

地下水中の化学物質 (その1)

渡 辺 正 子

要 旨

都内の地下水中のハロゲン含有直鎖炭化水素、芳香族炭化水素、酸素含有直鎖炭化水素、多価アルコールの32物質について調査を行ったところ、次の点が明らかになった。

①測定した化学物質のうち検出頻度が高かったのはトリクロロエチレン等の脱脂用溶剤とその分解産物であったが、これまで報告事例の少ないクロロホルムが最も検出頻度が高かった。

②酸素含有直鎖化合物や多価アルコールはほとんど検出されなかった。

③武蔵野台地と沖積低地の地下水を比較すると、武蔵野台地の地下水の方が化学物質の検出頻度ははるかに高い。この原因は地形と地質によるものと推定された。

キーワード：地下水汚染、低沸点有機塩素化合物、クロロホルム、武蔵野台地、沖積低地

Chemical Substances in Undergroundwater (Part 1)

Masako Watanabe

Summary

Halogenated hydrocarbon, Aromatic-hydrocarbon, Oxygen-hydrocarbon and Polyhydric alcohols were measured in undergroundwater. The following results were obtained.

① Fat removal solvent (trichloroethylene, etc) and their decomposition were detected with high frequency. Chloroform was the most frequent.

② Oxygen-hydrocarbon and Polyhydric alcohols were scarcely detected

③ The amount of chemical substances in undergroundwater of Musashino plateau was considerably high compared to Alluvial lowland .

This is supposed to be caused by topography, geology.

Keywords: pollution of undergroundwater, volatile chlorinated organic compound, chloroform, Musashino plateau, alluvial lowland

1 はじめに

東京都では、1995年3月に「東京都有害化学物質対策基本方針」を定め、都内における使用実態等をふまえ、131種類の化学物質を要管理物質として指定している。これらの化学物質の地下水中の濃度は、法律に基づき、定期的に監視されている23項目を除き、ほとんど測定されていない。このため、所では、1996年度から1999年度の4カ年で、これらの化学物質の地下水における濃度を明らかにすることとしている。

1996年度は、このうちハロゲン含有直鎖炭化水素、芳香族炭化水素、酸素含有直鎖炭化水素、多価アルコールの32物質を分析した。また、汚染原因を推定するため、電気伝導度等の水質の基本的成分と地下水の存在地点の地形や地質の関係も考察した。

2 調査方法

(1) 調査地点と時期

調査対象井戸は、都内の地下水の状況が把握できるように約16km²のメッシュから一地点以上、合計84カ所を選び出した。その内湧水は5地点である。調査は96年10

月から11月に行なった。図1に調査地点とその地点の標高を示した。

(2) 測定項目と方法

試料をバイアルビンと1ℓのガラスビンに採取し、保冷庫（5℃以下）に入れて持ち帰り、水質の主要な項目について分析した。

化学物質の分析方法は表1に、また化学物質名、検出下限、検出範囲、検出地点数などを表2に示した。検出地点は検出下限値を超えた地点である。

化学物質のうち、ハロゲン含有直鎖炭化水素と芳香族炭化水素化合物は持ち帰り後、直ちにパージ&トラップGC-MS装置で分析を行なった。酸素含有直鎖炭化水素、多価アルコールについては、冷蔵保存後、1週間以内に分析した。

(3) 井戸情報

調査時に現場で、井戸の位置と構造を確認し、可能な井戸については、指示式水位計を用い井戸深と地下水位を測定した。同時に聞き取り調査を行い、用途や水量に

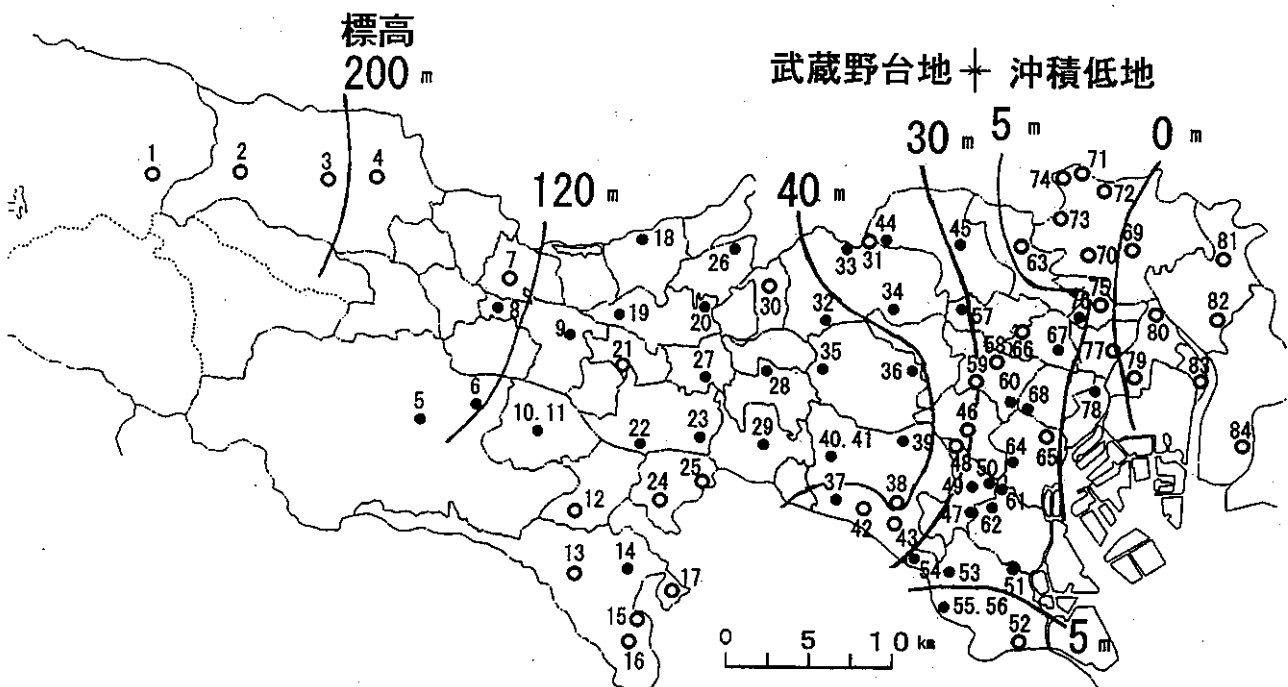


図1 調査地点

○印は調査地点
●印は検出地点

表1 分析方法の一覧表

A. ハロゲン含有直鎖炭化水素と芳香族炭化水素	
1)	試料の調整 バージ&トラップ装置用バイアルピンに検水を採集
2)	分析装置 バージ&トラップ装置 Tekmar 3000J VOCAB 3000 GC-MS装置 オートマス システムII カラム DB1301 60m 昇温条件 40C 7min 5C/min 180C 0min
4)	方法 上水試験方法(95年) 検水中の揮発性化合物をバージして気相に追い出し、トラップ管に濃縮する。 トラップ管を加熱してGC-MS装置に導入する。 化合物に特有な選択的フラグメントイオンと保持時間から物質を同定する。
B. 酸素含有直鎖炭化水素	
1)	試料の調整 バージ&トラップ装置用バイアルピンに検水を採集
2)	分析装置と 分析条件 バージ&トラップ装置 Tekmar 3000J VOCAB 3000 GC-MS装置 オートマス システムII カラム DB1301 60m 昇温条件 40C 7min 5C/min 180C 0min
4)	方法 平成7年度 化学物質分析法開発調査報告書 環境庁環境保険部環境安全課 検水中の揮発性化合物をバージして気相に追い出し、トラップ管に濃縮する。 トラップ管を加熱してGC-MS装置に導入する。 化合物に特有な選択的フラグメントイオンと保持時間から物質を同定する。
C. 多価アルコール	
1)	試料の調整 試料溶液200mlをロータリーエバポレーターで10mlに濃縮 2%フェニルホウ酸を加え、フェニルホウ酸エステルにする。 n-ヘキサンで抽出する。
2)	分析装置 GC-MS装置 JMS-AX505W カラム DB5 30m 昇温条件 60C 0min 10C/min 200C 3min
4)	方法 三重県環境科学センター研究報告 第7号 (1987) 化合物に特有な選択的フラグメントイオンと保持時間から物質を同定する。 ethyleneglicol 148 propyleneglicol 147

ついて情報を得た。

3 結果及び考察

(1) 地下水の状況

22カ所 (No.9, 31, 34, 35, 41, 42, 44, 45, 48, 49, 55, 56, 57, 61, 68, 70, 73, 79, 80, 81, 82, 83) の井戸については、浴場、工場等の事業者が所有しており、洗浄水用や防災用として主に用いられていた。深さは30m以上の井戸であり、深層地下水と推定された。

残りの11地点の井戸では、地下水位と井戸深が測定できた。武蔵野台地上 (No.6, 20, 21, 37, 38, 53, 60, 65) の井戸深は7から16mであり、低地 (No.52, 69, 84) の井戸深は3から4mであった。5カ所 (No.10, 11, 33, 46, 62) の湧水地点は、崖下であり、崖の高さは5から10mであった。また、No.64は湧水が観察された地点である。

46カ所の井戸水は、個人が生活や小規模の事業に使用し

ており、井戸の構造等から、井戸深は15m以下と推定できた。以上の合計62カ所の井戸は浅層地下水と推定される。

(2) 調査地域と帯水層

調査地点84カ所は図1に示すように武蔵野台地とそれに続く沖積低地に多く分布している。武蔵野台地上の井戸の所在地の標高は、青梅付近で標高200m、立川付近で120m、杉並、練馬、世田谷区で40mであり、東に向かって緩やかに傾き、その東端はJR山の手線 西日暮里駅付近で20mである。武蔵野台地東側の沖積低地は平坦で、井戸の所在地の標高は5m以下である。図2に板橋区向原二丁目から江戸川区北小岩の東西地質断面図³⁾ (東京都土木研究所資料) を示した。

図2に示したように、武蔵野台地の滞水層は、関東ローム層の下にある段丘礫層等の礫層である。段丘礫層は北区田端付近の崖で途切れている。また筆者は、武蔵野

表2 地下水中の化学物質の濃度 (μg/l)

		検出下限	検出範囲 μg/l	検出地点数	環境基準値 μg/l
A. ハロゲン含有直鎖炭化水素と芳香族炭化水素					
1	1, 1-Dichloroethylene	1 μg/l	<1 ~14	7	20
2	Dichloromethane	1 μg/l	<1	0	20
3	trans-1, 2-Dichloroethylene	1 μg/l	<1 ~7. 6	3	
4	cis-1, 2-Dichloroethylene	1 μg/l	<1 ~6 9 0	14	40
5	chloroform	1 μg/l	<1 ~2 7	29	
6	1, 1, 1-trichloroethane	1 μg/l	<1 ~2 9	12	1000
7	Tetrachloromethane	1 μg/l	<1 ~4. 4	3	2
8	1, 2-Dichloroethane	1 μg/l	<1	0	4
9	Benzene	1 μg/l	<1	0	10
10	Trichloroethylene	1 μg/l	<1 ~4 0 0	24	30
11	1, 2-Dichloropropane	1 μg/l	<1	0	
12	Bromodichloromethane	1 μg/l	<1 ~1 2	3	
13	cis-1, 3-Dichloropropane	1 μg/l	<1	0	2
14	Toluene	1 μg/l	<1 ~ 2. 2	1	
15	trans-1, 3-Dichloropropane	1 μg/l	<1	0	2
16	1, 1, 2-trichloroethane	1 μg/l	<1 ~6. 4	2	6
17	Tetrachloroethylene	1 μg/l	<1 ~1 6 0 0	21	10
18	Dibromochloromethane	1 μg/l	<1 ~1 0	3	
19	m-Xylene	1 μg/l	<1	0	
20	p-Xylene	1 μg/l	<1	0	
21	o-Xylene	1 μg/l	<1	0	
22	Bromoform	1 μg/l	<1 ~1. 9	1	
23	1, 4-Dichlorobenzene	1 μg/l	<1	0	
B 酸素含有直鎖炭化水素					
24	n-Hexane	1 μg/l	<1	0	
25	acetone	1 μg/l	<1	0	
26	ethyl-asetate	1 μg/l	<1	0	
27	methyl-ethyl-ketone	1 μg/l	<1	0	
28	n-butanol	1 μg/l	<1	0	
29	methyl-iso-butyl-ketone	1 μg/l	<1	0	
30	butyl-asetate	1 μg/l	<1 ~15	1	
C. 多価アルコール					
31	ethyleneglucol	10 μg/l	<10 ~13	1	
32	propyreneglucol	10 μg/l	<10	0	

台地における有機塩素系溶剤による地下水汚染の調査を行い、関東ローム層中に粘土層はほとんど存在せず、汚染物質は下方に移動し易いことを報告⁴⁾した。

それに対して、江戸川区北小岩付近の沖積低地は砂層の下に、シルト層（難透水性である。）が互層となっており、降雨が浸透しにくい地質である。

(3) 地下水中の化学物質の検出状況

表2と3に調査した化学物質の種類と検出範囲を示すとともに、検出地点を図1に黒丸で示した。

ア ハロゲン含有直鎖炭化水素と芳香族炭化水素

表2、3から分かるように、低沸点有機塩素化合物であるクロロホルム、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、cisジクロロエチレン、1,1-ジクロロエチレンは多くの地点で検出され、

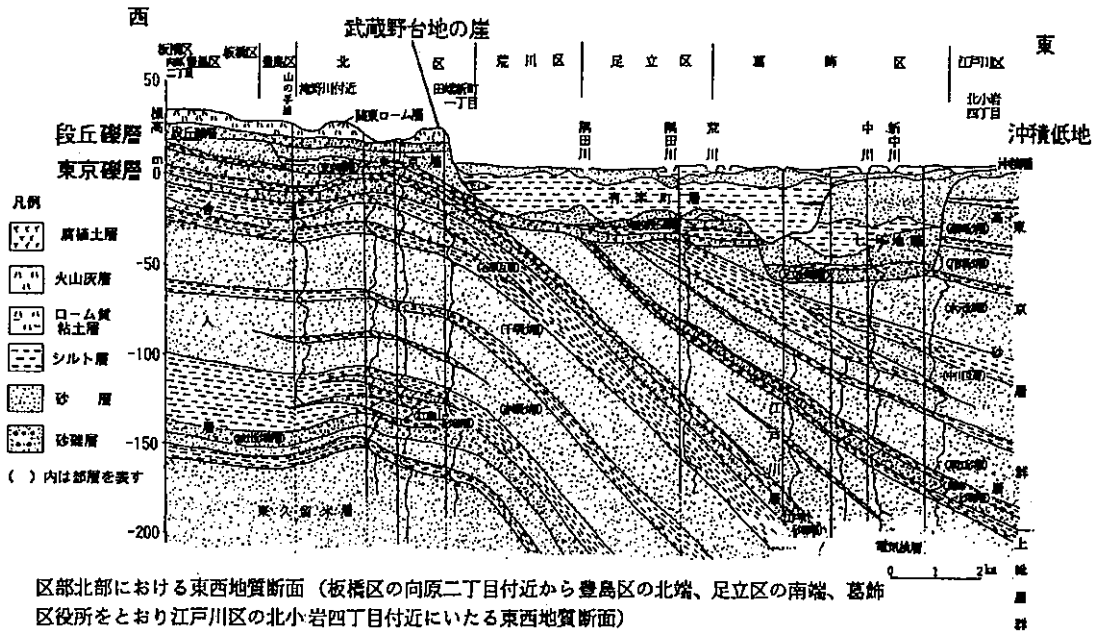
テトラクロロエチレンは1000μg/lを超える地点もあった。また、これらの化学物質は単独では検出されず、複数の化学物質が同時に検出される地点が多かった。

クロロホルム以外の物質は、脱脂溶剤として広く使用されている物質と、その土壤中の分解産物であり、これまでも各地で地下水汚染が問題となっている化学物質である。また、クロロホルムについては、これまでも報告例も少なく情報も余りない。今後、その由来等を検討する必要があると考える。

また、No.78では、トルエンが検出された。

イ 酸素含有直鎖炭化水素及び多価アルコール

酸素含有直鎖化合物と多価アルコールとしては、酢酸ブチルとエチレングルコールが1カ所で検出されたのみである。このうちエチレングルコールの検出地点1カ所は休業中の給油所であり、自動車で使用される不凍液の



区部北部における東西地質断面（板橋区に向原二丁目付近から豊島区の北端、足立区の南端、葛飾区役所をとり江戸川区の北小岩四丁目付近にいたる東西地質断面）

図2 地質断面図（東京区部の大深度地下盤
東京都土木研究所年報 平成8年度）

浸透が原因と推定される。

(4) 化学物質の検出地点の分布

化学物質が検出された地点は、標高120m~30mにかけての武蔵野台地の浅層地下水が25地点と多い。低地では、沖積低地は1カ所（図1、No.78）と多摩川低地の（No.50, 51）2カ所の計3カ所である。

地下水汚染が少ないのは、武蔵野台地の西部と区部東部の沖積低地である。武蔵野台地の西部は標高200m付近は山間部であり、人口も事業所も少ない。しかし、区部東部の沖積低地は、人口も事業所も多数ありながら、地下水汚染はほとんど見られなかった。

(5) 地下水の性状

図3においては、調査地点の地下水の電気伝導度（単位 μS ）が、400 μS を超える地点を曲線で囲んで示した。これらの地点の標高は、No.40を除き、いずれも5m以下である。ほとんどの地域は、図1で示した沖積低地内である。

図3に代表的な地点のヘキサダイアグラムを付記した。ヘキサダイアグラムは3本の座標軸の左側に陽イオンを、右側に陰イオンのミリグラム等量数を目盛り、各点を結んだもので、その形と大きさにより、地下水系が区分

きる。また硝酸イオンは黒く塗りつぶした。沖積低地の地下水（No.78）は、硝酸イオンは少なかったが、陽イオンも陰イオンも多く、形が膨らみ、大きい。武蔵野台地の地下水（No.4, 9, 18）は、沖積低地に比べ、形と大きさが異なった。

このように電気伝導度とヘキサダイアグラムから、武蔵野台地の砂礫層中の地下水系と、軟弱な砂や粘土中の沖積層の地下水系が区別できた。

(6) 地下水汚染の地域特性

武蔵野台地と沖積低地の地下水を比較すると、武蔵野台地の地下水の方が化学物質の検出頻度ははるかに高かった。化学物質の使用工場、事務所は沖積低地にも立地しているため、3(2)に述べたように、両地域の地形と地質の違いが、この原因と推定される。

地質断面図から、武蔵野台地の段丘礫層は、田端や西日暮里付近の崖で、途切れ、その下の東京礫層は深く傾斜している。電気伝導度、ヘキサダイアグラム等の水の性状や、地質と地形から、両地区の地下水系は異なると推定された。

武蔵野台地は、関東ローム層の下の砂礫層に滞水層があり、汚染物質は容易に下方へ移動し易いと推定される。沖積低地は、シルト層が存在し、雨水が浸透しにくく、

表3 化学物質の検出地点と濃度 (μg/l)

調査地点			検出化学物質の番号															
番号	区分		1	3	4	5	6	7	10	11	12	14	16	17	18	22	30	31
5	北浅川平地	八王子市			3.6	1.7	3.1	1.2	4.3					29				
6	北浅川平地	八王子市			1.3	1	1.4		25					4.2				
8	◎	立川市											6.4				15	
9	○	立川市					14		12									
10	日野台地浅	日野市	16		110	7.2	29		190					52				
11	日野台地浅	日野市	4.4		19	7.8	7.3		64					13				
14	相模原台地	町田市																13
19	◎	小平市			2.2		12		32					3.4				
20	◎	小平市	3.2		3	2	27		56	1.7				6.1				
22	◎	府中市							1.6					2.9				
23	◎	府中市			1.6				16					33				
26	◎	東久留米市				1.7	1.3		9.5									
27	◎	小金井市												3.1				
28	◎	三鷹市				2.6			10					91				
29	◎	調布市							1.2									
32	◎	練馬区	1.1			5	7.3		50					8.2				
33	◎	練馬区				4.8			11					16				
34	○	杉並区				5.2		4.4										
35	○	杉並区				20					3.9			6.7	1.1			
36	◎	杉並区				25												
37	◎	世田谷区							9.3									
39	◎	世田谷区				3.9												
40	◎	世田谷区			220	6			38									
41	○	世田谷区			2	2								61				
44	○	板橋区						3.6										
45	○	板橋区				6			160					370				
47	◎	目黒区				1.9												
49	○	目黒区				8.9								4.7				
50	◎	目黒区	2.5	6.9	790				510					1.8	1600			
51	◎	大田区				1.5												
53	◎	大田区				22												
54	◎	大田区				3.8												
55	多摩川低地	大田区	7.4	2.9	360		13		220					880				
56	多摩川低地	大田区	14	7.6	690		10		130					650				
57	○	豊島区				27			1.1									
60	◎	新宿区				4.3								6.8				
61	○	品川区				18					12				10	1.9		
62	◎	品川区			7.1	6.9	6.3		400									
64	◎	港区				1.4												
67	◎	文京区				1.1												
68	○	千代田区			1.6	12			3.1		9.8			3.91	5.6			
76	◎	荒川区				3.3			16									
78	沖積低地	中央区										2.2						
合計43		地点数計	7	3	14	29	12	3	24	2	3	1	2	21	3	1	1	1

注) 地点数N○は図1と同じ
 化学物質N○は表2と同じ
 区分欄の ○ 武蔵野台地 深層地下水
 ◎ 武蔵野台地 浅層地下水

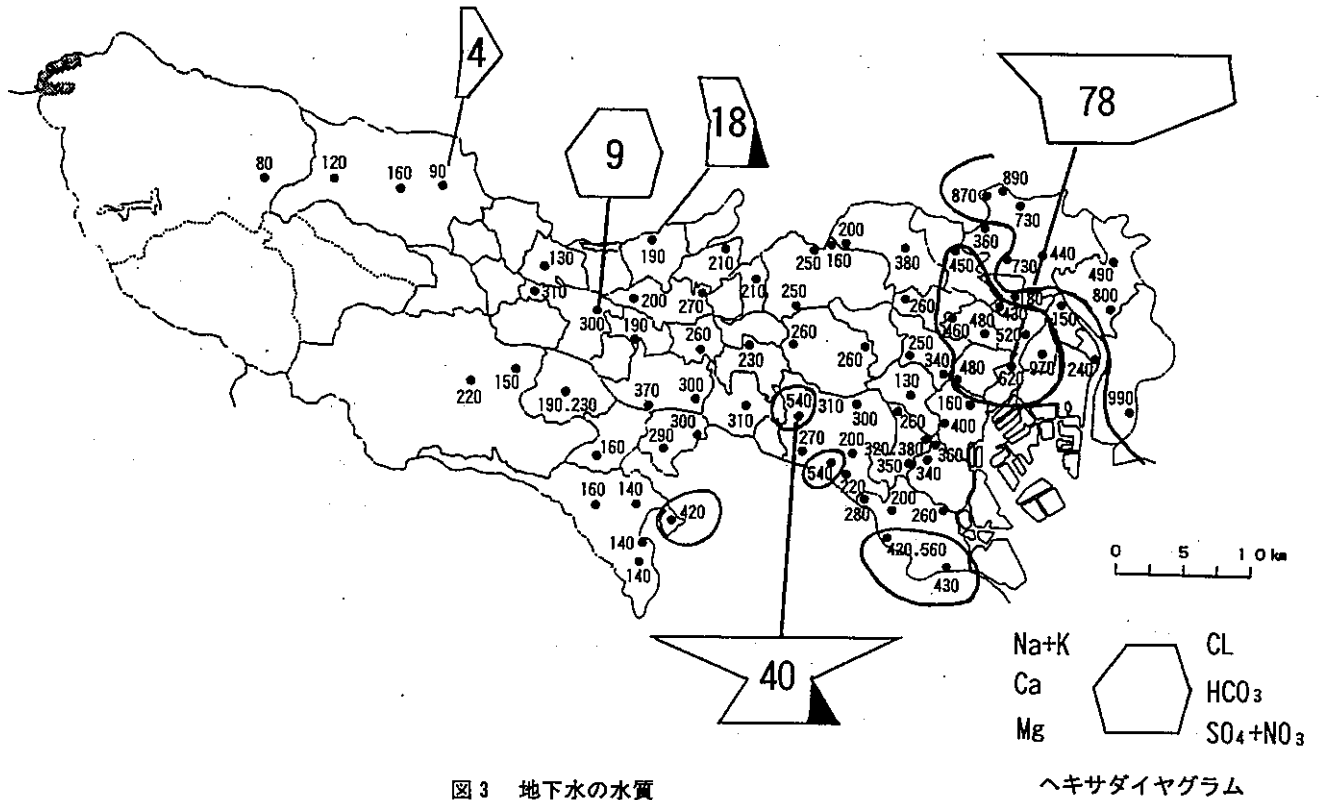


図3 地下水の水質

数字は電気伝導度 μS
 ヘキサダイアグラム 内の数字は調査地点番号

汚染物質の移動は容易でなく、地下水汚染が生じにくいと推定される。このことから、今回の調査でも、沖積低地では化学物質による地下水汚染が検出されなかったものと思われる。

4 おわりに

これまで報告事例の少ないクロロホルムが、29地点で検出されているが、その濃度範囲は1~27 $\mu\text{g}/\text{l}$ であり、指針値の60 $\mu\text{g}/\text{l}$ には達していない。しかし、単独で検出されている地点も多く、都内の化学物質の使用実態や、地形との関連について検討する必要がある。

この研究結果をふまえて、今後は、他の有害化学物質の測定を行い、化学物質による地下水汚染の実態を更に明らかにしたい。

- 2) 早川修二：ガスクロマトグラフ質量分析法による環境中のC2~C4ジオールの定量 三重県環境科学センター研究報告 第7号 p.51~56 (1987)
- 3) 遠藤 毅：東京区部の大深度地下地盤 東京都土木研究所年報 平成8年 p.201~216
- 4) 渡辺正子ら：地下水汚染の機構解明に関する研究 (その3) 東京都環境科学研究所年報 (1993) p.87~94

引用文献

- 1) 門上 希和夫：北九州市内の地下水の微量化学物質調査について、第30回日本水環境学会年会講演集 p.192 (1996)