

II-44

旭川地区の地下水(II)

北海道大学工学部 正員 橋 治国
 北海道大学工学部 黒木拓也
 北海道立地下資源調査所 正員 深見浩司

1. 緒言

地下水質は、地表水と異なり地質や人為汚染の影響を受け易く、一旦変化するとその改善は困難である。また地下水質は、地下水の流れの変化にも敏感である。地下水の汲み上げや水脈の切断は、ドラスティックにまで水質を変えてしまうこともある。地下水の利用は、あくまでも慎重でなければならない。

本研究は、上川盆地西端の旭川市とその周辺部の地下水質の現況を調査し、その特徴を明らかにするとともに、上記のような認識のもとで、過去の資料との比較から水質変化の実態と原因を明らかにすることにある。本報告では、今後の解析の基本となる分析データを呈示し、さらにデータの一般的特徴と代表成分についての経時変化とその原因についての検討した。本地区の水位変動については第1報でまとめた。¹⁾

2. 研究方法

2.1 調査対象区域

旭川市を中心として、市内と郊外の民間と市の井戸34ヶ所を対象とした。井戸の位置は、過去²⁾³⁾⁴⁾の調査地点を参考に、旭川地区全体の地下水質を把握できるように選択した。調査井戸は、地域の特徴や地形・地質を参考に4グループに区分した。図1に、旭川地区の概略と調査地点を示した。

2.2 調査方法

地下水調査は、1989年8月19日～24日と同年10月19日～24日の2回に分けて実施した。現場では、地下水位や温度のほか、pH、2価鉄、色度、溶存酸素などの測定を行った。採取した試料は、分析を行うまで、冷凍あるいは酸処理を施して保存した。化学分析は、現場分析成分のほか、一般成分(COD、塩化物イオン Cl^- 、硫酸イオン SO_4^{2-} 、アルカリ度 4.3Bx 、比色珪酸 SiO_2 、ナトリウム Na^+ 、カリウム K^+ 、カルシウム Ca^{2+} 、マグネシウム Mg^{2+})、重金属成分(鉄 Fe^{2+} 、 Fe 、マンガン(Mn)、亜鉛 Zn)そして栄養塩(アンモニア態窒素 NH_4^+-N 、亜硝酸態窒素 NO_2^--N 、硝酸態窒素 NO_3^--N 、全窒素 TN 、全リン TP)など25項目について、比色分析や原子吸光分析など常法に基づいて行った。

3. 地下水質分析結果

旭川地区の地下水質分析結果の例を表1に示した。調査地点番号は、図1中の地点番号と対応している。

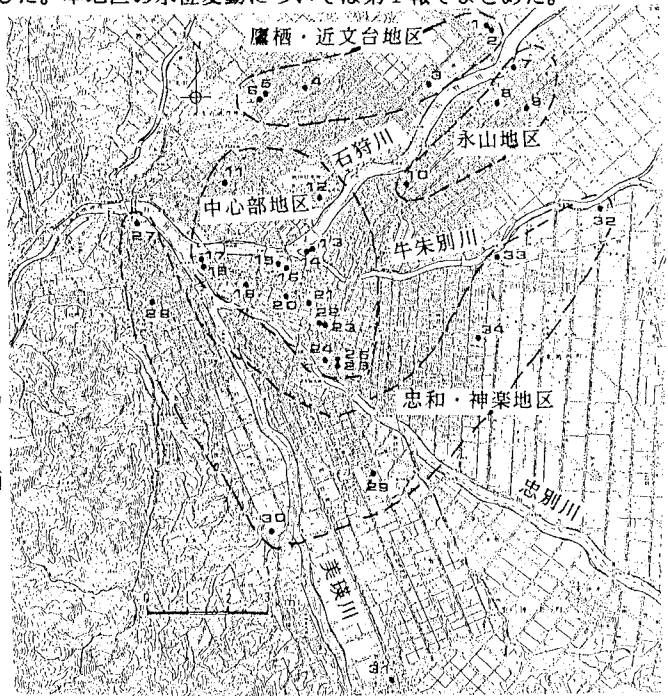


図1 旭川地区の概況と調査地点

表 1 旭川地区の地下水質分析結果の例

1989年 月日	水温 ℃	pH	色度 μHo/cm	電気伝導度 μS/cm	溶存酸素 %	KMnO ₄ 消費量 mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	4-JBx mg/l	SiO ₂ mg/l	Fe ²⁺ mg/l	Pb mg/l	Mn mg/l	Zn mg/l	NH ₄ ⁺ -N mg/l	NO ₃ ⁻ -N mg/l	TiN mg/l	TN mg/l	TP mg/l
<厚幌・近文台地区>																			
1	10.21	10.4	7.6	3.9		5	0.0	9.3	5.2	0.98	0.05	0.10	0.08	0.020	0.08	0.06	0.14	0.19	0.164
2	8.22	10.0	7.8	3.7		3	6.3	9.8	25.0	2.74	0.12	0.12	0.12	0.011	0.14	0.13	0.27	0.27	0.102
3	10.21	11.0	8.2	10.0		30	4.0	15.5	0.9	2.33	0.12	0.13	0.13	0.014	0.08	0.09	0.17	0.17	0.186
4	8.22	12.5	6.1	5.3		84	1.6	9.3	2.3	0.94	0.05	0.30	0.12	0.375	0.01	0.81	0.62	0.85	0.103
5	10.23	11.8	6.0	1.9		145	0.2	12.0	2.1	0.97	0.02	0.08	0.60	0.650	0.01	1.30	1.32	1.89	0.053
6	10.23	10.5	6.0	3.4		90	0.4	5.3	2.0	0.76	0.01	0.06	0.30	0.325	0.03	0.94	0.07	0.12	0.220
<永山地区>																			
7	10.21	11.0	7.0	4.6		293	1.1	7.8	22.9	1.51	0.02	0.14	0.01	0.025	0.00	2.05	2.05	2.80	0.044
8	8.21	11.5	7.8	4.7		208	0.0	13.1	15.4	1.39	0.18	0.13	0.33	0.028	0.23	0.06	0.29	0.29	0.182
9	8.21	10.9	7.2	3.7		137	0.0	3.4	4.9	1.17	50.1	1.18	1.34	0.34	0.02	0.94	0.06	0.07	0.084
10	10.21	10.2	6.7	220		329	5.1	20.6	20.7	2.50	2.66	16.52	0.77	0.013	0.26	0.17	0.43	0.43	0.068
<中心部地区>																			
11	8.24	11.4	7.0	5.6		187	3.0	10.7	0.8	1.79	1.20	1.58	0.80	0.014	0.08	0.04	0.13	0.15	0.172
12	10.24	13.0	6.1	6.3		285	11.3	6.6	1.2	1.13	0.05	0.10	0.21	0.016	0.28	0.11	0.40	0.35	0.203
13	10.19	10.9	6.9	21.2		170	13.0	6.7	8.6	1.47	2.82	4.30	0.59	0.031	0.30	0.13	0.44	0.44	0.170
14	10.19	12.5	6.4	10.2		290	27.7	8.3	<0.2	2.62	0.02	0.06	0.71	0.028	0.30	0.00	0.30	0.30	0.161
15	8.19	10.6	6.9	10.7		297	0.5	22.6	20.4	1.93	4.97	7.16	0.80	0.017	0.19	0.04	0.23	0.24	0.080
16	8.19	12.1	7.7	19.5		337	8.0	35.1	2.2	2.42	0.30	0.58	0.13	0.025	0.28	0.11	0.39	0.39	0.203
17	8.19	12.1	7.7	5.4		291	1	4.4	20.0	2.2	3.83	0.30	0.78	0.008	0.14	0.06	0.22	0.28	0.588
18	8.22	12.2	8.0	4.3		199	5	5.3	13.2	1.66	0.18	0.18	0.08	0.017	0.27	0.05	0.32	0.405	
19	8.24	12.2	6.1	5.8		474	6	9.7	8.6	3.49	18.6	1.09	0.93	0.050	0.23	0.03	0.26	0.26	0.244
20	8.24	10.3	6.2	2.2		148	3.9	10.7	5.8	1.13	48.6	3.51	0.33	0.014	0.17	0.14	0.32	0.32	0.183
21	10.20	9.1	7.5	6.4		188	7.1	10.7	13.0	1.58	32.5	3.51	0.30	0.011	0.01	6.58	6.58	6.58	0.017
22	8.24	10.3	6.2	2.2		385	1.2	19.1	84.2	1.18	33.7	0.02	0.02	0.005	0.59	0.04	0.63	0.63	0.311
23	8.24	12.6	6.4	18.1		1395	7.6	382.5	0.8	2.98	18.0	0.16	0.42	0.025	0.15	0.06	0.23	0.23	0.130
24	10.21	11.0	7.5	5.0		215	2.0	20.3	22.4	1.95	0.88	1.03	0.82	0.035	0.15	0.16	0.31	0.31	0.086
25	10.20	11.3	6.9	17.7		366	1.7	49.0	38.9	2.11	52.2	3.43	0.69	0.014	0.15	0.16	0.31	0.31	0.086
26	10.20	10.3	7.2	12.9		427	0.9	51.0	28.0	2.27	54.4	1.01	0.44	0.014	0.22	0.04	0.26	0.26	0.122
<豊和・神楽地区>																			
27	6.22	12.4	7.5			297	3.8	23.6	8.9	2.21	35.7	0.65	0.89	0.40	0.022	0.20	0.26	0.27	0.744
28	10.24	11.1	7.7	6.6		193	1.3	17.3	2.3	1.94	0.18	0.24	0.30	0.028	0.13	0.03	0.16	0.23	0.287
29	10.19	13.2	6.0	6.9		253	1.6	17.8	3.9	2.96	47.2	0.85	0.05	0.064	0.12	0.02	0.14	0.15	0.299
30	10.23	10.7	8.1	4.7		602	1.5	105.0	1.9	1.41	28.4	0.06	0.06	0.06	0.23	0.14	0.39	0.21	0.180
31	10.23	10.0	6.9	45.4		312	4.9	16.0	14.4	3.02	46.6	3.44	16.42	2.33	0.06	0.06	0.24	0.20	0.115
32	8.21	11.8	7.0	5.2		119	7.9	4.4	2.3	1.10	48.7	1.53	1.61	0.30	0.06	0.04	0.11	0.11	0.112
33	10.24	10.6	7.4	5.1		170	0.2	16.5	2.0	1.54	52.9	0.75	0.93	0.20	0.05	0.11	0.09	0.12	0.203
34	10.23	9.8	7.0	3.5		173	0.0	8.5	12.3	1.13	53.8	0.63	0.60	0.066	0.03	0.87	0.70	0.99	0.071

4. 結果の考察

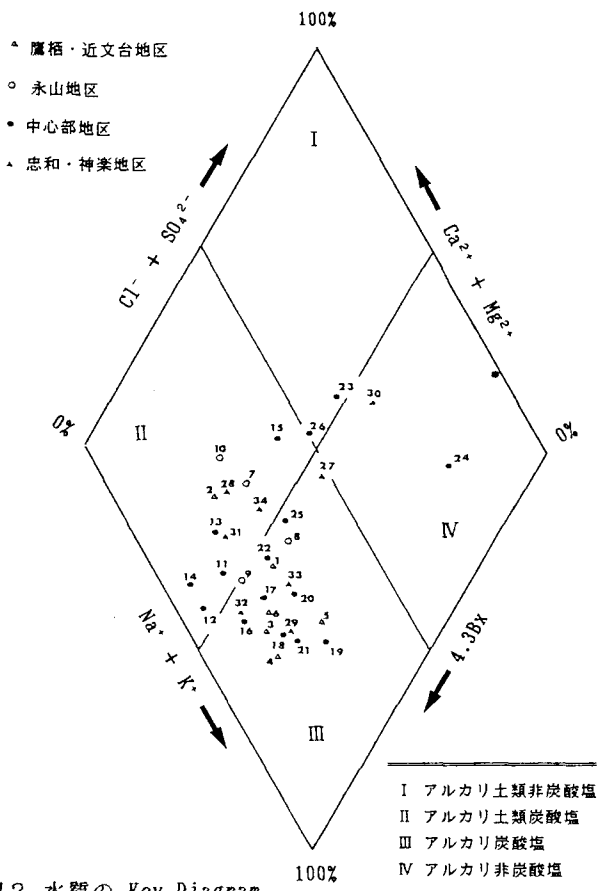
4. 1 Key Diagram による旭川地区の地下水の水質区分 (図2)

多くの地点が、II型<アルカリ土類炭酸塩型>~III型<アルカリ炭酸塩型>の範囲に分布し、1982年に実施された札幌通産局²⁾の調査例とほぼ同じ傾向にある。永山地区はほぼII型の範囲(7~10)に入り比較的新しい地下水であることがわかる。これは石狩川沿いという地理的条件と浅井戸(ストレーナ下端が100m以内)によるためであろう。その他の地区は、IIとIIIの混合型となった。特徴的なのは、IV型<アルカリ非炭酸型>地点(24、30)と、IV型に近いI型<アルカリ土類非炭酸型>地点(23、24)の存在である。化石海水あるいは鉱泉水の侵入が推測される。これらの地点は中心部地区と忠和・神楽地区に分かれるが、比較的近い場所にある。市街地における地下水位低下と関連して、深層地下水の湧出をみたものと推測される。特に深井戸23のCl⁻濃度が高く、今後の監視が必要である。

4. 2 水質汚染の実態

表1より、特異的な水質を示す例を以下にまとめた。【】内は地点番号を示す。《》に特異な水質を示す原因を推測した。

図2 水質の Key Diagram



- ① Cl⁻やCa²⁺など主要無機塩類の濃度が非常に高い。【23、30】《化石海水等の混入》
- ②-1 Fe、Mnなど重金属濃度が高い。Fe【11、13、20、21、32、33】、Mn【2、11、13】《深層地下水の混入(酸素、SO₄²⁻イオン濃度が低い。)- ②-2 Fe、Mnなど重金属濃度が高い。【15、25】《浅・中層地下水の長期貯留と土壌溶出(SO₄²⁻イオン濃度が地表水なみ。)- ②-3 Fe、Mn(特に懸濁態Fe)、Mnなど重金属濃度が高い。【10、31】《深層地下水の地表部酸化》
- ③ KMnO₄消費量が高い。【12、13、14、32】《深層地下水の混入(酸素、SO₄²⁻濃度が低い。)- ④ 窒素特にNO₃⁻-N濃度が高い。【4、5、7、22】《地下水の表層土壌部での汚染(酸素濃度が高い。)- ⑤ Zn亜鉛濃度が高い。【4、5、6】《地下水の地域汚染》
- ⑥ P濃度が高い。【17、18、27】《地下水の地域汚染》

旭川地区の地下水についても、地点、地域によって特異的な水質を形成する。その原因の推定にはより綿密な調査が今後に必要な。しかし現段階においても、化石海水の混入や深層地下水混入によって生ずる水質劣化に対しては全体的な地下水揚水量の調整が、水道水基準に近い硝酸イオン(基準値 10mg/l 中心部地区 地点22)や亜鉛(基準値 1mg/l 鷹栖・近文台地区 地点4~6)を含む井戸に対しては地域的な管理対策が早急に検討される必要がある。高濃度のリンの存在は、土地利用状況と関連しているかも知れない。

4. 3 地下水質の経年変化とその原因

前報¹⁾で述べたように旭川地区の地下水位が揚水によって低下しているのは確実である。また今回の調査で、地下水質にも何かの変化があることも間違いなさそうである。ここでは札幌通産局²⁾が1982年11月8日から11月13日に実施した水質分析結果との比較から、本地区の水質変化について検討を加えた。

図3は、札幌通産局の調査地点と重なる8地点(1、8、9、11、19、23、27、32)について、代表成分の濃度上昇率を示したものである。既に指摘したよう中央部地区地点23の電気伝導度や Cl^- 、 Na^+ 、 Ca^{2+} などの濃度が4～10倍上昇しており、化石海水と推測される深層水の湧出が最近の現象であることがわかる。また19、27、32を除く地点で SO_4^{2-} の比率が1以下になり、 SO_4^{2-} の少ない深層水の比率が増していることが明瞭である。これらは水位低下に伴うものとして評価できる。しかし調査井の水位については忠和・神楽地区の32で大幅な低下を見た以外、そんなに大きくない。これは前報¹⁾で明らかにしたように、深井戸の揚水量の増加による水位の低下が原因で、浅層水に深層水が混入した結果といえる。地点23の大きな変化のほか、地点32の KMnO_4 消費量の増加、地点19、23、27でのFeの増加は、深層地下水の割合の増加に起因しているものといえる。 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ は3～5倍以上の値となっている。原因の一つに1982年調査時の分析精度の問題もあるが、都市井戸の人為汚染の進行を無視できない。

5. 結論

旭川地区地下水の調査を行い、最近の地下水水質の現況を明かにした。分析結果からは、旭川地区の地下水質の劣下が認められ、その傾向は、過去の資料との比較から、水位の低下とともに、かなりのスピードで進行していることが推測された。一部の地点では、回復不可能にまで変化してしまっている。硝酸イオンなど人為汚染の影響も無視できないことがわかった。今後の地下水の利用を慎重に行い、また環境保全に万全の対策が必要である。

謝辞) 本研究を遂行するにあたり、旭川市衛生部公害課、旭川市水道局下水道部のご協力を得た。特に猪川脩係長を始め、亀吉下水処理場の皆様にはお世話になった。ここに記して謝意を表します。

参考文献)

- 1) 深見浩司ほか 「旭川地区の地下水(Ⅰ)」、本論文報告集、1991
- 2) 北海道立地下資源調査所 「北海道水理地質図幅説明書第4号-旭川-」、1967
- 3) 札幌通産局 「昭和57年度旭川地域地下水利用適正化調査報告書水理解析編」、1983
- 4) 北海道立地下資源調査所 「地下水の水位・水質(3)-旭川・富良野地区-」、1983

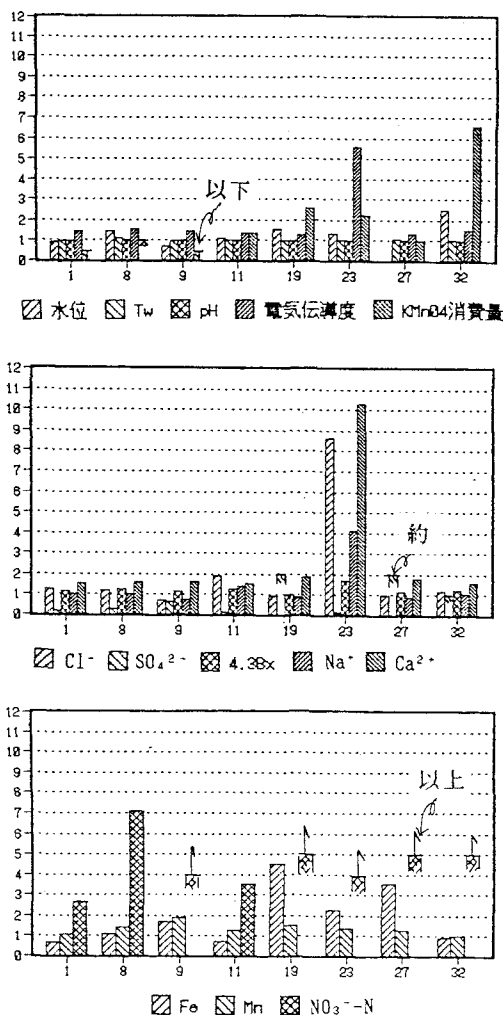


図3 過去の水質との比較
(1989年8～10月の成分濃度)
(1982年11月の成分濃度)