

## 桂川（相模川）水系の多地点通日測定結果

### Ⅱ 水質組成と流下に伴う水質変化および汚濁負荷量

飛田修作 笠井和平  
 沢登春成 鷹野茂夫  
 高橋照美

堤 充紀 小林規矩夫  
 清水源治 長田照子  
 青柳けい子

前報<sup>1)</sup>の通日測定結果に基づいて桂川水系（図1）の水質組成，流下に伴う水質変化および汚濁負荷量について検討した。

### 結果と考察

#### 1. 水質組成について

前報付表1の通日調査の平均値から計算して求めた溶解イオンの当量組成を付表1に示した。ただしNH<sub>4</sub>とNO<sub>2</sub>はカチオン，アニオンそれぞれに占める割合が高々1.72 eq%，0.15 eq%にすぎなかったので，表には掲げなかったが合計には含めた。また同表の右欄にはカチオンとアニオンの当量比，ECのイオン導電率からの計算値<sup>2)</sup>と実測値の比を示したが，これらの比がいずれも1に近いことから分析値は信頼性が高いといえる。

付表1の値から桂川水系のイオンの当量濃度の順位は，カチオンでは3地点（St. 7, 8, D）でNa>MgとなっていたほかはCa>Mg>Na>K>NH<sub>4</sub>であり，アニオンではSt. BでNO<sub>3</sub>=ClとなっていたほかはHCO<sub>3</sub>>SO<sub>4</sub>>Cl>NO<sub>3</sub>>PO<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>の順序であった。特徴として水系全体でHCO<sub>3</sub>が50 eq%以上を占めており，

また本川ではMg>Naとなっている点で富士川<sup>3)</sup>と異なる。一方，重量濃度では，カチオンでSt. Bを除くとMgとNaが入れかわり，アニオンでは4地点（St. 6, 8, C, D）を除いてNO<sub>3</sub>とClとが入れかわる。両イオンとSiO<sub>2</sub>を合せた無機溶存物質の重量濃度ではHCO<sub>3</sub>>SiO<sub>2</sub>, Ca, SO<sub>4</sub>, Na, Mg, NO<sub>3</sub>, Cl>K>PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>の順となった。

地点別の主要イオンのeq%を三角図と菱形図で表わしたのが図2である。カチオンの三角図から13地点のカチオンのeq%組成にほとんど差異がないことが明らかである。アニオンの三角図は，Clのeq%の範囲が狭いが，HCO<sub>3</sub>とSO<sub>4</sub>のeq%の範囲は広いことを示している。両三角図を総合した菱形図では本川のSt. AからSt. 5までほぼ一直線上に並び，流下に伴う変化を読みとることができる。すなわち，桂川では，カチオンのeq%組成がほぼ一定であるのに対し，アニオンではHCO<sub>3</sub>がSt. AからSt. 4まで減少し，一方でCl+SO<sub>4</sub>が増大す

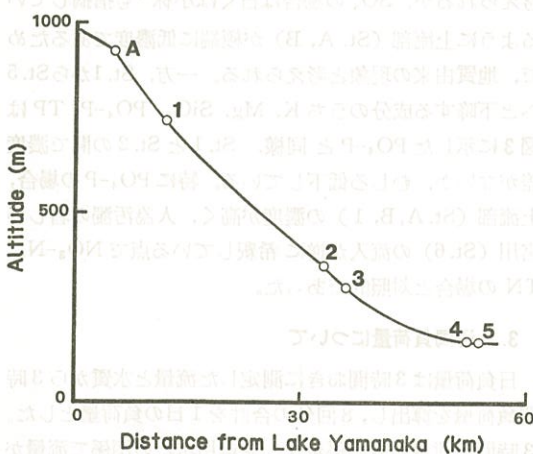


図1 桂川の縦断面図とSt. No.

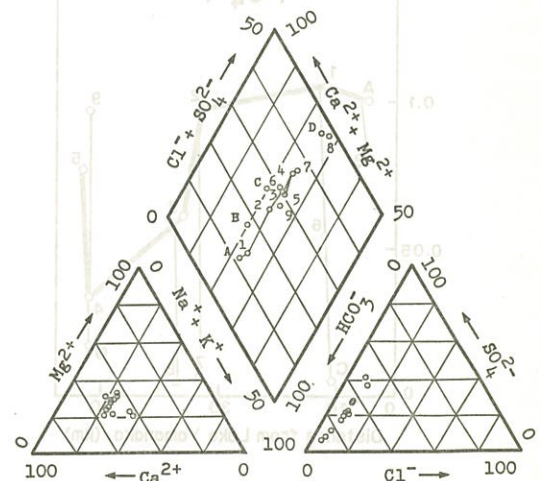


図2 三角図と菱形図表示による地点別イオン組成（菱形図は2倍拡大，図中の数字とA~DはSt. No.）

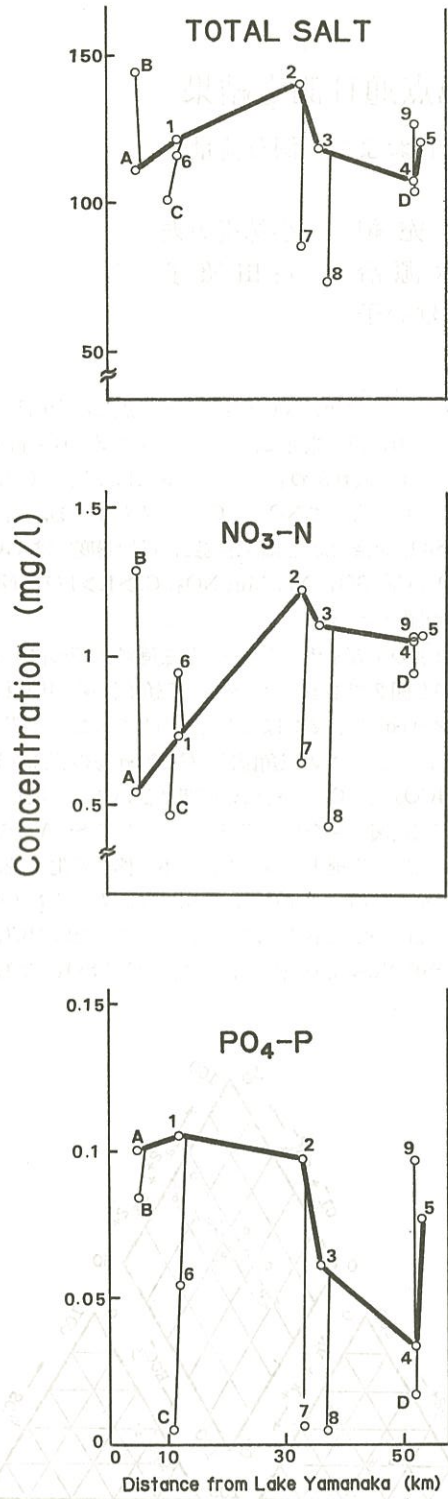


図3 流下に伴う全塩類（カチオン+アニオン+SiO<sub>2</sub>）、NO<sub>3</sub>-N、PO<sub>4</sub>-Pの濃度変化（図中の数字とA~DはSt.No., そのほか本文参照）

るが、その増加分はほとんどSO<sub>4</sub>によっている。下流のSt.4からSt.5への逆向きの変化は、前報で述べた大野貯水池経由の発電用水の大量流入によるもので、その結果St.5のHCO<sub>3</sub>のeq%がSt.3とほぼ同じ値にまで上昇している。支川についてみると、葛野川（St.8）と鶴川（St.D）のHCO<sub>3</sub>のeq%が小さく、代りにSO<sub>4</sub>の割合が高いのが注目される。葛野川と鶴川は分類上アルカリ土類非重炭酸の組成<sup>4)</sup>に近く、富士溶岩地帯の湧水の影響を強く受けている桂川上流部（St.A,1）の組成と著しく異なっている。

2. 流下に伴う水質変化

代表的な項目について桂川の流下に伴う水質変化の様子を流程に対する濃度変化で表わしたのが図3で、支川については本川への流入地点とを細線で結んで示した。全塩類濃度（カチオン+アニオン+SiO<sub>2</sub>）の変化はSt.1からSt.2へと上昇し、発電用水として大量に取水されたあと2支川（St.7,8）の流入で希釈されてSt.4まで下降するが、St.9から流入する発電用水の水量と濃度が本川を上回るため、山梨県流末のSt.5ではSt.1のレベルまで再び上昇している。個々の項目のSt.5での濃度をSt.1の濃度（これを1とする）と比較すると、上昇する成分 Na(1.15), Ca(1.17), NO<sub>3</sub>-N(1.47), TN(1.52), Cl(1.70), SO<sub>4</sub>(2.98)と下降する成分 TOC(0.96), Mg(0.92), HCO<sub>3</sub>(0.86), TP(0.83), SiO<sub>2</sub>(0.82), K(0.79), PO<sub>4</sub>-P(0.73)とに大別できる。このうち濃度が上昇する成分は、流域内で最も人口密度が高く生産活動の活発なSt.1とSt.2の間で一様に上昇しており、なかでも図3に示したNO<sub>3</sub>-NのほかTN,SO<sub>4</sub>の濃度勾配が特に大きい。この間のNO<sub>3</sub>-N, TNの濃度上昇は、富士吉田市街地を貫流する宮川（St.6）の流入をはじめ生活排水などによる人為汚濁が主要な要因と考えられるが、SO<sub>4</sub>の場合は古くは小林<sup>5)</sup>も指摘しているように上流部（St.A, B）が極端に低濃度であるため、地質由来の現象と考えられる。一方、St.1からSt.5へと下降する成分のうちK, Mg, SiO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>-P, TPは図3に示したPO<sub>4</sub>-Pと同様、St.1とSt.2の間で濃度差がないか、むしろ低下している。特にPO<sub>4</sub>-Pの場合、上流部（St.A, B, 1）の濃度が高く、人為汚濁の著しい宮川（St.6）の流入が逆に希釈している点でNO<sub>3</sub>-N, TNの場合と対照的であった。

3. 汚濁負荷量について

日負荷量は3時間おきに測定した流量と水質から3時間負荷量を算出し、8回分の合計を1日の負荷量とした。3時間負荷量の変動係数を、発電用水との関係で流量が大幅に変動するSt.9とSt.5の2地点を除外して残りの

表1 桂川・宮川合流点における日負荷量と内訳

地点	流量*	BOD	COD	TOC	TN	TP	
桂川 (St. 1)	6.55 (39.6)	0.54 (17.4)	0.89 (25.3)	1.52 (33.6)	0.51 (30.0)	0.071 (46.7)	
宮川 (St. 6)	河口湖流出水	6.00 (36.3)	0.57 (18.3)	1.24 (35.2)	1.61 (35.5)	0.34 (20.0)	0.012 (7.9)
	宮川流域	4.00 (24.1)	2.00 (64.3)	1.39 (39.5)	1.40 (30.9)	0.85 (50.0)	0.069 (45.4)
合流点	16.55(100.0)	3.11(100.0)	3.52(100.0)	4.53(100.0)	1.70(100.0)	0.152(100.0)	

\* m<sup>3</sup>/s, ( )内は%

表2 桂川・松留発電用水・鶴川合流点における日負荷量と内訳

地点	流量*	BOD	COD	TOC	TN	TP
桂川 (St. 4)	13.73	3.18 (35.7)	4.32 (35.7)	3.67 (33.6)	1.65 (28.9)	0.092 (20.5)
発電用水 (St. 9)	0~38.20	5.04 (56.5)	7.28 (60.1)	6.37 (58.4)	3.71 (65.0)	0.347 (77.2)
鶴川 (St. D)	3.50	0.70 (7.8)	0.51 (4.2)	0.88 (8.0)	0.34 (6.1)	0.010 (2.3)
合流点	—	8.92(100.0)	12.11(100.0)	10.92(100.0)	5.70(100.0)	0.449(100.0)

\* m<sup>3</sup>/s, ( )内は%

7地点の平均値として求めると、平均変動係数が10%未満と最も小さかったのは NO<sub>3</sub>-N, Ca, Mg, HCO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Na, SO<sub>4</sub>であった。次いで10%台は DTN, Cl, K, PO<sub>4</sub>-P, DTP, 20%台は NO<sub>2</sub>-N, DOC, 30%台は NH<sub>3</sub>-N, TP, BOD, 40%台は TOC, ABS, CODとこの順序で続き、SSは最も大きく70%台であった。このなかでは特に溶存主要8成分の負荷量変動が小さかったこと、また NO<sub>3</sub>-Nの変動が最小であった点が注目される。前報で述べたように DTNに占める NO<sub>3</sub>-Nの割合が大きかったことから DTNの負荷量の変動も比較的小さかった。

次に桂川の上流と下流の日負荷量について解析を試みた。上流の富士吉田市内については St. 1と St. 6の負荷量の合計を桂川と宮川の合流点の負荷量とし、その内訳を表1のように算定した。すなわち、河口湖からの流出水の負荷量は St. Cの水質の平均値と流量(東京電力報告値)から求め、これを St. 6における負荷量から差し引いて宮川流域からの流出負荷量とした。その結果、富士吉田市街地を中心とする宮川流域からの流出量は、桂川と宮川の合流点において流量の寄与が24%であるのに対し、汚濁負荷量の寄与は BODが64%、TOCが31%、

TNが50%、TPが47%と概算された。

桂川の下流では桂川橋(St. 5)から約1km上流の上野原町松留の地点で桂川は大野貯水池経由の発電用水および鶴川と合流する。この地点における日負荷量を表2に示した。鶴川から流入する負荷量は St. Dの水質の平均値と推定流量<sup>9)</sup>から算出した。表中いずれの項目の負荷量も発電用水が本川(St. 4)を上回り、なかでも TN, TPはそれぞれ本川の2.2倍、3.8倍にも達した点が注目される。したがって、下流の相模湖へ流入する N, Pの負荷量を削減するには発電用水の N, Pの濃度を低下させることが必要で、それには取水口での水質ならびに発電用水路における水質変化の検討が重要となる。今回の調査では発電用水の取水口近くでの採水が不可能であったため、その水質を放水口(St. 9)での水質と直接比較して発電用水路における物質収支を論ずることはできない。保存性の良い主要成分、Na, K, Mg, SiO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>-P, Cl, SO<sub>4</sub>の濃度が St. 9と St. 2とでほぼ一致したことから、取水口の水質は TN, TPを含め St. 2(大月橋)の水質に相当すると推定してさしつかえないと思われるが、なお検討を要する。

最後に、桂川の上野原町にあたる桂川橋(St. 5)に

表3 桂川の山梨県流末（桂川橋 St. 5）における日負荷量

(t/日)

調査期間	流量*	BOD	COD	TOC	TN	TP
1983. 11. 24~25	42.2	7.6	10.5	9.7	5.1	0.41
1982. 1~1983. 12	42.7	5.8	8.7	—	6.8	0.60
1980. 1~1981. 12	39.4	4.3	7.8	—	4.7	0.36

\* m<sup>3</sup>/s

における今回の通日調査時の日負荷量を表3に示した。また、比較のために過去の公共用水域水質測定結果<sup>7)</sup>のうち1980年1月から1983年12月までの間で流量と水質が同じ日に測定されたものについて計算した日負荷量の平均値を同表に示した。公共用水域水質測定結果の分については発電水の放水量の変化、放水中断の時間帯などを考慮していないので、いくぶん多目と考えられる。今回の通日調査で桂川橋を通過して相模湖へと送られた1日当りのおよその物質量は、有機炭素10トン、窒素5トン、りん0.4トンであった。

### む す び

桂川水系9地点の同時通日調査により、水質組成、流下に伴う水質変化、汚濁負荷量について次のような結果を得た。

1. 無機溶存物質の重量濃度は  $\text{HCO}_3 > \text{SiO}_2$ 、Ca、 $\text{SO}_4$ 、Na、Mg、 $\text{NO}_3$ 、 $\text{Cl} > \text{K} > \text{PO}_4$ 、 $\text{NH}_4$ 、 $\text{NO}_2$  の順で、カチオンではCaが43~55 eq %、アニオンでは $\text{HCO}_3$ が50~82 eq %を占めていた。
2. 上流から下流へとN濃度が上昇したのに対し、P濃度は下降を示した。上流部でP濃度が高いのは富士溶岩地帯の特徴である。
3. 負荷量の日間変動を小さいものから並べると、 $\text{NO}_3$ -N、Ca、Mg、 $\text{HCO}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、Na、 $\text{SO}_4$ 、DTN、Cl、K、 $\text{PO}_4$ -P、DTP、 $\text{NO}_2$ -N、DOC、 $\text{NH}_3$ -N、TP、

BOD、TOC、ABS、COD、SS の順であった。

4. 下流の県境近くでは、大野貯水池経由で流入する発電用水の流量、N、P濃度が本川を上回り、発電水路からのN、Pの負荷量はそれぞれ本川の2.2倍、3.8倍にも達した。

5. 山梨県流末の桂川橋を通過して相模湖へと送られた物質量は、1日当りおおよそ有機炭素10トン、窒素5トン、りん0.4トンであった。

前報を含め本調査の概要は日本陸水学会甲信越支部第10回大会（1984年12月、上田市）で発表した。また本調査には当研究所の田中 久研究員ならびに山梨県環境公害課、吉田、大月両保健所の多数の職員の御協力を得た。ここに記して感謝します。

### 文 献

- 1) 飛田修作ら：山梨衛公研年報 29, 23~28 (1985)
- 2) APHA-AWWA-WPCF : Standard Methods p.17 (1980)
- 3) 堤 充紀ら：山梨衛公研年報 27, 33~37 (1983)
- 4) 山本荘毅編：陸水 p.49 共立出版 (1968)
- 5) 小林 純：農学研究 43, 1~40 (1955)
- 6) 堤 充紀：山梨衛公研年報 27, 44~47 (1983)
- 7) 山梨県：公共用水域水質測定結果、昭和54~58年各年度

付表1 桂川水系のイオン当量組成

(上段: meq/l, 下段: eq%)

St. No.	地点名	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	全Caチオン*	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	全アニオン*	全Caチオン/ 全アニオン	EC calc./obs.
A	野	0.215 19.16	0.036 3.21	0.477 42.51	0.988 35.03	1.122 100.00	0.923 84.39	0.054 4.97	0.060 5.52	0.039 3.59	0.010 0.92	1.086 100.00	1.03	1.01
1	小見橋	0.253 20.40	0.042 3.39	0.545 43.87	0.400 32.20	1.241 100.00	0.968 82.06	0.065 5.47	0.084 7.15	0.052 4.44	0.010 0.86	1.179 100.00	1.05	1.02
2	大月橋	0.302 20.62	0.038 2.58	0.683 47.29	0.407 27.78	1.465 100.00	1.071 69.39	0.118 7.75	0.240 15.81	0.087 5.72	0.009 0.62	1.527 100.00	0.96	1.03
3	強瀬橋	0.277 21.40	0.034 2.65	0.639 49.27	0.333 25.68	1.296 100.00	0.841 65.47	0.108 8.38	0.250 19.46	0.078 6.11	0.006 0.46	1.284 100.00	1.01	1.04
4	悉聖寺	0.256 21.05	0.030 2.50	0.626 51.54	0.300 24.73	1.215 100.00	0.713 60.60	0.101 8.61	0.283 24.07	0.075 6.37	0.003 0.27	1.176 100.00	1.03	1.05
5	桂川橋	0.291 21.93	0.033 2.50	0.631 47.63	0.367 27.65	1.326 100.00	0.831 64.89	0.110 8.63	0.253 19.78	0.077 5.99	0.007 0.58	1.280 100.00	1.04	1.05
B	新名庄川流末	0.263 16.54	0.059 3.71	0.674 42.39	0.591 37.17	1.590 100.00	1.092 76.63	0.090 6.32	0.144 10.11	0.091 6.39	0.008 0.56	1.425 100.00	1.12	1.08
C	河口湖放水路	0.212 17.86	0.020 1.68	0.598 50.46	0.352 29.65	1.187 100.00	0.844 71.04	0.099 8.33	0.212 17.85	0.032 2.69	0.000 0.00	1.188 100.00	1.00	1.01
6	宮川流末	0.279 20.83	0.027 2.03	0.631 47.10	0.396 29.54	1.340 100.00	0.863 65.71	0.122 9.32	0.255 19.39	0.067 5.12	0.005 0.40	1.313 100.00	1.02	1.08
7	笹子川流末	0.196 20.57	0.034 3.60	0.531 55.68	0.192 20.07	0.954 100.00	0.566 60.88	0.079 8.49	0.238 25.63	0.046 4.92	0.001 0.06	0.930 100.00	1.03	1.05
8	真野川流末	0.192 23.44	0.029 3.50	0.415 50.73	0.181 22.19	0.817 100.00	0.399 49.85	0.062 7.76	0.308 38.55	0.030 3.76	0.001 0.06	0.800 100.00	1.02	1.09
9	松留放水路	0.300 21.96	0.038 2.80	0.609 44.55	0.415 30.34	1.367 100.00	0.903 68.46	0.107 8.12	0.222 16.83	0.076 5.73	0.009 0.70	1.320 100.00	1.04	1.05
D	鶴川流末	0.288 23.02	0.023 1.84	0.669 53.48	0.267 21.34	1.251 100.00	0.620 50.32	0.130 10.55	0.412 33.44	0.067 5.44	0.002 0.16	1.232 100.00	1.02	1.00

\*NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>は共に他のイオンに比べてごく少いが、それぞれCaチオン, アニオンに含めて計算してある。