

## 札幌市内の家庭用井戸の水質検査結果 (1993年度～1997年度)

沢田 孝子 菅原 雅哉 山本 正昭 向原 紀彦 藤田 晃三

### 要 旨

1993年度から1997年度までの5年間に検査依頼のあった一般家庭用井水の水質検査結果は、水道水、業務用井水に比べ飲用不適率が高く、排水や施肥等に由来すると考えられる硝酸性窒素、大腸菌群による汚染が市内周辺部の広範囲に認められた。

各区分の水質は市内の地下水群ごとに顕著な特性がみられ、北区、東区は鉄、色度が高く、厚別区、豊平区は硝酸性窒素が高かった。

### 1. 緒 言

札幌市は、豊平川扇状地を開け地下水が豊富であったことから、1965年頃までは地下水利用人口が水道利用人口を上回っていた。しかし、水道が100%近く普及し、また、地盤沈下防止の観点から1988年に「地下水節水指導要綱」が施行されたことから、地下水利用量は低減した。

札幌市が、1994年度～1996年度に行った地下水収支調査によると1990年以降市内の地下水揚水量は、年間約4000万 $m^3$ 前後で推移し、大きな増減は見られない。札幌市における地下水揚水量を用途別にみると、約70%は空調などの建物用であり、残り約30%は工業用となっており、飲用に使用されている地下水は約1%にすぎない<sup>1)</sup>。

しかし、「美味しい水」志向から井水の飲用を続ける市民は多く、また、阪神淡路大震災で水道水が給水停止し復旧に時間を要したことから、札幌市でも、地下水を災害応急時に緊急用水源として活用するための調査が現在進められている。

一般に地下水は水質良好であると考えられているが、近年では農地の窒素肥料、宅地化による生活雑排水、テトラクロロエチレン等の有機塩素化合物な

どによる地下水汚染が全国的に問題となっている。

札幌市では、飲用に用いる井水等の安全性確保のため、1995年10月に「札幌市給水設備の構造及び維持管理等に関する指導要綱」(以下「給水指導要綱」)を一部改正し、業務用井戸及び一戸建てを除く住居用井戸のすべてに対し、塩素滅菌器の設置、定期的水質検査の実施等の指導を行っている。

しかし、市内に約1800ある一般家庭用井戸は要綱対象外であり、浅井戸は地表水等周辺環境の影響を受けやすく、また大部分が滅菌されていないことから水質の安全性が懸念される。

札幌市衛生研究所では、市民等からの依頼により業務用井水、簡易専用水道水、一般家庭用井水等の飲用水検査を年間約1000件行っているが、このうち一般家庭用井水の過去5年間の水質検査結果について検討したので、その概要について報告する。

### 2. 方 法

#### 2-1 試 料

1993年度から1997年度の5年間に市民等から検査依頼のあった一般家庭用井水896検体。

## 2-2 検査項目

一般細菌，大腸菌群，硝酸性及び亜硝酸性窒素(以下硝酸性窒素等)，塩素イオン，過マンガン酸カリウム消費量(以下有機物等)，pH，色度，濁度，臭気，味，鉄，残留塩素の12項目。

分析法は上水試験方法<sup>2)</sup>によった。但し，大腸菌群検査は，1995年度まではLB-BGLB法で，1996年度以降はMMO-MUG法で分析した。

## 3. 結果および考察

### 3-1 検査件数及び飲用不適合数

5年間における飲用水検査依頼数は，4411件であり，これを水道水(専用水道水，簡易専用水道水，市水道水)と井水に分け，さらに井水を業務用と一般家庭用に分類し，各年度ごとの検査数及び飲用不適合数を表-1に示した。

表-1 検査件数及び飲用不適合数

(年度)		1993	1994	1995	1996	1997	計
検査件数	総計	829	998	932	935	717	4411
	水道水	321	397	351	260	156	1485
	井水	495	584	554	660	545	2838
	(業務用井水)	339	435	382	380	445	1942
	(家庭用井水)	156	188	172	280	100	896
その他	13	17	27	15	16	88	
不適合件数	総計	175	221	193	240	126	955
	水道水	71	78	65	38	11	263
	井水	104	138	119	194	108	663
	(業務用井水)	61	73	65	91	57	347
	(家庭用井水)	43	65	54	103	51	316
その他	0	5	9	8	7	29	
飲用不適合率	総計	21.1	22.1	20.7	25.7	17.6	21.7
	水道水	22.1	19.6	18.5	14.6	7.1	17.7
	井水	21.0	23.6	21.5	29.4	19.8	23.4
	(業務用井水)	18.0	18.4	17.0	23.9	12.8	17.9
	(家庭用井水)	27.6	34.6	31.4	36.8	51.0	35.3
その他	-	29.4	33.3	53.3	43.8	33.0	

5年間に検査依頼を受けた一般家庭用井水は896件で，そのうち316件が水道法に定める水質基準に不適合であり，飲用不適合率は35.3%であった。これは同時期に依頼を受けた水道水の不適率17.7%，業

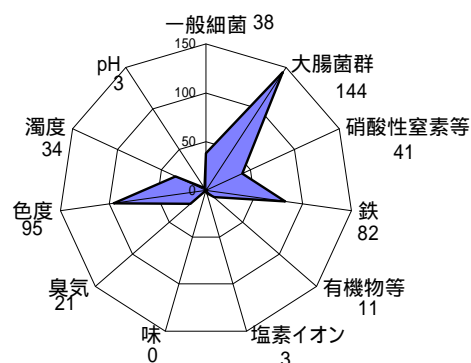
務用井水の不適率17.9%に比べ，統計的に有為に高い値であった。(<sup>2</sup>検定：P<0.001)

一般家庭用井水の検査依頼数は，1996年度に急増しているが，これは同年に全国的に発生した病原性大腸菌による下痢症の影響を受けたものと思われる。

### 3-2 飲用不適合項目

一般家庭用井水における5年間の検査項目別の飲用不適合数を図-1に示した。

業務用井水は，給水指導要綱で塩素滅菌が義務づけられているが，家庭用井水は，大部分が滅菌されておらず残留塩素が検出された検体はわずか4.6%であった。このため，大腸菌群の不適合数が一番多く144件で，次いで色度95件，鉄82件，硝酸性窒素等41件の順であった。逆に不適合数の少ない項目は，味，pH，塩素イオンであった。



目は，味，pH，塩素イオンであった。

図-1 一般家庭用井水の項目別飲用不適合件数

### 3-3 各項目間の相関

硝酸性窒素等，塩素イオン，有機物等，pH，色度，濁度，鉄の7項目について項目間の相関を表-2に示す。

表-2 各項目間の相関

	硝酸性窒素等	塩素イオン	有機物等	鉄	色度	濁度	pH
硝酸性窒素等	1.00						
塩素イオン	0.20	1.00					
有機物等	-0.16	0.00	1.00				
鉄	-0.21	0.01	0.17	1.00			
色度	-0.30	-0.01	0.32	0.77	1.00		
濁度	-0.11	0.04	0.09	0.58	0.30	1.00	
pH	-0.50	-0.10	0.20	0.12	0.27	-0.02	1.00

鉄と色度，濁度の2項目については比較的高い相関を示したが，他の項目の相関は低かった。硝酸性窒素等については塩素イオン以外のすべての項目との間に負の相関を示した。

益田ら<sup>3)</sup>は，水道統計による全国の地下水のデータについて，硝酸性窒素等による地下水汚染の主成分分析を行い，硝酸性窒素等は第2主成分とは負の相関があり，地下水の水質を特徴づける主要な水質項目であると述べているが，札幌市の5年間のデータでも同様の傾向がみられた。

### 3-4 札幌市の地下水の概要

札幌市内の地下水群は，かつて札幌経済協議会<sup>4)</sup>により詳細に調査されており，また，伊藤ら<sup>5)</sup>によって主要陰イオン濃度の変動から，豊平川扇状地，東部台地，北部泥炭地，発寒川扇状地，西部山麓の5つの地下水群に分類されている。(図-2)

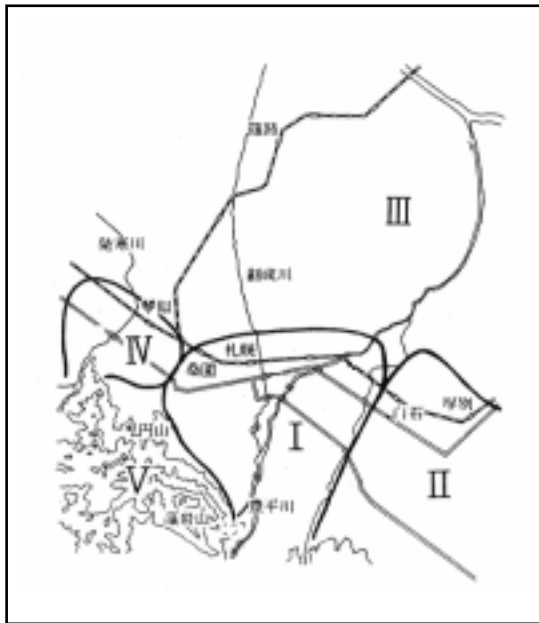


図-2 札幌市内の地下水群

札幌市の地下水流動機構は，地下水収支調査結果によると，豊平川扇状地では，河川水位が地下水水位より高く河川水の地下水かん養が報告されており，この地域では地下水が豊平川水質の影響を強く受けているものと思われる。また，地下水の流れは南

北方向が卓越し，扇状地の南部で，札幌面と平岸面の地下水位は一部不連続であることが報告されている。

### 3-5 区別の水質結果

市内9区(清田区は豊平区に含む。)の5年間の水質検査結果を表-3に示す。

各区における各項目の平均値を，全区の平均値との比で示すと図-3のとおりである。

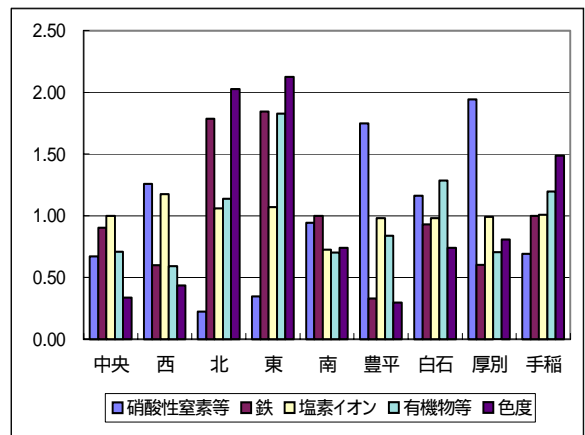


図-3 各区水質の全平均値との比

各区の水質は，位置する地下水群によって顕著な特性がみられた。

北部泥炭地地下水群の北区，東区は，鉄と色度が高く，硝酸性窒素等は平均より極めて低い傾向にあった。東区では，中沼，東雁来で有機物等が高く，このため平均値が高くなっている。

東部台地地下水群である豊平区，厚別区は硝酸性窒素等が高く，特に厚別区では平均の2倍もの高濃度であった。

豊平川扇状地地下水群の西側に位置する中央区，南区は，各項目とも平均値以下であるが，東側に位置する白石区は，有機物等と硝酸性窒素等が平均を超えており，札幌面と平岸面で地下水位の不連続であることがうかがわれる。

発寒川扇状地地下水群に位置する西区は，塩素イオンが高い傾向がみられた。

西部山麓地下水群は，西区，中央区，南区にまたがる山麓部で，この地域では大腸菌群が検出される

検体が多くなっていた。

表-3 札幌市内各区分の水質検査結果

区	検体数	大腸菌群 違反数	硝酸性窒素等		鉄		塩素イオン		有機物等		色度	
			Max.-Min.	Av.	Max.-Min.	Av.	Max.-Min.	Av.	Max.-Min.	Av.	Max.-Min.	Av.
中央	73	11	6.97-<0.02	1.98	4.74-<0.03	0.19	73.6-6.1	18.1	14.3-<0.1	1.5	10-0	1.1
北	69	6	7.88-<0.02	0.66	2.43-<0.03	0.38	77.2-4.7	19.2	7.1-<0.1	2.3	33-0	6.8
西	161	29	9.84-<0.02	3.71	1.84-<0.03	0.13	85.1-5.0	21.3	5.2-<0.1	1.2	27-0	1.5
東	76	7	6.51-<0.02	1.02	4.36-<0.03	0.39	80.8-4.4	19.4	17.1-<0.1	3.7	42-0	7.1
南	179	34	19.0-<0.02	2.78	4.08-<0.03	0.21	279-3.4	13.2	5.9-<0.1	1.4	43-0	2.5
豊平	140	26	17.9-<0.02	5.15	2.39-<0.03	0.07	113-4.6	17.8	46.6-<0.1	1.7	21-0	1.0
白石	101	13	14.3-<0.02	3.43	2.01-<0.03	0.20	63.3-4.9	17.8	51.2-<0.1	2.6	19-0	2.5
厚別	68	11	28.8-<0.02	5.73	2.03-<0.03	0.13	45.4-6.0	18.0	6.6-<0.1	1.4	25-0	2.7
手稲	29	7	8.70-<0.02	2.03	1.43-<0.03	0.21	79.5-4.6	18.3	6.1-<0.1	2.4	20-0	5.0
全区	896	144		2.95		0.21		18.1		2.1		3.4

### 3-6 地下水の汚染状況

地下水の汚染状況を、大腸菌群、硝酸性窒素等、有機物等から検討した。5年間に大腸菌群が検出された地点と、硝酸性窒素等及び有機物等が飲用基準を超過した地点を別図に示す。

大腸菌群、硝酸性窒素等による地下水汚染は市内周辺部の広範囲に広がっている。

#### (1) 大腸菌群

大腸菌群は、糞便性汚染の指標とされてきたが、大腸菌群の中には土壌等自然由来によるものが存在し、糞便性汚染の確認のためには大腸菌(E.coli)の同定等が必要である。

大腸菌群試験法の検討のために、1995年度の検体で行った大腸菌群の菌種の同定では、大腸菌群陽性の検体のうち大腸菌陽性は15.5%であった<sup>6)</sup>。

今回は、大腸菌群陽性が人為的な地下水汚染によるものかどうかを硝酸性窒素等及び有機物等の検査結果と合わせて検討した。

大腸菌群陽性だった144件のうち、硝酸性窒素等及び有機物等が飲用基準の50%以下のものは95件であり、これらについては糞便性汚染ではない可能性が大きい。上記144件のうち硝酸性窒素等が飲用基準の50%を超えた検体は42件(29.2%)、有機物等が飲用基準の50%を超えた検体は8件(5.6%)であった。

区別に、大腸菌群陽性検体において、硝酸性窒素

等及び有機物等が飲用基準の50%を超過した割合を図-4に示す。

北区、東区は、大腸菌群陽性の検体で有機物等、硝酸性窒素等が高濃度のものはない。

西区、厚別区では、大腸菌群陽性検体の40%が硝酸性窒素等5mg/Lを超過しており、白石区、豊平区、南区では約20%が超過していた。

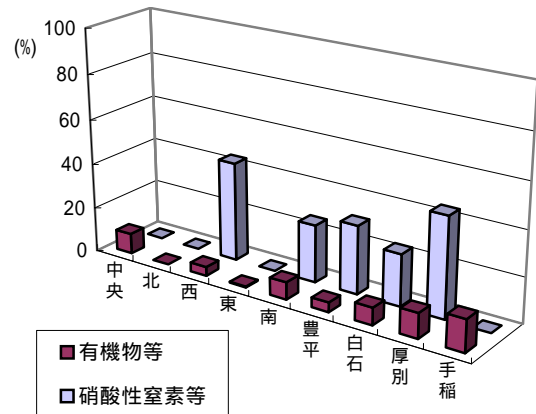


図-4 大腸菌群陽性検体の硝酸性窒素等および有機物等が基準の50%を超過した割合

#### (2) 硝酸性窒素等

硝酸性窒素等による地下水汚染は、農地等に散布される窒素肥料、家畜の糞尿、下水排水、雨水中の窒素酸化物など様々な原因が挙げられる。

市内各区における硝酸性窒素等の5年間の結果を濃度階級別の累積頻度で表わしたものを、図-5に示

す。

平均濃度の高い厚別区，豊平区は，約 50%の検体が 5mg/L を超え，10mg/L を超える高濃度の検体も 15%あった。白石区は，70%の検体が 5mg/L 以下であるが 10mg/L を超える検体が 15%あり，西区は 10mg/L を超える検体は 3%であるが 5mg/L から 10 mg/L までの検体が多く，硝酸性窒素等の平均値が高めになっている。北区と東区は約 90%が 2mg/L 以下であった。

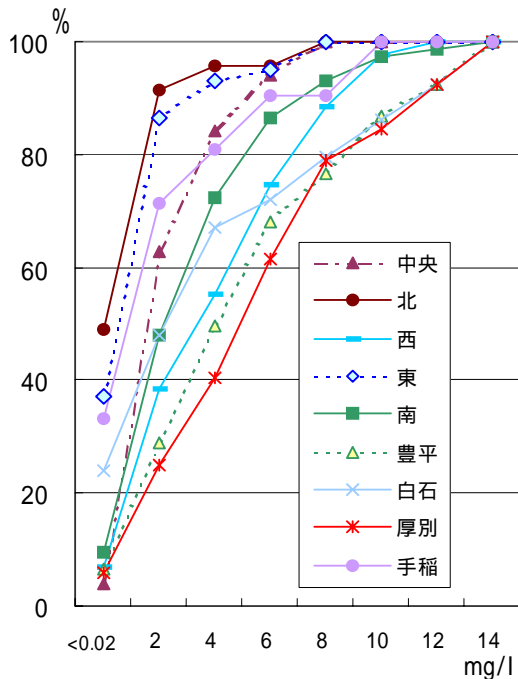


図-5 硝酸性窒素等の累積頻度分布

水中の硝酸性窒素は，過去に有機物質の汚染があった場合は塩素イオンと高い相関を示すと考えられていた<sup>7)</sup>。

各区の硝酸性窒素等が 5mg/L を超えた検体における硝酸性窒素等と塩素イオンの相関を表-4 に示す。(検体数の少ない北，東，手稲区は除く。)

表-4 硝酸性窒素等と塩素イオンの相関

区	中央	西	南	豊平	白石	厚別
	0.498	0.184	0.201	0.645	0.166	0.705

厚別区と豊平区の相関がやや高いが全体に顕著な相関はみられなかった。

硝酸性窒素等が飲用基準を超えた検体は 41 件あり，これを 1997 年時点の周辺環境別に図-6 に示す。

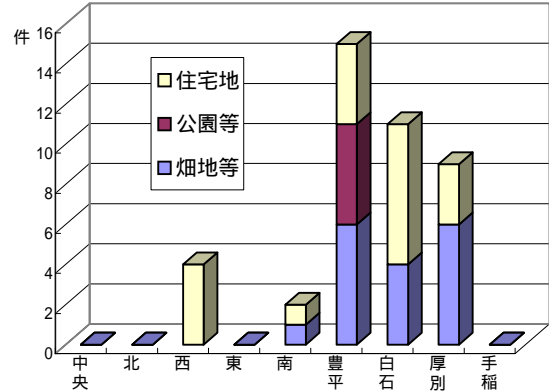


図-6 硝酸性窒素が基準を超えた検体の周辺環境

41 件の内訳は，畑地等 19 件，公園等 5 件，住宅地等 17 件になっており，区別にみると，厚別区，豊平区は大部分が畑地あるいは公園等で，高濃度の硝酸性窒素等は窒素肥料の施肥による影響が大きいと考えられる。西区，白石区は大部分が住宅地であり雑排水などの影響が強いと考えられる。

### (3) 地下水汚染地域

大腸菌群と硝酸性窒素等の結果から特に地下水汚染が懸念される地域は，西区，南区の山麓部，豊平区羊ヶ丘周辺，南区豊平川上流部であり，大腸菌群と有機物等の結果から地下水汚染が懸念される地域は，南区常磐，白石区東米里，手稲区山口，中央区円山西町である。これらの地域は，市街化調整区域で公共下水道が未整備か，ここ数年の間に新たに下水道が整備された地域である。

また，西区発寒，山の手，厚別区厚別駅近隣，白石区本通，南区真駒内など古くから市街地であった地域にも汚染井戸が点在していた。これらの地域には，過去に畜舎，埋立地などの汚染源があったことが考えられる。

施肥による硝酸性窒素の汚染が懸念される地域は，周辺環境が畑地，公園等である厚別区厚別東，豊平

区西岡，月寒東，清田区平岡などである。

#### 4. 結 語

1993年度から1997年度の5年間に検査依頼のあった一般家庭用井水の検査結果について検討した。

飲用不適率は35.3%で，水道水，業務用井水に比べて高く，大部分が塩素滅菌を施されていないため大腸菌群の不適合が多かった。

区別の水質は，札幌市内の地下水群別に顕著な特性がみられ，特に北区，東区は鉄，色度が高く，厚別区，豊平区は硝酸性窒素等が高かった。豊平川扇状地に位置する中央区は，河川水の地下水かん養の影響を強く受けていると考えられた。

大腸菌群と硝酸性窒素等の検査結果から地下水汚染を検討したところ，下水道整備の遅れた市内周辺部に，生活雑排水などに起因すると考えられる汚染が認められた。また，周辺環境が畑地や大規模公園の地域では窒素肥料の施肥の影響と思われる硝酸性窒素等の汚染が認められた。

今回は，依頼検査を受けた井水の一般的項目から，札幌市内の地下水汚染を検討したが，生活雑排水や

施肥など汚染原因を特定するためには，金属イオンや陰イオン類など多項目のデータから検討する必要がある。また，有機塩素化合物や農薬など新たな地下水汚染も問題となってきたおり，札幌市の地下水水質を総合的に検討するため，1998年からは多項目のデータを集積中である。

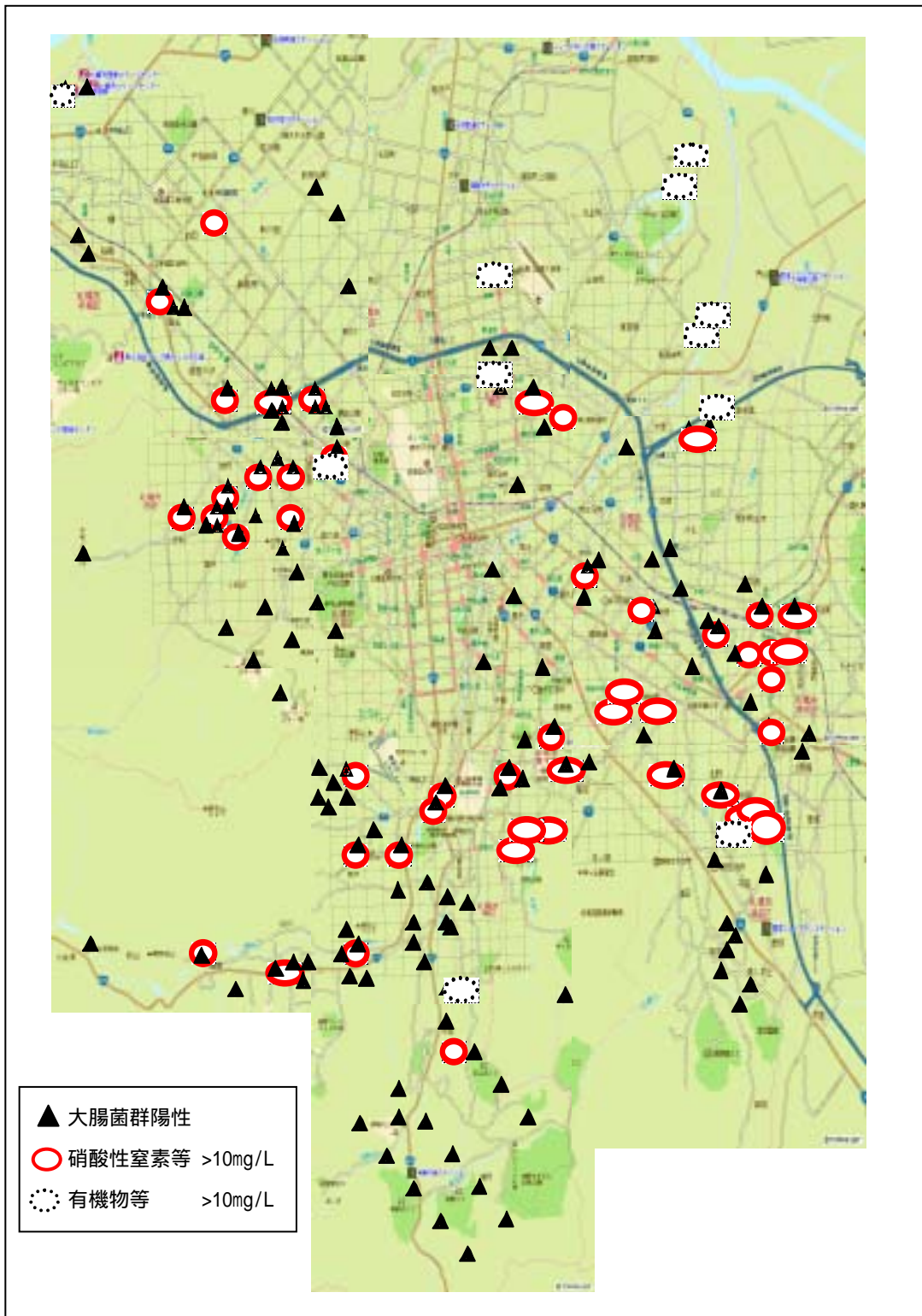
#### 5. 文 献

- 1)札幌市環境局：平成8年度札幌市地下水収支調査報告書（概要版），1997
- 2)厚生省生活衛生局水道環境部監修：上水試験方法，日本水道協会，1993.
- 3)益田 光，他：水道協会雑誌，64,29-37,1995
- 4)札幌市水道局：豊平川扇状地地下水調査報告，札幌経済協議会，1963
- 5)伊藤 八十男，他：北海道立衛生研究所年報,31, 83-37,1981
- 6)沢田 孝子，他：札幌市衛生研究所年報,23, 64-69, 1996
- 7)日本薬学会：衛生試験法・注解,1990

## Quality of Well Water for Domestic Use in Sapporo City from 1993 to 1997

Takako Sawada, Masaya Sugawara, Masaaki Yamamoto,  
Norihiko Mukaihara and Kozo Fujita

For 5 years from 1993 to 1997, quality of well water for domestic use was examined in Sapporo. The unsuitable rate of the water examined for drinking was higher than supply water and well water for business. Pollution with the nitric acid nitrogen and the coliform group bacteria, which are thought to be due to the drainage, the fertilization and so on, was widely seen in suburban area in Sapporo. The characteristic of the water quality in each Ward of Sapporo reflected conspicuously every underground water group of the city. Iron and color were highly seen in the water of Kita and Higasi Ward. Nitric acid nitrogen was highly seen in the water of Atubetu and Toyohira Ward.



別図 札幌市内の大腸菌群，硝酸性窒素等，有機物等による地下水汚染