

## 南部地区汚染源(クリーニング所跡地(加納栄町地内))対策について

本市では、平成１２年度からテトラクロロエチレン等使用事業所周辺の地下水汚染について再調査を行った。その結果、旧加納栄町地区と堀田地区の汚染が拡大していることが判明したため、これらを併せて新たに南部地区と改称し、浄化対策を実施することとした。

当該汚染地区の汚染源は、テトラクロロエチレンを使用していた２事業所（廃止済み）であると推測された。このうち、加納栄町地内の旧クリーニング所跡地の土地所有者の協力を得て、平成１３年度８月から１０月にかけて汚染源確定調査を行ったところ、当該地が汚染していることが確認された。この調査結果から浄化方法を検討し、１４年２月から１５年３月にかけて、浄化対策を実施した。

備考：汚染物質の分析は、テトラクロロエチレンを含む４物質について行ったが、当該対象地の汚染物質がテトラクロロエチレンであることから、本稿はテトラクロロエチレンに言及してまとめた。

## 汚染源確定調査

### １ 調査概要

#### (１) 目的

南部地区のテトラクロロエチレン等による地下水汚染は、昭和４１～６３年まで営業していた旧クリーニング所跡地が汚染源のひとつと推測されるため、確定調査を実施し、浄化対策を検討する。

#### (２) 対象地

加納栄町通４丁目地内の旧クリーニング所跡地

当該地は、既設建物（旧クリーニング所が使用していた）が存在するため、建物内で調査を実施した。

#### (３) 調査内容

ア 調査方法：土壌ガス調査（中感度法）、ボーリング調査

イ 調査期間：平成１３年８月２０日～平成１３年１０月３１日

ウ 委託先：株式会社日さく 岐阜営業所 岐阜市錦町６丁目４０番の１

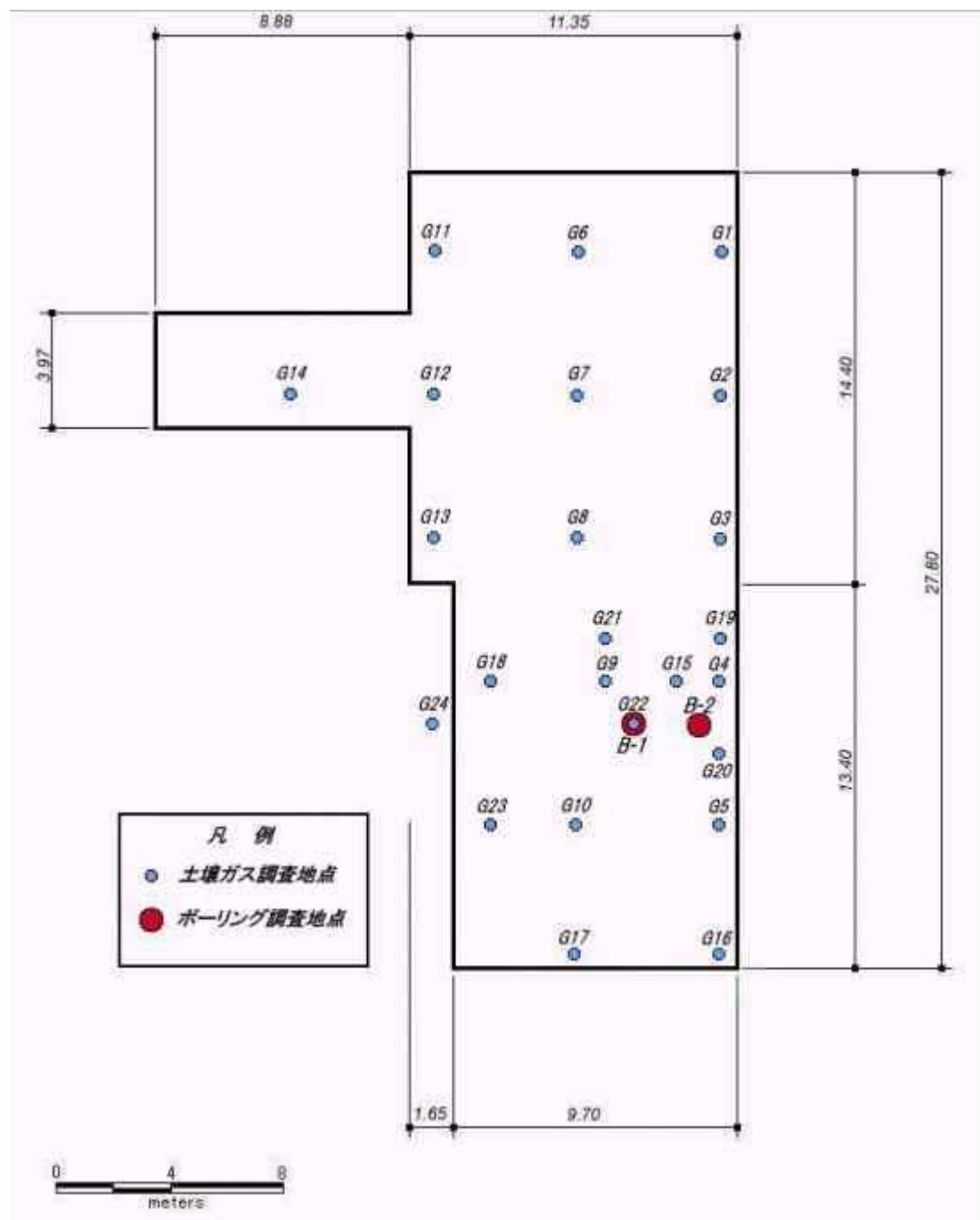
## ２ 調査結果

### (１) 土壌ガス調査結果

調査は、原則として約５ｍ間隔で行い、全域の測定が終了した段階で、特に濃度の高かった地点は２～３ｍ間隔で測定した。合計２４地点で実施した。

調査対象は、トリクロロエチレン（以下「ＴＣＥ」という。）、テトラクロロエチレン（以下「ＰＣＥ」という。）、シス-1,2-ジクロロエチレン（以下「cis-1,2-DCE」という。）、1,1-ジクロロエチレン（以下「1,1-DCE」という。）の４物質で、 図１に測定地点を示す。

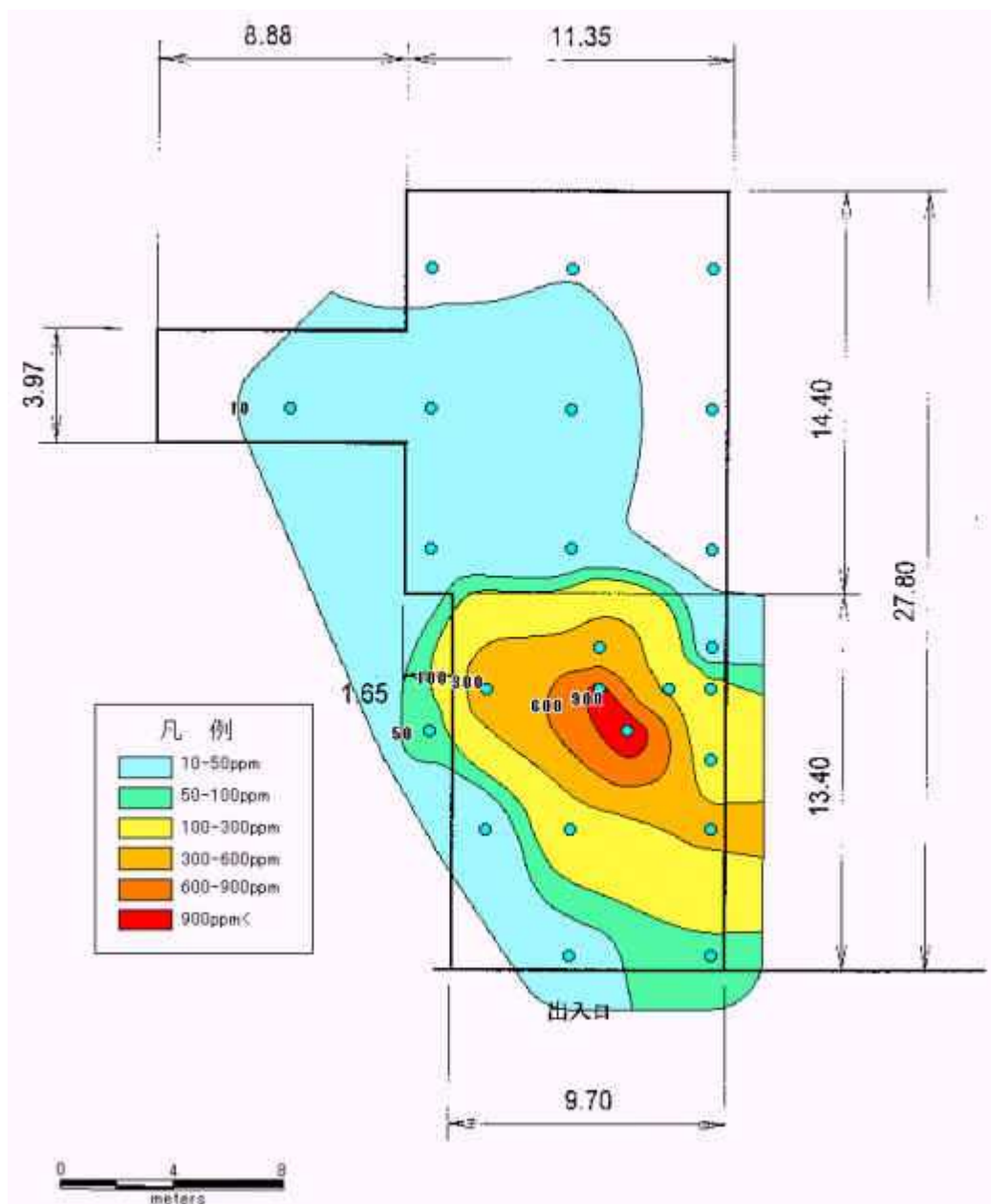
図 1. 測定地点



検出頻度が最も高かったのはPCEで、全地点で検出された。ついで、cis-1,2-DCE、TCE、1,1-DCEの順であった。

また、土壌ガス濃度が最も高かったのもPCEで、最高濃度は 998ppmであった。図2にPCEの土壌ガス濃度分布を示す。

图 2



## (2) ボーリング調査結果

ボーリング調査は、土壌ガス調査で最も高濃度のPCEが検出された No. 22 地点で 18.5m (B-1)、No. 22 地点から地下水流向下流側に 3 mの地点で 7.5m (B-2) の 2 本掘削した。ボーリングの結果は、次のとおりで、ボーリング位置は、図 1 に示す。

|     |   |        |           |
|-----|---|--------|-----------|
| 地表  | ～ | 2.0m付近 | ビル建設時の埋め土 |
| 2.0 | ～ | 7.3m   | 玉石混じりの砂礫  |
| 7.3 | ～ | 7.8m   | 微細砂       |
| 7.8 | ～ | 8.6m   | 玉石混じりの砂礫  |
| 8.6 | ～ | 9.3m   | 粘土混じりの微細砂 |
| 9.3 | ～ |        | 玉石混じりの砂礫  |

B-1 地点の表層は、深度 0.2mまでコンクリートで、以深はビル建設時の埋め土があり、深度 1.3mまで砂礫で所々巨礫を混入する。深度 1.3～1.8 mまで細砂であるが、非常にもろい。深度 1.8～2.0mまでは建物の基礎スラブで、その下深度 2.2 mまで切り込み砂利が敷かれていた。

コアは、深度 1.3m付近から異臭（PCEの原液臭）を放ち深度 7 m付近までは非常に強い臭いであった。B-2 地点では、1.0mまで粘土混じり砂礫で、それ以深はビルの基礎の一部と考えられるコンクリートが深度 2 mまで続いていた。

(注) 玉石混じりの砂礫：φ100mm 前後の玉石が全体に混入しており、砂は中砂主体で、礫はφ10～40mm ほどの円礫である。下部ほど非常に締まっている。

微細砂層：粒子が均一で、非常に細かく、深度 8.6m付近は粘土分が混在している。

## (3) 土壌分析結果

ボーリング調査で採取した土壌の溶出検査を行い、結果は、以下のとおりであった。

### ① B-1 (18.5m掘削)

高濃度で検出されている物質は、PCEで深度 8mまで 1mg/L 以上（土壌の環境基準は 0.01mg/L）の値で検出されており、深度 1～7 mまでは特に高濃度である。

深度 2.0～2.2mのコンクリート直下の切り込み砂利部分で、PCEの原液に近い状態が確認された。

PCE以外の物質は、TCEがPCEと同様に高濃度で検出され、cis-1,2-DCEはPCEと濃度分布が似ていた。また、1,1-DCEは全物質の中で最も低い値であった。

なお、B-1 は、深度 20mまで掘削し、観測井とする予定であったが、深度 2 m付近で原液に近い状態であることを確認したため、汚染が深部へ広がる恐れがあると判断し、掘削を 18.5mで打ち切り、調査後埋め戻した。

### ② B-2 (7.5m掘削)

全深度でPCEが検出され、最高濃度は深度 1.0mで、深度が増すごとに濃度が薄くなる傾向にあり、深度 6.3mでは環境基準以下であった。また、他の 3 物質は、一部検出されたがすべて環境基準以下であった。

調査終了後、B-2 を観測井仕上げとした。

## (4) 地下水分析結果

地下水分析は、B-1 を埋め戻したため、B-2（スクリーンの設置位置は深度 3.3～7.3m）で実施した。分析結果は、表 1 のとおりで、PCEが環境基準値の 1000 倍の 10mg/L であった。

表 1 地下水分析結果

単位 : mg/L

| 採水日   | TCE   | PCE  | cis-1,2-DCE | 1,1-DCE  |
|-------|-------|------|-------------|----------|
| 10月9日 | 0.080 | 10   | 0.019       | 0.002 未満 |
| 環境基準値 | 0.03  | 0.01 | 0.04        | 0.02     |

## (5) 周辺井戸構造調査結果

調査地周辺井戸の構造調査を行った。調査数は、42件で、全て密閉された構造をしており、直接井戸の深度や地下水位、スクリーン構造を調べることはできなかったが、聞き取り及び取水ポンプの能力から打ち込み井戸が多く、取水深度は概ね10m以浅の浅井戸であった。

調査範囲内で、PCEが0.1mg/Lを超える井戸が分布する区域の井戸17件中12件が環境基準値を超過しているが、すべて深度10m以下の浅井戸であり、深度30m以上の井戸はすべて検出されなかった。

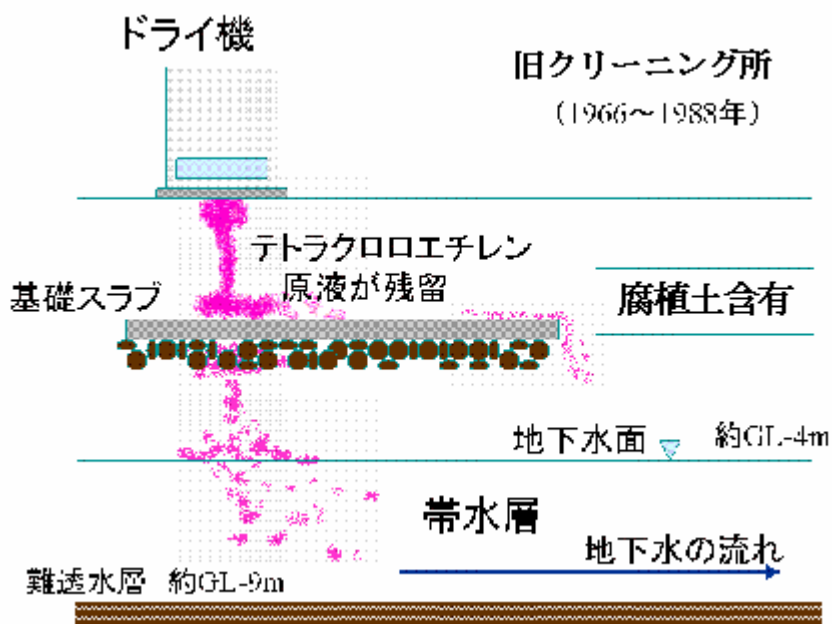
以上のことから、少なくとも調査地付近では、PCEによる汚染は深度10mより浅い帯水層のみである可能性が高いと判断される。

## (6) 汚染機構

土壌ガス調査及びボーリング調査の結果、最も高濃度の値を示した地点は、旧クリーニング所時代のPCE使用ドライ機を設置していた場所あたりであった。当該ドライ機から漏出したPCEが表層から浸透し、基礎スラブの間に原液に近い状態で汚染塊として存在し、それが徐々に地下水に溶け出て、地下水の流れに沿って、南方向へ拡散していったと考えられる。

汚染機構を図3に示す。

図 3



## 浄化対策

### 1 目的

南部地区のテトラクロロエチレン（以下「PCE」という。）等による地下水汚染源のひとつであると確定された旧クリーニング所跡地において、汚染された土壌から当該物質を除去し、当該汚染地区の地下水への汚染負荷を低減する。

### 2 対象地

加納栄町通4丁目地内の旧クリーニング所跡地

当該地は、既設建物（旧クリーニング所が使用していた）が存在するため、建物内で浄化を実施した。

### 3 浄化方法の検討

浄化方法の検討は、岐阜大学工学部社会基盤工学科佐藤健助教授、岐阜大学流域圏科学研究センター篠田成郎助教授、岐阜薬科大学永瀬久光教授及び岐阜県保健環境研究所環境科学部寺尾宏専門研究員の各専門家を含めた「地下水汚染検討委員会\*」において行った。

確定調査の結果に基づく、汚染機構及び建物等汚染地の現況を考慮し、実際に行われている浄化方法について検討を加えた結果、土壌ガス吸引法とエアスパーキング法を併用することが最適な浄化法であるとの結論を得た。

\* 地下水汚染検討委員会

目的：汚染範囲の確定、調査方法、浄化対策等についての協議の場

構成：岐阜大学工学部助教授、岐阜薬科大学教授及び岐阜県保健環境研究所等の学識経験者他。

### 4 対策の概要

（１）浄化方法：汚染土壌のうち、帯水層より浅い部分は土壌ガス吸引法を適用し、帯水層以深は気化を促進するためエアスパーキング法を併用した。

（２）浄化目標：浄化の目標は、汚染土壌中に存在するPCEの量を95%以上除去することとした。

（３）実施期間：平成14年2月1日～平成15年3月31日

（４）委託先：大成建設株式会社 岐阜営業所 岐阜市金宝町2-8

### 5 対策機器設置

調査の結果、平面的には、図2のような濃度分布を示し、断面的には、図3のように汚染塊が存在すると判断された。

この結果から、深度5mの土壌ガス吸引孔13ヶ所（A-1～A-13）、深度8mエアスパーキング孔4ヶ所（S-1～S-4）を設けることとした。また、経過を観察するための深度5mの観測孔（観測井）を5ヶ所（B-2 及び K-1～K-4）設置した。

設置状況の断面図を図4に、平面図を図5に示す。

図 4

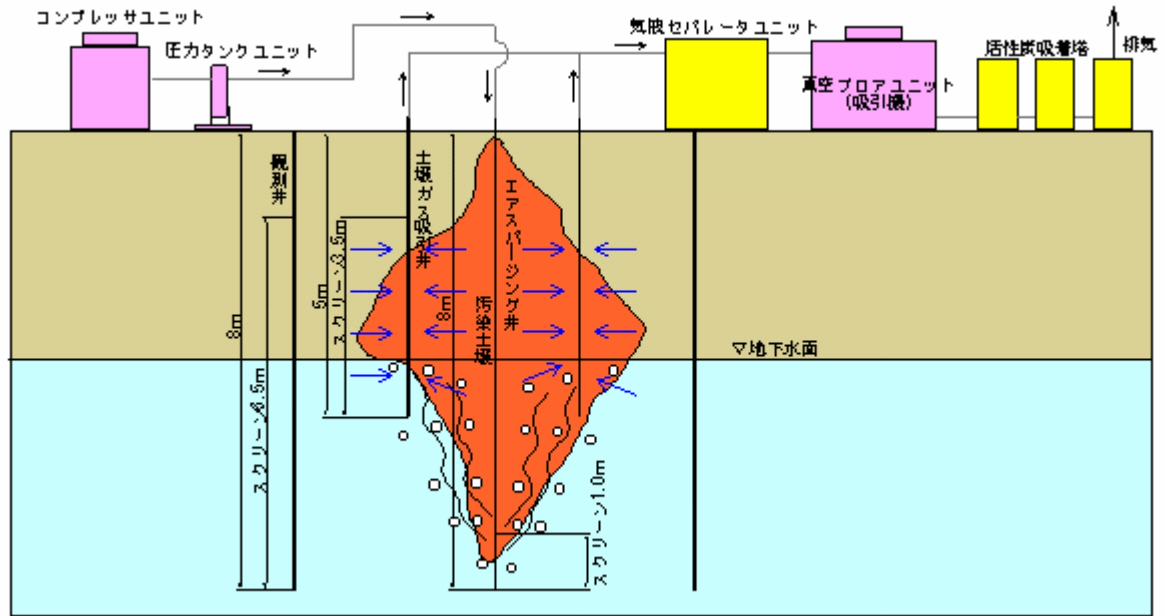
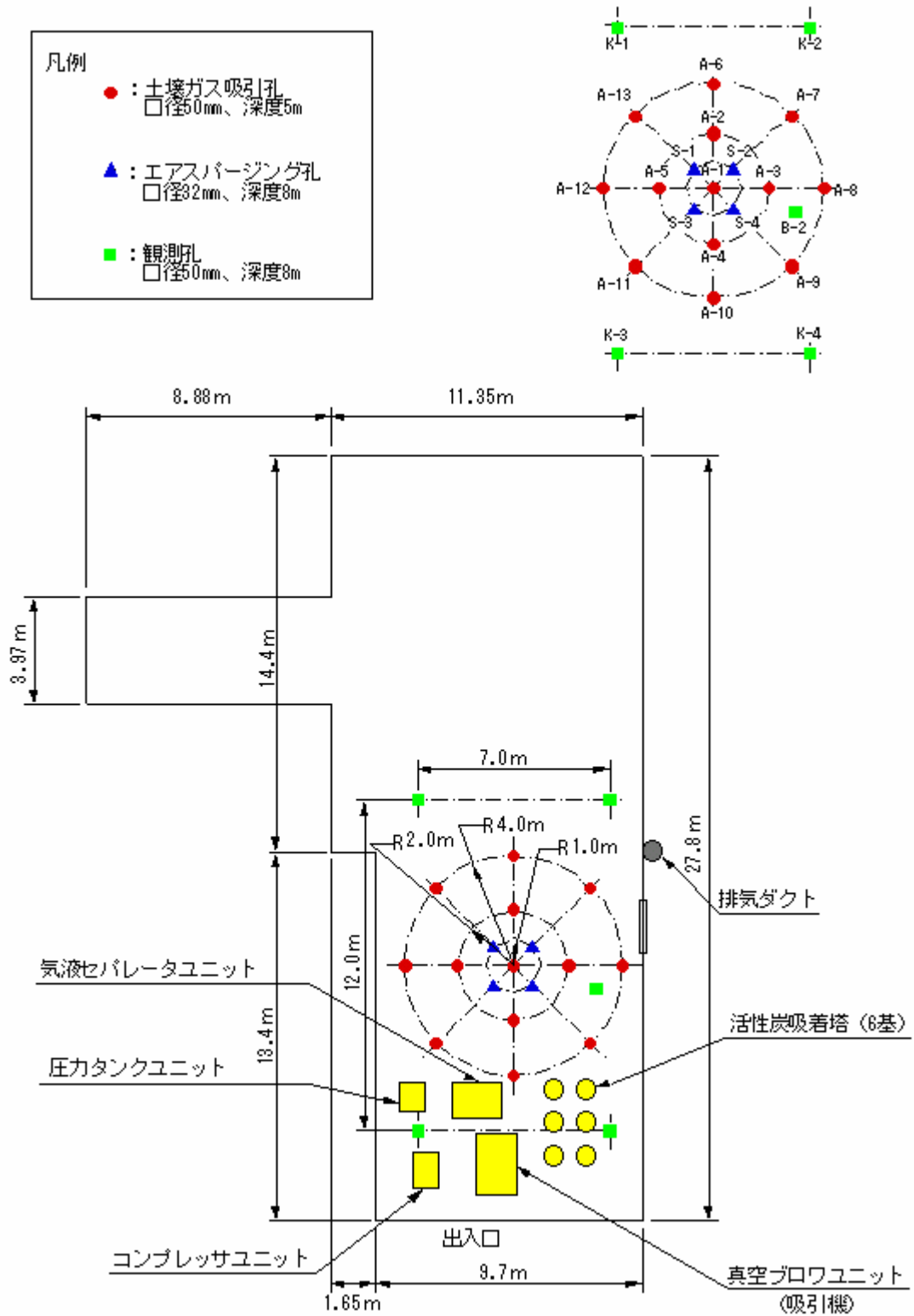


図 5





## 6 浄化措置

浄化を実施するにあたり、進捗状況及びエアスパージングによる拡散を防止するため、ガス吸引孔（A-1～A-13）でガス濃度を、また、観測井（A-1、B-2、K-1～4）で水質濃度を定期的にモニタリングし、効果的な運転に努めた。

浄化装置の運転は、当初ガス吸引のみを行いガス濃度が十分下がったところで、帯水層以深のPCEを除去するため、エアスパージングを開始した。

ガス吸引及びエアスパージングは、ガス濃度を勘案し途中から絞り込み運転を行った。

吸引ガス濃度の平均経時変化及びガス吸引孔（A-1～A-13）のガス濃度の変化は、図6、7、8のとおりで著しく減少していることがわかる。

図6

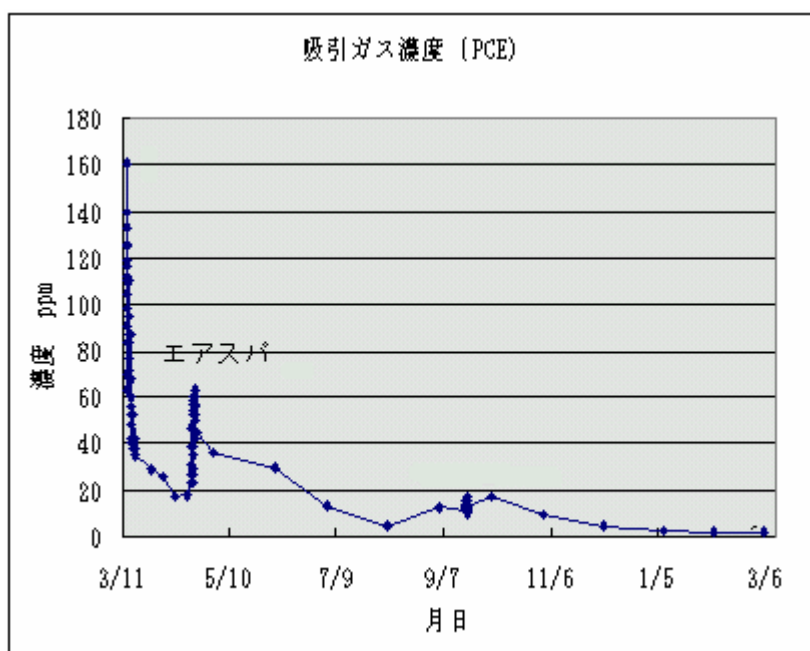


図7

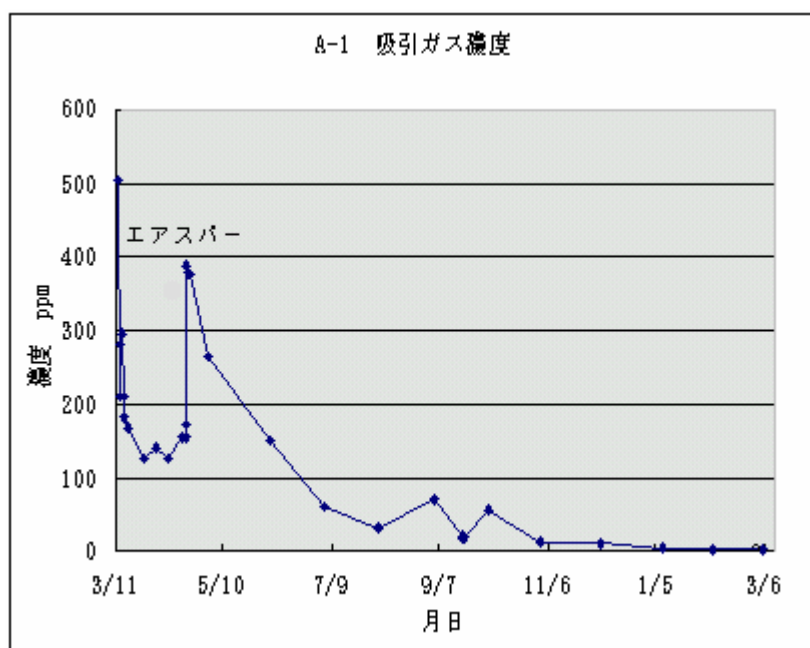
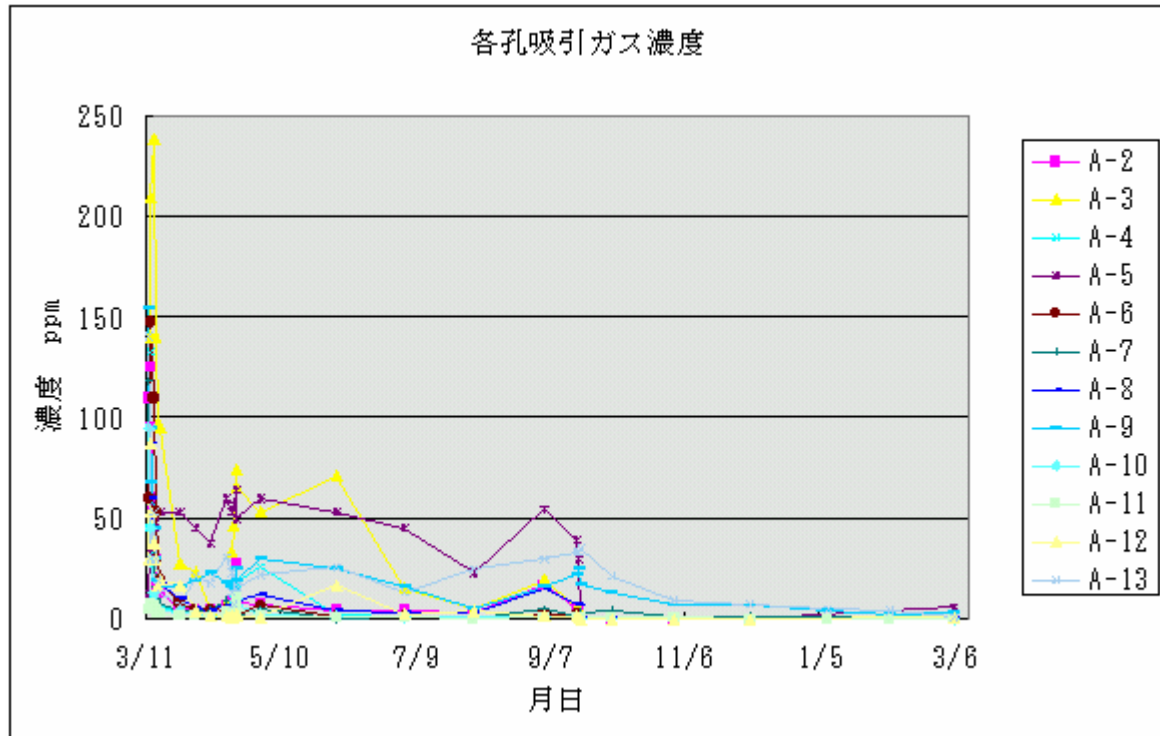
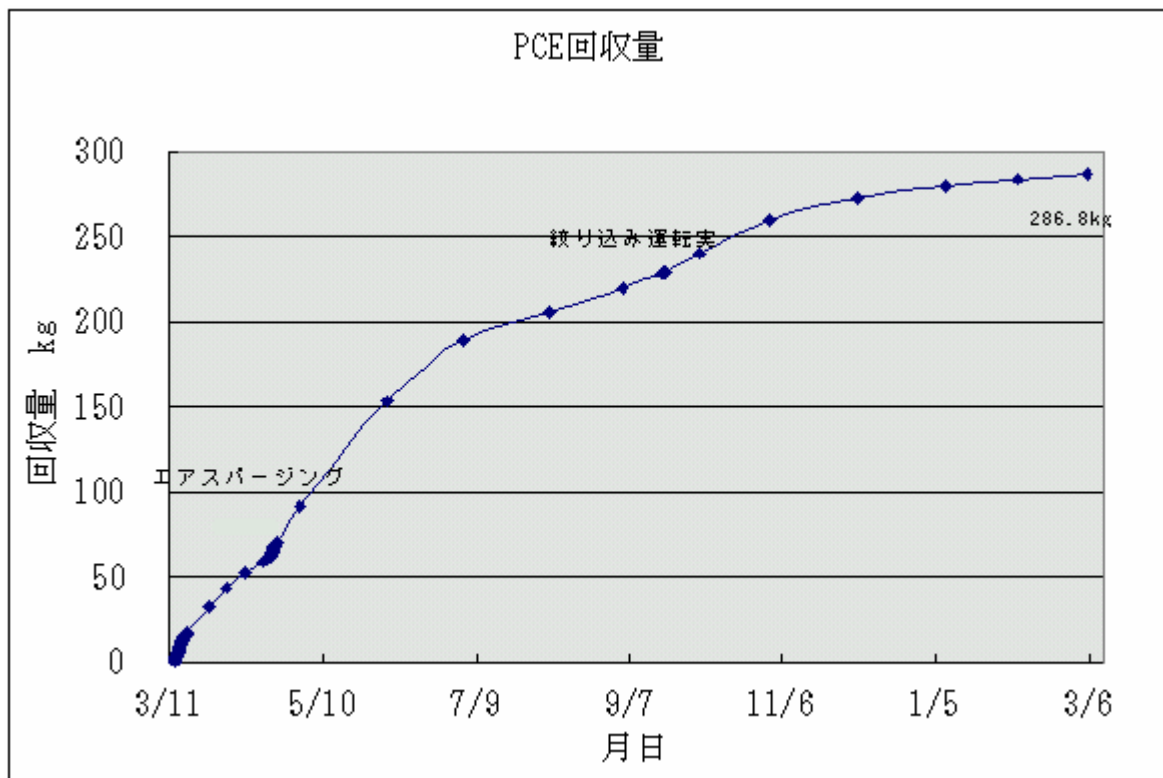


図 8



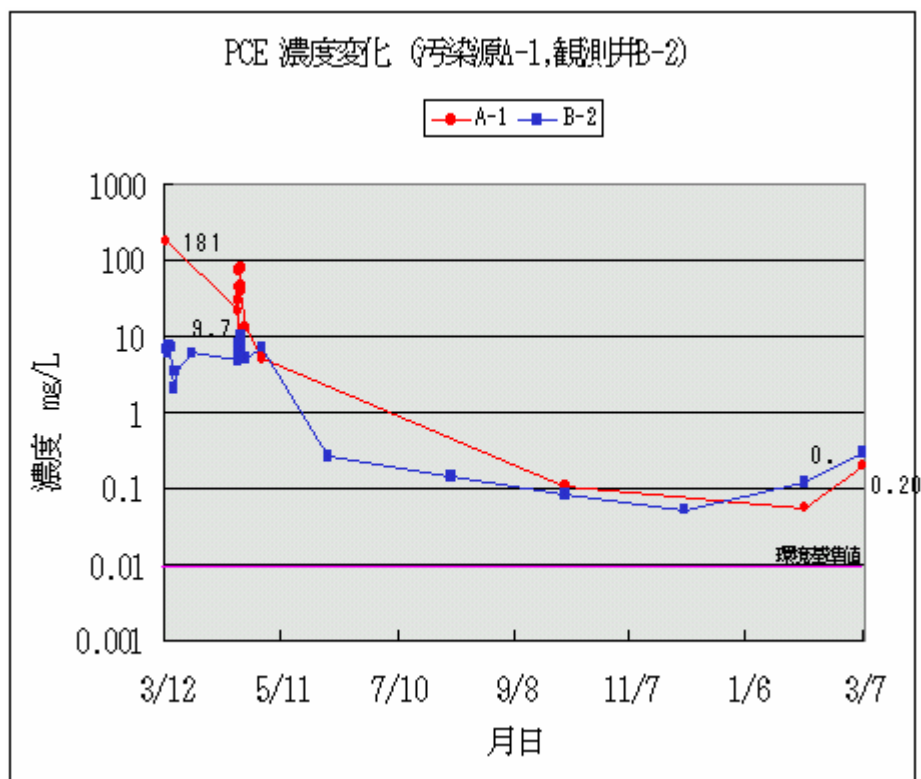
吸引ガス濃度から算出したPCEの回収量経時変化は、図9のとおりで、最終的な回収量は 286.8kgであった。

図 9

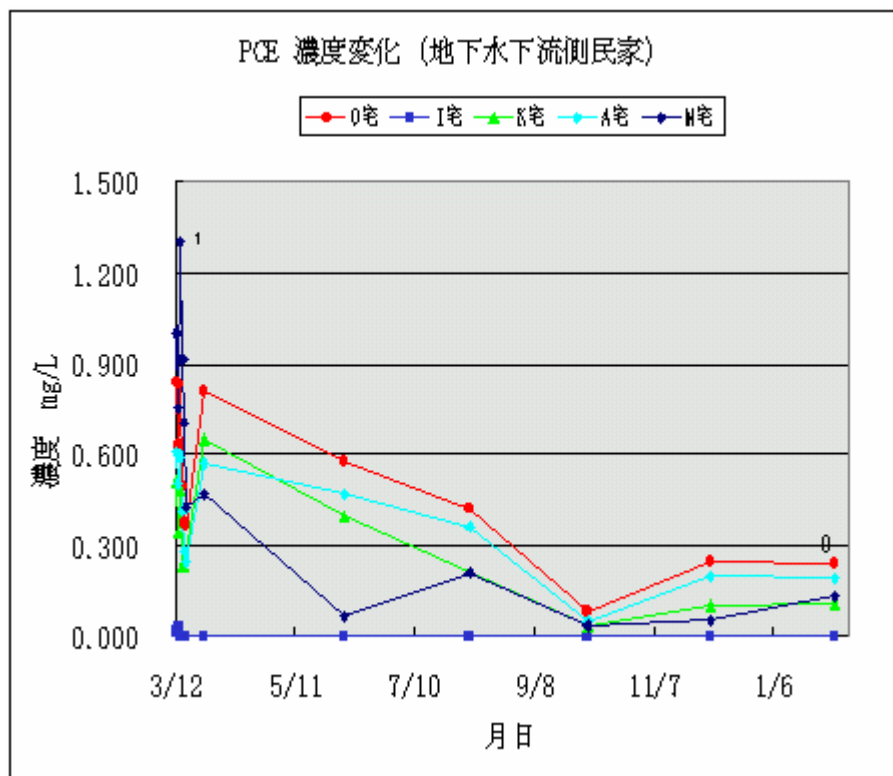


一方、水質の濃度変化も、**図 1 0** 及び **図 1 1** に示すとおり、観測井 A-1、B-2 及び地下水流向の下流に当たる民家 5 軒の井戸においても、環境基準を超えているものの同様に減少していた。

**図 1 0**



**図 1 1**

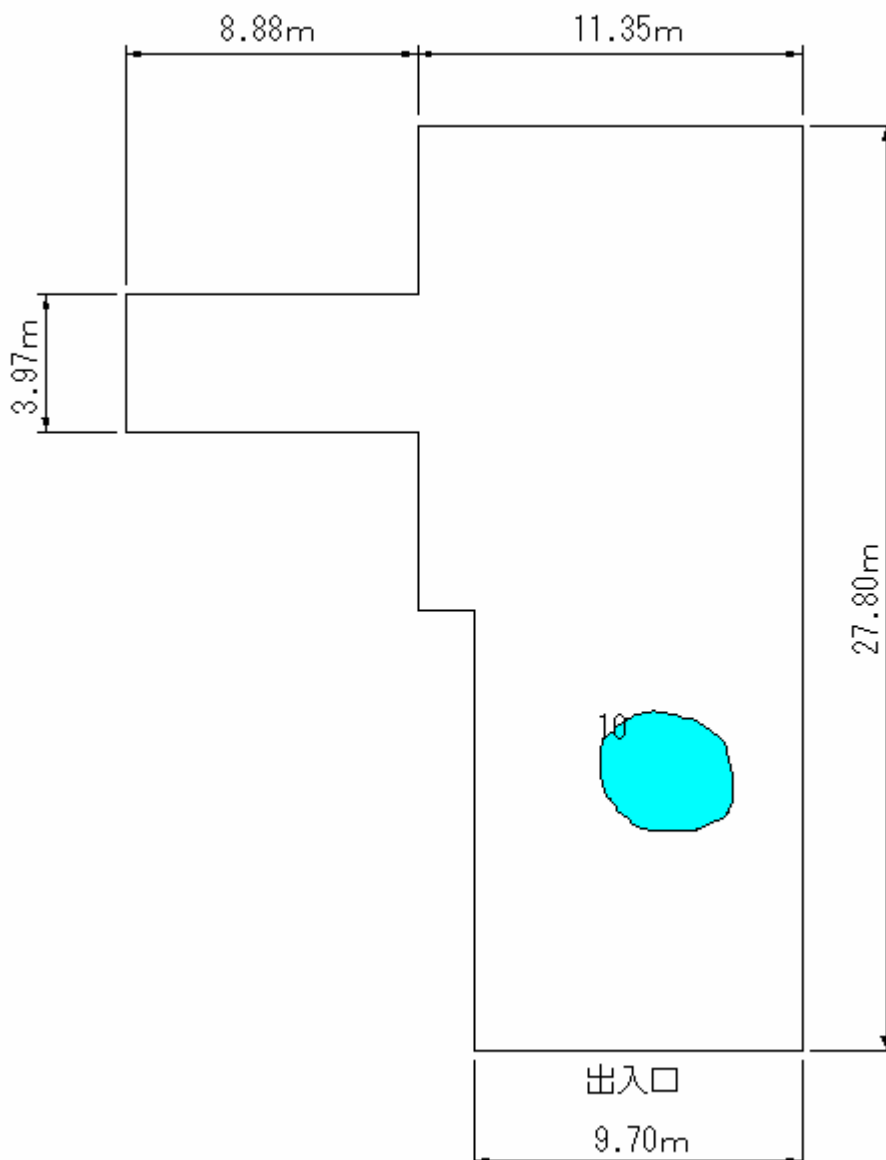


## 7 事後調査

浄化対策終了後の、土壌の状況を把握して、除去効果を評価するため、事前調査と同地点で事後ガス調査を行い、ボーリング孔（A-1, A-3, S-4）の直近3ヶ所（C-1～3）で、事後のボーリング調査を実施した。

ガス調査の結果は、**図12**のとおり、事前調査結果（**図2参照**）と比較して、汚染範囲及び濃度ともに著しく減少しており、浄化対策の効果が現れていることが確認できる。

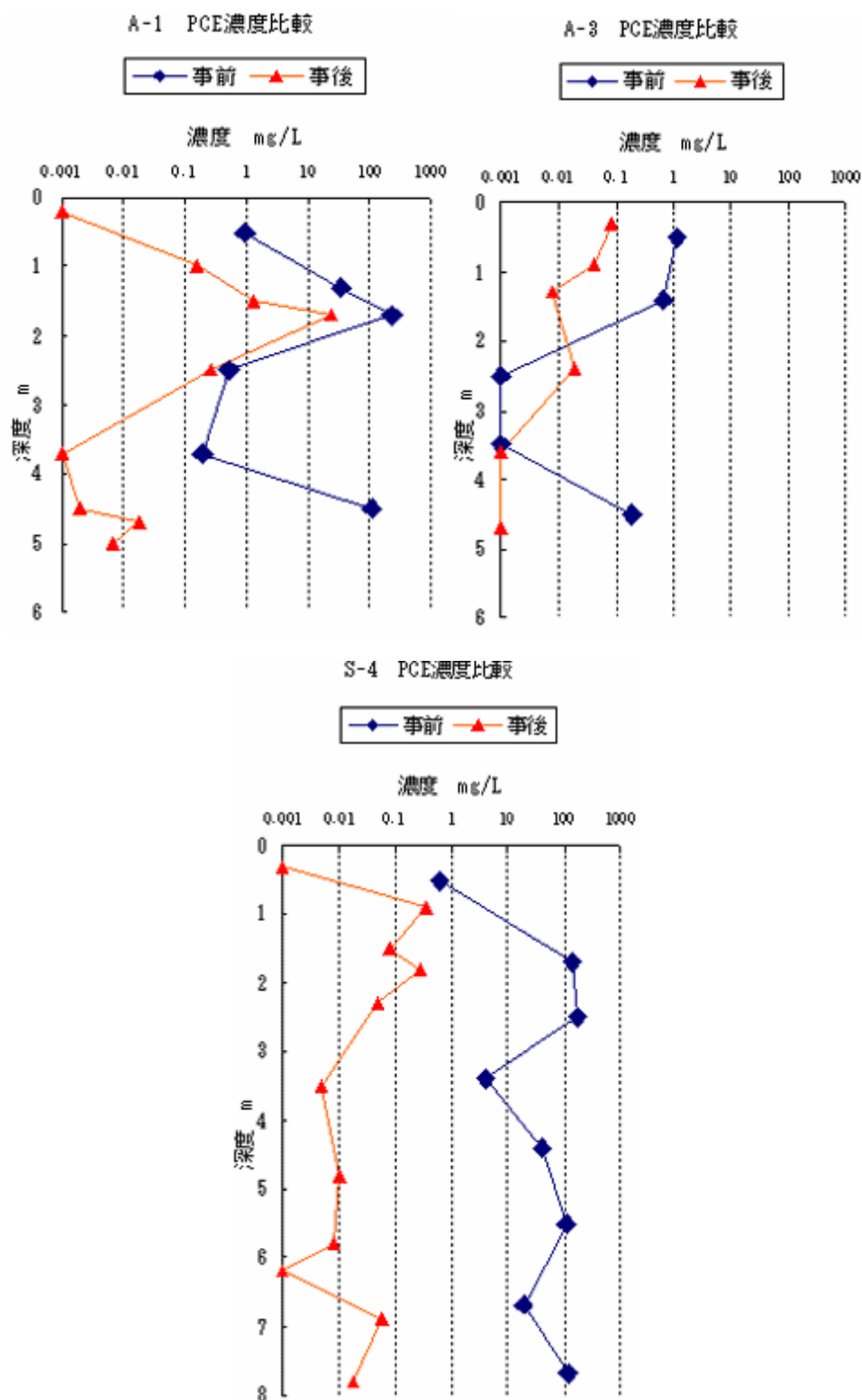
図12



ボーリング調査による溶出量および含有量の結果は、両結果ともに、PCE濃度は大きく減少しているが、A-1のGL-1.7mで溶出量23mg/L、含有量84.7mg/kgと高い値を示していた。

これは、GL-1.7m付近に存在する腐植土に吸着しているため、局部的に残留していると考えられる。ボーリング調査前後の溶出量濃度の比較を**図13**に示す。

圖 1 3



### (1) 汚染物質の算出方法

①対象範囲は事前調査のガス濃度分布（図2参照）で得られた 300ppm 以上の範囲とする。（約 43.6 m<sup>2</sup>）

②濃度は全物質の総計とする。

③深度 1 m 毎に 3 ヶ所の調査結果で得られた値の平均値を、その深度の濃度とする。

④5～8mまでは、1ヶ所のみ調査であるため、その濃度を対象範囲全体の濃度とする。

以上の条件で算出した対策前の汚染物質量を表 2 に、対策後の汚染物質量を表 3 に示す。

|                    |              |                                               |                  |
|--------------------|--------------|-----------------------------------------------|------------------|
| ①対策前汚染物質量          | 2 2 3 . 7 kg | ・ ・ ・                                         | 表 2 の計           |
| ②対策後汚染物質量          | 1 . 2 kg     | ・ ・ ・                                         | 表 3 の計           |
| ③対策による減少量          | 2 2 2 . 5 kg | ・ ・ ・                                         | ①－②              |
| ④実質回収量             | 2 8 6 . 8 kg | ・ ・ ・                                         | ( 6 浄化措置の項を参照)   |
| ⑤実質回収量と対策による減少量の比率 | 1 . 2 9      |                                               |                  |
| ⑥対策前汚染物質量          | 2 2 3 . 7 kg | $\times 1 . 2 9 =$                            | 2 8 8 . 6 kg ・ ・ |
| ⑦対策後汚染物質量          | 1 . 2 kg     | $\times 1 . 2 9 =$                            | 1 . 5 kg ・ ・     |
| ⑧回収率               | 2 8 6 . 8 kg | $\div 2 8 8 . 6 \text{ kg} \times 1 0 0 \div$ | 9 9 \% ・ ・       |

土の比重を 1.8 として算出

[illegible]

土の比重を 1.8 として算出

[illegible]

## 9 対策結果及び今後の方針

浄化対策を実施した中心付近は、事後調査の溶出試験において環境基準に適合していなかった。これは、いずれも腐植土を含有し、かつ、対策前に原液に近い状態の物質を含んでいた GL1.0～2.0m部分であった。

腐植土を含む部分は、透気性が低い上、そこに含まれる有機物によりテトラクロロエチレン等の揮発性有機化合物が吸着されるため、浄化効率は非常に悪く、これ以上浄化を続けても高い効果は期待できない。

一方、腐植土（1～2m）以深の砂礫層におけるPCEの溶出濃度は、1ヶ所で環境基準をわずかに超えているものの、その他はすべて環境基準に適合しており著しく減少している。

したがって、現在残留しているテトラクロロエチレンは、透気性の低い部分に微小な原液又は有機物に吸着した形態で存在しており、ほとんど動かない汚染部であると考えられる。また、腐植土を含んでいる部分は、帯水層より上部にあり、かつ、汚染土壌が建物内にあることから、雨水等の浸透により地下水へ溶出するリスクもほとんどないと判断され（図14参照）、当初の目標を達成したと考えられる。

以上のことから、今後は、次の対策を実施することとした。

- (1) 建物を改築する際に汚染部分が残存している場合は、腐植土を含む表層土を処分又は浄化する。
- (2) 物理的浄化は難しいため、観測井でのモニタリングにより、自然浄化を見守っていく。

図 1 4

