

北海道地方の河川水質について

小林 純・森井 ふじ・村本 茂樹
中島 進・浦上 佳子・西崎日佐夫
寺岡 久之・長尾 憲人

I. 緒 言

河川水中の溶存物質は降水および陸水の岩石土壌を風化溶解したものより成る。したがって、受水域を構成する地質により、成分の偏重が生じ、水質は地域的特性を示し、降水量によってその濃度は強く支配される。ことに南北に細長い日本列島では地域により降雪、降雨量は著しく異なり、かつ温度差も大きい。日本の最北部に位置する北海道地方は寒冷地に属し、水草などの植物残体が泥炭として堆積した地域が広く分布する。さらに、冬期の積雪、凍結により河川水は涵養され濁水し、逆に春期の融雪時には豊水状態となり、河川水中の溶存成分濃度は大きく変動する。

人口が希薄な時代の水質は自然的要因が支配的であるが、最近のわが国にみるような人口増加と産業拡大が飛躍的に進行すると、いわゆる人間活動に伴なう汚染物質は増大し、水質に及ぼす人為的要因は大となる。著者の一人小林による日本の河川の平均水質と特徴に関する研究〔1, 2〕はいわば天然水状態の水質調査であったといえ、鉱工業活動の影響以外は自然的要因が水質を支配していたと考えらる。そこで我々はその時点より約17年を経過した現在の河川水質を知る目的で、全国主要174河川について、3カ年計画で水質調査を実施したが、本報告は東北地方につく研究結果で、1972年10月～1973年9月の間に採取した試料の水質分析値と1955年～1957年当時の水質分析値を用いて、水系による化学組成の相違、主要成分濃度間の相関、水質の季節的変動、流量と成分濃度との比較などについて検討した結果を報告する。

なお、北海道地方の河川水質に関する報告は小林〔1, 2, 3, 4〕が天塩川、石狩川、十勝川水系など36河川について、吉住ら〔5, 6, 7, 8, 9〕が天塩川、千歳川、常呂川、十勝川水系について、高倉〔10, 11〕が石狩川水系について、那須〔12〕が豊平川水系について、池畑ら〔13〕が北海道の水質の問題点について報告しているが、北海道地方の全域の河川について、しかも多成分の分析項目を長期にわたり全国的な見地からの研究は見当たらない。

本研究の一部は文部省科学研究費(課題番号 47/49年度 一般B 747072)によった。また本報告の一部は日本陸水学会第38回大会(1973年10月)、日本陸水学会第39回大会(1974年9月)および地球化学討論会(1974年10月)において発表した。

本研究に当たり、試水の採取に御協力下さった北海道庁耕地地部をはじめ、各支庁耕地出張所の関係各位に深く感謝致します。

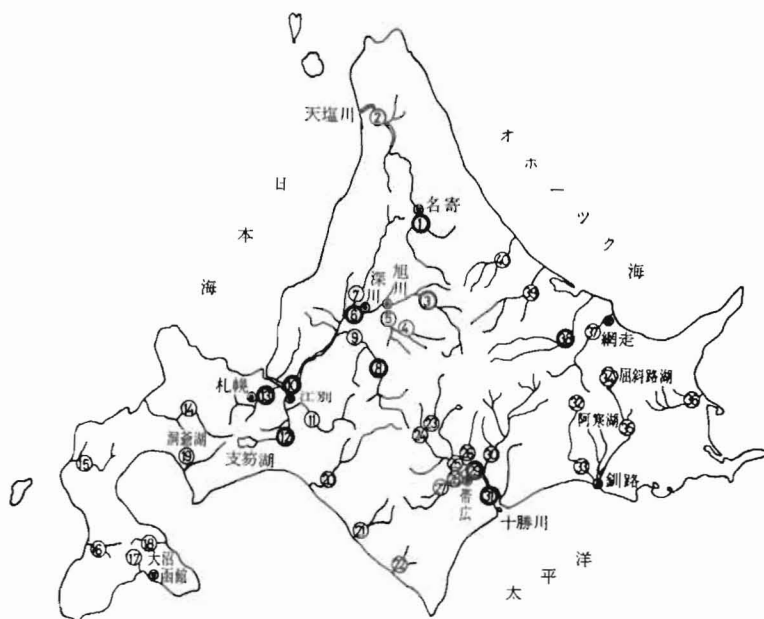
II. 採水および分析方法

1955年5月～1957年6月の間、満1カ年にわたり、北海道地方の主な河川および湖、合計40地点より6～12回の採水を行ない水質分析を行なった（前回調査）。それらの河川名、採水場所、期間および採水回数などを第1表に、採水地点を第1図に示す。石狩川

第1表 試料採取の河川名、場所および回数一覧表

No.	河川名	採水場所	採水期間 (西暦年月)	採水回数
1	天塩川	上川郡名寄市大橋区、名寄大橋上流	1956. 6～1957. 4	11
"	"	"	1972. 10～1973. 9	12
2	天塩川	天塩郡天塩町雄信内、天塩大橋	1956. 6～1957. 5	12
3	石狩川	上川郡愛別町中愛別、愛別頭首工	1955. 5～1956. 5	12
"	"	"	1972. 11～1973. 9	10
4	忠別川	上川郡東旭川村志比内	1955. 5～1956. 3	6
5	美瑛川	上川郡神楽町西神楽	1955. 5～1956. 3	6
6	石狩川	南竜郡一己村深川	1955. 5～1956. 4	12
"	"	深川市、花園頭首工	1972. 10～1973. 9	12
7	雨竜川	雨竜郡多度志村	1955. 5～1956. 3	6
8	空知川	空知郡山部村	1955. 5～1956. 3	6
9	空知川	赤平市住吉、北海頭首工	1955. 5～1956. 3	6
"	"	"	1972. 10～1973. 9	12
10	石狩川	江別市、千歳川合流前	1955. 5～1956. 4	12
"	"	"	1972. 10～1973. 9	11
11	夕張川	夕張郡由仁町川端	1955. 5～1956. 3	6
12	千歳川	千歳市鳥欄舞	1955. 5～1955. 11	4
"	"	江別市、石狩川合流前	1972. 10～1973. 9	11
13	豊平川	札幌市簗舞	1955. 5～1956. 3	6
"	"	札幌市豊平区、創成川取入口	1972. 10～1973. 9	11
14	尻別川	虻田郡倶知安町、倶知安橋	1956. 6～1957. 5	12
15	厚沢部川	瀬棚郡北松山町	1956. 6～1957. 4	5
16	厚沢部川	松山郡厚沢部町	1956. 6～1957. 5	6
17	大野川	亀田郡大野町	1956. 6～1957. 4	5
18	大野川	亀田郡七飯町	1956. 6～1957. 4	5
19	洞爺湖	虻田郡虻田町、湖心部	1956. 6～1957. 4	6
20	静内川	勇払郡鷓川町、鷓川橋	1956. 6～1957. 4	6
21	静内川	静内郡静内町、田原堰	1956. 6～1957. 4	5
22	幌幌川	浦河郡浦河町杵臼	1956. 6～1957. 4	6
23	十勝川	上川郡新得町屈足	1955. 5～1956. 3	6
24	佐幌川	上川郡新得町	1955. 5～1956. 3	6
25	十勝川	帯広市芽室町	1955. 5～1956. 4	12
"	"	"	1972. 10～1973. 10	12
26	音更川	河東郡上士幌町	1955. 6～1956. 3	6
27	札内川	河西部中札内村	1955. 5～1956. 4	6
28	札内川	帯広市川西	1955. 7～1956. 1	2
29	利別川	中川郡森別町	1955. 5～1956. 3	6
30	利別川	中川郡池田町	1955. 5～1956. 1	6
31	利別川	中川郡豊頃町茂岩	1955. 5～1956. 4	12
"	"	"	1972. 10～1973. 9	12
32	阿寒湖	阿寒郡阿寒町	1956. 6～1957. 6	6
33	阿寒湖	阿寒郡阿寒町舌辛	1956. 6～1957. 4	5
34	屈斜路湖	川上郡弟子屈町	1956. 7～1957. 4	6
35	釧路川	川上郡標茶町	1956. 6～1957. 4	6
36	標津川	標津郡中標津町	1956. 6～1957. 4	5
37	網走川	網走郡美幌町	1956. 6～1957. 4	5
38	常呂川	網走市端野町	1956. 6～1957. 4	6
"	"	"	1972. 10～1973. 9	12
39	湧別川	紋別郡遠軽町	1956. 6～1957. 4	6
40	滑川	紋別市	1956. 6～1957. 4	6

水系に11カ所、十勝川水系に9カ所、天塩川水系に2カ所、後志、渡島地方に5カ所、胆振、日高地方に4カ所、根室、釧路地方に5カ所、網走、宗谷地方に4カ所の計40カ所（湖4カ所を含む）である。また今回調査として、前回調査地点のうち主な10地点を選び、1972年10月～1973年9月の満1カ年間にわたり、ほぼ前回と同一地点で（第1図



第1図 北海道地方の河川、湖の採水地点一覧図（1955年5月～1957年6月採水）

○印の地点は1972年10月～1973年9月に再度採水

中、○印を付した地点）採水し、水質分析を行なった。それらの河川の採水方法などはずでに報告〔1, 2〕されているとおりである。

分析項目は導電率、pH、Ca、Mg、Na、K、Fe、Sr、アルカリ度（ CaCO_3 ）、 SO_4 、Cl、F、 SiO_2 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、COD、溶解性蒸発残留物、懸濁物、混濁度などであり、分析方法は東北地方の河川水質について〔14〕において記したとおりである。

III. 分 析 結 果

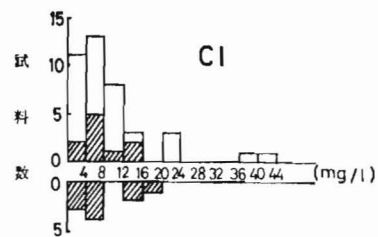
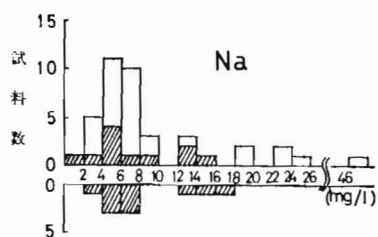
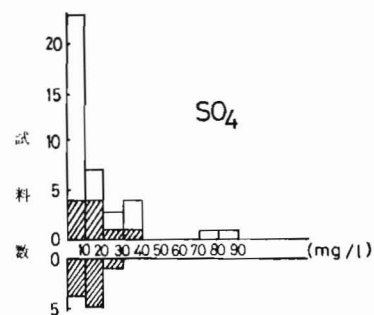
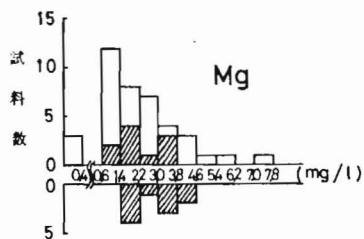
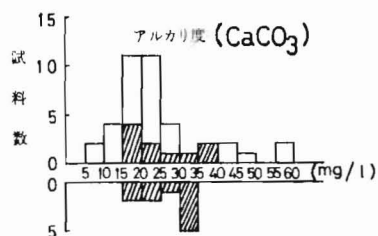
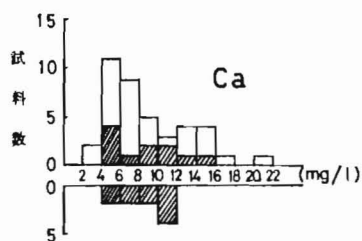
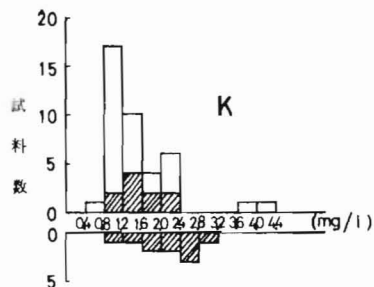
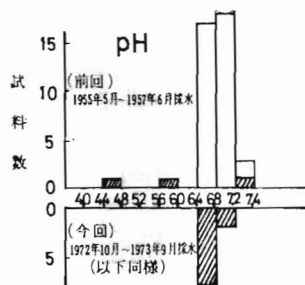
前回（1955年5月～1957年6月）の40地点および今回（1972年10月～1973年9月）の10地点の各成分の年間平均値は第2表のようであり、各成分の濃度の頻度分布は第2図（その1、その2）のようである。これらより、北海道地方の河川水および湖水の各成分の濃度範囲および平均値は次のようである。

pH: 前回の40地点中、湖では屈斜路湖（地点番号34、以下番号のみに略記）が4.7と酸性を呈したのに対し、大沼（18）、洞爺湖（19）は6.6～6.7、阿寒湖（32）は7.1であった。河川では、幌内山地を流下する美瑛川（5）の5.9から千歳川（12）の7.3の範囲であり、平均は6.8であった。そして、pHが6.3以下のものは1、pH 6.4～6.8の範

第2表 北海道地方の河川水の各成分の年間平均値
(1955年5月～1957年6月及び**1972年10月～1973年9月採水) (mg/l, 但し pH 除く)

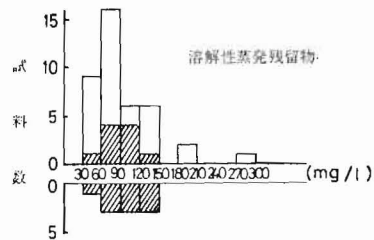
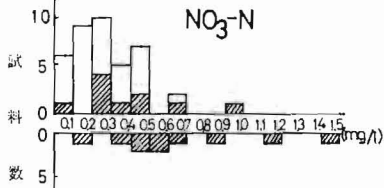
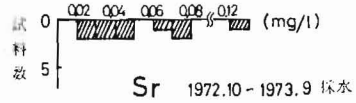
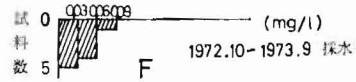
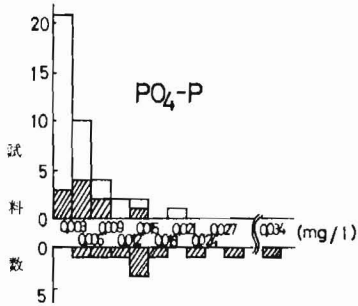
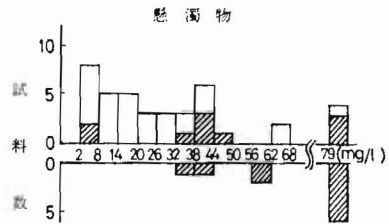
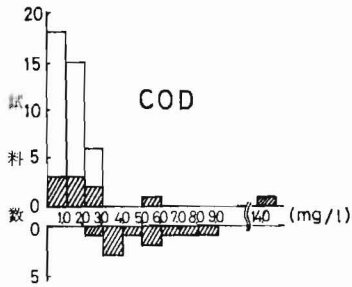
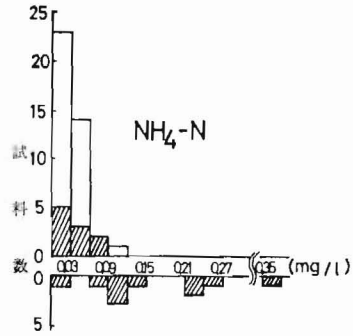
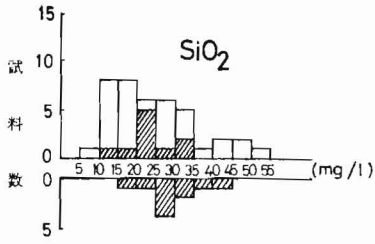
No.	河川名	pH	Ca	Mg	Na	K	Fe	Sr	アルカリ度 (CaCO ₃)	SO ₄	Cl	F	SiO ₂	PO ₄ -P	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	COD	溶解性 有機物 残留物	懸濁物 混濁度
1	天塩川	6.5	5.2	1.6	4.8	1.05	0.22		19.6	2.6	5.2		10.7	<0.003	0.32		0.03	0.96	48	38
"	"	6.5	5.2	1.9	4.8	1.20	0.12	0.026	18.6	5.3	5.3	0.02	15.6	0.014	0.32	0.008	0.22	3.1	53	36
2	天塩川	6.6	5.3	2.2	7.0	1.16	0.28		22.6	3.8	8.1		14.7	<0.003	0.33		0.03	1.3	62	62
3	石狩川	6.8	5.4	1.0	3.8	1.15	0.18		15.0	9.5	2.2		23.8	0.004	0.22		0.03	1.4	62	32
"	"	6.7	5.8	1.4	3.6	1.14	0.17	0.028	15.7	9.9	2.3	0.02	27.2	0.006	0.16	0.002	0.03	4.0	64	104
4	忠別川	6.9	8.7	2.2	5.9	1.56	0.02		14.4	23.5	6.5		23.7	0.005	0.14		0.05	0.53	88	3.0
5	美瑛川	5.9	21.3	6.1	9.3	2.28	0.14		5.6	80.0	11.5		30.7	0.010	0.37		0.04	1.1	198	13
6	石狩川	6.4	10.0	2.1	5.9	1.56	0.39		17.1	19.9	5.6		22.2	<0.003	0.21		0.04	14.4	108	39
"	"	6.4	11.0	3.1	7.6	2.22	0.15	0.046	20.2	21.5	10.6	0.03	29.2	0.010	0.49	0.009	0.25	6.0	105	41
7	雨竜川	6.9	4.5	3.9	6.3	0.97	0.57		28.2	4.5	6.5		11.8	0.010	0.33		0.05	2.6	65	36
8	空知川	7.1	6.4	1.5	3.9	1.03	0.06		23.1	5.1	3.0		18.9	0.004	0.25		0.03	1.0	57	8.5
9	空知川	7.0	9.3	2.6	8.0	1.26	0.30		29.6	17.0	5.7		18.3	0.008	0.43		0.03	2.2	89	39
"	"	6.8	9.7	3.5	7.3	1.68	0.24	0.071	31.2	15.6	5.7	0.07	23.5	0.016	0.57	0.004	0.08	8.4	90	101
10	石狩川	6.7	10.8	3.1	12.1	1.30	1.17		34.4	14.6	11.3		20.9	0.008	0.65		0.09	5.9	109	172
"	"	6.6	11.6	4.0	17.0	2.42	0.40	0.124	33.4	16.9	22.2	0.05	31.3	0.024	0.89	0.008	0.12	7.9	133	81
11	夕張川	7.2	14.4	3.6	22.4	1.10	0.25		57.6	17.0	21.0		12.4	0.005	0.64		0.11	2.8	139	109
12	千歳川	7.3	14.0	3.2	16.4	1.98	0.01		37.0	30.6	14.4		33.5	0.005	0.08		0.04	0.46	137	3.0
"	"	6.7	11.1	4.0	15.2	2.52	0.51	0.066	32.9	18.9	17.6	0.06	33.4	0.014	0.69	0.006	0.10	5.4	129	112
13	豊平川	6.9	9.2	1.7	12.8	2.29	0.22		17.4	21.4	15.1		20.9	0.004	0.22		0.03	0.89	107	6.9
"	"	6.5	9.7	3.0	13.6	3.13	0.47	0.073	33.4	11.7	16.7	0.03	42.8	0.028	1.14	0.018	0.40	7.0	134	46
14	尻別川	6.7	5.0	1.3	6.6	1.19	0.21		17.4	5.2	7.8		30.2	<0.003	0.31		0.03	0.96	65	28
15	利別川	6.7	5.3	1.7	7.2	1.10	0.05		16.6	4.9	10.2		18.0	<0.003	0.10		0.03	0.56	58	14
16	厚沢部川	6.4	6.5	2.9	23.3	1.99	0.05		13.1	11.8	39.3		16.3	<0.003	0.41		0.04	2.2	137	12

17	大野川	6.9	5.6	2.1	7.7	1.01	0.02	18.9	7.8	8.2	25.3	<0.003	0.06	0.03	0.58	63	6.6
18	大沼	6.7	14.1	2.4	9.3	1.58	0.09	19.5	33.4	8.9	27.6	<0.003	0.12	0.03	0.96	116	16
19	洞爺湖	6.6	12.5	2.4	19.8	2.16	0.02	15.3	36.2	22.3	19.9	0.004	0.20	0.04	0.56	131	30
20	鶴川	7.0	9.1	4.5	7.2	0.92	0.39	41.6	8.6	5.8	18.2	<0.003	0.23	0.05	1.5	80	84
21	静内川	7.1	13.3	1.6	3.0	0.95	0.13	38.1	5.2	2.0	11.7	<0.003	0.23	0.04	0.73	64	62
22	幌別川	6.8	7.8	1.4	4.0	0.90	0.01	22.6	6.4	4.0	12.3	<0.003	0.15	0.05	0.61	51	8.8
23	十勝川	7.1	6.3	1.1	6.4	1.24	0.07	22.8	8.4	4.1	25.7	0.006	0.15	0.03	1.1	72	6.7
24	佐幌川	6.7	2.9	0.6	3.1	1.04	0.05	14.1	1.2	1.8	19.4	0.008	0.30	0.03	0.99	45	5.0
25	十勝川	6.8	5.2	0.9	4.5	1.24	0.21	19.1	5.7	2.8	21.8	0.004	0.30	0.03	1.6	62	94
"	"(*)	6.8	6.5	1.5	5.5	1.77	0.08	23.1	7.7	3.4	25.6	0.007	0.50	0.11	3.1	70	60
26	音更川	7.0	5.9	0.6	6.1	1.19	0.05	20.6	5.3	5.1	27.0	0.003	0.13	0.03	1.3	72	13
27	札内川	6.6	3.3	0.5	1.5	0.96	0.11	10.9	2.1	0.8	8.4	<0.003	0.42	0.04	1.3	31	22
28	札内川	6.5	5.0	0.8	2.0	1.20	0.03	16.4	3.3	1.0	10.8	0.015	0.47	0.03	0.58	39	2.0
29	十勝川	6.8	6.0	1.0	4.1	1.22	0.28	20.7	5.0	2.6	19.5	0.004	0.45	0.05	1.7	59	39
30	利別川	7.0	10.8	2.8	6.4	1.79	0.16	27.4	17.6	8.3	33.4	0.007	0.30	0.03	1.5	110	14
31	十勝川	6.7	6.6	1.4	5.1	1.80	0.46	22.0	5.6	4.6	29.9	0.013	0.99	0.07	2.4	74	44
"	"(*)	6.7	7.7	2.1	5.9	2.04	0.14	25.6	9.7	4.7	29.2	0.015	0.54	0.13	3.0	82	58
32	阿寒湖	7.1	16.7	7.7	24.0	3.95	0.10	59.0	38.2	21.2	47.6	0.021	0.17	0.03	1.3	196	7.6
33	阿寒川	7.2	15.6	5.3	12.6	2.39	0.11	45.1	32.2	8.8	42.3	<0.003	0.06	0.02	0.86	145	24
34	屈斜路湖	4.7	12.7	4.1	47.8	4.05	0.10	7.3	74.9	43.2	51.8	<0.003	0.01	0.04	0.28	292	15
35	釧路川	6.5	9.1	2.0	19.0	2.03	0.17	21.7	33.9	15.6	48.4	<0.003	0.09	0.02	0.86	136	36
36	標津川	6.7	5.2	1.2	5.6	1.02	0.21	22.3	3.5	4.0	41.4	<0.003	0.13	0.02	2.3	70	28
37	網走川	6.8	6.0	1.3	5.9	1.59	0.24	25.3	4.7	3.1	39.6	<0.003	0.21	0.02	1.6	77	39
38	常呂川	6.7	12.3	3.0	7.6	2.15	0.08	36.8	13.0	7.7	34.4	<0.003	0.43	0.04	1.6	104	21
"	"(*)	6.6	10.5	2.6	6.7	2.42	0.13	31.3	11.2	5.2	36.2	0.035	1.41	0.22	4.8	103	79
39	湧別川	6.7	6.6	1.2	4.4	1.20	0.03	22.0	5.5	2.2	29.1	0.004	0.17	0.03	0.99	61	17
40	渚滑川	6.8	6.6	1.2	4.0	0.79	0.07	20.6	6.0	2.7	11.9	<0.003	0.47	0.03	1.1	47	38



第21図 成分濃度の頻度分布(その1) (1955年5月~1957年6月採水)

(斜線部分は今回採水した河川の前のデータ、以下のヒストグラムも同様)



第2図 成分濃度の頻度分布(その2)

囲が 20, pH 6.9~7.2 が 14, pH 7.3 以上が 1 であった。今回の 10 地点のそれは 6.4~6.8 の範囲で、平均は 6.6 であった。

Ca: 前回の 40 地点のうち、湖では 12.5~16.7 mg/l の範囲であり、阿寒湖 (32) が 16.7 mg/l で高く、洞爺湖 (19) が 12.5 mg/l であった。河川では十勝連峰の美瑛富士に源を発し、凝灰岩地帯を流下する美瑛川 (5) が 21.3 mg/l と高い値である。ついで支笏湖に水源をもつ千歳川 (12) が 16.0 mg/l を示し、十勝川水系の札内川 (28) が 3.3 mg/l の低い値であり、それらの平均値は 8.1 mg/l であった。Ca 濃度と河川数との関係は 3.9 mg/l 以下が 2, 16.0 mg/l 以上が 1 であって、4.0~8.1 mg/l は 20 で、全河川の過半数を占めた。今回の 10 地点では、石狩川 (10) の 11.6 mg/l から天塩川 (1) の 5.2 mg/l の範囲にあり、平均値は 8.9 mg/l であるが、それらの地点の前回の値は 5.2~14.0 mg/l の範囲にあって、平均値は 8.8 mg/l であった。

Mg: 前回の 40 地点のうち、湖は阿寒湖 (32) の 7.7 mg/l から大沼 (18)、洞爺湖 (19) の 2.4 mg/l の範囲にあった。河川では、美瑛川 (5) の 6.1 mg/l から十勝川水系の札内川 (27) の 0.5 mg/l の範囲にあって、それらの平均値は 2.1 mg/l で、0.6~2.1 mg/l の値を示す河川は過半数の 23 を占めた。今回の 10 地点では 1.4~4.0 mg/l の範囲にあり、平均値は 2.7 mg/l であった。それらの地点における前回の値は 0.9~3.2 mg/l の範囲にあり、平均は 2.1 mg/l で、今回は前回は比し高い値を示した。

Na: 前回の 40 地点中、湖では屈斜路湖 (34) の 47.8 mg/l が高く、阿寒湖 (32) は 24.0 mg/l、洞爺湖 (19) は 19.8 mg/l で、大沼 (18) は 9.3 mg/l の低い値であった。河川では、札内川中流部 (27) の 1.5 mg/l から厚沢部川 (16) の 23.3 mg/l の範囲にあり、それらの河川の平均値は 7.7 mg/l である。また、これら 36 地点のうち、3.9 mg/l 以下はわずかに 6 地点で、4~7.7 mg/l の範囲が 21 地点で過半数を占めた。今回の 10 地点では、3.6~17.0 mg/l で、平均 8.7 mg/l であり、それらの前回の値は 3.8~16.4 mg/l で、平均 8.1 mg/l であった。

K: 前回の調査地点中、湖では屈斜路湖 (34) の 4.05 mg/l を最高に、阿寒湖 (32) 3.95 mg/l、洞爺湖 (19) 2.16 mg/l、大沼 (18) 1.58 mg/l といずれも高い値であった。河川では、渚滑川 (40) の 0.79 mg/l から阿寒川 (33) の 2.39 mg/l の範囲であり、その平均は 1.38 mg/l で、日本の河川の総平均値よりわずかに高い。含有量と河川数との関係は 0.79~1.38 mg/l の範囲が 36 地点中 24 地点を数える。今回の 10 地点では、1.14~3.13 mg/l の範囲にあり、平均値が 2.05 mg/l であるのに対し、それらの地点の前回の値は 1.05~2.29 mg/l の範囲にあり、その平均値は 1.58 mg/l で、今回は前回より高い値であった。

アルカリ度 (CaCO₃ として示す): 前回の 40 地点中、湖では、阿寒湖 (32) が 59.0 mg/l の高い値を示し、大沼 (18) は 19.5 mg/l、洞爺湖 (19) は 15.3 mg/l であり、屈斜路湖 (34) は 7.3 mg/l の低い値を示した。次に河川では、火山の影響の大きい美瑛川 (5) の 5.6 mg/l を最低に、夕張川 (11) の 57.6 mg/l の範囲にあり、それらの平均は 23.8 mg/l であった。そして、それらのうち、15.0~23.8 mg/l を示すものは 36 地点中 20 地点で過半数を占めた。今回の 10 地点では 15.7~33.4 mg/l の範囲にあり、そのうち 5 地点が 30 mg/l 以上の値を示した。それらの河川の前回の値は 15.0~37.0 mg/l の範囲にあった。

SO₄: 前回調査の40地点のうち、湖では屈斜路湖(34)が74.9 mg/lと高く、ついで大沼(18)の33.4 mg/l、洞爺湖(19)の36.2 mg/l、阿寒湖(32)の38.2 mg/lなどいずれも火山性の湖に高い値である。次に河川についてみると、十勝川支流の佐幌川(24)の1.2 mg/lから美瑛川(5)の80.0 mg/lの範囲にあり、その平均は12.5 mg/lであって、日本の河川の総平均値の10.6 mg/lに比し高い値である。特に高い値を示す河川は、美瑛川(5)を最高に、支笏湖から流下する千歳川(12)の30.6 mg/l、阿寒湖から流下する阿寒川(33)の32.2 mg/l、屈斜路湖から流下する釧路川(35)の33.9 mg/l、豊羽鉾山を上流にもつ豊平川(13)の21.4 mg/lなどである。そしてこれらのうち、10 mg/l未満のものが、23で大半を占め、10.0~19.9 mg/lのものが7、20.0~39.9 mg/lのものが5、40 mg/l以上のものが1であった。今回調査した10地点では5.3~21.6 mg/lの範囲にあり、その平均値は12.9 mg/lであった。これらの地点の前の値は2.6~30.6 mg/lの範囲にあり、平均値は14.0 mg/lであった。

Cl: 前回調査の40地点中、湖では屈斜路湖(34)の43.2 mg/lが最高で、阿寒湖(32)が21.2 mg/l、洞爺湖(19)が22.3 mg/lを示したが、大沼(18)は8.9 mg/lの低い値であった。河川では、札内川の中流(27、札内村)の0.8 mg/lから厚沢部川(16)の39.3 mg/lの範囲にあり、平均値は7.5 mg/lで、日本の河川の総平均値5.8 mg/lに比しやや高い値を示した。今回の10地点では、2.3~22.2 mg/lの範囲にあり、その平均値は9.4 mg/lであった。これらの地点の前の値は2.2~15.1 mg/lで、その平均値は7.4 mg/lであった。

SiO₂: 前回の40地点のうち、湖では屈斜路湖(34)の51.8 mg/lを最高に、阿寒湖(32)では47.6 mg/l、大沼(18)では27.6 mg/l、洞爺湖(19)では19.9 mg/lであった。河川では、十勝川支流の札内川(27)の8.4 mg/lから釧路川(35)の48.4 mg/lの範囲にあり、平均は23.3 mg/lで、日本の河川の総平均値19.0 mg/lに比し高い。ことに高濃度のものは、阿寒川(33)の42.3 mg/l、釧路川(35)の48.4 mg/l、標津川(36)の41.1 mg/l、網走川(37)の39.6 mg/lなどであり、それら以外に30 mg/lを越える河川は美瑛川(5)の30.7 mg/l、千歳川(12)の33.5 mg/l、尻別川(14)の30.2 mg/l、利別川(33)の33.4 mg/l、常呂川(38)の34.4 mg/lなどであって、いずれも上流あるいは流域に火山のある河川であった。今回の10調査地点では、15.6~42.8 mg/lの範囲にあって、その平均値は29.4 mg/lであった。また、それらの地点の前の定量値は10.7~34.4 mg/lの範囲で、その平均値は23.6 mg/lであった。

Fe: 前回の40地点中、湖では屈斜路湖(34)の0.10 mg/l、阿寒湖(32)0.10 mg/l、大沼(18)0.09 mg/l、洞爺湖(19)0.02 mg/lでいずれも湖水は低い値であった。河川では千歳川(12)、幌別川(22)の0.01 mg/lから石狩川(10、江別市)の1.17 mg/lの範囲で、平均値は0.19 mg/lであった。Fe含有量が0.19 mg/l未満のものは36地点中21を占めている。今回の10地点のFe量は0.08~0.51 mg/lの範囲で、平均0.24 mg/lであるが、それらの地点の前の値は0.01~1.17 mg/lの範囲であり、平均は0.32 mg/lであった。

COD: 前回の調査では、調査対象の4つの湖は未だ人為汚染が少なく、屈斜路湖(34)は0.28 mg/l、阿寒湖(32)は1.3 mg/l、大沼(18)は0.96 mg/l、洞爺湖(19)は0.56 mg/lであった。河川は千歳川(12)の0.46 mg/lから石狩川(6、深川市)の

14.4 mg/l の範囲で、平均は 1.8 mg/l であった。今回の 10 地点では 3.0~8.4 mg/l の範囲で、平均 5.3 mg/l であるが、それらの前回の値は 0.46~14.4 mg/l の範囲であり、平均値は 3.2 mg/l であった。

PO₄-P: 前回の調査では、湖は阿寒湖 (32) の 0.021 mg/l、洞爺湖 (19) が 0.004 mg/l で、大沼 (18) と屈斜路湖 (34) では 0.003 mg/l 以下であった。また河川でも天塩川 (1) の 0.003 mg/l 以下から札内川 (28) の 0.015 mg/l の範囲にあり、平均は 0.004 mg/l であった。今回の調査 10 地点では 0.006~0.035 mg/l で、その平均は 0.017 mg/l であったのに対し、それらの地点の前回の値は 0.003 mg/l 以下から 0.013 mg/l の範囲にあり、平均 0.005 mg/l であって、今回は前回より高い値である。

NO₃-N: 前回の 40 地点中、湖については屈斜路湖 (34) 0.01 mg/l、阿寒湖 (32) 0.17 mg/l、大沼 (18) 0.12 mg/l、洞爺湖 (19) 0.20 mg/l である。河川では大野川 (17)、阿寒川 (33) の 0.06 mg/l から十勝川 (31) の 0.99 mg/l の範囲であり、それらの平均値は 0.30 mg/l であって、日本の河川の総平均値 0.26 mg/l よりわずかに高い値を示している。含有量と河川数との関係を見ると、0.10 mg/l 未満のものが 4、0.10~0.30 mg/l のものが 17、0.31~0.50 mg/l が 12、0.5 mg/l 以上のものが 3 であった。今回の 10 地点では 0.16~1.41 mg/l で、それらの平均値は 0.67 mg/l であるのに対し、それらの地点の前回の値は 0.08~0.99 mg/l の範囲にあって、平均値は 0.39 mg/l で、今回の値は前回に比し、70% 以上高い値を示した。

NO₂-N: 今回の 10 地点の平均は 0.015 mg/l であり、その範囲は石狩川上流部 (3、愛別町) の 0.002 mg/l から、常呂川 (38) の 0.057 mg/l である。石狩川水系は豊平川 (13) の 0.018 mg/l を除いて、すべて 0.010 mg/l 以下であるのに対し、十勝川は 0.015~0.026 mg/l と高い。さらに、北見市を流下する常呂川は 0.057 mg/l と 10 地点平均値の約 4 倍の高い値である。

NH₄-N: 前回調査の 40 地点中、湖は屈斜路湖 (34) が 0.04 mg/l、阿寒湖 (32) 0.03 mg/l、大沼 (18) 0.03 mg/l、洞爺湖 (19) 0.04 mg/l であった。河川では、釧路川 (35)、標津川 (36)、網走川 (37) などの 0.02 mg/l から夕張川 (11) の 0.11 mg/l の範囲で、平均値は 0.04 mg/l であった。比較的含有量の高い河川は夕張川 (11) の 0.11 mg/l、石狩川下流部 (10、江別市) の 0.09 mg/l、十勝川最下流部 (31、豊頃町) の 0.07 mg/l などである。それらの 36 地点のうち、0.02~0.04 mg/l を示す河川は 28 地点であった。今回の調査地点では 0.03~0.40 mg/l で、その平均値は 0.17 mg/l であるのに対し、それらの地点の前回の測定値は 0.03~0.09 mg/l の範囲にあり、その平均値は 0.04 mg/l であって、今回は前回より約 4 倍の高い値である。

懸濁物: 前回の 40 地点中、湖については、屈斜路湖 (34) 15 mg/l、阿寒湖 (32) 7.6 mg/l、大沼 (18) 16 mg/l、洞爺湖 (19) 30 mg/l であった。次に河川は 2~172 mg/l の範囲にあり、その平均値は 33.9 mg/l であって、日本の河川の総平均値 29.2 mg/l に比し高い値であった。今回調査した 10 地点では、36~112 mg/l の範囲にあり、その平均値は 71.8 mg/l である。それらの地点の前回の値は 3~172 mg/l で、平均値は 48.9 mg/l である。

F: 今回の 10 地点では 0.02~0.07 mg/l の範囲にあり、平均は 0.03 mg/l である。

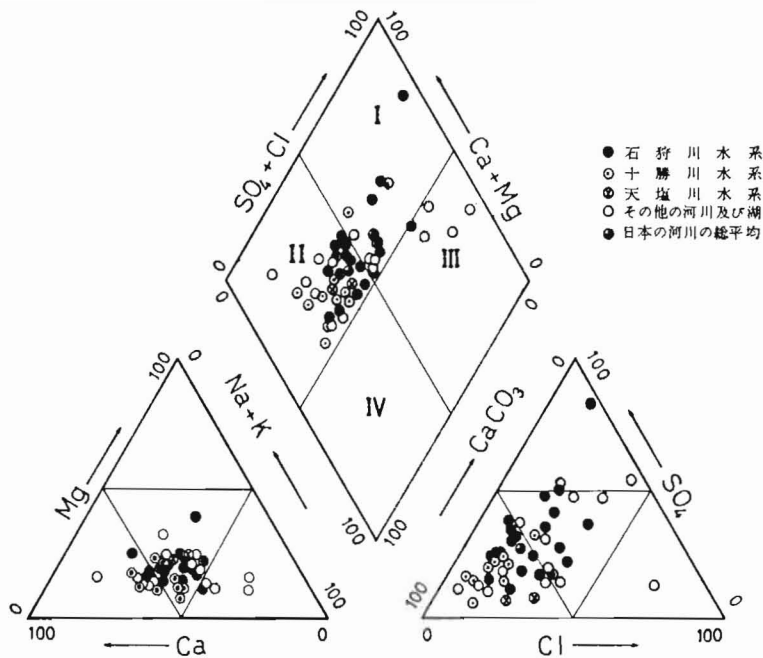
第3表 北海道地方の河川水中のカチオン、(Ca-Mg-(Na+K))間の当量百分率

(1955年5月~1957年6月採水)

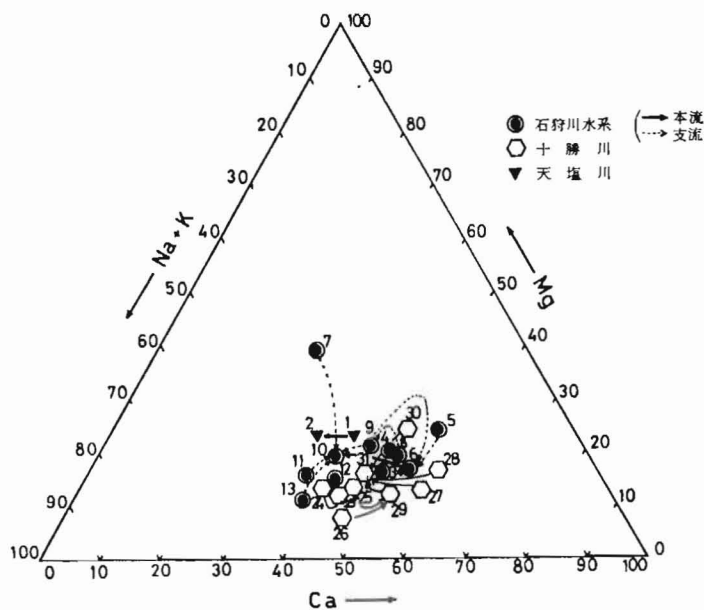
No.	河川名	Ca	Mg	Na+K	アルカリ度 (CaCO ₃)	SO ₄	Cl
1	天塩川	41.4	21.0	37.6	66.1	9.1	24.8
2	天塩川	33.9	23.2	42.9	59.5	10.4	30.1
3	石狩川	49.3	15.1	35.6	53.6	35.3	11.1
4	石狩川	47.6	19.8	32.6	30.0	50.9	19.1
5	美瑛川	52.4	24.8	22.8	5.3	79.3	15.4
6	美瑛川	51.5	17.9	30.6	37.4	45.3	17.3
7	石狩川	26.6	38.0	35.4	67.0	11.2	21.8
8	石狩川	50.0	19.3	30.7	70.7	16.3	13.0
9	石狩川	43.9	20.2	35.9	53.5	32.0	14.5
10	石狩川	39.8	18.9	41.3	52.5	23.2	24.3
11	石狩川	35.6	14.7	49.7	54.9	16.9	28.2
12	石狩川	40.5	15.2	44.3	41.5	35.7	22.8
13	豊后川	37.8	11.5	50.7	28.5	36.5	35.0
14	豊后川	37.0	15.9	47.1	51.4	16.0	32.6
15	豊后川	35.5	18.7	45.8	46.0	14.1	39.9
16	豊后川	19.9	14.7	65.4	16.2	15.2	68.6
17	大野川	34.4	21.2	44.4	49.0	21.0	30.0
18	大野川	52.2	14.7	33.1	29.2	52.0	18.8
19	大野川	35.9	11.4	52.7	18.1	44.6	37.3
20	大野川	39.1	31.9	29.0	70.8	15.3	13.9
21	静幌川	69.8	13.9	16.3	82.2	11.7	6.1
22	静幌川	55.5	16.4	28.1	64.7	19.1	16.2
23	静幌川	43.9	12.7	43.4	61.1	23.4	15.5
24	静幌川	40.7	13.9	45.4	78.8	7.0	14.2
25	十音川	46.3	13.2	40.5	65.9	20.5	13.6
26	十音川	46.0	7.7	46.2	61.8	16.6	21.6
27	十音川	55.7	13.9	30.4	76.7	15.4	7.9
28	十音川	57.6	15.2	27.2	77.2	16.2	6.6
29	十利川	50.6	13.9	35.5	70.0	17.6	12.4
30	十利川	49.3	21.1	29.6	47.7	31.9	20.4
31	十利川	46.2	16.2	37.6	64.1	17.0	18.9
32	十利川	31.9	24.3	43.8	45.9	30.9	23.2
33	阿屈川	42.7	23.9	33.4	49.5	36.9	13.6
34	阿屈川	20.1	10.7	69.2	5.0	53.3	41.7
35	阿屈川	30.3	11.0	58.7	27.4	44.7	27.9
36	阿屈川	41.3	15.7	43.0	70.6	11.5	17.9
37	網常川	42.5	15.2	42.3	73.2	14.2	12.6
38	網常川	49.3	19.8	30.9	60.1	22.2	17.7
39	網常川	50.6	15.2	34.2	71.3	18.6	10.1
40	網常川	52.9	15.9	31.2	67.2	20.4	12.4

(1972年10月~1973年9月採水)

1	天塩川	39.5	23.9	36.6	58.9	17.5	23.6
3	天塩川	49.0	19.5	31.5	53.7	35.2	11.1
6	天塩川	46.1	21.4	32.5	35.0	39.0	26.0
9	石狩川	42.8	25.4	31.8	56.2	29.3	14.5
10	石狩川	33.9	19.2	46.9	40.6	21.4	38.0
12	石狩川	34.5	20.5	45.0	42.5	25.4	32.1
13	石狩川	34.3	17.7	48.0	48.3	17.6	34.1
25	石狩川	44.3	16.9	38.8	64.3	22.3	13.4
31	網常川	44.5	19.9	35.6	60.4	23.9	15.7
38	網常川	48.0	19.6	32.4	62.2	23.2	14.6
日本の河川の平均水質 ¹⁾		47.9	17.0	35.1	57.0	24.8	18.2



第4図 北海道の河川水の主要化学成分（当量百分率）の三角図および菱形図（1955年5月～1957年6月採水）
 ○印は1972年10月～1973年9月に再度採水

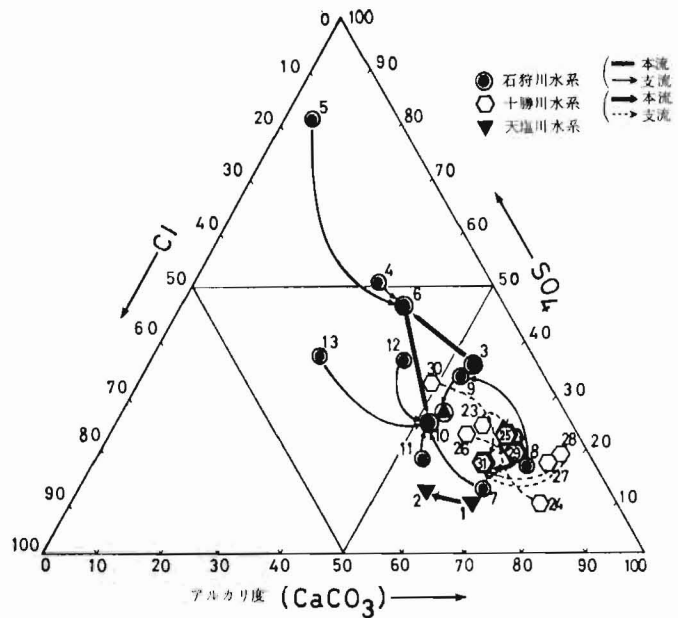


第5図 北海道主要河川水の流程によるカチオン（当量百分率）の変化（1955年5月～1957年6月採水）

これらのキイダイヤグラムを示すと第4図のようである。また流下によるイオン当量百分組成の変化を知るために、石狩川、十勝川、天塩川水系の流下にとまなり主要カチオンおよびアニオンの当量百分率の推移をそれぞれ第5図、第6図に示し、それらについて、流域の地質〔15〕との関連を考慮して、概観すると次のようである。

石狩川水系：石狩川は延長 365 km、流域面積 1.4 万 km² であって、雨竜川 (7)、空知川 (8)、夕張川 (11) などの沖積

平野および千歳川 (12)、豊平川 (13) などの扇状地よりなる日本第 2 の大平野を流下している。この水系の地質は上流部は火成岩類の安山岩類層であり、中流部および下流部はほとんど堆積岩類の第四紀砂礫、粘土層層で占められているが旭川市と深川市の間にある神居古潭の辺りは変成岩類の結晶片麻岩類層中に深成岩類の蛇紋岩層が混在している層がみられる。それらの水質は上流部 (3) では、Ca (49.3%) > Na+K (35.6%) > Mg (15.1%)、アルカリ度 (53.6%) > SO₄ (35.3%) > Cl (11.1%) の関係にあるが、中流部 (6) では、Ca (51.5%) > Na+K (30.6%) > Mg (17.9%)、SO₄ (45.4%) > アルカリ度 (37.4%) > Cl (17.3%) の関係にあり、カチオン間の関係は変わらないが、アニオンのそれは SO₄ がアルカリ度より高い値となっている。これは旭川市の下流で合流する美瑛川 (5)、忠別川 (4) の影響が反映していると思われる。すなわち、美瑛川 (5) は Ca (52.4%) > Mg (24.8%) > Na+K (22.8%)、SO₄ (79.3%) > Cl (15.4%) > アルカリ度 (5.3%) でアルカリ度が極度に低く、忠別川 (4) は Ca (47.6%) > Na+K (32.6%) > Mg (19.8%)、SO₄ (50.9%) > アルカリ度 (30.0%) > Cl (19.1%) の関係にあり、両川は Ca および SO₄ の含有量の高い河川である。次に天塩山地南部の朱鞠内湖 (人造湖) に発して南下し、滝川市で石狩川本流と合流する雨竜川 (7、延長 192 km) は Mg (38.0%) > Na+K (35.4%) > Ca (26.6%)、アルカリ度 (67.0%) > Cl (21.8%) > SO₄ (11.2%) の関係であり、滝川市よりやや下流で本流に合流する空知川 (8、9) は Ca > Na+K > Mg、アルカリ度 > SO₄ > Cl の関係にあり、ともにアルカリ度の高い河川である。さらに夕張川 (11) は夕張炭田を流下して江別市で石狩川本流に合流するが、それは Na+K (49.7%) > Ca (35.6%) > Mg (14.7%)、アルカリ度 (54.9%) > Cl (28.2%) > SO₄ (16.9%) の関係



第6図 北海道主要河川水の流下によるアニオン（当量百分率）の変化（1955年5月～1957年6月採水）

にある。それゆえ、これらの河川の流入後本流下流部(10)では $\text{Na}+\text{K}$ (41.3%) $>$ Ca (39.8%) $>$ Mg (18.9%), アルカリ度 (52.5%) $>$ Cl (24.3%) $>$ SO_4 (23.2%) の関係にあり、炭田地帯から流入する河川の影響は大きいことを示し、カチオン、アニオンともに上流部(3)や中流部(6)とは異なる当量百分率を示している。

なお支笏湖から流下する千歳川(12)は江別市で石狩川に流入するがこの河川は $\text{Na}+\text{K}$ (44.3%) $>$ Ca (40.5%) $>$ Mg (15.2%), アルカリ度 (41.5%) $>$ SO_4 (35.7%) $>$ Cl (22.8%) の関係にある。さらにより下流で石狩川に合流する豊平川(13)は札幌市の水の供給源であるが、上流に定山溪温泉および豊羽鉱山を有し、水質の異なる2河川の合流により水質も複雑である。すなわち、 $\text{Na}+\text{K}$ (50.7%) $>$ Ca (37.8%) $>$ Mg (11.5%), SO_4 (36.5%) $>$ Cl (35.0%) $>$ アルカリ度 (28.5%) の関係を示し、 $\text{Na}+\text{K}$, SO_4 量が高い河川である。

十勝川水系: 十勝川は大雪山火山群中の活火山、十勝岳に源流を発生し、太平洋まで南下する流路延長178kmの河川で、石狩川、天塩川について北海道第3の長流である。この水系の地質は上流部は火成岩類の安山岩類層であるが、ついで堆積岩類の第四紀溶結凝灰岩層、さらに下流部は第四紀洪積砂礫層である。上流部の新得町(23)では、 Ca (43.9%) \div $\text{Na}+\text{K}$ (43.4%) $>$ Mg (12.7%), アルカリ度 (61.1%) $>$ SO_4 (23.4%) $>$ Cl (15.5%) の関係にあり、アルカリ度が高い値である。中流部の芽室町よりやや上流で合流する佐幌川(24, 新得町)は $\text{Na}+\text{K}$ (45.4%) $>$ Ca (40.7%) $>$ Mg (13.9%), アルカリ度 (78.8%) $>$ Cl (14.2%) $>$ SO_4 (7.0%) の関係にあるが、合流後の十勝川本流中流部(25, 芽室町)では Ca (46.3%) $>$ $\text{Na}+\text{K}$ (40.5%) $>$ Mg (13.2%), アルカリ度 (65.9%) $>$ SO_4 (20.5%) $>$ Cl (13.6%) の関係になっていて、アニオンの関係は上流部と変わらないが、カチオンでは $\text{Na}+\text{K}$ の含量の高い河川の流入にもかかわらず Ca が $\text{Na}+\text{K}$ より高い値を示している。

一方、石狩岳山岳部に発生し、糖平湖の落下を受け流下し、帯広市付近で合流する音更川(26)は、 $\text{Na}+\text{K}$ (46.2%) \div Ca (46.0%) $>$ Mg (7.7%), アルカリ度 (61.8%) $>$ Cl (21.6%) $>$ SO_4 (16.6%) の関係にあり、カチオンは十勝川上流の新得町(23)の水質と類似している。また札内川(27, 28)は日高連峰、札内岳(変成岩類の片麻岩に富む)より発生し、帯広市のやや下流で十勝川に合流しているが、その下流部(28)での百分率は、 Ca (57.6%) $>$ $\text{Na}+\text{K}$ (27.2%) $>$ Mg (15.2%), アルカリ度 (77.2%) $>$ SO_4 (16.2%) $>$ Cl (6.6%) の関係にある。この河川は上流が変成岩類であるため、火成岩の場合とは異なり、風化溶解する量が極めて少なく、溶解性蒸発残留物量は31~39 mg/lの低い値(日本の総平均値の約 $\frac{1}{2}$ 量)であった。さらに豊頃町で本流に合流する利別川(30)は、十勝川最大の支流であり、その流量[14, 15]は53.8 m³/sec (1955~1956年)であり、本流の203 m³/sec (1955~1956年)に対し、約 $\frac{1}{4}$ を占め、水質は Ca (49.3%) $>$ $\text{Na}+\text{K}$ (29.6%) $>$ Mg (21.1%), アルカリ度 (47.7%) $>$ SO_4 (31.9%) $>$ Cl (20.4%) である。その流入後の本流下流部(31, 豊頃町)では、アルカリ度 (64.1%) $>$ Cl (18.9%) $>$ SO_4 (17.0%), Ca (46.2%) $>$ $\text{Na}+\text{K}$ (37.6%) $>$ Mg (16.2%) の関係にあって、 Cl が SO_4 よりやや高い値であるが、カチオンは本流中流部(25)と同様な関係にあり、石狩川水系に比し、流下による水質の変化は少ない。また、第6図に示すように、石狩川の水質は流下にともない、 SO_4 の増加、減少から下流部では Cl の増加と、反時計方向(矢印の動き)の推移を示すのに対し、十勝川のそれは時計方向の変化を示し、アルカリ度による

水質の変化が顕著である。

天塩川水系：天塩川は総延長 306 km で、上流部は火成岩類の安山岩層で、ついで堆積岩類の古生代粘板岩、砂岩、チャート、輝緑凝灰岩層をへて堆積岩類の新第三紀の砂岩、泥岩、緑色凝灰岩層、中世代の砂岩、泥岩、礫岩層などを通過し、最後に第 4 紀砂岩、粘土層を流下する。上流部 (1, 名寄大橋) は、 $\text{Ca} (41.4\%) > \text{Na} + \text{K} (37.6\%) > \text{Mg} (21.0\%)$, アルカリ度 $(66.1\%) > \text{Cl} (24.8\%) > \text{SO}_4 (9.1\%)$ の関係にあるが、下流部 (2, 天塩町) では、 $\text{Na} + \text{K} (42.9\%) > \text{Ca} (33.9\%) > \text{Mg} (23.2\%)$, アルカリ度 $(59.5\%) > \text{Cl} (30.1\%) > \text{SO}_4 (10.4\%)$ の構成比に変わり、雄信内の上流に広がる低湿な泥炭地の影響で Na, Cl の増加がみられ、石狩川下流部 (10) に比し SO_4 , Cl 含有量はいずれも極めて低い。

北見山地を流下する河川：調査河川の渚滑川、湧別川、常呂川、網走川などは、北見山地、大雪山火山群、阿寒岳に源を発して、おおよそ北東へ流下し、オホーツク海にそそぐ。阿寒カルデラの外輪山、阿幌岳に源を発する網走川 (37) が $\text{Ca} (42.5\%) \approx \text{Na} + \text{K} (42.3\%) > \text{Mg} (15.2\%)$, アルカリ度 $(73.2\%) > \text{SO}_4 (14.2\%) > \text{Cl} (12.6\%)$ の関係にあるが、常呂川 (38), 湧別川 (39), 渚滑川 (40) などはいずれも、 $\text{Ca} (49.3 \sim 52.9\%) > \text{Na} + \text{K} (30.9 \sim 34.2\%) > \text{Mg} (15.2 \sim 19.8\%)$, アルカリ度 $(60.1 \sim 71.3\%) > \text{SO}_4 (18.6 \sim 22.2\%) > \text{Cl} (10.1 \sim 17.7\%)$ の関係にある。このように 3 河川の当量百分率はほぼ相似した傾向にあるが、それらのうちで、常呂川 (38) のみか他の 2 川に比し、Ca, Mg をはじめ、 SO_4 , Cl などいずれの成分も他の 2 河川に比し含有量が約 2 倍高い値を示しているのが特徴的である。

胆振、日高地方を流下する河川：鶴川 (20), 静内川 (21), 幌別川 (22) のうち、鶴川 (20) は夕張山地の胆振、上川、空知の三支庁境界付近から発して、太平洋に注ぐ 153 km の長流である。この河川は 3 河川中では特異的な水質を示している。すなわち、Mg の値が他の 2 河川の約 3 倍の値であって、前回調査 36 地点中、美瑛川 (5), 阿寒川 (33) などとともに Mg の著しく高い値を示す河川に属している。したがって、イオン当量百分率も、 $\text{Ca} (39.1\%) > \text{Mg} (31.9\%) > \text{Na} + \text{K} (29.0\%)$, アルカリ度 $(70.8\%) > \text{SO}_4 (15.3\%) > \text{Cl} (13.9\%)$ の関係を示し、静内川 (21), 幌別川 (22) などは $\text{Ca} (55.5 \sim 69.8\%) > \text{Na} + \text{K} (16.3 \sim 28.1\%) > \text{Mg} (13.9 \sim 16.4\%)$, アルカリ度 $(64.7 \sim 82.2\%) > \text{SO}_4 (11.7 \sim 19.1\%) > \text{Cl} (6.1 \sim 16.2\%)$ の関係にあるので、カチオンの関係が他の 2 河川とは異なる。これは流域の泥灰岩層の介在が水質に反映したものと考えられる。

後志地方および渡島半島の河川：羊蹄火山群に源を発する尻別川 (14) は、渡島半島の河川の利別川 (15), 大野川 (17) などと水質が類似しており、そのイオン当量百分率は $\text{Na} + \text{K} (44.4 \sim 47.1\%) > \text{Ca} (34.4 \sim 37.0\%) > \text{Mg} (15.9 \sim 21.2\%)$, アルカリ度 $(46.5 \sim 51.4\%) > \text{Cl} (30.0 \sim 39.9\%) > \text{SO}_4 (14.1 \sim 21.0\%)$ の関係にあり、また厚沢部川 (16) は $\text{Na} + \text{K} (65.4\%) > \text{Ca} (19.9\%) > \text{Mg} (14.7\%)$, $\text{Cl} (68.6\%) > \text{アルカリ度} (16.2\%) > \text{SO}_4 (15.2\%)$ の関係にある。これらの河川はいずれも冬期に Na, Cl の含有量が高い値を示す傾向にあり、特に厚沢部川のそれは他の季節の約 4 倍の値である。これらは冬季の北西風による風送塩の影響と考えられる。しかし厚沢部川のアルカリ度と SiO_2 以外の主要成分が他の 3 河川より高い値であるのは地質のおよび地形的相違の他に比較的小河川であるため、その影響が水質に強く現われたものと考えられる。

湖を水源とする河川：これらの河川は特殊な河川として分類され、湖の水質を直接的に反映する場合が多い。屈斜路湖（湖盆壁とカルデラ火山との間につくられた、わが国有数の湖、面積 79.7 km²、周囲 57 km、最大深度 120 m、海拔 121 m）の場合、Na+K (69.2%) > Ca (20.1%) > Mg (10.7%)、SO₄ (53.3%) > Cl (41.7%) > アルカリ度 (5.0%) の関係にあり、SO₄、Cl がきわめて高い値であるため、アルカリ度は著しく低い値を示している。したがって、釧路川の湖から約 50 km 下流の採水地点（35、標茶町）でも、その水質は Na+K (58.7%) > Ca (30.3%) > Mg (11.0%)、SO₄ (44.7%) > Cl (27.9%) ÷ アルカリ度 (27.4%) の関係を示し、Ca およびアルカリ度が増加し、Na+K、Cl の減少がみられるものの、当量百分率の傾向は屈斜路湖と同様である。

阿寒湖（周囲 26 km、面積 12.9 km²、最大深度 36.6 km、平均水深 17~18m、海拔 419m）の場合、湖水は Na+K (43.8%) > Ca (31.9%) > Mg (24.3%)、アルカリ度 (45.9%) > SO₄ (30.9%) > Cl (23.2%) の関係にあったのが、湖から約 50 km 下流の阿寒川採水地点（33）では、Ca (42.7%) > Na+K (33.4%) > Mg (23.9%)、アルカリ度 (49.5%) > SO₄ (36.9%) > Cl (13.6%) となり、Na および Cl が減少したため、Ca およびアルカリ度の割合が増加している。その構成比率の傾向はカチオンでは湖と異なるが、アニオンでは同様であった。

湖 水：4湖の主要化学成分の当量百分率を第4表に示す。それらより湖の水質を分類〔18〕すると、pH が 4.7 と低い屈斜路湖は SO₄、Cl が高い値であるので、硫酸塩—塩化

第 4 表 北海道内、4湖の主要化学成分当量百分率

(1955年5月~1957年6月採水)

湖 名	pH	カチオン			アニオン			分 類 型
		Ca	Mg	Na+K	アルカリ度 (CaCO ₃)	SO ₄	Cl	
屈斜路湖	4.7	20.1	10.7	69.2	5.0	53.3	41.7	硫酸塩—塩化物型
阿寒湖	7.1	31.9	24.3	43.8	45.9	30.9	23.2	炭酸塩—硫酸塩型
洞爺湖	6.6	35.9	11.4	52.7	18.1	44.6	37.3	硫酸塩—塩化物型
大 沼	6.7	52.2	14.7	33.1	29.2	52.0	18.8	硫酸塩—炭酸塩型

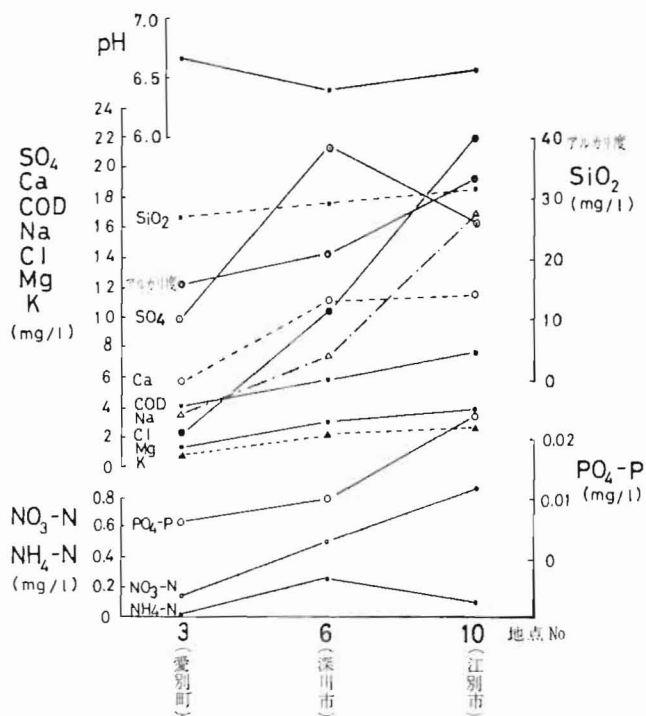
物型湖であり、洞爺湖もこれに類似している。また阿寒湖はアルカリ度、SO₄ が高く、炭酸塩—硫酸塩型に属し、pH も 7.1 と中性を示している。その中間の硫酸塩—炭酸塩型に大沼が属すと考えられる。

2) 河川の流程による成分の濃度変化

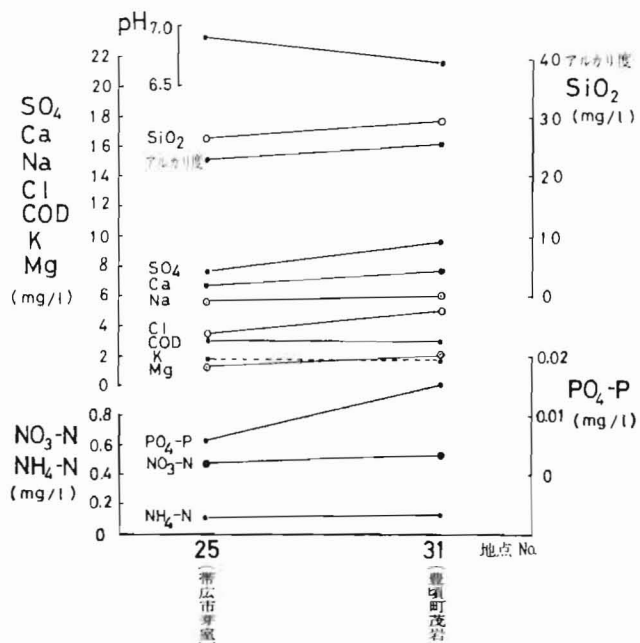
今回調査した 10 地点の年間平均値を用いて、石狩川の流程による水質変化を上、中、下流の 3 地点について示すと第 7 図のようである。すなわち、開発の著しい旭川市街地を貫流後の深川市緑町、さらに下流の江別市へと流程にともない著しい濃度増加のみられる成分は、PO₄-P、NO₃-N の栄養塩および Na、Cl などである。まず PO₄-P についてみると上流部 (3) では 0.006 mg/l が中流部 (6) では 0.010 mg/l となり、下流部 (10) では 0.024 mg/l に増加して、上流部の約 4 倍の値を示している。NO₃-N については上流部 (3) では 0.16 mg/l が中流部 (6) では 0.49 mg/l と約 3 倍の値となり、下流部では

0.89 mg/l で上流部の約5倍となっている。Na の増加の傾向は $\text{NO}_3\text{-N}$ の場合とほぼ同様である。また Cl は上流部 (3) では 2.3 mg/l が中流部では 10.6 mg/l で約5倍となり、さらに下流部 (10) では 22.2 mg/l に増加し、上流部の約10倍の値を示している。これらの値について、前回調査の下流部 (10) と上流部 (3) とを比較すると Na、 $\text{NO}_3\text{-N}$ については約3倍、Cl については約5倍、 $\text{PO}_4\text{-P}$ については約2倍、下流部 (10) が高い値である。さらに、上流部 (3) における今回の値は前回の値に比し、 $\text{PO}_4\text{-P}$ では1.5倍、 $\text{NO}_3\text{-N}$ では0.78倍、Na では1.4倍、Cl では2.0倍の値である。下流部 (10) のそれは $\text{PO}_4\text{-P}$ が4倍、Cl は2倍、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、Na は1.4倍の値である。このように Na と Cl の経年変化は上流部も下流部もほぼ同一の程度であるが、 $\text{PO}_4\text{-P}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ のそれは下流部の方がより大きい。ゆえに石狩川流域では河川の流程による栄養塩の増加が著明であるといえる。

次に SO_4 についてみると、中流部 (6、深川市) で忠別川 (4)、美瑛川 (5) など SO_4 、Cl 量の高い支流の合流により、上流部 (3) の2倍以上に濃度は増加する



第7図 石狩川の流程による成分濃度の変化 (1972年10月～1973年9月採水)



第8図 十勝川の流程による成分濃度の変化 (1972年10月～1973年9月採水)

が、下流部(10)では水質の異なる支流の流入により、それらの含有量は減少し、上流部(3)の約1.7倍となる。pHはこれに呼応して6.7から6.4となり、下流部(10)では6.6を示し、 SO_4 の影響の大きいことが明らかである。またCa, Mg, K, アルカリ度, CODなどは流程にともない濃度はゆるやかに増加している。

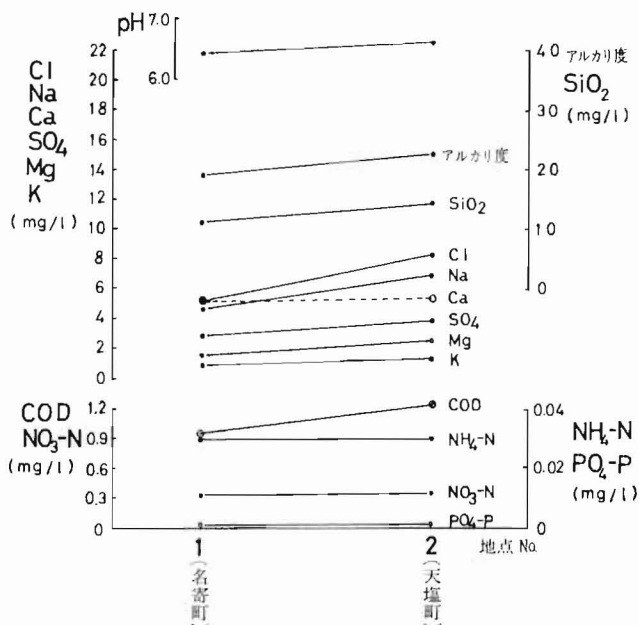
次に十勝川水系の流程による成分濃度の変化を示すと、第8図のようである。 SO_4 , Clなどの含有量の高い利別川(30)の合流後、十勝川(31)でのこれらの

成分は上流部(25)の約1.3倍の値となっている。また、その地点での $\text{PO}_4\text{-P}$ は約2倍、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はわずかに高い値を示しているが、一般的には流程による各成分の変動は少ない。

また前回の水質分析値より、天塩川の流程による成分濃度の変化を示すと第9図のようである。全般的に希薄な水質であるが、下流部(2)に至ると、Clが約1.6倍の値を示し、Na, SO_4 , SiO_2 量も1.5倍の増加を示している。他は顕著な変化はみられない。 $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ などには変化が認められない。1956年当時は流域の人口も希薄であったことから、自然的要因が水質を支配しており、Na, SO_4 の増加は泥炭地帯の流下によるものと考えられ、Clの増加は風送塩によるものと考えられる。

3) 北海道地方の河川水中のカチオン、アニオンの分布

北海道地方の河川水中のカチオンとアニオンの分布を検討するため前回調査の40地点および今回調査の10地点のCl/アルカリ度、 SO_4 /アルカリ度、Na/K(いずれも当量比)を算出して、各々の分布図を第10図、第11図、第12図に示した。またCl-アルカリ度および SO_4 -アルカリ度の相関は第13図および第14図のようである。Cl/アルカリ度(CaCO_3)の分布をみると北海道東部(太平洋側)では、その比はほとんど0.5以下であるのに対し、西部の日本海側では厚沢部川(16)の4.2、利尻川(15)の0.9、豊平川(3)の1.2、美瑛川(5)の2.9など高い値を示す河川があり、その他の地点でも0.5以上を示す河川が多い。これは風送塩の影響の他に、人間活動による生活排水の影響が考えられ、地域開発の進行を反映しているといえよう。その例として、同一地点における経年変化を石狩川水系についてみると、上流部(3, 愛別町)では、その比はともに0.21で、



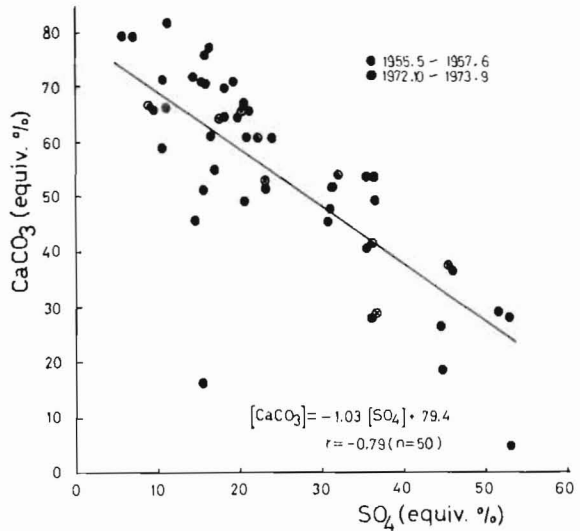
第9図 天塩川の流程による成分濃度の変化
(1956年6月~1957年4月採水)

塩川では上流部(1)で前回 0.38 であったのに対し、今回は 0.40 で十勝川よりも経年変化が少ない。このように、石狩川水系は他の 2 水系に比し、Cl/アルカリ度の変動および経年変化は大で、人口増加の影響を如実に示しているといえよう。さらに Cl/アルカリ度の当量百分率の相関をみると、第 13 図のようで、その回帰直線式は [アルカリ度] = -1.05 [Cl] + 75.4、相関係数は -0.64 であり、高度な ($p < 0.01$) 逆相関が認められた。

次に、小林により日本の脳卒中死亡率の地域的な分布と正の

相関が高いと報告 [19, 20] されている SO_4 とアルカリ度の比について北海道地方の分布 (第 11 図) をみると、大雪山、阿寒岳などの火山に発する河川 (美瑛川、忠別川) および屈斜路湖などの火山性湖に高く、比較的安定な地質である日高地方、北見山地および網走地方の河川に低い傾向にある。最高値は大雪山山系に発する美瑛川 (5) で、その比は 14.9 であり、最低値は十勝川支流の佐幌川 (24) の 0.09 で、それらの河川の比の平均値は 0.87 であった。湖では屈斜路湖 (34) は 11、阿寒湖 (32) は 0.67 で、4 湖の平均は 3.8 であった。その比の経年変化をみると、石狩川水系では上流部 (3) では前回も今回も 0.66 で Cl/アルカリ度と同様全く変動が認められないが、中流部 (6) では、前回の 1.2 は今回は 1.1 となり、下流部 (10) では前回の 0.44 は今回は 0.53 であって、その変動は非常に小さく、Cl/アルカリ度の場合のような大きな経年変化を示していない。また豊平川 (13) も前回の 1.3 は今回は 0.37 となり、千歳川 (12) では 0.86 が 0.60 となり、水質が改善されていることを示している。十勝川水系では、中流部 (25) での前回の 0.31 は今回は 0.35 となり、下流部 (31) では前回の 0.27 は今回は 0.39 となっている。天塩川 (1) では前回の 0.14 は今回は 0.30 となり、2 倍以上の変動を示している。このように 3 水系の SO_4 /アルカリ度の比は石狩川水系に高く、他の水系では低い傾向にあるが、その経年変化は Cl/アルカリ度の場合と異なり天塩川水系が最も大きい。 SO_4 とアルカリ度の当量百分率の相関は第 14 図のようで、その回帰直線式は [アルカリ度] = -1.03 [SO_4] + 79.4、相関係数は -0.79 であり、高度な ($p < 0.01$) 逆相関係数が認められた。

さらに、Na/K の分布 (第 12 図) をみると、東部の火山性湖である屈斜路湖 (34) および釧路川 (35) と日本海側の河川、特に厚沢部川 (16)、石狩川下流部 (10)、夕張川 (11) などに高く、十勝川水系、石狩川上流部、日高山脈および北見山地に水源を有する河川などに低い傾向がある。河川水中の Na, K は地質に由来する成分であるが、Na はまた人間活動にともなって変動する成分であるとともに炭田地帯の河川水の特徴的成分



第14図 北海道主要河川水中のアルカリ度— SO_4 —Cl間の当量百分率によるアルカリ度と SO_4 の相関図

でもある。夕張炭田を蛇行して流下する夕張川(11)のその比は35で最高値を示し、屈斜路湖(34)の20をはるかに越えている。このため夕張川流入後の石狩川本流の江別市(10)では、流入前の深川市(6)での比6.4は16と高い値となっており、支笏湖より流下する千歳川(12)の14を上まわっている。他に、後志地方から渡島半島にかけての日本海側に位置する尻別川(14)は9.6、利別川(15)は11、厚沢部川(16)は20、大野川(17)は13のそれぞれ高い値であるが、これは風送塩の影響で12~2月の間にNaおよびCl量が飛躍的に増加するためと考えられる。経年変化をみると、石狩川では上流部(3)は前回の5.7が5.4となり、中流部(6)では前回は6.4で今回は5.8であり、下流部(10)では前回の16は今回12となり、今回は前回は比し低い値であるが、その変動は流下にともない大となる。十勝川水系では中流部(25)では前回の6.1は今回は5.3となり、下流部(31)では4.8が4.9となっており、天塩川では前回の7.8は今回は6.8である。このように、石狩川はその比の値および経年変化の度合は他の2河川より大である。

4) 北海道地方の河川水中の主要成分濃度の相関

前回調査した40地点の河川水および湖水の主要成分の濃度間の相関係数は第5表のようである。

1%の危険率で有意な相関の認められたものはCa-Mg, Ca-Na, Ca-K, Ca-アルカリ度, Ca-SO₄, Ca-Cl, Ca-SiO₂, Mg-Na, Mg-K, Mg-アルカリ度, Mg-SO₄, Mg-Cl, Mg-SiO₂, Na-K, Na-SO₄, Na-Cl, Na-SiO₂, K-SO₄, K-Cl, K-SiO₂, SO₄-Cl, SO₄-SiO₂ である。

第5表 北海道の河川水中の主要成分間の相関係数

(1955年5月~1957年6月採水)(n=40)

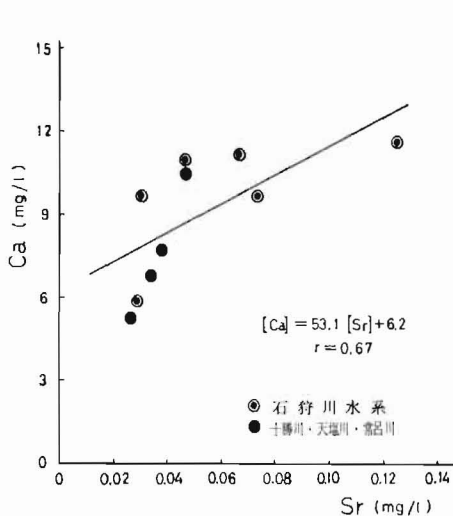
	Ca	Mg	Na	K	アルカリ度 (CaCO ₃)	SO ₄	Cl	SiO ₂
Ca	—	0.78**	0.48**	0.61**	0.42**	0.79**	0.42**	0.40**
Mg		—	0.56**	0.66**	0.50**	0.68**	0.51**	0.41**
Na			—	0.79**	0.13	0.69**	0.94**	0.50**
K				—	0.13	0.78**	0.71**	0.71**
CaCO ₃					—	-0.07	0.02	0.14
SO ₄						—	0.62**	0.55**
Cl							—	0.35*
SiO ₂								—

** 1%の危険率で有意

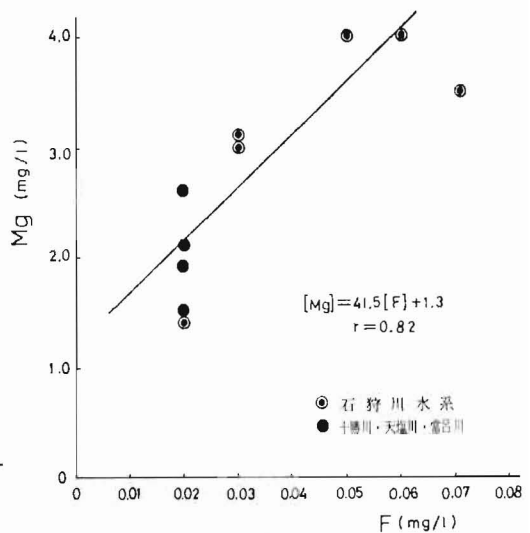
* 5%の危険率で有意

り、5%の危険率で有意な相関が認められたものはCl-SiO₂であり、いずれも正の相関が認められた。しかし、アルカリ度-Na, アルカリ度-K, アルカリ度-SO₄, アルカリ度-Cl, アルカリ度-SiO₂には有意な相関は認められなかった。

また今回調査のSrおよびFについては、Sr-Ca, Mg-Fの相関図を示すと、それぞれ第15図、第16図のようである。Sr-Caの回帰直線式は[Ca]=53.1[Sr]+6.2, 相関係数0.67(5%の危険率で有意)である。東北地方のそれ[14]は、[Ca]=197[Sr]+1.2, 相関係数0.76(1%危険率で有意)であるので北海道地方のSr量は東北地方より



第15図 北海道主要河川水中の Sr と Ca の相関図 (1972年10月~1973年9月採水)



第16図 北海道主要河川水中の Mg と F の相関図 (1972年10月~1973年9月採水)

含有量が低いことを示している。また、Mg-F の回帰直線式は $[Mg]=41.5[F]+1.3$ 、相関係数 0.82 (1%の危険率で有意) であった。いずれも岩石に由来する成分であり、溶出による挙動に類似性があると考えられる。

次に、前回調査の主要成分濃度間の重相関および重回帰は第6表のようである。アルカリ度を除いた他の成分間には高度の重相関関係が認められ、主要成分間には岩石、土壌などからの溶出機構に規則性があると推測される。今回調査10地点の導電率の年間平均値の範囲は、石狩川 (3, 愛別町) の $67.4 \mu\text{v}/\text{cm}$ (25°C) から石狩川 (10, 江別市) の $192.1 \mu\text{v}/\text{cm}$ (25°C) であったが、これらの値と溶存成分の総和を示す溶解性蒸発残留物

第6表 北海道の河川水中の主要成分濃度間の重回帰と重相関

(1955年5月~1957年6月採水) ($n=40$)

X	Y	Z	重回帰式	重相関係数
Na	K	Mg	$Z=0.017X+1.3Y+0.19$	0.67**
Mg	Ca	SO ₄	$Z=1.9X+2.9Y-13.1$	0.80**
SO ₄	Cl	Mg	$Z=0.080X+0.33Y-1.1$	0.66**
SO ₄	Mg	K	$Z=0.025X+0.12Y+0.87$	0.80**
Cl	Mg	Na	$Z=0.82X+0.56Y+0.63$	0.95**
Cl	SO ₄	K	$Z=0.030X+0.22Y+0.91$	0.83**
SO ₄	SiO ₂	K	$Z=0.023X+0.026Y+0.53$	0.85**
Na	K	Cl	$Z=1.1X-0.99Y+0.44$	0.94**
SO ₄	Na	K	$Z=0.46X+14.8Y-11.1$	0.79**
K	SiO ₂	Na	$Z=10.3X-0.094Y-4.1$	0.79**

** 1%の危険率で有意

第7表 北海道地方の各河川水の溶解性蒸発残留物 (S-Re) と
導電率 (σ) との相関関係

(1972年10月～1973年9月採水)

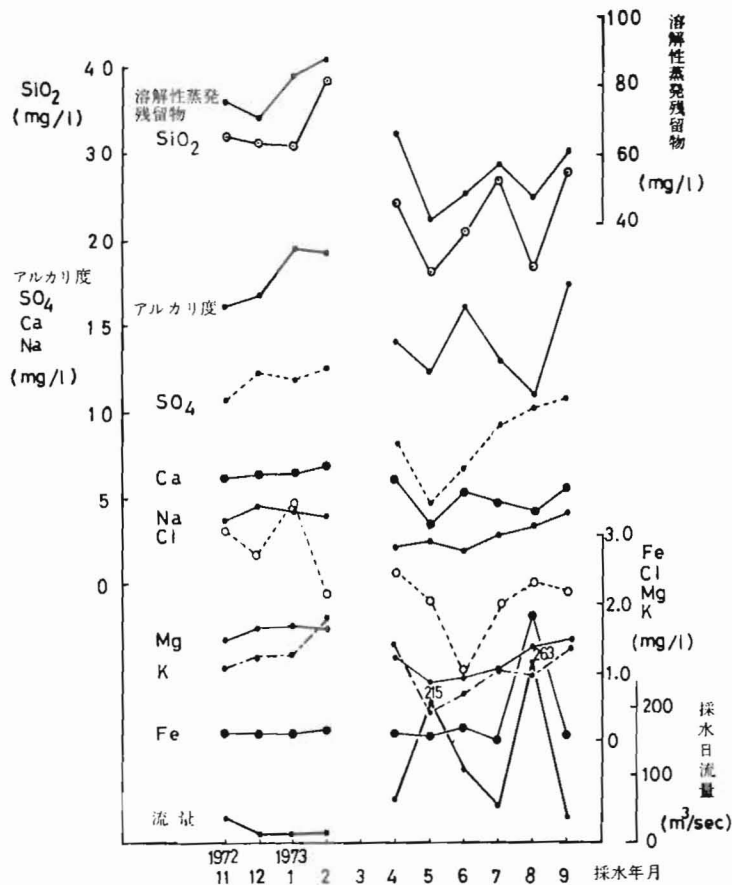
地点No.	河川名及び採水場所	回帰直線	相関係数	自由度 ($n-2$)	検定
1	天塩川(名寄大橋)	$S-Re=0.54\sigma+15.7$	0.82	10	$p<0.01$
3	石狩川(愛別町)	$S-Re=0.77\sigma+67.3$	0.92	8	$p<0.01$
6	石狩川(深川緑町)	$S-Re=0.68\sigma+6.47$	0.97	10	$p<0.01$
9	空知川(赤平市)	$S-Re=0.50\sigma+23.8$	0.88	10	$p<0.01$
10	石狩川(江別市)	$S-Re=0.30\sigma+79.3$	0.82	9	$p<0.01$
12	千歳川(江別市)	$S-Re=0.40\sigma+57.1$	0.95	9	$p<0.01$
13	豊平川(創成川取入口)	$S-Re=0.50\sigma+96.4$	0.54	9	NS
25	十勝川(帯広市)	$S-Re=0.49\sigma+28.5$	0.81	10	$p<0.01$
31	十勝川(豊頃町)	$S-Re=0.67\sigma+13.1$	0.91	10	$p<0.01$
38	常呂川(端野町)	$S-Re=0.66\sigma+20.2$	0.88	10	$p<0.01$

NS: 統計的有意性は認められない

量の年間平均値との間には第7表に示すように高度の相関関係が認められた。この関係は水の組成が異常の場合や、溶存物質の濃度が著しく大きな場合を除いてはほぼ成立する[21]と報告されているが、豊平川以外はいずれも高度の正の相関 ($r=0.81\sim0.97$) があつた。

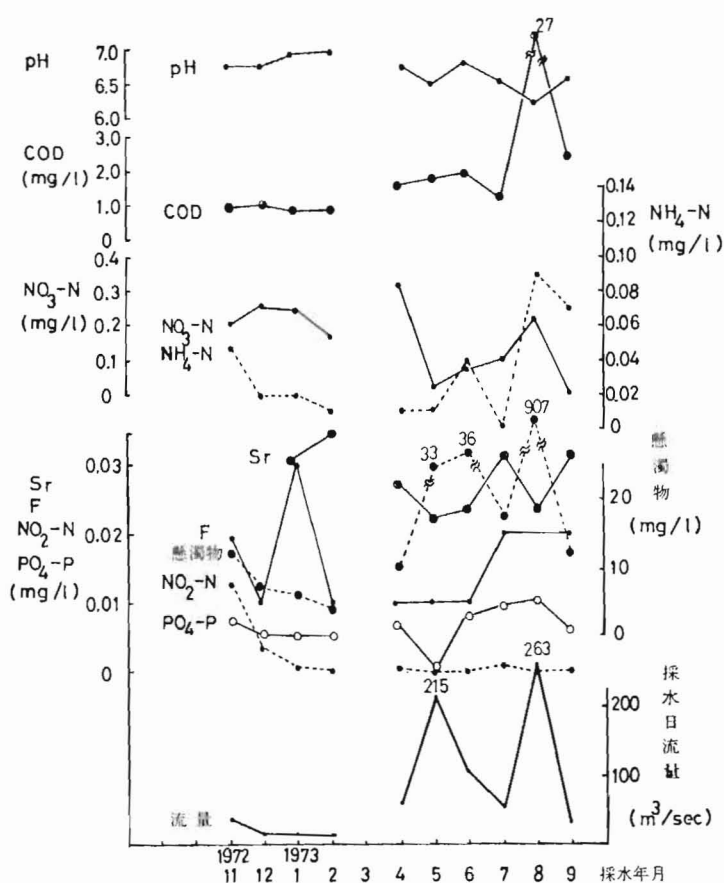
5) 成分濃度の季節的変動と河川流量との関係

北海道地方の河川水質の季節的変動と河川流量との関係について、支流の影響の比較的少ないと考えられる石狩川上流部(3, 上川郡愛別



第17図 石狩川(上川郡愛別町字中愛別)の水質の濃度変化および河川流量との関係(その1) (1972年11月～1973年9月採水)

町)の今回の1年間の分析値について各成分の月別濃度と河川流量〔22, 23〕とを示すと第17図(その1, その2)のようである。それらのうち、 SiO_2 , SO_4 , アルカリ度, Sr, 溶解性蒸発残留物などは類似の水質変動を示し、1~2月の冬の渇水時には濃度は最高に達し、3~6月の融雪豊水期、なかでも5月の増水時には希釈され、濃度は最低値を示しており、濃度と流量とは負の関係にある。逆に、COD, 懸濁物, $\text{NH}_4\text{-N}$, Feなどは流量と成分濃度とは平行的で、正の関係を示し、流量の増加による掃流効果の大



第17図 石狩川(上川郡愛別町字中愛別)の水質の濃度変化および河川流量との関係(その2) (1972年11月~1973年9月採水)

きい成分と考えられる。また、Mg, Ca, Kも流量の増加にともない濃度が減少し、流量とは負の関係は認められるが、著明ではない。

概して、流量の増加にともない、各成分の濃度は減少する傾向にあるが、各河川によって流況が異なり、一定ではない。また同地点(3, 愛別町)で流量と負の関係が認められた SiO_2 , SO_4 , Sr, 溶解性蒸発残留物, 導電率について、採水日流量と成分濃度との関係を示すと第18図のようである。すなわち、これらの成分濃度は流量の増減に対し、等比数的な関係にあると推測される。

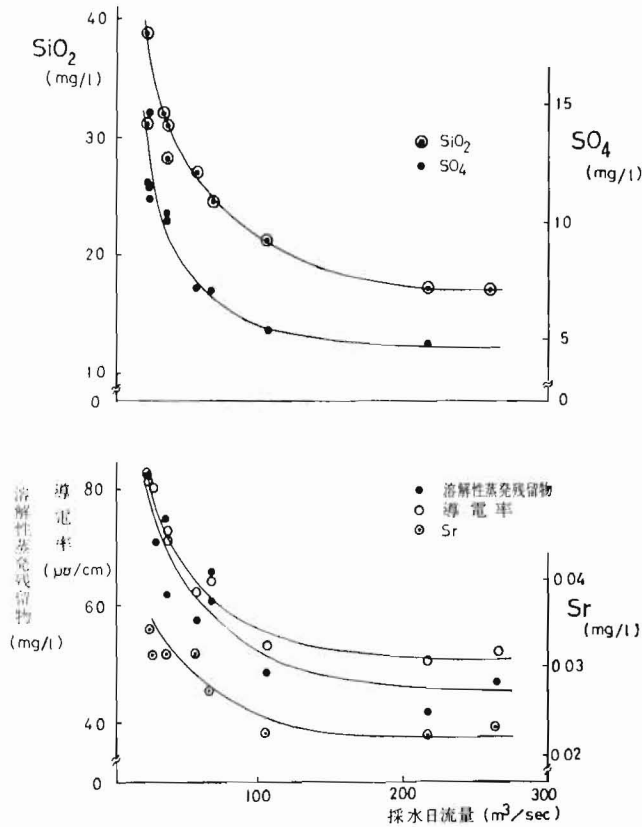
そこで次の指数関係式により、 a, k の値を求めると第8表のようである。

$$C = k \cdot Q^a$$

ここで、 C : 成分濃度 Q : 河川流量(採水日) a : 指数 k : 係数

- 1) $a=0$ のとき、 $C=k$
- 2) $a>0$ のとき、流量が増加すれば成分濃度も増加
- 3) $a<0$ のとき、流量が増加すれば成分濃度は減少

- 4) $1 > a > 0$ または $-1 < a < 0$ のとき、流量変動 > 成分濃度の変動
 5) $a > 1$ または $a < -1$ のとき、流量変動 < 成分濃度の変動



第 18 図 石狩川 (3. 愛別町) における成分濃度と日流量の関係 (1972 年 11 月～1973 年 9 月採水)

第 8 表 石狩川 (3. 愛別町) の流量と成分濃度との関係

(1972年10月～1973年9月採水)

成分 項目	導電率	Ca	Mg	Na	K	アルカリ 度	SO ₄	Cl	SiO ₂	Sr
<i>a</i>	-0.19	-0.19	-0.19	-0.18	-0.30	-0.17	-0.24	-0.16	-0.27	-0.16
<i>k</i>	143	12.5	2.92	7.37	3.69	31.3	25.2	4.30	77.9	0.05
成分 項目	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	Fe	CoD	F	S-Re	混濁度	懸濁物	
<i>a</i>	0.25	-0.42	-0.01	0.70	0.82	-0.16	-0.25	1.30	1.40	
<i>k</i>	0.007	0.54	0.006	0.004	0.06	0.02	172	0.05	0.06	

S-Re: 溶解性蒸発残留物

この結果より、流量と濃度との間に負の関係 ($a < 0$) にある成分は溶解性蒸発残留物、導電率、 SiO_2 、Sr、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、Ca、Mg、K、Na、 SO_4 、Cl、F、アルカリ度などであり、逆に流量に呼応して正の関係 ($a > 0$) にある成分は COD、混濁度、懸濁物、Fe、 $\text{NH}_4\text{-N}$ などである。

各成分の濃度と流量との相関係数および回帰直線式(両対数)を求めると第9表のようである。すなわち、流量による希釈効果が大であり、等比級数的に負の関係の高い成分は、導電率、 SiO_2 、溶解性蒸発残留物、Sr、Ca、アルカリ度、K、Mg、 SO_4 、Na の順にあり、逆に正の相関の高い成分は懸濁物、混濁度、COD である。しかし、Cl、Fe、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ F などは相関係数が小さく、この回帰式は成立しない。また混濁度、懸濁物などは炭鉱排水、泥炭地の影響の他に、し尿廃水、でん粉工場などの人為的放流が複雑に関与し、成分濃度の変動そのものが流量変動より大であることを示している。一方、 SiO_2 、Sr のように主として岩石、土壌より溶出し自然条件に支配される成分の濃度は、河川水による希釈効果が大で、流量の増減と負の呼応をするものと考えられる。しかし、これらの関係は各河川により、また年度によっても異なり、一定ではない。

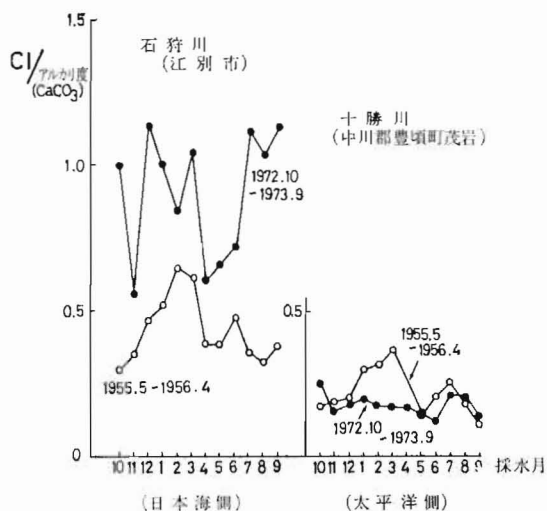
第9表 石狩川(3. 愛別町)における成分濃度と流量に関する統計値

(1972年10月~1973年9月採水)

化学成分	回帰直線	相関係数	濃度と流量との関係
導電率(25°C)	$\log C = -0.19 \log Q + 2.16$	-0.96 **	$C = 143 Q^{-0.19}$
Ca	$\log C = -0.19 \log Q + 1.10$	-0.88 **	$C = 12.5 Q^{-0.19}$
Mg	$\log C = -0.19 \log Q + 0.47$	-0.73 *	$C = 2.92 Q^{-0.19}$
Na	$\log C = -0.18 \log Q + 0.87$	-0.67 *	$C = 7.37 Q^{-0.18}$
K	$\log C = -0.30 \log Q + 0.57$	-0.76 *	$C = 3.69 Q^{-0.30}$
アルカリ度 (CaCO_3)	$\log C = -0.17 \log Q + 1.50$	-0.85 **	$C = 31.3 Q^{-0.17}$
SO_4	$\log C = -0.24 \log Q + 0.40$	-0.73 *	$C = 25.2 Q^{-0.24}$
Cl	$\log C = -0.16 \log Q + 0.63$	-0.44 NS	$C = 4.3 Q^{-0.16}$
Fe	$\log C = 0.70 \log Q - 2.40$	-0.44 NS	$C = 0.004 Q^{0.70}$
Sr	$\log C = -0.16 \log Q - 1.30$	-0.93 **	$C = 0.05 Q^{-0.16}$
F	$\log C = -0.16 \log Q - 1.70$	-0.39 NS	$C = 0.02 Q^{-0.16}$
SiO_2	$\log C = -0.27 \log Q + 1.89$	-0.96 **	$C = 77.9 Q^{-0.27}$
$\text{NO}_3\text{-N}$	$\log C = -0.42 \log Q - 0.27$	-0.30 NS	$C = 0.54 Q^{-0.42}$
$\text{NH}_4\text{-N}$	$\log C = 0.25 \log Q - 2.15$	0.29 NS	$C = 0.007 Q^{0.25}$
$\text{PO}_4\text{-P}$	$\log C = 0.70 \log Q - 2.40$	-0.01 NS	$C = 0.004 Q^{0.70}$
COD	$\log C = 0.82 \log Q - 1.22$	0.74 *	$C = 0.06 Q^{0.82}$
S-Re	$\log C = -0.25 \log Q + 2.23$	-0.93 **	$C = 172 Q^{-0.25}$
懸濁物	$\log C = 1.40 \log Q - 1.22$	0.85 **	$C = 0.06 Q^{1.40}$
混濁度	$\log C = 1.30 \log Q - 1.30$	0.75 *	$C = 0.05 Q^{1.30}$

C: 成分濃度 (mg/l), Q: 流量 (m^3/sec), S-Re: 溶解性蒸発残留物, 相関関係の統計的有意性 (**: 1%の危険率で有意, *: 5%の危険率で有意, NS: 有意性なし)

水質の季節的変動に関与する要因として、河川流量の他に季節風による海洋塩の影響があげられることはすでに述べた [14] が、北海道の場合も例外ではない。第19図の日本海側と太平洋側の河川水中の Cl/アルカリ度 (当量比) の月別の値から明らかなように、日本海側河川 (石狩川, 10, 江別市) では太平洋側河川 (十勝川, 31, 豊頃町) に比し、年間を通じて極めて高い値であり、しかも比の変動が大きく、風送塩による影響が明瞭である。すなわち、Cl/アルカリ度比の年間変動は北海道の場合は積雪と河川凍結により、流量が年間の最低となる冬期 (12~3月) に最高であり、4~5月の融雪期にはこの関係は逆となる。



第19図 日本海側の河川 (石狩川) と太平洋側の河川 (十勝川) の Cl/アルカリ度 (当量比) の比較

6) 同一地点における水質の経年変化

前回の調査地点のうち、主な10地点について約17年を経過した1972年10月より今回の再調査を1年間行ったが、それらの河川の各成分および採水日流量について、前回と今回の年間平均値、標準偏差値および経年変化の統計的有意差検定の結果を示すと、第10表のようである。

まず天塩川 (1, 名寄市) では今回の平均値は前回の平均値に比し、Ca, Mg, Na, K, Cl, NO₃-Nなどはほとんど変化がなく、Feはほぼ半減し、PO₄-P, NH₄-Nなどは約5~7倍増加したが、いずれも統計的な有意差は認められなかった。しかし、SO₄は約2倍、SiO₂は約1.5倍、CODは約3倍の値となり、それらの経年変化には統計的な有意差が認められた。またカチオンおよびアニオンの当量百分率の、Ca>Na+K>Mg, アルカリ度>Cl>SO₄の傾向には変化はなく、さらに環境地質を反映すると考えられるMg/Ca (当量比) および Ca+Mg/Ca+Mg+Na+K-Cl (当量比) は、前者が0.51~0.61、後者が0.69~0.73でほとんど変動がない。

石狩川水系では、上流部 (3, 愛別町) でMgが約1.4倍となり、有意な経年変化 ($p < 0.02$) が認められ、COD, 懸濁物などは約3倍、PO₄-Pは50%高い値となったが、その他の成分と同様に経年変化に有意差は認められなかった。カチオンおよびアニオンの当量百分率のCa>Na+K>Mg, アルカリ度>SO₄>Clの傾向には変化なく、またMg/Caは0.30が0.24に、Ca+Mg/Ca+Mg+K+Na-Clは0.57が0.62となったが、ほとんど変動は認められず、天塩川の場合と同様に現在もなお前回調査 (1955年~1957年) 当時の天然水の状態を保持しているといえる。本流中流部 (6, 深川市) での今回の値は前回に比し、CODがほぼ半減した以外はほとんどの成分が高い値を示した。すなわち、ClとNO₃-Nは約2倍、NH₄-Nは約6倍、SiO₂は約1.3倍で、いずれも1%以下の危

第10表 北海道地方の河川水の前回と今回の分析値

項目	河川名		① 天塩川 (名寄市)			③ 石狩川 (愛別町)			⑥ 石狩川 (深川市)		
	採水時	値	平均値	標準偏差	有意差 t検定	平均値	標準偏差	有意差 t検定	平均値	標準偏差	有意差 t検定
pH	前回		6.5	±0.2	NS	6.8	±0.1	NS	6.4	±0.2	NS
	今回		6.5	±0.1		6.7	±0.2		6.4	±0.1	
Ca	前 "		5.2	±1.4	NS	5.4	±1.1	NS	10.0	±3.9	NS
	今 "		5.2	±1.5		5.8	±1.1		11.0	±3.1	
Mg	前 "		1.6	±0.3	NS	1.0	±0.3	***	2.1	±0.7	***
	今 "		1.9	±0.5		1.4	±0.3		3.1	±0.9	
Na	前 "		4.8	±0.6	NS	3.8	±0.9	NS	5.9	±1.4	*
	今 "		4.8	±1.2		3.6	±0.9		7.6	±2.4	
K	前 "		1.05	±0.30	NS	1.15	±0.23	NS	1.56	±0.22	**
	今 "		1.20	±0.43		1.14	±0.36		2.22	±0.88	
Fe	前 "		0.22	±0.23	NS	0.18	±0.15	NS	0.39	±0.39	NS
	今 "		0.12	±0.12		0.17	±0.54		0.15	±0.09	
Sr	前 "		—	—	—	—	—	—	—	—	—
	今 "		0.026	±0.007		0.028	±0.005		0.046	±0.011	
アルカリ度 (CaCO ₃)	前 "		19.6	±7.0	NS	15.0	±2.4	NS	17.1	±3.7	NS
	今 "		18.6	±6.3		15.7	±2.9		20.2	±4.9	
SO ₄	前 "		2.6	±1.6	****	9.5	±3.5	NS	19.9	±11.1	NS
	今 "		5.3	±1.3		9.9	±2.5		21.6	±6.8	
Cl	前 "		5.2	±1.0	NS	2.2	±0.6	NS	5.6	±1.7	****
	今 "		5.3	±1.6		2.3	±0.7		10.6	±4.7	
F	前 "		—	—	—	—	—	—	—	—	—
	今 "		0.02	±0.01		0.02	±0.01		0.03	±0.02	
SiO ₂	前 "		10.7	±2.5	***	23.8	±5.1	NS	22.2	±4.3	****
	今 "		15.6	±4.4		27.2	±6.8		29.2	±5.4	
PO ₄ -P	前 "		<0.003	±0.004	NS	0.004	±0.006	NS	<0.003	±0.005	NS
	今 "		0.014	±0.020		0.006	±0.003		0.010	±0.002	
NO ₃ -N	前 "		0.32	±0.21	NS	0.22	±0.08	NS	0.21	±0.18	****
	今 "		0.32	±0.23		0.16	±0.10		0.49	±0.19	
NO ₂ -N	前 "		—	—	—	—	—	—	—	—	—
	今 "		0.008	±0.003		0.002	±0.001		0.009	±0.005	
NH ₄ -N	前 "		0.03	±0.02	NS	0.03	±0.03	NS	0.04	±0.01	****
	今 "		0.22	±0.37		0.03	±0.03		0.25	±0.20	
溶解性蒸 発残留物	前 "		48	±6.3	NS	62	±13	NS	108	±35	NS
	今 "		53	±11		64	±15		105	±28	
懸濁物	前 "		38	±6.3	NS	32	±39	NS	39	±11	NS
	今 "		36	±18		104	±282		41	±37	
混濁度	前 "		—	—	—	—	—	—	—	—	—
	今 "		24	±34		44	±111		22	±24	
COD	前 "		0.96	±0.70	****	1.4	±1.1	NS	14.4	±12.3	***
	今 "		3.1	±1.0		4.0	±8.1		6.0	±2.8	
流量 (m ³ /sec)	前 "		74.0	±65.9	NS	51.2	±36.5	NS	161	±128	NS
	今 "		94.4	±90.7		83.9	±88.2		196	±136	

前回：1955年5月～1957年6月採水

今回：1972年10月～1973年9月採水

の平均、標準偏差及び有意差の検定（その1）

㊸ 空知川（赤平市）			㊹ 石狩川（江別市）			㊺ 千歳川（千歳市）			㊻ 豊平川（倉成川取入口）		
平均値	標準偏差	有意差 t 検定	平均値	標準偏差	有意差 t 検定	平均値	標準偏差	有意差 t 検定	平均値	標準偏差	有意差 t 検定
7.0 6.8	±0.1 ±0.1	×	6.7 6.6	±0.1 ±0.3	NS	7.3 6.7	±0.1 ±0.1	××××	6.9 6.5	±0.1 ±0.1	××××
9.3 9.7	±2.3 ±2.2	NS	10.8 11.6	±4.3 ±3.6	NS	14.0 11.1	±0.6 ±1.8	××	9.2 9.7	±3.0 ±0.9	NS
2.6 3.5	±0.7 ±1.1	NS	3.0 4.0	±1.2 ±1.0	×	3.2 4.0	±0.3 ±1.0	NS	1.7 3.0	±0.5 ±0.4	×××
8.0 7.3	±2.1 ±1.8	NS	12.1 17.0	±5.8 ±5.3	NS	16.4 15.2	±0.7 ±4.6	NS	12.8 13.6	±6.7 ±2.7	NS
1.26 1.67	±0.25 ±0.33	×	1.30 2.42	±0.32 ±0.73	××××	1.98 2.52	±0.28 ±0.39	×	2.29 3.13	±1.30 ±0.57	NS
0.30 0.24	±0.31 ±0.19	NS	1.17 0.40	±0.59 ±0.32	××××	0.01 0.51	±0.01 ±0.45	NS	0.22 0.47	±0.07 ±0.32	NS
— 0.071	— ±0.020	—	— 0.124	— ±0.086	—	— 0.066	— ±0.021	—	— 0.073	— ±0.032	—
29.6 31.2	±5.2 ±7.5	NS	34.7 33.4	±13.4 ± 8.0	NS	37.0 32.9	±0.9 ±6.7	NS	17.4 33.4	±4.0 ±3.5	××××
17.0 15.6	±5.3 ±3.7	NS	14.6 16.9	±6.3 ±4.4	NS	30.6 18.9	±1.0 ±2.8	××××	21.4 11.7	±7.6 ±2.4	×××
5.7 5.7	±2.4 ±1.4	NS	11.3 22.2	±6.7 ±9.6	×××	14.4 17.6	±0.7 ±7.4	NS	15.1 16.7	±6.9 ±3.8	NS
— 0.07	— ±0.017	—	— 0.05	— ±0.03	—	— 0.06	— ±0.04	—	— 0.03	— ±0.02	—
18.3 23.5	±3.5 ±4.6	×	20.9 31.3	±4.3 ±6.6	××××	33.5 33.4	±2.7 ±3.1	NS	20.9 42.8	± 2.7 ±11.1	××××
0.008 0.016	±0.018 ±0.016	NS	0.008 0.024	±0.01 ±0.01	×	0.005 0.014	±0.006 ±0.009	NS	0.004 0.028	±0.001 ±0.030	NS
0.43 0.57	±0.07 ±0.22	NS	0.65 0.89	±0.23 ±0.59	NS	0.08 0.69	±0.13 ±0.46	NS	0.22 1.14	±0.06 ±0.52	×××
— 0.004	— ± 0	—	— 0.008	— ±0.007	—	— 0.006	— ±0.006	—	— 0.018	— ±0.03	—
0.03 0.08	±0.01 ±0.06	NS	0.09 0.12	±0.13 ±0.08	NS	0.04 0.10	±0.02 ±0.09	NS	0.03 0.40	±0.01 ±0.52	NS
89 90	±19 ±17	NS	109 133	± 35 ± 16	NS	137 129	±3.5 ±15	NS	107 134	±36 ±25	NS
39 101	± 23 ±116	NS	172 81	± 199 ± 28	NS	3.0 112	±1.4 ±50	××××	6.9 46	±4.5 ±37	×
— 80	— ±106	—	— 78	— ± 83	—	— 59	— ±29	—	— 6.5	— ±0.1	—
2.2 8.4	±0.8 ±5.5	×	5.9 7.9	±2.5 ±3.0	NS	0.46 5.4	±0.08 ±3.6	×	0.89 7.0	±0.33 ±4.2	××
67.4 107	±49 ±79	NS	554 556	±477 ±592	NS	23.4 23.3	±6.3 ±2.8	NS	21.7 33.5	±43.5 ±32.5	NS

NS：各成分の前回と今回における統計的有意差なし

×：10%危険率で有意， ××：5%危険率で有意， ×××：2%危険率で有意， ××××1%危険率で有意

(その2)

項目	河川名			㊸ 十勝川(帯広市茅室)			㊹ 十勝川(豊頃町茂岩)			㊺ 常呂川(網走市端野)			
	採水時	値		有意差 t検定	平均値	標準偏差	有意差 t検定	平均値	標準偏差	有意差 t検定	平均値	標準偏差	有意差 t検定
		前回	今回										
pH	前	6.8	±0.1	NS	6.7	±0.3	NS	6.8	±0.2	**	6.6	±0.1	
	今	6.8	±0.2		6.7	±0.1		6.6	±0.1				
Ca	前	5.2	±1.2	*	6.6	±2.0	NS	12.3	±6.4	NS	10.5	±1.9	
	今	6.5	±1.2		7.7	±1.1		10.5	±1.9				
Mg	前	0.9	±0.2	****	1.4	±0.4	****	3.0	±1.7	NS	2.6	±0.5	
	今	1.5	±0.3		2.1	±0.4		2.6	±0.5				
Na	前	4.5	±1.1	NS	5.1	±1.4	NS	7.6	±2.5	NS	6.7	±1.5	
	今	5.5	±1.9		5.9	±1.5		6.7	±1.5				
K	前	1.24	±0.24	*	1.80	±1.08	NS	2.15	±0.68	NS	2.42	±0.63	
	今	1.77	±0.64		2.04	±0.67		2.42	±0.63				
Fe	前	0.21	±0.40	NS	0.46	±0.38	***	0.08	±0.07	NS	0.13	±0.09	
	今	0.08	±0.08		0.14	±0.08		0.13	±0.09				
Sr	前	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	今	0.034	±0.007		0.037	±0.007		0.046	±0.008				
アルカリ度 (CaCO ₃)	前	19.1	±4.1	NS	22.0	±4.8	NS	36.8	±16.4	NS	31.3	±6.3	
	今	23.1	±6.2		25.6	±4.7		31.3	±6.3				
SO ₄	前	5.7	±1.6	***	5.6	±2.3	****	13.0	±3.5	NS	11.2	±2.2	
	今	7.7	±0.7		9.7	±1.4		11.2	±2.2				
Cl	前	2.8	±1.2	NS	4.6	±1.3	NS	7.7	±6.5	NS	5.2	±1.4	
	今	3.4	±1.4		4.7	±1.3		5.2	±1.4				
F	前	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	今	0.02	±0.01		0.02	±0.01		0.02	±0.01				
SiO ₂	前	21.8	±2.7	****	29.9	±8.3	NS	34.4	±3.7	NS	36.3	±4.1	
	今	25.6	±3.4		29.2	±3.5		36.3	±4.1				
PO ₄ -P	前	0.004	±0.007	NS	0.013	±0.020	NS	<0.003	±0.001	***	0.035	±0.020	
	今	0.007	±0.004		0.015	±0.009		0.035	±0.020				
NO ₃ -N	前	0.30	±0.14	NS	0.99	±1.54	NS	0.43	±0.40	**	1.41	±0.83	
	今	0.50	±0.51		0.54	±0.30		1.41	±0.83				
NO ₂ -N	前	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	今	0.015	±0.040		0.026	±0.030		0.057	±0.070				
NH ₄ -N	前	0.03	±0.01	**	0.07	±0.11	NS	0.03	±0.02	*	0.22	±0.22	
	今	0.11	±0.10		0.13	±0.14		0.22	±0.22				
溶解性蒸 発残留物	前	62	±10	NS	74	±14.6	NS	104	±30	NS	103	±15	
	今	70	±12		82	±12.7		103	±15				
懸濁物	前	94	±215	NS	44	±41	NS	21	±30.0	NS	79	±15.8	
	今	60	±52		58	±43		79	±15.8				
混濁度	前	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	今	22	±8		22	±11		23	±16				
COD	前	1.6	±1.9	NS	2.4	±2.2	**	1.6	±2.0	**	4.8	±1.8	
	今	3.1	±1.9		3.0	±1.2		4.8	±1.8				
流量(m ³ /sec)	前	94.1	±75.7	NS	232	±204	NS	25.3	±21.0	NS	24.8	±24.7	
	今	87.0	±56.3		231	±143		24.8	±24.7				

危険率で経年変化に有意差がみられたが、これは旭川市周辺の人間活動によるものと考えられる。なお Mg, Na, K, COD の変化にも 2~10% の危険率で経年変化に有意差が認められたが、その他の成分の経年変動には有意差が認められなかった。カチオンおよびアニオン間の当量百分率には多少の変動はあるが、 $Ca > Na + K > Mg, SO_4 > \text{アルカリ度} > Cl$ の傾向には変化なく、また Mg/Ca は 0.34 が 0.47 に、 $Ca + Mg / Ca + Mg + Na + K - Cl$ は 0.71 が 0.82 となり上流部よりやや大きい変動を示している。本流下流部 (10, 江別市) では、K が 1.9 倍 ($p < 0.01$), SiO_2 が 1.5 倍 ($p < 0.01$), Cl が 2 倍 ($p < 0.02$), Mg が 1.3 倍 ($p < 0.10$), PO_4-P が 3 倍 ($p < 0.10$) の値となり、逆に Fe は約 $\frac{1}{3}$ ($p < 0.01$) の値となり、いずれも経年変化に有意差が認められた。また、Na, NO_3-N は 1.4 倍, NH_4-N , COD は 1.3 倍と人間活動にともなう栄養塩などの濃度の増加が認められるが、経年変化の有意差は認められない。さらに Ca, SO_4 , アルカリ度などには経年変化がほとんど認められなかった。イオン当量百分率をみると、カチオンの $Na + K > Ca > Mg$, アニオンのアルカリ度 $> Cl > SO_4$ の傾向には変化がない。また Mg/Ca は 0.46 が 0.57 に、 $Ca + Mg / Ca + Mg + Na + K - Cl$ は 0.62 が 0.72 となり、中流部とほぼ同程度の変動を示している。支流の空知川 (9, 赤平市) では、Ca, Mg, Na, Cl などは変化がほとんどなく、pH は 7.0 が 6.8 に変化し、 PO_4-P は 2 倍, NO_3-N は 1.3 倍, NH_4-N は 2.7 倍に増加したが、いずれも統計的な有意差は認められなかった。しかし、K, SiO_2 は約 1.3 倍, COD は約 3.8 倍の値を示し、それらの経年変化には有意差 ($p < 0.10$) が認められた。カチオンおよびアニオンの当量百分率の $Ca > Na + K > Mg$, アルカリ度 $> SO_4 > Cl$ の傾向には変化がなく、また Mg/Ca は 0.46 が 0.60 に、 $Ca + Mg / Ca + Mg + Na + K - Cl$ は 0.61 が 0.66 で、ほとんど変動は認められない。支笏湖に発し、江別市の下流部で合流する千歳川 (12) は、pH が 7.3 より 6.7 に低下し、K, Mg が約 1.3 倍, Fe は 51 倍, Cl は 1.2 倍の値を示し、K には経年による統計的有意差 ($p < 0.10$) が認められた。また SO_4 は約 62% ($p < 0.01$), Ca は約 80% ($p < 0.05$), 懸濁物は約 37 倍 ($p < 0.01$), COD は約 12 倍量 ($p < 0.10$) の値でいずれも経年変化に統計的有意差があった。

なお栄養塩類では、 PO_4-P が約 3 倍, NO_3-N が約 8 倍, NH_4-N が 2.5 倍の値であるが統計的有意差は認められない。また、Mg/Ca は 0.38 が 0.60 に、 $Ca + Mg / Ca + Mg + Na + K - Cl$ は 0.57 が 0.66 になっているが、ほとんど変動は認められない。イオン当量百分率では、カチオンが $Na + K > Ca > Mg$ の傾向にあるが、アニオンは SO_4 の減少により、アルカリ度 $> SO_4 > Cl$ の関係から、アルカリ度 $> Cl > SO_4$ の関係に変化した。同じく支流の豊平川 (13, 創成川取入口) では、水質の経年変化は著しく、pH は 6.9 が 6.5 ($p < 0.01$) に低下し、Mg は約 1.8 倍 ($p < 0.02$), アルカリ度は約 1.9 倍 ($p < 0.01$), SiO_2 は約 2 倍 ($p < 0.01$), SO_4 は約 55% ($p < 0.02$) の値を示し、経年変化に有意差が認められた。

また栄養塩類では、 PO_4-P は 7 倍, NH_4-N は 13 倍の値を示したが、統計的な有意差は認められなかった。しかし、 NO_3-N は約 5 倍 ($p < 0.02$), COD も 7.9 倍 ($p < 0.05$) の値を示し経年変化に統計的有意差が認められたが Ca, Na, K, Cl などの変動はほとんど認められない。イオン当量百分率の関係をみると、カチオンの $Na + K > Ca > Mg$ の傾向には変化はないが、アニオンの $SO_4 > Cl > \text{アルカリ度}$ の関係は、アルカリ度の増加と SO_4 の減少により、アルカリ度 $> Cl > SO_4$ の関係に変化している。また、Mg/Ca は 0.30 が

0.51になり、Mgの増加がみられるが、 $Ca+Mg/Ca+Mg+Na+K-Cl$ は0.61より0.65で変化はほとんどない。

十勝川水系についてみると、上流部(25, 帯広市芽室町)では、Caが1.3倍($p<0.10$)、Mgが約1.7倍($p<0.01$)、 SO_4 が約1.4倍($p<0.02$)、 SiO_2 が約1.2倍($p<0.01$)、Kが約1.4倍($p<0.10$)の値を示し、いずれも経年変化に統計的な有意差が認められた。一方、栄養塩類では PO_4-P が約1.8倍、 NO_3-N が約1.7倍、 NH_4-N が約3.7倍の値を示すが、 NH_4-N のみに有意差($p<0.05$)が認められた。さらにFeは約38%、Na、アルカリ度、Clは約1.2倍、CODは1.9倍の値であったが、経年変化に統計的な有意差は認められなかった。またカチオンおよびアニオン間の当量百分率には多少の変動はあるが、 $Ca>Na+K>Mg$ 、アルカリ度 $>SO_4>Cl$ には変化なく、Mg/Caは0.28が0.38に、 $Ca+Mg/Ca+Mg+Na+K-Cl$ は0.53が0.54とほとんど変動はみられなかった。下流部(31, 豊頃町茂岩)では、Mgは1.5倍($p<0.01$)、 SO_4 は1.7倍($p<0.01$)、Feは約30%($p<0.02$)、CODは1.3倍($p<0.05$)の値を示し、その経年変化に統計的な有意差が認められた。 PO_4-P は約1.2倍、 NO_3-N は約56%、 NH_4-N は1.9倍の値を示すが経年変化に有意差は認められない。またCa、Na、K、アルカリ度、Cl、 SiO_2 などは経年変動は認められない。カチオン、アニオン間の当量百分率もカチオンの、 $Ca>Na+K>Mg$ の傾向は変化なく、アニオンでは SO_4 の増加により、アルカリ度 $>Cl>SO_4$ からアルカリ度 $>SO_4>Cl$ の関係に変化した。また、Mg/Caは0.35は0.51に、 $Ca+Mg/Ca+Mg+Na+K-Cl$ は0.62が0.59になり、経年変化はほとんどなく、前回調査(1955~1957年)当時の水質を維持しているといえる。

次に常呂川では、Ca、Mg、Na、K、アルカリ度、 SO_4 、Cl等の経年変化に統計的な有意差は全く認められないことから、いわゆる天然水の状態であると考えられるが、栄養塩類の増加は著しく、 PO_4-P は約11倍($p<0.02$)、 NO_3-N は約3.3倍($p<0.05$)、 NH_4-N は約7倍($p<0.10$)の値を示し、経年変動に統計的な有意差が認められた。CODも約3倍($p<0.05$)の値を示したが、これは北見市、網走市周辺の間人活動によるものと考えられる。カチオンおよびアニオン間の百分率にはほとんど変動がなく、 $Ca>Na+K>Mg$ 、アルカリ度 $>SO_4>Cl$ の関係を示している。またMg/Caは0.40は0.41に、 $Ca+Mg/Ca+Mg+Na+K-Cl$ は0.72が0.64で変動が少ない。なお溶解性蒸発残留物および流量は10河川ともに経年変化の統計的有意差は認められなかった。

7) 北海道地方の河川水質と日本の河川および東北地方の河川水質との比較

北海道地方の前回調査の40地点の各成分の年間平均値と日本の河川水質の総平均値〔1, 2, 3, 4〕および東北地方の河川水の前回調査101地点の各成分の年間平均値〔14〕は第11表に示すようである。

この表から、北海道地方の河川水質は日本の河川水質の総平均値に比し、各成分ともに高い値を示すものが多いといえる。すなわち、湖沼あるいは強酸性河川を除外した場合についてのべると溶存物質の総和である溶解性蒸発残留物が、日本の河川水質の総平均値に比し約11%も高く、東北地方のそれよりも約8%高い値である。カチオンでは、Na、K、Mgは東北地方の河川および日本の河川の平均値のいずれよりも高い値である。これは炭田地帯の影響と考えられる。Caは日本の平均値よりは低いが、東北地方の平均値よりは

第11表 北海道地方および東北地方の河川水中の各成分含量の年間平均値と日本の河川水質の総平均値

	Ca	Mg	Na	K	Fe	アルカリ度 (CaCO ₃)	SO ₄	Cl	SiO ₂	PO ₄ -P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	溶解性 蒸発残 留物	懸濁 物
北海道40カ所	8.7	2.3	9.4	1.53	0.18	29.0	15.9	9.1	24.6	0.005	0.28	0.04	93	32
*北海道36カ所	8.1	2.1	7.7	1.38	0.19	23.8	12.6	7.5	23.3	0.004	0.30	0.04	83	34
東北地方101カ所	8.0	1.9	7.3	0.98	0.36	17.3	19.2	9.1	20.7	0.005	0.18	0.05	85	14
**東北地方95カ所	7.6	1.7	6.7	0.92	0.26	17.9	14.6	7.4	20.2	0.005	0.18	0.05	77	14
全国 225 河川	8.8	1.9	6.7	1.12	0.24	25.4	10.6	5.8	19.0	0.007	0.26	0.05	75	29

* 湖（4カ所）を除く。

** 強酸性河川（5河川，1湖）を除く。

高い傾向にある。Fe は日本の河川水質平均値および東北地方のそれよりも低い値（約80%）である。また、アニオンでは、Cl が高い値で、日本の河川水質の総平均値の約1.3倍で、東北地方とはほぼ等しい。SO₄ も日本の河川水質の総平均値に比し約19%高いが、東北地方よりはやや低く（86%）、アルカリ度（CaCO₃）は日本の平均水質値より低い値（94%）であるが、東北地方のそれよりは高い値（1.3倍）である。火山性の岩石に由来するSiO₂ は東北地方の河川水質および日本の河川水質の総平均値よりも高く、火山脈に発する河川が北海道地方に多いことを物語っている。

また栄養塩についてみると、PO₄-P、NH₄-N はいずれも日本の河川の総平均値および東北地方のそれより低い値であるが、NO₃-N はそれらより高い値を示している。そして、寒冷地のため枯死植物の不分解によって形成される泥炭地が多く、北海道の河川水は懸濁物が極めて多量であることも特徴的であるといえる。一方、陸水は通常、主要カチオン間およびアニオン間の当量百分率により、Ca+Mg、Na+K、SO₄+Cl、アルカリ度（CaCO₃）の4元図（菱形図）を作成し、Iをアルカリ土類非重炭酸区、IIをアルカリ土類重炭酸塩区、IIIをアルカリ重炭酸塩区、IVをアルカリ非重炭酸塩区としている〔24〕が、第4図の菱形図にみられるように、前回および今回調査の計50地点中25地点は日本の平均水質と同様、II区のアルカリ土類重炭酸塩区に属するが、十勝岳、大雪山の火山に発する石狩川支流および阿寒湖、大沼などの火山性湖の10地点がI区のアルカリ土類非重炭酸塩区に属し、屈斜路湖、釧路川、洞爺湖、厚沢部川、豊平川の5地点がIII区のアルカリ重炭酸塩区に属している。しかし、残るIV区のアルカリ非重炭酸塩区の河川が1地点もないのが、北海道地方の河川水および湖水の特質ともいえる。

V. 摘 要

(1) 1955年5月～1957年6月（前回）の間に北海道地方の27河川，36地点および4湖，4地点において採水し、いわば天然水の時代の水質の特徴を知り、それらのうち主要7河川，10地点について、約17年間を経過した1972年10月～1973年9月（今回）に水質分析を行ない、水質の経年変化などについて検討を行なった。

(2) 北海道地方は火山、温泉の他に、炭田地帯が広く、寒冷地特有の低湿の泥炭地が

多いため、Na, K, SO_4 , SiO_2 などの溶存成分が高い値であり、懸濁物量も高い値である。前回と今回（括弧内に示す）の分析結果の各成分の濃度範囲を示すと次のようである。

pH: 河川は 5.9~7.3(6.4~6.8), 湖は 4.7~7.1, Ca: 河川は 3.3~21.3 mg/l(5.2~11.6 mg/l), 湖は 12.5~16.7 mg/l, Mg: 河川は 0.5~6.1 mg/l (1.4~4.0 mg/l), 湖は 2.4~7.7 mg/l, Na: 河川は 1.5~23.3 mg/l (3.6~17.0 mg/l), 湖は 9.3~47.8 mg/l, K: 河川は 0.79~2.39 mg/l (1.14~3.13 mg/l), 湖は 1.58~4.05 mg/l, Fe: 河川は 0.01~1.17 mg/l (0.08~0.40 mg/l), 湖は 0.02~0.10 mg/l, Sr: 河川 (0.026~0.124 mg/l), SO_4 : 河川は 1.2~80.0 mg/l (5.3~21.6 mg/l), 湖は 33.4~74.9 mg/l, Cl: 河川は 0.8~39.3 mg/l (2.3~22.2 mg/l), 湖は 8.9~43.2 mg/l, アルカリ度 (CaCO_3): 河川は 5.6~57.6 mg/l (15.7~33.4 mg/l), 湖は 7.3~59.0 mg/l, F: 河川の (0.02~0.07 mg/l), SiO_2 : 河川は 8.4~48.4 mg/l (15.6~42.8 mg/l), 湖は 19.9~51.8 mg/l, PO_4P : 河川は <0.003~0.015 mg/l (0.006~0.035 mg/l), 湖は <0.003~0.021 mg/l, $\text{NO}_3\text{-N}$: 河川は 0.06~0.99 mg/l (0.16~1.41 mg/l), 湖は 0.01~0.20 mg/l, $\text{NH}_4\text{-N}$: 河川は 0.02~0.11 mg/l (0.03~0.40 mg/l), 湖は 0.03~0.04 mg/l, COD: 河川は 0.46~14.4 mg/l (3.0~8.4 mg/l), 湖は 0.28~1.3 mg/l, 溶解性蒸発残留物: 河川は 31~198 mg/l (53~134 mg/l), 湖は 116~292 mg/l, 懸濁物: 河川は 2~172 mg/l (36~112 mg/l), 湖は 7.6~30 mg/l, 混濁度: 河川は (6.5~80 mg/l) の範囲であった。

(3) 前回調査の北海道地方の湖、河川水中の主要なアニオン（アルカリ度- SO_4 -Cl）およびカチオン（Ca-Mg-(Na+K)）の各三者間の当量百分率を三角座標および菱形座標に点描した結果、40地点中25地点は日本の平均水質と同様、アルカリ土類重炭酸塩区に属し、石狩川の支流の十勝岳、大雪山に発する河川および阿寒湖、大沼などの火山性湖の10地点がアルカリ土類非重炭酸塩区に属し、屈斜路湖、釧路川、洞爺湖、厚沢部川、豊平川の5地点がアルカリ重炭酸塩区に属しており、残るアルカリ非重炭酸塩区に属する河川はみられない。すなわち、ほとんどの河川のアルカリ度の当量百分率は50%を越え、50%に満たない河川は火山、温泉、炭鉱水に影響される河川か、あるいはそれら特殊な水の流入後の本流および湖に限られている。例えば、石狩川水系の美瑛川、忠別川とそれらの流入後の石狩川（6, 10）、千歳川、豊平川、十勝川水系の利別川、後志地方から渡島半島に位置する厚沢部川、利別川、大野川および湖より流下する阿寒川、釧路川などである。これらの河川はいずれも火山、温泉に由来する SO_4 , Cl が強く関与し、アルカリ度 (CaCO_3)- SO_4 , アルカリ度-Cl にはともに高度な逆相関が認められた。

一方、カチオンでは、Mg が日本の平均に比し高い値であり、泥炭地、炭鉱排水の影響の大きい Na, K の含有量が高濃度であった。

(4) 北海道地方の河川水の Cl/アルカリ度, SO_4 /アルカリ度, Na/K (当量比) の分布をみると、Cl/アルカリ度は風送塩の影響を受ける日本海側の河川が、太平洋側の河川に比し高く、その変動幅も大きい傾向が認められた。また月変動でも、季節風の影響が著明で、北西風の強い冬期間(12~2月)の間に、その比は高く、融雪期(4~5月)に低い。

(5) 主要成分濃度間の相関についてみると(1955年5月~1957年6月採水), Ca-Mg, Ca-Na, Ca-K, Ca-アルカリ度, Ca- SO_4 , Ca-Cl, Ca- SiO_2 , Mg-Na, Mg-K, Mg-アルカリ度, Mg- SO_4 , Mg-Cl, Mg- SiO_2 , Na-K, Na- SO_4 , Na-Cl, Na- SiO_2 , K- SO_4 , K-Cl, K- SiO_2 , SO_4 -Cl, SO_4 - SiO_2 などが1%の危険率で有意であり、Cl- SiO_2 は5%の危険率で有意であ

り、いずれも正の相関が認められた。また、Sr-Ca および Mg-F との間にも高度な正の相関が認められた。

(6) 河川水質の季節的変動は冬期(12~3月)および夏期(7~8月)の渇水期に濃厚となり、融雪期(4~6月)に希薄となる成分は Ca, Mg, K, SO₄, Sr, アルカリ度, SiO₂, NO₃-N, 溶解性蒸発残留物などであり、逆の関係を示す成分は COD, 混濁度, NH₄-N, Fe, F などである。

(7) 河川流量と水質とは季節的変動が大きい。概して、主要成分の濃度と河川流量とは負の関係にある。ことに導電率, 溶解性蒸発残留物, SiO₂, Sr, Ca, アルカリ度, K, Mg, SO₄, Na はその関係が顕著で、逆に正の関係を示す懸濁物, 混濁度は、COD などは流量に呼応して増減する傾向にある。これらの関係は各河川により一定ではないが、石狩川(3, 愛別町)では、成分濃度と河川流量はほぼ等比級数的に負の関係にあることが知れた。

(8) 主要河川の流下による水質の推移をみると、概して、河川水中の溶存成分の濃度は流下により増加の傾向にあるが、Na, Cl などの人間活動に由来する成分にその傾向が著しい。石狩川水系では上流部は Ca>Na+K>Mg, アルカリ度>SO₄>Cl の関係にあるが、旭川市の下流で合流する忠別川, 美瑛川などの SO₄, Cl に富んだ支流の流入により中流部までその影響を受けるが、流量が増すにつれてそれらの影響は減少し、下流部では本流上流部の成分構成比(Ca>Na+K>Mg, アルカリ度>SO₄>Cl)に近似する。これに呼応して、上流部の pH 6.7 から中流部では pH 6.4 となり、下流部では再び pH 6.6 となる。また坑内廃水, 鉱山廃水などに対する人為的処理剤(Ca(OH)₂)の影響がみられ、処理水の流入後の本流では Ca, アルカリ度の変動が大きい。十勝川水系では SO₄, Cl の含有量の高い利別川の影響により下流部ではそれらの成分濃度の増加がみられた。天塩川は溶存成分濃度が低く、希薄な水質であるが、泥炭地を流下するため下流部に至ると Cl 濃度が増加し、Na, SiO₂ がやや高い値を示している他は顕著な変化はみられなかった。

(9) 今回調査による人間活動に伴なり栄養塩類の NO₃-N, NH₄-N, PO₄-P および COD の流下に伴なり変動は、石狩川では上流部の変動は顕著でないが、下流部では PO₄-P 0.024 mg/l, NO₃-N 0.89 mg/l といずれも高濃度を示しており、かつ流量が増すにつれて濃度の増加が著明である。十勝川では中流部の帯広市を貫流後に PO₄-P, NO₃-N の濃度が高くなるが、総体的に流下による変化は少なく、石狩川水系に比し流域の都市化は緩慢であることが判る。また天塩川も流下による栄養塩濃度の変化はみられなかった。

(10) 前回(1955年5月~1957年6月)採水のうち主な10地点についてほぼ同一地点で採水した今回(1972年10月~1973年9月)の値を用い経年変化をみると、Ca, Mg, Na, K, SO₄, Cl, SiO₂などは、石狩川水系の方が他の河川に比し変化が大きく、ことに支流の豊平川, 千歳川において著しい。十勝川もやや変化が認められるが、天塩川, 常呂川ではその変化は少ない。しかし、PO₄-P, NO₃-N, NH₄-N などの栄養塩についてみると、常呂川の変化が著明で、石狩川水系の豊平川, 千歳川および本流下流部(10, 江別市)における濃度増加に匹敵する。

(11) 北海道地方の河川水質を日本の河川水質の平均値および東北地方の河川水質と比較すると、カチオンでは Na, K, Mg が日本の総平均値, 東北地方の平均値のいずれよりも高濃度であり、Ca は日本の総平均値の約92%の値を示し、東北地方よりわずかに高い。SO₄ は日本の平均値よりやや高く、東北地方よりやや低い。Cl は日本の平均値の約

1.3倍であり、東北地方とはほぼ等しい。アルカリ度 (CaCO_3) は日本の総平均値よりやや低く、東北地方の平均値より高い値を示している。一方、火山性の岩石に由来する SiO_2 は東北地方および日本の総平均値のいずれよりも高い値である。また泥炭地の影響により、懸濁物の含有量は東北地方の平均値および日本の河川の総平均値より高い値である。これらが北海道地方の河川水質を特徴づけている。

VI. 文 献

1. 小林 純. 1971. 水の健康診断. 岩波書店.
2. 小林 純. 1960. 日本の河川の平均水質とその特徴に関する研究. 農学研究 48: 63-106.
3. Kobayashi, J. 1960. A chemical study of the average quality and characteristics of river waters of Japan. Ber. Ohara Inst. landw. Biol. Okayama Univ. 11: 313-358.
4. 小林 純. 1960. 日本の河川の特質について. 用水と廃水. 2: 9-24.
5. 吉住喜好. 1960. 常呂川の水質並びに底質の季節的变化について. 水産浄化場研究報告 (15): 17-27.
6. 吉住喜好・尾崎豊志. 1961. 十勝川水系 (帯広一帯) の水質並びに底質の季節的变化について. 水産浄化場研究報告 (16): 7-28.
7. 吉住喜好・伊藤安男・細川澄夫. 1963. 十勝川水系 (千代田橋一大津一十勝太) の水質並びに底質の季節的变化について. 水産浄化場報告 (18): 59-81.
8. 吉住喜好. 1965. 天塩川水系 (土別一天塩) の水質について. 水産浄化場研究報告 (20): 37-64.
9. 吉住喜好. 1962. 千歳川の水質について. 水産浄化場研究報告 (17): 9-20.
10. 高倉英太郎. 1954. 石狩川水質の化学的研究 (I-III). 北海道立工業試験場報告 136: 1-22.
11. 高倉英太郎. 1957. 石狩川水質の化学的研究 (IV). 北海道立工業試験場報告 148: 1-5.
12. 半谷高久編. 1973. 汚染水質機構. 水文学講座 9: 55-80. 共立出版.
13. 池畑 昭・熊谷裕男・藤垣省吾・清水珠子・石崎敏三・中川孝一. 1966. 北海道の水質と問題点. 用水と廃水 8 (2): 77-83.
14. 小林 純・森井ふじ・村本茂樹・中島 進・浦上佳子・西崎日佐夫・寺岡久之・長尾憲人. 1976. 東北地方の河川水質について. 農学研究 55: 103-144.
15. 瀬川秀良. 1974. 日本地形誌. 北海道地方. 朝倉書店.
16. 建設省河川局編. 1957. 流量年表 (第8回 昭和30年). 建設省河川局.
17. 建設省河川局編. 1958. 流量年表 (第9回 昭和31年). 建設省河川局.
18. 吉村信吉. 1937. 湖沼学: 154. 三省堂.
19. Kobayashi, J. 1957. On geographical relationship between the chemical nature of river water and death-rate from apoplexy. Ber. Ohara Inst. landw. Biol. Okayama Univ. 11: 12-21.
20. 小林 純. 1958. 水の酸性と脳卒中死亡率との相関について. 水道協会雑誌 280: 1-8.
21. APHA AWWA WPCF. 1960. Standard methods for the examination of water and wastewater. 11: 36-38.
22. 建設省河川局編. 1974. 流量年表 (第25回 昭和47年). 日本河川協会.
23. 建設省河川局編. 1975. 流量年表 (第26回 昭和48年). 日本河川協会.
24. 山本莊毅編. 1968. 陸水. 地球科学講座 9.46. 共立出版.