

南部地区汚染源(皮革製造所跡地(加納龍興町地内))対策について

本市では、南部地区汚染源の一つと考えられる旧皮革製造所跡地で、平成14年10月24日～平成15年1月31日に汚染源確定調査を実施し、汚染源であることを確認したので、当該汚染源の土地所有者に対し、浄化対策を指導してきた。

このような状況の中で、平成16年5月から土地所有者が、当該汚染地（現在は、既設建築物があり、使用の妨げにならないよう考慮し、建物の外から浄化を実施する必要がある。）で「斜めボーリングによる浄化剤(鉄粉)注入による原位置浄化技術」による浄化対策を行った。

汚染源確定調査

1 調査概要

(1) 目的

水質汚濁防止法に基づいた地下水調査の結果、揮発性有機塩素化合物による汚染が判明した南部地区において、その汚染原因を確定するため、汚染源の一つと推定される地点で土壌ガス及びボーリング調査を実施した。

(2) 対象地

岐阜市加納龍興町地内他

(3) 調査内容

ア 調査方法：土壌ガス調査（高感度モビラボ法）、ボーリング調査

イ 調査期間：平成14年10月24日～平成15年1月31日

ウ 委託先：株式会社帝国建設コンサルタント 岐阜市青柳町2丁目10

2 調査結果（調査地点図参照）

(1) 土壌ガス調査結果（溶出試験）

テトラクロロエチレンは全調査47地点中、38地点で検出された。特にG23地点から最高濃度7.2ppm検出されている。さらにG16、G17、G29地点からそれぞれ、1.6、1.2、1.4ppm検出された。それ以外の地点で1ppmを超過したのは、工場敷地ではないG30地点の水路脇で2.7ppmであった。

(2) ボーリング調査結果

B-1 井戸

検出された物質はテトラクロロエチレンのみで、深度2.2m及び3.2mの2試料で検出され、濃度が高いのは深度3.2mで0.026mg/Lであった。

B-2 井戸

検出された物質はテトラクロロエチレンのみで、深度6.1m及び6.8mの2試料で検出され、濃度が高いのは深度6.1mで0.015mg/Lであった。

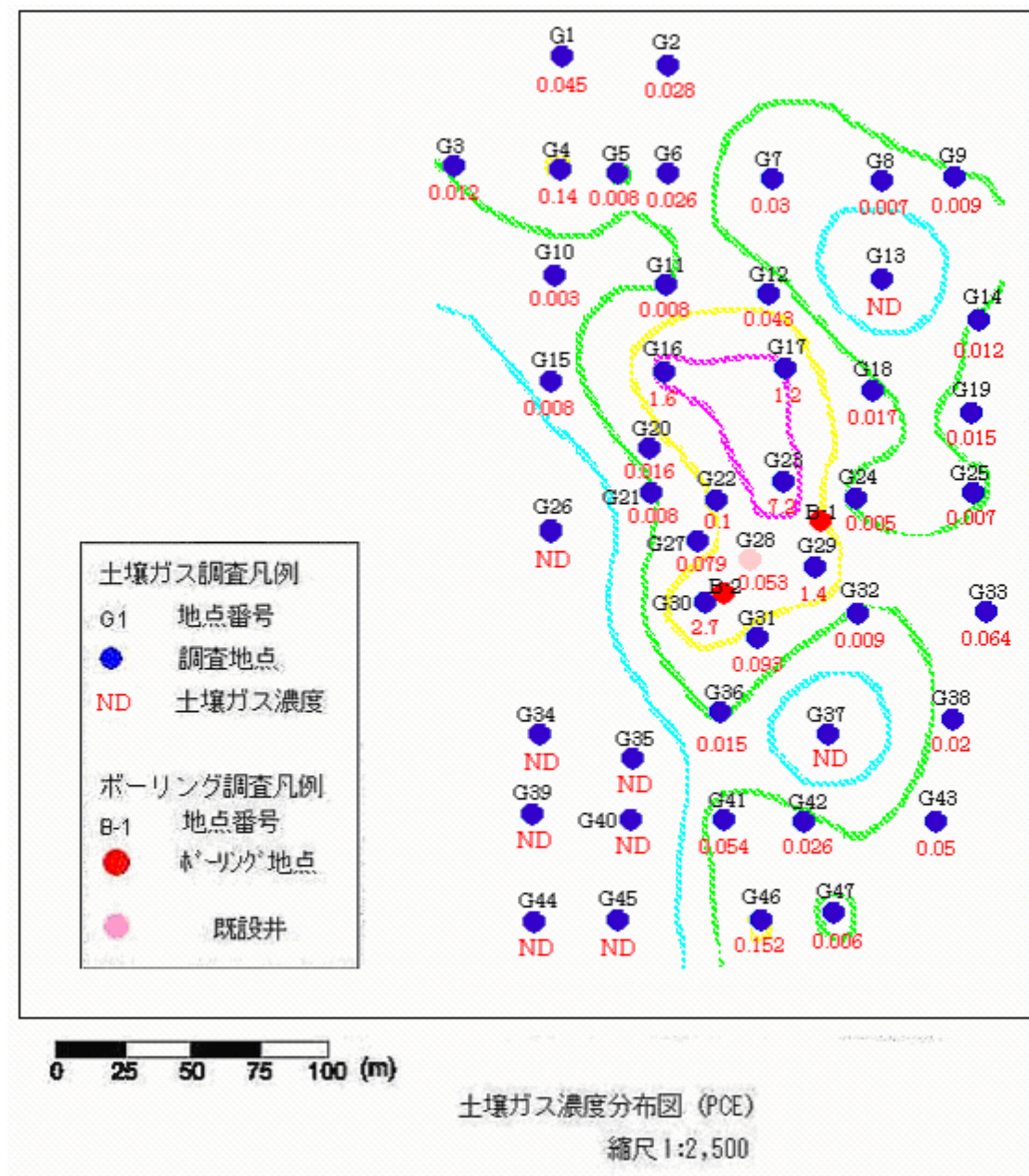
(3) 地下水分析結果

ボーリング終了後φ50mmのPVC管を挿入し、観測井戸とした。ストレーナーの設置位置は2カ所とも深度1～15mとした。

分析の結果最も濃度が高かったのは、平成12年に本市が実施した地下水調査用の既設井戸であり、現地でのPID分析では、テトラクロロエチレンは環境基準の200倍の2.0mg/Lが検出された。しかしながら、公定法とほぼ同等の値と考えられているため、適切な処置が必要と考えられる。

今回設置した観測井戸のうち、環境基準を超過したのはB-2であり、公定法では0.037ppm、PID法では0.092mg/Lであった。B-1は公定法でのみ検出されたが、0.0009mg/Lと環境基準値以下であった。

調査地点図



3 汚染機構

調査地周辺の広範囲な汚染機構としては、調査地の地層は非常に透水性が高い帯水層であるため、工場内で浸透したテトラクロロエチレンが地下水の流れに沿って、南方向へ広がっていったと考えられる。さらに、水路にテトラクロロエチレンを含む排水が流れ、それが水路の底面と側面から浸透し、水路を介して汚染が広がっていった可能性がある。

4 今後の対策

土壌ガス等の調査の結果から、この土地が南部地区の汚染源の1つであると考えられるが、今後の浄化対策については、バリアー井戸等の設置による揚水ばっきを実施し経過を観察することも可能であると考えられる。

なお、当該汚染地は、現在建物があり、使用中である。したがって、土地所有者（＝汚染原因者）に対しては、このことも考慮して浄化対策等を指導していく。

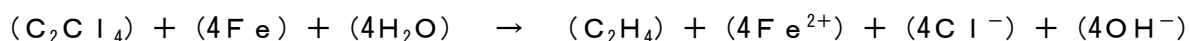
浄化対策

1 浄化対策技術の概要

(1) 技術の名称：浄化剤注入による原位置浄化

(2) 技術の原理

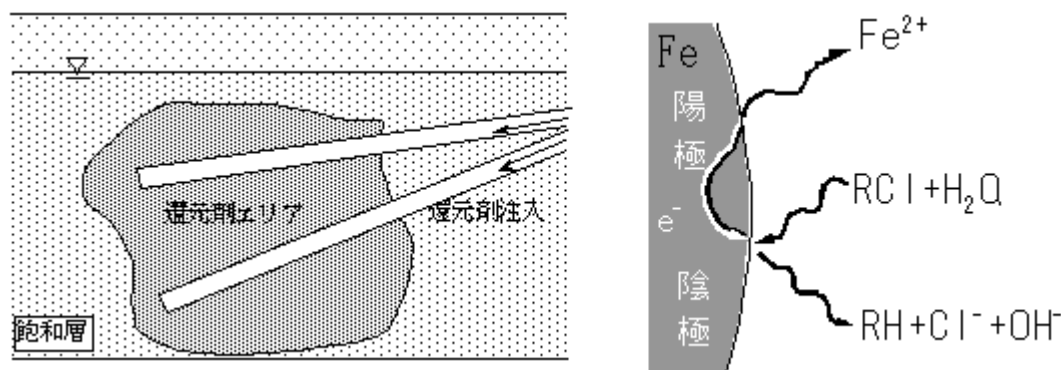
原位置還元分解工法は帯水層にVOCを還元分解する浄化剤を混合し、浄化剤の還元作用により汚染物質を無害化する工法である。浄化剤としては、鉄粉等の還元剤を使用する。鉄粉が水中にあるとき、鉄粒子の表面でアノードとカソードの分極が生じ、図1に示すように酸化還元反応的に脱塩素反応を引き起こす。テトラクロロエチレンに対する反応は、次のように表される。



透過性浄化壁工法は、鉄粉を砕石等に混合した浄化材料を汚染地下水の通りの帯水層に充填して透水性の壁を構築し、地下水の流れを乱すことなく通過した地下水を無害化する工法であるが、適用にあたり上部構造物の存在により制限される。

本技術は、斜め井戸を用いてスラリー状にした鉄粉を帯水層に注入し、還元反応領域を作成するものであり、上部構造物の影響を受けずに浄化領域を作成できることがメリットである。

図1



(3) 実施機関：大成建設（株）

2 浄化対策サイトの概況

南部地区の汚染源は、旧クリーニング所跡地（昭和63年12月移転・廃止：平成14年度末までに浄化対策を終了し、現在、モニタリング監視中）と旧皮革製造所跡地（平成2年2月移転・廃止：平成15年1月汚染源確定）の2か所である。

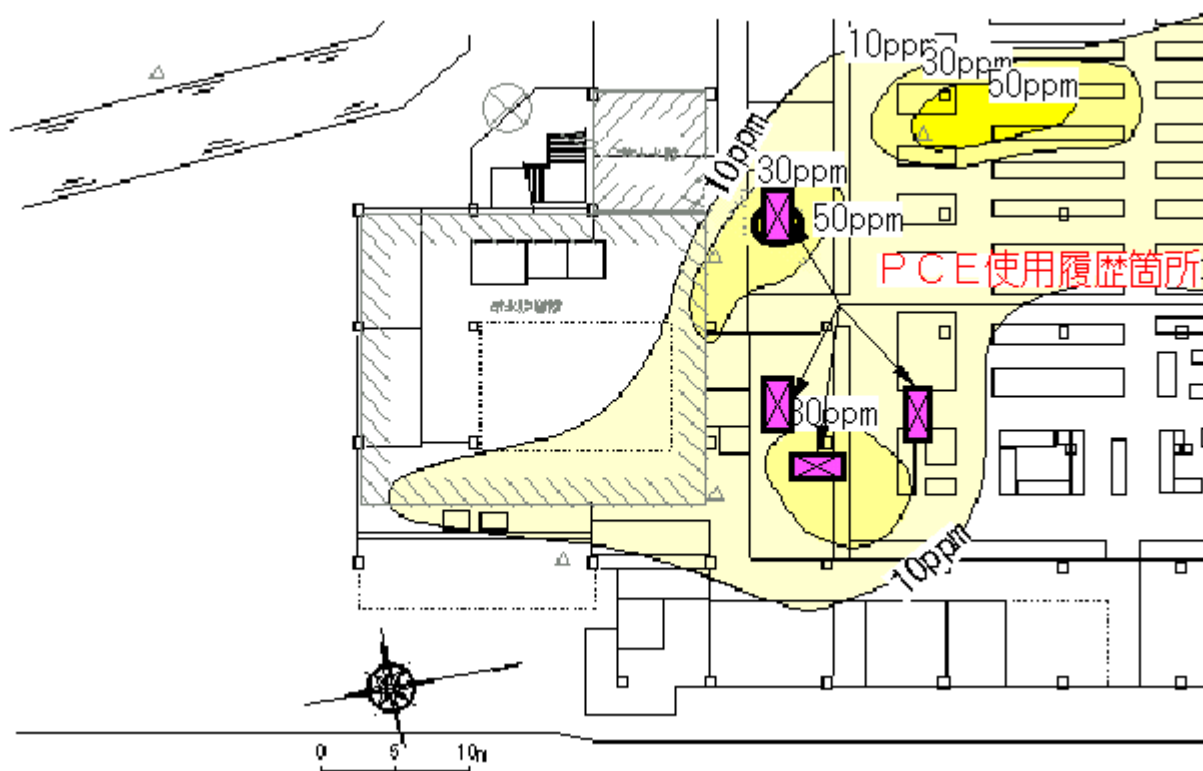
本サイトは、このうちの旧皮革製造所跡地で、現在営業中の店舗があり、営業の妨げにならないよう考慮し、建物の外から浄化を実施する必要があった。

3 店舗下土壌汚染状況調査結果

（1）土壌ガス調査結果

浄化対策に先立ち、土壌ガス調査を行った結果を図2に示す。土壌ガス濃度は、10～50ppm で3か所の汚染ポイントが確認された。

図2



（2）ボーリング調査結果

ボーリング調査は、図3のとおりで、浄化対策事前調査として、土壌ガス調査でPCE濃度が高かったB-3、B-4及びB-5の3か所で、事後調査としてB-6でそれぞれ深度10mまで掘削し観測井仕上げとした。なお、図3の既設井は、平成13年度に、また、B-1及びB-2は14年度に本市が実施したものである。

（ア）土壌溶出量

土壌溶出濃度は最大0.20mg/Lであった。地下水濃度は最大0.50mg/Lであった。

土壌ガス濃度の高かった3か所（B-3～B-5）で実施したボーリング調査の結果、PCE汚染はGL-0.0m～GL-5.0mに分布しており、PCEの土壌溶出濃度は、B-5が0.21mg/L（GL-1.0m）で最も高

く、B-3 が 0.053 mg/L (GL-2.0m)、B-4 が 0.030 mg/L (GL-1.0m) であった。

(イ) 地下水

地下水（深度 7.0～8.0m）の PCE 濃度は、B-3 で 0.50mg/L、B-4 で 0.42mg/L、B-5 で 0.18 mg/L で B-3 が最も高かった。実証試験実施後の地下水の PCE 濃度は、7 月 30 日測定結果で、図 3 の青字で示すとおり 0.0009～0.0051 mg/L と低くなっていることが分かる。

図 4 に B-3 のボーリング柱状図を示す。

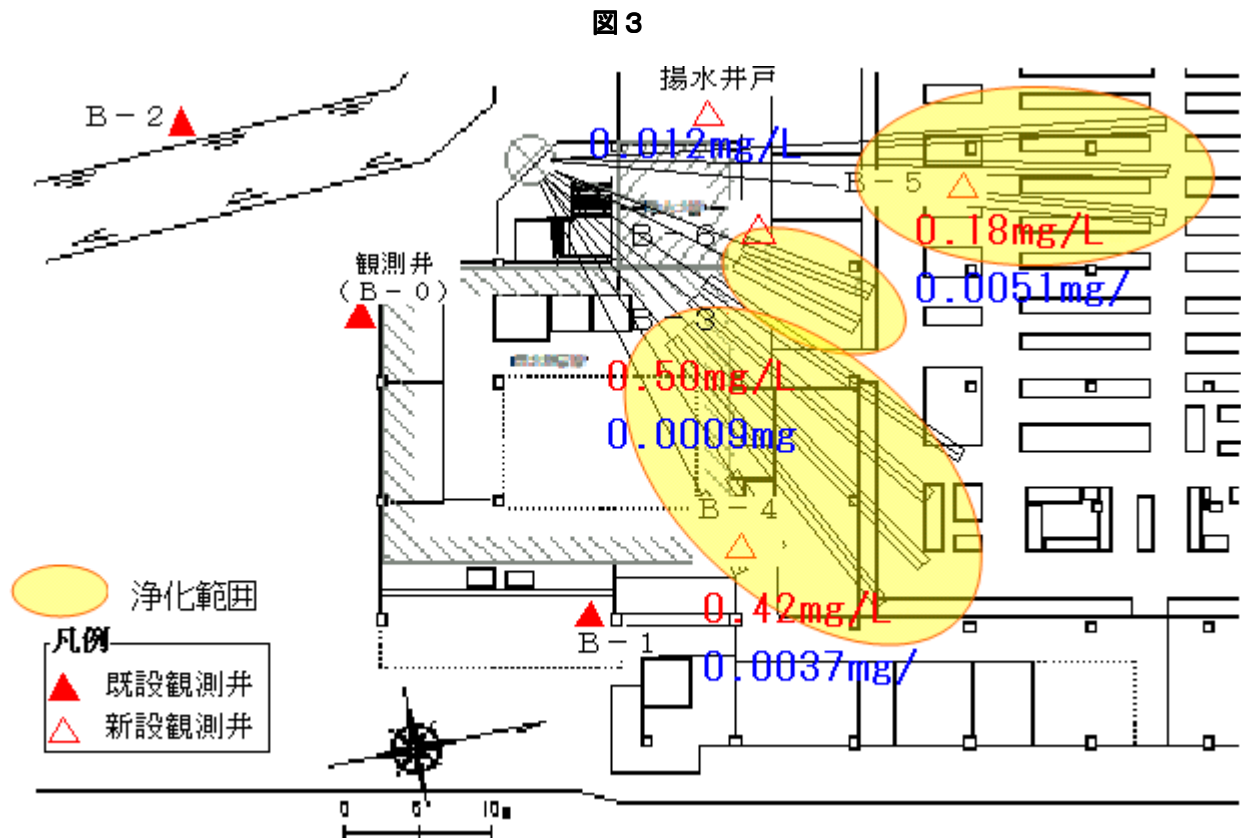
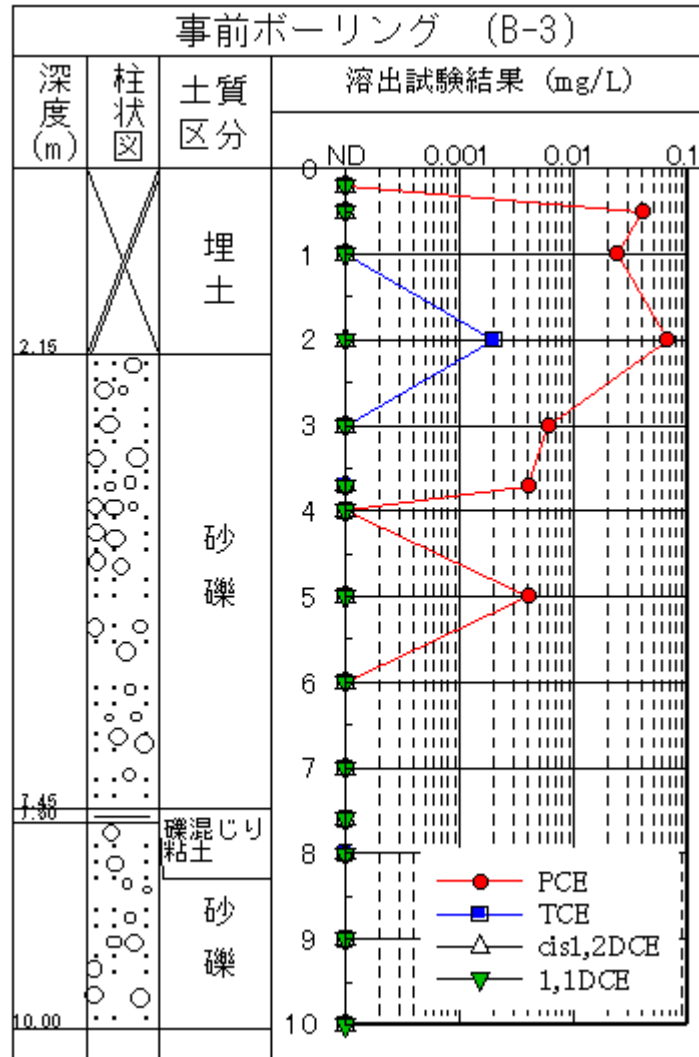


図 4



4 浄化対策実施内容

構造物下を対象とした「斜めボーリングによる浄化剤(鉄粉)注入による原位置浄化対策」を3か所の汚染ポイントで実施した。

(1) 立坑設置

斜めボーリングを行うための立坑は、円形とし、径をφ3,500mm、深さをh=3.50mとした。立坑設置は、深礎工法により施行した。深礎工法は、50cmごとに、先行掘削し、土留壁として高さ50cmのライナープレートを設置してリングを形成しながら掘り下げる工法である。

(2) 水平井戸(斜めボーリング)設置

水平井戸は、11列×2段=22本設置した。図3に水平井戸位置を示す。

(3) 浄化剤配合

浄化剤：地盤材料の乾燥重量に対して10%

→ 鉄粉スラリーの濃度：10wt% + 増粘剤：0.4wt% (鉄粉保持性能を上げるため)

今回の施工では、予め計量した鉄粉と増粘剤をミキサー内へ投入する方法で配合した。水の供給に制限(10L/min程度)があったため、施工時間は12時間として、作業休止時間を水タンクに貯水し、5分間隔で1バッチ(20L/min、14,400L/日)の配合を実施した。

(4) 浄化剤注入

浄化剤は、6月25日から7月31日にかけて、同時に4本定量（V≒10.0L/min）注入を実施した。注入区間1mに対して、1ステップの設計量（2660L）の注入が完了したのを確認後、注入管を1m引き抜いて次ステップの注入を実施した。

5 施工結果

浄化効果確認のため、7か所の既設観測井でモニタリングを実施した。

各観測井の深度は、10mである。

地下水濃度は、浄化剤注入後、浄化剤注入箇所直近の観測井において顕著な水質変化が現れている。浄化剤注入により、pHが6.5程度から7.2に上昇するとともに、溶存酸素濃度も注入直後から4mg/Lが0.5mg/Lとなり、酸化還元電位も350mVから-200mVまで低下するなど、還元雰囲気形成されていることがわかった。

各観測井地下水調査結果は、表1に示すとおりである。

表1 観測井の地下水調査結果

(単位：mg/L)

	▲既設井 (B-0)			▲B-1			▲B-2			△B-3		
	PCE	TCE	cis1,2 DCE	PCE	TCE	cis1,2 DCE	PCE	TCE	cis1,2 DCE	PCE	TCE	cis1,2 DCE
H15. 10. 31	1.1000	0.0060	0.0050	—	—	—	—	—	—	0.500	0.016	0.012
H16. 01. 24	1.1000	0.0060	0.0050	0.0210	0.0020	0.0020	0.0820	0.0010	0.0010	0.340	0.005	0.006
H16. 05. 22	0.3180	0.0090	0.0270	0.0470	0.0180	0.0280	0.0300	0.0040	0.0001	0.120	0.020	0.032
H16. 06. 01	0.4100	0.0100	0.0430	0.0570	0.0270	0.0550	0.0420	0.0040	0.0007	0.150	0.029	0.052
H16. 07. 01	0.1700	0.0070	0.0330	0.0500	0.0040	0.0060	0.0140	0.0020	0.0020	0.0038	0.0030	0.0270
H16. 07. 16	0.7000	0.0710	0.6500	0.2000	0.0370	0.0500	0.0490	0.0080	0.0200	0.0009	0.0020	0.1200
H16. 07. 30	0.0200	0.0050	0.0470	0.0180	0.1300	0.2900	0.0030	0.0040	0.0050	0.0009	0.0009	0.0090
H16. 08. 12	0.0870	0.0030	0.0170	0.0028	0.0002	0.1700	0.0010	0.0020	0.0040	0.0005	0.0020	0.0050

	△B-4			△B-5			△B-6		
	PCE	TCE	cis1,2 DCE	PCE	TCE	cis1,2 DCE	PCE	TCE	cis1,2 DCE
H15. 10. 31	0.4200	0.0510	0.0180	0.1800	0.0070	0.0020	—	—	—
H16. 01. 24	0.2700	0.0240	0.0240	0.0370	0.0020	0.0030	—	—	—
H16. 06. 01	0.3000	0.0420	0.0770	0.0860	0.0170	0.0330	0.0280	0.0150	0.0780
H16. 07. 01	1.1000	0.0450	0.0640	0.1900	0.0100	0.0040	0.0120	0.0060	0.0450
H16. 07. 16	0.3600	0.4500	0.1400	0.0021	0.0100	0.1100	0.0039	0.0030	0.0350
H16. 07. 30	0.0037	0.0060	0.5500	0.0051	0.0040	0.1000	0.0018	0.0020	0.0580
H16. 08. 12	0.0023	0.0020	1.3000	0.0018	0.0020	0.0440	0.0005	0.0020	0.0420
H16. 09. 16	0.0010	0.0030	0.0650	—	—	—	—	—	—

※ 浄化剤注入後 地下水基準超過

浄化剤注入箇所直近の観測井戸（B-3、B-4、B-5、B-6）では注入後PCE濃度が低下し、cis-1, 2-DCE濃度が上昇していた。これは、浄化領域内においてPCEが分解し、その中間生成物としてTCE、cis-1, 2-DCEが生成していると考えられる。特にB-4井戸では8月12日の測定では1.30mg/L（地下水基準値の40倍）までになっている。その後、9月16日の測定では、cis-1, 2-DCE濃度は0.065mg/L（地下水基準値の1.6倍）まで低下したことを確認した。PCE、TCEについては、ほぼ定量下限値以下まで低下した。

浄化剤注入箇所下流側の観測井戸（B-0、B-1、B-2）においても、PCE濃度は低下傾向が認められ

る。B-1、B-2については地下水基準値以下になった。B-0については地下水基準の2倍程度の値ではあるものの、当初濃度の10倍以下に低下している。これらの井戸でも一時的にcis-1,2-DCE濃度が上昇する傾向があるが、その後の低下が確認できる。

図5、6に観測井B-0、B-4の地下水調査結果の変化を示す。

図5

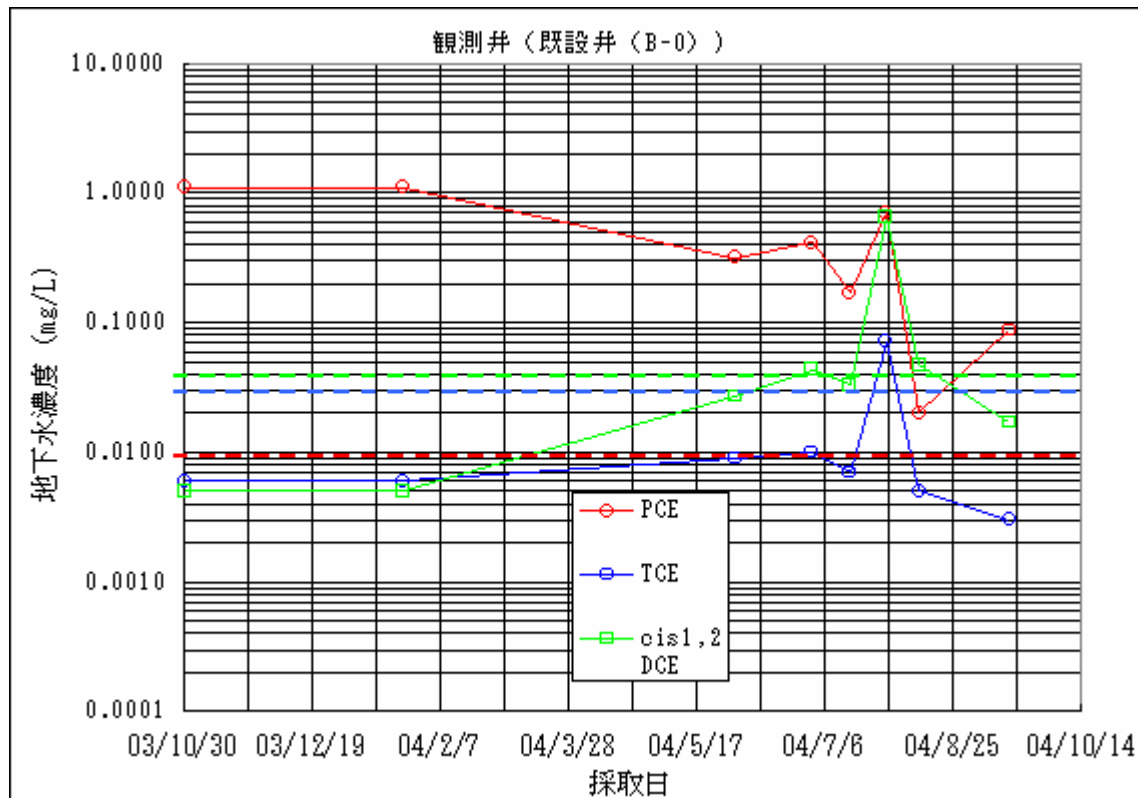
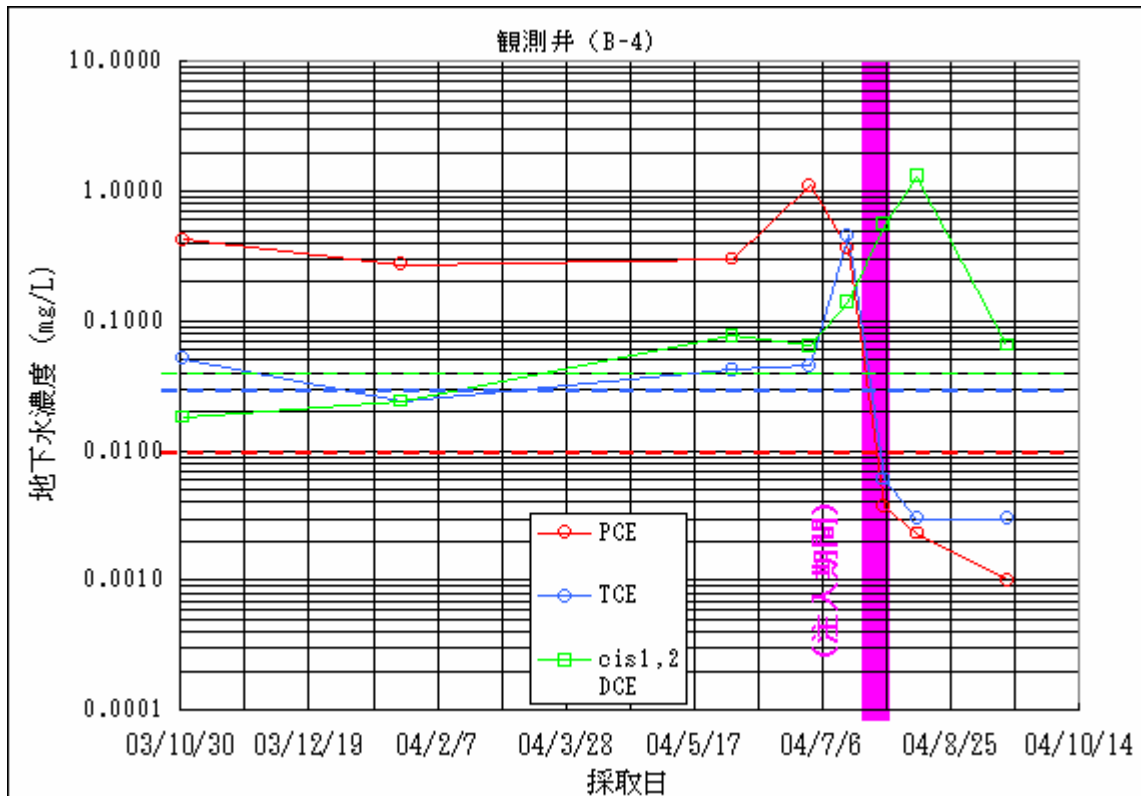


図 6



6 今後の課題

以上のように、旧皮革製造所跡地の浄化対策は良好な結果が得られており、南部地区の汚染源については、平成15年度までに浄化を実施した旧クリーニング所跡地と併せて一応の汚染源浄化対策が行われたことになる。

しかしながら、南部地区の汚染エリアは、3.51km²（南北4.5km、東西3km）と広範囲に及んでおり、全ての井戸が浄化された訳ではないので、今後もモニタリングを継続し、PCE濃度及び今回の浄化剤（鉄粉）注入によりPCEの分解過程で生成するcis-1,2-DCE等の分解生成物の状況を把握していく必要がある。

今後の課題としては、地下水の流向・流速を調査し、モニタリング結果と合わせて、浄化終了時期のシミュレーションを行い、市民に浄化後の効果をアピールしていくことも重要である。

また、今回は、地下水以深の浄化であるため、地下水以浅の土壌に付着している微量のPCEについては、将来建物の解体等土地の改変を行う場合に再度汚染調査を行い、必要に応じ、対策を実施する必要がある。

技術評価

(1) 技術の有効性

本技術は、砂礫地盤・砂質地盤のような空隙率の高い地盤におけるVOC地下水濃度、土壌溶出濃度の低減に有効である。

(2) 技術の経済性

工費自体は、従来の鉛直井戸による浄化剤注入工と大きく変わらないが、既設構造物での営業活動の保証等を考慮すると、本技術のトータルコストは低い。

(3) 周辺環境への負荷

騒音は、玉石に遭遇した場合にのみ打撃音を生じる。振動は小さく、悪臭、粉塵は発生しない。排土量は、既往のボーリング掘削と同程度である。

(4) 技術の実用性

これまで、浄化工の適用が困難であった既設構造物直下のVOC汚染地盤に対して適用可能であることから、広く普及可能と考えられる。

(5) 技術の簡便性

狭隘な敷地で、所定深度に達するためのバックヤードが確保できない場合には、立坑が必要となる。浄化剤の注入完了後、一切の設備が不要となる点においては、簡便な浄化工法といえる。

(6) 総合的評価

既設構造物直下における砂礫土・砂質土のVOC汚染地盤を対象とした本技術は、有効性・実用性ともに優れていると判断される。

なお、今後の課題として、分解生成物の長期的な挙動把握が必要である。