

和賀川の地球化学的研究

後 藤 達 夫

Geochemical Study of the River Wagagawa

TATSUO GORŌ

緒 言

和賀川は源を岩手県和賀郡沢内村の和賀岳に発して南流し、川尻付近で東流に変じ北上市において北上川に注ぐ北上川水系の主要な河川である。

流域は、幾多の銅鉱山が胚胎し、本邦の有数な鉱山地帯として知られている。また、湯川、湯本らの温泉の湧出がみられている。

和賀川は流域の地質的、気象的、地形的等の自然の環境条件に応じて流出してくる自然水に、鉱山の開発に伴なって生ずる廃水が混入してくるので、流下中の水色の変化からも類推されるようにかなり汚濁されていることが想像に難くない。

今回、建設省湯田ダム工事事務所と協同して、現在建設途上にある湯田ダム地点より上流の和賀川水系について地球化学的な調査を実施する機会を得たので、その結果をここに報告する。

本稿では、和賀川について水質とともに流量を測定し、主として次の事実を検討した。

すなわち、(1) 和賀川の流下中における水質の変化および流下中の溶存成分の流出量と流量との関係、(2) 和賀川水系の各支流の化学的性質ならびに銅鉱山の廃水の影響、(3) 水質の時間的変動、(4) 大荒沢ダム地点における水質と流量および溶存成分の流出量と流量との関係等である。

和賀川の概況

調査を行なった和賀川水系を第1図に示す。現在建設途上にある湯田ダム地点上流の流域面積は598km²である。

流域は、山間地帯で、各支流の河床勾配は急である。この地域を構成する地層は主として新第三紀層に属し、安山岩、石英粗面岩、凝灰岩等が露出している。

本流域の特色は土畑鉱山*を始めとして、鷲合森、卯根倉等の重要鉱山を含む多くの銅鉱山が胚胎し、岩手県のみならず本邦の有数な銅鉱山地帯として知られていることである。これらの鉱山は黄銅鉱、黄鉄鉱を主体としている。

また、流域には湯川、湯本の温泉の湧出がみられている。

(その1) 和賀川水系の水質について

1. ま え が き

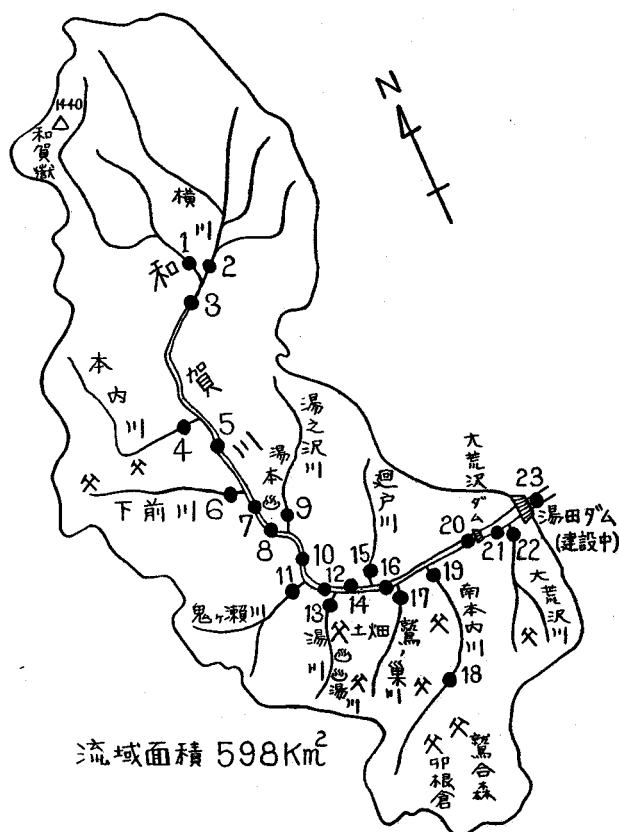
さきに著者¹⁾²⁾は、1957年6月26日から8月21日までの時期に和賀川の川尻橋において、出水時

* 土畑鉱山は岩手県第一の銅鉱山である。粗鉱の品位は約1%、月採掘量は約8,000吨である。これを大規模の浮游選鉱場で選鉱し、精鉱約260吨(品位約22%)を生産している。そのほか沈澱銅約30吨、

直送鉱約70吨を生産している現状である。

1) 流出機構調査報告書1, 建設省岩手工事事務所(昭和33年2月)。

2) 後藤, 岩手大学学芸学部研究年報, 14 (1959)。



黒丸は採水地点を示す。
第1図 和賀川水系略図

における水質の時間的な変化の様相について調査を行なったが、最初に採水地点を選定するため、1957年6月4日に和賀川の現地踏査を行なった。その際に、和賀川は川尻付近までは清澄であったが、川尻よりやや下流で湯川が、さらに南本内川が流入するに至って明瞭に黄白濁を呈することを観察した。これは、湯川、南本内川流域に存在する銅鉱山の廃水の影響によるものと考えられたので、採水地点を湯川合流前の和賀川川尻橋に選定した。そして、この和賀川の汚濁について注目をしていった。また、出水時の水質の変化の様相について詳細なる検討を進めるには、流域形状の洪水流量に及ぼす特性が、流域に降った雨が懸案地点に流下するまでの遅滞関係によって示されることが、すでに中安³⁾、立神⁴⁾らにより明らかにされているので、和賀川の如き羽状流域では各支流の化学的性質を明らかにする必要性を感じていた。

今回、建設省湯田ダム工事事務所と協同して、湯田ダム地点より上流の和賀川について、和賀川の流下中における化学組成の変化および流下中の溶存成分の流出量と流量との関係、各支流の化学的性質ならびに銅鉱山の廃水および温泉水の混入の影響等を調査したので、その結果をここに述べる。

従来、和賀川水系の詳細な地球化学的研究は、前述の出水時における水質の時間的変化の研究^{1,2)}を除いては、行なわれていない。

また、現在湯田ダムが建設省直轄工事として大荒沢地点に着工をみている。したがって、和賀川水系の水質を明らかにすることは地球化学の見地から興味ある問題であるばかりでなく、今後の利水面の見地からも重要である。

2. 採水および分析法

採水は1958年11月23日、24日の両日に行ない、引続いて25日～27日にかけて各採水地点の流量観測を実施した。

試料採取、流量観測にあたってはできるだけ気象条件による局部的影響を避けた。また、支流合流後の混合ということに充分考慮を払い、できるだけ河川の中央部の表面から20cm位の水をとるように努めたが、地形的に採水が困難であったために、河岸で採水した個所が二、三ある。第1図

3) 中安、建設省直轄工事第四回技術研究報告、建設省(昭和26年3月)。

4) 立神、木曾川洪水の水文学的研究、建設省中部地方建設局(昭和29年3月)。

に採水地点を示す。

現地では水温、気温、pH（比色法）、RpH（比色法）、電導度、P.P酸度（pH 8.4酸度）、B.C.Gアルカリ度（pH 4.3アルカリ度）を測定し、その他の成分は、試水を研究室に持ち帰り分析した。

試水の化学分析法は、主として国土調査法の水質調査作業規程準則（昭和32年総理府令第14号⁵⁾）に従って実施したが、硫酸イオンは重量法、鉄（溶存鉄）はチオシアン酸アンモニウムによる比色法、濁度は白陶土を標準濁度液にして島津製濁計を用い、AKA光電管比色計5号D型にて測定した。なお、溶存各成分の分析に当っては、濁りの認められる試料に対してNo.5 C東洋濾紙で濾過を行なった以外は上澄液を使用した。

測定結果を第1表に示す。

なお、第1表に示す流量は、流量観測日時と試料採取日時が異なったために、大荒沢堰堤の毎時流量から比例配分により試料採取時の流量に更正した値である。

3. 測定結果に対する考察

3.1. 流程による組成成分の変化について

先きに著者¹⁾²⁾は和賀川の出水時の水質の変化の様態を調査する目的で、1957年6月26日から8月21日までの期間、川尻橋で連日水質観測を行なった。その測定結果と今回の同地点における測定結果とを比較して、和賀川は水質ならびに水量ともに平常を示している時期に当るものと考えられる。

第1表 和賀川水系の水質（その1）

No.	河川名	採水場所	採水月日 (1958)	採水時刻	天候	外観	気温 (°C)	水温 (°C)	流量 (m ³ /sec)	集水面積 (km ²)	流路 (km)	濁度	pH	RpH
St1	和賀川	中央	11-24	13-20	晴	清澄	11.5	5.5	3.3	53.9	0	3.9	6.5	7.1
St2	横川	中央	11-24	13-25	晴	清澄	10.9	7.6	8.2	103.	—	2.6	6.6	7.0
St3	和賀川	八年橋, 中央	11-24	14-00	晴	清澄	11.5	7.5	13.4	172.	2.5	3.2	6.6	7.1
St4	本内川	中央	11-24	14-30	晴	やゝ清澄	10.0	7.0	2.8	26.9	—	3.2	6.7	—
St5	和賀川	右岸	11-24	14-50	晴	清澄	11.0	7.5	14.5	267.	12.6	2.8	6.7	7.1
St6	下前川	下前橋, 中央	11-24	12-20	晴	清澄	12.5	5.8	2.4	19.8	—	4.4	6.3	—
St7	和賀川	山室橋, 中央	11-24	15-20	晴	清澄	9.0	7.4	17.8	311.	20.4	6.0	6.7	7.1
St8	和賀川	左岸	11-24	11-20	晴	清澄	10.0	5.5	19.2	322.	21.0	1.2	6.7	—
St9	湯之沢川	中央	11-24	11-05	晴	清澄	10.0	5.9	1.8	16.5	—	8.1	6.6	—
St10	和賀川	中央	11-24	9-50	晴	清澄	2.1	4.8	23.5	361.	24.6	3.4	6.5	7.1
St11	鬼ヶ瀬川	中央	11-24	9-40	晴	やゝ清澄	2.1	3.9	3.0	37.6	—	5.8	6.3	—
St12	和賀川	川尻橋, 中央	11-24	10-15	晴	清澄	5.0	4.9	27.8	416.	25.5	2.9	6.5	—
St13	湯川	中央	11-24	9-15	晴	青白濁	2.3	3.5	1.2	16.8	—	29.3	4.7	—
St14	和賀川	左岸	11-24	9-00	晴	やゝ清澄	1.8	4.5	29.4	418.	30.9	5.0	6.3	6.9
St15	廻戸川	廻戸橋, 中央	11-24	8-30	晴	清澄	0.0	3.1	0.90	22.4	—	3.0	6.6	7.1
St16	和賀川	中央	11-23	16-45	晴	黄白濁	5.5	6.9	31.0	445.	33.9	107.	6.2	—
St17	鷺之巢川	中央	11-23	16-30	晴	清澄	4.0	5.8	1.4	16.6	—	6.0	6.4	—
St18	南本内川	上流, 中央	11-23	15-00	晴	淡青白濁	7.9	5.5	3.5	65.3	—	41.1	6.6	—
St19	南本内川	合流点付近, 中央	11-23	16-00	晴	青白濁	5.0	5.5	4.5	5.7	—	88.7	6.6	—
St20	和賀川	大荒沢ダム中央	11-23	10-30	晴	黄青色濁	5.5	5.3	36.1	569.	44.0	21.3	6.4	—
St21	和賀川	右岸	11-23	11-15	曇	黄青色濁	5.5	5.3	13.7	589.	44.1	22.3	6.5	—
St22	大荒沢川	中央	11-23	11-00	曇	清澄	5.5	6.5	0.47	5.9	—	2.9	6.2	—
St23	和賀川	湯田ダム建設地点, 中央	11-23	9-30	晴	黄青色濁	4.0	5.4	15.5	598.	45.3	17.8	6.6	—

5) 官報 (1957年3月27日) No. 9074.

第 1 表 和 賀 川 水 系 の 水 質 (その 2)

No.	河川名	電 導 度 (25°C) 10^{-4} ($\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$)	P. P 酸 度 (me/l)	B. C. G アルカ リ 度 (me/l)	蒸 発 残 渣 (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SiO ₂ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Fe (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	KMnO ₄ 消 費 量 (mg/l)
St 1	和賀川	0.64	0.04	0.28	53	9.7	4.3	10.4	4.8	1.0	0.01	0.22	0.13	4.28
St 2	横 川	0.43	0.04	0.24	40	3.7	4.9	9.8	2.3	0.9	0.02	0.08	0.15	3.93
St 3	和賀川	0.50	0.04	0.26	44	5.8	4.7	10.0	2.9	1.0	0.01	0.07	0.10	3.43
St 4	本内川	0.72	0.04	0.37	63	9.3	6.0	13.7	5.1	1.3	0.08	0.13	0.13	3.49
St 5	和賀川	0.57	0.04	0.29	45	7.3	4.9	11.2	3.2	1.4	0.06	0.13	0.12	3.40
St 6	下前川	0.61	0.03	0.26	52	9.3	6.3	14.4	2.9	1.3	0.07	0.08	0.11	4.94
St 7	和賀川	0.58	0.03	0.28	48	8.1	5.4	11.1	3.2	1.4	0.06	0.18	0.14	3.84
St 8	和賀川	0.58	0.03	0.29	44	7.2	5.5	11.1	3.2	1.2	0.04	0.12	0.15	4.18
St 9	湯之沢川	0.69	0.04	0.28	55	12.8	6.3	12.4	3.5	2.0	0.40	0.10	0.15	3.08
St 10	和賀川	0.58	0.03	0.28	43	7.5	5.6	11.4	3.2	1.3	0.07	0.06	0.14	4.28
St 11	鬼ヶ瀬川	0.60	0.04	0.25	49	7.3	6.3	16.6	2.9	1.0	0.25	0.17	0.20	4.44
St 12	和賀川	0.58	0.03	0.27	46	6.9	5.5	11.6	3.3	1.3	0.07	0.07	0.17	4.56
St 13	湯 川	3.45	1.50	0.10	220	126.1	10.6	26.0	13.8	4.6	31.4	0.15	2.40	13.1
St 14	和賀川	0.65	0.07	0.23	52	9.2	5.9	11.9	3.8	1.2	0.18	0.11	0.30	3.27
St 15	廻戸川	0.58	0.03	0.34	44	5.0	5.9	11.1	3.1	1.5	0.07	0.10	0.20	6.51
St 16	和賀川	0.74	0.05	0.23	60	12.8	6.1	11.8	4.5	1.3	0.28	0.07	0.16	3.96
St 17	鷺之巣川	0.75	0.03	0.27	71	14.2	5.8	13.9	4.5	1.7	0.09	0.09	0.22	7.20
St 18	南本内川	1.32	0.04	0.36	79	30.3	5.0	9.9	12.0	2.4	0.13	0.05	0.13	4.78
St 19	南本内川	1.27	0.03	0.33	80	30.3	5.1	9.9	11.1	2.9	0.24	0.05	0.12	4.00
St 20	和賀川	0.77	0.05	0.25	68	15.4	6.0	11.3	5.0	1.6	0.16	0.12	0.19	3.96
St 21	和賀川	0.79	0.04	0.27	66	13.0	6.0	11.8	4.9	1.6	—	0.05	0.23	3.81
St 22	大荒沢川	0.81	0.03	0.18	64	19.6	5.1	7.6	4.3	2.1	0.01	0.07	0.07	3.49
St 23	和賀川	0.78	0.05	0.25	66	13.9	5.9	11.5	5.0	1.7	0.18	0.07	0.12	3.27

第 2 ~ 3 図に和賀川上源 (St 1) より湯田ダム地点 (St 23) までの流程による組成成分の変化をグラフにて示した。

3. 1. 1. : pH, P. P 酸度, B. C. G アルカリ度

水系中, 土畑鉱山の廃水の混入をみる湯川が, pH=4.7 の酸性を示すことが注目される。この湯川の合流前までの本流の pH は 6.5~6.7 を示している。湯川は, 鉱山の廃水を顕著に受けて毒水を呈しているが, その流量 (1.22m³/sec) に比べて合流前の本流の流量 (27.8m³/sec) は約 23 倍も大きいので両者合流後の本流 (St 16) の pH は 6.2 を示している。このように湯川の酸性は本流によって著しく希釈されるので, その影響は余り問題にならないと考えられる。なお, 和賀川に鉱毒をもたらすものと思われる支流に南本内川があるが, 今回の調査では pH=6.6 であり, 普通の支流の値を示している。

P. P 酸度も湯川が 1.50me/l で大きな値を示しているが, 湯川合流前後の本流の P. P 酸度は 0.03 me/l (St 12) → 0.05me/l (St 16) に変化する程度であり余り問題にはならない。

B. C. G アルカリ度の流程による変化は大體 P. P 酸度の変化と逆の関係がみられ, 湯川合流による影響も少なく, また全流程上の変化は 0.23~0.29me/l の間で小さい。

3. 1. 2. : 濁度

湯川, 南本内川を除いた他の支流の濁度は 2.6~8.1 の間にあり, 外観も清澄であったが, 湯川, 南本内川の濁度はそれぞれ 29.3, 88.7 の値を示し, 外観は青白濁を呈していた。これは明らかに鉱

山の廃水の影響によるものとする。

湯川合流前後の本流の濁度は2.9(St 12) → 5.0 (St 14) と余り変化していないが、これはSt 14の地点が地形上河川の中央部で採水することが極めて困難な状況にあったため、やむなく左岸で採水した。したがって、湯川がいまだに本流に均一に混合していなかったためと考えられる。濁度の値は河川の同一地点でも流速に左右され、河川の横断方向によって異なることが明らかであるので、いかなる部分の河川水を採水したかの条件によってかなり差異を生ずるものである。

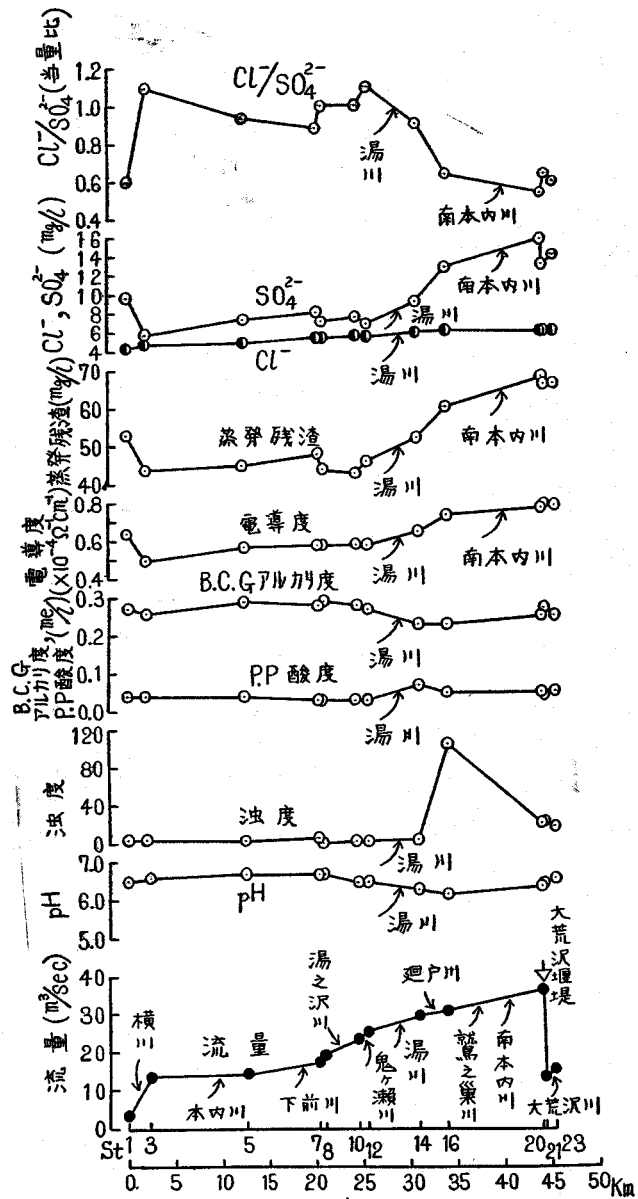
次に、St 16の本流の濁度は107を示し、かなり大きな値を示している。この地点は湯川合流後約3.4km下流にあり、すでに湯川の本流への混合が充分になされたものと考えられる。また、後述するように湯川の多量の溶存鉄が本流に混合した場合に、単なる希釈でなく鉄質沈澱が生じることも濁度を高める一つの要因と考えられる。しかしながら、湯川と本流(St16)とは同日に採水していないので湯川合流後の本流の濁度の変化を厳密に論ずることはできない。ともかくも湯川、南本内川の合流後の本流(St20, St21, St23)の濁度が20内外の値を示して居り、平常時の本邦普通河川の濁度が10以下を示すことから少々大であるといえる。

このことは、工業用水、発電用水として濁度が少しでも低いことが望まれる点からみて、今後の和賀川の水利用の立場から考慮すべき問題の一つと考えられる。

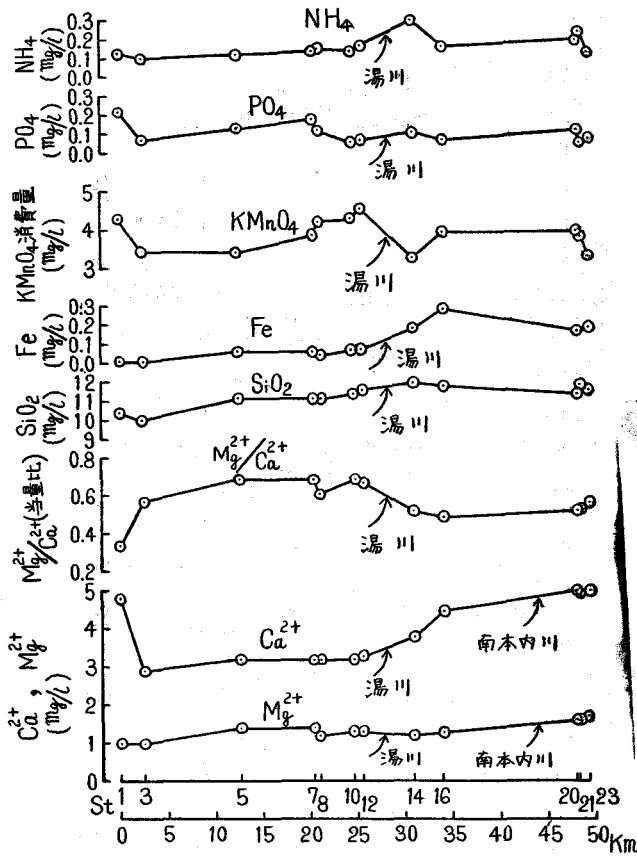
3. 1. 3. : 電導度, 蒸発残渣, ケイ酸

和賀川上源 St 1 の電導度は $0.64(\times 10^{-4} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1})$ であるが、水系中電導度が最小0.43を示し、また水量が本流より大な横川の合流により、本流の電導度が0.50と減少している。以後 St 5 より湯川合流前の St 12 までは0.57~0.58とほとんど変化がない。水系中電導度の最大3.45, 蒸発残渣の最大220mg/lの湯川の合流により、本流 St 16の電導度は0.74に、さらに南本内川(電導度1.27)の合流により0.77~0.79と幾分増加を示している。

蒸発残渣も同様に湯川合流点までは43~53mg/lの間にあるが、湯川、南本内川の合流によって、



第2図 和賀川の流下中における水質の変化



第3図 和賀川の流下中における水質の変化

大きい。その他の支流は3.7~19.6mg/lの間にある。流程上の変化は、湯川合流前までは5.8~9.7mg/lの変化を示しているが、湯川の合流によりSt 16では12.8mg/lと増加し、さらに南本内川の合流によって13.0~15.4mg/lと増加している。

湯川の塩素イオン、硫酸イオンについて検討してみると次の通りである。湯川の塩素イオンを高める原因としては、湯川上流に多くの湧出口を有する塩素イオン濃度の大な湯川温泉（含食塩芒硝泉）の混入の影響が考えられる。

今、温泉水の混入なきものと考えた場合の湯川の塩素イオン濃度が、隣接して流れる鬼ヶ瀬川、鷲之巣川のそれと大ざっぱに同程度と仮定すると6.1mg/lとなる。したがって塩素イオン濃度として4.5mg/lが温泉水より湯川に供給された分となる。

次に、湯川温泉水の Cl^-/SO_4^{2-} （重量比）*は1.76である。よって温泉水より湯川に供給される硫酸イオンは濃度として2.6mg/lとなる。この値は大ざっぱな仮定に基づき、難溶性塩の生成、共沈等が行なわれないものとしての議論であるが、大略近似的な値を示しているものと考えられる。これからいえることは、湯川は硫酸イオンが126.1mg/lと水系中注目すべき値を示しているが、湯川温泉水の混入の影響によって高まる硫酸イオンを充分考慮に入れても、流域に存在する土畑鉱山の

* 岩手県衛生研究所で分析した湯川温泉の11ヶ所の源泉の分析値より Cl^- および SO_4^{2-} の平均値を求めると、夫々434 mg/l, 246 mg/lとなる。したがって

Cl^-/SO_4^{2-} （重量比）は1.76である。なお、pHは7.2、 H_2SiO_3 は0.47mg/lであった。

66~68mg/l程度に増加しており、大體において電導度と同じ傾向の変化を示している。

次に、ケイ酸は湯川が合流するまでは10.0~11.6mg/l程度の変化で、流下するにしたがって次第に増加する傾向がみられている。湯川合流後では、11.3~11.9mg/lを示してほとんど一定の変化をしている。ケイ酸は流程上において大きな変化はみられない。

3.1.4. 塩素イオン、硫酸イオン

水系中湯川の塩素イオン含量は10.6mg/lを示して最大であるが、他の支流のその4.3~6.3mg/lと比べてほぼ2倍程度大きい。塩素イオンの流程上の変化をみると4.3~6.1mg/lを示してほぼ一定であり、下流では若干増加する傾向がみられる。湯川の本流への影響は少ない。

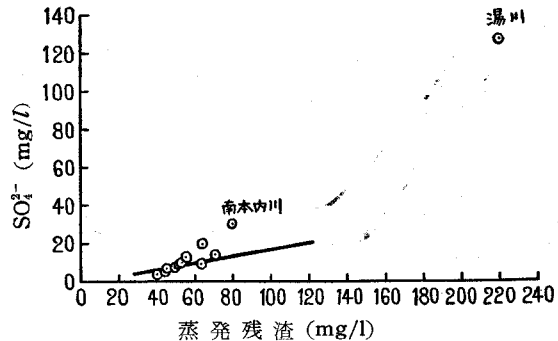
次に、硫酸イオンについてみると、最大は湯川の126.1mg/lであり、ついで南本内川が30.3mg/lを示して

廃水による影響を著しく受けているということである。そして湯川の酸性の原因は硫酸に基因していることが分る。

南本内川は湯川について硫酸イオンが大きい、これは上流に存在する卯根倉、鷲合森らの銅鉱山の影響によるものと考えられる。

第4図に水系中の各支流の蒸発残渣と硫酸イオンとの関係を示す。湯川および南本内川の硫酸イオンの含量は蒸発残渣のそれぞれ57%、38%を占めて多い。

次に、流程上における $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ (当量比) の変化をみると、St 1 では塩素イオン濃度が最小を示し、 $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ の数値も0.60を示しているが、横川合流後より湯川合流点に至る本流は0.9~1.1位であり、湯川合流後0.5~0.9位に減少している。



第4図 水系の各支流の蒸発残渣と硫酸イオンとの関係

3. 1. 5. : カルシウムイオン, マグネシウムイオン

水系中、湯川および南本内川 (St 19) はそれぞれカルシウムイオン 13.8mg/l, 11.1mg/l を示してやや大きい、その他の支流では2.3~5.1mg/lの間にあり少ない。

カルシウムイオンの流程上の変化は硫酸イオンと同じ傾向の変化をしており、湯川、南本内川の合流により本流のカルシウムイオンは増加している。

マグネシウムイオンの流程上の変化は1.0~1.7mg/lであり変化が少ない。下流に行くにしたがって増加するようである。

$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ (当量比) の数値は本流流下中に大きな変化はない。

3. 1. 6. : 溶存鉄

溶存鉄は湯川合流までは0.01~0.07mg/lの間を変化している。水系中とくに銅鉱山の廃水の影響を受けて酸性を呈する湯川は31.4mg/lを示して極めて大である。この湯川の流入により本流の溶存鉄はSt 16で0.28mg/lと増加している。しかし、前述したように湯川の水量が本流のそれに比べて小さいために、湯川が本流に合して大きく希釈されることと、また後述するように単なる希釈でなく鉄の沈澱が相当に生じることから、合流後の本流の溶存鉄の濃度はさほど大となっていない。

3. 1. 7. : 過マンガン酸カリ消費量, リン酸塩 (PO_4), アンモニウムイオン

過マンガン酸カリ消費量はほとんど大した変化はなく3.27~4.56mg/lである。水系中湯川は13.1mg/lを示して大である。

湯川合流前後の本流の過マンガン酸カリ消費量をみると、合流によりむしろ幾分減少している。これは湯川合流により鉄の沈澱が生じたために、有機物の共沈ならびに吸着による減少が考えられるがはっきりしたことはいえない。

リン酸塩 (PO_4) は流程上において0.05~0.22mg/lの間を、アンモニウムイオンは0.10~0.30mg/lの間を変動している。

3. 2. 流程における溶存成分の流出量と流量との関係

河川の化学的な性質は流域の地質的、地形的、気象的ならびに人間の生産活動による人為的な環境諸要素に支配される。そして多くの支流を合せた本流の化学的な特徴は支流の化学的な性質の総和として示される。

前項において本流は流下中に支流を合せて次第に水量を増加して行くばかりでなく、水質におい

ても、合流する支流の異質的な水質の影響を受けて流下中に変化することを指摘した。著者は更に和賀川について水質と流量より溶存成分の流出量を求めて、流程による溶存成分の流出量と流量との関係について検討を試みた。

第5図に流程における蒸発残渣、硫酸イオン、塩素イオン、カルシウムイオン、ケイ酸ならびに溶存鉄等の流出量と流量との関係を示す。

湯川合流点までの本流では、とくに水質の異常な支流の合流がみられず、したがって図から分るように各溶存成分の流出量はほぼ直線的に流量に比例して増加している。今、湯川合流点までの溶存成分の流出量と流量との関係式を最小自乗法により求めると次の通りである。なお図上に点線でそれらの関係を表わしてみた。

$$\begin{aligned} [\text{蒸発残渣}] &= 18 + 44 [Q] \\ [\text{SO}_4] &= 4.6 + 6.98 [Q] \\ [\text{Ca}] &= 1.8 + 3.12 [Q] \\ [\text{Cl}] &= 9.4 + 5.85 [Q] \\ [\text{SiO}_2] &= 12.1 + 11.85 [Q] \\ [\text{Fe}] &= 0.50 + 0.083 [Q] \end{aligned}$$

ここに〔蒸発残渣〕、〔SO₄〕、〔Ca〕、〔Cl〕、〔SiO₂〕、〔Fe〕：それぞれの溶存成分の流出量 (g/sec)

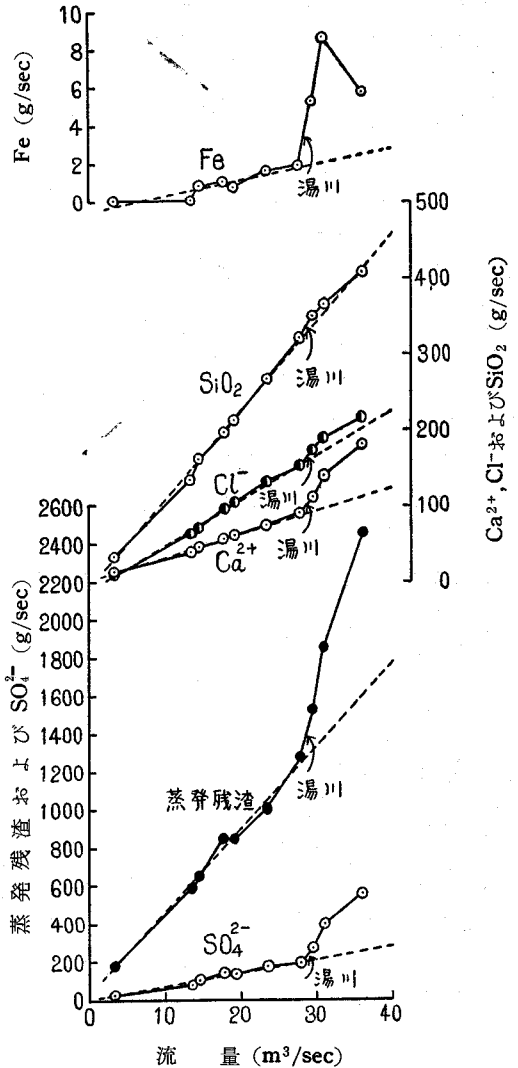
〔Q〕：流量 (m³/sec)

しかしながら、特殊な水質を示して毒水をなす湯川の合流以後では、図から分るように、とくに蒸発残渣、硫酸イオン、カルシウムイオンならびに溶存鉄は、それらの流出量の流量増加に伴う増加の割合は湯川合流前と比べて大となっている。なお、溶存鉄は湯川合流後St16までは流量増加に伴う溶存鉄の流出量の増加の割合は極めて大となっているが、大荒沢ダム地点 (St20) では逆にSt16よりもその流出量が減少している。

次に、上記の関係式を用いて本流大荒沢ダム地点 (St20, Q=36.1m³/sec) の各溶存成分の流出量を算出し、これと測定値より求めた同地点の流出量と比較してみると第2表に掲げる如くなる。

第2表より湯川ならびに南本内川の流入により、本流大荒沢ダム地点の蒸発残渣、硫酸イオン、カルシウムイオンならびに溶存鉄の流出量がとくに増加していることが知られる。

また、本流は支流の溶存成分を合わせて流下するのであるが、その際、流下中に河川敷の伏流がみられず、また難溶性沈澱の生成、共沈、吸着、溶解、酸化還元等が行なわれず、単なる混合と仮定すれば、第1図から分るように大荒沢ダム地点 (St 20) の本流の流量および溶存成分の流出量は、川尻橋地点 (St 12) の本流とこれに流入する湯川、廻戸川、鷺之巢川ならびに南本内川との流量お



第5図 流程における溶存成分の流出量と流量

第2表 大荒沢ダム地点 (St 20) における溶存成分の流出量の計算値と測定値との比較(その一)

	流出量 (g/sec) (計算値)	流出量 (g/sec) (測定値)	測定値/計算値
蒸発残渣	1606	2455	1.5
SO ₄ ²⁻	257	556	2.2
Ca ²⁺	114	181	1.6
Cl ⁻	202	217	1.1
SiO ₂	416	408	1.0
Fe	2.5	5.8	2.3

よび溶存成分の流出量のそれぞれの総和とみなすことができよう。このような仮定によって算出した大荒沢ダム地点の計算値と測定値とを比較してみると第3表に掲げる如くなる。

ただし、流量の測定値と化学分析値の精度、採水時刻の相異による影響および河川水中における溶存成分の均一混合の程度さらに無視した小沢水の流入の影響

等を考慮に入れば、計算値と測定値との比較は正確なものとはいえず、近似的な比較として満足しなければならぬ。

第3表 大荒沢ダム地点 (St 20) における溶存成分の流出量の計算値と測定値との比較(その二)

	計算値	測定値	測定値/計算値
流量 (m ³ /sec)	35.8	36.1	1.0
SO ₄ ²⁻ (g/sec)	506	556	1.1
Ca ²⁺ (g/sec)	168	181	1.1
Cl ⁻ (g/sec)	201	217	1.1
SiO ₂ (g/sec)	428	408	1.0
Fe (g/sec)	41.5	5.8	0.14

第3表から、流量ならびに硫酸イオン、カルシウムイオン、塩素イオンおよびケイ酸の流出量は計算値と測定値とが10%内の差で一致している。しかしながら、溶存鉄の流出量をみると計算値に比べて測定値が著しく小となっている。このことは前述したように、湯川の溶存鉄の濃度は極めて大であり、したが

って湯川が本流に流入する際に多量の溶存鉄が供給されるが、流入後大荒沢ダム地点に至るまでの約13.5kmの流程途上で著しく鉄の沈澱が生じることを物語るものである。

鉄が流程途上で沈澱を起すことは、三宅ら⁶⁾の長瀬川(会津酸川)、山県⁷⁾の濁川—松川、武藤⁸⁾の遅沢ならびに吾妻川、著者⁹⁾ 10)の赤川—松川—北上川等の酸性河川において認められている事実である。

3. 3. 和賀川水系における溶存成分の流出量の比較

今回調査した和賀川水系に属する河川のうちに、第1に注目されるのは湯川で、溶存鉄、硫酸イオンの含量が極めて大で酸性を示していることである。ついで硫酸イオンの大な南本内川であり、共に涵濁を呈して他の河川とは水質が異質的である。

さて、和賀川水系に属する主要な河川の流量ならびに硫酸イオン、カルシウムイオン、塩素イオン、溶存鉄の流出量を比較してみると第4表の通りである。

これから

- (イ) 各河川の流量を比較すれば、横川および南本内川が大であり、酸性河川である湯川の流量は上記11河川全体の約4%を占めているに過ぎず小さい。
- (ロ) 湯川の溶存鉄の含量は著量であり、その流出量は11河川全体の約90%以上を占めて極めて大きい。
- (ハ) 流域における銅鉱山の開発が盛んで、それによって生ずる廃水の影響を受けている湯川なら

6) 三宅、浜田、斉藤、細井、気象集誌、II、26 (1948)。

7) 山県、陸水誌、16 (1952)。

8) 武藤、日化、74 (1953)。

9) 後藤、北上川水系の水質調査、建設省岩手工事事務所(昭和32年9月)。

10) 後藤、北上川水系赤川の水質調査、建設省岩手工事事務所(昭和33年3月)。

第 4 表 和賀川水系における溶存成分の流出量の比較

比較項目	河川名 和賀川 St 1	横川	本内川	下前川	湯之 沢川	鬼ヶ 瀬川	湯川	廻戸川	鷺之 巣川	南本 内川 St 19	大荒沢川
流 量 (m ³ /sec)	3.32	8.17	2.82	2.38	1.82	3.04	1.22	0.90	1.40	4.50	0.46
流 量 の 比*	3	7	2	2	1.5	2.5	1	0.7	1	4	0.4
硫酸イオン流出量 (g/sec)	32	30	26	22	23	22	154	4.5	20	136	9
硫酸イオン流出量の比**	2	2	2	1	1.5	1	10	0.3	1	9	0.6
カルシウムイオン流出量 (g/sec)	16	19	14	7	6	9	17	3	6	50	2
カルシウムイオン流出量の比**	9	11	8	4	3.5	5	10	2	3.5	30	1
塩素イオン流出量 (g/sec)	14	40	17	15	11.5	19	13	5	8	23	2
塩素イオン流出量の比**	11	31	13	11.5	9	15	10	4	6	18	1.5
溶存鉄 (Fe) 流出量 (g/sec)	0.03	0.16	0.23	0.17	0.73	0.76	38.3	0.06	0.13	1.08	0.005
溶存鉄 (Fe) 流出量の比***	0.08	0.4	0.6	0.4	2	2	100	0.2	0.3	3	0.01

* : 湯川の流量を1とする。

** : 湯川の流出量を10とする。

*** : 湯川の流出量を100とする。

びに南本内川の硫酸イオンの流出量は特に大で、11河川全体のそれぞれ32%、28%を占め、両者合計では大半(約60%)を占めている。

(二) カルシウムイオンの流出量は南本内川が大であり、塩素イオンの流出量は水量の多い横川が大である。

以上の如く、和賀川は湯川合流により、その化学組成を変化していることが明らかである。また和賀川の流出量においても、蒸発残渣、硫酸イオン、カルシウムイオン等は湯川合流後では流量増加に伴うそれら流出量の増加の割合が大となり、溶存鉄は湯川の流入により38.3g/secと大きく本流に供給されるが、合流後の本流大荒沢ダム地点では5.8g/secと減少しており、約13.5kmを流下する間に鉄は相当に沈澱を起している。

湯川は、硫酸イオンならびに溶存鉄が蒸発残渣のそれぞれ57%、14%を占めて非常に大であり、また酸性を示していることが注目される。南本内川は硫酸イオンが蒸発残渣の38%を占めて多い。湯川、南本内川は共に特徴的な水質を示す河川であり、銅鉱山の廃水の影響を受けて涵濁している。また、この両河川の流入後では本流の濁度は大きい。

(その2) 和賀川の水質の時間的変動について

1. ま え が き

著者は前報で和賀川の流下中における化学組成の変化および流下中の溶存成分の流出量と流量との関係、各支流の化学的性質ならびに銅鉱山の廃水の影響および温泉水の混入の影響等について検討した。

ここでは、引きつづいて、和賀川の水質の年間に亘る変動状況、水質と流量との関係ならびに溶存成分の流出量と流量との関係等について検討した結果を述べる。

2. 採水および分析法

採水は現在建設途上にある湯田ダム地点より約1.3km上流の大荒沢堰堤地点で行なった。

測定期間は1958年9月15日より1959年9月7日に至る一年間である。

現地では気温、水温、pH(比色法)を測定し、試験室で塩素イオン、硫酸イオン、過マンガン酸

カリ消費量を分析した。分析法は前報と同じである。

なお、流量は大荒沢堰堤の一日平均流量で表わしている。また、分析は湯田ダム工事事務所上石和郎技官が担当した。

3. 測定結果に対する考察

3. 1. 和賀川の水質の時間的変動の概要

1年間の和賀川の水質の変動状況を示すと第6図の如くである。

3. 1. 1. : 流量

1月に最も渇水し、流量は14~21m³/secを示している。

10月、11月、12月、2月および6月には流量の大きな増大はみられない。

3月下旬および4月は降雨ならびに融雪の影響で流量が増大している。とくに、1958年3月30日は大雨により流量が531m³/secを示して最大である。1958年9月および1959年7月は降雨量の大きな時期で流量が増大している。

3. 1. 2. : pH

前報で述べたように、上流で流入する湯川の酸性水の影響が注目されたが、大荒沢堰堤では1年を通して6.0~6.7の範囲を変化するにとどまり、普通河川に比べてやや低い値を示すだけで、湯川の本流に及ぼす影響は余り問題にならない。

これは、湯川の流量が本流に比べて非常に少ないために、本流合流後著しく希釈ならびに中和されたためと考えられる。

季節的には1月、2月、3月にpHが小となる傾向がみられる。

3. 1. 3. : 塩素イオン

4~9mg/l程度の範囲を変動するにとどまる。季節的変化は明瞭でない。

3. 1. 4. : 硫酸イオン

硫酸イオンは5.1~26.7mg/lの間を変動し、塩素イオンに比べて年間の濃度差は大きい。おおむね流量の増減と反対の傾向を示している。8月ならびに最も渇水した1月に大きく、降雨および融雪により増水した4月ならびに7月、9月の増水した時期に小さくなっている。

3. 1. 5. : 過マンガン酸カリ消費量

過マンガン酸カリ消費量は6~45mg/l程度の範囲を変動している。増水時に大きくなり、おおむね流量の増減傾向と対応している。したがって、過マンガン酸カリ消費量と硫酸イオンとの増減の様子は互に反対の傾向を示している。

3. 2. 水質と流量との関係について

半谷¹¹⁾も指摘する如く、水質と流量との関係を明らかにすることは地球化学的にも、実用的立場からも重要な問題であるが、従来、水質と流量との関係について詳細に研究した例が少なく、有泉、新田、半谷ら、著者の研究があるに過ぎない。

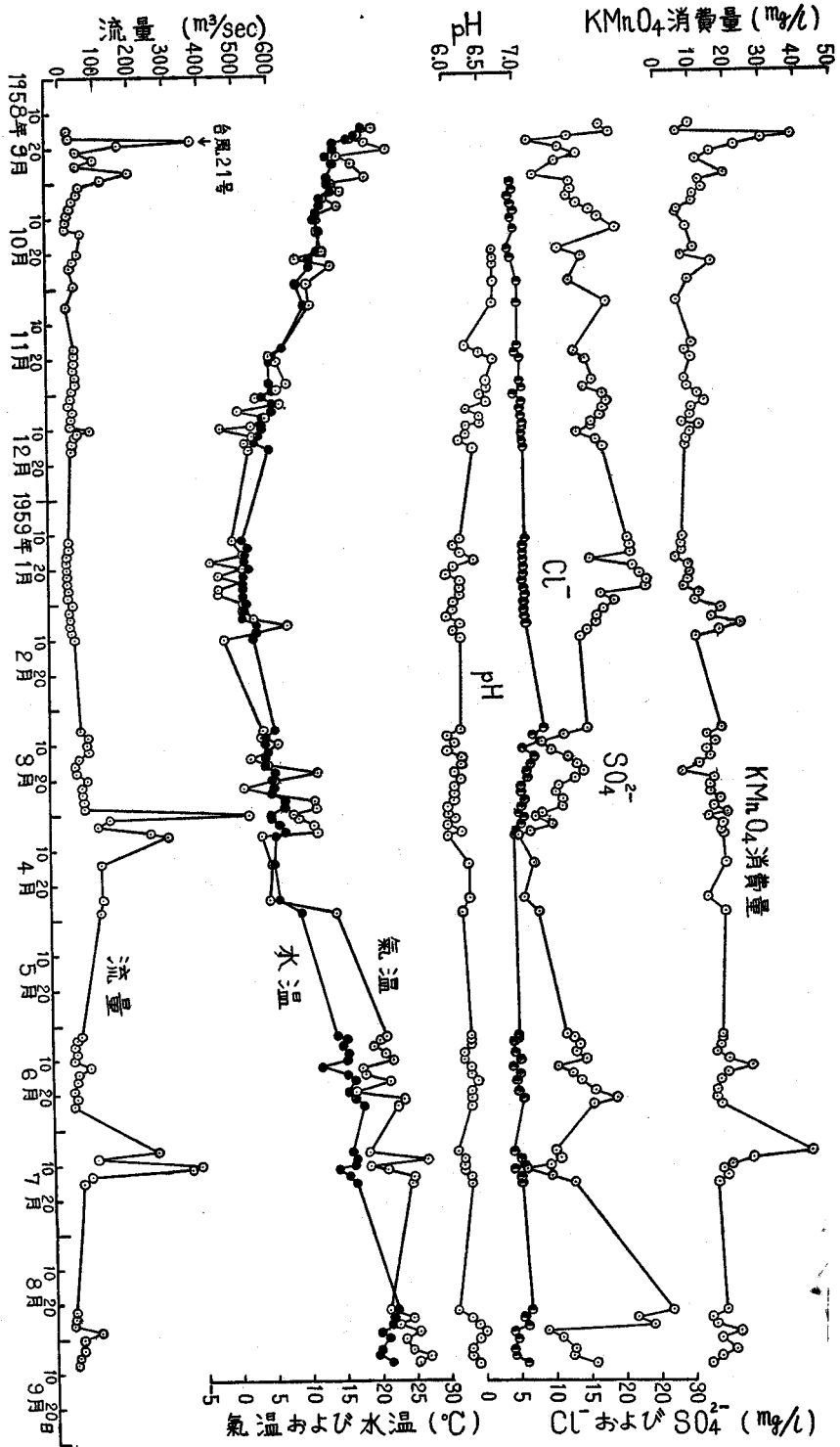
著者は北上川水系の河川を対象に、1951年以来水質の変化に及ぼす流量の影響を重視して研究を行ってきた。すなわち、中津川⁹⁾、雫石川^{9) 12) 13)}および北上川(館坂橋)^{9) 14)}における年間の測定結果から、河川の溶存成分量の多寡を左右する第一の要因は降雨量(融雪量を含む)であり、流量が等比級数的に増大するとき、溶存成分量は等差級数的に減少または増大し、溶存成分量をC、流量をQとすれば、 $C = \alpha \log Q + K$ で表わされる関係を見出した。また、平常の時期の河川水は主として地下水の流出によって涵養されており、水質の変動は極めてかんまんであるが、大雨によ

11) 半谷; "水質調査法", p. 96 丸善(昭和35年)。

13) 後藤, 水道協会誌 288号, (1958)。

12) 後藤, 日化, 78 1241 (1957)。

14) 後藤, 岩手大学学芸学部研究年報, 12 (1957)。



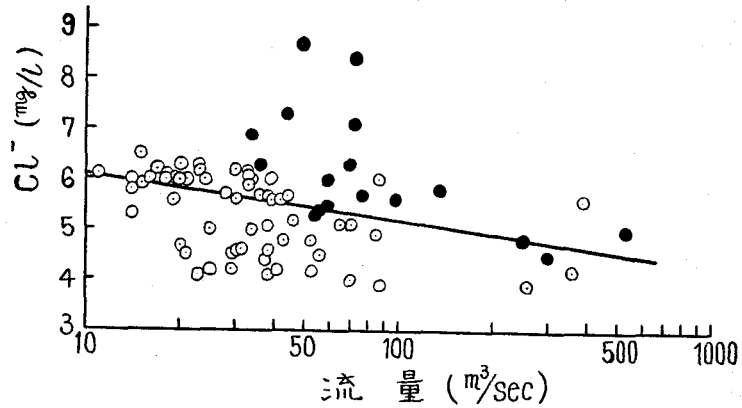
第6図 和賀川大荒沢堰提における水質の季節変化

る出水時には、河川の水質に著しい変化がみられ、また増水しつつある時と、減水しつつある時とでは水質が異り、さらに、上流において水質の異なる支流が合さって下流に流れて来る河川では、雨が流域に一樣に降った場合と、地域的に偏在して降った場合とでは、出水時の水質の時間的変化の様子が異なること¹⁵⁾を認めている。

今回、和賀川の年間に亘る調査結果から、水質と流量との関係を検討してみた。

3. 2. 1. : 塩素イオン濃度と流量との関係

塩素イオン濃度と流量との関係を第7図に示す。点が大部バラついてはいるが、塩素イオン濃度は流量の増加に伴って幾分小さくなる傾向がみられる。なお、3月、4月の融雪期の塩素イオン濃度は、点が直線のほぼ上方に存在し、他の季節に比べて多い。この理由については積雪中に含まれる風送塩が融雪により溶出して来たためと推定



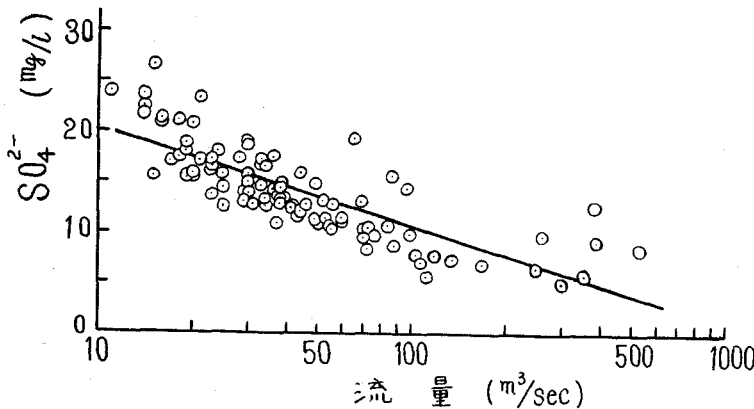
●印は3月、4月の融雪期
第7図 和賀川の塩素イオン濃度と流量との関係

されるが、はっきりしたことは分らない。この点は興味ある事実であり、今後検討して行きたい。

3. 2. 2. : 硫酸イオン濃度と流量との関係

硫酸イオン濃度と流量との関係を見ると、流量増加に伴って硫酸イオン濃度は明らかに減少し、第8図にみるように硫酸イオン濃度と流量の対数との間に負の直線関係が成立している。

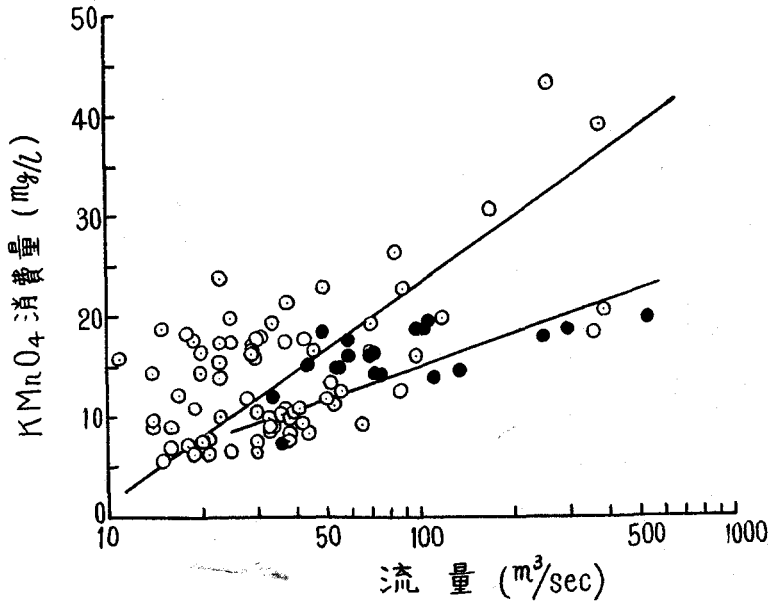
3. 2. 4. : 過マンガン酸カリ消費量と流量との関係



第8図 和賀川の硫酸イオン濃度と流量との関係

過マンガン酸カリ消費量は増水と共に増加し、減水と共に減少し第9図に示すように、流量の対数との間には正の相関が認められる。なお、図にみられるように、3月、4月の融雪期と他の季節とでは、過マンガン酸カリ消費量と流量との関係が異なるようである。

このことは著者の平石川における約5年間に亘る調査結果^{9) 13)}からも見出される。すなわち、融雪期は他の季節の如く増水により急激な過マンガン酸カリ消費量の増加を示さないようである。このように、過マンガン酸カリ消費量は流量のみに支配されるものではなく、降雨によるか雪どけによるかの増水状況にも影



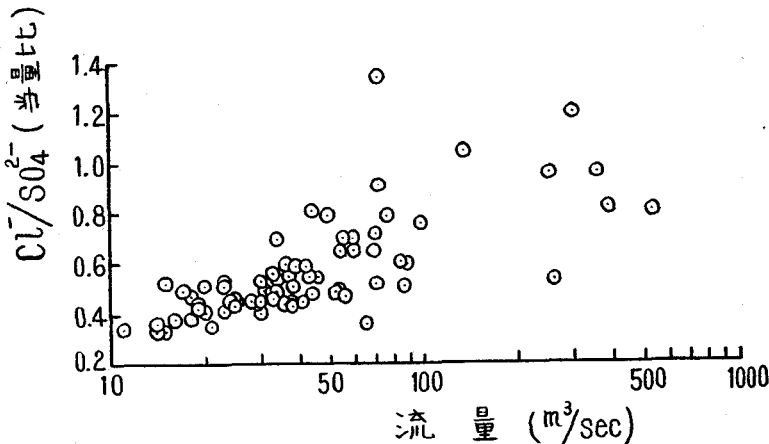
●印は3月、4月の融雪期

第9図 和賀川の過マンガン酸カリ消費量と流量との関係

響されるものと考えられる。

3. 2. 4. : $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ (当量比) と流量との関係

第10図にみるように、 $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ (当量比) と流量との関係は、流量が増大すると $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ の値



第10図 $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ (当量比) と流量との関係

は大きくなる傾向が明らかである。前述した通り塩素イオン濃度、硫酸イオン濃度は流量の増加に伴って減少するが、硫酸イオン濃度は塩素イオン濃度に比べて、流量増加に伴う濃度の減少の割合が大である。したがって、低水時は高水時に比べて河水の硫酸イオンの相対的な濃縮がみられている。

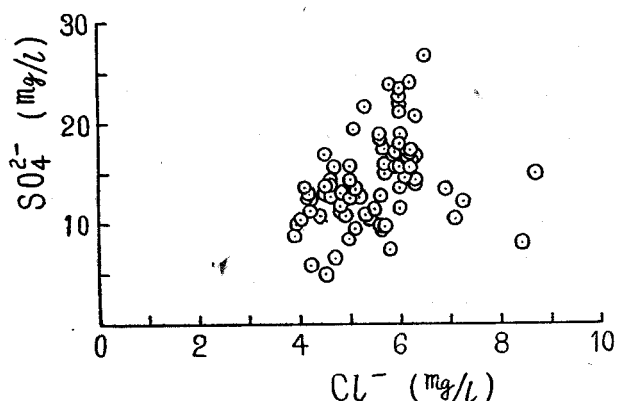
3. 3. 硫酸イオンと塩素イオンおよび硫酸イオンと過マンガン酸カリ消費量との関係

3. 3. 1. : 硫酸イオンと塩素イオンとの関係

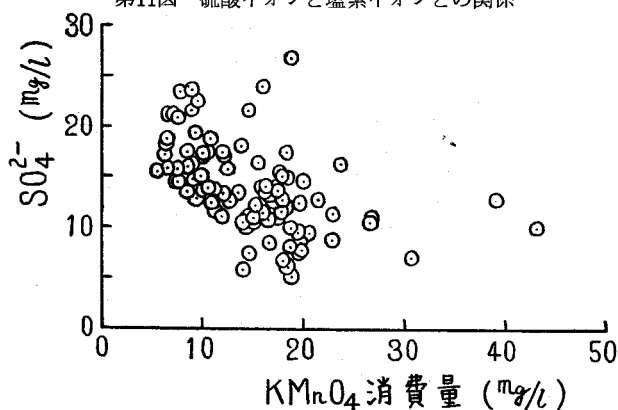
硫酸イオンと塩素イオンとの相関について検討してみると、第11図に示すように大ざっぱに言って正の相関が認められるようである。

3. 3. 2. : 硫酸イオンと過マンガン酸カリ消費量との関係

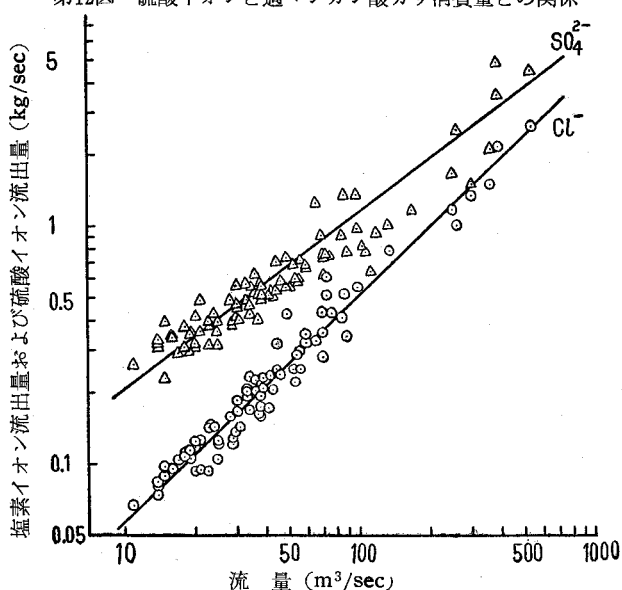
第12図にみられるように、過マンガン酸カリ消費量が増加すると硫酸イオンが減少し、両者の間



第11図 硫酸イオンと塩素イオンとの関係



第12図 硫酸イオンと過マンガン酸カリ消費量との関係



第13図 和賀川の塩素イオン流出量および硫酸イオン流出量と流量との関係

には負の相関が認められる。

3. 4. 和賀川の塩素イオン流出量および硫酸イオン流出量と流量との関係

第13図に、和賀川大荒沢堰堤における塩素イオン流出量および硫酸イオン流出量と流量との関係を示す。塩素イオン流出量および硫酸イオン流出量は流量にほぼ直線的に比例するが、直線の傾斜から分るように、流量の増加に伴う硫酸イオン流出量の増加の割合は塩素イオン流出量の増加の割合に比べると小さい。このことは、前述の如く硫酸イオン濃度が流量の増加に伴って減少する程度が塩素イオン濃度に比べて大きいことから分る。

第13図の関係から、流量が $10\text{ m}^3/\text{sec}$ から $500\text{ m}^3/\text{sec}$ と50倍に増加すると、塩素イオン流出量はほぼ $0.06 \rightarrow 2.5\text{ kg/sec}$ と、硫酸イオン流出量はほぼ $0.2 \rightarrow 4\text{ kg/sec}$ と、それぞれ約40倍、約20倍に増加している。

3. 5. 和賀川、雫石川および北上川(館坂橋)の水質と流量との関係についての比較検討

最初に、著者により得られた北上川水系各河川の盛夏期ならびに厳寒期の測定値⁹⁾¹⁶⁾にもとづいて、北上川水系の塩素イオンおよび硫酸イオンについての分布図を作製し、和賀川、雫石川および北上川(館坂橋)の塩素イオン、硫酸イオンが北上川水系全般からみていかなる位置にあるかを検討してみた。なお、採水はほとんど同一の気象的条件を示した時期を選んで行なっている。また、各支流の採水は本流との合流点付近で行なっている。各河川の塩素イオンおよび硫酸イオンの含有量は、盛夏期と厳寒期との測定値の平均

15) 後藤, 日本化学会東北地方大会講演, 1958年9月.

16) 資源科学研究所編, 水質データブック, 1, 34~

49 (1960).

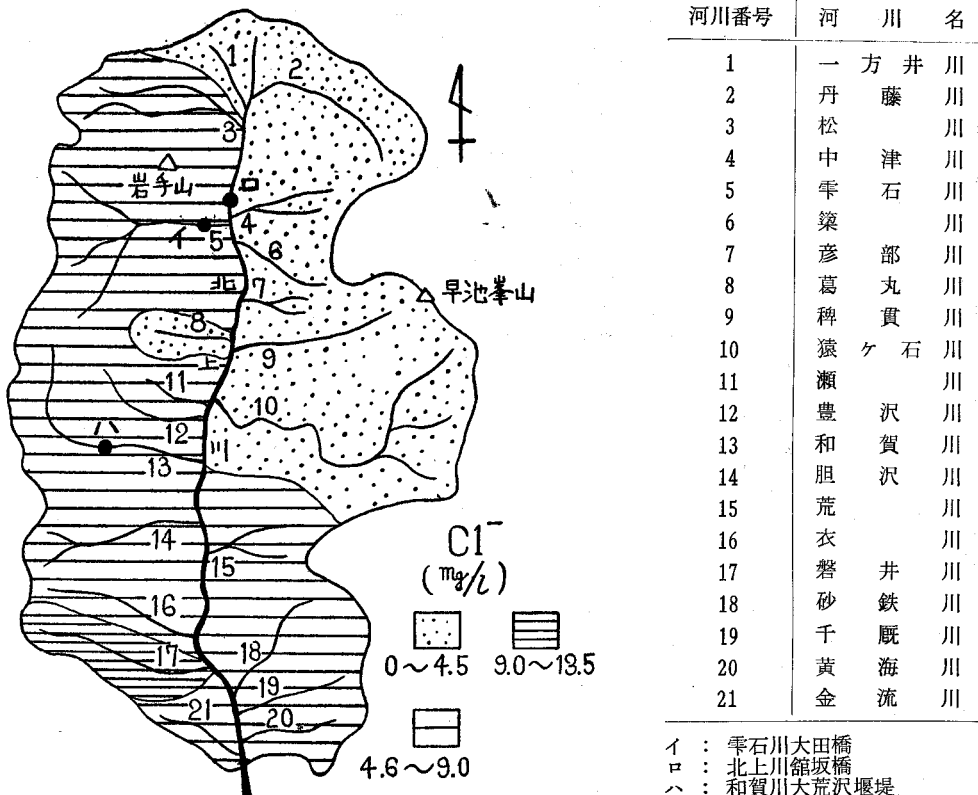
値で示した。

塩素イオンおよび硫酸イオンの分布図を示してみると第14～15図に掲げる如くである。

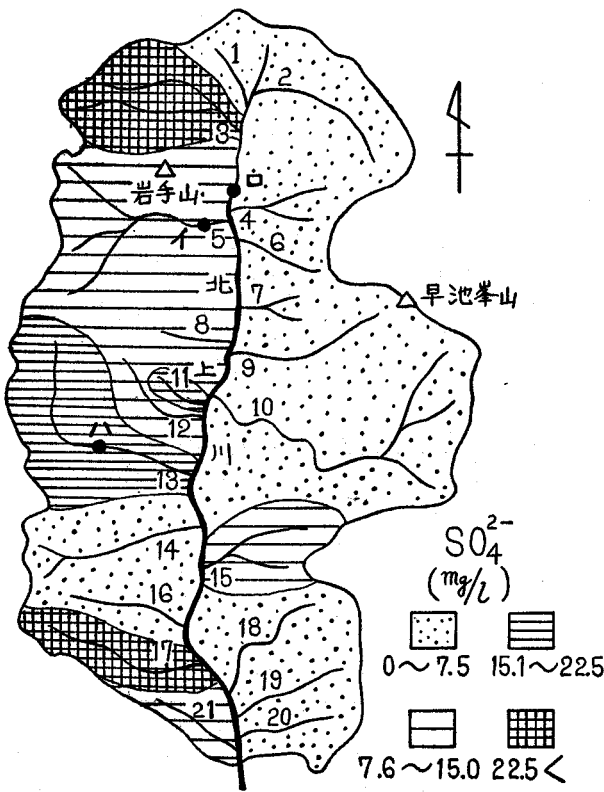
これをみると

イ) 塩素イオン：一般的に奥羽山脈地域に多く、北上山脈地域に少ない。前者は広く温泉の分布をみるが、後者はみられない。個々の河川についてみると、流域に温泉の分布をみる河川は、温泉の影響を受けて塩素イオン濃度が大となる傾向がみられる。塩素イオン濃度の最も大きい河川は磐井川 (No17) の11.5mg/lである。これは、上流にある須川温泉 ($\text{Cl}^- \div 460\text{mg/l}$) の混入の影響と一部、一関市街で人為的汚染の影響とを受けたものと考えられる。磐井川を除けば岩手県内の北上川各支流は約2～9 mg/lの間にある。和賀川は7 mg/l程度、雫石川ならびに北上川 (館坂橋) は5 mg/l程度である。

ロ) 硫酸イオン：一般的に、奥羽山脈地域に多く、北上山脈地域に少なく極めて対照的に分布している。これは、奥羽山脈地域は主として新第三系地帯であり、新期火成活動に付随した硫化物鉱床ならびに温泉の分布がみられているが、北上山脈地域は地質時代の古い北上古生層を主体とする地域であり、斯様な地質学的環境を反映したものと考えられる。松川 (No.3) の硫酸イオン濃度は約140mg/lを示して最大である。この川の上流は松川と赤川とに分れているが、上流松川の硫酸イオンは28mg/l、赤川は248mg/lである。赤川の硫酸イオンが著しく多いのは、その上流に存在する松尾硫黄鉱山の廃水の影響を顕著⁹⁾¹⁰⁾に受けたためである。次いで磐井川 (No.17) が34mg/l程度で多い。和賀川は約20mg/lで多い方である。雫石川は約10mg/lである。北上川 (館坂橋) は約70mg/lで多い。これは、前述の如く松尾硫黄鉱山の廃水の影響を顕著に受けて硫酸イオン濃度の



第14図 北上川水系の塩素イオンの分布図



河川番号	河川名
1	一方井川
2	丹藤川
3	松川
4	中津川
5	雫石川
6	築川
7	彦部川
8	葛丸川
9	稗貫川
10	猿ヶ石川
11	瀬川
12	豊沢川
13	和賀川
14	胆沢川
15	荒川
16	衣川
17	磐井川
18	砂鉄川
19	千厩川
20	黄金川
21	金流川

イ : 雫石川大田橋
 □ : 北上川館坂橋
 △ : 和賀川大荒沢堰堤

第15図 北上川水系の硫酸イオンの分布図

な支流松川の混入による影響である。

以上、概観した如く和賀川、雫石川および北上川（館坂橋）は塩素イオンについてみると大差はないが、硫酸イオンは流域の自然的、人為的な環境を反映して明らかに差異がみられる。

3. 5. 1. : 和賀川、雫石川および北上川（館坂橋）の塩素イオン濃度と流量との関係

和賀川、雫石川および北上川（館坂橋）の塩素イオン濃度と流量との関係を第16図に示す。これを見ると、3河川とも点が大部バラついているが、塩素イオン濃度は流量増加に伴って減少する傾向がみられ、降雨ならびに雪どけにより希釈されることを物語っている。今、塩素イオン濃度 (Cl⁻(mg/l)) と流量の対数 (log Q) との関係を最小自乗法により求めると次の通りである。

和賀川 : Cl⁻ = -0.9log Q + 7.0

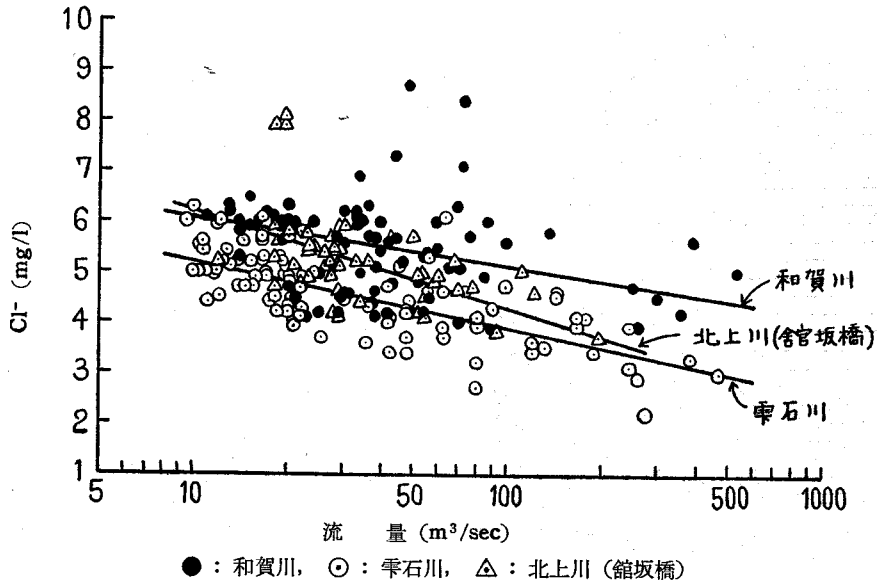
雫石川 : Cl⁻ = -1.3log Q + 6.5

北上川（館坂橋） : Cl⁻ = -1.9log Q + 8.1

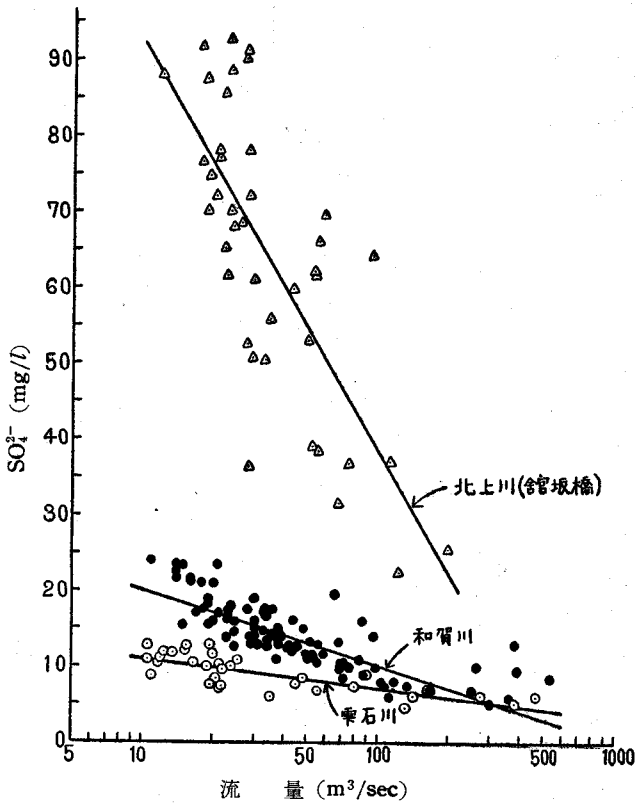
3河川の塩素イオン濃度と流量の対数との関係を示す直線は、図にみるようにほぼ接近して画かれている。上記の関係式から流量が 10 → 100m³/sec と 10 倍に増加すると、和賀川は Cl⁻ が 6.1 → 5.2mg/l に、雫石川は 5.2 → 3.9mg/l に、北上川（館坂橋）は 6.2 → 4.3mg/l に変化し、それぞれ 8 割 5 分、7 割 5 分、7 割に濃度が減少している。

3. 5. 2. : 和賀川、雫石川および北上川（館坂橋）の硫酸イオン濃度と流量との関係

和賀川、雫石川および北上川（館坂橋）の硫酸イオン濃度と流量との関係を第17図に示す。3河川とも流量増加に伴って明らかに硫酸イオンの濃度が減少し、前項の塩素イオンの場合と同様に



● : 和賀川, ○ : 雫石川, △ : 北上川 (館坂橋)
 第16図 和賀川, 雫石川および北上川 (館坂橋) の塩素イオン濃度と流量との関係



● : 和賀川, ○ : 雫石川, △ : 北上川 (館坂橋)
 第17図 和賀川, 雫石川および北上川 (館坂橋) の硫酸イオン濃度と流量との関係

増水時には降雨ならびに雪どけにより希釈されている。硫酸イオン濃度 (SO_4^{2-} (mg/l)) と流量の対数 ($\log Q$) との関係を最小自乗法により求めると次の通りである。

和賀川：
 $SO_4^{2-} = -9.6 \log Q + 29.8$

雫石川：
 $SO_4^{2-} = -4.0 \log Q + 15.1$

北上川(館坂橋)：
 $SO_4^{2-} = -54.3 \log Q + 146.9$

図にみるように、3河川の直線の傾斜は北上川(館坂橋)が大きく、次いで和賀川、雫石川の順となっており、低水時の硫酸イオン濃度の順位と一致している。すなわち、流量が10→100m³/secと10倍に増加すると、北上川(館坂橋)は SO_4^{2-} が93→38mg/lに、和賀川は20→10mg/lに、雫石川は11→7mg/lに変化し、それぞれ4割、5割、6割に減少している。3河川ともに流量増加に伴う硫酸イオン濃度の減少の割合は塩素イオンの場合に比べて大きい。

以上、和賀川の一年間の水質の時間的変動についての調査結果より、河川の流量が和賀川の組成成分および組成成分の流出量を支配していることがわかった。すなわち、塩素イオンおよび硫酸イオンは流量増加に伴なって減少し、塩素イオン濃度および硫酸イオン濃度と流量の対数との間に負の直線関係が成立する。また、塩素イオン流出量および硫酸イオン流出量は流量とはほぼ直線的に比例している。硫酸イオン濃度は、流量増加に伴なう減少の割合が塩素イオンに比べて大きい。したがって、硫酸イオン流出量は流量増加に伴なう増加の割合が塩素イオンの場合に比べて小さくなっている。過マンガン酸カリ消費量は流量増加とともに増加し、一般的に、過マンガン酸カリ消費量と流量の対数との間には正の直線関係が認められる。しかし、融雪期は他の季節の如く増水により急激に過マンガン酸カリ消費量は増加しない。塩素イオン濃度と流量との関係においても、融雪期は他の季節に比べて同一の流量に対する塩素イオン濃度は大きく、興味ある事実が見出された。

また、pHは1年を通して6.0~6.7の範囲を変化するにとどまり、上流で流入をみる湯川の酸性水の和賀川に与えている影響は少ないことがわかった。

最後に、本研究は建設省湯田ダム工事事務所と協同して行なわれたものであり、多大の便宜を与えられた建設省湯田ダム工事事務所長三浦技官および同調査設計課長井沢技官に厚く謝意を表す。また、終始調査に協力された建設省湯田ダム工事事務所材料試験室上石和郎技官に厚く感謝する次第である。