

新潟県における有機塩素系溶剤による地下水汚染 (第1報)

横山ひろみ・川田 邦明・尾崎 邦雄

1 はじめに

近年、金属製品加工製造業、ドライクリーニング業等で脱脂、洗浄溶剤として広く使用されている有機塩素系溶剤であるトリクロロエチレン(以下TCE)、テトラクロロエチレン(以下PCE)、1,1,1-トリクロロエタン(以下MCF)による地下水汚染が明らかになってきている^{1)~9)}。新潟県においては、昭和59年10月から汚染実態調査が実施され、県内のいくつかの地域で地下水汚染が明らかになってきた^{10)~12)}。

ここでは、三条市等4市町村において、TCE等有機塩素系溶剤による地下水の汚染状況を調査し、さらに地下水の水質についても検討を加えたので、その結果について報告する。

2 調査方法

2.1 調査対象地域

調査を行った地域は、新潟平野のほぼ中央部にあたり、信濃川の川沿いに位置している(Fig.1)。調査は三条市、分水町、吉田町及び弥彦村の4市町村について行った。この地域は、すでにTCE等による地下水汚染が明らかになった燕市に隣接し、同市と同様に多数の金属製品加工

製造業が市街地や工業団地に立地しており、各事業場ではTCEまたはMCFを金属製品の脱脂、洗浄溶剤として使用している。

新潟県環境保健部が実施したアンケート形式による実態調査によれば、三条市、吉田町は新潟県内における市町村別有機塩素系溶剤使用事業場数では2位と8位であった。また、今回調査を行った4市町村のTCE等有機塩素系溶剤の年間使用量は、三条市199t、分水町18t、吉田町218t、弥彦村16tであった¹⁰⁾。

調査は主として有機塩素系溶剤を使用する事業場敷地内の井戸、及び事業場に近接する井戸から採取することとし、昭和60年3月~10月に実施した。

2.2 調査対象井

調査対象地域内の50地点の井戸で地下水を採取した。聞き取り調査によればこのうち深さ50mより浅い井戸が39地点、深さ50m以上の深い井戸は7地点であり、深さの不明のものが4地点であった。

2.3 分析方法

ポンプで吸い上げた地下水は現地で1リットルスクリーキャップ付ガラスびんに口まで満たし、りん酸添加後、びん内に空隙が残らないように密栓して持ち帰り、TCE等の分析に供した。また同時に1リットルポリエチレンびんに試料を採取し、pH、電気伝導度(以下EC)、ナトリウムイオン(以下Na⁺)、カリウムイオン(以下K⁺)、カルシウムイオン(以下Ca²⁺)、マグネシウムイオン(以下Mg²⁺)、塩化物イオン(以下Cl⁻)、硫酸イオン(以下SO₄²⁻)及び炭酸水素イオン(以下HCO₃⁻)の9項目について分析を行った。TCE等の有機塩素系溶剤の濃度はヘッドスペース・ガスクロマトグラフ法(ECD及びFID)⁸⁾¹⁰⁾により測定した。pH、EC及び陽イオンはJIS-K0102¹¹⁾、Cl⁻、SO₄²⁻はイオンクロマトグラフ法¹²⁾、HCO₃⁻は鉱泉分析指針¹³⁾により測定を行った。

3 結果及び考察

3.1 地下水中のTCE等の濃度

各地点におけるTCE等測定結果の概要をFig.1、Table1に示した。いずれかの有機塩素系溶剤が検出されたのは、三条市で3地点、分水町で2地点、吉田町で3地点及び弥彦村で4地点であった。

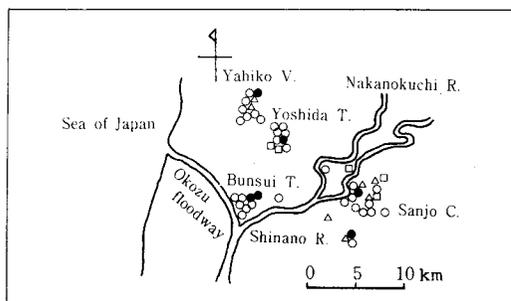


Fig.1 Sampling points of groundwater

- : Depth < 50m
- △ : Depth > 50m
- : Depth unknown
- Solid symbol : Well exceed provisional standard (TCE : 0.03mg/l, PCE : 0.01mg/l, MCF : 0.3mg/l)

Table 1 Concentration of TCE, PCE and MCF in groundwater

Location	No. sampled	No. detected	No exceed provisional standard *	Conc. (mg/l)		
				TCE	PCE	MCF
Sanjo C.	21	3	2	< 0.001 ~ 0.014 (< 0.001)	< 0.001	< 0.001 ~ 1.2 (0.091)
Bunsui T.	9	3	2	< 0.001 ~ 1.9 (0.22)	< 0.001	< 0.001
Yoshida T.	10	2	1	< 0.001 ~ 1.2 (0.12)	< 0.001 ~ 0.002 (< 0.001)	< 0.001 ~ 0.003 (< 0.001)
Yahiko T.	10	4	1	< 0.001 ~ 0.54 (0.055)	< 0.001 ~ 0.001 (< 0.001)	< 0.001

* TCE : 0.03mg/l, PCE : 0.01mg/l, MCF : 0.3mg/l

厚生省は「水道水の暫定的な水質基準」として、また、環境庁は「トリクロロエチレン等の排出に係る暫定指導指針」に示される地下浸透の防止に関する管理目標（以下「基準」）として、TCE 0.03mg/l, PCE 0.01mg/l, MCF 0.3mg/lを示している。

三条市の2地点で1.2mg/l及び、0.7mg/lと「基準」を超えるMCFが検出された。このうちの前者はMCFを使用する事業場内の井戸であるのに対し、後者はこれを使用しない事業場内の井戸であった。この周辺にはMCF等を使用する事業場が多数立地しているため、汚染源の特定はできなかった。また、同地区の広域的な地下水汚染が懸念されたものの、汚染された井戸の周辺に位置する同程度の深さの井戸から採取した地下水では汚染は認められなかった。

分水町では、TCEを使用している事業場のうち、一事業場の敷地内の2つの井戸から「基準」を超えるTCEが検出された。この2つの井戸は近接し、深さがそれぞれ10m、8mと同程度であったが、TCE濃度には1.9mg/l、0.09mg/lと差異が見られた。しかし、この事業場周辺の数十から数百メートルの距離にあるほぼ同じ深さの井戸から採取した地下水からは有機塩素系溶剤は検出されなかった。

吉田町では、TCEを使用している事業場敷地内の深さ10mの井戸からTCE 1.2mg/l, PCE 0.002mg/l及び、MCF 0.003mg/lが確認されたが、この周辺のTCEを使用している事業場内の同程度の深さの井戸で0.004mg/lのTCEが検出されたのみであり、汚染の広がりには認められなかった。

弥彦村においても吉田町と同様、1地点でTCE汚染が0.54mg/lの高い濃度で確認され、そのほかに数μg/l程度の濃度のTCEが3地点で検出されたが、いずれもTCE等を使用する事業場内の井戸から採取した地下水であった。

以上のことから、調査地区のTCE等による地下水汚染は、いずれの地区においても、水平方向には狭い範囲にとどまっているものと考えられた。汚染範囲については、3.2でさらに考察を加える。

3.2 地下水の水質とTCE等の有機塩素系溶剤の関係

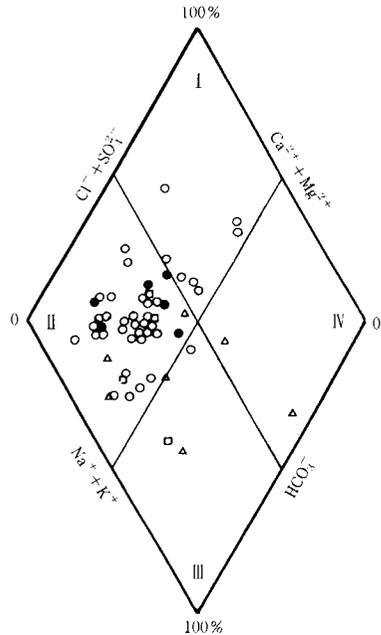


Fig.2 Inorganic chemical constituents of groundwater (Key diagram)

The symbols are the same as in Fig.1.

- I : Noncarbonate hardness
- II : Carbonate hardness
- III : Carbonate alkali
- IV : Noncarbonate alkali

採取した地下水の水質をキーダイヤグラム¹⁴⁾¹⁵⁾に表わし、Fig. 2に示した。これは各成分の当量濃度比を算出し、 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 、 HCO_3^- 、 $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ を座標軸とする菱形座標図にプロットしたものであり、地下水はその水質により4つのグループに分類される。浅い井戸から採水した地下水はその約8割がアルカリ土類炭酸塩型に属し、また深い井戸から採取した地下水はアルカリ土類炭酸塩型もしくはアルカリ炭酸塩型に属していた。そして、TCE等による汚染の確認された井戸については、いずれもアルカリ土類炭酸塩型のみには属していた。

キーダイヤグラムにより分類した地下水の水質の地域分布をFig. 3に示した。調査対象地区の信濃川沿いの平野部では帯水層としての砂れき層は、平野東縁で浅く、平野中央で深度を増す(約30~70m付近)「埋没段丘」様の分布が認められており、この浅い砂れき層の分布傾向は、中之口川付近で消滅し、それ以西ではほぼ東京湾平均潮位-100m付近のみに分布する。またこの地域の地下水の水質は、下位の水溶性天然ガス鉱床の附随水の影響で化石塩水型(アルカリ非炭酸塩型)であったもの



Fig. 3 Classification of groundwater

- △ : Noncarbonate hardness
- : Carbonate hardness
- : Carbonate alkali
- ▽ : Noncarbonate alkali

が、丘陵、河川等からの淡水型地下水(アルカリ炭酸塩型)の侵入による洗い流し現象により変化して、その成分濃度は複雑な分布を呈することが確認されている¹⁶⁾。

本調査においては、一部の深井戸を除く大部分は、アルカリ土類炭酸塩型に属していた。これは調査の対象井

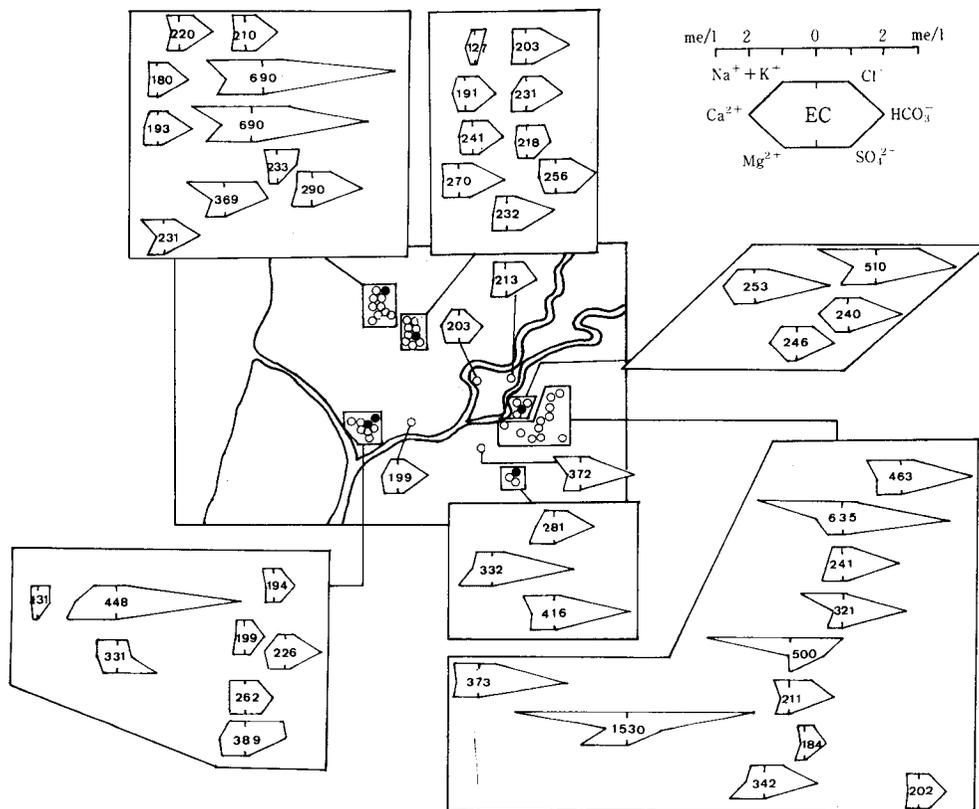


Fig. 4 Inorganic chemical constituents of groundwater (Pattern diagram)
 ● : Well exceed provisional standard (TCE : 0.03mg/l, PCE : 0.01mg/l, MCF : 0.3mg/l)

戸の大部分が50m以下の浅井戸のためと考えられた。また、深さが不明であった4地点の井戸のうち3地点は、アルカリ土類酸塩型に属していることから、浅井戸であることが推定された。

Fig. 4に汚染された井戸とその周辺の井戸の水質の主要成分のパターンダイアグラムを示した。これは縦軸の左側に $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Ca^{2+} , Mg^{2+} の三成分を、右側に、 Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} をそれぞれme/lでプロットし、各点を直線で結んだもので、図形内の数字はECを示した。

水質の分布をみると、地下水の水質は場所により複雑に変化しているものの、汚染された井戸とその周辺に位置する井戸の地下水の水質は酷似していたことから、同種の地下水であり、これらの井戸はいずれも同一帯水層から揚水していると考えられた。これらのことから、汚染された地下水の流動性、交換性は極めて低く、TCE等有機塩素系溶剤による地下水汚染は水平方向にも比較的狭い範囲にとどまっているものと考えられた。

4 結 論

三条市等地区の6地点の井戸で「基準」を超えるTCE等が検出された。汚染の確認された井戸は、いずれも50m以下の浅井戸であり、またその周辺の井戸を調査したところ汚染は認められなかった。一方、汚染、非汚染井の水質を分析したところ両者の水質は極めて類似しており、同種の地下水であることが確認された。これらのことから、TCE等有機塩素系溶剤による地下水汚染は比較的狭い範囲にとどまっていた。すなわち「基準」を超える有機塩素系溶剤が検出された6地点の汚染は、いずれも局所汚染であり、地下垂直方向には数mから数十m、水平方向には数十mから数百m程度の比較的狭い範囲にあるものと考えられた。

謝 辞

本調査にあたり、御助言、御協力いただきました新潟県環境保健部公害対策課、巻保健所、三条保健所の関係各位に対し、深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) T. Trouwborst: The Science of the Total Environment, **21**, 41 (1981).
- 2) G.W. Page: Environmental Science & Technology, **15**, 1475 (1981).
- 3) 環境庁水質保全部: 昭和57年度地下水汚染実態調査結果 (1983).
- 4) 環境庁水質保全部: 昭和58年度地下水汚染実態調査結果 (1984).
- 5) 例えば新潟日報, 2月19日付 (1985).
- 6) " , 12月28日付 (1985).
- 7) " , 2月28日付 (1986).
- 8) 黒崎裕人, 大泉 毅, 富永泰子, 尾崎邦雄, 高橋達男, 市川義夫: 新潟理化学, **11**, 27 (1985).
- 9) 新潟県環境保健部: 新潟県におけるトリクロロエチレン等の使用実態調査結果 (1985).
- 10) 厚生省環境衛生局: 環水第15号 (1984).
- 11) 日本規格協会: 工場排水試験方法 JIS-K0102-1985 (1985).
- 12) 松本光弘, 板野龍光: 大気汚染学会誌, **19**, 247 (1984).
- 13) 温泉工学会: 鉱泉分析法指針(改訂), p.66 (1978).
- 14) 山本荘毅: 新版地下水調査方法, 古今書院, p.380 (1983).
- 15) 水収支研究グループ編: 地下水資源学, 共立出版, p.286 (1975).
- 16) 新潟県: 新潟県地質図説明書 (1977).