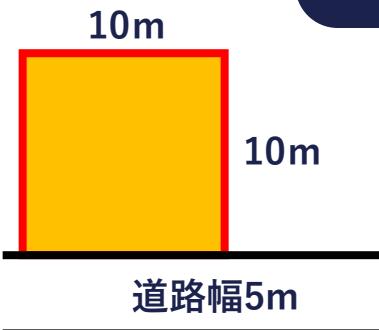
- ② 主な土質は砂か粘土か？
(砂質土層より粘土層の方が注入井戸の間隔が狭くなる傾向がある)

- 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：100m² (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	400m ³	400m ³
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/m ³)	1600万～2400万 (4～6万/m ³)
費用 (掘削除去)	3200万～4000万 (8～10万/m ³) 対策土量：400m ³	7000万～8400万 (10～12万/m ³) 対策土量：700m ³

VOCの浄化効果だけでなく、重金属の不溶化も期待できる本工法は、複合汚染に対しても汚染拡散防止を図りつつ原位置浄化が期待できる工法である。また、1つ1つの機材を人力で運ぶ事ができ、施工のしやすさや汎用性が高いことも特徴である。