ISSN　2760-8697
（長野県諏訪湖環境研究センター研究報告）

長野県諏訪湖環境研究センター
研　究　報　告

第　1　号

2026年

長野県諏訪湖環境研究センター研究報告
第１号（2026）
目　　次

研究ノート

千曲川の出水時におけるマイクロプラスチック流出実態
…… 中山　隆・北原清志・清水健志　1 ～ 6

諏訪湖における底泥酸素消費量SODの時空間変動と底泥溶出ポテンシャル
…… 柳町信吾・宮澤正徳・小平由美子　7 ～ 16

諏訪湖へ流入する宮川流域の栄養塩の流出特性
…… 宮澤正徳・田邊皇子・北野　聡　17 ～ 24

資　　料

諏訪湖畔の水生植物の分布現況
…… 尾関雅章・宮坂真司・筒井裕文・小平由美子・柳生将之・北野　聡　25 ～ 31

報　　告

諏訪湖に流入する上川流域の水質濃度～2006年値と2024年値との比較～
…… 三木誠道・宮澤正徳・小平由美子　33 ～ 37

他誌投稿論文等要旨 …… 39 ～ 41
投稿規程 …… 42
原稿執筆要領 …… 43

Bulletin of Lake Suwa Environmental Research Center
No. 1 (2026)

Contents

Notes

Microplastics outflow during floods in the Chikuma River
Takashi NAKAYAMA, Kiyoshi KITAHARA, Takeyuki SHIMIZU ..... 1 ～ 6

Spatial and Seasonal Variation of Sediment Oxygen Demand (SOD) and Sediment Release Potential in Lake Suwa
Shingo YANAGIMACHI, Masanori MIYAZAWA, Yumiko KODAIRA ..... 7 ～ 16

Spatial and Temporal Variations in Nitrogen and Phosphorus Concentrations and Loads across Miyagawa River Tributaries: A Major Inflow to Lake Suwa
Masanori MIYAZAWA, Kimiko TANABE, Satoshi KITANO ..... 17 ～ 24

Data

Current Distribution of Aquatic Macrophytes around Lake Suwa
Masaaki OZEKI, Shinji MIYASAKA, Hirofumi TSUTSUI, Yumiko KODAIRA, Masayuki YAGYU, Satoshi KITANO ..... 25 ～ 31

Report

Water Concentration of Kamigawa River Drainage in 2024: Comparison of 2006 and 2024 values
Seido MIKI, Masanori MIYAZAWA, Yumiko KODAIRA ..... 33 ～ 37

Abstracts of Papers Published in Other Publications ..... 39 ～ 41
Instructions for Authors 42
Guidelines for Manuscript Preparation 43

千曲川の出水時におけるマイクロプラスチック流出実態

中山　隆[1]・北原清志[2]・清水健志[1]

長野県千曲川において河川の流況変動に伴うマイクロプラスチック（MPs）の流出実態を把握するため，平水時と降雨に伴う出水時に MPs の粒径分布，個数密度，材質，形状，色を調査した．試料採取は千曲市千曲橋において 2023 年の平水時に季節ごと年 4 回，出水時は年 3 回行った．平水時，出水時共に MPs（長径 d：1≦d＜5 mm）が確認され，その平均個数密度は，平水時の 1.28 個/m^3（範囲：0.70 個/m^3～1.99 個/m^3）に対して出水時は 7.49 個/m^3（範囲：2.97 個/m^3～14.76 個/m^3）と 5.9 倍に増加した．出水時の個数密度の変動幅は平水時の変動幅よりも大きく，年間流出量（個数）に対する出水時の寄与率の試算結果は，76%と大きかった．

キーワード： 粒径分布，個数密度，材質

1　はじめに

海洋に流出したプラスチックごみは，船舶航行の障害，漁業や観光への影響，不適切に廃棄された漁網のイルカやウミガメへの巻き付きや海鳥によるプラスチック製品の誤食等さまざまな問題を引き起こしている[1)]．海洋に流出するプラスチックごみは，アジア地域を主とする 20 河川からの流出が世界全体の流出の 67%を占めていると推定されている[2)]．また，日本周辺の東アジア海域で船舶を用いた現地調査を行った結果，浮遊性 MPs 粒子の総数は世界の他の海域で観測される量より 1 桁多いことが報告されている[3)]．

本県は太平洋や日本海に流れ込む河川の上流に位置し，これらの海洋プラスチックごみ問題に対応するため，2019 年度からプラスチックと賢く付き合う「信州プラスチックスマート運動」への取り組みを始めている．このような状況下，県内の河川における MPs の分布実態を明らかにするため，県内の主要河川において MPs 実態調査が実施された[4)～5)]．その結果，多くの地点で MPs が確認され，それら材質は国内生産量が多いポリエチレン（PE），ポリプロピレン（PP），ポリエチレンテレフタレート（PET）が多いことが明らかとなった．しかし，これらの調査のうち河川における調査についてはいずれも 12 月から 1 月にかけての冬季平水時に限られている．一方，季節変動や降雨に伴う流況変化について，工藤ら[6)]は江戸川における MPs 年間輸送量を個数密度から推定し，出水時の寄与率は 73.5%と大きく，ごみの輸送特性と類似していることを報告している．そこで，本稿では，降雨に伴う出水時の MPs 流出実態を把握するため，千曲川中流地点において季節を通じた調査を行い，出水時と平水時の流出実態を比較した．

2　調査地点と方法

試料採取及び分析は，河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン[7)]に基づいて実施した．試料採取地点は，調査実績があり，概ね 0.3 m/s 以上の流速及び 50 ㎝以上の水深が確保できる千曲川の千曲橋（36° 31′ 56″ N, 138° 6′ 40″ E）を選定した．出水時の河川流量及び降水量は，国土交通省の水文水質データベース[8)]を活用した．河川流量は千曲橋から約 200 m 下流に位置する杭瀬下水位観測所（36° 31′ 58″ N, 138° 6′ 43″ E），降水量は千曲橋から約 6 ㎞上流に位置する八王子雨量観測所（36° 29′ 08″ N, 138° 8′ 33″ E）のデータを使用した．

試料採取は，平水時（試料採取日前の 7 日間は比較的晴天が続き水位が安定している状態）は 2023 年 4 月 4 日，7 月 31 日，10 月 18 日，12 月 6 日に，出水時（降雨により水位がピークに達する前の上昇期）は 6 月 22 日，10 月 4 日，11 月 7 日に流域雨量指数[9)]により水位変化を予測して現地にて実施した．

試料は，橋梁からロープを使ってろ水計（General Oceanics Inc., GO-2030R6C 型）を装着したプランクトンネット（（株）離合社製，北原式表面プランク

1　長野県諏訪湖環境研究センター　〒394-0081　岡谷市長地権現町 4-11-51
2　長野県環境部資源循環推進課　〒380-8570　長野市大字南長野字幅下 692-2

トンネット No.5511 - 網地 No.NMG58, 口径 30 cm, 目開き 0.3 mm）を河川流心に全没させ，ろ水量が 10 m^3 以上となるよう採取した．

採取した試料は試験室に持ち帰り，前述の調査ガイドラインに基づいて（詳細については北原ら[5]を参照），プラスチックの個数や材質等を記録した．粒径の測定及び形状，色の判別にはデジタルマイクロスコープ（ライカマイクロシステムズ（株）製，Emspira3）を，プラスチック材質の同定には FT-IR（日本分光（株）製，FT/IR-4X＋ATR PRO ONE VIEW）を用いた．

粒径の測定方法は，漂流マイクロプラスチックのモニタリング手法調和ガイドライン ver.1.2[10] に基づいて測定した．なお，繊維状の MPs の長径は繊維に沿って測定した長さを長径とした．粒子の長径（d）が 1 mm 以上 5 mm 未満（1≦d<5 mm）を分析の対象サイズとして集計し，長径が 1 mm 未満（d<1 mm）の MPs 及び長径が 5 mm 以上（5 mm≦d）のプラスチック粒子(以下メソプラスチックという)は参考値とした．

3 結果及び考察

試料採取記録，個数密度を表 1 に示す．平水時の MPs（1≦d＜5 mm）個数密度は 0.70 個/m^3（10 月）～1.99 個/m^3（4 月）の範囲で，平均値は 1.28 個/m^3 であった．4 月は 10 月に比べ 2.8 倍高かった．10 月の平水時は，環境省が 10 月に実施した信濃川（千曲川）平成大橋の調査結果[11] の 2.79 個/m^3 と比べると，個数密度は 0.25 倍と低かった．出水時の MPs（1≦d＜5 mm）個数密度は，2.97 個/m^3～14.76 個/m^3 の範囲で，平均値は 7.49 個/m^3 であった．11 月は 6 月に比べ 5.0 倍高く，個数密度の変動幅は平水時よりも出水時が大きかった．11 月の出水時の個数密度は全てのサイズ区分で最も高かった．原因としては，11 月の出水時の採取は他の出水時の採取に比べて降雨開始前流量が最も少ない上に試料採取前の 24 時間累積雨量が最も多いことから，降雨の影響を最も強く受けたためと考えられる．なお，出水時の 10 月，11 月は試料採取時にプランクトンネットが目詰まりしたことによりろ水量は 10 m^3 を下回ったが，10 月，11 月のプラスチック粒子は 92 個，114 個と多数確認されているため解析に用いた．

平水時の調査で確認されたプラスチック粒子の個数一覧表を表 2 に示す．平水時 4 回の調査で確認された MPs（1≦d＜5 mm）は 79 個，MPs（d＜1 mm）は 84 個，メソプラスチックは 10 個であった．

出水時の調査で確認されたプラスチック粒子の個数一覧表を表 3 に示す．出水時 3 回の調査で確認された MPs（1≦d＜5 mm）は 135 個，MPs（d＜1 mm）は 156 個，メソプラスチックは 4 個であった．

全てのサイズ区分における平水時と出水時の平均個数密度を図 1 に示す．MPs（1≦d<5 mm）の平均個数密度は，出水時は平水時の 5.9 倍，MPs(d＜ 1 mm）は 7.2 倍，メソプラスチックは 1.1 倍であった．

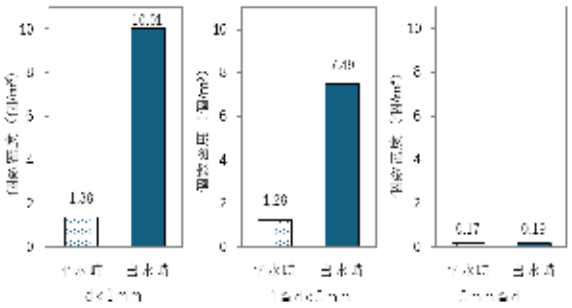


図 1　平水時と出水時の平均個数密度

表 1　試料採取記録，長径(d)ごとの個数密度

調査目的	調査年月日	調査時刻	天候	降水量* (mm)	流量 (m^3/s)	降雨開始前流量 (m^3/s)	流速 (m/s)	ろ水量 (m^3)	個数密度 d＜1 (個/m^3)	個数密度 1≦d＜5 (個/m^3)	個数密度 5≦d (個/m^3)
平水時	2023/4/4	9:45	晴	0	45.11	—	1.01	17.6	1.76	1.99	0.28
平水時	2023/7/31	10:20	晴	0	33.53	—	1.27	13.3	1.13	1.05	0.15
平水時	2023/10/18	9:44	晴	0	41.25	—	1.54	18.7	0.86	0.70	0.00
平水時	2023/12/6	9:50	晴	0	32.32	—	1.31	12.3	1.79	1.38	0.24
出水時	2023/6/22	13:50	雨	13	78.22	54.32	1.56	16.8	2.20	2.97	0.12
出水時	2023/10/4	10:00	曇	17	64.03	38.59	1.15	8.2	6.34	4.75	0.12
出水時	2023/11/7	13:45	曇	25	51.26	33.53	1.23	3.1	21.49	14.76	0.32

*試料採取前の24時間累積雨量

表 2　平水時個数一覧表　（単位：個）

材質	長径(mm)	合計	形状						色										
		個数	破片	膜,ｼｰﾄ状	発泡	円柱,球	繊維状	その他	透明	白	赤	ｵﾚﾝｼﾞ	黄	緑	青	紫	黒	複合	その他
	d＜1	75	64	10	0	0	1	0	6	36	0	0	0	3	7	0	22	0	1
PE	1≦d＜5	40	24	16	0	0	0	0	9	24	0	0	0	1	0	0	6	0	0
	5≦d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	7	3	2	0	1	1	0	1	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0
PP	1≦d＜5	21	3	8	3	0	7	0	3	14	0	0	0	2	0	0	2	0	0
	5≦d	4	0	1	0	0	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	d＜1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PS	1≦d＜5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5≦d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PET	1≦d＜5	14	0	0	0	0	14	0	3	7	0	0	0	0	0	0	4	0	0
	5≦d	5	0	0	0	0	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	d＜1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	1≦d＜5	4	2	1	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	5≦d	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	84	68	12	0	1	3	0	7	42	0	0	0	4	8	0	22	0	1
合計	1≦d＜5	79	29	25	3	0	21	1	15	48	0	0	0	3	1	0	12	0	0
	5≦d	10	0	2	0	0	8	0	2	5	0	0	0	0	0	0	2	1	0

表 3　出水時個数一覧　（単位：個）

材質	長径(mm)	合計	形状						色										
		個数	破片	膜,ｼｰﾄ状	発泡	円柱,球	繊維状	その他	透明	白	赤	ｵﾚﾝｼﾞ	黄	緑	青	紫	黒	複合	その他
	d＜1	118	96	19	1	1	1	0	13	35	0	2	2	9	24	1	27	4	1
PE	1≦d＜5	58	33	16	2	0	7	0	12	23	0	1	0	5	5	0	10	2	0
	5≦d	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	27	16	7	3	0	1	0	7	11	0	0	0	1	0	1	6	1	0
PP	1≦d＜5	48	10	16	0	0	21	1	13	21	1	0	0	4	3	0	5	0	1
	5≦d	2	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PS	1≦d＜5	5	4	0	1	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5≦d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	5	1	0	0	0	3	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1
PET	1≦d＜5	19	2	0	0	0	17	0	3	9	0	0	0	2	0	0	4	1	0
	5≦d	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	d＜1	5	5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	2	0	0
その他	1≦d＜5	5	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
	5≦d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	156	119	26	4	1	5	1	20	50	0	2	2	12	25	2	36	5	2
合計	1≦d＜5	135	53	32	3	0	46	1	30	57	1	1	0	11	8	0	22	4	1
	5≦d	4	1	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0

全てのサイズ区分における平水時と出水時の粒径分布を図 2 に示す. プラスチック粒子数は, 平水時, 出水時共に粒径が小さいほど検出個数が多い傾向が見られた．なお，MPs（d＜0.5 mm）は試料採取時に用いたプランクトンネットの目開きが 0.3 mm のため十分に補捉されておらず過小評価となっている.

全てのサイズ区分における材質別，形状別，色別の個数割合を図 3 に示す．プラスチック粒子の材質別個数割合は，平水時，出水時共に PE，PP，PET が高く, この 3 種類で各サイズ共に 90%以上を占めていた．いずれもプラスチック原材料として多く生産されている材質である[12]．また，材質別個数割合は，粒径が大きくなるほど PE の割合は低下，PP 及び PET の割合は上昇した. 形状別個数割合は，平水時，出水時共に粒径が小さくなるほど破片の割合は上昇した．色別個数割合は，平水時，出水時共に白

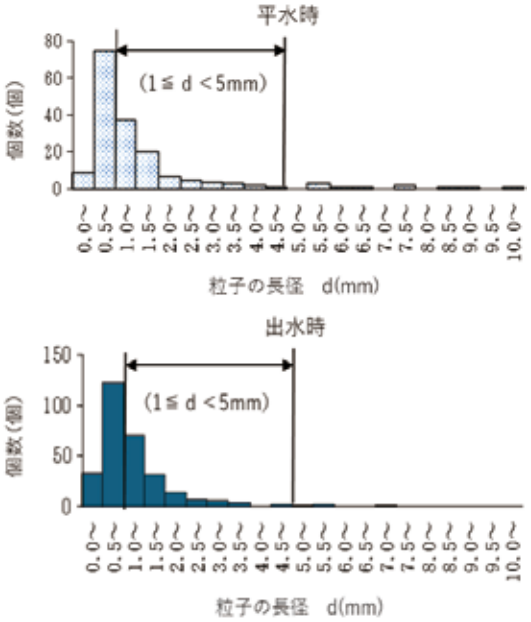


図 2　平水時と出水時の粒径分布

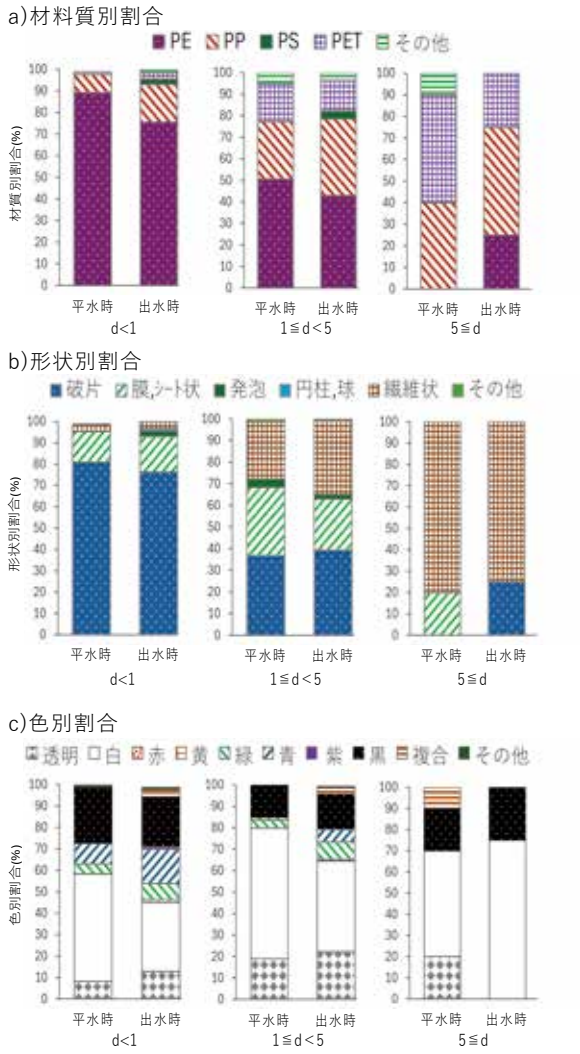


図３　材質別，形状別，色別の個数割合

色，透明，黒色が多く，各サイズ共この３色で 68% 以上を占めていた．出水時は平水時と比べ，多種類の色のプラスチック粒子が確認された．

MPs（1≦d＜5 mm）における平水時と出水時の材質別の粒径分布を図４に示す．材質別の粒径中央値及び粒径分布範囲幅は，平水時，出水時共に PE＜PP＜PET の順であった．

工藤らの報告 [6]を参考に出水時と平水時の年間流出個数から出水時の寄与率を試算した．出水時と平水時の閾値を豊水流量 [13]（川で観測した 365 日分の流量データを，大きい順に並べて，95 番目の流量）とした．なお，2023 年の杭瀬下水位観測所における豊水流量は 51.12 m^3/s [8]であった．ここで，１年間の 95 日を出水時，270 日を平水時と仮定した．試算に当たり，各調査時の全てのサイズ区分の個数密度合計と日流量 [8]を乗じてそれぞれ日流出個数を求めた．次に，出水時(3 回)と平水時(4 回)の日流出個数の平均値を求め，それぞれ 95 日，270 日を乗じた値の和を年間流出個数とした．このうち出水時の流出個数が占める割合から年間流出量（個数）に対する出水時の寄与率を試算した．その結果，年間流出量（個数）に対する出水時の寄与率は 76%と大きかった．工藤ら [6]の報告値 73.5%（個数）と同程度の寄与率であった．

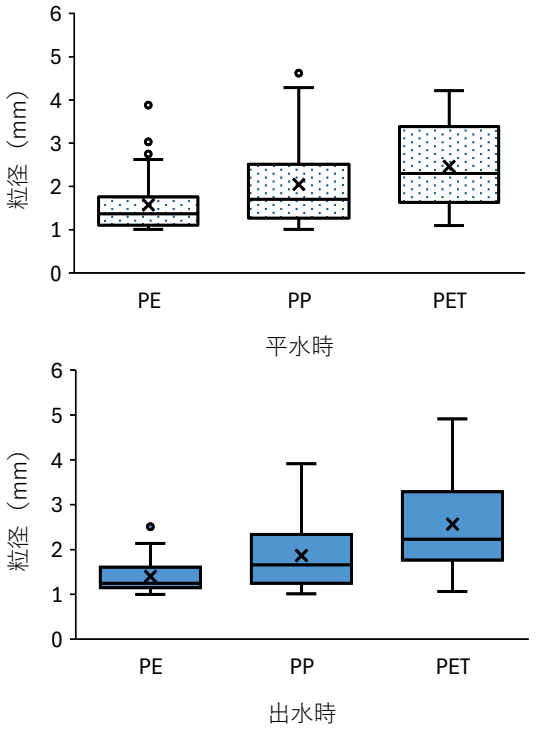


図４　平水時と出水時の材質別粒径分布
（MPs（1≦d<5mm））

４　おわりに

二瓶ら [14]は，洪水時河川の浮遊ごみ輸送量を調査し，洪水規模が大きいほどごみ輸送量は顕著になると報告している．また，藤山ら [15]は，河川におけるプラスチックごみ堆積分布特性と劣化状況を調査し，河岸で長期的に堆積することでプラスチックごみの微細化が進行していることを報告している．今回，千曲川千曲橋において平水時と出水時における MPs の流出実態を調査した結果，年間流出量（個数）に対する出水時の寄与率は 76%と大きいことが示唆された．これらのことから，降雨前の周辺点検，降雨後河岸や湖岸等へ流出したプラスチックごみの微細化前の回収は，淡水域（河川・湖沼）や海洋等

に流出するMPs削減に重要と考えられた．

今後更に河川等における MPs の実態や流出特性を調査し，MPsの発生抑制，流出抑制施策に繋げていく．

文　献

1) Moore, C.J.(2008): Synthetic polymers in the marine environment, a rapidly increasing, long-term threat. Environmental Research, 108: 131-139.
2) Laurent C.M., L., Joost van der Z., Jan-Willem, D., Boyan, S., Anthony, A. and Julia, R. (2017): River plastic emissions to the world's oceans. Nature Communications, 8: 1-10.
3) Isobe, A., Uchida, K., Tokai, T. and Iwasaki, S. (2015): A hot spot of pelagic microplastics. Marine Pollution Bulletin, 101: 618-623.
4) 渡辺哲子・小口文子・安藤景子・中山隆・北原清志・清水健志・吉田富美雄・森下陽平（2022）長野県内の河川・湖沼におけるマイクロプラスチックの予備調査，長野県環境保全研究所研究報告，18：27-33.
5) 北原清志・小口文子・酒井文雄（2024）長野県内の河川におけるマイクロプラスチック実態調査（令和4年度），長野県環境保全研究所研究報告，20：7-15.
6) 工藤巧貴・片岡智哉・二瓶泰雄・北浦郁弥(2018) 平常時・出水時河川のマイクロプラスチック濃度の時間変動特性と年間輸送量評価，土木学会論文集 B1(水工学)，74(4)：529-534.
7) 環境省，河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン（令和5年3月）：https://www.env.go.jp/content/900543325.pdf （2026年2月確認）
8) 国土交通省，水文水質データベース：http://www1.river.go.jp/（2026年2月確認）
9) 気象庁，流域雨量指数：https://www.jma.go.jp/bosai/floodindex/ （2023年6月確認，2023年10月確認，2023年11月確認）
10) 環境省， Guidelines for Harmonizing Ocean Surface Microplastic Monitoring Methods Version 1.2, May 2023：https://www.env.go.jp/content/000170493.pdf（2026年2月確認）
11) 環境省，令和3年度　河川マイクロプラスチック調査結果：https://www.env.go.jp/content/000075084.pdf（2026年2月確認）
12) 日本プラスチック工業連盟，統計資料，年次資料，2025 年プラスチック原材料生産実績：https://www.jpif.gr.jp/statistics/（2026年2月確認）
13) 国土交通省国土技術政策総合研究所，河川用語集，川のことば：https://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/yougo/words/098/098.html (2026年2月確認)
14) 二瓶泰雄・若月宣人（2010）洪水時河川における浮遊ごみ輸送量，土木学会論文集 B，66(1): 19-24.
15) 藤山朋樹・吉田拓司・宮本颯太・村上依里子・岡本洋輔・片岡智哉・二瓶泰雄(2019)河川におけるサイズ別プラスチックごみの堆積分布特性と劣化状況の把握，土木学会論文集 B1(水工学)75(2): I433-I438.

Microplastics outflow during floods in the Chikuma River

Takashi NAKAYAMA[1], Kiyoshi KITAHARA[2], Takeyuki SHIMIZU[1]

1 *Research and Studies Department, Lake Suwa Environmental Research Center, 4-11-51 Gongen-Cho, Osachi, Okaya, Nagano 394-0081, Japan*

2 *Recycling and Waste Management Division, Environment Department, Nagano Prefectural Government, 692-2 Habashita, Minaminagano, Nagano 380-8570, Japan*

Key words： particle size distribution, number density, material

Abstract

In the Chikuma River, Nagano Prefecture, we investigated the particle size distribution, number density, material, shape, and color of microplastics (MPs) during normal flow and floods to clarify the actual outflow of MPs due to changes in flow conditions. Samples were collected at Chikuma Bridge in Chikuma City quarterly during normal flow and three times a year during floods in 2023. MPs (major axis d: $1 \leq d < 5$ mm) were detected during both normal and flood conditions and the number density during normal flow ranged from 0.70 pieces/m^3 to 1.99 pieces/m^3, with an average of 1.28 pieces/m^3. During floods, the range was 2.97 pieces/m^3 to 14.76 pieces/m^3, with an average of 7.49 pieces/m^3. The average value during flooding was 5.9 times that during normal flow. The range of fluctuation in number density during floods was larger than the seasonal fluctuation during normal flow, and the estimated contribution rate to the annual outflow (number) during floods was as high as 76%.

諏訪湖における底泥酸素消費量 SOD の時空間変動と底泥溶出ポテンシャル

柳町信吾[1]・宮澤正徳[1]・小平由美子[1,2]

2021–2022 年に環境基準点 3 カ所を含む諏訪湖内の 4–6 地点で底泥酸素消費量（SOD）の季節変動を測定した．諏訪湖の SOD は 0.6–2.4 g/m²/day の範囲で変動し，春期では 5–6 月に，夏・秋期では 9–10 月に増加することが確認された．地点別では沖域では湖内西部に位置し貧酸素の発生頻度が多い地点（D 地点），沿岸域ではヒシ帯で高い傾向が見られた．SOD の増加要因のひとつとして内部生産由来の懸濁物質の堆積の影響が考えられた．SOD 測定後に一定期間培養した底泥コア直上水の栄養塩類や金属元素濃度から，沖域の地点での嫌気的条件下での底泥からの栄養塩類等の溶出ポテンシャルは，沿岸域の地点より有意に高く，沖域の底泥からの寄与が大きいと考えられた．

キーワード：底質，酸素消費量，栄養塩，底泥溶出

1　はじめに

底層溶存酸素量（以後，底層 DO と記す）が新たな環境基準として 2016 年に設定され[1)]，水域（海域及び湖沼）ごとに基準値が当てはめられた後には，その達成状況を評価していくことになる．底層 DO の変動には，気候変動を含めた気象条件による湖水の物理的な混合と，底層の酸素を消費する因子による影響が考えられる．このため，湖沼環境の状況の変化を踏まえて対策の効果を評価するためには，底層 DO のモニタリングに加え，底泥による酸素消費量（Sediment Oxygen Demand, SOD）の把握が必要である[2)]．SOD は，主として微生物による有機物分解や無機化過程に伴う酸素消費に起因すると考えられており[3)]，湖沼における底層の溶存酸素量を低下させる主要な要因の一つである[4)]．また，SOD は，底泥からの栄養塩類の嫌気的な溶出にも密接に関連し，富栄養化現象に関与する要因と考えられることから[5)]，湖沼環境の状況や健全性を評価するための指標としての活用も期待されている[2),6)]．霜鳥らは[6)]，霞ヶ浦及び琵琶湖で底泥溶出する鉄・リン量と SOD に有意な相関があり，水質にも影響を与えている可能性を示している．

SOD の測定法としては，現場に設置した密閉容器内（隔離水塊）の DO 減少量を測定する現場法や[7)]，採泥した底泥コアを使用して現場に近い条件で酸素消費を測定する方法が報告されている[8),9)]．後者の室内実験法については，環境省水・大気環境局が 2012 年に改定した底質調査方法にも記載された[10)]．底泥コアを培養して SOD を測定する場合は不撹乱底泥コアの使用が推奨されており[8)]，琵琶湖や霞ヶ浦では室内実験法による SOD 測定が試みられている[4),11),12)]．

諏訪湖では 1960 年代以降，富栄養化による水質汚濁が著しく進み，かつてはアオコが毎年発生するような状況であったが，水質保全対策により近年水質が改善傾向にあり[13),14)]，これに伴い底泥ではりん含有量が減少している[15)]．一方，浮葉植物のヒシの大量繁茂や貧酸素水塊の拡大が新たな課題として生じている[16),17)]．そのため 2023 年 3 月に行われた環境基準・底層 DO の水域類型指定は[18)]，こうした近年の諏訪湖の状況を考慮して，沿岸域及び沖域について基準値が当てはめられた．しかし，今後，環境基準の達成状況を評価していく上で有用な指標となる SOD については，これまで調査が行われていない．

本研究では，諏訪湖において，まず，2021 年は SOD の季節変動を沿岸域と沖域を含む湖内 6 地点で把握するため，春（4–6 月），夏（8–9 月），秋（10–11 月）の 3 期に調査を実施した．さらに，2022 年は 6 地点のうちの 4 地点で 4–10 月にかけて経月変動を調査した．また，諏訪湖における SOD と嫌気的な溶出ポテンシャルとの関係を把握するため，SOD 測定後の直上水中の栄養塩類及び金属元素濃度を分析した．

1　長野県諏訪湖環境研究センター　〒394-0081　長野県岡谷市長地権現町 4-11-51
2　現：長野県企業局松塩水道用水管理事務所　〒399-6461　長野県塩尻市大字宗賀字本山 5225-1

表 1　調査地点の概要

地点	緯度	経度	水深(m)※1	底質	水草の有無	区分	調査日								
							2021			2022					
塚間川沖200m	36° 03′ 15.01″	138° 03′ 41.42″	2.8	砂泥質	-	環境基準点	5/11	9/7	11/1	-	-	-	-	-	-
D地点	36° 02′ 44.66″	138° 04′ 28.22″	5.9	泥質	-	DO等連続観測地点[19]	6/1	8/11	10/14	4/12	5/10	6/7	7/5	8/9	9/26	10/18
湖心	36° 02′ 58.01″	138° 04′ 55.06″	5.8	泥質	-	環境基準点	4/27	8/3	10/7	4/26	5/23	6/21	7/25	8/23	9/21	10/25
B地点	36° 03′ 29.72″	138° 05′ 52.36″	4.6	泥質	-	DO等連続観測地点[19]	5/25	8/31	10/19	-	-	-	-	-	-	-
初島西	36° 02′ 53.90″	138° 06′ 18.30″	2.6	砂泥質	クロモ	環境基準点	5/18	8/31	10/26	4/26	5/23	6/21	7/25	8/23	9/26	10/25
ヒシ帯(高浜)	36° 03′ 57.50″	138° 05′ 55.20″	2.2	泥質	ヒシ	ヒシ繁茂(高密度)	6/10	9/16	11/9	4/12	5/10	6/7	7/5	8/9	9/21	10/18

※1　2021年3期の調査時の平均

2　調査方法

調査地点の地図とその概要はおのおの図 1 と表 1 に示す．2021 年の調査地点は，諏訪湖の 3 つの環境基準点（沖域の湖心，沿岸域の塚間川沖 200 m 及び初島西），沖域で底層 DO の連続観測を実施してきた B 地点及び D 地点[19]，沿岸域でヒシが高密度に繁茂する湖内東部（高浜）のヒシ帯の計 6 地点とした（表 1 及び図 1）．2022 年の調査地点は，6 地点のうち，沖域から 2 地点（貧酸素の発生頻度が多い D 地点，湖内を代表する湖心），沿岸域から 2 地点（環境基準点のうち比較的水質の栄養塩類濃度が高い初島西，ヒシ繁茂帯）の計 4 地点とした．調査地点の水深は，沖域 3 地点（B 地点，湖心，D 地点）が 4.6–5.9 m，沿岸域 3 地点（塚間川沖 200 m，初島西，ヒシ帯）が 2.2–2.8 m である．2021 年の 3 期及び 2022 年の各月の調査日は表 1 に示す．

各地点では，湖底直上の DO 濃度を測定するとともに，SOD 測定に用いる底泥試料を採取した．底泥は，荒居らの方法に従い[20]，船上から不攪乱柱状採泥器（HR 型，離合社）を用いてアクリル製の円筒形パイプ（内径 11 cm，高さ 50 cm）に泥厚 15–20 cm 程度となるよう採取した．各調査地点において 6 本（2021 年）又は 4 本（2022 年）の底泥コアを採取した．なお，同地点で複数本の底泥サンプルを採取する場合は，採泥器の投入ポイントを数 m 離し，繰り返し採取による攪乱の影響を受けることがないように配慮した．採取した円筒形パイプは，上部まで直上水が満たされた状態で上下をゴム栓で密閉し，氷冷下で実験室に搬入した．

実験室では地点毎に 5 本（2021 年）又は 3 本（2022 年）の各底泥コアについて個別に SOD を測定した．測定装置の概要を図 2 に示す．測定方法は，底質調査方法に準じ[10]，また入江らと李らを参考とした[8), 21)]．底泥コアの直上水をアスピレーターで排水した後，あらかじめ条件を整えた試験水を底泥が巻き上がらないようサイホンで静かに加え水柱高 25 cm に調整した．試験水には，各地点で採水した底層水（湖底上 20 cm）をガラス繊維濾紙（Whatman GF/B）でろ過し，ばっ気により DO を飽和状態にさせたものを用いた．試験水の表面からの酸素供給を遮断するために，少量の流動パラフィンで水表面を封じ，水柱の半分の高さに設置した撹拌翼で底泥を巻き上げないよう 50 rpm の回転数で撹拌した．底泥コアは，暗条件，20 ℃の恒温槽内に静置し，光学式溶存酸素計（WTW 社，Multi 3510 IDS）を用いて試験水の DO 経時変化を 10 分間隔で計測した．SOD 値には温度が影響すること

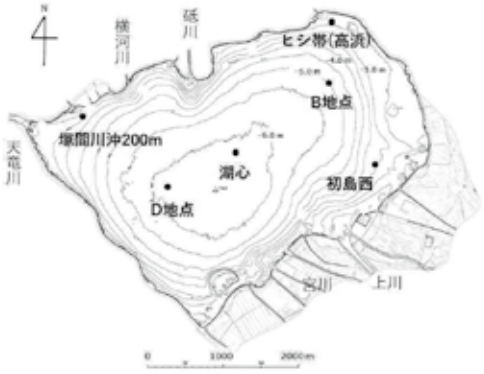
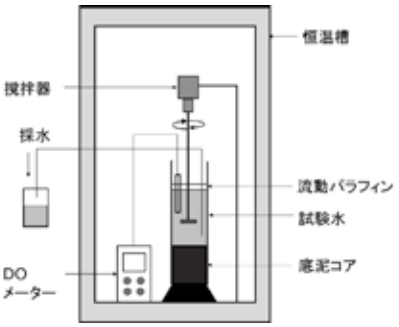


図 1　調査地点図



（水柱高さ 25cm、泥厚 15–20cm、20℃一定）

図 2　実験装置図

が知られている[22),23)]．本調査では，温度影響を除いた底泥の酸素消費ポテンシャルの変動を把握するため，調査時期の現場の底層水の水温の範囲（10–25 ℃程度）にあって標準的な温度である 20 ℃一定とした．また，底泥直上の水の流速が SOD に影響することが報告されているため[24)]，予め底泥が巻き上がらずに試験水が十分混合される条件として，一定の回転数（50 rpm）を定め，その回転数で撹拌した．

SOD は，試験水の DO 濃度が試験開始から直線的に減少する最初の 10 時間程度を対象に[8)]，単位時間・単位表面積当たりの水柱の DO 減少量を算出した．また，同実験条件で試験水のみの DO 経時変化を計測し，その値を差し引いて補正した．

次に，SOD と底泥溶出との関係を解明するため，2022 年の測定では，SOD 算出の 10 時間以降も同条件で DO の計測を継続し，DO<1 mg/L となった時点から嫌気的環境で 6 日経過した後の試験水中の栄養塩類（TP，NH_4-N）及び金属元素（Fe，Mn）の濃度を測定した（参考：霜鳥ら）[6)]．分析方法については，日本工業規格 JIS K0102（2016）に基づき，TP を吸光光度法，NH_4-N をイオンクロマトグラフ法，Fe，Mn を ICP-MS 法で測定した．

各地点で採取した底泥コア 1 本については，直上水を除いて底泥表層 0–2 cm を分画し，遠心分離（3000 rpm, 20 min）した後，上澄水を捨て，残渣を風乾・混合して底泥の TP，TN，強熱減量を測定した．分析については，底質調査方法に基づき[10)]，TP を硝酸硫酸分解―モリブデン青吸光光度法で，TN をケルダール分解―中和滴定法で測定した．

3　結果

2021 年の SOD の測定結果を図 3a に示す．2021 年の各地点，各季節における SOD の値は，0.6–2.4 g/m²/day の範囲で変動した．季節別では春期 1.1–2.4，夏期 0.7–1.4，秋期 0.6–1.3 g/m²/day であり，湖心を除く 5 地点では春期の値が有意に高かった（Welch ANOVA, Holm 補正, $P < 0.05$）．湖心では秋期の値が幾分高い傾向があった．沿岸域の 3 地点，すなわち塚間川沖，初島西，ヒシ帯では春期，夏期，秋期の順に値が低くなったが，沖域の地点では秋期の値が夏期のそれより若干上回る傾向を示した．地点別にみると，沖域 D 地点と沿岸域ヒシ帯の春季が 2.0 g/m²/day 以上の高い値を示した．なお，調査時の現場湖底直上の底層 DO 濃度については，春期及び夏期のヒシ帯で 0 mg/L 付近で無酸素状態であった．

2022 年各月の SOD 測定結果を図 3b に示す．SOD の値は 0.7–1.9 g/m²/day の範囲で変動した．経月変化について，沖域の 2 地点（D 地点，湖心）では春期の 5–6 月に値が高く，その後 7 月に一旦値が低下し，秋期の 9 月又は 10 月に値が高くなった．ただ，D 地点では 8 月にも，一度値が上がった．沿岸域の地点でも，春期の 5 月又は 6 月，秋期の 9 月又は 10 月に値が高かった．現場の底層 DO 濃度は，D 地点と湖心の 7–8 月，ヒシ帯の 8 月に 1 mg/L 以下であった．

春期の 5–6 月に SOD が高くなる傾向は，2021 年と 2022 年の両年に共通して確認された．また，夏期以降 9–10 月に高くなる傾向も，2021 年の沿岸域を除き共通していた．一方，相違点は，沿岸域の初島西で両年 10 月の値に高低差が大きかったことである．なお，ヒシ帯のデータについては，2022 年に値が低くなった 7–8 月に該当するデータが 2021 年にはないため，夏期以降の季節変動についての両年の比較はできなかった．

SOD 測定後の直上水中の栄養塩類及び金属元素濃度を図 4 及び附表 1 に，SOD と直上水濃度の相関を図 5 に示す．TP，NH_4-N，Fe，Mn の濃度は，沖域の地点（D 地点および湖心）の平均値が沿岸域の地点（初島西およびヒシ帯）の平均値より有意に高かった（Welch's t-test, $p < 0.001$）．濃度が高かった沖域の 2 地点では，TP は 5–6 月並びに 10 月に高い傾向を示した．一方，他の 3 成分は TP とは異なる季節パターンを示し，期間を通じて比較的高い値を維持した．NH_4-N は 5–9 月に高い傾向を示し，Fe は 8–9 月，Mn は 7–8 月に高い値を示した．沿岸域の 2 地点では，沖域と概ね同様の季節変動パターンを示したが，TP は初島西，NH_4-N はヒシ帯で異なる傾向を示した．ヒシ帯では TP が 6 月および 10 月にヒシ群落のない初島西より有意に高く（Welch's t-test, $p < 0.05$），逆に NH_4-N が 8–9 月に初島西より低かった（$p < 0.05$）．次に，SOD との相関について（図 5），SOD と培養後の試験水中の Fe 濃度との間には有意な正の相関が見られた（$R = 0.52$, $P < 0.05$）．TP，NH_4-N，Mn 濃度とも正の関係（R=0.33–0.38）が見られた．なお，調

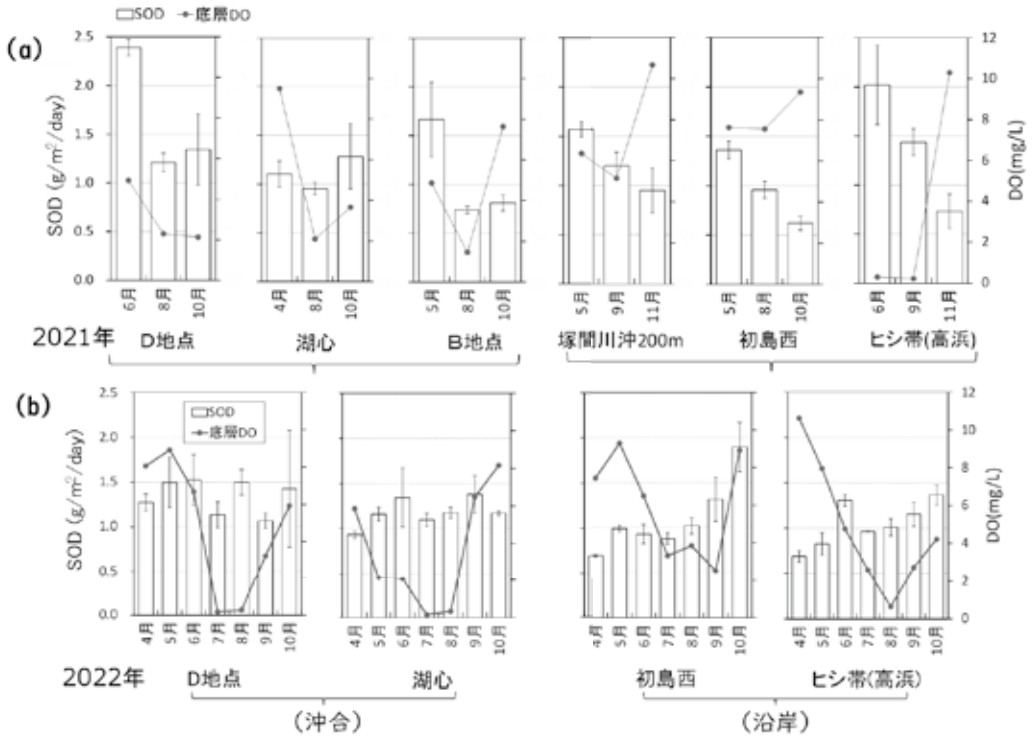


図 3　2021–2022 年 SOD 測定結果(地点別)
(a)上段：2021 年，(b)下段：2022 年．エラーバーは併行試験(n=5 または n=3)の標準偏差を示す．
底層 DO は調査時の湖底直上の値．

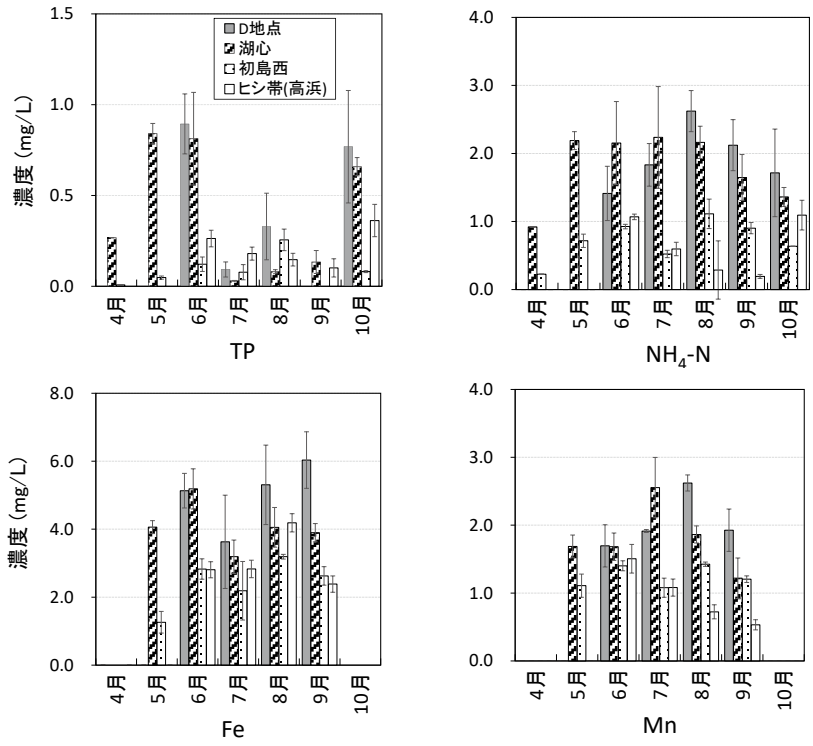


図 4　SOD 測定後の直上水中の栄養塩類等の濃度
エラーバーは併行試験(n=2 または 3)の標準偏差を示す．欠測値は空白で示す．

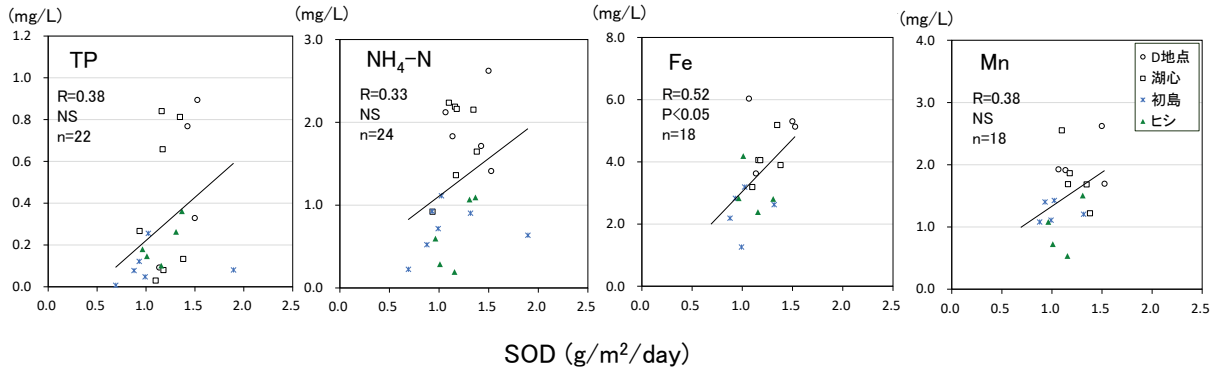


図 5　ＳＯＤと測定後の直上水中の栄養塩類等の濃度との相関
2022 年 4-10 月．各点は併行試験の平均値を示す．

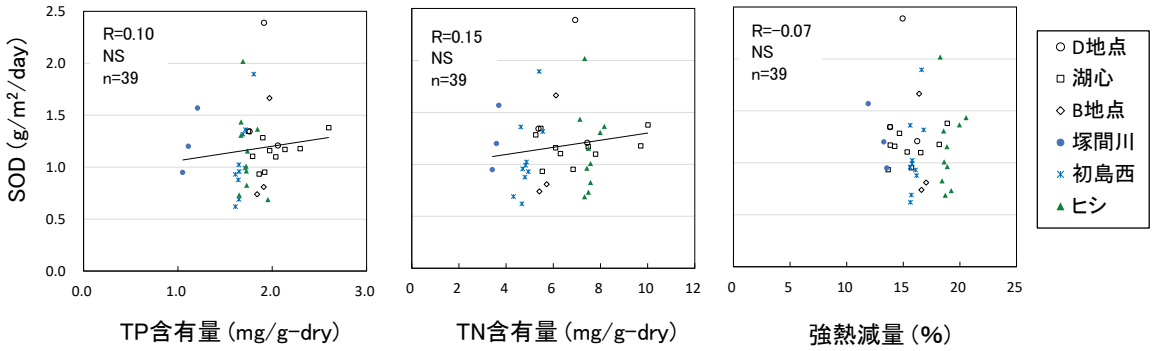


図 6　SOD と底泥性状(表層 0–2 cm)との相関
2021 年春–秋期，2022 年 4–10 月．

査時に採取した底泥コアの直上水の濃度に対して，培養後の試験水中の栄養塩類等の濃度は 10 倍以上高かった．

SOD と底泥の性状との関係について，SOD 調査時に同時に採泥した底泥コアの表層 0–2 cm の TP 含有量，TN 含有量，強熱減量と SOD 値を図 6 及び附表 1 に示す．沖域と沿岸域を比較すると，りん含有量は沖域 3 地点（D 地点，湖心，B 地点）で沿岸域 3 地点（塚間川沖，初島西，ヒシ帯）より有意に高く（Welch's t-test, $p < 0.001$），窒素含有量は沖域及びヒシ帯が他の沿岸域 2 地点より高かった（$p < 0.001$）．強熱減量には明確な傾向が認められなかった．既往研究において底泥の強熱減量と SOD に相関があることが報告されているが [22]，本調査においては SOD と各項目の間に相関は見られなかった．

4　考察

4．1　湖水懸濁物質量と SOD の関係

2021–2022 年の調査結果から，諏訪湖の SOD は，春期の 5–6 月と晩夏から秋期の 9–10 月に値が高く，夏期に低下する傾向が認められた．SOD の季節変動については，既往研究（長崎県大村湾）において夏期に高い傾向が報告されているが [3]，本調査結果では，春期と秋期に SOD が高くなる特徴があった．この結果を，諏訪湖の環境基準点である沖域の湖心と沿岸域の初島西，塚間川沖における湖水のクロロフィル a （Chl.a） 濃度及び懸濁物質量（SS）の月別変動（図 7）と比べると，いずれの年も Chl.a 濃度が大きく増加した月，翌月または翌々月に SOD が高くなる傾向が認められた．この時期の植物プランクトンの優占種は，春期（4–6 月）は両年ともに珪藻類，秋期は 2021 年（10–11 月）が珪藻類，2022 年（9–10 月）が緑藻類であり [25]，春期と秋期に増加したこれら内部生産由来のデトリタスを含む懸濁物質が底泥上に沈降・堆積し SOD を増加させた可能性が示唆された．

環境基準点以外の地点（D 地点，B 地点，ヒシ帯）の内，D 地点と B 地点については，水中の Chl.a 濃度のデータがないが，湖心と初島西の両地点で水中の Chl.a 濃度と SS 濃度に大きな差がないことから

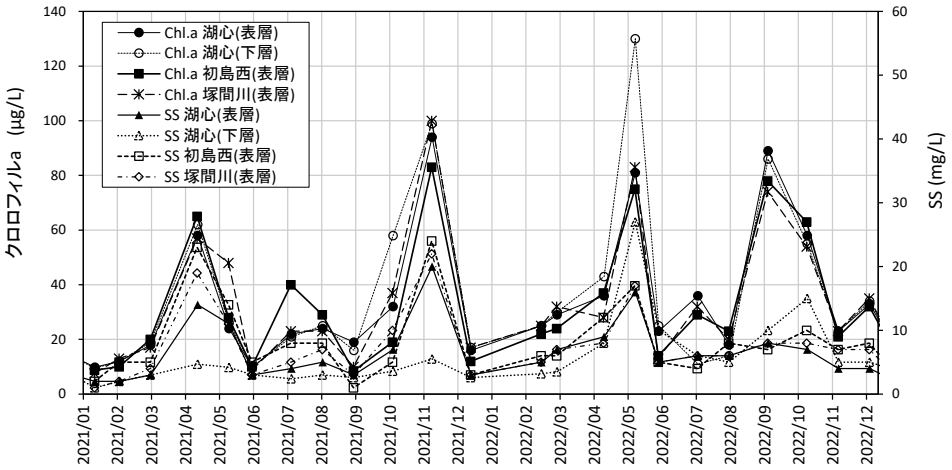


図 7　湖水のクロロフィル a、懸濁物質量(SS)の経月変化
諏訪湖湖心[表層・下層]，初島西[表層]，塚間川沖[表層]，2021-2022 年．
長野県水質常時監視測定結果に基づき作成．

考えて，SOD の変動については同じ要因が当てはまると考えられる．一方，沿岸域のヒシ帯では，水中の懸濁物質の動態が開水面に位置する初島西や塚間川沖とは異なると予想されるので，別の要因を考える必要があろう．

SOD は沿岸域の初島西では 2021 年 10 月は低く 2022 年 10 月は高いと大きな差があった．これは，2021 年の Chl.a 濃度の秋期ピークが 11 月と 2022 年より約 2 ヶ月遅かったことに起因すると考えられた．一方，沖域では 2021 年秋期に Chl.a 濃度が 10 月から上昇したことから，10 月の SOD も夏期より若干増加したと考えられた．

4．2　底泥溶出量と SOD の関係

2022 年のサンプルにおいて SOD 測定後に一定期間培養した底泥コア直上水中の栄養塩類等（TP，NH_4-N，Fe，Mn）の濃度は，調査時に採取した底泥コア直上水の濃度に対して 10 倍以上高く，既往研究（例えば，西尾ら）と同様に [26]，諏訪湖においても嫌気的環境での底泥からの栄養塩溶出ポテンシャルが高いことが示された．

沖域の地点での嫌気的条件下での栄養塩類等の溶出量は，沿岸域の地点より有意に高く，沿岸域の底泥に比べ，沖域の底泥からの寄与が大きいと考えられた．また，TP は 5–6 月および 10 月に，NH_4-N は 5–9 月に溶出量が高いという違いがあった．TP の溶出は底泥の酸化還元状態に強く依存し，底層の貧酸素化に伴う鉄酸化物の還元により間隙水中のりん濃度が上昇する．しかし，成層期（夏期）には底泥から湖水への移行がすでに進んでいたため，採取した底泥コアからの溶出量は低かったと考えられた．一方，成層開始期（春）や解消期（秋）は，酸化還元状態が変化しつつある環境にあり，底泥から湖水への移行が抑制されていた．そのため，貧酸素状態にした際の底泥コアからの溶出量が高くなったと考えられた [27),28)]．NH_4-N は有機物分解により生成され，水温上昇に伴う微生物活性の増加により春–夏期に溶出ポテンシャルが高まると考えられた [29),30)]．Fe，Mn は夏期に高い濃度を示したが，7–8 月の調査時に底層 DO が 1 mg/L 以下であったことから，底泥表層が還元状態となり，間隙水中濃度が上昇し，溶出が促進されたと考えられた．TP とのパターンの違いは，Fe，Mn の拡散速度が遅く，湖水への移行が制限されることに起因すると考えられた [5)]．

沿岸域では，沖域と概ね同様の季節変動パターンを示したが，一部で異なる傾向を示した．ヒシ帯と初島西では，底泥表層のりん含量は同程度（平均 1.7 mg/g）だったが，TP 濃度（溶出量）は 6 月や 10 月にヒシ帯で有意に高かった．両地点では，水生植物の繁茂状態に大きな差異があり [31)]，強熱減量も初島西よりヒシ帯で高かった．繁茂する水生植物の生体や枯死体は底泥中のりんと鉄の共沈物からの嫌気条件下でりんの溶出を促進することが報告されており [32)]，本研究におけるりん溶出量についても，水生植物由来の有機物による影響が考えられる．琵琶湖南湖でもりんの溶出が高かった一因として水生植物による影響が挙げられている [6)]．一方，ヒシ帯では底泥の窒素含有量が高いにもかかわらず，

NH_4-N の溶出ポテンシャルは沖域より低く，8–9 月には初島西よりも低かった．これは，底泥中にヒシ残渣由来の有機態窒素が優占し無機化の進行が緩やかなこと [33), 34)]，さらにヒシによる根からの NH_4-N の吸収といった要因が影響した可能性が考えられる [35)]．

SOD と底泥溶出量との関係について，既往研究では底泥溶出する鉄，りん量と SOD の相関が報告されている [6)]．本研究では SOD と培養後の直上水中の Fe 濃度（溶出量）との間に有意な正の相関が認められたが，TP，NH_4-N，Mn 濃度との相関は弱く有意ではなかった．

4．3　他の湖沼との比較

諏訪湖と他の湖沼を比較するため，諏訪湖，霞ヶ浦，琵琶湖における SOD を表 2 に示す．これらデータは底泥コアを用いた室内実験法による測定値である．本調査における SOD 測定時の培養温度である 20 ℃付近のデータについて比較すると，SOD の値の範囲は，諏訪湖で 0.6–2.4 g/m²/day，霞ヶ浦で 0.7–1.1 g/m²/day，琵琶湖で 0.6–0.7 g/m²/day であり，諏訪湖において他の 2 湖沼より高い値を示した．底泥中の有機物量（強熱減量）や栄養塩類の濃度は，諏訪湖と霞ヶ浦が同程度で，琵琶湖でやや低い [15), 36), 37)]．諏訪湖と霞ヶ浦では，底泥の有機物量（強熱減量）は同程度であるが，SOD には違いが見られる．諏訪湖において SOD が高い要因は今後の検討課題であるが，一つの可能性として，底泥に含まれる内部生産由来の有機物量の違いが挙げられる．既往研究によれば，底泥の C/N 比 7–10 は内部生産された植物プランクトンの堆積を示唆する値とされている [38)]．霞ヶ浦では C/N 比 8–14 が報告されているのに対し [39)]，諏訪湖では沖域で底泥窒素濃度が高く，2018 年の湖心では C/N 比 7（TN 7.5 mg/g，TC 52 mg/g）が観測されている．これらの値から，諏訪湖では堆積する内部生産由来の易分解性有機物の割合が他湖沼より大きい可能性が推察される．

琵琶湖では長期的に SOD が上昇傾向を示し，その要因として底泥中の炭素や窒素含有量の増加，大型種や群体を形成する植物プランクトンの増殖・沈降との関連が指摘されている [4)]．今後，諏訪湖での継続的な調査により長期的な傾向を把握する必要がある．

表 2　ＳＯＤの湖沼間比較

湖沼名	地点	SOD ($g/m^2/day$)	培養温度	測定時期及び地点	出典
諏訪湖	全域	0.62-2.4	20℃	2021.3季 6地点 2022.4-10月 4地点	本研究
霞ヶ浦	西浦	0.76-0.98	25℃	2020.9月 3地点	北村(2023) [12)]
	北浦	0.65-1.1	25℃	2020.7,9月 2021.6,7月 8地点	北村(2023) [12)]
琵琶湖	北湖	0.28-0.40	7℃	2014-2019.4季 今津沖	岡本(2020) [2)]
	南湖	0.56, 0.65	20℃	2018.9月 2019.6月 St.6B	Shimotori(2021) [11)]

謝　辞

本稿の執筆に際し，諏訪湖環境研究センター長高村典子氏には，原稿の添削ならびに内容に関して多大なるご指導を賜りました．また，調査当時には，長野県環境保全研究所水・土壌環境部の研究員の皆様に，サンプリングへのご協力ならびに分析をご担当いただきました．さらに，信州大学工学部 特任教授 小澤秀明氏には，考察に関して有益な議論ならびに貴重なご助言を賜りました．ここに記して，深く感謝申し上げます．

文　献

1）環境省，水質汚濁に係る環境基準についての一部を改正する件の施行について（平成 28 年 3 月 30 日）：https://www.env.go.jp/hourei/add/index.html（2025 年 12 月確認）
2）岡本高弘ほか（2020）底層 DO の環境基準設定とその評価に向けた底泥酸素要求量（SOD）の測定：琵琶湖北湖における事例，地球環境，25(1&2)：87-94
3）Mori,F.et al.(2021)Potential oxygen consumption and community composition of sediment bacteria in a seasonally hypoxic enclosed bay. PeerJ, 9: e11836.
4）Hanes,B.N., Irvine,R.L.(1968) New technique for measuring oxygen uptake rates of benthal systems. J.Water Pollut. Control Fed., 40(2) :223-232
5）Søndergaard, M.et al. (2003)Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes.Hydrobiologia,506-509:135-145
6）霜鳥孝一ほか（2017）湖沼における底泥酸素消費量測定法の開発と湖沼環境評価への応用，水環境学会誌，40(1)：21-29

7) 遠藤徹ほか（2008）貧酸素化した港湾海域における底質の酸素消費特性に関する研究，海岸工学論文集，55：1066-1070
8) 入江政安ほか（2007）都市海浜における底質の非一様性を考慮した酸素消費量の推定，海岸工学論文集，54：1026-1030
9) 遠藤雅実ほか（2010）東京湾における底泥酸素消費と微生物群集構造の関係，土木学会論文集 B2，66(1)：1036-1040
10) 環境省水・大気環境局，（2012）底質調査方法：37-71
11) Shimotori, K.et al.(2021) Development of a new high-throughput and small-size method for measuring sediment oxygen demand in lakes. J. Soils Sediments, 21:1222–1231
12) 北村立実ほか（2023）北浦の貧酸素水塊形成に係る底層水および底泥の酸素消費の影響評価，水環境学会誌，46(4)：93-101
13) 長野県諏訪地域振興局，（2023）諏訪湖創生ビジョン 2023 年 3 月改定：5-6
14) 宮原裕一(2013)諏訪湖定期調査(2007～2011)の結果，信州大学山地水環境教育研究センター研究報告 9：1-214
15) 長野県，令和元年度諏訪湖創生ビジョン推進事業調査結果報告書：147-157
16) 宮原裕一ほか (2007) 諏訪湖水草帯における水質の不均一性, 信州大学環境科学年報, 29:24-28
17) 木村昌嗣ほか（2015）現地観測に基づく諏訪湖における貧酸素水塊の時空間特性の分析，土木学会論文集 B1，71(4)：I_769-I_774
18) 長野県，諏訪湖における底層溶存酸素量の類型指定について：https://www.pref.nagano. lg.jp/mizutaiki/teisoudoruikeisitei.html（2025 年 12 月確認）
19) 長野県，令和 3 年度諏訪湖創生ビジョン推進事業調査結果報告書：1-13
20) 荒居博之ほか (2017) 湖沼における底質コア採取に係る評価方法：福島原発事故起源の放射性セシウムを指標として,陸水学雑誌,78：67-74
21) 李洪源・松永信博 (2010) 諫早湾底泥の酸素消費速度，土木学会論文集 B，66(4)：335-343
22) 細井由彦ほか (1992) 底泥による酸素消費に関する研究，土木学会論文集，456(Ⅱ-21)：83-92
23) de Klein,J.J.M.et al.(2017)Effect of Temperature on Oxygen Profiles and Denitrification Rates in Freshwater Sediments,Wetlands,37(5):975–983
24) Mackenthun,A.A., Stefan,H.G.(1995)Effect of Flow Velocity on Sediment Oxygen Demand: Experimental Results. St. Anthony Falls Lab Rep. No. 371
25) 長野県諏訪湖環境研究センター，プランクトン調査：https://www.lserc.pref.nagano.lg.jp/watercreature-index/（2025 年 12 月確認）
26) 西尾孝之・新矢将尚（2010）大阪港湾域における底泥からの汚濁発生源除去効果からみた航路浚渫の評価，日本水産学会誌，76(5)：886-893
27) Smith, L.et al.(2011)Relating sediment phosphorus mobility to seasonal and diel redox fluctuations at the sediment–water interface in a eutrophic freshwater lake. Limnology and Oceanography, 56(6):2251–2264.
28) Huang,W.et al.(2018)Seasonal characteristics of phosphorus sorption by sediments from plain lakes with different trophic statuses. R. Soc. Open Sci., 5(8):172237.
29) Shinohara,R.et al.(2021)Warming of water temperature in spring and nutrient release from sediment in a shallow eutrophic lake. J. Water Clim. Change, 12(7):3187–3199.
30) Leoni,B.et al.(2018)Ammonium transformation in 14 lakes along a trophic gradient. Water, 10(3):265.
31) 長野県，令和 4 年度諏訪湖創生ビジョン推進事業調査結果報告書：57-58
32) Lovley, D.R., Phillips, E.J.P. (1986)Organic matter mineralization with reduction of ferric iron in anaerobic sediments. Appl. Environ. Microbiol., 51(4):683-689
33) Zhu,M.et al.(2015)The influence of macrophytes on sediment resuspension and the effect of associated nutrients in a shallow and large lake. PLOS ONE, 10(6):e0127915
34) Han,C.et al.(2023) Differences in carbon and nitrogen migration and transformation driven by cyanobacteria and macrophyte activities in Taihu Lake. Int.J.Environ.Res.Public Health, 20:371

35) Huangfu,S.et al.(2023)Removal of ammonia nitrogen from black and odorous water by macrophytes based on laboratory microcosm experiments. RSC Adv., 13:3173–3180.
36) 国土交通省関東地方整備局，霞ヶ浦の底質調査データ：https://www.ktr.mlit.go.jp/kasumi/kasumi00146.html（2025 年 12 月確認）
37) 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター，琵琶湖底質調査報告書(平成 23～平成 25 年度)：3-4
38) Sampei, Y., Matsumoto, E. (2001)C/N ratios in a sediment core from Nakaumi Lagoon, southwest Japan-Usefulness as an organic source indicator-. Geochem.J.,35(3):189–205.
39) 北村立実ほか (2018) 霞ヶ浦底泥における脱窒速度の水平・垂直分布と窒素除去量の推計，水環境学会誌，41(6):213–221

Spatial and Seasonal Variation of Sediment Oxygen Demand (SOD) and Sediment Release Potential in Lake Suwa

Shingo YANAGIMACHI[1], Masanori MIYAZAWA[1], Yumiko KODAIRA[1,2]

1 Nagano Prefecture Lake Suwa Environmental Research Center, 4-11-51, Gongen-Cho, Osachi, Okaya, Nagano 394-0081 Japan
2 Present address: Nagano Prefecture Shoen Water Supply Management Office, 5255-1 Motoyama, Soga, Shiojiri, Nagano 399-6461, Japan

Key words：　sediment, oxygen demand, nutrient, release from sediments

附表 1　SOD 測定後の直上水分析結果，SOD 調査時の底質分析結果

調査年	地点	調査月	SOD※	直上水※				底質		
			($g/m^2/day$)	TP	NH_4-N	Fe	Mn	TP	TN	IL
				(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/g-dry)	(mg/g-dry)	(%)
2021	D地点	6月	2.39±0.08 (5)	-	-	-	-	1.9	6.9	15
		8月	1.21±0.10 (5)	-	-	-	-	2.1	7.4	16
		10月	1.34±0.36 (5)	-	-	-	-	1.8	5.4	14
	湖心	4月	1.10±0.13 (5)	-	-	-	-	1.8	6.3	15
		8月	0.95±0.06 (5)	-	-	-	-	1.9	6.8	16
		10月	1.28±0.33 (5)	-	-	-	-	1.9	5.3	15
	B地点	5月	1.66±0.38 (5)	-	-	-	-	2.0	6.1	16
		8月	0.74±0.04 (3)	-	-	-	-	1.8	5.4	17
		10月	0.81±0.08 (5)	-	-	-	-	1.9	5.7	17
	塚間川沖200m	5月	1.57±0.08 (5)	-	-	-	-	1.2	3.7	12
		9月	1.20±0.13 (5)	-	-	-	-	1.1	3.6	13
		11月	0.95±0.23 (5)	-	-	-	-	1.1	3.4	14
	初島西	5月	1.36±0.09 (5)	-	-	-	-	1.7	4.6	16
		8月	0.96±0.08 (3)	-	-	-	-	1.7	4.7	16
		10月	0.62±0.07 (5)	-	-	-	-	1.6	4.7	16
	ヒシ帯(高浜)	6月	2.02±0.40 (5)	-	-	-	-	1.7	7.3	18
		9月	1.44±0.14 (5)	-	-	-	-	1.7	7.1	21
		11月	0.73±0.17 (5)	-	-	-	-	1.7	7.5	19
2022	D地点	4月	1.27±0.09 (3)	-	-	-	-	-	-	-
		5月	1.52±0.28 (3)	-	-	-	-	-	-	-
		6月	1.55±0.28 (3)	0.89±0.17 (3)	1.41±0.40 (3)	5.13±0.51 (3)	1.70±0.31 (3)	-	-	-
		7月	1.15±0.14 (3)	0.09±0.04 (3)	1.83±0.31 (3)	3.63±1.37 (3)	1.91±0.02 (3)	-	-	-
		8月	1.51±0.14 (3)	0.33±0.18 (3)	2.62±0.30 (3)	5.31±1.17 (3)	2.62±0.12 (3)	-	-	-
		9月	1.08±0.08 (3)	-	2.12±0.38 (3)	6.03±0.83 (3)	1.93±0.31 (3)	-	-	-
		10月	1.44±0.65 (3)	0.77±0.31 (3)	1.71±0.64 (3)	-	-	-	-	-
	湖心	4月	0.93±0.04 (3)	0.27 (1)	0.92 (1)	-	-	1.9	5.5	14
		5月	1.15±0.08 (3)	0.84±0.06 (3)	2.19±0.13 (3)	4.06±0.19 (3)	1.69±0.17 (3)	2.0	6.1	14
		6月	1.34±0.33 (3)	0.81±0.25 (3)	2.15±0.61 (3)	5.19±0.59 (3)	1.68±0.20 (3)	1.7	5.5	14
		7月	1.11±0.07 (3)	0.03±0.00 (2)	2.24±0.75 (2)	3.19±0.49 (2)	2.55±0.45 (2)	2.0	7.8	17
		8月	1.18±0.06 (3)	0.08±0.01 (3)	2.16±0.24 (3)	4.06±0.58 (3)	1.86±0.13 (3)	2.3	9.7	18
		9月	1.38±0.21 (3)	0.13±0.06 (3)	1.65±0.34 (3)	3.90±0.27 (3)	1.22±0.30 (3)	2.6	10.0	19
		10月	1.17±0.03 (3)	0.66±0.05 (3)	1.36±0.14 (3)	-	-	2.1	7.5	14
	初島西	4月	0.69±0.01 (3)	0.01 (1)	0.22 (1)	-	-	1.6	4.3	16
		5月	0.99±0.04 (3)	0.05±0.01 (3)	0.72±0.10 (3)	1.26±0.32 (3)	1.11±0.17 (3)	1.7	4.8	16
		6月	0.95±0.11 (3)	0.12±0.04 (3)	0.93±0.03 (3)	2.83±0.30 (3)	1.40±0.07 (3)	1.6	4.9	16
		7月	0.88±0.07 (3)	0.08±0.04 (2)	0.52±0.05 (2)	2.19±0.86 (2)	1.08±0.14 (2)	1.6	4.8	16
		8月	1.02±0.09 (3)	0.26±0.06 (3)	1.11±0.22 (3)	3.19±0.07 (3)	1.43±0.03 (3)	1.6	4.9	16
		9月	1.32±0.24 (3)	-	0.90±0.08 (3)	2.62±0.27 (3)	1.20±0.05 (3)	1.7	5.5	17
		10月	1.90±0.27 (3)	0.08±0.01 (3)	0.64±0.00 (3)	-	-	1.8	5.4	17
	ヒシ帯(高浜)	4月	0.69±0.06 (3)	-	-	-	-	2.0	7.3	19
		5月	0.84±0.12 (3)	-	-	-	-	1.7	7.6	18
		6月	1.34±0.06 (3)	0.26±0.05 (3)	1.07±0.04 (3)	2.81±0.24 (3)	1.51±0.21 (3)	1.7	8.0	19
		7月	0.97±0.01 (3)	0.18±0.04 (3)	0.60±0.10 (3)	2.83±0.26 (3)	1.08±0.13 (3)	1.7	7.4	19
		8月	1.02±0.09 (3)	0.15±0.03 (3)	0.29±0.43 (3)	4.19±0.27 (3)	0.72±0.10 (3)	1.7	7.6	19
		9月	1.17±0.13 (3)	0.10±0.05 (3)	0.19±0.03 (3)	2.39±0.24 (3)	0.53±0.07 (3)	1.7	7.5	19
		10月	1.38±0.11 (3)	0.36±0.09 (3)	1.09±0.22 (3)	-	-	1.8	8.2	20

※平均値±SD（括弧内はサンプル数）を示す

諏訪湖へ流入する宮川流域の栄養塩の流出特性

宮澤正徳[1]・田邊皇子[1,2]・北野　聡[1]

諏訪湖の主要流入河川である宮川の支流群について，全窒素・全リン濃度の平常時・降雨時の変化を調査した．支流によって全窒素・全リンの濃度に違いがみられ，流域内の畑地面積の割合が多い支流は全窒素・全リンの濃度が高くなることが明らかとなった．降雨時には畑地や水田を含む農耕地からの全リンの流出が多かった．

キーワード：全窒素，全リン，降雨時，農耕地，土地利用

1　はじめに

湖沼の富栄養化を解消する対策の検討には，流域からの汚濁負荷の流入状況を把握することが重要であり，これまで日本各地の富栄養湖では数多くの流入実態調査が行われてきている[1)~3)]．

諏訪湖は，1960 年代後半からアオコ等の植物プランクトンの大量増殖が問題となっていた[4)]．そのため，長野県では 1987 年度から湖沼水質保全計画を策定し，諏訪湖内の栄養塩等（窒素，リン，COD）の濃度を低下させるための各種対策を講じてきた．さらに，2007 年度に策定した第 5 期湖沼水質保全計画からは，諏訪湖に流入する汚濁負荷量の 7～8 割を占めていると推測されている上川・宮川流域を「流出水対策地区」に指定し，汚濁負荷の発生抑制と諏訪湖への流入抑制を行ってきた[5)]．

一般的に農耕地（畑地）からの肥料成分の流出により河川水質の窒素濃度が高くなることが多い[6)]．河川の水質定期観測データ[7),8)]によると，全窒素濃度の年平均値は 1989 年から 2022 年においては宮川が上川よりも 3 倍程度高い．そこで，本調査では，全窒素濃度の高い宮川の支流群について，水質特性と土地利用の関係について検討を行った．

2　方法

2．1　調査地の概要

宮川は、八ヶ岳連峰南西部に源を持つ矢ノ口川，阿久川，大早川，前沢川，弓張川や，入笠山から流出する大沢川などが合流して，諏訪湖の南岸に流入する流域面積約 100 km^2 の河川である．入笠山側からの河川の水質は人為的な影響は少ないが，多くの支流が八ヶ岳南麓に広がる農耕地を貫流するため，農業排水の影響の大きい河川とされる[9)]．調査をおこなった宮川流域（図 1a）の面積は諏訪湖の流出水対策地区の約 3 割を占める．

データを比較できる 1989 年度から 2022 年度の公共用水域常時監視データ[7),8)]を用いて，諏訪湖に流入する宮川，上川と諏訪湖湖心（表層）の全窒素濃度及び全リン濃度の年平均値の経年変化を示す（図 2）．宮川（図 1 の地点 24）の全窒素濃度は，期間を通じて徐々に低下しているものの，上川や諏訪湖湖心に比べて高い値を示していることから，長期にわたって高濃度の窒素の流出が続いていることが分かる（図 2a）．宮川の全リン濃度は，上川や諏訪湖湖心と大きな差がみられなかった（図 2b）．また，1999 年頃以降は全リン濃度の変化が少ないため，全リンの流出量の変動は少ないと推測できる．

なお，茅野市と諏訪市の境界付近の狭隘部より下流は，上川との合流や派川が入り組んでいて宮川のみの特徴を把握しにくいため，調査対象地域から除外した（図 1a）．

2．2　調査地点

宮川流域全体の水質変動をとらえるため，宮川の本支流に計 23 地点を設定した（表 1）．宮川本流については，調査対象地域の最下流（地点 1）と，上流部（地点 23）の合計 2 地点を選定した．宮川の支流については，国土地理院地図やGIS等で河川流路の記載があり，かつ安全に採水できる支流 21 地点を選定した．各調査地点について，国土交通省国土地理院の基盤地図情報の数値標高モデル[10)]と地形図の等高線データから流域界を定めたうえで，国土交通省の国土数値情報・土地利用細分メッシュデー

1　長野県諏訪湖環境研究センター　〒394-0081　長野県岡谷市長地権現町 4-11-51
2　現：退職

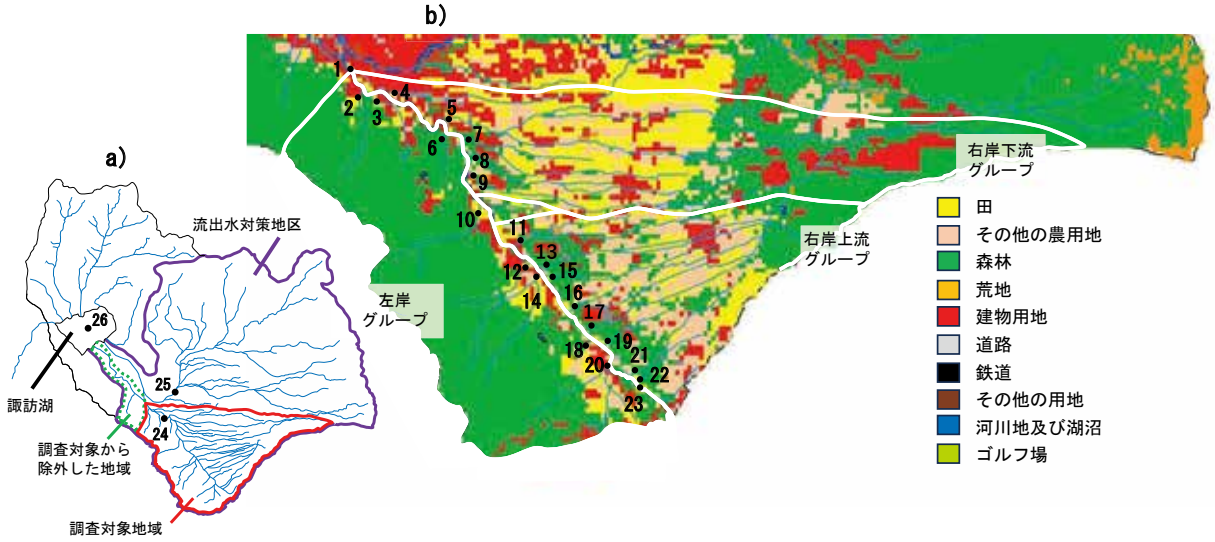


図 1　諏訪湖流域，流出水対策地区，調査対象地域の位置関係（a）および調査対象地域の土地利用（b）

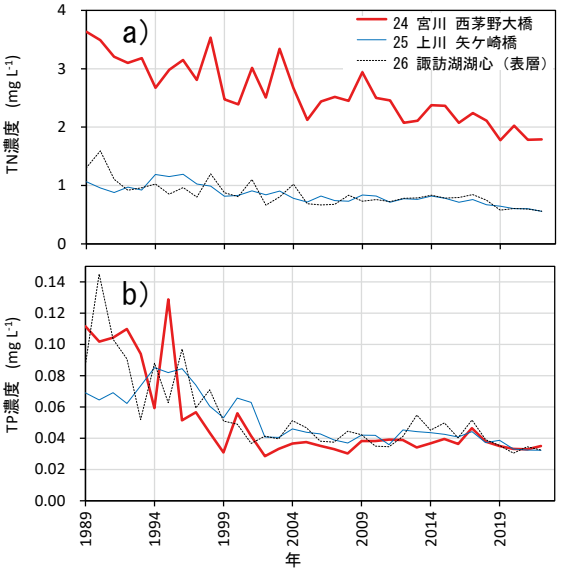


図 2　公共用水域常時監視業務データに基づく諏訪湖内と諏訪湖流入河川の全窒素濃度（a）と全リン濃度（b）の経年変化

タ [11] を利用して，各流域の土地利用種別の面積を求めた（図 1b）．

2．3　調査日

調査は 2017 年 4 月から 2018 年 3 月にかけて，原則として四半期に 1 回，平常時及び降雨時に実施した．「平常時」は河川状況に降雨による増水や濁り等の影響が見られない日を対象とし，「降雨時」は気象庁の観測（諏訪，原村）による連続降雨量が 10 mm 以上となった日を対象とした．降雨時には，降雨終了から 24 時間以内に調査した．「平常時」は 2017 年 5 月 9 日，9 月 20 日，12 月 5 日，2018 年 3 月 13 日の計 4 回，「降雨時」は 2017 年 6 月 22 日，11 月 23 日，12 月 25 日，2018 年 3 月 1 日の計 4 回とした．

2．4　採水ならびに環境計測

現地での採水については，川岸に降りられる場合は，柄杓を用いて採水してフタ付ポリビンに移すか，またはフタ付ポリビンに直接採水した．川岸に安全に降りられない場合は，橋上からひも付きバケツを水面に降ろして採水し，フタ付ポリビンに移した．

流速は，流速計（JIS K0102 8.4）または浮木測定 [12] を用いた．水深と川幅は，川岸に降りられる場合は検尺で測定し，川岸に降りられない場合には橋上から測深錘と巻尺で測定した．

2．5　水質分析

全窒素の測定は，ペルオキソ二硫酸カリウム分解－紫外線吸光光度法（JIS K0102 45.2）を用いた．全リンの測定は，ペルオキソ二硫酸カリウム分解－モリブデン青・アスコルビン酸還元吸光光度法（JIS K0102 46.3.1）を用いた．

2．6　負荷量の推定

採水地点の河川断面が四角形に近い場合は，川幅，水深，流速の積を河川流量とした．採水地点の河川断面が三角形に近い場合は，川幅，水深，流速，1/2 の積を河川流量とした．測定した水質濃度と河川流量の積を負荷量とした．また，全支流と上流部の宮川（地点 23）の負荷量の合計を，対象地域の最下流の宮川（地点 1）における負荷量で除し，各

支流末端における負荷量が宮川本流（下流）における負荷量に占める割合を求めた．

2．7　クラスター分析

各地点における水質は，流域の土地利用に大きな影響を受けると考えられる．そこで既存報告[13]の方法を参考に，各地点の土地利用種別の面積割合に対して，ウォード法によるクラスター分析（グループ化）を行ったうえで，多次元尺度法により二次元空間に配置した．分析と配置には，Microsoft 社製 Excel2021 上で動くフリーソフト「HAD ver 17.10」[14]を使用した．なお，上流部の宮川（地点 23）の流域は宮川支流と同様の規模と地形であるため，上流部の宮川（地点 23）も宮川支流のひとつと位置付けて分析した．

3　結果および考察

3．1　土地利用によるグループ分け

土地利用の種別の面積割合（表 1）によってクラスター分析をしたところ，各地点は 3 個のグループに分類された（図 3）．各グループは地理的に近接した支流群で構成されていたため，以後は宮川本流に対する位置を基に，左岸グループ，右岸下流グループ，右岸上流グループと呼ぶこととする．

左岸グループは森林の割合が高く，右岸下流グループと右岸上流グループは農耕地（水田または「その他の農用地」）の割合が高かった．右岸下流グループと右岸上流グループの違いは，前者では農耕地に占める水田の割合が高かったのに対して，右岸上流グループでは農耕地に占める「その他の農用地」の割合が高かった（図 4）．

現地を確認したところ，「その他の農用地」のほとんどの場所は畑として利用されていたが，右岸下

表 1　採水地点の位置，地点の流域の土地利用，採水時の河川の状況

河川グループ	河川番号	河川名	採水地点の緯度経度		流域面積 ha	土地利用種ごとの面積割合　%								河川の状況（全採水時の平均）		
			緯度　N	経度　E	総計	田	その他の農用地	森林	荒地	建物用地	道路	鉄道	その他の用地	河川地及び湖沼	川幅 m	水深 m	流速 m s^{-1}
本流（下流）	1	宮川（安国寺橋）	35°59′ 26.91″	138°08′ 29.74″											11.40	0.93	0.52
左岸	2	百々川	35°59′ 07.53″	138°08′ 45.84″	133.4	2.3	0.8	96.1		0.8					0.51	0.10	1.01
	3	麻侵川	35°59′ 05.08″	138°08′ 48.95″	361.7	6.9	1.2	80.4		9.5			0.6	1.4	1.68	0.16	0.66
	6	鳴沢川	35°58′ 35.27″	138°10′ 05.97″	256.4	1.2		87.0	0.8	8.9			1.6	0.4	0.99	0.15	0.46
	10	大崩川	35°57′ 41.01″	138°10′ 37.76″	568.2	4.2	0.7	90.1	0.4	3.5			0.6	0.6	0.79	0.12	0.57
	12	金川	35°56′ 56.92″	138°11′ 20.65″	343.1	5.2	3.3	83.3	0.3	7.3			0.6		1.84	0.23	0.51
	14	大沢川	35°56′ 45.92″	138°11′ 36.09″	557.9	6.2	0.4	92.3		0.9				0.2	1.68	0.18	0.55
	18	神沢川	35°55′ 53.63″	138°12′ 25.93″	186.7	13.4	14.5	60.3	0.6	11.2					0.90	0.05	0.54
	20	思沢川	35°55′ 31.69″	138°12′ 44.22″	481.9	12.3	7.4	65.8		7.1		0.6	6.7		1.73	0.14	1.22
右岸下流	4	田沢沢川	35°59′ 06.77″	138°09′ 09.48″	238.7	29.7	7.0	3.1		46.7	7.0	0.4	3.9	2.2	3.18	0.20	0.53
	5	弓振川	35°58′ 46.77″	138°09′ 58.29″	1614.4	23.8	16.3	40.2	0.2	18.2	0.2	0.1	1.0		5.09	0.35	0.62
	7	小早川	35°58′ 32.28″	138°10′ 21.36″	346.1	61.4	15.7	9.6		12.7			0.6		1.44	0.23	0.80
	8	大早川	35°58′ 18.60″	138°10′ 25.87″	251.2	27.4	23.2	31.5	1.7	13.7	0.8		1.7		1.18	0.24	0.60
	9	阿久川	35°58′ 01.14″	138°10′ 33.41″	585.8	13.5	9.8	53.7	0.4	21.4	0.4		0.9		1.38	0.22	0.72
右岸上流	11	矢ノ口川	35°57′ 06.27″	138°11′ 10.71″	313.8	24.6	26.2	40.9		6.6	1.0	0.3		0.3	2.18	0.05	0.80
	13	蟹出川	35°56′ 46.16″	138°11′ 37.03″	422.2	12.8	18.0	55.6		10.6	0.2	0.2	1.7	0.7	1.81	0.04	1.19
	15	金山沢川	35°56′ 42.85″	138°11′ 42.04″	224.2	27.0	37.7	28.8		5.6	0.9				2.63	0.06	0.37
	16	稗田川	35°56′ 13.82″	138°12′ 05.16″	214.8	29.1	41.3	20.4		4.9	2.9		1.5		1.36	0.19	0.31
	17	手洗沢川	35°55′ 56.54″	138°12′ 23.33″	137.6	34.1	36.4	21.2		5.3	2.3		0.8		1.48	0.07	0.58
	19	山沢川	35°55′ 47.50″	138°12′ 39.88″	226.3	7.4	29.0	55.3		3.7	0.5	2.8	1.4		1.54	0.04	0.77
	21	富士見一の沢川	35°55′ 23.10″	138°13′ 04.82″	162.7	17.9	14.1	61.5		4.5	1.3		0.6		0.86	0.07	0.69
	22	富士見二の沢川	35°55′ 18.81″	138°13′ 10.47″	222.1	25.3	40.8	23.5		7.0	1.4		1.9		0.69	0.07	0.40
	23	上流部の宮川	35°55′ 18.70″	138°13′ 10.41″	99.1	37.9	35.8	9.5		15.8			1.1		1.25	0.15	0.48

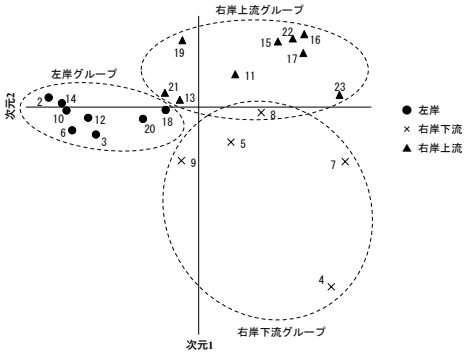


図 3　多次元尺度で分類した各支流の土地利用種別の面積割合

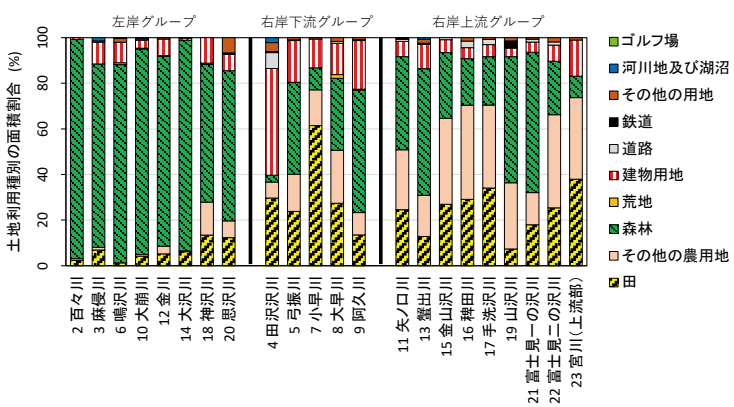


図 4　各支流の土地利用種別の面積割合

流グループの弓振川（地点 5）の上流に存在する「その他の農用地」は畜産地域であった．

3．2　栄養塩濃度の相違

3.2.1　全窒素

全窒素濃度には，地点間で大きな相違が認められた（図 5a）．グループごとに見ると，左岸グループは平均濃度が約 0.6 mg L^{-1} と低濃度であり，平常時と降雨時で濃度変化が少なかった．右岸下流グループは，平常時の平均濃度が約 2.2 mg L^{-1} であり，降雨時には平均濃度がやや低くなった．右岸上流グループは，平常時の平均濃度が約 4.5 mg L^{-1} と高濃度であり，降雨時には平均濃度がやや低くなった．なお，流量の増加とともに降雨時の溶存態窒素の濃度が減少したという事例が報告されている [15)～19)]．また，2007 年度の調査によると宮川流域河川の全窒素濃度に占める溶存態の割合は高く，平常時が約 98%，降雨時が約 93%であったと報告されている [20)]．今回の調査では，降雨時に溶存態窒素の濃度が減少する時点で採水したため，全窒素濃度が減少したと思われる．

グループ間で比較したところ，全窒素濃度には有意な差が認められ，濃度の高い順に，右岸上流グループ，右岸下流グループ，左岸グループとなった（図 6a）．

以上から，宮川流域の全窒素濃度は土地利用で明確に区分できることがわかった．宮川流域はセロリ，キャベツ等の葉茎菜類の栽培が盛んであるため [21)]，畑に対する窒素肥料の施肥が多いと推測される [6)]．また，野菜の窒素，リンの施肥量は水稲の 2 倍程度が目安とされている [22)]．そのため，葉茎菜類の栽培の多い右岸上流グループでは濃度が高く，水田の多い右岸下流グループの濃度が中程度であり，森林の多い左岸グループでは濃度が低かったと推測できる．

3.2.2　全リン

リン濃度には，全窒素濃度ほどはっきりした相違ではないが，地点間で相違が認められた（図 5b）．グループごとにみると，左岸グループは平常時には平均濃度が 0.02 mg L^{-1} 程度であり，降雨時の平均濃度が約 0.04 mg L^{-1} であった．右岸下流グループは，平常時には平均濃度が約 0.04 mg L^{-1} であり，降雨時には平均濃度が約 0.09 mg L^{-1} であった．右岸上流グループは，平常時の平均濃度が約 0.06 mg L^{-1} であり，降雨時の平均濃度は約 0.13 mg L^{-1} であった．なお，リンは土壌中の鉄やアルミニウムに結合しており [23)]，降雨時には土壌粒子の流出と同時にリンも流出するため，平常時よりも降雨時の河川水質が高濃度になっていると思われる [24),25)]．

平常時の全リン濃度については，右岸上流グループがその他のグループに比べわずかに高い値を示した（図 6b）．一方，降雨時は，各グループ間にわずかな有意差が認められ，濃度の高い方から右岸上流グループ，右岸下流グループ，左岸グループとなった．原因としては，全窒素と同じく畑と水田の面積割合によってグループ間の河川水質に差ができたと推測できる．

3．3　負荷量

各グループの負荷量の合計を計算したところ，右岸下流グループと右岸上流グループのいずれも，左岸グループに対して 3.1 倍から 5.9 倍であった（表 2）．各グループの負荷量の合計は,宮川本流（下流）の負荷量の 60～70%と推計された．残りの 30～40%については今回測定していない小さな用水路や地下水由来と推定されるが，把握できたとしてもおおよその傾向は変わらないと思われる．

左岸グループは右岸下流グループと右岸上流グループに比べて負荷量が小さく，季節や降雨等による変動幅も小さかった．左岸グループは，森林の割合が大きいため流出負荷量が少ないと推測される．

3．4　過去の宮川流域における水質調査との比較

2007 年度に，2017 年度の調査と同一地点で水質調査を行っている [16),26)]．そこで，2007 年度の調査結果 [26)] と 2017 年度の調査結果の共通する採水地（右岸下流グループ：地点 4，5，7，8，9（全地点），右岸上流グループ：地点 11，13，15，16，17）について，全窒素と全リンの濃度を比較した（図 7）．

右岸下流グループの全窒素濃度は，2007 年度と 2017 年度との間に有意差はなかった．一方，2017 年度の降雨時における右岸上流グループの全窒素濃度は，2007 年度に比べて有意に低かった．全リンについては，右岸下流グループと右岸上流グループのどちらも，2007 年度と 2017 年度に有意な差は認められなかった．なお，2017 年度の降雨時には冬期の採水に全リン濃度の高い河川が存在したが，土壌粒子の流出によると思われる．

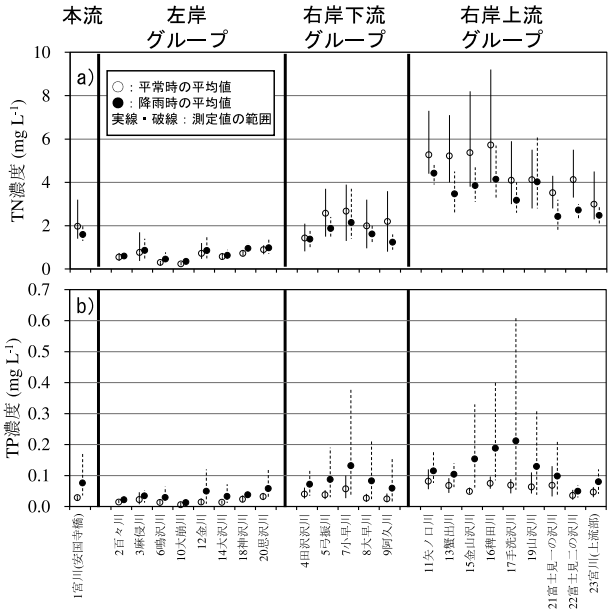


図 5　測定地点における全窒素濃度(a)と全リン濃度(b)

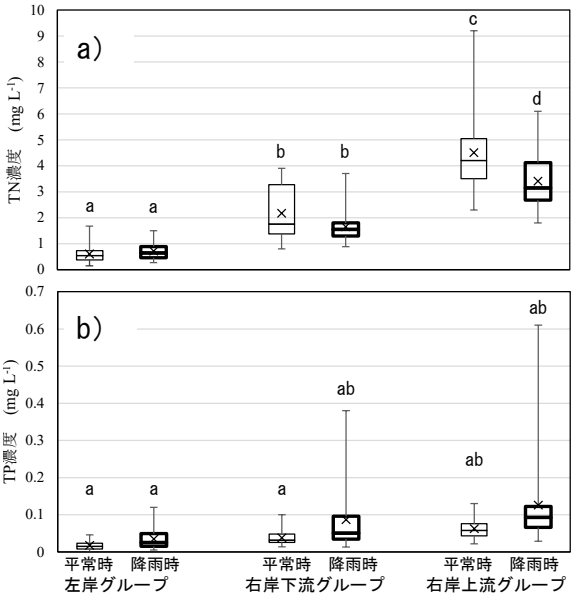


図 6　各グループ間の濃度の比較
（25 パーセンタイル, 75 パーセンタイル, 中央値をボックスで示す. 最大値と最小値を縦棒で示す. 平均値を×で示す. 異なるアルファベット間は統計的に有意差があることを示す（p<0.05 by ANOVA and Bonferroni-Holm correction））.

表 2　各グループの負荷量の割合　（括弧内の値は最下流（地点 1）に占める各支流グループの割合）.

項目	流況	日平均負荷量の総計 kg day^{-1} 左岸グループ総計	右岸下流グループ総計	右岸上流グループ総計	下流での日平均負荷量 kg day^{-1} 宮川本流（下流）1 宮川（安国寺橋）
TN	平常時	51 (5%)	250 (25%)	300 (30%)	999
	降雨時	67 (7%)	371 (39%)	228 (24%)	950
TP	平常時	1.3 (12%)	3.6 (32%)	2.7 (24%)	11.0
	降雨時	3.8 (7%)	22 (40%)	11.9 (21%)	55.4

これらの濃度変化の原因としては，2007 年度から 2017 年度にかけて右岸上流グループの流域において土地利用の変化や窒素の施肥量の減少があったことが推測される．一方，右岸下流では土地利用等に大きな変化がなかったことが想定できる．

4　まとめ

宮川支流の各地点について土地利用種別の面積割合を用いてクラスター分析を行ったところ，3 個のグループに分類できた．同一のグループに属する支流は，近接していた．

河川水質の全窒素・全リン濃度を比較したところ，森林の多い左岸グループでは濃度が低く，水田の多い右岸下流グループの濃度が中程度であり，葉茎菜

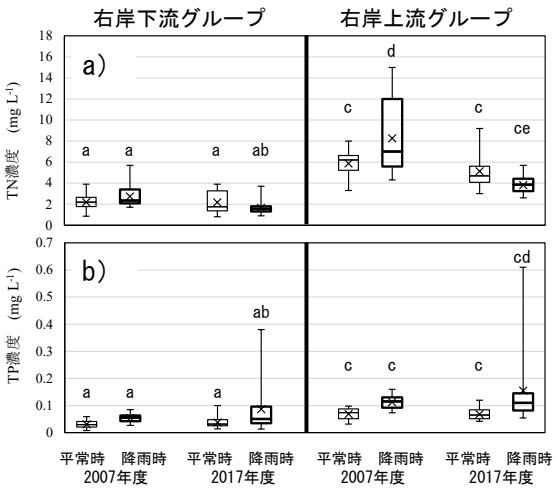


図 7　各流域グループにおける栄養塩濃度の年度間比較
（25 パーセンタイル, 75 パーセンタイル, 中央値をボックスで示す. 最大値と最小値を縦棒で示す. 平均値を×で示す. 異なるアルファベット間は統計的に有意差があることを示す（p<0.05 by ANOVA and Bonferroni-Holm correction））.

類の栽培の多い岸上流グループでは濃度が高かった．各グループの負荷量の総量を計算したところ，右岸下流グループと右岸上流グループのいずれも，左岸グループに対して3.1倍から5.9倍の負荷量であった．

降雨時における右岸上流グループの全窒素濃度は，2007年度と比較して2017年度に減少していた．

謝　辞

調査時前後に長野県環境部水大気環境課に在籍していた酒井文雄氏，保科憲孝氏，環境保全研究所に在籍していた掛川英男氏，吉田富美雄氏，本間健氏，渡辺哲子氏，小澤秀明氏，諏訪地域振興局環境課に在籍していた井出裕丈氏には，計画作成と現地調査に協力いただきました．感謝申し上げます．

文　献

1）菅井隆吉・溝山勇・管原庄吾・清家泰（2016）周辺部河川からの宍道湖への汚濁負荷流入特性．陸水学雑誌，77:117-136.
2）赤松良久・二瓶泰雄・長谷川定・林薫・湯浅岳史・上原浩・小倉久子（2010）印旛沼流入河川における窒素汚染の実態とその要因．河川技術論文集，16:311-316.
3）二瓶泰雄・丸山寛樹・尾関利文・山﨑裕介（2005）夏季手賀沼における外部流入・内部生産負荷に関する検討．水工学論文集，49:1237-1242.
4）赤岡輝（2005）山岳科学叢書3　アオコが消えた諏訪湖－人と生き物のドラマ，沖野外輝夫・花里孝幸（編著），信濃毎日新聞社，長野県，29pp.
5）長野県，諏訪湖に係る第8期湖沼水質保全計画：https://www.pref.nagano.lg.jp/mizutaiki/kurashi/shizen/suishitsu/suwako.html（p21，2026年2月確認）
6）戸田任重・沖野外輝夫（2005）山岳科学叢書3　アオコが消えた諏訪湖－人と生き物のドラマ，沖野外輝夫・花里孝幸（編著）信濃毎日新聞社，長野県，63pp.
7）長野県(1990～2001）平成元～12年度水質測定結果，長野県生活環境部公害課，長野県.
8）長野県，河川・湖沼等の水質測定結果　水質測定結果（平成13年度～令和4年度）：https://www.pref.nagano.lg.jp/mizutaiki/kurashi/shizen/suishitsu/kasen/index.html（2026年2月確認）
9）沖野外輝夫・細田耕司（1997）諏訪湖の集水域の概要. 諏訪臨湖実験所報告，10:1-6.
10）国土交通省国土地理院，基盤地図情報 数値標高モデル：https://service.gsi.go.jp/kiban/app/map/?search=dem（2026年2月確認）
11）国土交通省，国土数値情報・土地利用細分メッシュデータ：https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b-2021.html（2026年2月確認）
12）環境庁水質保全局（1971）水質調査方法 4（1）カ（注）．昭和46年9月30日環水管第30号，環境庁，東京.
13）小田理人・小寺浩二（2024）多変量解析を用いた河川水質と流域環境特性の把握－多摩川水系浅川を事例として―．陸水学雑誌，85:87-105.
14）清水裕士，Sunny Side up! 統計分析ソフトHAD：https://norimune.net/had（2026年2月確認）
15）岩田杉夫・遠藤忠嗣・井上隆信・横田久里子・大久保陽子（2013）中小河川からの栄養塩負荷の流出特性．水環境学会誌，36:39-47.
16）国立研究開発法人 農研機構(2004) 35.丘陵地野菜畑地帯の河川における窒素、リンの流出，農業環境研究成果情報第21集（平成16年度成果）参考資料.
17）加藤亮・宗村広昭・大澤和敏・黒田久雄(2009)谷津農業集水域における降雨時の硝酸態窒素流出特性．農業農村工学会論文集，261:49-55.
18）志村もと子・田渕俊雄(2003)養豚地域における降雨増水時の流出窒素負荷量の変動．農業土木学会論文集，225:1-8.
19）武田育郎（2015）よくわかる水環境と水質，オーム社，東京，pp. 162-166.
20）吉田富美雄・柳町信吾・堀順一・渡辺哲子・佐々木一敏・飯田幸雄(2009）諏訪湖流入河川汚濁負荷実態調査．全国環境研会誌，34:125-132.
21）JA信州諏訪，信州諏訪の農作物：https://www.ja-suwa.iijan.or.jp/grow（2026年2月確認）
22）環境省水・大気環境局水環境課（2014）非特定汚染源対策の推進に係るガイドライン（第2版），環境省，東京，87pp.

23）伊藤豊彰・木川直人・三枝正彦（2011）黒ボク土におけるリン酸収着と土壌リン酸の可給性. ペドロジスト，55(2):84-88.
24）石坂祐二（2003）諏訪湖流入河川・宮川の水質変動について　平成 14 年度信州大学理学部物質循環学科卒業研究，信州大学，長野県.
25）武田育郎（2015）よくわかる水環境と水質，オーム社，東京，pp.67-68.
26）長野県（2008）平成 19 年度環境省委託業務結果報告書．流出水対策推進モデル計画策定調査，長野県生活環境部，長野県，資料 1-7・資料 1-12.

Spatial and Temporal Variations in Nitrogen and Phosphorus Concentrations and Loads across Miyagawa River Tributaries: A Major Inflow to Lake Suwa

Masanori MIYAZAWA[1], Kimiko TANABE[1,2], Satoshi KITANO[1]

1 Lake Suwa Environmental Research Center, 4-11-51 Osachi Gongen-Cho, Okaya, Nagano 394-0081, Japan
2 Present address: Retirement

Key words：　total nitrogen, total phosphorus, rainfall conditions, agricultural land, land use

Abstract

This study investigated the spatial and temporal variations of total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) concentrations and resultant nutrient loads in the tributaries of the Miyagawa River, a major inflow to Lake Suwa. We compared nutrient levels during clear-sky and rainfall conditions to identify key pollution sources. The results indicated significant spatial heterogeneity; specifically, tributaries dominated by agricultural catchments exhibited higher nutrient concentrations. During rainfall events, a substantial discharge of phosphorus was observed from agricultural lands, including both uplands and paddy fields, suggesting that surface runoff is a major driver of phosphorus loading in this watershed.

附表 1　測定値一覧（全窒素）

類別	河川名	全窒素濃度　mg L^{-1}								全窒素負荷量　kg day^{-1}							
		平常時				降雨時				平常時				降雨時			
	日付	2017/5/9	2017/9/20	2017/12/5	2018/3/13	2017/6/22	2017/11/23	2017/12/25	2018/3/1	2017/5/9	2017/9/20	2017/12/5	2018/3/13	2017/6/22	2017/11/23	2017/12/25	2018/3/1
本流（下流）	1宮川（安国寺橋）	1.9	1.4	1.4	3.2	1.7	1.4	1.3	2.0	492.5	435.5	483.8	2073.6	661.0	1100.7	483.0	1486.1
左岸	2百々川	0.74	0.38	0.37	0.72	0.63	0.65	0.43	0.71	0.6	0.7	0.9	6.0	1.1	4.6	0.7	2.9
	3麻倉川	1.7	0.43	0.37	0.58	1.4	0.62	0.47	0.97	33.8	1.5	2.3	12.0	14.5	11.8	3.7	11.7
	6鳴沢川	0.36	0.32	0.16	0.38	0.35	0.41	0.31	0.78	0.2	1.0	0.7	1.5	1.0	6.0	2.4	7.4
	10大崩川	0.24	0.22	0.18	0.33	0.40	0.34	0.27	0.42	0.1	0.5	0.8	3.1	0.1	7.1	1.3	3.3
	12金川	1.2	0.47	0.50	0.73	1.5	0.54	0.50	0.90	11.4	2.0	4.1	15.1	14.3	12.6	3.3	6.8
	14大沢川	0.74	0.48	0.42	0.66	0.64	0.56	0.47	0.89	8.3	3.4	4.7	8.6	6.6	14.0	3.0	14.6
	18神沢川	0.73	0.71	0.61	0.86	0.86	0.81	1.0	1.2	0.7	0.6	0.9	2.1	0.9	3.5	1.9	5.9
	20思沢川	1.1	0.81	0.69	1.0	1.0	0.81	0.71	1.4	17.1	13.3	11.3	33.7	18.1	30.1	16.6	43.5
右岸下流	4田沢沢川	2.1	0.82	0.91	1.9	1.3	1.5	0.95	1.8	68.9	23.4	18.1	42.7	48.3	48.0	21.3	65.3
	5弓振川	3.5	1.5	1.6	3.7	1.9	1.8	1.4	2.4	29.9	58.3	77.4	351.6	229.8	202.2	102.8	331.8
	7小早川	3.9	1.6	1.3	3.9	1.4	1.7	1.8	3.7	21.2	24.9	8.3	33.4	84.7	88.1	14.9	92.7
	8大早川	2.4	0.96	1.4	3.2	1.8	1.5	1.2	2.0	20.7	9.1	18.1	47.0	23.3	37.6	8.2	53.6
	9阿久川	3.6	0.80	1.6	2.8	1.3	1.2	0.89	1.6	0.9	3.0	4.4	22.3	12.4	11.4	7.0	22.1
右岸上流	11矢ノ口川	4.4	4.7	4.7	7.3	4.9	4.5	4.4	3.9	5.3	12.6	14.6	195.5	20.7	70.0	20.1	47.2
	13蟹出川	5.1	4.0	4.7	7.1	4.5	2.6	2.7	4.1	9.7	29.0	19.9	104.3	33.0	38.2	25.7	42.5
	15金山沢川	5.0	3.8	4.5	8.2	4.7	3.4	3.1	4.2	6.0	17.4	15.6	85.0	21.9	32.3	11.5	39.9
	16稗田川	5.5	4.2	4.0	9.2	5.7	3.8	3.3	3.8	15.2	13.1	13.8	127.2	46.8	18.4	12.3	68.9
	17手洗沢川	4.1	3.0	3.4	5.9	3.4	2.6	2.7	4.0	2.8	15.6	4.7	51.0	13.5	9.7	5.8	48.4
	19山沢川	4.2	4.0	2.8	5.5	4.4	2.8	2.8	6.1	4.7	5.9	8.5	45.1	6.8	13.5	6.0	68.5
	21富士見一の沢川	2.8	4.2	2.8	4.3	2.3	3.2	1.8	2.4	1.0	5.8	4.8	40.9	2.2	7.7	8.1	17.2
	22富士見二の沢川	3.6	na	3.3	5.5	2.3	2.7	3.0	2.9	0.6	na	1.1	27.1	0.4	10.3	6.0	9.5
本流	23上流部の宮川	2.5	2.3	2.7	4.5	2.0	2.9	2.4	2.6	7.8	11.1	8.2	70.0	20.7	22.0	13.1	38.2

附表 2　測定値一覧（全リン）

類別	河川名	全リン濃度 mg L^{-1}								全リン負荷量 kg day^{-1}							
		平常時				降雨時				平常時				降雨時			
		2017/5/9	2017/9/20	2017/12/5	2018/3/13	2017/6/22	2017/11/23	2017/12/25	2018/3/1	2017/5/9	2017/9/20	2017/12/5	2018/3/13	2017/6/22	2017/11/23	2017/12/25	2018/3/1
本流（下流）	1宮川（安国寺橋）	0.035	0.036	0.019	0.025	0.060	0.038	0.036	0.17	9.07	11.20	6.57	16.20	23.33	29.88	13.37	126.32
左岸	2百々川	0.014	0.022	0.011	0.011	0.034	0.020	0.015	0.020	0.01	0.04	0.03	0.09	0.06	0.14	0.02	0.08
	3麻侵川	0.046	0.028	0.008	0.008	0.053	0.034	0.013	0.040	0.91	0.10	0.05	0.17	0.55	0.65	0.10	0.48
	6鳴沢川	0.016	0.023	0.007	0.008	0.024	0.018	0.013	0.064	0.01	0.07	0.03	0.03	0.07	0.26	0.10	0.61
	10大崩川	0.014	0.008	0.003	<0.003	0.015	0.008	0.005	0.024	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.17	0.02	0.19
	12金川	0.026	0.019	0.008	0.006	0.056	0.015	0.009	0.12	0.25	0.08	0.07	0.12	0.53	0.35	0.06	0.91
	14大沢川	0.018	0.019	0.011	0.009	0.033	0.015	0.012	0.072	0.20	0.14	0.12	0.12	0.34	0.38	0.08	1.18
	18神沢川	0.027	0.036	0.018	0.014	0.053	0.024	0.029	0.048	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.10	0.06	0.24
	20思沢川	0.040	0.044	0.025	0.021	0.056	0.030	0.027	0.12	0.62	0.72	0.41	0.71	1.02	1.11	0.63	3.73
右岸下流	4田沢沢川	0.061	0.048	0.026	0.028	0.080	0.054	0.035	0.12	2.00	1.37	0.52	0.63	2.97	1.73	0.79	4.35
	5弓振川	0.048	0.053	0.024	0.029	0.088	0.042	0.030	0.19	0.41	2.06	1.16	2.76	10.64	4.72	2.20	26.27
	7小早川	0.100	0.060	0.027	0.041	0.070	0.043	0.035	0.38	0.54	0.93	0.17	0.35	4.23	2.23	0.29	9.52
	8大早川	0.034	0.041	0.015	0.020	0.065	0.033	0.024	0.21	0.29	0.39	0.19	0.29	0.84	0.83	0.16	5.62
	9阿久川	0.042	0.029	0.014	0.016	0.047	0.018	0.013	0.16	0.01	0.11	0.04	0.13	0.45	0.17	0.10	2.21
右岸上流	11矢ノ口川	0.076	0.12	0.076	0.056	0.12	0.076	0.086	0.18	0.09	0.32	0.24	1.50	0.51	1.18	0.39	2.18
	13蟹出川	0.083	0.092	0.053	0.044	0.14	0.094	0.063	0.12	0.16	0.67	0.22	0.65	1.03	1.38	0.60	1.24
	15金山沢川	0.061	0.046	0.047	0.042	0.13	0.095	0.061	0.33	0.07	0.21	0.16	0.44	0.61	0.90	0.23	3.14
	16稗田川	0.076	0.097	0.069	0.058	0.16	0.11	0.084	0.40	0.21	0.30	0.24	0.80	1.31	0.53	0.31	7.26
	17手洗沢川	0.087	0.089	0.058	0.043	0.11	0.054	0.075	0.61	0.06	0.46	0.08	0.37	0.44	0.20	0.16	7.38
	19山沢川	0.11	0.059	0.042	0.043	0.098	0.073	0.038	0.31	0.12	0.09	0.13	0.35	0.15	0.35	0.08	3.48
	21富士見一の沢川	0.13	0.068	0.033	0.044	0.10	0.038	0.047	0.21	0.04	0.09	0.06	0.42	0.10	0.09	0.21	1.51
	22富士見二の沢川	0.054	na	0.022	0.031	0.069	0.034	0.029	0.067	0.01	na	0.01	0.15	0.01	0.13	0.06	0.22
本流	23上流部の宮川	0.060	0.063	0.030	0.034	0.092	0.068	0.041	0.12	0.19	0.30	0.09	0.53	0.95	0.52	0.22	1.76

附表 3　測定値一覧（全窒素 2007 年度）（長野県（2008））

類別	河川名	河川名（長野県（2008））	全窒素濃度 mg L^{-1}								全窒素負荷量 kg day^{-1}							
			平常時				降雨時				平常時				降雨時			
			2007/6/4	2007/8/6	2007/11/15	2008/1/8	2007/6/23	2007/9/7	2007/10/2	2007/10/28	2007/6/4	2007/8/6	2007/11/15	2008/1/8	2007/6/23	2007/9/7	2007/10/2	2007/10/28
本流	1宮川（安国寺橋）	2宮川（安国寺橋）	2.2	2.0	2.4	1.7	2.4	2.1	4.2	4.8	395.4	667.0	794.2	339.3	920.7	1208.4	2696.2	3993.8
左岸	2百々川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3麻侵川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6鳴沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10大崩川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12金川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14大沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	18神沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20思沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
右岸下流	4田沢沢川	3田沢沢川	1.7	1.9	1.4	0.85	2.0	2.3	2.2	3.4	27.9	52.5	30.2	19.8	81.2	81.5	83.6	146.9
	5弓振川	4弓振川	3.9	2.8	3.2	1.8	2.7	2.7	3.8	5.7	60.7	55.6	82.9	59.1	230.9	282.3	374.3	659.9
	7小早川	6小早川	2.3	2.2	2.8	2.4	2.4	1.8	2.4	3.8	27.8	26.6	62.9	35.3	99.5	66.9	105.8	216.7
	8大早川	7大早川	2.4	2.2	2.0	1.3	2.1	1.8	2.3	4.3	27.0	28.5	34.6	19.1	39.9	76.2	79.5	196.9
	9阿久川	8阿久川	2.9	2.6	1.4	1.8	1.9	1.7	2.2	3.4	27.6	38.2	31.4	9.3	37.8	70.5	62.7	135.1
右岸上流	11矢ノ口川	10矢ノ口川	6.4	6.2	8.0	6.4	5.6	4.3	9.6	8.6	38.7	80.4	96.8	38.7	164.5	100.3	389.8	371.5
	13蟹出川	11道祖神川	5.3	6.2	4.1	3.3	5.0	5.5	12	13	9.2	21.4	31.9	14.3	38.9	90.3	342.1	381.9
	15金山沢川	12金山沢川	6.6	6.3	6.7	4.5	5.6	6.7	12	15	22.8	32.7	23.2	11.7	33.9	75.3	269.6	466.6
	16稗田川	13稗田川	7.4	5.8	7.0	5.6	6.0	6.4	12	13	12.8	25.1	42.3	14.5	20.7	82.9	238.5	460.5
	17手洗沢川	14芳原川	5.8	5.0	7.3	3.5	4.9	4.6	7.3	8.0	10.0	17.3	31.5	9.1	16.9	55.6	100.9	172.8
	19山沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	21富士見一の沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	22富士見二の沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
本流	23上流部の宮川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

附表 4　測定値一覧（全リン 2007 年度）（長野県（2008））

類別	河川名	河川名（長野県（2008））	全リン濃度 mg L^{-1}								全リン負荷量 kg day^{-1}							
			平常時				降雨時				平常時				降雨時			
			2007/6/4	2007/8/6	2007/11/15	2008/1/8	2007/6/23	2007/9/7	2007/10/2	2007/10/28	2007/6/4	2007/8/6	2007/11/15	2008/1/8	2007/6/23	2007/9/7	2007/10/2	2007/10/28
本流	1宮川（安国寺橋）	2宮川（安国寺橋）	0.031	0.031	0.027	0.034	0.076	0.15	0.047	0.061	5.57	10.34	8.93	6.79	29.15	86.31	30.17	50.75
左岸	2百々川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3麻侵川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6鳴沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10大崩川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12金川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14大沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	18神沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20思沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
右岸下流	4田沢沢川	3田沢沢川	0.049	0.052	0.024	0.016	0.074	0.063	0.043	0.054	0.80	1.44	0.52	0.37	3.00	2.23	1.63	2.33
	5弓振川	4弓振川	0.053	0.039	0.032	0.021	0.085	0.084	0.057	0.062	0.82	0.78	0.83	0.69	7.27	8.78	5.61	7.18
	7小早川	6小早川	0.027	0.059	0.032	0.021	0.064	0.059	0.040	0.044	0.33	0.71	0.72	0.31	2.65	2.19	1.76	2.51
	8大早川	7大早川	0.049	0.039	0.019	0.008	0.071	0.063	0.036	0.047	0.55	0.51	0.33	0.12	1.35	2.67	1.24	2.15
	9阿久川	8阿久川	0.023	0.033	0.014	0.008	0.043	0.038	0.027	0.036	0.22	0.48	0.31	0.04	0.85	1.58	0.77	1.43
右岸上流	11矢ノ口川	10矢ノ口川	0.085	0.092	0.085	0.090	0.099	0.14	0.11	0.13	0.51	1.19	1.03	0.54	2.91	3.27	4.47	5.62
	13蟹出川	11道祖神川	0.064	0.096	0.044	0.036	0.11	0.16	0.078	0.092	0.11	0.33	0.34	0.16	0.86	2.63	2.22	2.70
	15金山沢川	12金山沢川	0.070	0.087	0.048	0.032	0.12	0.13	0.092	0.12	0.24	0.45	0.17	0.08	0.73	1.46	2.07	3.73
	16稗田川	13稗田川	0.079	0.098	0.054	0.034	0.12	0.16	0.087	0.12	0.14	0.42	0.33	0.09	0.41	2.07	1.73	4.25
	17手洗沢川	14芳原川	0.095	0.076	0.053	0.072	0.093	0.14	0.073	0.082	0.16	0.26	0.23	0.19	0.32	1.69	1.01	1.77
	19山沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	21富士見一の沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	22富士見二の沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
本流	23上流部の宮川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

諏訪湖畔の水生植物の分布現況

尾関雅章[1]・宮坂真司[2]・筒井裕文[2]・小平由美子[2,3]・柳生将之[2]・北野　聡[2]

1　はじめに

長野県の諏訪湖創生ビジョン[1)]では，20 年後の目指す姿として，“湿生植物帯から，抽水植物帯，浮葉植物帯，沈水植物帯までバランスがとれたエコトーンが成立し，特定の種が極端に優占することがなく，美しい水草帯が形成されているなど「多種多様な生き物を育む湖」を目指す”としている．そのため，将来における水生植物帯の形成状況を評価する上で，ベースラインとなる現在の水生植物の分布状況を把握するとともに今後の変化を記録することが重要となる．

日本の湖沼の水生植物データベース[2)]では，諏訪湖では 43 種類の水生植物が記録されているが，同データベースに収録されている諏訪湖の植物に関する文献は 1979 年以前に限られている．その後の諏訪湖全域の水生植物の生育状況についても，1981-1982 年に刊行された『諏訪の自然誌』[3, 4)]などに限定され，水生植物の分布現況の把握は十分ではない．

また，長野県水産試験場諏訪支場では，1986 年から毎年，諏訪湖の水生植物群落の分布を湖面から調査しており，水生植物の分布状況についての重要な基礎資料となっているが[5)]，対象が主に水域の浮葉植物・沈水植物に偏っている．湖の沿岸部に成立する湿性植物帯や抽水植物帯は，鳥類やトンボ類の生息・繁殖環境ともなっていることから，諏訪湖のエコトーンの生物多様性の保全機能上，水域ならび陸域の水生植物の分布をあわせて評価することが重要と考えられる．

そこで，本研究では，水域の水生植物の分布を補完して，諏訪湖の水生植物分布の現況をあわせて把握することを目的とし，諏訪湖全周の陸域および沿岸部の水生植物の分布調査を行った．本稿では，その第一報として，2020 年の予備的調査と 2025 年に行った諏訪湖の湿性植物帯から抽水植物帯にかけて分布する大型の抽水植物の分布調査結果を中心に報告する．

2　調査地と方法

調査の対象地域は，諏訪湖全周の湖辺とした．調査対象植物は，原則，日本の湖沼の水生植物データベース[2)]で，その生育型が，“Aquatic-1（主に沈水・浮遊・浮葉植物）”，”Aquatic-2（主に抽水）”，”Hygrophytic（湿生）”に分類されている植物としたが，後述するホソミキンガヤツリ *Cyperus engelmannii* Steud.については，諏訪湖畔の生育立地から抽水植物に加えた．

調査対象植物の分布状況を把握する上で，湖畔に広く分布する植物も含まれることから，その分布位置を地上調査から，点もしくは面で正確に把握することは困難と考えられた．そのため，分布地点の調査方法は，点的な情報からの変換及び繰り返し調査の結果の追加や分布図等結果の比較が容易なことから，メッシュ（グリッド）法によることとした．メッシュの大きさは，1/10 細分メッシュ区画（緯度：3 秒間隔，経度：4.5 秒間隔，約 100 m 四方）とし，諏訪湖岸をカバーする 207 メッシュを設定した（図 1）．

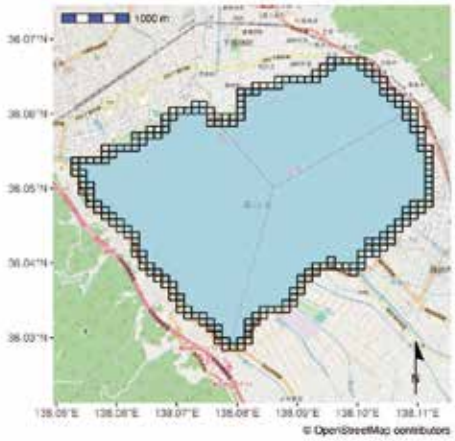


図 1　調査メッシュの位置図（黒実線）．
1 メッシュの大きさは，緯度：3 秒間隔，経度：4.5 秒間隔で約 100m 四方．

全てのメッシュを，陸域から調査可能な範囲を徒歩で，湿性植物が密生し踏査が困難な箇所はカヌー

1　長野県環境保全研究所 自然環境部　〒381-0075 長野市北郷 2054-120
2　長野県諏訪湖環境研究センター　〒394-0081 岡谷市長地権現町 4-11-51
3　現：松塩水道用水管理事務所　〒399-6461 塩尻市宗賀本山 5225－1

で岸に沿って移動しながら，湖辺に生育する抽水植物を目視観察した．2020 年の全調査区での予備的調査に基づき，2025 年は水生植物のなかでも，諏訪湖畔に多く，また大型で目視でも識別しやすい抽水植物 11 種類（コウホネ *Nuphar japonica* DC.，キショウブ *Iris pseudacorus* L.，ガマ *Typha latifolia* L.，ミクリ *Sparganium stoloniferum* (Graebn.) Buch.-Ham. ex Juz.，ウキヤガラ *Bolboschoenus fluviatilis* (Torr.) Soják subsp. *yagara* (Ohwi) T.Koyama，カンガレイ *Schoenoplectiella triangulata* (Roxb.) J.Jung et H.K.Choi var. *triangulata*，フトイ *Schoenoplectus tabernaemontani* (C.C.Gmel.) Palla，サンカクイ *Schoenoplectus triqueter* (L.) Palla，ヨシ *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.，ツルヨシ *Phragmites japonicus* Steud.，マコモ *Zizania latifolia* (Griseb.) Turcz. ex Stapf）を全調査区の共通対象種として選定し，その他の水生植物についても，証拠標本もしくは写真を付して記録することとした．

なお，本調査で用いた 100 m メッシュの場合，徒歩による調査でも頻繁にメッシュ境界を通過するが，野外でその境界を判断することが困難なため，調査には，モバイル GIS アプリ「iGIS」（Geometry 社製，https://www.geometry.com.au/igis/）もしくは「スーパー地形（DAN 工房製，http://www.kashmir3d.com/online/superdemapp/）」をインストールした上で，あらかじめ上記 207 メッシュの GIS データを読み込ませておいたスマートフォン/タブレットを携行し，スマートフォン/タブレットの GNSS（全球測位衛星システム）により現在地のメッシュを確認することとした．

2020 年の予備的調査は 6〜8 月に 3 人・日で行い，2025 年の調査は 8〜9 月は 14 人・日で行った．

植物名は，日本の湖沼の水生植物データベース [2] に拠り，科名の和名は BG Plants 和名－学名インデックス [6] を用いた（ミクリ科のみ日本の湖沼の水生植物データベース [2] を採用し和名を付与した）．

3 結果と考察

2020 年と 2025 年の調査の結果，共通調査対象種とした抽水植物 11 種類を含め，計 59 種類の水生植物が確認された（附表）．

共通調査対象種とした水生植物 11 種類は，207 メッシュ中，189 メッシュで確認された（図 2）．11 種類中，マコモが 160 メッシュ，ヨシが 139 メッシュ，ミクリが 126 メッシュ，ツルヨシが 117 メッシュと半数以上のメッシュで確認され，これらの種群が現在の諏訪湖の湿性植物帯〜抽水植物帯に広く分布していることが示された．1975 年以前の調査結果がまとめられた『諏訪の自然誌・植物編』[4] では，マコモは南岸の新川，武井田川・鴨池川，宮川・上川地区に特に多く分布する一方で，北岸の横河川，東岸の千本木川，大沢川，西岸の天竜川地区には分布しないこととされているが，今回の調査では東西南北岸で広く確認された．また，同書でヨシは全域で確認されており，現在も同様の状況が継続していると考えられる．同じく，ミクリは南岸（新川〜宮川・上川）と東岸の中門川・衣ノ渡川にのみ分布（個体数が少ない）とされたが，今回の調査では，西岸の南半部などで欠くものの全周で確認された．なお，同書ではツルヨシも南岸のみで個体数が少ないと記載されているが，これは同書の調査対象域が主に水域側で，陸側の湿性植物帯に生育するツルヨシが記録されにくかった違いによるものと考えられる．

同抽水植物のうち確認メッシュ数が少なかったものは，ガマとサンカクイが 29 メッシュ，フトイが 10 メッシュ，コウホネが 5 メッシュであった．

コウホネは南岸の上川から武井田川周辺に限定的に分布し，フトイは東岸に，サンカクイは南岸と東岸，西岸に，ガマは全周に散在するように分布していた．上掲『諏訪の自然誌』では，コウホネは南岸（新川〜宮川・上川）と北岸（砥川）で記録されているが，今回の調査では南岸のみで確認された．フトイは同書に記載がなかった．同じくサンカクイは，南岸のうち新川〜宮川・上川と北岸（承知川・古川，砥川）に個体数が少ないとされるが，今回の調査ではそれらの区間では確認されなかった．

環境省の生態系被害防止外来種リスト [7] で重点対策外来種とされるキショウブは，61 メッシュで確認され，東岸・西岸・北岸に分布した．

水生植物のうち，ミズアオイ *Monochoria korsakowii* Regel et Maack とミクリは環境省版レッドリスト [8] で準絶滅危惧にリストされている．長野県版レッドリスト [9] でも，サジオモダカ

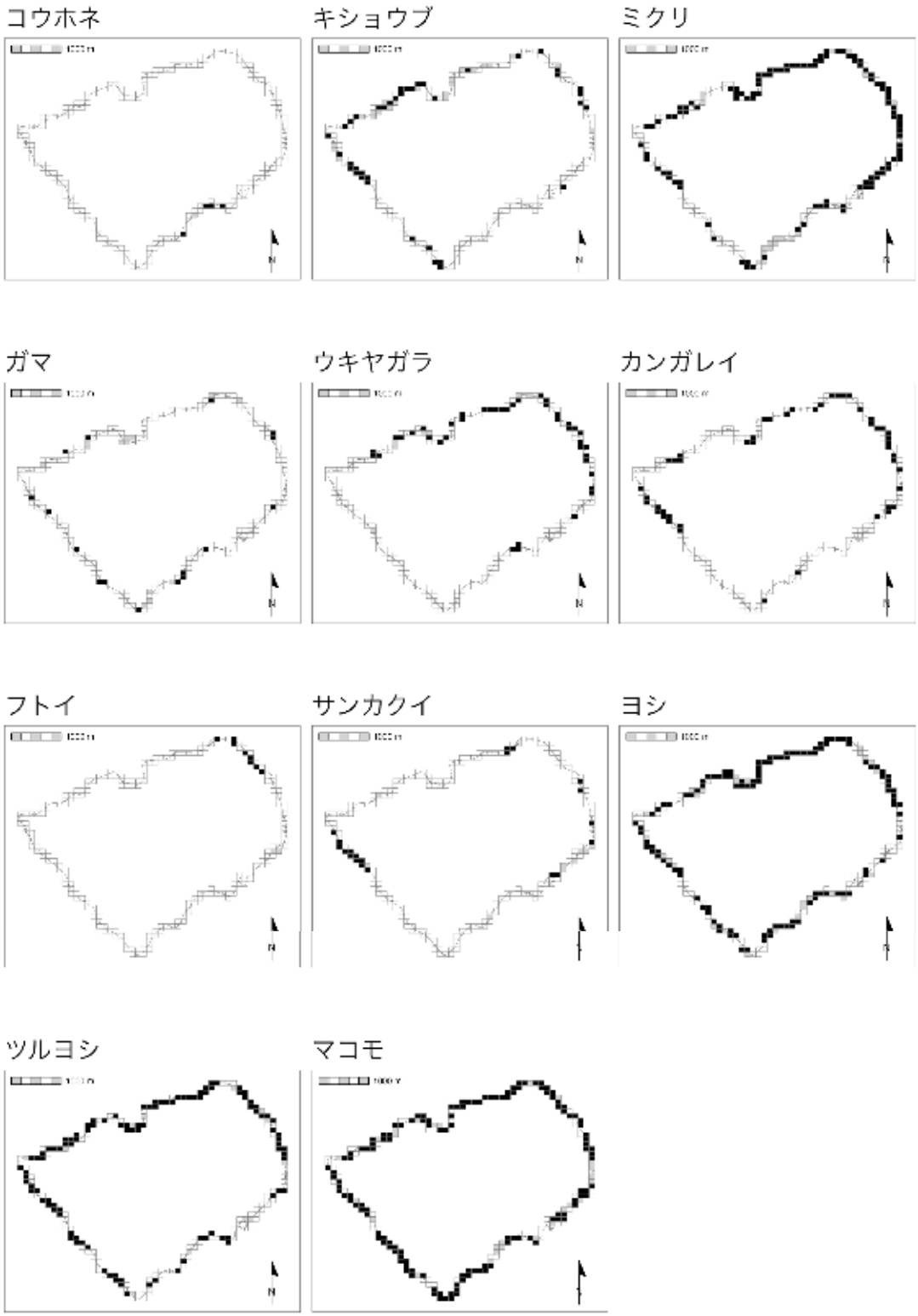


図 2　抽水植物 11 種類の分布図.

灰色のメッシュが 2020 年のみに確認されたメッシュ，黒色のメッシュが 2025 年に確認されたメッシュを示す.

Alisma plantago-aquatica L. var. *orientale* Sam.，クロモ *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle，ミズアオイなど12種類が絶滅危惧種としてリストされている．

外来種は，キショウブを含め7種類が確認された．このうち，ホソミキンガヤツリは，原産地は不明であるが外来種と考えらえられる[10]カヤツリグサ科の植物で，長野県新産の外来種となる（証拠標本：NAC 224075）．今回の調査では南岸部を除く北岸，東岸，西岸で確認された．

4　おわりに

本稿では，2020年と2025年に行った諏訪湖の湿性植物帯から抽水植物帯にかけて優占する大型の抽水植物の分布調査結果を中心に報告した．

しかし，抽水植物についても共通調査対象種とした11種類以外に多くの種類が確認されていること，また，2025年は沈水植物については調査時期の制約等により十分確認できなかったことから，次年度以降も調査を積み重ね，水域の水生植物分布調査とあわせて諏訪湖の水生植物の分布現況の資料構築を図りたい．

文　献

1）長野県諏訪地域振興局（2023）諏訪湖創生ビジョン（令和5年3月改訂版）．長野県諏訪地域振興局．

2）Kato S., Shiga T., Yamanouchi T. & Nishihiro J.（2024）Database of aquatic macrophytes in japanese lakes. Ecol. Res. 39: 368–379.

3）諏訪の自然誌・陸水編 編集委員会（1981） 諏訪の自然誌・陸水編. 諏訪教育会,諏訪.

4）諏訪の自然誌・植物編 編集委員会（1982） 諏訪の自然誌・植物編. 諏訪教育会,諏訪.

5）水産試験場諏訪支場（2024）諏訪湖におけるヒシおよび水生植物の分布調査．長野県（編）「令和5年度諏訪湖創生ビジョン推進事業調査結果報告書」，pp. 54–59.

6）米倉浩司・梶田忠（2003-） 「BG Plants 和名−学名インデックス」(YList)，http://ylist.info.

7）環境省（2014）我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト（生態系被害防止外来種リスト），https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/iaslist.html（2025年12月確認）．

8）環境省（2025）第5次レッドリスト（植物・菌類），https://www.env.go.jp/press/press_04578.html（2025年12月確認）．

9）長野県環境部自然保護課・長野県環境保全研究所自然環境部（2014）長野県版レッドリスト - 長野県の絶滅のおそれのある野生動植物- 植物編. 長野県.

10）谷城勝弘（2007）カヤツリグサ科入門図鑑. 全国農村教育協会, 東京.

Current Distribution of Aquatic Macrophytes around Lake Suwa

Masaaki OZEKI[1], Shinji MIYASAKA[2], Hirofumi TSUTSUI[2], Yumiko KODAIRA[2, 3], Masayuki YAGYU[2], Satoshi KITANO[2]

1 Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan

2 Nagano Prefecture Lake Suwa Environmental Research Center, 4-11-51 Gongen-cho, Osachi, Okaya, Nagano 394-0081, Japan

3 Present address: Nagano Prefecture Shoen Water Supply Management Office, 5225-1 Motoyama, Soga, Shiojiri, Nagano 399-6461, Japan

附表　調査で確認された水生植物.

レッドリスト欄の記号は，CR：絶滅危惧 IA 類，EN：絶滅危惧 IB 類，VU：絶滅危惧 II 類，NT：純絶滅危惧を示す.

No.	科名	和名 学名	生態特性	レッドリスト	
				環境省（2025）	長野県（2014）
1	ハゴロモモ科	ハゴロモモ（外来種） *Cabomba caroliniana* A.Gray	沈水植物		
2	スイレン科	コウホネ *Nuphar japonica* DC. f. *japonica*	沈水・浮葉・抽水植物		NT
3	スイレン科	園芸スイレン（外来種） *Nymphaea* cvs.	浮葉植物		
4	サトイモ科	ウキクサ *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.	浮遊植物		
5	オモダカ科	ヘラオモダカ *Alisma canaliculatum* A.Braun et C.D.Bouché ex Sam. var. *canaliculatum*	抽水植物		
6	オモダカ科	サジオモダカ *Alisma plantago-aquatica* L. var. *orientale* Sam.	抽水植物		CR
7	オモダカ科	オモダカ *Sagittaria trifolia* L.	抽水植物		
8	トチカガミ科	コカナダモ（外来種） *Elodea nuttallii* (Planch.) St.John	沈水植物		
9	トチカガミ科	クロモ *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle	沈水植物		CR
10	トチカガミ科	セキショウモ *Vallisneria asiatica* Miki	沈水植物		EN
11	ヒルムシロ科	エビモ *Potamogeton crispus* L.	沈水植物		
12	ヒルムシロ科	ホソバミズヒキモ *Potamogeton octandrus* Poir.	沈水・浮葉植物		NT
13	ヒルムシロ科	ヒロハノエビモ *Potamogeton perfoliatus* L.	沈水植物		VU
14	ヒルムシロ科	ササバモ *Potamogeton wrightii* Morong	沈水・浮葉植物		EN
15	アヤメ科	キショウブ（外来種） *Iris pseudacorus* L.	抽水植物		
16	ミズアオイ科	ミズアオイ *Monochoria korsakowii* Regel et Maack	抽水植物	NT	CR
17	ミズアオイ科	コナギ *Monochoria vaginalis* (Burm.f.) C.Presl ex Kunth	抽水植物		
18	ガマ科	ヒメガマ *Typha angustifolia* L.	抽水植物		
19	ガマ科	ガマ *Typha latifolia* L.	抽水植物		
20	ミクリ科	ミクリ *Sparganium erectum* L.	抽水植物	NT	VU
21	イグサ科	イグサ *Juncus decipiens* (Buchenau) Nakai	抽水植物		
22	カヤツリグサ科	ウキヤガラ *Bolboschoenus fluviatilis* (Torr.) Soják subsp. *yagara* (Ohwi) T.Koyama	抽水植物		
23	カヤツリグサ科	タマガヤツリ *Cyperus difformis* L.	湿生植物		
24	カヤツリグサ科	ホソミキンガヤツリ（外来種） *Cyperus engelmannii* Steud.	湿生植物		

25	カヤツリグサ科	ヌマガヤツリ *Cyperus glomeratus* L.	湿生植物	EN
26	カヤツリグサ科	ウシクグ *Cyperus orthostachyus* Franch. et Sav.	湿生植物	
27	カヤツリグサ科	カワラスガナ *Cyperus sanguinolentus* Vahl	湿生植物	
28	カヤツリグサ科	マツバイ *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. et Schult. var. *longiseta* Svenson	抽水植物	
29	カヤツリグサ科	クログワイ *Eleocharis kuroguwai* Ohwi	抽水植物	
30	カヤツリグサ科	ヒメヒラテンツキ *Fimbristylis autumnalis* (L.) Roem. et Schult.	湿生植物	NT
31	カヤツリグサ科	ヒデリコ *Fimbristylis littoralis* Gaudich.	湿生植物	
32	カヤツリグサ科	ホタルイ *Schoenoplectus hotarui* (Ohwi) Holub	抽水植物	
33	カヤツリグサ科	イヌホタルイ *Schoenoplectus juncoides* (Roxb.) Palla	抽水植物	
34	カヤツリグサ科	フトイ *Schoenoplectus tabernaemontani* (C.C.Gmel.) Palla	抽水植物	
35	カヤツリグサ科	カンガレイ *Schoenoplectus triangulatus* (Roxb.) Soják	抽水植物	
36	カヤツリグサ科	サンカクイ *Schoenoplectus triqueter* (L.) Palla	抽水植物	
37	カヤツリグサ科	アブラガヤ *Scirpus wichurae* Boeck.	湿生植物	
38	イネ科	オギ *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth.	湿生植物	
39	イネ科	クサヨシ（外来種） *Phalaris arundinacea* L.	抽水植物	
40	イネ科	ヨシ *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.	抽水植物	
41	イネ科	ツルヨシ *Phragmites japonicus* Steud.	抽水植物	
42	イネ科	マコモ *Zizania latifolia* (Griseb.) Turcz. ex Stapf	抽水植物	
43	マツモ科	マツモ *Ceratophyllum demersum* L.	沈水植物	EN
44	ハス科	ハス *Nelumbo nucifera* Gaertn.	抽水植物	
45	アリノトウグサ科	ホザキノフサモ *Myriophyllum spicatum* L.	沈水植物	
46	マメ科	ネムノキ *Albizia julibrissin* Durazz. var. *julibrissin*	湿生植物	
47	クルミ科	オニグルミ *Juglans mandshurica* Maxim. var. *sachalinensis* (Komatsu) Kitam.	湿生植物	
48	ウリ科	ゴキヅル *Actinostemma tenerum* Griff.	湿生植物	
49	ヤナギ科	ネコヤナギ *Salix gracilistyla* Miq. var. *gracilistyla*	湿生植物	
50	ヤナギ科	オノエヤナギ *Salix udensis* Trautv. et C.A.Mey.	湿生植物	
51	ミソハギ科	ミソハギ *Lythrum anceps* (Koehne) Makino	湿生植物	
52	ミソハギ科	ヒシ *Trapa japonica* Flerow	浮葉植物	

53	アカバナ科	チョウジタデ *Ludwigia epilobioides* Maxim. subsp. *epilobioides*	湿生植物	
54	タデ科	サナエタデ *Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre var. *incana* (Roth) H.Hara	湿生植物	
55	タデ科	ミゾソバ *Persicaria thunbergii* (Siebold et Zucc.) H.Gross var. *thunbergii*	湿生植物	
56	シソ科	ハッカ *Mentha canadensis* L.	湿生植物	
57	ミツガシワ科	アサザ *Nymphoides peltata* (S.G.Gmel.) Kuntze	浮葉植物	VU
58	キク科	アメリカセンダングサ（外来種） *Bidens frondosa* L.	湿生植物	
59	セリ科	ドクゼリ *Cicuta virosa* L.	抽水植物	

諏訪湖に流入する上川流域の水質濃度 ～2006 年値と 2024 年値との比較～

三木誠道[1,2]・宮澤正徳[1]・小平由美子[1,2]

2024年 11月に，諏訪湖へ流入する上川流域の 14地点で水質測定を行った．全窒素濃度は 0.20～2.05 mg L-1，全リン濃度は 0.013～0.053 mg L-1であった．また，全窒素濃度は上川へ左岸側から流入する支流のほうが上川の右岸側から流入する支流よりも高い傾向が認められたが，全リン濃度には左岸側の支流と右岸側の支流で差がみられなかった．2006 年の調査の結果と比較すると，全窒素濃度は 10 地点で減少し，全地点平均で 7%の減少であった．また，全リン濃度は 12 地点で減少し，全地点平均で 31%の減少であった．

キーワード：全窒素，全リン

1　はじめに

高度経済成長期の諏訪湖では，産業排水や生活排水の流入により富栄養化が進行した結果，1960 年代から 1980 年代頃まではアオコが大量に発生して大きな社会問題となった[1]．その後，流域下水道終末処理場が設置されたことや工場・事業場の排水規制，農地への対策を行った結果，諏訪湖に流入する汚濁物質は減少した[2]．現在では諏訪湖内の全窒素の濃度は環境基準値(0.6 mg L-1)よりもやや高い値ではあるが改善傾向であり，全リンの濃度は環境基準(0.050 mg L-1)未満の値になっている[2]．また，長野県が実施している公共用水域常時監視業務の結果を見ると，諏訪湖の主要流入河川のひとつである上川を含め他の測定地点において，全窒素，全リンなどの濃度は長期的には減少傾向にある[3](図 1)．

最近 20 年程度の水質調査についてみると，上川流域全域を対象としたまとまった調査は 2006 年度以降行われていない．そこで本研究では，上川流域の汚濁物質の現状把握を目的として，2006 年度の長野県調査[4,5]と同様の調査を行い，水質の変化について検討した．

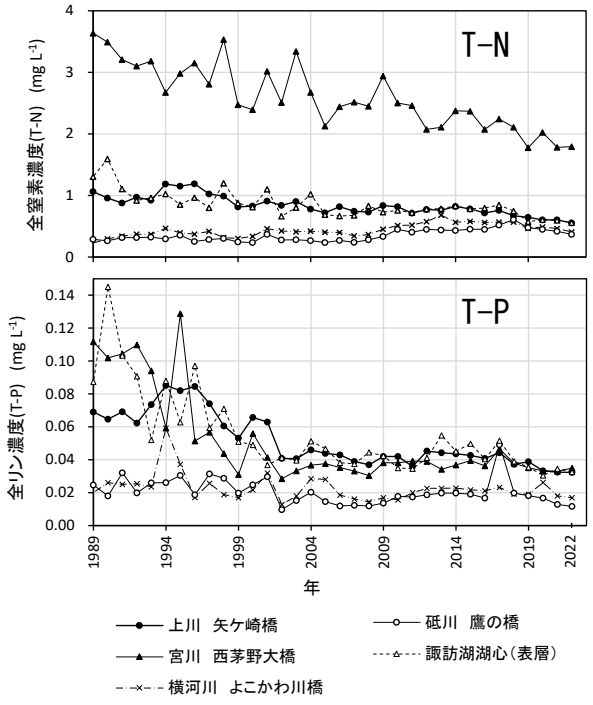


図 1　諏訪湖内と諏訪湖流入河川の全窒素濃度(T-N)と全リン濃度(T-P)の経年変化

2　方法

2.1　調査地の概要

長野県の中央に位置する諏訪湖は，周囲 15.9 km，面積 13.3 km2 の県内最大の湖で流域面積は約 531 km2である．湖に流入する河川は 31 河川，流出する河川は天竜川の 1 河川である．今回調査対象とした上川流域の面積は約 252 km2と諏訪湖に流入する河川流域のなかで最大であり，諏訪湖への全窒素と全リン等の流入を考えるうえで重要な位置を占める．この研究では，上川の各支流の水質の変化を把握する目的で，本流及び支流に合計 14 地点(K1－

1　長野県諏訪湖環境研究センター　〒394-0081　岡谷市長地権現町 4-11-51
2　現：長野県企業局松塩水道用水管理事務所　〒399-6461　塩尻市大字宗賀字本山 5225-1

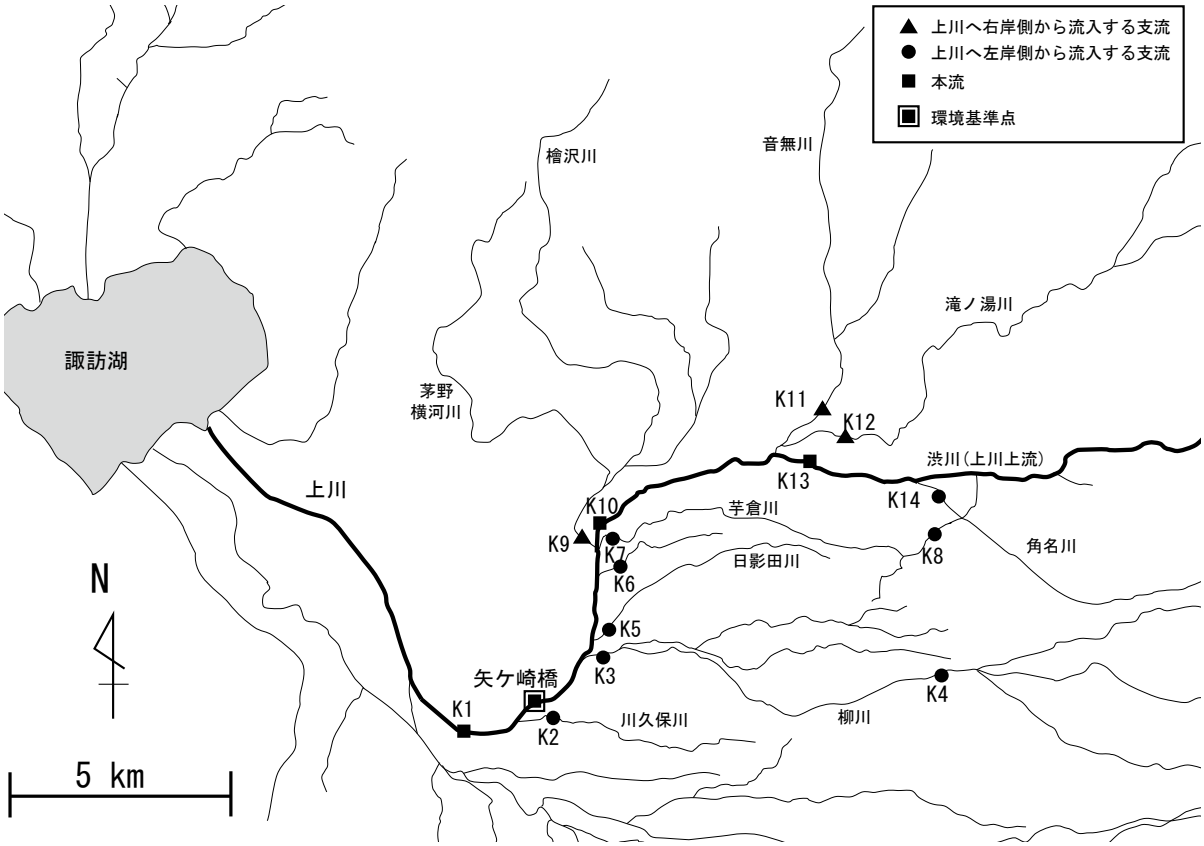


図 2　調査地点の位置

表 1　上川流域における調査地点の位置，物理環境，現地での水質測定値

区分	地点記号	河川・支流名	緯度N (° ' ")	経度E (° ' ")	標高 (m)		川幅 (m)	水深 (m)	流速 ($m\ s^{-1}$)	流量 ($m^3\ day^{-1}$)	水温 (℃) 2006/10/4 *1	水温 (℃) 2006/12/6 *1	水温 (℃) 2024/11/7	pH 2006/10/4 *1	pH 2006/12/6 *1	pH 2024/11/7	電気伝導率 ($mS\ m^{-1}$) 2006/10/4 *1	電気伝導率 ($mS\ m^{-1}$) 2006/12/6 *1	電気伝導率 ($mS\ m^{-1}$) 2024/11/7
上川　本流	K1	上川	35° 59' 25"	138° 09' 10"	783	左岸側	14.10	0.70	1.22	1,040,000	17.0	4.8	9.6	7.5	7.4	7.1	15.3	16.3	13.7
						右岸側	13.20	0.74	1.65	696,000									
	K10	上川	36° 01' 23"	138° 10' 39"	859		9.90	0.71	0.97	587,000	17.8	6.8	10.3	7.7	7.5	7.8	16.1	18.0	14.7
	K13	渋川（上川上流）	36° 01' 58"	138° 13' 19"	955		6.15	0.58	1.10	339,000	15.5	5.5	9.7	6.8	7.2	7.4	19.4	21.3	18.9
上川へ左岸側から流入する支流	K2	川久保川	35° 59' 28"	138° 09' 44"	798		5.30	0.14	0.74	47,200	16.8	4.2	9.9	7.5	7.3	7.2	19.2	16.7	19.1
	K3	柳川（下流）	36° 00' 14"	138° 10' 45"	834	左岸側	4.50	0.31	0.51	61,800	16.9	4.5	8.6	7.7	7.5	7.2	18.4	18.0	14.9
						右岸側	3.10	0.50	1.65	221,000									
	K4	柳川（上流）	36° 00' 03"	138° 14' 50"	1,092		4.20	0.57	1.22	253,000	13.3	4.2	7.0	5.0	5.1	7.2	19.6	17.5	14.1
	K5	日陰田川	36° 00' 20"	138° 10' 36"	831		4.90	0.15	1.19	75,700	17.7	6.3	11.3	7.9	7.6	7.8	22.4	22.0	22.4
	K6	名称不明	36° 00' 45"	138° 10' 37"	842		2.80	0.03	0.97	7,070	18.0	6.5	11.1	7.9	7.7	7.6	18.9	19.1	17.7
	K7	芋倉川（下流）	36° 01' 20"	138° 10' 44"	861		1.97	0.11	1.87	35,000	17.4	6.4	11.3	7.9	7.8	7.5	24.0	21.7	19.3
	K8	芋倉川（上流）	36° 01' 25"	138° 14' 47"	1,082		2.05	0.03	0.54	2,840	14.2	6.2	7.8	6.9	7.5	7.1	19.4	19.4	22.5
	K14	角名川	36° 01' 44"	138° 14' 37"	1,029		3.30	0.25	0.58	41,300	15.3	5.6	9.6	6.9	7.2	7.4	17.4	15.4	15.4
上川へ右岸側から流入する支流	K9	茅野横河川	36° 01' 16"	138° 10' 34"	855		5.52	0.66	1.82	573,000	15.9	8.3	11.0	7.3	7.7	7.5	6.8	7.2	5.7
	K11	音無川	36° 02' 24"	138° 13' 07"	949		7.15	0.40	1.38	341,000	15.9	7.5	10.2	7.4	7.7	7.8	11.0	10.3	6.1
	K12	滝ノ湯川	36° 02' 17"	138° 13' 27"	962		4.80	0.95	0.30	119,000	14.9	6.0	9.8	7.2	7.5	7.5	18.2	18.9	18.1

*1 : 長野県(2007)による測定値

K14)で調査を実施した(図 2, 表 1). なお, これらの地点は, 2006 年度の長野県調査[4),5)]の採水地点とおおむね一致していたが, K8 のみが 2006 年度調査よりも約 400 m 上流であった.

2.2　採水および水質分析

2024 年 11 月 7 日に, 各調査地点(K1－K14)で調査を行った(図 2). 調査当日の天候は晴れで, 増水や濁り等の影響は見られず平水状態であった.

現場では流心または川岸でバケツにより 1 L 以上を採水し, 水質分析用の試料として 500 mL をポリエチレン製ボトルに保存した後に, pH(JIS K0102-12　pH, TOA DKK 製 WM-32EP), 電気伝導率(JIS K0102-13　電気伝導率, TOA DKK 製 WM-32EP), 水温を測定した. また, 流量($m^3\ s^{-1}$)を算出するため, 河川の複数の箇所で流速, 川幅, 水深を測定した(JIS K0094 8.4 流速計による測定, または昭和 46 年 9 月 30 日付け環水管第 30 号環境省水質保全局通達水質

調査方法 四(1)カ　浮木測定)．流量は，流速と川幅と水深を掛け，河川断面の形状を現地での測定に基づき三角形または四角形に近似して求めた．試料を持ち帰った後，全窒素濃度(JIS K0102-2 17.3　酸化分解-紫外線吸光光度法)と全リン濃度(JIS K0102-2 18.4　ペルオキソ二硫酸カリウム分解法)を測定した．

2.3　2006 年測定値との比較

長野県調査 [4),5)]の水質測定結果を確認したところ，11 月に近い時期としては 10月4日および 12月6日に採水を行っていた．そこで，10 月から 12 月にかけて水質濃度が直線的に変化したと仮定して，2006 年の 10 月と 12 月の平均値を 2024 年 11 月測定値と比較した．なお，10 月から 12 月にかけて水質濃度が直線的に変化したという仮定は，常時監視を実施している環境基準点(上川　矢ケ崎橋)の 10 年間(2013 年から 2022 年) [3)]の月別値をみると，比較的妥当と思われる(図 3)．

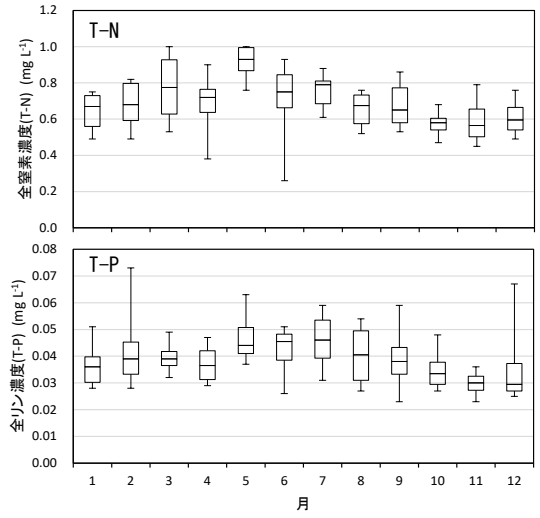


図 3　環境基準点(上川 矢ケ崎橋)の全窒素濃度(T-N)と全リン濃度(T-P)の月別値(2013 年から 2022 年)

3　結果及び考察

3.1　2024 年の水質測定値

測定結果を図 4，表 1，表 2 に示す．

今回調査した 14 地点では，pH が 7.1(地点 K1, K8)～7.8(地点 K5，K10，K11)，電気伝導率が 5.7 mS m^{-1} (地点 K9)～22.5 mS m^{-1} (地点 K8)の範囲にあった(表 1)．また，汚濁負荷指標となる全窒素濃度は 0.20 mg L^{-1}(地点 K4)～2.05 mg L^{-1}(地点 K2)，全リン濃度は 0.013 mg L^{-1}(地点 K11)～0.053 mg L^{-1}(地点 K13)の範囲にあった(表 2)．

全窒素濃度は，地点によって大きく異なっており，上川へ左岸側から流入する支流のほうが上川へ右岸側から流入する支流より高い傾向が認められた(*Welch* の *t* 検定，t=2.65，p<0.05)(図 4，表 2)．土地利用種別のデータ [6),7)](表3)に基づき上川左岸側と上川右岸側の土地利用を比較すると，左岸側は森林，田，建物用地，その他の農用地(主に畑地)の割合が多いのに対し，右岸側は森林と荒地の割合が多い．上川流域には窒素肥料の施肥をする葉茎菜類の栽培地や水田が多いため [8)]，農地の多寡が左岸側の支流と右岸側の支流の全窒素濃度の相違に影響したと考えられた．一方，全リン濃度については，左岸側の支流と右岸側の支流の間で有意な差は認められなかった(*Welch* の *t* 検定，t=0.84，p>0.05)(図 4，表 2)．

同一流程に複数地点がある場合には，全窒素，全リンともに，下流地点ほど濃度が高かった(地点 K3 ＞地点 K4，地点 K7＞地点 K8)(図 4，表 2)．

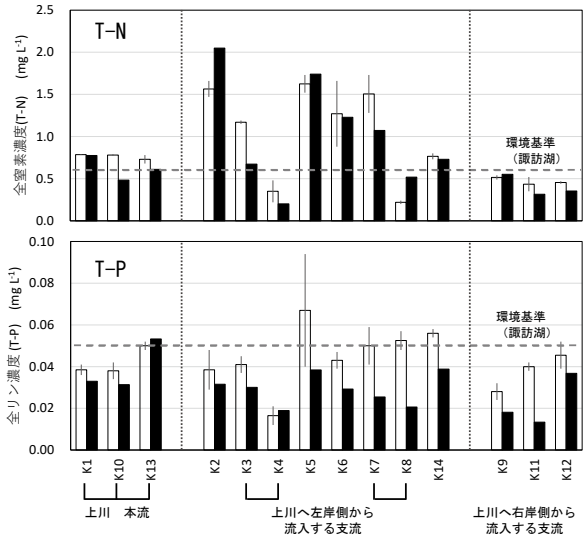


図 4　各調査地点における全窒素濃度(T-N)と全リン濃度(T-P)の 2006 年 10 月および 12 月(白棒)と 2024 年 11 月(黒棒)との比較
(白棒の線は最大値－最小値)

3.2　2006 年と 2024 年の比較

2006 年と 2024 年の pH，電気伝導率，全窒素，全リンの値を比較した．その結果，pH は地点 K4 を除いた 13 地点で 2006 年と 2024 年は同程度の値であった(表 1)．2006 年当時に，地点 K4 の pH が 5.0

表 2　上川流域における全窒素濃度(T-N)，全リン濃度(T-P)，流量

区分	地点記号	河川・支流名	全窒素濃度(T-N) (mg L^{-1})				全リン濃度(T-P) (mg L^{-1})				流量 (m^3 day^{-1})			
			2006/10/4 *1	2006/12/6 *1	2024/11/7	対過去調査比率(%)*2	2006/10/4 *1	2006/12/6 *1	2024/11/7	対過去調査比率(%)*2	2006/10/4 *1	2006/12/6 *1	2024/11/7	対過去調査比率(%)*2
上川　本流	K1	上川	0.78	0.79	0.78	99	0.041	0.036	0.033	86	814,000	611,000	1,740,000	**244**
	K10	上川	0.79	0.77	0.48	62	0.042	0.034	0.031	83	118,000	113,000	587,000	**508**
	K13	渋川（上川上流）	0.68	0.78	0.61	84	0.052	0.048	0.053	**107**	138,000	107,000	339,000	**277**
上川へ左岸側から流入する支流	K2	川久保川	1.66	1.47	2.05	**131**	0.048	0.029	0.032	82	85,100	48,200	47,200	71
	K3	柳川（下流）	1.19	1.15	0.67	57	0.045	0.037	0.030	73	104,000	105,000	283,000	**271**
	K4	柳川（上流）	0.48	0.22	0.20	58	0.021	0.012	0.019	**115**	59,700	135,000	253,000	**260**
	K5	日陰田川	1.52	1.73	1.74	**107**	0.094	0.040	0.038	57	67,500	48,200	75,700	**131**
	K6	名称不明	1.66	0.88	1.23	97	0.047	0.039	0.029	68	20,800	25,900	7,070	30
	K7	芋倉川（下流）	1.28	1.73	1.07	71	0.059	0.041	0.025	51	56,100	6,730	35,000	**111**
	K8	芋倉川（上流）	0.20	0.24	0.52	**236**	0.057	0.048	0.021	39	61,200	49,500	2,840	5
	K14	角名川	0.80	0.73	0.73	95	0.054	0.058	0.039	69	40,600	45,300	41,300	96
上川へ右岸側から流入する支流	K9	茅野横河川	0.54	0.49	0.55	**107**	0.032	0.024	0.018	65	147,000	86,900	573,000	**490**
	K11	音無川	0.52	0.35	0.32	73	0.042	0.038	0.013	33	101,000	84,400	341,000	**368**
	K12	滝ノ湯川	0.47	0.44	0.35	78	0.052	0.039	0.037	81	70,100	167,000	119,000	**100**
		全地点平均	0.90	0.84	0.81	93	0.049	0.037	0.030	69				

*1：長野県（2007）による測定値

*2：「2024年測定値／（2006年10月4日と2006年12月6日の平均値）」を対過去調査比率とした。100%を超える値を太字として示した。

表 3　採水地点の流域の土地利用

河川グループ	地点番号	河川名	流域面積(ha)	土地利用種ごとの面積割合(%)						
			総計	田	その他の農用地	荒地	建物用地	その他の用地	ゴルフ場	森林
上川へ左岸側から流入する支流	K2	川久保川	398	48.5	8.8	0.3	31.9	4.5		6.0
	K3	柳川（下流）	5381	7.0	6.4	5.2	6.2	0.6	1.4	73.2
	K5	日陰田川	692	31.5	19.5	0.3	16.5	1.3	2.5	28.5
	K6	名称不明	171	23.4	19.9		40.9			15.8
	K7	芋倉川（下流）	255	32.9	23.9		22.7	0.8		19.6
	K14	角名川	1333	4.6	8.9	3.2	4.1	0.2	3.1	76.1
		小計	8230	11.8	8.8	3.9	9.2	0.8	1.6	63.8
上川へ右岸側から流入する支流	K9	茅野横河川	3919	3.5	3.8	13.6	1.7	0.5	0.9	76.1
	K11	音無川	2922	4.7	0.7	7.7	4.2	6.0		76.7
	K12	滝ノ湯川	3611	0.6	0.6	6.0	5.0	1.5	1.2	85.0
		小計	10452	2.8	1.8	9.3	3.5	2.4	0.8	79.4

地点K3, K5, K7, K14, K9, K11, K12：農研機構 河川土地利用算定プログラム(QJRB)で求めた。
地点K2, K6：国土交通省細分メッシュデータを印刷し、紙上の面積から求めた。

～5.1 と極端に低かった理由について長野県調査 [4),5)] には記述がなく，原因は不明である．電気伝導率は，2006 年と 2024 年で同程度の値であった(表 1)．

2024 年の全窒素濃度は，14 地点中 10 地点で 2006 年より減少，4 地点(K2，K5，K8，K9)で増加したが，両年の濃度の間には有意な差は認められなかった(対応のある t 検定，t=0.89，p>0.05)(図 4，表 2)．一般的に，河川の窒素濃度は，面源である農地面積，窒素肥料の使用状況等に影響を受けるが [9)]，長野県ではエコファーマー認定制度等の施策展開による減肥が進められており [2)] 施肥量が極端に増加することは考えにくい．今後，これら増加地点の水質モニタリングを継続して，増加傾向の一貫性を確かめるとともに，要因を特定していく必要がある．

一方，2024 年の全リン濃度は 14 地点中 12 地点で 2006 年よりも低下しており，両年の平均値には有意差があった(対応のある t 検定，t=4.46，p<0.01)(図 4，表 2)．増加した地点も，増加幅は小さかった．この結果は，全リン濃度が改善してきた諏訪湖の傾向 [2)] と一致する．要因としては，諏訪湖が指定湖沼に指定され，工場・事業場の排水規制，農地への対策を行った結果が表れたためであると思われる．なお，地点 K13 の全リン濃度が比較的高いことから，採水地点の上流部にリンの排出源があると思われる．

4　まとめ

2024年に上川流域の14地点で水質を測定したところ，全窒素濃度は上川左岸側の支流のほうが上川右岸側の支流よりも高い傾向が認められたが，全リン濃度には左岸側の支流と右岸側の支流で差がみられなかった．

2006年の結果と比べると，全窒素濃度は多くの地点で減少していたが，増加している地点もあった．一方，全リン濃度はほとんどの地点で低下していた．濃度の増加した原因や土地利用との関連については，今後の検討課題である．

文　献

1）沖野外輝夫・花里孝幸(2005)山岳科学叢書 3 アオコが消えた諏訪湖－人と生き物のドラマ，沖野外輝夫･花里孝幸(編著)，信濃毎日新聞社，長野県，29pp.

2）長野県諏訪地域振興局，諏訪湖創生ビジョン：https://www.pref.nagano.lg.jp/suwachi/suwachi-kikaku/vision/vision.html(2026年3月確認)

3）長野県，河川・湖沼等の水質測定結果：https://www.pref.nagano.lg.jp/mizutaiki/kurashi/shizen/suishitsu/kasen/index.html(2026年3月確認)

4）吉田富美雄・柳町信吾・堀順一・渡辺哲子・佐々木一敏・飯田幸雄(2009)諏訪湖流入河川汚濁負荷実態調査，全国環境研会誌，34(2):pp.57-64.

5）長野県(2007)平成 18 年度　諏訪湖流入河川汚濁実態調査，諏訪保健所・環境保全研究所，長野県.

6）国立研究開発法人 農業･食品産業技術総合研究機構，河川上流域土地利用算定ツール(QJRB)：https://www.naro.go.jp/project/results/5th_laboratory/niaes/2022/niaes22_s10.html(2026年3月確認)

7）国土交通省，国土数値情報・土地利用細分メッシュデータ：https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b-2021.html(2026年3月確認)

8）JA信州諏訪，信州諏訪の農作物：https://www.ja-suwa.iijan.or.jp/grow(2026年3月確認)

9）山本浩一・小林卓也・清水達雄・橘治国(2001)酪農・畑作地帯の河川への地下水流出量推定と河川水質の変動特性，環境工学研究論文集，38:187-196.

Water Concentration of Kamigawa River Drainage in 2024: Comparison of 2006 and 2024 values

Seido MIKI[1, 2], Masanori MIYAZAWA[1], Yumiko KODAIRA[1,2]

1　Research and Studies Department, Nagano Prefecture Lake Suwa Environmental Research Center, 4-11-51 Gongen-Cho, Osachi, Okaya, Nagano 394-0081, Japan

2　Present address: Nagano Prefecture Shoen Water Supply Management Office, 5255-1 Motoyama, Soga, Shiojiri, Nagano 399-6461, Japan

Key words：　total nitrogen,　total phosphorus

Abstract

Nutrient and other water quality concentrations of Kamigawa river, a major tributary of Lake Suwa, were studied in November 2024. Total nitrogen concentrations at the right bank points of Kamigawa river　were higher than at the left bank points, but total phosphorus concentrations were indistinguishable between the right and left bank points.

Compared to the results in fiscal year 2006, there were many points where the total nitrogen concentration had decreased, but some points where the concentration had increased. On the other hand, the total phosphorus values had decreased at most points.

－　他誌投稿論文等要旨　－

千曲川水系および関川水系のドジョウ集団内における遺伝的撹乱の現状

Genetic status of wild loach population (*Misgurnus anguillicaudatus*) in the paddy fields area of the Chikuma River and Seki River basins, Nagano Prefecture

熊川真二*・下山 諒*・黒田真道*・植木悠登*・北野 聡
Kumakawa S*, Shimoyama R*, Kuroda M*, Ueki Y* and Kitano S

千曲川水系および関川水系で採集された 37 地点・180 個体のドジョウを用いて核 DNA マーカーによる遺伝的系統判別を行い、形態的判別の精度についても検証した。ドジョウ種内 3 系統のうち、日本在来の A 系統が 4 個体（2.2 %）、日本在来の B-1 系統が 36 個体（20.0 %）、中国大陸由来の B-2 系統が 99 個体（55.0 %）確認され、各系統間の交雑個体として A 系統と B-1 系統間の交雑個体が 5 個体（2.8 %）、B-1 系統と B-2 系統間の交雑個体が 35 個体（19.4 %）、A 系統と B-2 系統間の交雑個体が 1 個体（0.6 %）確認された。交雑個体の多い地域では形態からの系統判別は不可能であり、遺伝的な方法で系統判別を行う必要がある。千曲川上中流域に B-2 系統の中国系ドジョウが広範囲に拡散した背景には、長野県の伝統的な魚食文化との関わりがあると考えられた。

長野水試研報，(24): 5-17(2025)

Benefits of Aquatic Vegetation for Fish in an Ecosystem Dominated by an Invasive Piscivore

Miles I Peterson*, Yoichi Kondo*, Naoya Wada*, Yoshiaki Tsuda* and Satoshi Kitano

（2026 年 5 月 30 日付長野県プレスリリース「豊富な水草は多くの小魚を育む：野尻湖で水草帯を利用する魚の生態を明らかにしました」より抜粋）一般に湖の水草帯は小魚の生息空間として重要だと考えられていますが、魚類による利用や行動の実態は未解明でした。そこで、近年水草が復元しつつある野尻湖の沿岸帯において、水草量と魚類個体数との関係や魚の行動（採餌・捕食回避）を調べました。調査の結果、水草が多い環境ほど在来魚（主にヨシノボリ稚魚）、外来魚（主にブルーギル稚魚）ともに密度が高い傾向がありました。また、行動解析により、水草の中で小魚は、大型の捕食者（主にコクチバス）を効果的に避け、採餌行動を変化させることがわかりました。

Freshw Biol, 70: e70045. https://doi.org/10.1111/fwb.70045 (2025)

---

* 長野県諏訪湖環境研究センターではない機関に所属する者

穿孔性のカゲロウ目幼虫における特殊な大顎構造の機能形態学的再検討：マイクロ CT と３D 形態計測法による解析

Revisiting the functional morphology of mandibular tusks in burrowing mayfly larvae (Insecta: Ephemeroptera): analysis using micro-computed tomography and 3D morphometrics

Alfredo Mayorga*・Changseob Lim*・谷野宏樹・Yeon Jae Bae*
Mayorga A*, Lim C*, Yano K, Bae YJ*

論文概要：カゲロウ目昆虫の幼虫では、顎に牙のような大顎（mandibular tusk）を有するものが知られている。この大顎は水中で土や流木などに穿孔するために用いられており、この大顎の形態と穿孔の能力との間に関係があるものと考えられてきた。本研究では、この立体的な構造を比較するためにμCT を用いた三次元での形態比較を行うことで、既知のカゲロウ目の系統と mandibular tusk の形態との関係性について検討した。この結果、カゲロウ目における mandibular tusk の形態はそれぞれの環境に適応的な平行進化を遂げた可能性が示唆された。一方で、mandibular tusk の湾曲には系統による制約もあることが考えられる。近年の研究では mandibular tusk が闘争行動に用いられる例も報告されており、制約を受けながらも環境と種間競争が影響して形態が形成されたことが想定される。

Zoological Journal of the Linnean Society, 205(1)：zlaf122 (2025)

* 長野県諏訪湖環境研究センターではない機関に所属する者

昆虫の多様性調査のための eDNA メタバーコーディング：多様化した昆虫類の系統を対象とした現況と将来的な応用について

Environmental DNA metabarcoding for insect biodiversity surveys: current status and future prospects for potential applications in highly diverse insect taxa

竹中將起*・内田典子*・長谷部勇太*・谷野宏樹・上木岳*
Takenaka M*, Uchida N*, Hasebe Y*, Yano K, Ueki G*

論文概要：特に昆虫を対象とした環境 DNA 解析を対象として 82 本の論文をレビューすることで、その現況と課題、将来的な展望について議論した。昆虫類を対象とした環境 DNA 解析では、データベースが充実していることや変異が多く種の判別が容易であるといった利点から、ミトコンドリア DNA の COI 領域が多く用いられてきた。一方で、COI は変異がかなり多いために昆虫特異的なプライマー設計が難しく、昆虫以外を増幅することや、一部の昆虫が増幅できないといった問題が知られる。対照的に、ミトコンドリアの 16S rRNA を利用する場合には特異性が高いものの、データベースが COI ほど充実していない点が課題である。データベースの整備に際しては、地域特異的なデータベースにより環境 DNA の検出感度が高まることが分かった。本論文では生物地理学的研究のレビューも行うことで、遺伝的背景に基づくデータベース整備の区画についても提唱した。

Entomological Science, 29(1)：e12616 (2025)

* 長野県諏訪湖環境研究センターではない機関に所属する者

諏訪湖環境研究センター研究報告 投稿規程

1　投稿（掲載）内容

諏訪湖環境研究センター(以下「センター」という。）が係わる、水環境保全、環境教育等に関する研究についての報告を掲載する。なお、これらは未発表及び未投稿のものに限る。

2　投稿者の資格

センター職員及び共同研究者

3　研究報告の投稿区分

1 に係る総説、原著論文、研究ノート、資料、報告とする。また、全体の資料として当該年度における他誌投稿論文要旨を掲載する。

(1)　総説：特定の課題について著者の研究を中心に述べ、広く他人の説を紹介するもの
(2)　原著論文：科学的研究の成果として、新しい知見や結果を有し完成度の高いもの
(3)　研究ノート：原著論文ほどの完成度は有さないが、新しい知見や結果を有するもの
(4)　資料：新しい結果や知見は有さないが、その結果やデータが掲載に値するもの
(5)　報告：事実の記載を主眼とし、知り得た事柄の要点を結論として記したもの
(6)　他誌投稿論文要旨：他誌の著作権を侵害しないように作成、編集したもの

4　校 閲

原稿は環境保全研究所と合同で設置する編集委員会によって校閲を受ける。編集委員会は論文の内容等に関して投稿者に原稿の修正を求めることができる。また、原稿の採否は編集委員会において決定する。

5　原稿の作成

(1)　原稿の本文は原則として日本語とし、MSWordを用い作成する。
(2)　3 (1)～(5)の原稿はＡ４版縦向きとし、１ページ23 文字×45 行とする。本文にはページ番号及び行番号を付ける。
(3)　3 (6)の原稿はＡ４版縦向きとし、１ページ48文字×45 行×１段組とする。
(4)　その他詳細は原稿執筆要領によるものとする。

6　原稿の提出と編集

投稿者は所属部長に原稿の確認を受け、編集委員会事務局または編集委員に電子データで提出する。提出された原稿の掲載順序、掲載区分等は編集委員会で決定するものとする。

7　印刷時の校正

著者校正は原則として初校のみとし、軽微な修正を除き校正時の内容の変更は認めない。

8　研究報告の公開

(1)　研究報告に掲載した論文は、原則として以下のとおり公開するものとする。
ア　センター専用ウェブサイトに全文を掲載する。
イ　一般の求めに応じて、コピーまたは電子データ（PDF ファイル）により全文を提供する。
ウ　公的データベースへ登録する。
(2)　著者は (1)ア～ウの内容に同意し、承諾書（別紙）を編集委員会事務局に提出する。

9　その他

その他必要な事項は編集委員会で協議する。

附則
この投稿規程は令和７年10月８日から施行する。

原稿執筆要領

研究報告投稿規程５に基づく原稿の執筆要領は次のとおりとする。

１　用語とページ制限

文体は口語体で現代仮名使いとし、原則として常用漢字を使用する（学術用語、地名、人名等はこの限りでない）。また、図、表等を含めた刷り上がりページ数（本文１ページは23 字×45 行　２段組）は原則として総説は16 ページ以内、原著論文は10ページ以内、研究ノートは7ページ以内、報告及び資料は6ページ以内とする。資料については必要な附図、附表等の追加を認める。

ただし、これによらない場合は、執筆者は原稿を作成した時点で編集委員会に協議するものとする。

２　原稿の構成

構成は以下のとおりとする。

(1) MSWordで提出する場合

ア　表題、著者名、欧文表題、欧文著者名、著者の所属（1、2 の記号を用い記載）を１ページ目に記載する。

イ　和文要旨とキーワードを２ページ目に記載する。

ウ　欧文要旨、欧文キーワードを３ページ目に記載する。

但し、研究ノートにあってはウを、資料及び報告はイ、ウを省略してもよい。

エ　本文は表題、要旨等とは別のページとする。

・句読点は「，」及び「．」を用いる。
・数字は原則としてアラビア数字を用い半角表示とする。
・数量の単位記号は原則として国際単位系（SI単位）を用いる。
・生物の和名はカタカナ書きとし、学名はイタリック体とする。
・微生物の和名等は微生物用語集に従う。
・用語を略記するときは原則として初出時に正式名称を記載し、略記することを明記する。
・項目を細別するときは見出し符号を次の順序で用いる。

１、1．1、1．1．1　（ゴシック体）　(1)、（2）・・・

オ　謝辞及び付記がある場合は本文の最後に１行空けて記載する。

カ　（引用）文献は本文中引用箇所に[1)，2)，1)～6)]のように記載し、本文とは別のページに引用順に記載する。

・雑誌、刊行物の略名は逐次刊行物所蔵目録（科学技術振興機構）又はJournal of Communicationの標準略称（ISO4）等に従って記載する。

{引用例}　○雑誌の場合

1）長野○男・松本○子（2008）表題，雑誌名，巻（号）：15-17
2) Ambrose, S. H., and DeNiro M. J. (1986) African human diet reconstruction using bonecollagen carbon and nitrogen isotope rations. Nature 319:321–324

○書籍の場合

3）環境省（2009）環境白書平成○年版（大蔵省印刷局）：50-55
4）大原 雅（2015）植物生態学，海游舎，東京，337pp.（一部引用の場合：pp.187-195）

○ホームページの場合

5）環境省，表題：http：//www.～（2009年○月確認）

キ　図表は個々に別ページとする。なお、図表は原則として刷り上がり幅7.5cm（半ページ）又は16cm（全ページ）以内の大きさとする。ただし、図については上下左右にある程度の余白をとる。

図表ごとに図（表）１、図（表）２のように通し番号を付け、表題、説明文等とともに本文とは別ページにまとめて記載し、挿入位置を本文中に朱書きする。

ク　図表は原則としてExcel、GIF、JPEGなどの元のファイルを提出する。

ケ　原稿の校閲が終了後、指定の様式に割付けて提出する。

(2) 指定した様式で提出する場合

ア　指定した様式に割り付けて提出する。その他は２(1)ア~カに従う。

イ　図表は本文中に張付け、表題、説明文等は図表内に記載せず本文中に記載する。なお、図表は原則として刷り上がり幅7.5cm（半ページ）又は16cm（全ページ）以内の大きさとする。ただし、図については上下左右にある程度の余白をとる。

ウ　図表は原則としてExcel、GIF、JPEGなどの元のファイルを提出する。

３　その他

その他、必要事項については編集委員会で決定する。

編 集 委 員 会

委 員 長　春日真由美
委　　員　篠田友加　小林慶子
内山友里恵　小山和志
仙波道則
事 務 局　長野県環境保全研究所
企画総務部企画情報課

長野県諏訪湖環境研究センター 研究報告 第１号

発行日　2026 年 10 月 30 日
発行者　長野県諏訪湖環境研究センター
岡谷市長地権現町 4-11-51
Tel. 0266-78-0151
lskanken@pref.nagano.lg.jp