

札幌市地下水中の低沸点有機塩素化合物濃度（第2報）

Concentrations of Volatile Chlorinated Organic Compounds in Groundwater in Sapporo (Part 2)

伊藤八十男 内野 栄治 小谷 玲子
都築 俊文 井上 勝弘

Yasoo Itoh, Eiji Uchino, Reiko Kotani,
Toshibumi Tsuzuki and Katsuhiro Inoue

目的

地下水は古くから種々の用水として使用されてきたが、水道水源としての地下水の利用は、現在全国での年間取水量の約4分の1を占めており、さらに水道未普及地区におけるその依存度を考慮すると、飲用水源としての地下水の役割は非常に重要である。

環境庁は昭和57年に全国的な地下水汚染実態調査を実施し、幾つかの有機化学物質による地下水汚染が広範な規模で存在することを明らかにした¹⁾。それらの有機化学物質の幾つかは発ガン性及び変異原性を有するとされており^{2),3)}、その地下水中的濃度変化を監視することは衛生学的にも重要である。

我々は、従来より札幌市内の地下水水質調査を実施しているが、その一環として昭和58年11月より5種類の低沸点有機塩素化合物について年4回の分析調査を開始した。その結果の一部については既に報告したが⁴⁾、今回は昭和60年5月から同63年2月までの調査結果について報告する。

方 法

1. 調査期間

昭和60年5月から同63年2月までの2年10ヶ月間である。

2. 試料採取場所

札幌市市街地を中心とした、A～Vの22ヶ所の井戸である。Fig. 1にこれらの地理的位置を示す。また各井戸の掘削深度及びストレーナ位置は前報⁴⁾に示したとおりである。ただし井戸Uについては、調査期間内に揚水不能となったため、昭和61年2月から近傍の井戸U'から試料を採取する

こととした。この井戸U'の掘削深度等は不明である。

なお、22ヶ所の井戸のうち、飲用を主目的とするものは二、三に過ぎず、大多数の井戸は工場用、浴場用等の業務用井戸である。

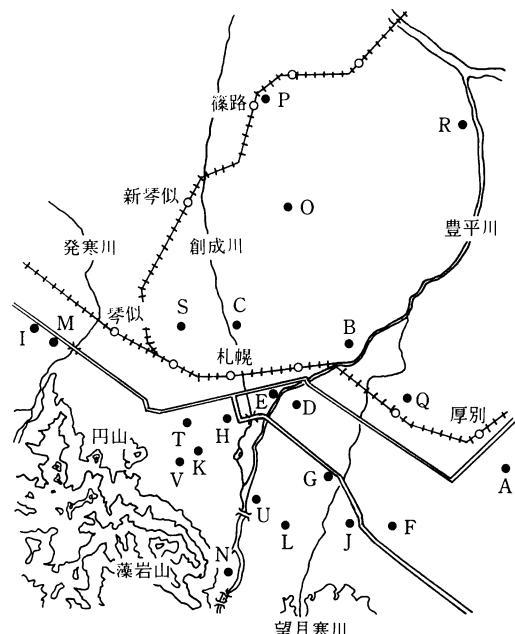


Fig. 1 Sampling points of groundwater

3. 地下水試料の採取

地下水試料は、昭和60年5, 8, 11月、同61年2, 5, 8, 11月、同62年2, 5, 8, 11月及び同63年2月の計12

回、それぞれ各井戸から採取した。地下水は、十分に揚水したのち、溶存酸素びん中に採取し、密栓して速やかに実験室にもち帰り、分析に供した。

4. 低沸点有機塩素化合物の分析

本調査で分析した化学物質は、クロロホルム、四塩化炭素、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及び1, 1, 1-トリクロロエタンの5種類である。分析方法、使用機器等は前報⁴⁾と同様である。

結 果

各地下水試料中の、クロロホルム、四塩化炭素、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及び1, 1, 1-トリクロロエタン濃度を、Table 1~5にそれぞれ示す。5種類の低沸点有機塩素化合物の検出頻度は、クロロホルム12.3%，四塩化炭素43.1%，トリクロロエチレン17.3%，テトラクロロエチレン50.4%，1, 1, 1-トリクロロエタン32.3%であった。

個々の井戸についてみた場合、検出された低沸点有機塩素化合物の種類は、調査期間中それぞれほぼ一定していた。その地下水中に5種類の化合物の全てが検出された井戸

は、豊平川扇状地上に位置するDのみであった。この井戸を含め、豊平川及び発寒川両扇状地上に位置する井戸の地下水中には、例外なく何れかの低沸点有機塩素化合物が検出され、複数の化合物を含むものが大半であった。また、市の中心部から比較的離れた地区に存在する7ヶ所の井戸(A, F, O, P, Q, R, S)の地下水からは、低沸点有機塩素化合物は検出されなかった。これらの傾向は、前報⁴⁾で示した結果と同様である。

調査期間中における各井戸の地下水中低沸点有機塩素化合物濃度は、試料採取時期により多少の変動を示したが、季節による規則的な変動は特に認められず、次に述べるような二、三の例外を除いては、ほぼ一定レベルで推移していた。

井戸B及び井戸Dの地下水中トリクロロエチレン濃度には、顕著な経時変化が認められた。昭和58年11月から同63年2月までのそれらの濃度変化をFig. 2に示す。特に、前者のトリクロロエチレン濃度は昭和60年5月以降急激に増加し、同61年11月には69μg/lに達した。しかしそれをピークとして、その後は急速に減少している。また後者のそれは約2年間で20μg/lから2~3 μg/l程度へと減少し

Table 1 Concentration of chloroform in groundwater

Sampling point	Chloroform (μg/l)											
	May 85	Aug. 85	Nov. 85	Feb. 86	May 86	Aug. 86	Nov. 86	Feb. 87	May 87	Aug. 87	Nov. 87	Feb. 88
A	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D	2	1	1	1	1	ND		1	ND	1	1	
E	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND
F	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	1	ND	ND	ND
H	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
J	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
K	ND	1	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1
L	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
M	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
N	1	1	ND	1	1	ND	1	ND	ND	ND	1	1
O	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
P	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Q	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
R	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
T	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
U	ND	ND	ND		3	2	2	2	3	1	1	1
V	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: Below the value of lower limit of determination, 1μg/l

Table 2 Concentration of carbon tetrachloride in groundwater

Sampling point	Carbon tetrachloride ($\mu\text{g/l}$)											
	May 85	Aug. 85	Nov. 85	Feb. 86	May 86	Aug. 86	Nov. 86	Feb. 87	May 87	Aug. 87	Nov. 87	Feb. 88
A	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B	ND	ND	ND	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	ND	ND	ND	ND
C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D	0.11	0.11	0.12	0.16	0.12	0.18	0.14	0.13	0.11	0.12	0.07	0.08
E	ND	ND	ND	0.02	ND	0.01	ND	0.02	0.02	0.05	0.01	0.01
F	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	ND	ND	ND
H	0.02	0.02	0.03	ND	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01
I	0.08	0.06	0.09	0.13	0.09	0.10	0.09	0.16	0.10	0.14	0.10	0.10
J	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
K	0.17	0.12	0.15	0.16	0.12	0.14	0.12	0.15	0.12	0.23	0.12	0.12
L	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.05	0.03	0.04
M	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
N	0.06	0.07	0.04	0.07	0.04	0.03	0.02	0.04	0.05	0.11	0.05	0.04
O	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
P	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Q	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
R	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
T	0.42	0.31	0.12	0.46	0.37	0.42	0.37	0.44	0.28	0.48	0.28	0.31
U	0.02	0.02	0.02		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
U'												
V	0.07	0.05	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.06	0.06	0.12	0.07	0.10

ND: Below the value of lower limit of determination, $0.01\mu\text{g/l}$

Table 3 Concentration of trichloroethylene in groundwater

Sampling point	Trichloroethylene ($\mu\text{g/l}$)											
	May 85	Aug. 85	Nov. 85	Feb. 86	May 86	Aug. 86	Nov. 86	Feb. 87	May 87	Aug. 87	Nov. 87	Feb. 88
A	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B	3.9	14.4	25.2	33.5	38.5	51.0	69.0	40.0	35.0	29.5	20.0	12.3
C	ND	ND	0.8	0.5	ND	ND	0.5	0.5	ND	ND	ND	ND
D	9.7	4.8	4.1	3.2	2.9	2.7	3.0	2.8	2.1	2.5	2.6	2.4
E	ND	ND	ND	ND	ND	1.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G	12.1	8.3	6.1	9.4	4.4	9.5	9.7	12.0	3.7	6.5	12.2	8.0
H	0.5	0.5	0.5	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.6
I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
J	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
K	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
M	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
N	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
O	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
P	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Q	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
R	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
T	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
U	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
U'												
V	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: Below the value of lower limit of determination, $0.5\mu\text{g/l}$

Table 4 Concentration of tetrachloroethylene in groundwater

Sampling point	Tetrachloroethylene ($\mu\text{g/l}$)											
	May 85	Aug. 85	Nov. 85	Feb. 86	May 86	Aug. 86	Nov. 86	Feb. 87	May 87	Aug. 87	Nov. 87	Feb. 88
A	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C	0.3	0.2	0.3	0.2	ND	ND	0.2	0.2	ND	ND	ND	ND
D	4.2	3.7	4.4	4.2	4.3	4.3	4.4	4.7	4.1	5.0	4.0	4.6
E	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G	46.0	36.8	23.2	39.6	18.5	35.7	43.4	42.6	16.6	29.0	34.8	28.4
H	10.4	11.0	12.4	18.1	14.9	14.7	15.4	15.8	8.3	15.4	9.7	6.8
I	11.2	8.1	9.7	16.1	12.0	14.6	16.4	29.2	15.8	14.4	13.0	14.2
J	ND	0.2	0.1	ND	0.1	ND	ND	0.1	ND	0.1	ND	ND
K	14.0	9.0	9.8	12.6	9.3	12.4	12.2	14.2	9.8	12.0	10.6	10.3
L	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
M	20.8	16.4	13.5	18.1	17.8	15.8	19.4	22.4	9.2	10.2	11.5	18.2
N	0.6	0.7	0.9	0.8	0.7	0.6	0.8	0.7	0.5	0.8	0.7	0.7
O	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
P	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Q	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
R	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
T	3.3	2.7	5.1	4.5	4.5	6.3	5.6	7.3	9.8	6.5	5.3	3.5
U	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
U'												
V	2.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.0	0.8	0.8	0.8	0.9	0.7	0.9

ND : Below the value of lower limit of determination, $0.1\mu\text{g/l}$

Table 5 Concentration of 1, 1, 1-trichloroethane in groundwater

Sampling point	1, 1, 1-Trichloroethane ($\mu\text{g/l}$)											
	May 85	Aug. 85	Nov. 85	Feb. 86	May 86	Aug. 86	Nov. 86	Feb. 87	May 87	Aug. 87	Nov. 87	Feb. 88
A	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	ND	ND	ND	ND	ND
E	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G	1.3	0.5	0.3	0.5	0.8	0.8	0.1	0.3	0.4	0.3	0.1	0.4
H	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	ND	ND	ND	ND
I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
J	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
K	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2
L	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	ND
M	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
N	0.2	0.2	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3
O	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
P	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Q	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
R	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
T	0.8	0.6	0.9	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.3	0.6	0.4	0.3
U	ND	ND	ND		12.5	11.0	16.4	17.5	22.8	21.8	22.0	15.2
U'	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	0.2	0.2
V	ND	ND	ND	ND								

ND : Below the value of lower limit of determination, $0.1\mu\text{g/l}$

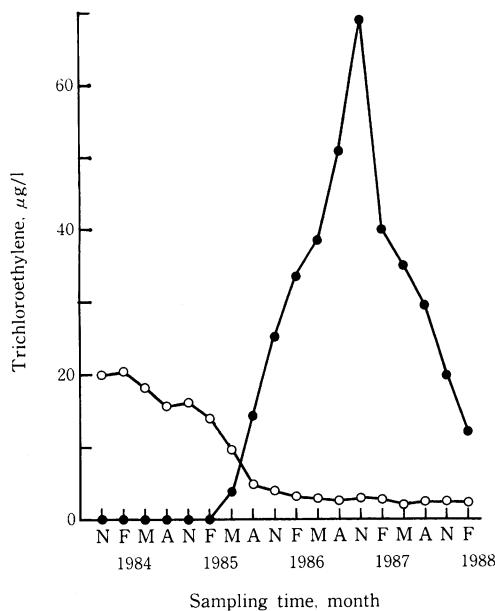


Fig. 2 Change in concentration of trichloroethylene between Nov. 1983 and Feb. 1988
Sampling point: ● B, ○ D

た。一般にこれらの化学物質によって地下水が汚染された場合、その回復には長期間を要すると考えられている。この2ヶ所の井戸で認められた急速な濃度の増減は、それが何に起因したものかは明らかではないが、興味深い例である。

一方、G, H, I, K 及び M の5ヶ所の井戸の地下水中テトラクロロエチレン濃度がWHO⁵⁾及び厚生省⁶⁾による暫定水質基準値、10µg/lを超えていた。このうち、H, I 及び K の3ヶ所の井戸では、昭和59年以前の値は基準値には達しておらず、それらの地下水中テトラクロロエチレン濃度は徐々に増加する傾向にあるといえる。

有機塩素化合物の地下水中への侵入過程として、直接地表から土壤に侵入する経路、表流水あるいは大気を経由して侵入する経路が考えられているが⁷⁾、その汚染機構は現在でもなお明らかではない。

これらの化学物質による地下水汚染対策は現在全国的な課題とされており、その使用や管理、環境への排出等に関する指導・規制が強化されているものの、今後も十分な監視が必要であろう。

要 約

昭和60年5月から同63年2月までの2年10ヶ月間、低沸

点有機塩素化合物による地下水汚染の実態を知るため、札幌市内の22ヶ所の井戸から採取した計260の地下水試料について5種類の化合物濃度を調べた。

低沸点有機塩素化合物の検出頻度は、テトラクロロエチレン(50.4%)、四塩化炭素(43.1%)、1,1,1-トリクロロエタン(32.3%)、トリクロロエチレン(17.3%)、クロロホルム(12.3%)の順であった。

2ヶ所の井戸について、その地下水中トリクロロエチレン濃度が急速に増減する現象が認められた。また、他の幾つかの井戸の地下水中テトラクロロエチレン濃度が漸増の傾向にあった。

文 献

- 1) 杉戸大作: 水道協会雑誌, 52 (10), 53 (1983)
- 2) 佐谷戸安好: 変異源と毒性(第7集), 65, フジテクノシステム, 東京 (1979)
- 3) 松下秀鶴監修: 化学物質の発癌・変異原生データ集1, アイビーシー, 東京 (1983)
- 4) 伊藤八十男他: 道衛研所報, 35, 56 (1985)
- 5) WHO: Guidelines for Drinking Water Quality (1984)
- 6) 厚生省環境衛生局水道環境部長通知(環水第15号): 「水道におけるトリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及び1,1,1-トリクロロエタン対策について」, 昭和59年2月18日付 (1984)
- 7) 中杉修身: 公害と対策, 23, 941 (1987)

英 文 要 約

The concentrations of five volatile chlorinated organic compounds in the groundwater in Sapporo were examined. The samples were taken from 22 wells periodically between May 1985 and Feb. 1988.

The frequency of detection of each compound was as follows: chloroform 12.3%, carbon tetrachloride 43.1% trichloroethylene 17.3%, tetrachloroethylene 50.4% 1,1,1-trichloroethane 32.3%.

The concentration of trichloroethylene in the groundwater taken from two wells rapidly changed in above period. The trend of gradual increase in the concentration of tetrachloroethylene was observed in the other several wells.

Key Words: Chloroform; carbon tetrachloride; trichloroethylene; tetrachloroethylene; 1,1,1-trichloroethane; groundwater in Sapporo