

## テトラクロロエチレン等による地下水等の汚染実態に関する調査

濱島 俊郎 平瀬 洋一\* 山下一 巳  
赤塚 正明\*\* 福留 充\*\*\* 堀之口 吉夫

### 1 はじめに

近年、テトラクロロエチレン等の有機塩素系有害物質による地下水汚染が全国的に問題になっているが、本県においても「地下水の水質測定結果」<sup>1)</sup>で、地下水の水質汚濁に係る環境基準（以下「環境基準」という。）を超過した井戸が見られる。

汚染された地下水は何らかの浄化対策を講じない限り、汚染物質が長期間地下水に溜まり、地下水流によって広域に拡散する恐れがある。

そこで本報では、県の地下水定期モニタリング調査でテトラクロロエチレン（以下「PCE」という。）による地下水汚染が認められていた本県X町内の事業場周辺において、PCE等の汚染状況を把握し、今後の浄化対策の基礎資料を得ることを目的に、周辺環境の地下水及び土壌ガスについて調査を実施したので結果を報告する。

### 2 調査概要

#### 2.1 調査期間及び調査地点

地下水調査は1999年11月、2000年3月、8月及び2001年3月に、土壌ガス調査は1999年11月、2000年3月及び8月に実施した。

調査地点は、地下水についてはX町内のPCEの環境基準を超過する井戸周辺の地下水（5井戸）とした。土壌ガスについてはマニュアル<sup>2)</sup>によると、高感度手法で概ね50mメッシュの交点概略的な調査を行うこととなっている。予備調査や背景調査から、土壌ガス採取地点は事業所周辺を中心に効率的に実施したほうが良いと考えられるため、採取地点を最小メッシュ5m間隔で選定し、PCEの環境基準を超過するX町内井戸周辺の土壌ガス（A井戸ガスを含む51地点）とした。調査地点を図1に示す。

#### 2.2 調査井戸の状況

調査時の気象状況を表1に示す。2000年8月調査時の

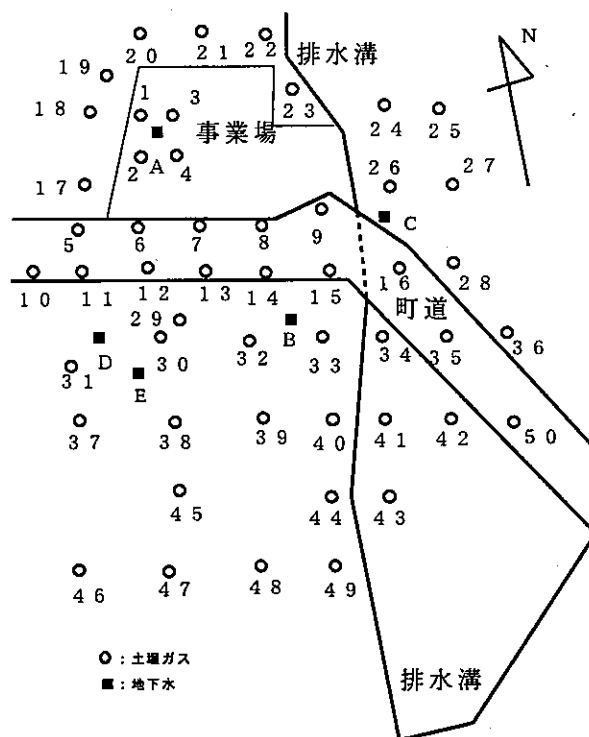


図1 調査地点

表1 調査時の気象状況

	調査年月日	気温(℃)	水温(℃)	天候
A	1999.11.16	16.5	17.8	快晴
	2000.3.14	18.0	17.1	晴
	2000.8.3	30.2	21.3	雨
	2001.3.19	21.0	18.5	晴
B	1999.11.16	11.8	19.2	快晴
	2000.3.14	17.6	13.3	晴
	2000.8.3	30.1	20.5	雨
	2001.3.19	21.2	16.1	晴
C	1999.11.16	15.7	20.2	快晴
	2000.3.14	15.0	15.1	晴
	2000.8.3	30.1	19.8	雨
	2001.3.19	21.3	15.2	晴
D	1999.11.16	17.8	16.5	快晴
	2000.3.14	17.6	15.2	晴
	2000.8.3	30.1	18.7	雨
	2001.3.19	20.1	18.2	晴
E	1999.11.16	8.0	16.4	快晴
	2000.3.14	16.5	15.5	晴
	2000.8.3	30.1	19.3	雨
	2001.3.19	20.0	17.0	晴

\* 鹿児島県立北薩病院 〒895-2526 鹿児島県大口市宮人502番地4  
 \*\* 鹿児島県環境生活部環境政策課 〒890-8577 鹿児島市鴨池新町10番1号  
 \*\*\* 鹿児島県立薩南病院 〒897-1123 鹿児島県加世田市高橋1968-4

天候は雨であったが、調査前24時間雨量<sup>3)</sup>は20mm以下であった。

2. 3 調査地点周辺の地質

調査地点周辺の地層柱状図を図3に示す。3.0m層から4.0m層の砂礫層及び29.0mより下の層に逸水がみられ、この付近に地下水が存在していると考えられる。

地層からの距離 : m	地質		色調	観察記事
	地質	地質名		
10	3.00	砂質土	灰褐色	粗砂状
	4.00	砂礫		逸水ある
20		シラス	灰白	軽石礫多く混入する
		玉石		φ50~100礫
30	28.5			
	29.0			
40		熔結凝灰岩		56.0少量逸水
50			60.0~62.0多量逸水	
60			比較的硬く部分的に	
70			風化部を挟むが全体	
80			に安定している。	
90				
100			全体に少量の逸水あ	
110			り	
120				
130	130.0			
140		凝灰角礫岩 (変質)	灰色 黄褐色 青灰	熱水変質を強く受け もろく、粘性強い。
150				

図3 調査地点周辺の地層柱状

2. 4 調査項目

地下水のPCE, トリクロロエチレン(以下「TCE」という。)及び土壌ガスのPCEについて調査した。

2. 5 試料採取

地下水 : 100mLの採水瓶に上部に空気層を残さないように採水し、試料とした。

土壌ガス : コアマシンにより直径20mm, 120cm掘削し、口径20mmパイプを設置した。ガス採取位置を地表から-90cmとした。図4に示すように捕集ケースを用い、フッ素樹脂フィルム製バッグに採取後持ち帰り、試料とした。

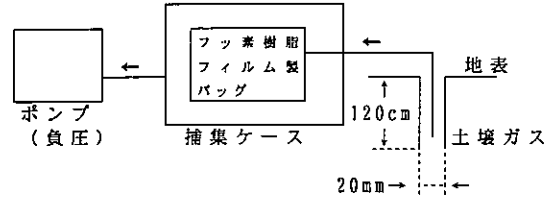


図4 土壌ガス採取装置の構成

2. 6 分析方法

地下水については、JIS K0125 5.2 ヘッドスペースーガスクロマトグラフ質量分析法で分析を行った。

土壌ガスについては、フッ素樹脂製フィルム製バッグに採取し、持ち帰った試料を吸着管に吸着濃縮させ、加熱脱着法によるガスクロマトグラフ質量分析法で分析を行った。なお、充填剤については、Tenax-TA (0.1g) 及びCarbonxen-1000を用いた。

2. 7 装置及び測定条件

2. 7. 1 地下水

- 装置 : GC部 HP社 HP-5890
- MS部 HP社 HP-5972
- ヘッドスペース部 HP社 HP-7694
- カラム : HP624 (60m×0.32mm×1.8μm)
- カラム温度 : 40℃ (1min) → 8℃/min → 180℃ → 15℃/min → 260℃ (1min)
- 注入法 : スプリット (スプリット比 : 1/2)
- 注入口温度 : 200℃
- インターフェイス温度 : 260℃
- キャリアガス : 超高純度ヘリウム
- サンプル注入量 : 1 mL ヘッドスペースガス
- 測定モード : SIM
- イオン化法 : EI法

2. 7. 2 土壌ガス<sup>4)</sup>

- 装置 : GC部 島津 GC-17A
- MS部 島津 QP-5000
- 加熱脱着装置 PerkinElmer ATD400
- カラム : Supelco Wax10 (60m×0.32mm×3.0μm)
- カラム温度 : 40℃ (1min) → 10℃/min → 200℃
- 注入法 : スプリット (スプリット比 : 1/10)
- 注入口温度 : 200℃
- インターフェイス温度 : 220℃
- キャリアガス : 超高純度ヘリウム

サンプル注入量：1  $\mu$ L  
 測定モード：SIM  
 イオン化法：EI法

### 3 調査結果

#### 3.1 地下水調査

表2に、地下水の調査結果を示した。PCEについてはすべての調査で調査地点A、B及びEの3地点で環境基準(0.01mg/L)を超過しており、調査地点Dでは1回(2000年8月)超過していた。調査地点Cではすべての調査において環境基準を超過していなかった。すべての調査で環境基準を超過した調査地点A、B、EのPCEはそれぞれ環境基準の1.6倍~26倍、7.1倍~76倍、15倍~34倍であり、PCEによる地下水汚染が認められた。また、1999年11月及び2001年3月調査時に調査地点Bが、2000年3月調査時に調査地点Eが、2000年8月調査時に調査地点Aが最も高い濃度であった。

なお、TCEについては、検出限界付近の低いレベルであり環境基準(0.03mg/L)を超過した検体はなかった。

表2 地下水の調査結果

		(単位: mg/L)	
	調査年月日	PCE	TCE
A	1999.11.17	0.016 *	<0.002
	2000.3.14	0.026 *	<0.002
	2000.8.3	0.26 *	<0.002
	2001.3.19	0.044 *	<0.002
B	1999.11.17	0.76 *	0.003
	2000.3.14	0.23 *	<0.002
	2000.8.3	0.071 *	<0.002
	2001.3.19	0.32 *	<0.002
C	1999.11.17	0.0013	<0.002
	2000.3.14	0.0010	<0.002
	2000.8.3	0.0006	<0.002
	2001.3.19	<0.0005	<0.002
D	1999.11.17	0.0094	<0.002
	2000.3.14	0.0067	<0.002
	2000.8.3	0.022 *	<0.002
	2001.3.19	0.0047	<0.002
E	1999.11.17	0.15 *	0.002
	2000.3.14	0.34 *	<0.002
	2000.8.3	0.15 *	<0.002
	2001.3.19	0.20 *	<0.002
環境基準		0.01	0.03

注 \*は基準超過を表す

#### 3.2 土壌ガス調査

表3に土壌ガス(PCE)の調査結果を示した。土壌ガスについての基準はないが、PCEについて「大気の汚染に係る環境基準」(0.2mg/m<sup>3</sup>≒0.03ppm)を参考にすると、多くの地点で大気の汚染に係る環境基準を超過していた。また、3回の調査とも調査地点2が最大濃度であり、2000年8月調査時に340ppmと最も高い値を示していた。

### 4 考察

土壌ガスについて、表3の結果からコンター図を作成した。その結果を図5-1、5-2、5-3に示す。土壌ガスについてはPCEの汚染は調査地点2付近を中心とし、南側への拡散が確認された。PCEは天然には存在しないと考えられることからPCEの汚染源は調査地点2付近と推測された。しかし、地下水のPCEは汚染源に最も近い調査地点Aが必ずしも高くはなく、南側の調査地点B、Eが高くなっていることが多いことから、地下水流は調査地点AからB及びE(南側)へ流れていると推測され、このことは土壌ガスが南側へ拡散しているという調査結果と一致していた。

表3 土壌ガスの調査結果

		(単位: ppm)		
日時	1999年	2000年	2000年	
地点	11月16日	3月14日	8月3日	
1	1.7	2.8	43	
2	210	200	340	
3	5.4	5.0	10	
4	9.7	7.1	21	
5	4.3	2.7	6.0	
6	11	5.4	0.082	
7	0.39	6.4	0.11	
8	1.3	0.93	2.4	
9	0.38	0.37	-	
10	0.015	0.017	-	
11	0.090	0.028	-	
12	0.57	0.53	0.85	
13	13	0.28	1.3	
14	0.10	0.091	0.024	
15	0.0015	0.0029	-	
16	0.0016	-	-	
17	0.083	0.058	-	
18	0.015	0.0094	-	
19	0.13	0.74	1.7	
20	-	-	-	
21	0.084	0.076	-	
22	0.074	0.054	-	
23	0.054	0.017	-	
24	0.61	0.32	0.013	
25	0.75	0.73	0.011	
26	0.0009	0.0009	-	
27	0.0040	0.0022	-	
28	0.0024	0.0010	-	
29	0.10	3.0	0.30	
30	0.20	0.38	0.032	
31	1.0	0.24	-	
32	0.15	1.0	0.41	
33	0.0021	0.0010	-	
34	0.038	0.018	-	
35	0.012	-	-	
36	0.012	0.0079	-	
37	0.0010	0.0029	-	
38	0.33	0.20	0.62	
39	-	-	-	
40	0.16	0.0094	-	
41	0.0003	-	-	
42	-	-	-	
43	-	-	-	
44	0.0017	-	-	
45	0.022	0.024	-	
46	0.049	0.036	-	
47	0.90	1.5	0.70	
48	0.0046	0.0014	-	
49	0.038	0.0022	-	
50	0.086	-	-	
井戸A	68	55	140	

汚染源付近と考えられた地点の近くである土壤ガス調査地点1から4及び地下水調査地点A及びDで2000年8月が最も高い値を示した。このことは、夏場で気温が高かったことや降水による影響などが考えられる。

また、地下水のPCEが高かった調査地点B及びE付近の土壤ガスのPCEはあまり高くないという傾向がみられた。逆に地下水のPCEが調査地点B及びEより低い傾向にあった調査地点Aでは土壤ガスのPCEが高い傾向にあった。このことは、土壤ガスと地下水とではPCEの挙動や変動パターンが違うことが考えられた。

## 5 まとめ

調査の結果次のようなことがわかった。

- 1) 地下水のPCEは調査地点A、B及びEがすべての調査で環境基準を超過しており（最大で環境基準の76倍）、PCEによる高濃度地下水汚染が再確認された。
- 2) 土壤ガスのPCEは大気汚染に係る環境基準と比較すると高濃度であった。
- 3) 土壤ガスのPCEは3回の調査とも調査地点2が最大濃度であり、この付近が汚染源と考えられた。
- 4) 土壤ガス及び地下水ともにPCEの南側への拡散が推測された。
- 5) 汚染源付近と考えられた土壤ガス調査地点1から4及び地下水調査地点A及びDで2000年8月が最も高い値を示しており、気温が高かったことや降水による影響などが考えられた。
- 6) 地下水と土壤ガスとではPCEの挙動や変動パターンが違うことが考えられた。

## 6 おわりに

今回の調査地区内では地下水を飲用に使用しておらず、直接健康に被害をうける恐れはないと考えられるが、現在も地下水の広がり把握のために本県ではこの地区で地下水の定期モニタリング調査を継続して実施している。

## 参考文献

- 1) 鹿児島県；公共用水域及び地下水の水質測定結果（平成2年度～11年度）
- 2) 環境庁；土壤・地下水汚染に係る調査・対策指針運用基準（1999年3月）
- 3) 財団法人日本気象協会鹿児島支部；気象月報（1999

年～2000年）

- 4) 赤塚正明，野口紳一，木山祐三郎；揮発性有機化合物測定に係る基礎調査，鹿児島県環境センター所報，14，70～73（1998）

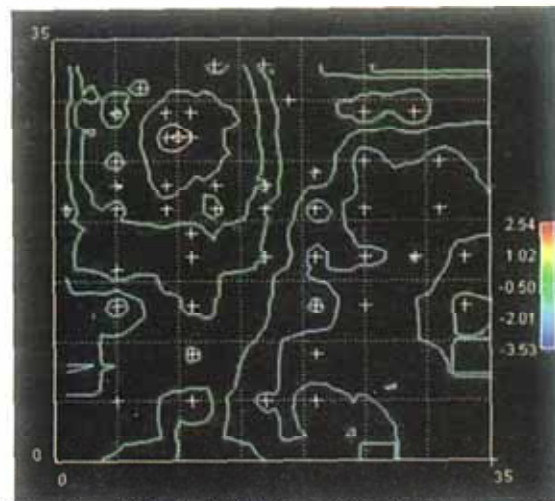


図5-1 土壤ガス濃度分布 1999年11月 +：調査地点

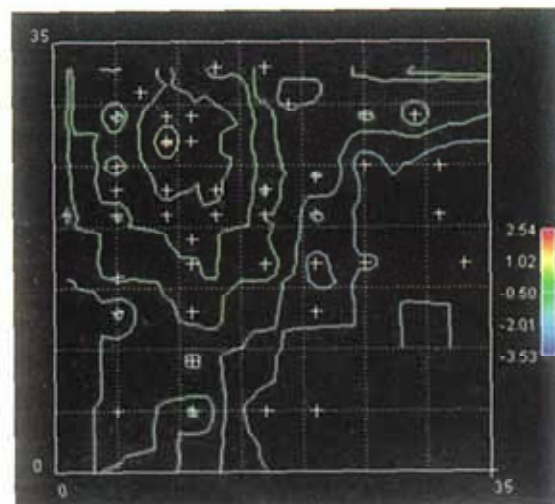


図5-2 土壤ガス濃度分布 2000年3月 +：調査地点

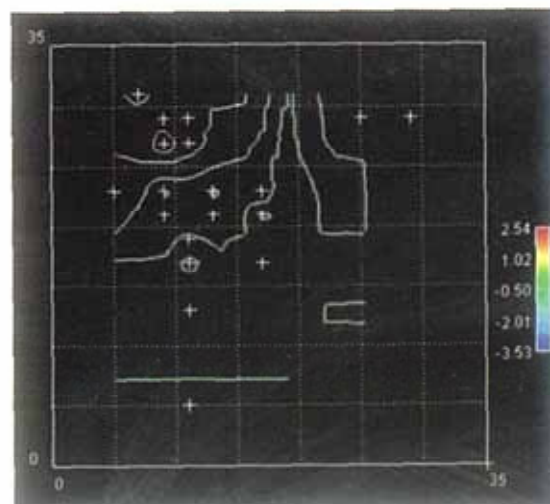


図5-3 土壤ガス濃度分布 2000年8月 +：調査地点