

福岡市における有機塩素化合物による地下水汚染について

中牟田啓子¹・小林登茂子¹・江崎 光洋²
松原 英隆¹・小西 一美³・宮原正太郎⁴

Groundwater Pollution by Chlorinated Hydrocarbons in Fukuoka City

Keiko NAKAMUTA, Tomoko KOBAYASHI, Mitsuhiro ESAKI,
Hidetaka MATSUBARA, Kazumi KONISHI and Shotaro MIYAHARA

近年、有機塩素化合物による地下水汚染が全国的に問題となっているが^{1, 2)}、本市においても、テトラクロロエチレン（以下PCE）による地下水汚染が問題となった。この汚染地区について、住民の健康被害防止及び原因究明のために、地下水の実態調査、汚染地域の水理・地質調査、土壌ガス調査及びボーリング調査等をおこなった。その結果、汚染原因は、PCEを使用していたクリーニング所であり、PCEは主にスラッジ置き場周辺及びドライクリーニング機械周辺から地下に浸透したことが判明した。

Key words : 地下水汚染 Groundwater Pollution, テトラクロロエチレン Tetrachloroethylene, 福岡市 Fukuoka City, クリーニング所 Laundry

I はじめに

本市では、昭和57年に環境庁が実施した地下水実態調査に引き続き、トリクロロエチレン等の地下水調査を実施している。

昭和63年8月、市内のクリーニング所井戸水の実態調査を実施したところ、あるクリーニング所の井戸から、暫定的な水質基準（0.01 mg/l）（以下「暫定水質基準」という。）を大きく越える23 mg/lのPCEが検出された。そこで、このクリーニング所の周辺調査を実施したところ、19井戸中7井戸が暫定水質基準を超過していた。この調査において、クリーニング所の周辺には、上水道がなく井戸水のみを使用している世帯（この井戸を以下「飲用専用井戸」という。）が、かなりあることが判明したので、これらの井戸についても調査を行ったところ、61井戸中14井戸が暫定水質基準を超過していた。このとき、暫定水質基準を超過した井戸を所有者に対しては、保健所より上水道への切り替え及び十分煮沸して飲用に

供する等の飲用指導を行った。

平成元年10月に水質汚濁防止法が改正され、平成2年12月、全国の地下水調査結果が公表されると、住民の地下水汚染への関心が非常に高くなったことに伴い、本市では、更に詳細な地下水調査を実施する事とした。

II 調査の概要

1 調査目的

地下水汚染の状況をより詳細に把握する事により、以下のことを目的として調査を実施した。

- 1) 住民の健康被害防止を図る。
- 2) 汚染機構を解明し、汚染原因を究明する。
- 3) 汚染範囲の拡大防止及び地下水浄化対策の検討資料とする。

2 調査内容

調査は、まず住民の健康被害防止の観点から、平成2年12月、汚染地区の井戸の利用状況調査及び飲用井戸のPCE濃度の測定を行い、その後、地質調査及び地下水位の調査を行った。また、平成3年2月、汚染原因を究明するために、PCE使用事業場の調査及び汚染地域の土壌ガス調査を行った。

平成3年10月、事業場の移転に伴い事業場跡敷地内の土壌ガス調査を実施し、平成3年11月から平成4年3月に敷地内のボーリング調査を行った。

1. 福岡市衛生局衛生試験所理化学課
2. 福岡市衛生局衛生試験所理化学課
(現所属 福岡市環境局環境保全部大気課)
3. 福岡市環境局環境保全部水質騒音課
(現所属 福岡北九州高速道路公社)
4. 福岡市環境局環境保全部水質騒音課

表1 調査内容

| 区分 | 調査項目 | 調査内容 | 摘要 |
|----------|-----------------------|---|---------------------------|
| 地下水の実態調査 | 井戸水の利用状況調査 | 汚染地区及びその周辺を対象に、井戸の有無、使用状況等を調査 | 調査世帯 996 世帯 |
| | PCE汚染状況調査 イオン等分析調査 | 飲用井戸を中心に、井戸水中のPCE濃度を調査 各種イオン等についてクラスター分析等を行うことにより、汚染帯水層を推定 | 調査井戸 185 井戸 調査井戸 12 井戸 |
| 水理地質調査 | 汚染地域の地質調査 | 汚染地域周辺の地質柱状図の収集解析より汚染地域の地質断面図を作成する | 既存地質柱状図 13 件 |
| | 地下水の流向調査 | 既存の地下水位データの収集・井側井戸の地下水位測定により地下水の流向を調査 | 調査地点 17 地点 |
| 土壌ガス調査 | 汚染地域の土壌ガス調査 | 汚染地域のPCE土壌ガスを検知管法で調査 | 調査地点 40 地点 |
| | 事業場内の土壌ガス調査 | 事業場跡敷地内のPCE土壌ガスを検知管法及びn-hex法で調査 | 調査地点 146 地点 |
| ボーリング調査 | 事業場内の地質調査 | オールコアボーリングによる地質調査 | ボーリング 5 本 |
| | 地下水の流速調査 | 現場透水試験(回復法)による透水係数の測定 | 測定地点 3 地点 |
| | 土壌中のPCE濃度調査 | オールコアボーリングによりサンプリングした土壌中のPCE含有量の調査 | 調査検体数 116 件 |
| 事業場調査 | PCE使用事業所調査 | 現在又は過去におけるPCE使用事業場の調査 | |

調査項目及び調査内容をまとめて表1に示した。

Ⅲ 調査方法

1 地下水の実態調査

1) 井戸水の利用状況調査

汚染地区を含む東西約400m、南北約800mを調査地区とし、全世帯を戸別に訪問し、井戸の有無、井戸の状況(種類、深さ等)、井戸水の使用状況(飲用の有無等)、上水道の有無等の聞き取り調査を行った。

2) PCE汚染状況調査

調査地区より飲用井戸を中心に、井戸水中のPCE濃度の分析をおこなった。

〈分析条件〉

抽出：日本工業規格/用水・排水中の低分子量ハロゲン化炭化水素試験方法(JIS K0125)による溶媒抽出法

測定：ECD-GC YANAKO G2800

カラム：20% Silicone DC-550/Chromosorb WAW DMCS 60/80 mesh
3.4mm×5mガラスカラム

カラム温度：90℃

注入口温度：150℃ 検出器温度：200℃

キャリアガス：高純度窒素 2.0kg/cm²

3) 地下水のイオン等の分析

PCE汚染地区の地下水の特性を調べ、汚染帯水層の深

さを調査するために、pH、K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、N O₃⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、Cl⁻、SiO₂の項目について分析した。

〈分析方法〉

pH：ガラス電極法

HCO₃⁻：衛生試験法・注解 1990 p1172

炭酸水素イオン、炭酸イオン及び水酸イオンの分離滴定法による定量

他のイオン等：イオンクロマト法(Dionex QICを使用)

2 水理地質調査

1) 汚染地域の地質調査

汚染地域及びその周辺のボーリングデータを収集することにより調査を行った。ボーリングのデータは、ビル建設時に行われるもの等を民間機関の協力等により収集した。

2) 地下水の流向調査

地下水の流向調査は、地下水位を調査し、等水位線を作成することによって行った。地下水位の調査は、地質調査と同様に既存のデータの収集を行うこと及び汚染地区周辺に所在する井側井戸について、水位を実測することにより行った。

3 土壌ガス調査

1) 汚染地域の土壌ガス調査(検知管法)³⁾

ボーリングバーで深さ約80cmの穴をあけ、穴の底部のガス濃度を検知管を用いて測定した。

使用検知管：ガステック直読式ガス検知管

PCE 0.5-75 ppm パークロロエチレンL型 (133 L)
 2-250 ppm パークロロエチレンM型 (133 M)
 20-150 ppm トリクロロエチレンHA型
 (132 HA)

250-20000 ppm アセチレン (171)

2) 事業所内の土壌ガス調査 (n-hex法) ⁴⁾

ボーリングバーで深さ80cmの穴をあけ、採気管を導入し、ガスタイトシリンジに10mlのガスを採取する。このガスを、あらかじめ準備したバイアル中のn-ヘキサンに吸収させ、GC-ECDで分析を行った。

使用採気管：採気・採水管MU式 (ジーエルサイエンス株) GC-ECD分析条件：Ⅲ-1-2) と同じ

4 ボーリング調査

1) 事業所内の地質調査

ボーリング方法：φ66m/mオールコアボーリング

2) 地下水中の流速調査

現場透水試験：チューブ法一回復法による透水係数の測定

3) 土壌中のPCE濃度調査

土壌試料 (5-10g) を共栓付試験管に取り、n-ヘキサン40ml、精製水5mlを加え密栓する。1-2分間超音波処理を行ったあと、激しく振り混ぜ抽出を行い、ヘキサン層をGC-ECDで分析を行った。

(GC-ECD分析条件：Ⅲ-1-2) と同じ

5 PCE使用事業場調査

現場及び過去におけるPCE使用事業場の有無を、以下の3つの方法で調査を行った。

1) 保健所への届出調査

クリーニング所に関しては、保健所への届出資料を調べるにより調査をおこなった。

2) 住宅地図による調査

昭和50年より概ね5年単位で住宅地図より、事業場の有無を調査した。

3) 聞き取り調査

現場で付近の住民に聞き取り調査を行った。

IV 結果及び考察

1 井戸水の利用状況及びPCE汚染状況調査

住民の健康被害防止及び地下水汚染状況のより詳細な把握のために、平成2年12月19日~平成3年1月17日において、井戸水の利用状況調査及びPCE汚染状況調査を実施した。

調査対象996世帯のうち、不在で連絡不可のものが25世帯、訪問面談したのは971世帯であり、これらの地区の利用状況は、飲用専用井戸は77井戸、上水道と併用して飲用している井戸 (以下、併用井戸という) は

94井戸であった。

飲用井戸を中心に185井戸について行ったPCE調査結果を表2及び図1に示したが、PCEは、南西部より北東部に向かって低濃度となっている。

表2 テトラクロロエチレン採水調査結果

| 用途 | 調査井戸数 | 検出井戸数 | 基準超過井戸数 | 最高値 (mg/l) |
|--------|-------|-------|---------|------------|
| 飲用専用井戸 | 77 | 24 | 12 | 0.89 |
| 併用井戸 | 94 | 34 | 18 | 3.5 |
| 雑用井戸 | 14 | 7 | 5 | 2.0 |
| 合計 | 185 | 65 | 35 | - |

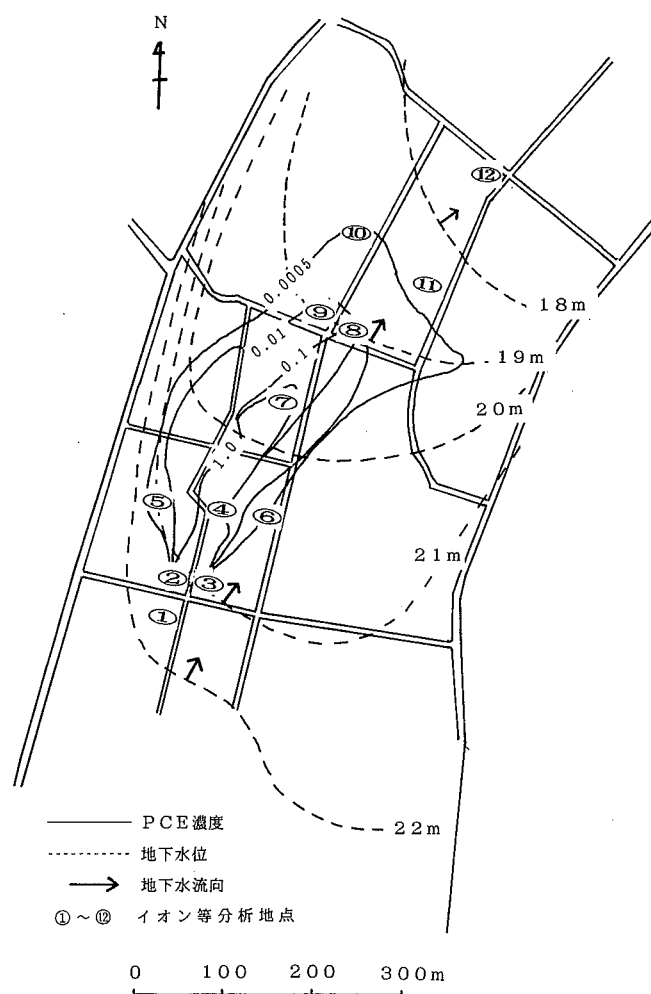


図1 地下水調査結果

2 地下水のイオン等の分析

地下水の特性及び汚染帯水層を調べるために、図1の1～12の地点で地下水の各種イオン等の水質を調査した。調査結果を表3に、これらの結果を、モル百分率による放射線状グラフとしたものを図2に示した²⁾。

最南端の井戸 (No1) を除いて、いずれも類似のパターンを示しており、また、No1井戸は井側の浅井戸、他の井戸は深さは異なるもののボーリング井戸であることから、No2～No12の井戸は同じ帯水層の水を取水していることが予想される。

また、これらの結果について、クラスター分析及び主成分分析を行ったので、これを図3～5に示したが、クラスター分析では放射線状グラフと同様にNo1井戸が他の井戸と異なった傾向を示した。また、主成分分析では、No1井戸は第1主成分に関して、No11井戸は第2主成分に関して、他の井戸と明らかな違いが見られた。

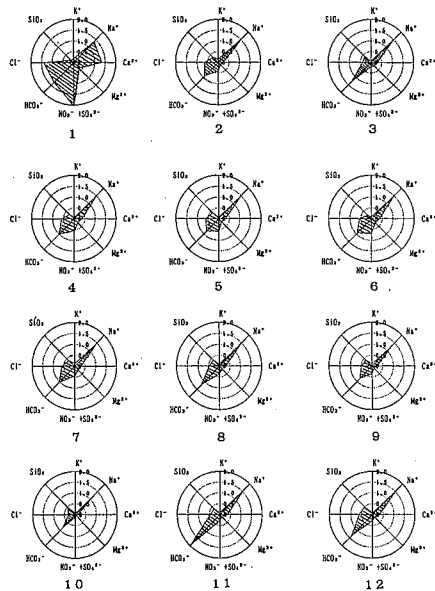


図2 放射線状グラフ 単位: mol/l

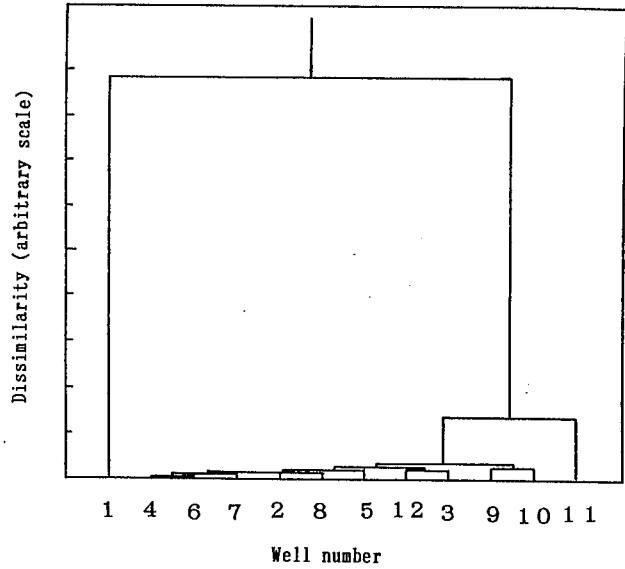


図3 クラスター分析

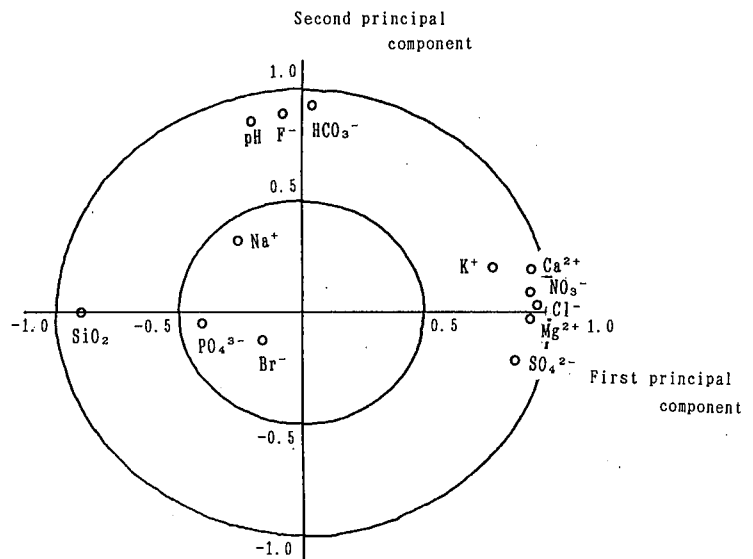


図4 主成分分析における因子負荷量

表3 地下水イオン等分析結果

平成4年2月7日調査

| 井戸No | 水温 (°C) | PCE | K ⁺ | Na ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Cl ⁻ | HCO ₃ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | SiO ₂ | F ⁻ | PO ₄ ³⁻ | Br ⁻ | pH |
|------|---------|---------|----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------|-------------------------------|-----------------|-----|
| 1 | 11.5 | 0.0012 | 7.6 | 32 | 54 | 8.7 | 50 | 79 | 96 | 46 | 8.7 | 0.07 | 0.2 | <0.05 | 6.5 |
| 2 | 14.9 | 12 | 5.7 | 37 | 9.5 | 3.4 | 23 | 55 | 7.7 | 26 | 20 | <0.05 | 0.1 | 0.1 | 6.5 |
| 3 | 15.3 | 1.8 | 2.7 | 35 | 8.9 | 2.8 | 14 | 79 | 3.8 | 13 | 25 | <0.05 | 0.2 | <0.05 | 6.8 |
| 4 | 15.0 | 3.4 | 2.3 | 35 | 15 | 5.7 | 21 | 61 | 14 | 32 | 17 | <0.05 | 0.2 | 0.1 | 6.1 |
| 5 | 16.2 | 0.0006 | 2.6 | 36 | 13 | 4.5 | 22 | 49 | 16 | 32 | 24 | <0.05 | 0.2 | 0.1 | 5.9 |
| 6 | 15.6 | 0.0026 | 3.6 | 35 | 15 | 6.1 | 20 | 58 | 20 | 34 | 14 | <0.05 | 0.1 | 0.1 | 6.1 |
| 7 | 15.4 | 2.3 | 4.6 | 35 | 12 | 5.5 | 21 | 64 | 8.4 | 30 | 23 | <0.05 | 0.2 | 0.2 | 6.2 |
| 8 | 16.2 | 0.46 | 3.5 | 35 | 12 | 4.2 | 17 | 73 | 5.8 | 26 | 24 | <0.05 | 0.2 | 0.1 | 6.3 |
| 9 | 15.0 | 0.015 | 4 | 32 | 9.5 | 3.2 | 18 | 49 | 14 | 12 | 23 | <0.05 | 0.2 | 0.1 | 6.2 |
| 10 | 14.0 | 0.0016 | 2.7 | 32 | 5.4 | 1.4 | 11 | 49 | 4.0 | 5.9 | 30 | <0.05 | 0.5 | <0.05 | 6.6 |
| 11 | 15.5 | 0.0012 | 3.7 | 37 | 14 | 3.8 | 16 | 120 | 8.1 | 14 | 23 | 0.26 | 0.2 | 0.1 | 7.0 |
| 12 | 15.5 | <0.0005 | 3.2 | 36 | 13 | 3.7 | 22 | 85 | 4.2 | 20 | 30 | <0.05 | 0.2 | 0.2 | 6.4 |

単位 mg/l

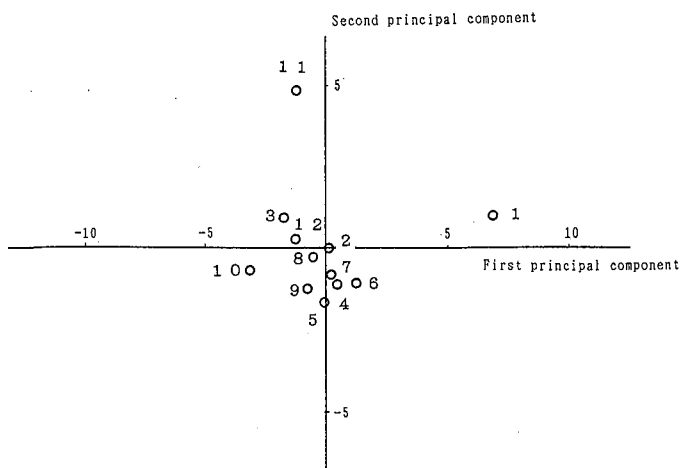


図5 第1、第2主成分のスコア

3 汚染地域の地質調査

汚染地域の地質の概要を知るため、既存のボーリングデータの収集を行い、13地点の地質柱状図を収集した。その結果は、図6に示すように、地下約7.5m以深に、マサ層（花崗岩強風化層）がみられ、この上部は、砂質土層と粘性土層が互層状態をなしていることがわかった。ここで、地下水のイオン分析及び井戸の深さに関する聞き取り調査等の結果からとあわせて考察すると、この地区では、主に、マサ層及びその上層の砂層から取水しているものと推定される。

4 地下水の流向調査

汚染地域の地下水の流向の調査するために、既存の地下水位データの収集、及び、井側井戸を用いた水位の測定を行った。

結果を地下水位等高線及び地下水の流向として図1に示したが、地下水は、南西方向より北東方向に流れていると推定でき、PCE濃度分布図は、地下水の流れと整合性がある。

図6 地質調査結果

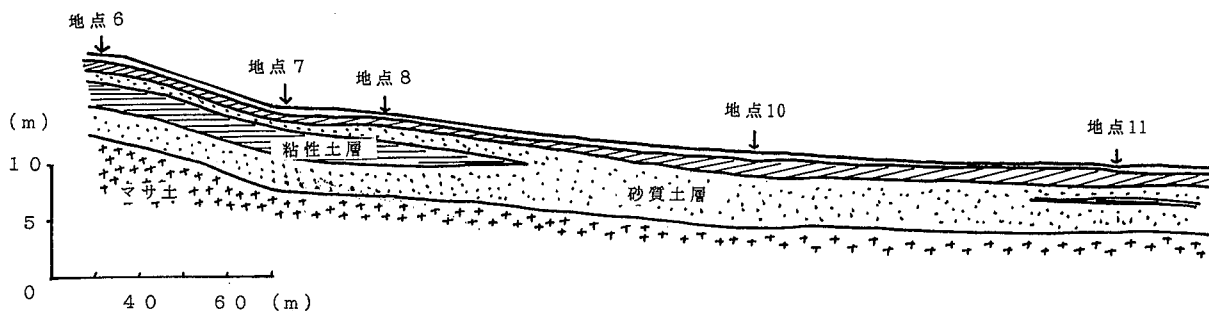


図6-1 地層断面想定図

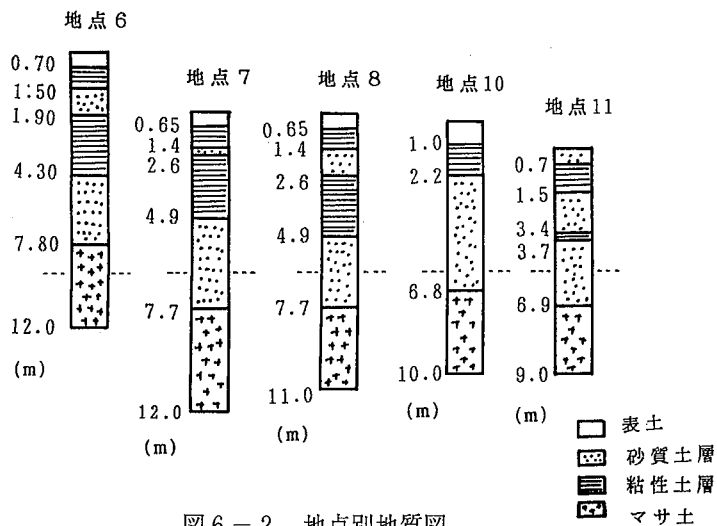


図6-2 地点別地質図

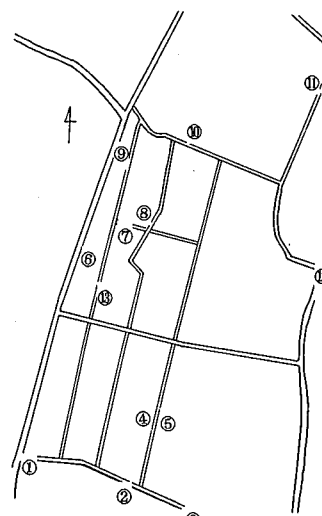


図6-3 ボーリング地点図

5 PCE使用事業場調査

汚染地区を含むPCE使用事業場調査の結果、PCEを使用していたところは1事業場（クリーニング所）のみであり、過去において、使用溶剤が不明のクリーニング所（現在は廃止）が1件あった。

その他に、PCEを使用していた事業場は無かった。

6 汚染地域の土壌ガス濃度調査

井戸水のPCE汚染状況調査において、1 mg/l以上の高濃度のPCEが検出された井戸の周辺9ヶ所、PCE使用事業場調査において使用溶剤が不明であったクリーニング所の跡地3ヶ所及びPCEを使用していたクリーニング所の周辺28ヶ所について土壌ガス調査を行った。

その結果は、PCE使用クリーニング所の周辺25ヶ所において2～100 ppm (V/V) のPCEガスが検出されたが、他の調査地点からは全く検出されなかった。このことから、PCE汚染の原因は、PCEを使用していたクリーニング所であることが推定できる。

7 事業場跡敷地内の土壌ガス調査

クリーニング所の移転に伴い、PCE汚染箇所を把握するために、跡地の土壌ガス調査を行った。まず、敷地全体（約500 m²）を3 mメッシュに区切り、検知管法でPCEガス濃度を測定した。その結果、高濃度（数百ppm）に検出された地区については、さらに1 mメッシュで検知管法、2 mメッシュでn-hex法で測定を行った。

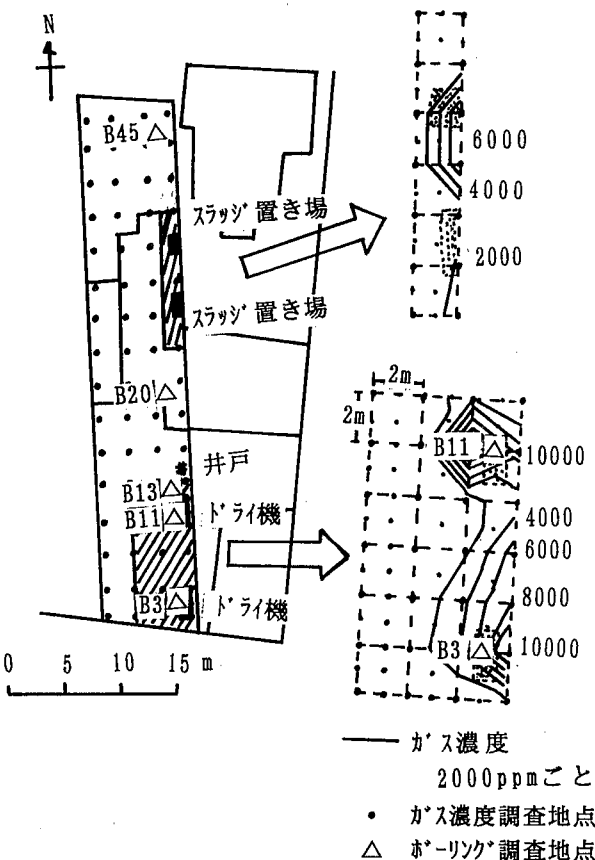


図7 土壌ガス調査結果

その結果は、図7に示したように、ドライ機跡地周辺及びスラッジ置き場跡地周辺から高濃度のPCEガスが検出された。

8 ボーリングによる地質・流速調査

PCE汚染事業場の地質等を調べるために、敷地内5地点において、ボーリング調査を行った。調査地点は、図7に示すように、土壌ガス調査で高濃度の土壌ガスが検出された2地点（B3、B11）及びその下流3地点（B13、B20、B45）とした。

ボーリング調査の結果、事業場跡敷地内の地質は、図8に示すように、砂質土層と粘性土層が互層構造となっており、約5 m～7 m付近は下部砂質土層、約7 m以深はマサ層となっていることがわかった。現場透水試験は、最下流地点（B45）で深度ごとに3ヶ所で行われ、結果を表4に示した。

透水性は、表5に概略値を示したように、粘性土層では「低い」、砂層は「中位」であることがわかった。このことから、PCEは、粘性土層を通過して下層に広がった可能性があると思われる。

また、地下水位調査結果及び砂質土層の透水係数（ $5.2 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ ）を用いてダルシーの法則に従い流速を求めると約3 cm/dayとなり、汚染はゆっくりと下流に広がっていることが予想される。

表4 透水試験結果一覧表

| 孔盤 | 試験深度 GL-(m) | 地下水位 GL-(m) | 地層名 | 透水係数 k(cm/sec) |
|------|----------------|----------------|--------|-----------------------|
| No.2 | 2.0～3.0 | 1.50 | シルト～粘土 | 4.59×10^{-4} |
| | 4.0～5.0 | 1.50 | 砂～粘土～砂 | 3.74×10^{-3} |
| | 6.0～7.0 | 1.50 | 砂 | 5.20×10^{-3} |

表5 透水係数の概略値

| 透水性 | 透水係数の範囲 k(cm/sec) | 土質 |
|--------|------------------------|------------------|
| 高い | 10^{-1} 以上 | れき |
| 中位 | $10^{-1} \sim 10^{-3}$ | 粗粒、中砂礫、細砂 |
| 低い | $10^{-3} \sim 10^{-5}$ | 極微砂、シルト質砂、ゆるいシルト |
| きわめて低い | $10^{-5} \sim 10^{-7}$ | かたいシルト、粘土質シルト、粘土 |
| 不透水 | 10^{-7} 以下 | 完全な均一粘土 |

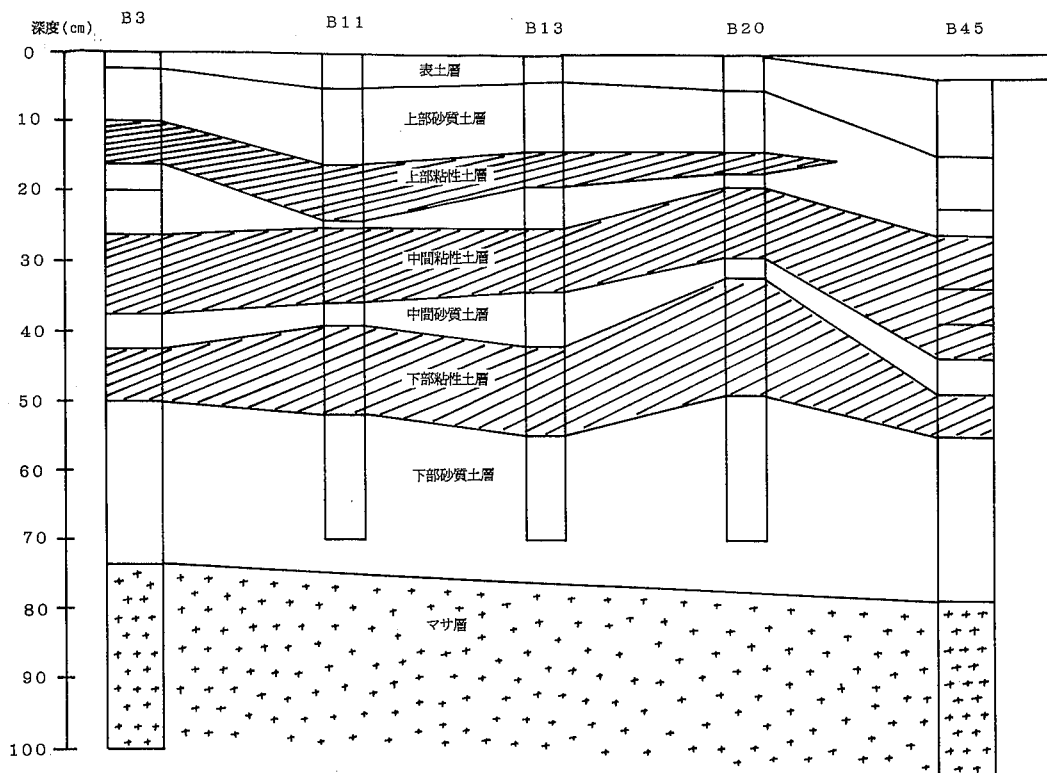


図8 事業場跡地地質断面想定図

9 土壌中のPCE濃度調査

PCE汚染の垂直分布状況を調べるために、ボーリングにより採取した土壌のPCE分析を行った。

土壌中のPCE含有量調査は、採取した土壌をすばやく密閉容器にとり、冷却して持ち帰り、n-hexで抽出することにより行った。今回行った分析方法は、土壌中のPCEを完全に抽出することはできないとの報告があるが、多数の試料をすばやく分析する必要性からこの方法を採用した^{6,7)}。

各地点のPCE含有量は、表6及び図9～11に示した。

土壌ガス調査で高濃度に検出された2地点(B3, B11)では、深度約2.3～2.5m及び5.5～5.8mの砂質土層に、非常に高濃度のPCEが検出された。この地点は、以前ドライ機が設置されていた場所であり、PCEはこの地点より土壌に浸透したものと思われる、これらの除去が今後の課題と考えられる。

また、PCE等は土壌中の有機炭素に吸着され、有機炭素量と吸着量との間には、線形関係が成立するという報告があるが⁸⁾、今回の事例は、表7及び図12～13に示すように、砂質に高濃度のPCEが含まれており、異なった傾向を示している。

また、下流地点では、微量のPCEしか検出されなかったことより、土壌の汚染は、汚染源付近の狭い地域に限られているものと思われる。

V ま と め

PCE汚染地区の詳細な地下水・土壌等の調査により以下のようなことがわかった。

- 1 地下水の実態調査及び流向調査を行うことにより、PCEの基準超過範囲が南北方向に広がり、このPCE濃度分布は、地下水の流向とよく一致することがわかった。
- 2 地質調査及び地下水のイオン等水質結果を解析することにより、汚染地区の井戸は、同じ帯水層から取水しており、これは地下約5m以深の砂質土層及びマサ層であることがわかった。
- 3 PCE使用事業場調査及び汚染地域の土壌ガス濃度調査より、PCEの汚染原因は、PCEを使用していたクリーニング所であることがわかった。
- 4 事業場跡敷地内の土壌ガス調査より、PCEはクリーニング所のドライ機及びスラッジ置き場周辺より地下に浸透したことがわかった。
- 5 事業場跡敷地内のボーリング調査より、PCEは地下2.3～2.5m付近と5.5～5.8m付近で高濃度に検出され、土壌汚染は狭い範囲に限られていることがわかった。

この報告の一部は、第52回日本公衆衛生学会総会(1993 北九州市)、及び、JOINT SCIENTIFIC ASSEMBLES OF IAMAP/IAHS '93(1993 横浜市)において発表し、また環境化学研究会発行の機関誌「環境化学」に投稿済みである。

表 6 土壤中のPCE濃度

| 深さ (cm) | B 3 | | B 11 | | B 13 | | B 20 | | B 45 | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 湿重 | 乾重 | 湿重 | 乾重 | 湿重 | 乾重 | 湿重 | 乾重 | (湿重) | (乾重) |
| 10 | 440 | 490 | 1100 | 1300 | 1.1 | 1.4 | ND | ND | | |
| 20 | 240 | 300 | | | | | | | | |
| 30 | | | | | 240 | 300 | 0.46 | 0.54 | 0.024 | 0.027 |
| 40 | | | | | | | | | | |
| 50 | | | 350 | 430 | | | | | | |
| 60 | 1400 | 1700 | | | 320 | 390 | | | | |
| 80 | | | | | 90 | 120 | 0.025 | 0.03 | | |
| 90 | 290 | 370 | 3700 | 4700 | | | | | 0.45 | 0.72 |
| 120 | | | 150 | 200 | 6.4 | 8.1 | 0.015 | 0.02 | | |
| 130 | 1000 | 1600 | | | | | | | ND | ND |
| 150 | | | | | 77 | 130 | | | | |
| 160 | | | 1900 | 2400 | | | ND | ND | | |
| 170 | | | | | | | | | ND | ND |
| 180 | | | 120 | 190 | 1.1 | 2.5 | ND | ND | | |
| 190 | 2700 | 4000 | | | | | | | | |
| 210 | | | | | 6.8 | 8.8 | ND | ND | ND | ND |
| 220 | | | 670 | 1500 | | | ND | ND | | |
| 230 | 48000 | 62000 | | | | | | | | |
| 240 | | | | | 4.2 | 5.6 | | | | |
| 250 | 5300 | 6300 | 5300 | 7300 | | | | | | |
| 270 | | | | | | | ND | ND | | |
| 280 | 740 | 920 | 29 | 38 | 0.012 | 0.018 | | | | |
| 300 | | | | | | | | | ND | ND |
| 310 | | | | | 0.46 | 0.66 | ND | ND | | |
| 320 | 44 | 58 | | | | | | | | |
| 340 | 22 | 30 | 34 | 44 | 0.42 | 0.55 | | | | |
| 350 | | | | | | | ND | ND | ND | ND |
| 380 | 110 | 130 | 3.2 | 4.0 | 0.78 | 0.94 | | | | |
| 390 | | | | | | | ND | ND | ND | ND |
| 410 | | | | | 11 | 13 | | | | |
| 420 | 32 | 39 | 2.0 | 2.8 | | | | | | |
| 430 | | | | | | | ND | ND | 0.15 | 0.21 |
| 450 | 25 | 34 | | | 21 | 30 | | | | |
| 460 | | | | | | | | | 0.82 | 1.5 |
| 470 | | | 2800 | 4000 | | | 0.39 | 0.51 | | |
| 480 | | | | | 2.9 | 4.1 | | | | |
| 490 | 79 | 100 | | | | | | | | |
| 510 | 1100 | 1400 | | | 13.0 | 18 | 0.032 | 0.038 | 0.54 | 0.63 |
| 520 | 3200 | 3900 | | | | | | | | |
| 550 | 27000 | 32000 | | | | | | | 0.93 | 1.1 |
| 560 | 450 | 600 | | | 1.6 | 2.0 | | | | |
| 570 | | | 12 | 15 | | | | | | |
| 580 | | | 11000 | 17000 | 0.28 | 0.34 | | | | |
| 590 | 13 | 19 | | | | | ND | ND | | |
| 600 | | | 79.0 | 93 | | | | | ND | ND |
| 610 | 2.2 | 2.8 | | | | | | | | |
| 620 | | | | | 0.035 | 0.04 | | | | |
| 630 | 1.4 | 1.6 | | | | | 0.052 | 0.059 | | |
| 650 | 26 | 32 | 4200 | 6000 | 0.1 | 0.11 | | | | |
| 660 | | | 1.5 | 1.7 | | | ND | ND | | |
| 680 | 2.3 | 2.6 | | | | | | | | |
| 700 | | | 13.0 | 15 | 0.057 | 0.064 | ND | ND | ND | ND |
| 730 | 0.45 | 0.51 | | | | | | | | |
| 740 | | | | | | | | | 0.080 | 0.0087 |
| 780 | 0.082 | 0.097 | | | | | | | | |
| 790 | | | | | | | | | ND | ND |
| 820 | 0.016 | 0.018 | | | | | | | ND | ND |
| 880 | | | | | | | | | ND | ND |
| 900 | 0.14 | 0.16 | | | | | | | | |
| 920 | | | | | | | | | ND | ND |
| 950 | 1.6 | 2.0 | | | | | | | | |
| 960 | | | | | | | | | ND | ND |
| 1000 | 0.84 | 1.0 | | | | | | | 0.013 | 0.014 |

(備考) 単位 : mg/kg、ND : <0.01mg/kg

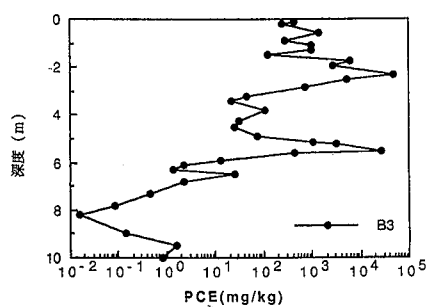


図 9 B 3 地点調査結果

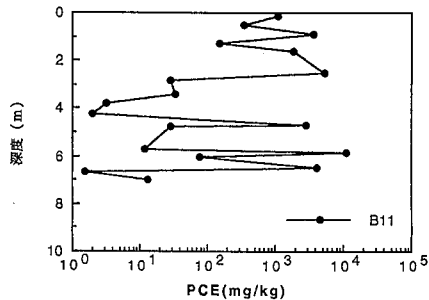


図 10 B 11 地点調査結果

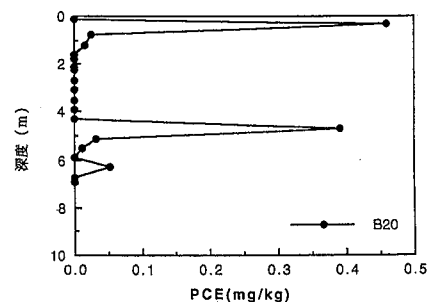


図 11 B 20 地点調査結果

表7 土壌調査結果

| 深さ (cm) | 試料の性状と色調 | M C | | TCE | | PCE | | 全炭素 mg/g | 有機窒素 mg/g | 固形分 % | 強熱減量 % |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|--------------|----------|-----------|
| | | 湿重 (mg/kg) | 乾重 (mg/kg) | 湿重 (mg/kg) | 乾重 (mg/kg) | 湿重 (mg/kg) | 乾重 (mg/kg) | | | | |
| 20 | マサ土/褐色 | 0.12 | 0.15 | 0.19 | 0.24 | 3200 | 4100 | 0.9 | 0.16 | 78.7 | 4.6 |
| 45 | マサ土/灰白色 | 0.32 | 0.42 | 0.53 | 0.69 | 7000 | 9100 | 0.3 | 0.14 | 76.9 | 4.4 |
| 65 | マサ土+シルト/灰白色 | 1.2 | 1.6 | 1.2 | 1.6 | 15000 | 20000 | 1.1 | 0.01 | 75.1 | 4.2 |
| 75 | マサ土+シルト/灰白色 | 1.0 | 1.3 | 0.72 | 0.96 | 16000 | 21000 | 3.2 | 0.14 | 74.9 | 4.2 |
| 110上 | シルト+マサ土/灰白色 | 1.1 | 1.5 | 1.0 | 1.3 | 14000 | 19000 | 2.6 | 0.06 | 74.2 | 3.8 |
| 110下 | 黒色シルト/黒色 | 0.048 | 0.072 | 0.85 | 1.3 | 2100 | 3100 | 24.5 | 1.46 | 66.8 | 6.2 |
| 120 | シルト+マサ土/灰白色 | 0.54 | 0.74 | 1.5 | 2.1 | 7400 | 10000 | 9.0 | 0.62 | 72.9 | 4.4 |
| 130 | 黒色シルト/黒色 | 0.022 | 0.035 | 1.1 | 1.7 | 1800 | 2800 | 51.5 | 2.78 | 63.7 | 8.0 |
| 140 | 黒色シルト+マサ土/黒褐色 | 0.32 | 0.43 | 4.4 | 5.9 | 8900 | 12000 | 22.2 | 0.79 | 75.2 | 3.4 |
| 150 | 黒色シルト+マサ土/黒褐色 | 0.19 | 0.27 | 2.4 | 3.4 | 5500 | 7800 | 6.2 | 0.35 | 70.9 | 4.7 |
| 160 | シルト/茶褐色 | 0.39 | 0.55 | 9.1 | 13 | 13000 | 18000 | 8.3 | 0.43 | 70.7 | 6.1 |
| 170 | 黒色シルト/黒色 | 0.025 | 0.03 | 2.9 | 3.5 | 840 | 1000 | 16.4 | 1.11 | 82.6 | 3.7 |
| 190 | 砂質+黒色シルト/灰白色 | 0.045 | 0.053 | 27 | 32 | 1200 | 1400 | 1.5 | 0.08 | 84.6 | 1.2 |
| 225 | 黒色シルト/黒色 | 0.016 | 0.024 | 19 | 29 | 690 | 1000 | 4.9 | 0.37 | 66.5 | 7.1 |
| 260 | 黒色シルト/黒色 | 0.026 | 0.036 | 27 | 37 | 760 | 1000 | 22.3 | 0.68 | 72.3 | 5.6 |
| 280 | 灰白色シルト/灰白色 | ND | ND | 0.68 | 0.92 | 120 | 160 | 20.4 | 0.8 | 73.9 | 4.7 |

注) PCE等の分析は溶媒抽出法による。全炭素、有機窒素含量は乾燥重量値。調査地点はB3 より西側へ1mの地点。

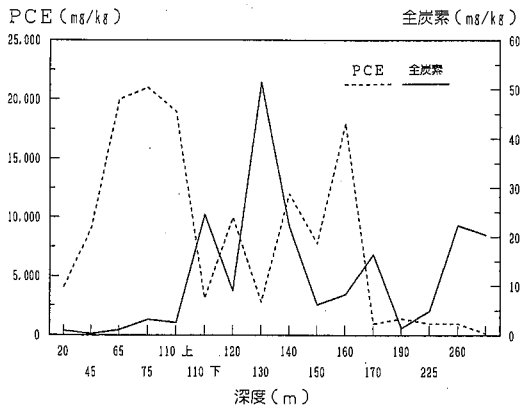


図12 PCE濃度と全炭素

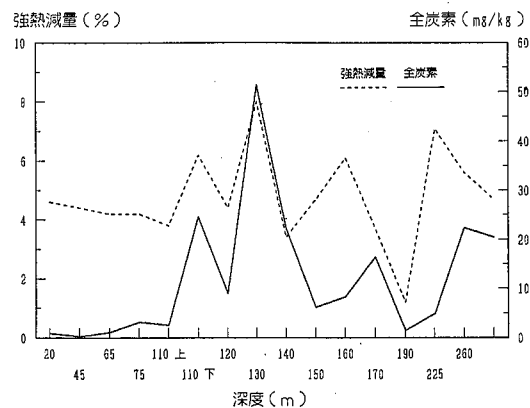


図13 全炭素と強熱減量

謝 辞

これらの調査を行うにあたり、ご指導、ご助言を賜った九州大学 神野健二教授、福岡大学 松藤康司助教授に深謝いたします。

文 献

- 1) 長谷川文伸、他：新潟県長岡市の有機塩素化合物による地下水汚染、水環境学会誌、第15巻、711～718、1992
- 2) 吉川サナエ、他：川崎市における地下水中のトリクロロエチレン、ジクロロエチレン等の低沸点有機塩素化合物の調査結果、水環境学会誌、第15巻、762～767、1992
- 3) 鈴木喜計、他：有機塩素化合物による地質汚染簡易

測定法、公害と対策、vol 25、17～24、1989

- 4) 理化学係：静岡市駅南地域における低沸点有機塩素化合物による地下水汚染について、静岡市衛生試験所年報、5、61～97、1989
- 5) 昭和61年度環境庁委託業務結果報告書 地下水質保全対策調査-地下水質調査マニュアル検討調査
- 6) 田中伸明、他：土壌中のテトラクロロエチレン分析法の問題点について、静岡市衛生試験所年報、5、98～104、1989
- 7) 社日本水質汚濁研究協会：平成2年度有害化学物質土壌影響調査基礎調査(有機塩素化合物土壌中含有量測定確立調査)報告書
- 8) 平田健正：土壌・地下水における揮発性有機塩素化合物の挙動、地下水汚染とその防止に関する研究集会第2回講演集、264～271、1992