

諏訪湖流入河川の水質一斉調査

宮原 裕一・石母田 誠・今井 晶子

信州大学山岳科学総合研究所

General investigation of water quality at incurrent rivers in Lake Suwa

Yuichi MIYABARA, Makoto ISHIMOTA, Akiko IMAI

Institute of Mountain Science, Shinshu University

キーワード: 諏訪湖、流入河川、陽イオン、陰イオン

Keywords: Lake Suwa, incurrent river, cation, anion

1. はじめに

諏訪湖には、横河川、砥川、上川、宮川といった主要な河川も含め、計 31 もの流入河川があるとされている。これらの河川は、諏訪湖の流入負荷源として、その水質調査が長年にわたり行われてきている。現在でも、毎月、長野県により主要流入 4 河川の調査が行われ、諏訪市でも年 4 回、千本木川、千貫溝川、柳並川、古川、衣之渡川、中門川、島崎川、上川、船渡川、宮川、鴨池川、武井田川、新川の水質調査が行われている (Fig. 1)。しかし、これらはいずれも栄養塩の調査が主であり、窒素やリン濃度以外の知見は、調査場所・項目とも限られている¹⁾。

先に、我々は諏訪湖の沿岸部で水質調査を行い、湖心と比べ、沿岸部ではその水質変動が激しく、水草が繁茂する地点では、沿岸から流入した溶存化学物質の移動や拡散が抑制されていることを明らかにした²⁾。さらに、水草帯だけでなく、湖内全域を見ても、各種イオンが不均一な分布をしており³⁾、その原因のひとつとして、流入河川の影響が考えられた。

そこで、諏訪湖水質に及ぼす流入河川の影響を明らかにするためには、諏訪湖流入河川の水質特性を知る必要があると考え、本研究では流入河川の一斉調査を行った。ここでは、採取した試料の陽イオンおよび陰イオン濃度から、各河川の特徴を明らかにし、既知の流量データと合わせ、諏訪湖水質に及ぼす各河川の影響の定量化も試みた。

2. 方法

2-1. 試料採取

2007 年 5 月 3 日に、諏訪湖沿岸部にて河川水の採取を行った。また、それらを補うため、2008 年 2 月 19 日に、小口堰、鮎沢川、柳並川、古川(諏訪市) e、f、i 地点で試料を採取した (Fig. 1)。

現場では、ひも付きバケツを用い表層水を採取し、TOA-DKK 社製の pH メーターおよび電気伝導度計を用い、河川水の pH、電気伝導度 (EC) および水温の測定を行った。採取した試料はポリビンに移し実験室に持ち帰った。

2-2. イオン分析

実験室に持ち帰った試料は、GF/C フィルターでろ過し、そのろ液について、陽イオン (ナトリウムイオン、アンモニウムイオン、カリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン) および陰イオン (塩化物イオン、硝酸イオン、硫酸イオン) の分析を行った。両イオン濃度とも、DIONEX 社製のイオンクロマトグラフィー ICS-1500 に、分析カラムとして同社の CS12A または AS12A をそれぞれ接続し、溶離液にメタンスルホン酸、または、炭酸水素ナトリウム溶液を用い、サブレッサ法で測定を行った。

得られたイオン濃度は、それぞれ当量濃度に換算し、陽イオンと陰イオンの当量濃度の差を、炭酸水素イオン濃度とみなして、イオン組成の比較を行った。

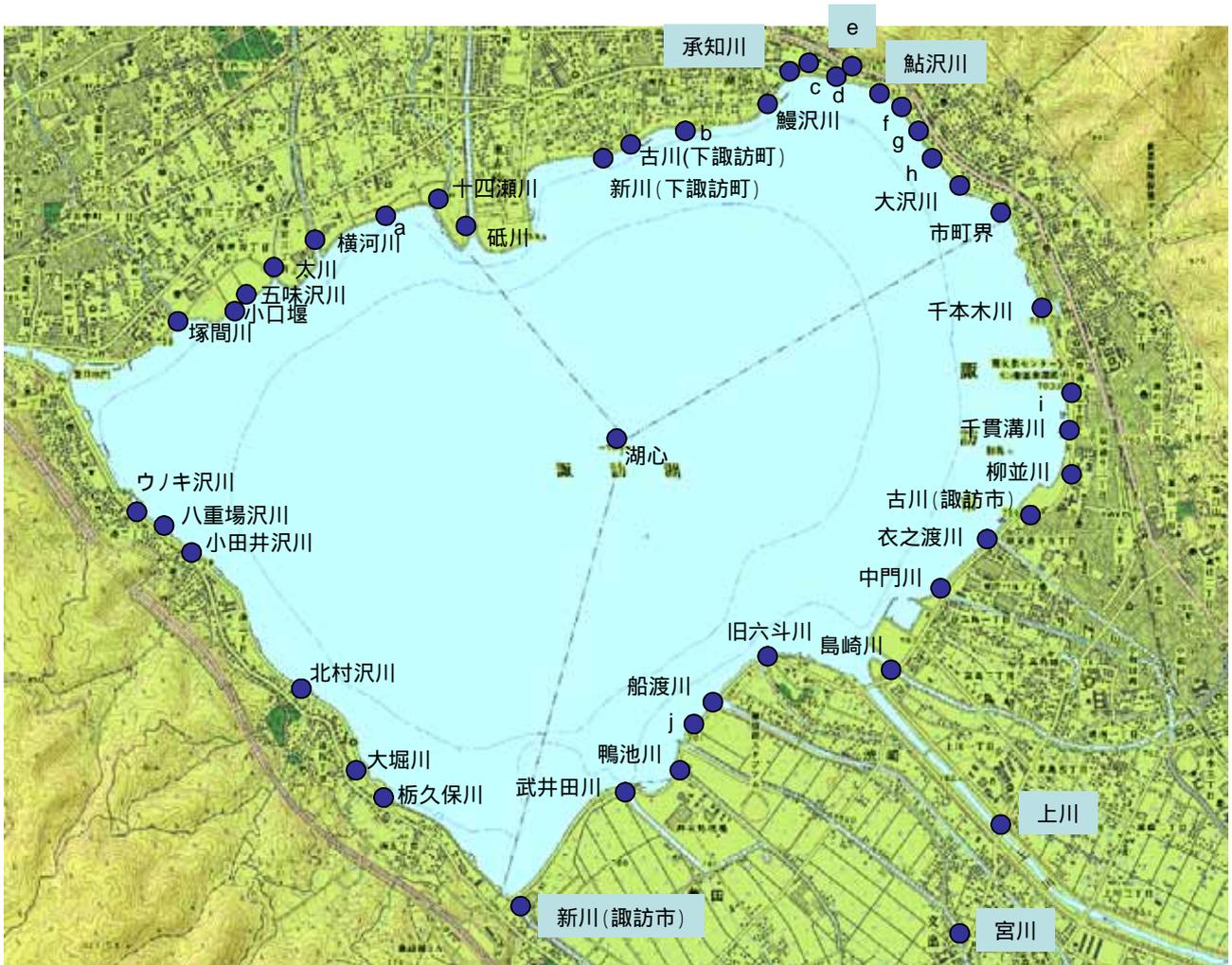


Fig. 1 諏訪湖流入河川一覧

3. 結果

3-1. 陽イオン

諏訪湖には 31 の流入河川があるとされているが、本調査により、人工的な排水溝も含め 44 箇所以上で河川水が諏訪湖に流入していることが確認された。

流入河川の陽イオン濃度を Fig. 2 にまとめて示した。全体的に陽イオン濃度(当量)は、ナトリウムイオン > カルシウムイオン > マグネシウムイオン > カリウムイオンの順であった。特に、ナトリウムイオンは他のイオンと異なり、地点による濃度差が大きく、その変動係数は 97% であった。他のイオンの変動係数は 28 ~ 40% であり、地点間の濃度差は比較的小さかった。

これら流入河川を便宜的に以下の4地域、北(塚間川から承知川、計 13)、東(c から中門川、計 16)、南(島崎川から新川、計 9)、西(栃久保川からウノキ沢川、計 6)に分け、その比較を行った。東から流入する河川は、いずれも流量は少ないが、そのナトリウムイオン濃度は他の地域に比べ高かった。一方、西から流入する小河川では陽

イオン濃度が低かった。また、主要な流入河川である横河川、砥川、上川、宮川では全体的に陽イオン濃度が低かったが、北から流入する、横河川、砥川の濃度が特に低かった。中門川、島崎川、旧六斗川には、上川の水が流入しているが、これら 4 河川のイオン濃度は類似しており、上川の影響が強いことが確認された。

3-2. 陰イオン

流入河川の陰イオン濃度を Fig. 3 にまとめて示した。全体的に陰イオン濃度は、塩化物イオン > 炭酸水素イオン > 硫酸イオン > 硝酸イオンの順であった。特に、塩化物イオンと硝酸イオンは、地点による濃度差が大きく、その変動係数は 90 ~ 104% であった。

東から流入する河川では、その塩化物イオン濃度が、前述のナトリウムイオン同様、他の地域に比べ高く、北や西から流入する河川で濃度が低かった。硫酸イオンは西から流入する河川で低かった。

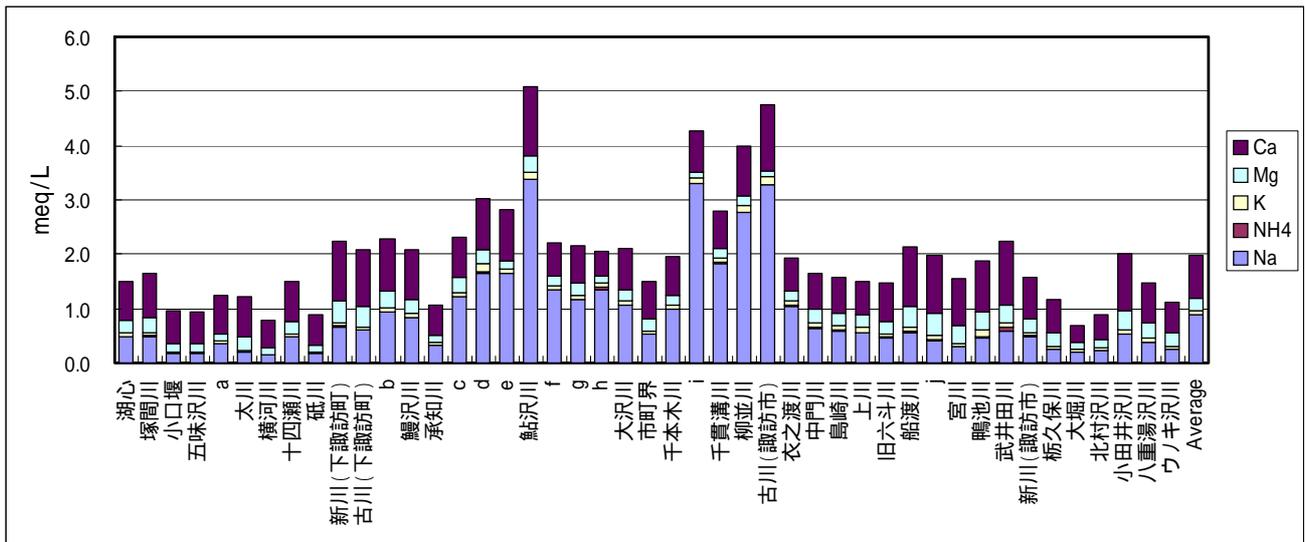


Fig. 2 諏訪湖流入河川の陽イオン濃度

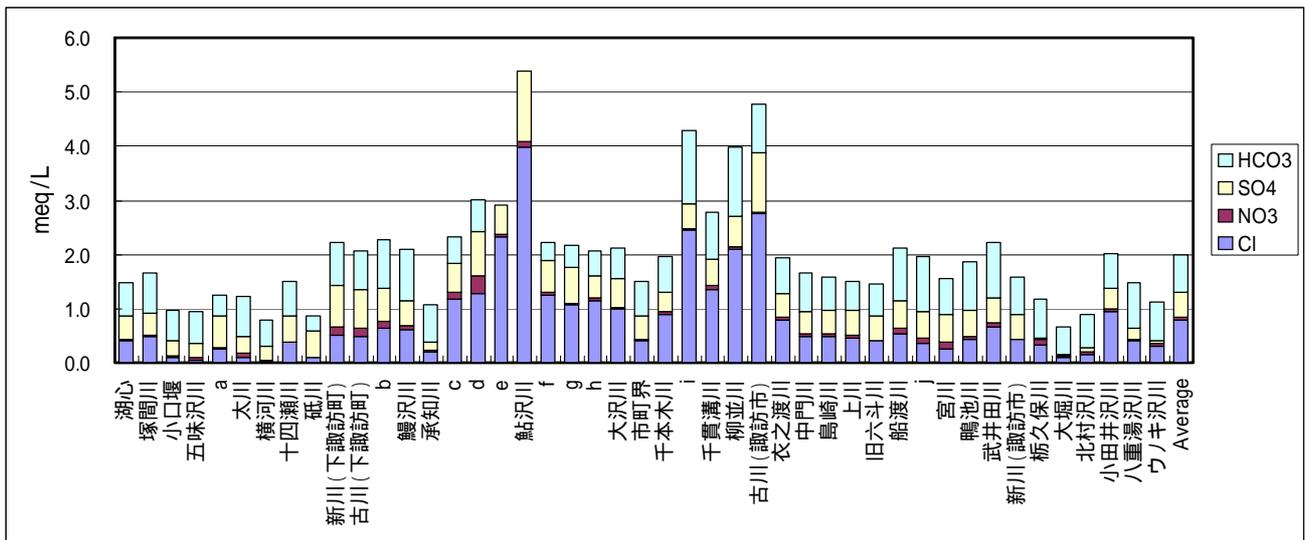


Fig. 3 諏訪湖流入河川の陰イオン濃度

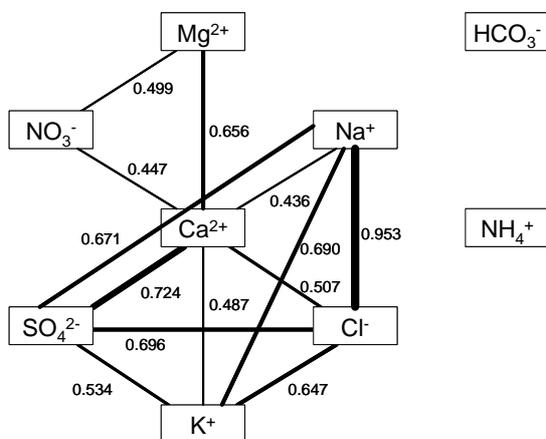


Fig. 4 諏訪湖流入河川のイオン相関図
図中の数値は相関係数

一方、主要な流入4河川のうち、北から流入する、横河川、砥川の陰イオン濃度が低かった。陽イオン同様、中門川、島崎川、旧六斗川には、上川の水が流入しているためか、その水質が類似していた。

各イオンの相関図を Fig. 4 に示した。ナトリウムイオンと塩化物イオンの間には強い正の相関が見られ、両イオンの起源が密接な関係にあることが示された。また、カルシウムイオンと硫酸イオンの間にも比較的強い正の相関が見られたが、それらとともに、ナトリウムイオン、塩化物イオン、カリウムイオンとも正の相関が認められた。アンモニウムイオンや炭酸水素イオンは他のイオンと相関は見られなかった。

4. 考察

本研究では、諏訪湖流入河川のイオン組成を初めて体系的に明らかにした。しかし、いずれも河口部で調査しており、源流部と比べ、その組成は流下の過程で大きく変化している可能性が高く、ここで示したイオン組成の相違は地質を反映したものとは言えない。特に、東から流入する小河川で、陽イオン、陰イオンとも濃度が高く、そのうちナトリウムイオンと塩化物イオンが大きな割合を占めていた。一般に生活排水にはナトリウムイオンと塩化物イオンが多く、天然水には少ないこと、上諏訪地域の温泉にはナトリウムイオンと塩化物イオン濃度が高いことから⁴⁾、これら小河川には、生活排水や温泉排水が大量に混入している可能性が高い (Table 1)。特に、2月にも関わらず、鮎沢川、d、i、柳並川、古川 (諏訪市) では、水温が 10 を超えており、その傾向が強いと言える。昭和 51 年 10 月に撮影された湖の赤外線写真でも⁹⁾、同地域からの温泉排水によって湖沿岸部の水温が高く、下水道の整備された現在でも、これら地域では、河川へ温泉排水が放流され続けていると言える。実際、諏訪湖の調査においても、東側の沿岸近くで湖水中のナトリウムイオンと塩化物イオン濃度が高く³⁾、これら河川の影響が湖水にまで及んでいる可能性がある。

しかし、河川の影響は、各河川のイオン濃度の高低ではなく、その流入量から評価すべきである。そのためには、河川の流量の把握が必須となる。本研究では、過去に矢木ら⁶⁾と長野県⁷⁾により行われた流量調査データを元に、各河川の平均流量を求め (Table 1 参照) 各種イオンの日流入量を見積もった。各イオンの日流入量は、ナトリウム: 18.8 トン、カリウム: 4.6 トン、マグネシウム: 4.7 トン、カルシウム: 22.4 トン、塩化物イオン: 23.5 トン、硝酸イオン 5.8 トン、硫酸イオン: 35.9 トンと見積もられた。なお、流量データのない河川は計算外とした。

上記イオン流入量に対する各河川の寄与率を Fig. 5 に示した。いずれのイオンでも、上川の寄与が最も大きく、全流入量の約 4~6 割を占めていた。次いで、宮川、船渡川、砥川といった比較的流量の大きな河川の寄与が大きい。島崎川、中門川、衣之渡川、古川 (下諏訪町) といった中小河川の寄与も無視できなく、これら河川も諏訪湖水質に何らかの影響を与えていると考えられた。

さらに、諏訪湖と各河川水のイオン濃度の差に、前述の推定流量を乗じ、各河川の影響のイオン濃度に及ぼす影響を数値化した (Fig. 6)。すなわち、流入河

川の、諏訪湖のイオン濃度を上昇または低下させる強さを求めた。湖水のナトリウムイオンと塩化物イオン濃度に及ぼす各河川の影響は類似しており、主要流入河川のうち上川は湖のこれら濃度を上昇させ、他の 3 河川 (宮川、砥川、横河川) は濃度を低下させていると言える。また、船渡川、衣之渡川、古川、柳並川、千貫溝川といった中小河川の影響も決して無視できず、これら河川からの流入により、湖東部沿岸でナトリウムおよび塩化物イオン濃度が高くなっていると考えられた。硝酸イオンは、いずれの河川も湖水より濃度が高く、この時期、湖で硝酸イオンが植物に吸収・同化されていることが示された。硫酸イオンでは、上川に続き、小河川ながら古川 (下諏訪町) が、湖水の濃度を上昇させる効果が強いことが示された。カリウムイオンでは、上川の上昇効果と砥川の低下効果が、マグネシウムイオンでは、砥川の低下効果が目立っていた。カルシウムイオンでは、宮川と船渡川に上昇効果があり、上川と砥川に低下効果があることが示された。

以上の推算により、必ずしも流入量が多い河川が諏訪湖のイオン濃度を上昇させているのではなく、中小河川でも濃度が高ければ湖水に影響を及ぼすことが明らかとなった。また、上川のようにイオン種によっては、上昇または低下効果と、その湖水への影響が異なっていた。つまり、イオン種ごとにその湖内での分布が異なる可能性が示された。また、湖沿岸部では、これら流入河川の影響を強く受けるため、その水質を反映したものとなりやすいと言える。

このように、湖への河川の影響を評価する際には、その濃度だけでなく、流入する化学物質の総量を考慮する必要があると言える。また、本研究では流入河川と諏訪湖の水質と比較することで、その河川の影響を見極めることができた。しかし、諏訪湖および河川とも、そのイオン濃度は一定でなく、変動するため、ここでの上昇または低下といった区分は固定的なものではなく、日々変化するものである。

まとめ

本研究では初めて諏訪湖流入河川のイオン組成を体系的に調査し、濃度と流量を合わせ、諏訪湖への影響を評価した。その結果、各イオンの流入量および各河川の影響を数値化することができた。特に、湖東側の市街地を貫流する中小河川には、本来下水道へ排出すべき生活排水または温泉排水が流入しており、それが諏訪湖水質にも影響していることが強く示唆された。

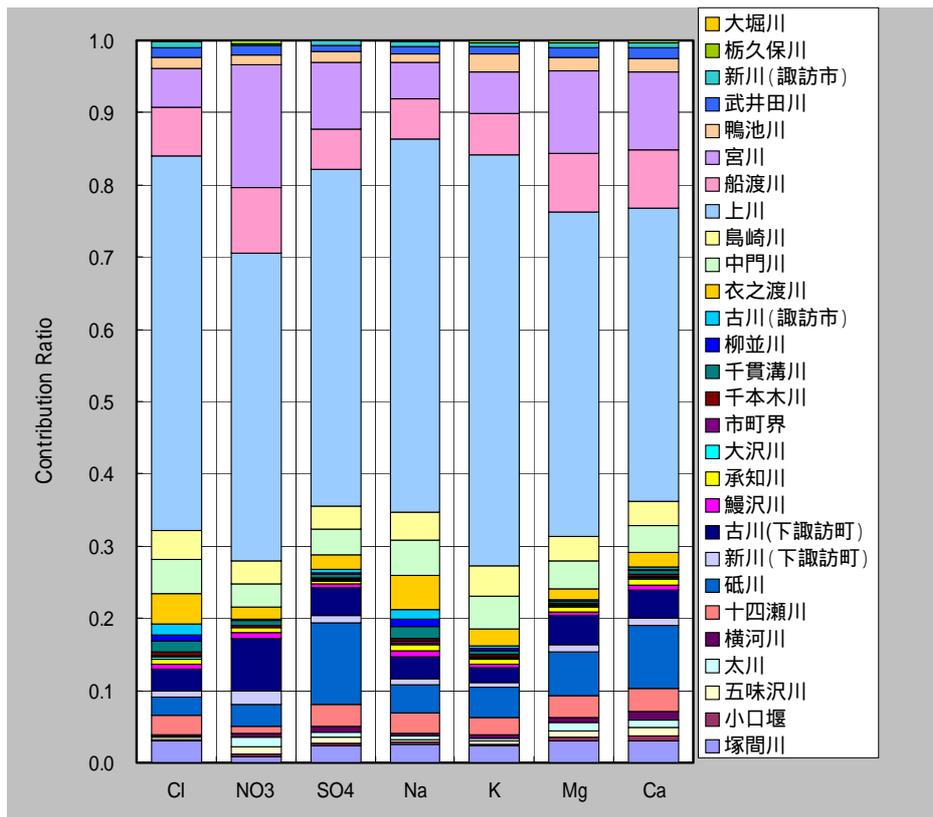


Fig. 5 諏訪湖へのイオン流入量に及ぼす各河川の寄与

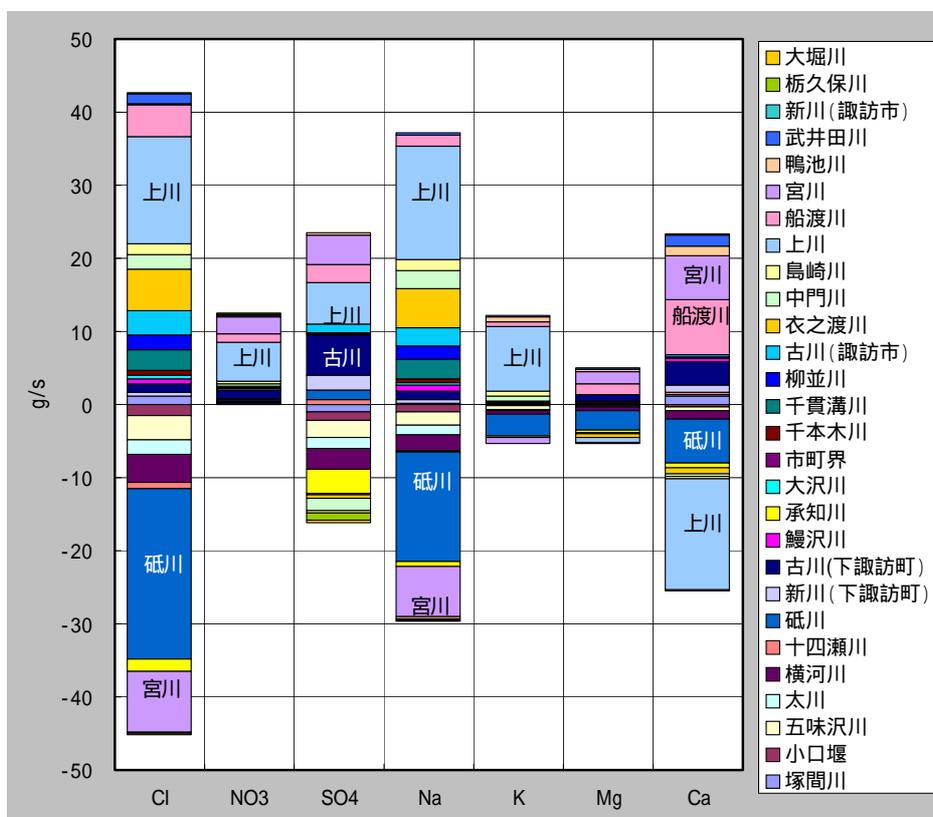


Fig. 6 諏訪湖のイオン濃度に及ぼす流入河川の影響

縦軸：(諏訪湖湖水のイオン濃度 - 河川のイオン濃度) × 河川流量
 + は諏訪湖のイオン濃度を高め、- は濃度を下げる効果を表す。

謝辞

研究を行うにあたり、信州大学山岳科学総合研究所の大学院生や学部生には、試料採取や試料の分析に協力していただきました。関係各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 諏訪教育会 (1982) : 諏訪の自然誌 陸水編, 第 3 章 諏訪の河川, 229-336.
- 2) 宮原裕一、犬塚良平、池中良徳 (2007) : 諏訪湖水草帯における水質の富均一性. 信州大学環境科学年報, 29, 24-28.
- 3) 今井晶子 (2008) : 諏訪湖の水質分布に及ぼす気象の影響. 信州大学理学部物質循環学科卒業論文.
- 4) 諏訪教育会 (1982) : 諏訪の自然誌 陸水編, 第 3 章 諏訪の温泉, 200-213.
- 5) 諏訪教育会 (1982) : 諏訪の自然誌 陸水編, 第 3 章 諏訪湖, 112-113.
- 6) 矢木博、山本満寿夫、丸山泰男、浅野裕三 (1970) : 諏訪湖流入、流出河川および諏訪湖における栄養塩類の研究第 1 報, JIBP-PF 諏訪湖生物群集の生産力に関する研究経過報告, 第 2 号, 163-170.
- 7) 長野県衛生公害研究所 (1982) : 諏訪湖の富栄養化に関する研究, 112-123.

(原稿受付 2008.2.28)

Table 1 諏訪湖流入河川の水質一覧

河川名	流域面積 km ²	流量 m ³ /s	pH	EC μ S/cm	Temp	Cl mg/l	NO ₃ mg-N/l	SO ₄ mg/l	Na mg/l	NH ₄ mg-N/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l
湖心			9.07	130.9	12.6	14.64	0.15	21.81	11.20	0.05	2.46	2.90	13.95
塚間川	9.5	0.489	9.09	170.0	15.4	17.16	0.25	19.77	11.38	0.03	2.49	3.33	16.35
小口堰*	-	0.131	7.80	107.3	2.5	3.28	0.38	13.39	4.15	0.00	0.96	1.89	12.00
五味沢川	-	0.262	8.04	93.0	14.0	2.19	0.63	12.61	3.85	0.01	0.87	2.01	11.55
a*	-	-	7.54	152.0	1.2	8.82	0.28	28.19	8.42	0.00	1.20	1.78	14.18
大川	-	0.187	8.05	123.0	14.6	3.56	1.12	14.03	4.45	0.03	1.12	3.11	14.82
横河川	24.4	0.286	7.89	77.0	10.1	1.09	0.27	11.81	3.26	0.03	0.79	1.49	10.12
十四瀬川	7.3	0.563	9.25	159.0	16.2	13.25	0.23	23.13	10.90	0.02	2.33	2.91	14.44
砥川	59.1	2.071	8.05	97.0	9.2	3.37	0.23	22.45	4.00	0.01	1.08	1.55	11.00
新川(下諏訪町)	-	0.127	7.63	225.0	14.3	17.99	2.08	37.26	15.48	0.04	2.28	4.85	21.96
古川(下諏訪町)	-	0.468	7.68	212.0	14.1	17.06	2.35	33.60	13.95	0.04	2.28	4.54	20.81
b	-	-	7.93	231.0	14.9	22.66	1.94	29.04	21.51	0.00	2.81	3.78	19.37
鯉沢川	-	0.101	7.69	221.0	13.7	21.32	1.34	21.84	19.28	0.11	2.66	3.03	18.45
承知川	7.8	0.222	8.38	119.0	13.6	7.10	0.47	7.02	7.69	0.02	1.84	1.60	11.05
c	-	-	7.92	243.0	15.5	41.41	1.89	25.28	27.97	0.00	3.18	3.26	15.23
d	-	-	7.69	322.0	18.1	45.37	4.70	38.66	38.09	0.21	5.72	3.21	18.78
e*	-	-	8.88	344.0	8.0	82.28	0.84	25.45	38.18	0.00	2.64	1.90	18.86
鮎沢川*	-	-	7.36	591.0	13.2	141.43	1.45	61.58	78.03	0.00	4.13	3.72	25.61
f*	-	-	8.25	266.0	4.6	44.46	0.71	27.49	31.07	0.00	2.97	2.21	12.21
g	-	-	9.14	244.0	16.4	38.38	0.10	32.37	27.07	0.00	2.84	2.60	14.18
h	-	-	8.00	225.0	13.6	40.82	0.68	19.83	31.24	0.50	2.85	1.59	8.97
大沢川	5.5	0.023	8.74	222.0	14.8	35.59	0.36	25.82	24.72	0.00	2.97	2.51	15.26
市町界	-	0.039	9.25	149.0	15.1	14.93	0.15	21.12	12.11	0.02	2.57	2.76	13.67
千本木川	2.0	0.041	7.64	195.0	13.6	31.30	0.79	17.05	22.88	0.08	2.97	2.15	14.24
i*	-	-	8.30	459.0	17.3	86.79	0.24	22.69	76.19	0.00	3.97	1.04	15.59
千貫溝川	-	0.086	7.81	304.0	15.1	48.16	1.14	22.40	42.09	0.17	3.52	1.97	13.93
柳並川*	-	0.034	7.46	437.0	13.9	74.60	0.68	27.04	63.73	0.00	5.06	2.07	18.25
古川(諏訪市)*	-	0.038	7.69	533.0	12.9	97.57	0.41	52.95	75.71	0.00	5.09	1.49	24.42
衣之渡川	0.3	0.415	7.10	181.1	14.7	28.27	0.58	20.66	24.16	0.33	2.98	1.98	12.26
中門川	9.6	0.732	7.31	151.4	14.1	17.55	0.69	19.62	14.63	0.33	3.26	2.85	13.44
島崎川	0.6	0.634	7.35	141.0	12.3	17.02	0.75	21.13	13.50	0.12	3.47	2.81	13.36
上川	252.8	8.636	7.56	164.0	11.1	16.32	0.75	22.47	12.99	0.05	3.48	2.82	12.19
旧六斗川	-	-	8.98	140.1	14.6	14.10	0.20	21.50	10.78	0.04	2.50	2.88	13.92
船渡川	2.8	0.953	7.21	210.0	12.7	19.17	1.43	24.30	12.76	0.34	3.20	4.57	21.80
j	-	-	7.54	173.1	13.2	12.45	1.35	23.56	9.10	0.47	2.37	4.90	21.51
宮川	102.0	1.579	8.29	164.0	13.4	9.35	1.64	24.42	6.89	0.06	1.92	3.91	17.77
鴨池川	0.7	0.254	8.04	168.8	14.1	15.32	0.82	22.82	10.32	0.28	4.99	4.17	18.60
武井田川	2.5	0.167	7.46	203.8	14.7	23.36	1.20	21.69	13.20	0.82	3.27	4.21	23.01
新川(諏訪市)	10.6	0.127	9.03	150.6	15.9	14.99	0.23	21.62	11.29	0.11	2.62	3.10	15.30
振久保川	-	0.048	8.18	113.4	15.5	12.15	1.25	1.50	5.72	0.01	2.36	2.91	12.54
大堀川	-	0.015	8.11	59.0	15.1	3.36	0.54	0.86	4.67	0.02	1.94	1.42	6.08
北村沢川	-	-	8.06	82.1	15.1	5.26	0.78	4.00	5.07	0.02	2.06	1.92	9.34
小田井沢川	-	-	8.15	205.3	17.2	33.54	0.77	18.53	12.40	0.04	3.04	4.06	21.19
八重湯沢川	-	-	8.08	138.5	15.1	14.60	0.45	8.88	8.58	0.12	2.58	3.54	14.93
ウノキ沢川	-	-	8.04	96.7	13.0	11.21	0.62	2.44	5.64	0.00	2.35	2.99	11.46

試料採取は2007年5月3日、*印のみ2008年2月19日

流量は矢木ら(1970)と長野県(1982)の平均値

電気伝導度(EC)は、温度補正なし