



Title	北海道豊平川上流域における河川の水質特性
Author(s)	芳村, 啓; YOSHIMURA, Hiraku; 浦上, 晃一 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 63, 65-75
Issue Date	2000-03-15
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.63.65
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14286
Type	departmental bulletin paper
File Information	63_p65-75.pdf



北海道豊平川上流域における河川の水質特性

芳村 啓・浦上 晃一

北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻

(2000年1月20日受理)

Geochemical Characteristics of River Water in the Upper Reaches of the Toyohira River, Hokkaido

Hiraku YOSHIMURA and Koichi URAKAMI

Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science,

Hokkaido University

(Received January 20, 2000)

Geochemical and hydrological measurements were made in July and August 1999 in the upper reach of Toyohira river in the southwestern Hokkaido. Discharge and chemical constituents in river water are observed in main stream and tributary streams of Toyohira river to investigate the relationship between the geology and the geological characteristic of river water. The basin is mainly underlain by volcanic rocks of Miocene to Pleistocene age. Chemical concentrations of river waters sampled in August, particularly in small basins of main stream, are higher than those sampled in July. It suggests that the groundwater having low chemical concentration inflows rivers through near surface due to precipitation before the observation in July. The results of chemical analyses show that river waters in main stream have mostly uniform proportion of Cl in anions. However, in small basin of main stream where quartz porphyry is exposed at surface, river waters have higher proportions of Cl as compared with river waters in main stream.

I. ま え が き

渇水期には河川の流量はおもに地下水流出によって維持されている。山地流域では、降雨が地下に浸透し地下水となって河川へ流出するまでの流出経路が平野部に比べて浅くて短いので、小流域の河川水の水質特性がそれぞれの流域の地質構造や岩石の鉱物組成によって変化することが予想される。このような河川の水質と地質との関係を調べるために、1999年7月23日～28日および8月19日～20日に、北海道南西部の豊平川上流部の山地流域において、河川の流量観測や河川水の主要な化学成分の分析などの地球化学的な調査を行った。調査地域内には地熱活動の活

発な地域があり、温泉の湧出や地熱活動にともなった変質帯の分布がみられる。また、下流部には宅地化が進み人家が密集した地域があり、家庭排水の流入によって河川の水質が変化することが考えられるので、地質との関係ばかりでなく地熱活動や人為的な汚染との関係にも注目して調査結果を整理し、この地域の河川の水質特性についてまとめた。

II. 調査流域の概要

調査流域は豊平川上流部の標高 300~1,100 m の山地流域であり、流域面積はおよそ 520 km² である。流域は一部にカラマツやトドマツ、アカエゾマツなどが植林されているところもあるが、多くは広葉樹と針葉樹が混交する自然林となっている。地域内には豊平川本流とこれに流入する小樽内川、白井川、薄別川などの大きな支流があり、これらの河川によって、調査流域を北部の小樽内川流域、東部の冷水沢流域、西部の白井川流域、南西部の薄別川流域、南部の豊平川流域に分け、さらに豊平川流域を豊平川本流域と空沼沢流域とに分けた。小樽内川の下流部に札幌市の水道用水を確保するための定山溪ダムが建設されており、豊平川の豊平峡付近には発電や洪水調節など多目的の豊平峡ダムが建設されている (Fig. 1)。

調査地域は新第三紀中新世の初期から第四紀更新世前半頃まではげしい火山活動が続いたところであり、この年代の地層がほぼ全域を覆っている。土居 (1953) によれば、新第三紀層は、この地域の中央部、北西部および北東部に広く分布し、下位から定山溪層群、滝の沢層群および天狗岳集塊岩層に分けられる。定山溪層群はプロピライト化作用を著しく受けた安山岩質集塊岩および緑色角礫凝灰岩を主体として溶岩流をとまなう白水川層、緑色凝灰岩・頁岩からなり礫岩をとまないプロピライト溶岩を介在する白井川層、これと同時異相の関係にある豊羽層、下部が礫岩・砂岩を主体とし上部になると凝灰質頁岩・緑色凝灰岩が優勢になり石英安山岩溶岩流をとまなう湯の沢層に分けられる。白水川層は薄別川流域南部、豊平川源流域および空沼沢下流部に広く分布し、白井川層は薄別川流域の北部一帯に分布している。豊羽層は白井川上流部に、また、湯の沢層は白井川下流部およびその支流の湯ノ沢の付近に分布している。さらに、これらの定山溪層群を貫いて進入した石英斑岩が定山溪温泉付近に広く分布し、豊平川上流部にも河川に沿って点在している。滝の沢層群は砂岩・泥岩を主体にする一ノ沢層と硬質砂岩・硬質頁岩よりなる板割層に分けられるが、これらは調査地域の北東部、豊平川下流部に分布している。天狗岳集塊岩層は地域の中央部および北東部に広く分布し、火山碎屑物を主体とし、しばしば溶岩流をとまなっている。これらの各地層をおおって、新期の火山岩が溶岩流として溢流し、平坦な山頂をもつ 1,000 m 以上の山系となって地域の南東部および西部にいちじるしい発達をみせている。

この地域では定山溪温泉や薄別温泉などの温泉が川岸に湧出している。定山溪温泉は豊平川の川岸や川底に露出する石英斑岩の割れ目から湧出するナトリウム塩化物泉であり、最高温度が 90℃ に近く、総湧出量はおよそ 0.16 m³/s と推定されている (福富ほか, 1958; 鈴木ほか, 1958)。以前は温泉排水が直接河川へ放出されていたが、現在は下水処理場に送られ下水処理された後、河川へ放流されている。薄別温泉は薄別川の川岸に露出するプロピライトの割れ目から湧出する

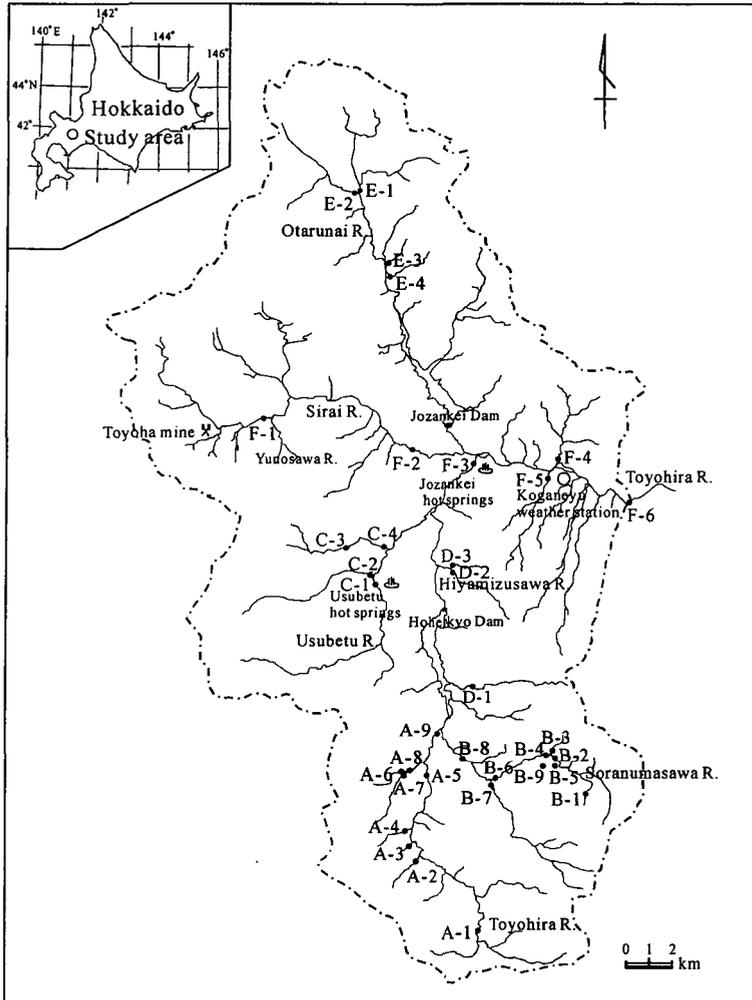


Fig. 1. Map of measurement sites and Koganeyu weather station.

温泉であり、温度がおよそ 35℃ のカルシウム炭酸塩泉である。このほか、かつて豊平峡ダムのやや上流の川岸に低温な炭酸塩泉が湧出していたことが知られている(土居, 1953)。また、豊羽鉱山では岩盤温度が非常に高く、坑内に 70℃ 近い温泉が多量に湧出している。白井川の左岸には湯ノ沢を中心に豊羽鉱山周辺から続く地下高温帯が広がっており、地熱調査のために中心部に掘削された調査井において深度 1,500 m で 308℃ の地中温度が観測されている。また、地下高温帯とその周辺部に地熱活動にともなった変質帯が広がっており、その一部が薄別川の下流部にも分布している。

III. 測定結果および考察

Fig. 1 に示す 33 地点において、1999 年 7 月 23~26 日、8 月 19~20 日に、河川流量、水温、pH、

電気伝導度を測定し、河川水を採取して主要化学成分の分析を行った。Table 1 および Table 2 に測定結果がまとめてある。8 月には流量観測を行っていないが、Table 1 には、各測点の流域面積と 7 月の観測結果から求めた比流量が合わせて示してある。化学成分のうち、Na, K, Mg, Ca, Cl, SO₄ はイオンクロマトグラフィーを用いて測定した。HCO₃⁻ は pH 4.8 のアルカリ度を測定し、CaCO₃ で換算した濃度が用いてある。

豊平川下流部の小金湯で観測されたアメダス（標高 250 m）の記録によると、7 月は調査を開始する前の 7 月 1 日に 23 mm, 13 日から 14 日にかけて 133 mm, 16 日に 10 mm, 18 日に 26 mm の

Table 1. Discharge, specific discharge, water temperature, pH, conductivity and major constituents in river waters measured in July 23-28 1999.

Site	Discharge (m ³ /s)	Area (km ²)	Specific discharge (m ³ /s·100 km ²)	Water Temp. (°C)	pH	Conductivity (μS/m)	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
													(mg/l)
Main stream of Toyohira river													
A-1	0.76	14.25	5.31	11.60	6.43	4.41	2.98	0.57	0.98	4.19	2.08	32.43	3.35
A-2		0.20		9.40	6.26	4.15	2.58	0.44	1.25	2.36	3.08	5.61	10.00
A-3	0.13	2.06	6.16	12.10	6.54	6.08	2.88	0.37	1.63	5.81	2.79	16.52	12.76
A-4	0.19	4.94	3.85	12.90	6.66	4.31	2.86	0.47	1.19	2.93	2.81	4.90	9.46
A-5	1.77	48.38	3.65	14.00	6.71	5.03	3.17	0.51	1.16	4.35	2.70	23.22	7.33
A-6	0.18	6.75	2.69	15.30	6.67	5.87	4.13	0.55	1.35	4.77	6.54	14.11	9.34
A-8	0.25	11.75	2.13	14.60	6.66	5.42	3.71	0.52	1.15	4.02	4.62	17.32	7.56
A-9	2.25	105.33	2.14	14.90	6.88	5.25	3.32	0.57	1.17	4.45	3.03	15.12	8.33
Soranumasawa river													
B-1	0.18	1.81	10.19	9.70	6.23	8.77	3.67	0.76	1.79	9.25	1.98	4.10	30.70
B-2	0.91	14.25	6.38	13.40	6.45	7.49	4.45	0.67	1.59	6.98	2.89	24.82	17.72
B-6	1.66	20.50	8.09	12.50	6.61	7.32	4.47	0.61	1.68	7.18	2.71	29.03	14.33
B-7	0.79	14.88	5.31	12.90	6.65	4.78	3.21	0.56	1.02	4.92	2.52	31.28	3.30
B-8	2.16	40.05	5.40	13.40	6.73	6.70	3.96	0.59	1.48	6.56	3.20	23.92	11.01
Usubetu river													
C-1	0.09	30.75	0.30	19.30	7.24	18.61	8.05	1.10	6.08	18.13	10.04	63.86	33.30
C-2	0.56	16.33	3.41	17.40	6.54	7.55	3.25	0.58	1.85	5.49	3.22	1.30	24.26
C-3	0.18	6.88	2.58	16.10	6.66	5.31	4.10	0.72	1.16	4.18	3.34	15.22	10.93
C-4	0.22	10.87	1.98	19.10	7.11	5.88	4.13	0.69	1.37	4.62	3.94	11.21	12.75
Hiyamizusawa river													
D-1	0.31	8.00	3.92	13.40	7.10	6.28	4.09	0.59	1.51	6.85	3.43	30.63	8.60
D-2	0.07	5.25	1.25	13.80	6.53	5.86	5.17	1.09	1.75	6.51	4.77	37.34	3.26
D-3	0.01	1.18	1.24	13.10	6.95	8.50	6.12	2.26	2.85	6.65	5.92	43.74	5.00
Otarunai river													
E-1	0.34	25.13	1.36	18.60	6.92	5.70	4.93	0.74	1.21	4.05	5.53	24.12	4.82
E-2	0.22	16.88	1.30	19.40	6.98	5.48	4.12	0.56	1.17	4.55	3.65	25.23	5.64
E-3	0.06	4.53	1.23	16.70	6.96	8.08	5.61	0.59	2.01	6.41	5.33	17.02	17.56
E-4		2.75		19.70	6.91	6.18	5.01	0.74	1.52	4.59	4.95	23.62	7.62
Sirai river													
F-2	0.88	91.38	0.96	20.10	7.02	8.41	4.74	0.72	1.76	10.05	4.29	29.23	16.03
F-3		215.89		20.10	6.73	10.43	8.14	1.57	2.76	8.79	8.88	31.13	19.92
F-4		14.13		17.00	6.49	10.55	7.34	0.66	2.93	13.30	5.37	40.74	23.66
F-5		6.88		17.50	6.41	9.81	7.34	1.30	3.75	8.75	5.78	43.14	15.90
F-6		518.84		17.40	6.20	9.80	11.07	1.98	1.63	7.06	17.79	24.62	11.45

Table 2. Water temperature, pH, conductivity, and major constituents in river water, measured in August 19-20, 1999.

Site	Water Temp. (°C)	pH	Conductivity (μ S/m)	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
				(mg/l)						
Main stream of Toyohira river										
A-1	12.70	6.87	4.72	3.17	0.52	0.93	4.37	2.18	30.83	3.61
A-3	13.20	6.78	6.30	2.91	0.37	1.69	6.40	2.94	26.73	12.93
A-4	13.90	6.40	3.94	2.87	0.30	1.19	8.08	3.05	22.42	9.75
A-5	15.10	6.86	4.45	3.30	0.36	1.27	7.36	2.83	32.33	7.39
A-6	15.50	6.75	5.67	4.15	0.50	1.17	8.10	8.56	25.93	10.84
A-7	15.40	6.81	4.45	3.66	0.59	1.04	3.45	3.40	12.91	4.89
A-8	15.80	6.72	5.17	3.61	0.58	1.14	3.77	5.33	10.01	8.20
A-9	15.50	6.88	5.46	3.54	0.62	1.27	5.78	3.39	21.32	9.67
Soranimasawa river										
B-1	11.40	6.44	9.63	3.87	0.56	2.09	11.78	2.34	12.61	34.28
B-2	14.00	6.26	7.84	5.05	0.67	1.82	8.01	3.28	19.02	19.36
B-3	14.70	6.35	6.90	4.15	0.24	1.50	7.01	3.18	28.83	8.26
B-4	14.10	6.87	7.73	4.85	0.41	1.99	12.46	3.57	22.62	19.94
B-5	6.80	6.90	5.60	3.96	0.41	1.21	6.63	3.44	26.33	5.90
B-6	14.10	6.86	8.13	5.00	0.69	1.79	7.87	3.47	26.93	18.12
B-7	13.00	6.97	5.29	3.49	0.44	0.93	7.42	3.10	41.04	3.27
B-8	14.70	6.90	6.50	4.56	0.73	1.44	6.84	3.30	25.03	13.07
B-9	5.60	6.69	6.17	3.77	0.32	1.25	6.58	2.82	32.63	3.90
Usubetu river										
C-1	18.20	7.20	16.57	8.18	1.12	6.58	21.72	10.56	66.67	36.97
C-2	17.10	6.50	8.62	3.79	0.67	2.21	7.53	3.85	4.80	28.46
C-4	16.70	6.84	6.12	4.47	0.77	1.50	4.97	3.79	12.81	14.02
Hiyamizusawa river										
D-1	12.40	7.10	6.61	4.24	0.53	1.40	6.57	3.76	38.24	6.42
D-2	12.30	7.20	7.34	5.33	1.23	1.81	6.99	4.64	34.73	1.59
D-3	11.90	7.06	11.40	6.72	1.64	3.57	9.96	7.24	45.45	11.32
Otarunai river										
E-1	16.00	6.95	5.71	5.12	0.72	1.24	4.42	6.01	21.02	3.97
E-2	16.90	6.95	5.70	4.69	0.61	1.18	5.22	3.80	24.12	7.19
E-3	15.10	6.86	7.92	5.33	0.37	1.93	7.28	5.44	19.82	16.68
E-4	17.00	6.93	6.45	5.24	0.73	1.62	5.92	5.06	26.03	8.02
Sirai river										
F-1	18.30	7.02	11.73	5.63	1.12	1.71	15.25	6.68	26.33	23.69
F-2	17.10	7.05	14.37	7.18	1.04	2.11	16.13	9.93	32.03	29.03
F-3	18.40	7.34	12.37	7.95	1.55	3.12	10.60	9.53	29.93	20.76
F-4	16.60	6.91	12.56	7.67	0.64	3.20	15.11	6.47	43.84	23.81
F-5	15.60	6.95	10.75	7.12	1.30	3.63	9.69	4.98	52.95	10.44
F-6	17.00	7.53	14.65	13.45	2.15	2.08	10.51	21.18	24.72	15.01

Area of basins are A-7 : 5.00 km², B-3 : 2.18 km², B-4 : 14.25 km², B-5 : 0.12 km², F-1 : 29.00 km².

降雨が観測され、調査期間中も最初の2日間に合わせて3mmの弱い降雨が観測されている。その後、7月29日から8月2日にかけて158mmの降雨があり、6日に342mmの降雨があったが、8月の調査前には12日間も降雨のない日が続いた。8月の調査では流量観測を行っていないが、各測点とも川幅が狭く水深が浅くなっており、7月の調査時に比べて明らかに流量が減少していた。

Fig. 2は、7月に測定した河川水の主要化学成分の濃度をヘキサダイアグラムであらわしたものである。図をみると、豊平川本流域のA-2およびA-4では河川水の化学成分濃度が極めて低いことがわかる。これらの測点は上流部の小流域に設けた測点であり、後程述べるように、前日の

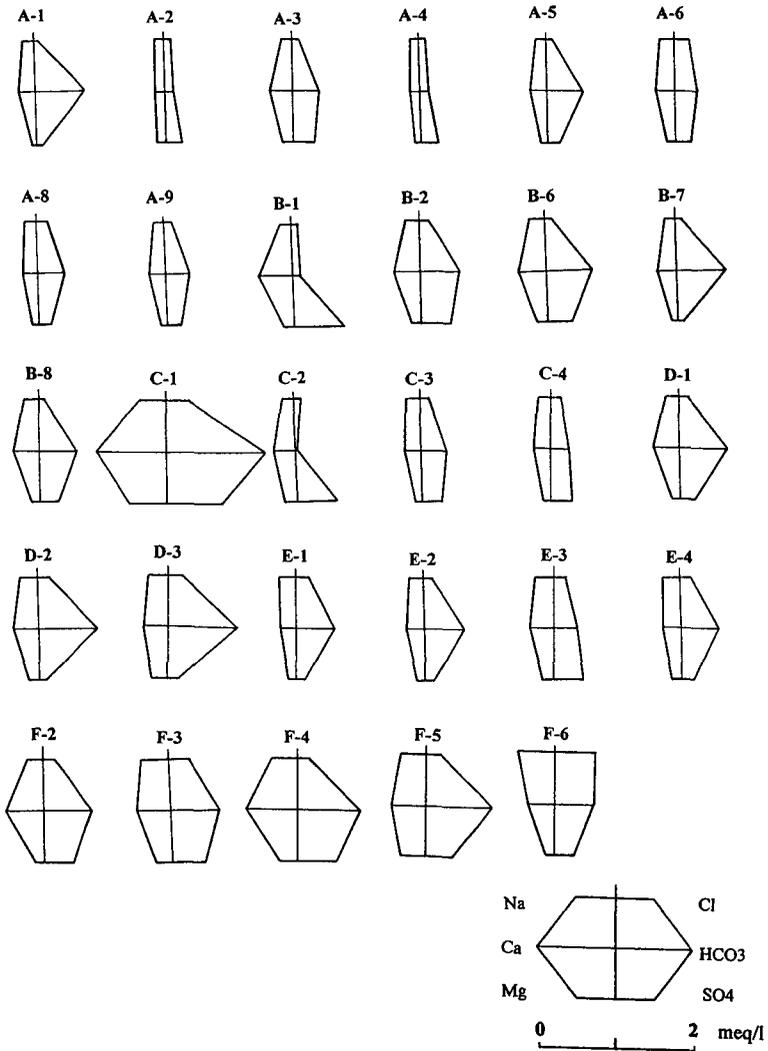


Fig. 2. Hexa-diagram of major constituents in river waters sampled in July 1999.

降雨の影響を受けていたと考えられる。本流の A-1, A-5 および A-9 ではこれらに比べて濃度がやや高く、空沼沢流域ではさらに濃度が高い。Table 1 にみられるように、空沼沢流域は豊平川本流域に比べて比流量が大きく地下水流出が優勢な流域と考えられ、1つの可能性として、地下水の流出経路が深く長いために河川へ流出する地下水の濃度が高くなっていることが考えられる。また、B-1 では Cl および HCO_3 が少なく SO_4 がかなり多い特異な河川水が観測されている。この測点は空沼沢最上流部の小流域に設けた測点であるが、この流域は他の流域に比べて比流量が極めて大きく、断層や地層の境界など地層中の割れ目から多量の水が湧出していることが予想される。地質図をみると、この測点は更新世の空沼入沢溶岩と、その中に窓状に露出した白水川層のプロピライトとの境界部のやや下流にあり、 SO_4 を多く含む水が地層の境界に導かれて湧出している可能性が高い。さらに、薄別川流域の C-2 でも SO_4 の多い河川水が観測されている。この流域では上流部には断層の発達した複雑な地質構造がみられることから、B-1 と同様、 SO_4 の多い特異な湧水が存在するものと思われる。

薄別川流域の C-1 では調査地域内で最も高濃度の河川水が観測された。この測点は薄別温泉の直ぐ下流にあり、温泉排水が河川へ流入していることが高濃度の原因であると思われる。また、定山溪温泉付近から下流の測点では全般に濃度が高くなっているが、これは、恐らく、温泉排水や地熱活動にともなった高濃度の湧水が流入したことによると思われる。最下流部の F-6 では、

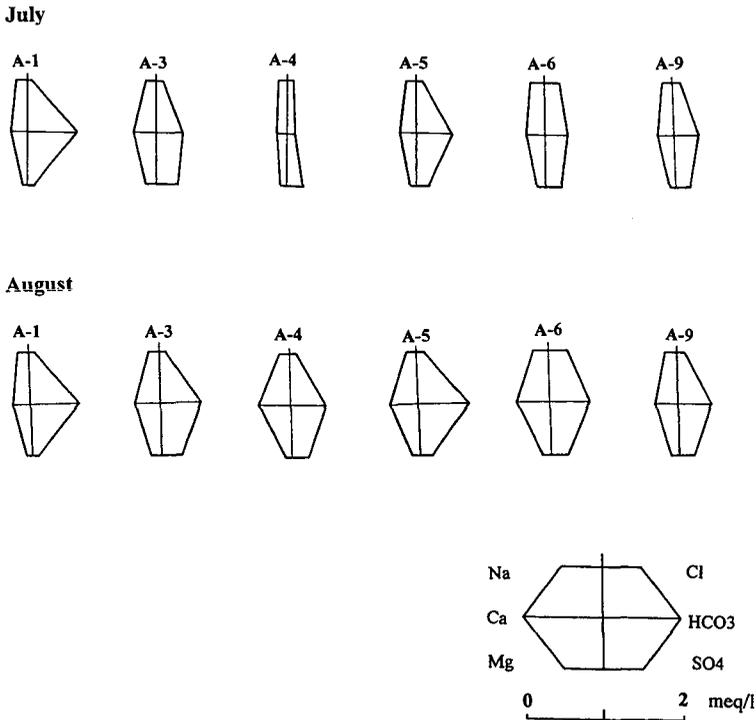


Fig. 3. Comparison of major constituents of waters sampled in July and August 1999 in main stream of Toyohira river.

陽イオンで Na が最も多く、陰イオンでは Cl が最も多いなど、他の測点と異なった化学的特性を示しており、明らかに人為的な汚染による影響がみられる。

豊平川本流域について 7 月と 8 月の測定結果を比べると (Fig. 3), 8 月には, A-1 を除き, 他の 5 測点はいずれも Ca と HCO_3 が増加している. 特に, A-4 は, 7 月には非常に低濃度であったが, 8 月には Ca が 0.26 meq/l, HCO_3 が 0.35 meq/l 増加して他の測点と同程度の濃度になっている. このような傾向は豊平川本流域ほど顕著でないが, 他の流域でもみられ, 8 月の観測時には調査地域全域にわたって Ca と HCO_3 が増加していた. すでに述べたように, 7 月 23 日と 24 日に小金湯で弱い降雨が観測されている. 豊平川本流域は 7 月 25 日に観測を行ったが, この地域では, 前日の降雨にともなって表層の低濃度の地下水がより多く流出したために, 7 月の観測では河川水の化学成分濃度が低くなっていたと考えられる. 特に A-2 および A-4 は上流部の小流域の測点であり, 降雨の影響を受けやすく, 表層地下水の流出量がより多くなっていたと考えられる.

Fig. 4 は陽イオンと陰イオンの組成比を示したものである. 図には, 8 月の測定結果を用い, 定山溪温泉および薄別温泉の組成比が合わせて示してある. この地域の河川水は Ca- HCO_3 型あるいは Ca- SO_4 型の河川水であり, Ca の組成比が大きき Cl の組成比が小さいことが特徴である. 北海道内の河川水と比較しても (例えば, 山口ほか, 1963), この地域の河川水は Ca の組成比が大きいグループに属しているといえる. 図にみられるように, 陽イオンの組成比はあまり変化していないが, 陰イオンでは Cl の組成比がほぼ一定していて HCO_3 と SO_4 の組成比が大きく変化して

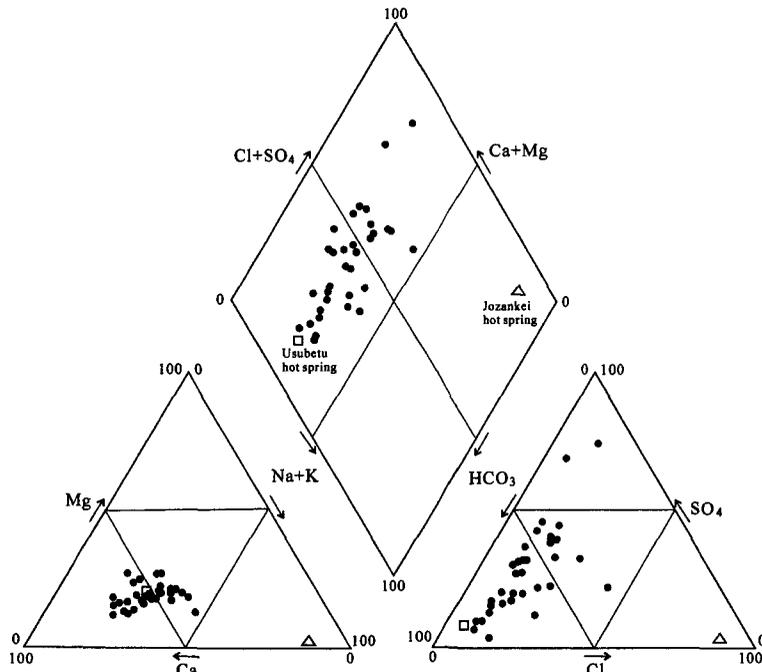


Fig. 4. Tri-linear diagram of major constituents in river waters sampled in August 1999.

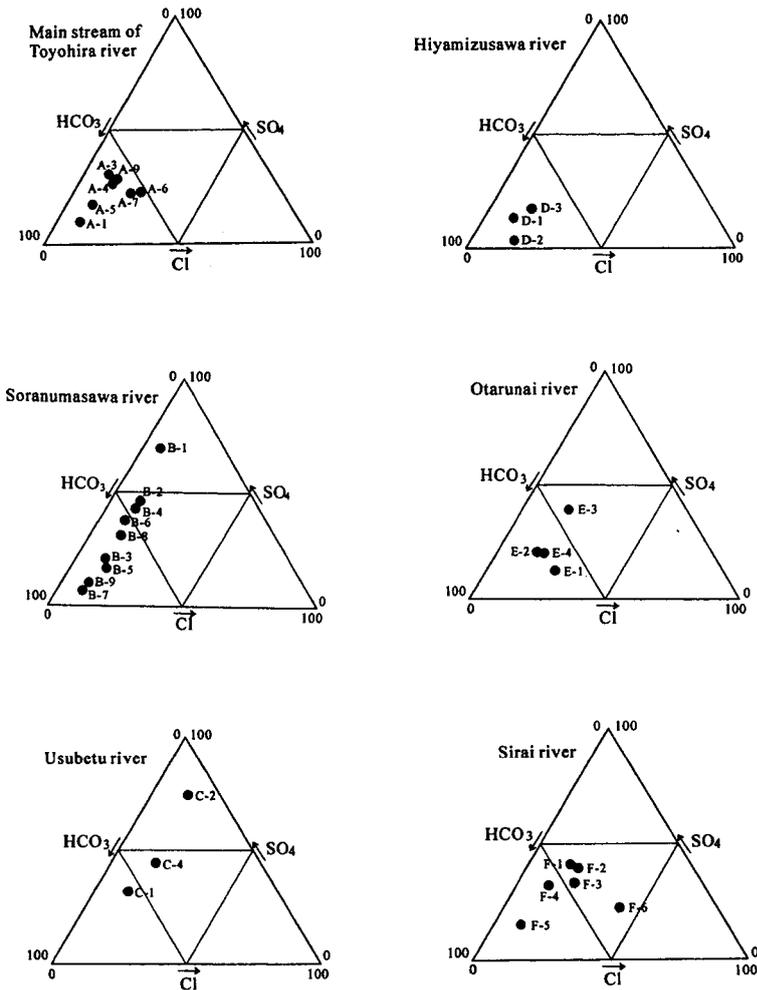


Fig. 5. Tri-linear diagram of major anions in river waters sampled in August 1999.

いる。

Fig. 5は陰イオンの組成比を流域ごとにまとめて示したものである。8月の観測時は7月に比べて流量が少なく、より深い流出経路の地下水流出が卓越していたと考えられるので、図には8月の測定結果を用いた組成比が示してある。

豊平川本流域および空沼沢流域では、A-6およびA-7を除くと、Clの組成比が小さく、8.2~11.7%とほぼ一定している。A-6およびA-7ではClの組成比がそれぞれ24.5%、19.4%であり、かなり大きくなっている。これらは石英斑岩が広範囲に露出する小流域に設けた測点であり、同様に、石英斑岩が露出する小流域の測点、D-2およびD-3でもClの組成比が約15%と周辺の流域に比べてやや大きくなっている。これらの測点では化学成分の濃度が測点によってかな

りの差があるが、Clの組成比が一定の傾向を示すことから、石英斑岩の鉱物組成や進入にともなう裂隙構造が地下水の化学的特性や流出経路に影響をおよぼしているものと推察される。Table 2にみられるように、B-5およびB-9は、水温がそれぞれ6.8℃、5.6℃と極めて低い。調査地域下流部の小金湯で観測された年平均気温は6.2℃であり、観測点とこの流域との高度差(約450m)から、B-9で観測された水温はこの流域の年平均気温に近いと考えられる。B-9は沢沿いに湧出する湧水であり、この地域の年平均気温に近く極めて低温であることや、成分的にはHCO₃の組成比が非常に大きいことなどから、基盤中の深い流出経路を経て流出する地下水であると判断される。

小樽内川流域および白井川流域ではClの組成比がやや大きく20%前後である。しかし、調査地域下流部の流域、F-4およびF-5ではClの組成比がそれぞれ11.7%、10.0%であり、豊平川本流域および空沼沢流域と同程度の値を示している。すでに述べたように、最下流部の測点F-6では人為的な影響がみられるが、そこではClの組成比が極めて大きく、42.6%にもなっている。

IV. ま と め

1999年7月23日～28日および8月19日～20日に、北海道南西部の豊平川上流部の33地点において、河川の流量観測を行い、主要な化学成分を分析して河川水の化学的特性を調べた。その結果をまとめると、つぎのようになる。

1) この地域の河川水は主としてCa-HCO₃型の河川水であり、陽イオンではNaが少なくCaが卓越し、陰イオンではHCO₃が多くClが極めて少ない。しかし、最下流部の人家が密集するところではNaとClが多くなり、家庭排水の混入など人為的な汚染が進んでいることを示している。また、温泉の流入による影響もみられ、薄別温泉の下流部では調査地域内で最も高濃度の河川水が観測された。7月の観測では源流部の小流域に非常に低濃度の河川水がみられたが、8月の観測ではCaやHCO₃が増加し流域内の下流部の測点と同程度の化学成分濃度になった。これは、7月の調査では最初の2日間に弱い降雨があり、表層を通して低濃度の地下水がより多く流入していたためである。つまり8月の観測時には、7月の観測時に比べて河川の流量が少なく、より深い流出経路を経た比較的高濃度の地下水の流出が優勢になったためであり、ほぼ全域にわたってCaとHCO₃が増加した。

2) B-1およびC-2の2ヶ所の測点でSO₄の極めて多い河川水が観測された。これらの流域は地質構造が複雑であり、地層の境界部に発達する割れ目などに導かれてSO₄を多く含む特異な地下水が湧出している可能性が高い。また、主要陰イオンの組成比をみると、この地域ではClの組成比が非常に小さくほぼ一定している。しかし、石英斑岩が広く分布する流域ではその比がやや大きく、測点によって成分濃度にかかなりの差があるとはいえ、石英斑岩の岩質や地下構造が河川へ流出する地下水の化学組成や流出経路に影響をおよぼしていることが考えられる。これ以外には、それぞれの流域の地質と直接関連すると思われるような化学的な特徴はみられなかった。これには、調査地域が新第三紀中新世の初期から第四紀更新世前半頃まで烈しい火山活動が続いた地域

であり、これらの活動にともなった火成岩類がほぼ全域を覆っており、地質的なコントラストが小さいことが原因となっているかも知れない。

文 献

- 福富孝治・藤木忠美・須川 明・中尾欣史郎, 1958, 定山溪温泉の地球物理学的研究, 北海道温泉調査報告VI, 北海道衛生部, 77-94.
- 土居繁雄, 1953, 5万分の1地質図幅「定山溪」および同説明書, 北海道開発庁, 88 pp.
- 杉本良也, 1953, 5万分の1地質図幅「銭函」および同説明書, 北海道開発庁, 63 pp.
- 鈴木 醇・石川俊夫・鈴木淑夫・勝井義雄, 1958, 定山溪温泉地質調査報告, 北海道温泉調査報告VI, 北海道衛生部, 61-75.
- 山口久之助・二間瀬 洌・小原常弘・国府谷盛明・早川福利, 1963, 北海道水理地質図幅「苫小牧・室蘭」および同説明書, 北海道立地下資源調査所, 51 pp.