

湧水が湯ノ湖水質形成に与える影響に関する研究（第2報）

水環境部
金原 悠祐 秋山 貴善 阿久津 友規¹
千野根 純子 杉山 麻衣子¹ 大門 麻里子
(¹前保健環境センター)

1 はじめに

これまで、湯ノ湖は流入水量における湧水量の割合が大きいため、湧水の栄養塩類等の濃度が低くても湖沼水質に与える影響が相対的に大きい^{1),2)}と報告した。また、湧水と湖水との水温差が水温躍層の形成や酸素循環など湖内環境の形成に大きな影響を及ぼすと考えられている。しかし、湧水の位置が湖底等であること及び広範囲に分布していることから、その水質や量の正確な把握は困難であり、これまで湖岸に露出している湧水（北西湧水）のみを湧水の水質としてきた。

前報³⁾では、北西湧水に加え、新たに北東湧水及び南岸湧水の水質を調査し、各水質を把握するため解析を行い、併せて汚濁負荷量を試算したが、本報では、さらに経年変化等を確認するため、前報に引き続き調査を行ったので報告する。

2 方法等

2.1 採水方法

北西湧水、南岸湧水、St. 8、白根沢、大どぶ、処理場放流水、温泉水及び温泉排水は直接容器へ採水し、北東湧水と湖水は船上からバンドーン採水器により採水した。

2.2 調査内容

- 地 点 湧 水：北西、北東及び南岸湧水
 - 湖 水：湯ノ湖 St. 4、St. 5、St. 6
 - 流出水：湯ノ湖 St. 8
 - 流入水：白根沢、大どぶ、処理場放流水、
温泉水及び温泉排水
- 採水日：令和6（2024）年6月27日、8月29日、
10月22日及び12月5日
- 項 目：水素イオン濃度指数（pH）、電気伝導度（EC）、
アルカリ度、無機イオン、栄養塩類、鉄、マンガン、砒素、
化学的酸素要求量（COD）、全有機体炭素（TOC）及び流量

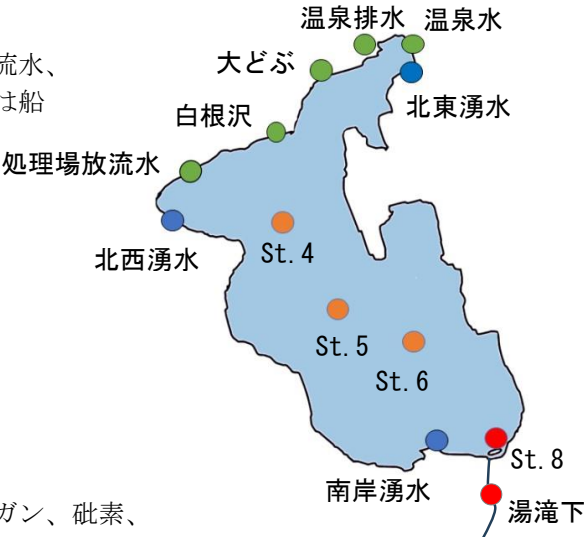


図1 採水地点

2.3 解析

ヘキサダイアグラムは、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、塩化物イオン、硫酸イオン及び炭酸水素イオンのイオン当量を求めて作成した。

クラスター解析は、ヘキサダイアグラムの項目を網羅し、湖沼の汚濁に影響を与える栄養塩類と温泉水の流入の影響を考慮することを目的として砒素を加え実施した。項目として、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、塩化物イオン、硫酸イオン、炭酸水素イオン及びリン酸イオンの各無機イオン、全窒素、全リン及び砒素の濃度を用いて、ウォード法による階層クラスターを作成した。

汚濁負荷量は、流量に測定で得られた全窒素濃度、全リン濃度、COD濃度及びTOC濃度を乗じ、1日当たりの負荷量（kg）を求めた。

流入負荷量は、白根沢、大どぶ、処理場放流水、温泉水、温泉排水及び湧水の各負荷量を求めた合計値とし、St. 8の流出負荷量との差から、流入負荷量が流出負荷量を上回る場合は湖内保持、流入負荷量が流出負荷量を下回る場合は湖内生産とした。

なお、本稿では、令和6（2024）年度の調査結果と併せて、令和5（2023）年度の調査結果も含めた2カ年分のデータについて解析を行った。令和5（2023）年度の調査結果は前報³⁾のとおりである。

3 結果

3.1 各地点における水質分析結果

表1から表4に各地点における 令和6(2024)年6月、8月、10月及び12月の水質分析結果を示す。

湧水3地点を比較すると、北西湧水は硝酸イオン濃度が高く、南岸湧水はリン酸イオン濃度及びマンガン濃度が高い傾向にあった。これは、令和5(2023)年度の結果と同様である。

表1 令和6(2024)年6月における水質分析結果

採取場所	pH	EC mS/m	HC03 ²⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	TN mg/L	TP mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	As mg/L	COD mg/L	TOC mg/L
St4表層	8.3	20	46	12	1.8	<0.02	2.3	15	7.0	<0.02	0.08	32	<0.003	0.11	0.024	<0.10	0.03	0.008	1.8	0.6
St4底層	7.1	24	52	14	1.9	0.16	2.4	17	8.6	<0.02	0.23	32	<0.003	0.41	0.033	<0.10	0.17	0.007	1.7	0.6
St5表層	8.2	18	46	12	1.8	<0.02	2.3	16	6.8	<0.02	0.07	32	<0.003	0.19	0.024	<0.10	0.03	0.009	1.6	0.6
St5底層	6.9	23	67	17	2.4	1.0	2.4	19	11	<0.02	<0.02	28	0.012	1.1	0.10	<0.10	0.69	0.009	2.2	0.6
St6表層	8.3	17	46	12	1.8	<0.02	2.3	15	6.7	<0.02	0.07	31	<0.003	0.16	0.020	<0.10	0.02	0.008	1.9	0.6
St6底層	7.2	19	67	14	2.3	1.7	2.2	17	8.6	<0.02	<0.02	23	0.13	1.9	0.095	0.2	1.0	<0.001	3.8	0.8
北西湧水	7.1	14	36	7.6	0.99	<0.02	2.5	13	1.8	<0.02	2.5	29	0.027	0.57	0.015	<0.10	<0.01	0.001	0.6	<0.1
北東湧水	7.3	10	29	6.3	1.2	<0.02	1.2	7.6	3.1	<0.02	1.2	12	0.030	1.6	0.017	<0.10	0.02	0.006	<0.5	0.2
南岸湧水	7.3	13	67	7.6	1.7	0.44	4.1	9.7	5.4	<0.02	0.04	0.91	0.41	0.33	0.16	0.1	0.35	0.005	1.1	0.3
白根沢	8.2	26	122	8.4	0.95	<0.02	7.8	32	1.2	<0.02	1.0	34	0.027	0.28	0.014	<0.10	<0.01	0.002	0.6	0.3
大どぶ	7.6	40	79	32	4.5	0.11	2.6	39	22	<0.02	1.2	85	0.098	0.42	0.035	<0.10	0.31	0.061	2.5	0.7
処理場放流水	7.8	91	92	110	14	<0.02	3.6	100	73	<0.02	5.3	360	0.083	1.4	0.065	<0.10	0.01	0.030	2.4	1.1
St. 8	8.2	17	46	12	1.8	<0.02	2.3	16	6.7	<0.02	0.04	31	0.004	0.13	0.023	<0.10	0.03	0.009	2.0	0.7
温泉水	6.5	100	183	130	15	0.47	4.0	80	100	<0.02	0.08	200	0.36	0.70	0.12	0.1	1.0	0.083	5.8	1.0
温泉排水	6.0	180	51	250	27	0.47	4.6	160	210	<0.02	<0.02	700	0.012	0.66	0.078	1.6	2.0	0.14	3.3	1.0

表2 令和6(2024)年8月における水質分析結果

採取場所	pH	EC mS/m	HC03 ²⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	TN mg/L	TP mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	As mg/L	COD mg/L	TOC mg/L
St4表層	7.8	20	46	14	2	<0.02	2.4	16	8.5	<0.02	0.32	36	0.008	0.23	0.014	0.008	<0.01	0.009	1.6	0.7
St4底層	6.9	22	65	16	2.2	0.68	2.6	19	11	<0.02	0.07	28	0.005	0.78	0.043	0.01	0.79	0.009	2.5	0.8
St5表層	7.6	17	47	12	1.7	<0.02	2.4	15	6.9	<0.02	0.34	30	<0.003	0.20	0.014	0.013	<0.01	0.009	1.8	0.7
St5底層	6.9	24	87	19	2.6	1.6	2.6	21	13	<0.02	0.03	22	0.110	1.7	0.21	0.8	0.67	0.050	3.9	0.9
St6表層	7.6	16	43	11	1.6	<0.02	2.2	14	6.2	<0.02	0.34	27	0.003	0.22	0.015	0.012	<0.01	0.008	2.2	0.7
St6底層	7.1	21	91	14	2.4	2.8	2.4	17	8.9	<0.02	<0.02	11	1.30	2.6	0.270	1.3	1.0	0.055	4.8	1.3
北西湧水	7.1	14	37	7.4	0.97	<0.02	2.6	13	1.8	<0.02	2.4	28	0.038	0.55	0.019	0	<0.01	0.001	<0.5	<0.1
北東湧水	7.4	11	31	8.2	1.4	<0.02	1.4	8.8	4.6	<0.02	1	17	0.054	0.3	0.022	0.01	0.01	0.007	0.8	0.4
南岸湧水	7.6	11	65	7.6	1.7	0.42	4.4	9.1	5.6	<0.02	<0.02	1.3	0.60	0.33	0.23	0.1	0.33	0.004	0.8	0.3
白根沢	8.2	27	125	8.9	0.97	<0.02	8.2	34	1.7	<0.02	1.2	35	0.037	0.27	0.015	0.002	<0.01	0.004	1.3	0.3
大どぶ	7.7	34	68	27	3.9	0.07	2.1	35	19	<0.02	1.4	74	0.130	0.52	0.069	0.16	0.28	0.059	2.1	0.6
処理場放流水	7.7	98	98	110	14	<0.02	3.8	110	74	<0.02	6.1	340	0.180	1.6	0.085	0.01	<0.01	0.044	2.5	1.1
St. 8	8.1	16	43	11	1.7	<0.02	2.2	14	6.6	<0.02	0.23	28	0.046	0.14	0.010	0.01	<0.01	0.008	1.7	0.7
温泉水	6.5	98	199	130	14	0.29	4.4	80	100	<0.02	<0.02	180	0.39	0.92	0.20	0.1	0.9	0.082	3.6	0.8
温泉排水	6.5	180	325	250	26	0.53	4.9	150	200	<0.02	<0.02	400	0.600	0.74	0.250	0.1	1.7	0.11	13	1.0

表3 令和6(2024)年10月における水質分析結果

採取場所	pH	EC mS/m	HC03 ²⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	TN mg/L	TP mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	As mg/L	COD mg/L	TOC mg/L
St4表層	7.1	18	51	13	1.9	0.140	2.4	17	7.9	<0.02	0.41	29	0.008	0.25	0.03	<0.10	0.12	0.005	1.7	0.6
St4底層	7.1	18	51	13	1.9	0.14	2.5	17	7.6	<0.02	0.6	30	0.012	0.29	0.032	<0.10	0.13	0.005	1.8	0.5
St5表層	7.2	18	51	17	1.9	0.15	2.5	21	7.7	<0.02	0.41	29	0.009	0.23	0.033	<0.10	0.13	0.006	1.7	0.6
St5底層	7.1	22	75	13	2.2	1.1	2.6	16	11	<0.02	0.22	26	0.026	1.0	0.12	0.15	0.63	0.008	2.6	0.6
St6表層	7.2	18	51	14	1.8	0.16	2.4	18	7.5	<0.02	0.38	28	0.009	0.23	0.033	<0.10	0.13	0.006	1.8	0.6
St6底層	7	20	99	5	2.5	3.6	2.4	5	9.1	<0.02	<0.02	6.6	0.48	0.5	0.480	1.1	0.9	0.047	4	1.3
北西湧水	7	14	37	7.8	1	<0.02	2.5	13	2	<0.02	2.5	27	0.027	0.32	0.014	<0.10	0.00	0.001	0.6	<0.1
北東湧水	7.3	7	23	8.8	1.1	<0.02	1.0	6.0	2.0	<0.02	1.4	7.8	0.057	0.1	0.021	<0.10	0.01	0.004	0.7	0.1
南岸湧水	7.4	13	65	8.2	1.8	0.44	4.5	9.8	5.7	<0.02	<0.02	2.1	0.42	0.14	0.25	0.1	0.33	0.005	1.1	0.3
白根沢	8.1	27	126	8.7	1	<0.02	8.6	35	1.3	<0.02	1.0	34	0.010	<0.05	0.008	<0.10	0.006	0.002	1.2	0.5
大どぶ	7.5	46	86	39	5.8	0.2	2.2	49	28	<0.02	1.3	100	0.100	0.36	0.085	<0.10	0.37	0.064	2.6	0.9
処理場放流水	7.6	100	108	120	14	6.1	3.9	120	77	<0.02	5.5	350	0.078	1.2	0.051	<0.10	0.002	0.020	2.7	1.0
St. 8	7.4	18	51	13	1.9	0.15	2.4	17	7.7	<0.02	0.36	29	0.013	0.16	0.028	<0.10	0.12	0.006	2.3	0.6
温泉水	6.6	100	188	130	14	0.22	4.0	83	110	<0.02	0.13	190	0.25	0.25	0.15	<0.10	0.9	0.073	16	0.6
温泉排水	6.6	180	333	0.65	27	0.55	4.5	170	200	<0.02	<0.02	420	0.420	0.47	0.260	<0.10	1.9	0.19	25	0.9

表 4 令和 6 (2024) 年 12 月における水質分析結果

採取場所	pH	EC mS/m	HC03 ²⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	TN mg/L	TP mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	As mg/L	COD mg/L	TOC mg/L
St4表層	7.6	18	47	11	1.9	0.040	2.9	18	7.3	<0.02	1	30	0.033	0.4	0.021	<0.10	0.0548	0.006	1.6	0.7
St4底層	7.6	18	48	13	2	0.05	3	19	7.5	<0.02	1.1	31	0.008	0.75	0.031	<0.10	0.569	0.006	1.4	0.6
St5表層	7.7	18	48	13	1.9	0.04	2.9	19	7.4	<0.02	1.00	30	0.012	0.42	0.020	<0.10	0.05	0.006	1.4	0.6
St5底層	7.7	18	48	12	1.9	0.0	3.1	19	7.3	<0.02	1.00	30	0.011	0.4	0.02	<0.10	0.06	0.006	1.4	0.6
St6表層	7.7	18	48	12	1.9	0.04	2.8	19	7.3	<0.02	0.97	29	0.003	0.42	0.021	<0.10	0.05	0.006	1.7	0.6
St6底層	7.7	18	48	12	1.9	0.04	2.7	18	7.3	<0.02	0.98	30	0.01	0.5	0.024	<0.10	0.1	0.006	1.5	0.7
北西湧水	7	14	38	7.9	1.1	<0.02	2.7	15	2.2	<0.02	2.5	28	0.028	0.51	0.012	<0.10	<0.01	0.001	<0.5	<0.1
北東湧水	7.3	10	29	6	1.2	<0.02	1.6	9.1	2.8	<0.02	1.3	12	0.051	0.3	0.022	<0.10	0.02	0.004	0.5	0.3
南岸湧水	7.6	13	66	7.5	1.8	0.41	5	11.0	5.9	<0.02	0.02	2.6	0.55	0.35	0.17	0.2	0.33	0.006	0.5	0.4
白根沢	8.3	28	127	9	0.99	<0.02	10	37	2.7	<0.02	0.9	35	0.013	0.21	0.031	<0.10	<0.01	0.002	3.1	0.5
大どぶ	7.6	51	95	42	6.7	0.1	3.6	60	31	<0.02	1.1	110	0.097	0.43	0.079	<0.10	0.4816	0.082	1.8	0.6
処理場放流水	7.7	100	105	100	14	<0.02	4.6	130	78	<0.02	8.6	360	0.044	2.1	0.040	<0.10	<0.01	0.014	1	0.7
St. 8	7.8	18	47	13	1.9	0.04	2.8	22	7.3	<0.02	0.98	29	0.008	0.39	0.016	<0.10	0.0538	0.006	1.3	0.7
温泉水	6.6	100	197	140	17	0.22	6.4	100	110	<0.02	0.07	190	0.36	0.54	0.16	0.1	1.0	0.047	2.8	0.7
温泉排水	4.6	190	6	260	28	0.41	9.8	200	210	<0.02	<0.02	730	0.037	0.66	0.590	3.1	2.0	0.21	15.6	1.3

3.2 流量測定結果

表 5 に各地点における流量測定結果を示す。なお、白根沢、大どぶ、温泉排水及び湯滝下の流量はプロペラ式流量計で測定を行ったが、温泉水の流量は福田らの報告²⁾にある温泉水 1 と温泉水 2 の平均値を用い、処理場放流水の流量は日光市下水道課からの聞き取りにより得られた流量を使用した。また、湧水の流量は、湯滝下の流量から白根沢、大どぶ、処理場放流水、温泉水及び温泉排水の流量の合計を差し引いた値とした。

3.3 ヘキサダイアグラムによる水質比較

図 2 から図 5 に、令和 5 (2023) 年度及び令和 6 (2024) 年度における湖水 (St. 5)、流出水 (St. 8)、湧水 3 箇所 (北西湧水、北東湧水及び南岸湧水) 及び流入水 (白根沢、大どぶ、処理場放流水、温泉水及び温泉排水) の水質のヘキサダイアグラムを示す。なお、湖水 (St. 4、St. 5、St. 6) は、各地点において同様の相対比を示していたため、湖心である St. 5 のみ図 2 に示す。また、各地点のヘキサダイアグラムの凡例については図 3 にまとめて示す。

図 2 及び図 3 より湖水と流出水の相対比が類似していた。北東湧水は、湖水及び流出水と相対比が類似しているが、湖底から湧出しており、採水時に湖水と混合していることが否定できない。北西湧水は、比較的湖水及び流出水と類似している相対比を示していた。南岸湧水は、湖水及び流出水とは異なる相対比を示していた。また、流入水のうち大どぶ、処理場放流水、温泉水及び温泉排水の相対比が比較的類似していた。

なお、令和 5 (2023) 年度と令和 6 (2024) 年度の調査結果ともにほぼ同様の傾向を示していた。

表 5 各地点における流量測定結果

	(m ³ /s)			
	令和6年6月	令和6年8月	令和6年10月	令和6年12月
湧水	0.788	0.187	0.422	0.534
白根沢	0.051	0.011	0.017	0.014
大どぶ	0.057	0.020	0.019	0.017
処理場放流水	0.036	0.039	0.039	0.036
温泉水	0.002	0.002	0.002	0.002
温泉排水	3. E-06	1. E-05	1. E-04	4. E-06
湯滝下	0.883	0.248	0.483	0.589

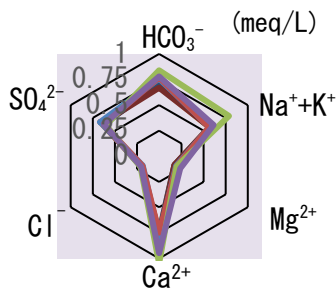


図 2 湖水 (St. 5) のヘキサダイアグラム

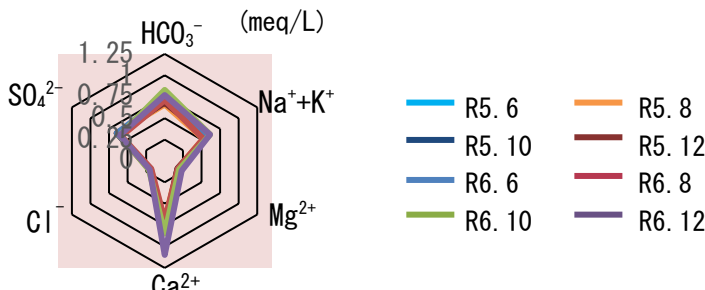


図 3 流出水 (St. 8) のヘキサダイアグラム

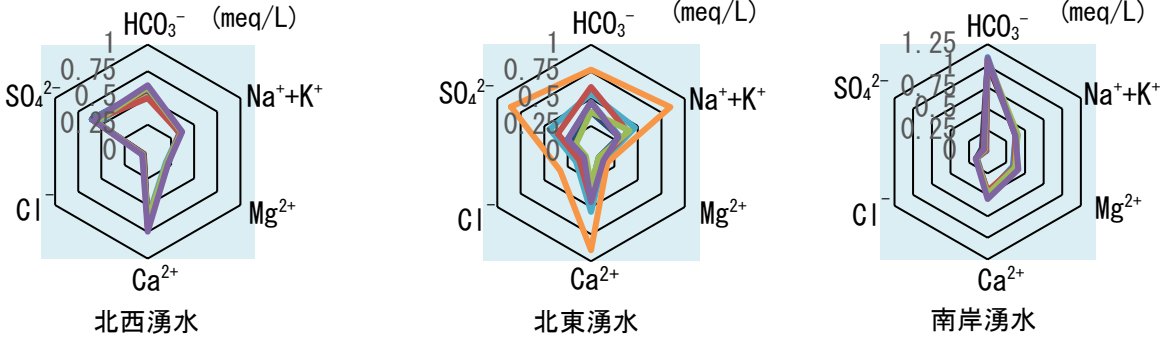


図4 湧水3箇所のヘキサダイアグラム

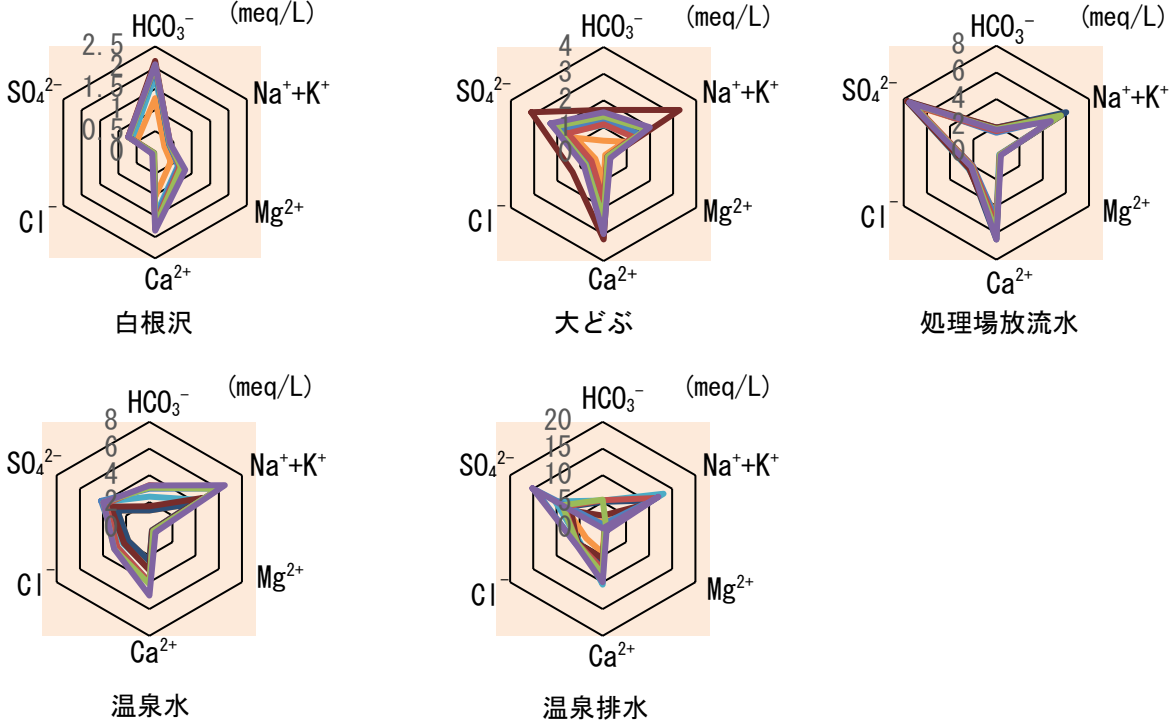


図5 流入水のヘキサダイアグラム

3.4 クラスター解析による水質比較

3.3 で使用した各無機イオン濃度並びにリン酸イオン濃度、全窒素濃度、全リン濃度及び砒素濃度で、クラスター解析を行った。図6及び図7に、令和5年（2023）年、令和6（2024）年の8月（成層期）及び12月（循環期）における水質のデンドログラムを示す。湖水の各地点と流出水は互いに関係性が比較的高く、北西湧水及び北東湧水は湖水の各地点及び流出水と関係性が比較的高かった。南岸湧水は北西湧水及び北東湧水とは関係性が低かった。また、流入水は湖水の各地点、流出水及び湧水各地点とは関係性が低かった。

なお、令和5（2023）年度と令和6（2024）年度の調査結果ともにほぼ同様の傾向を示していた。

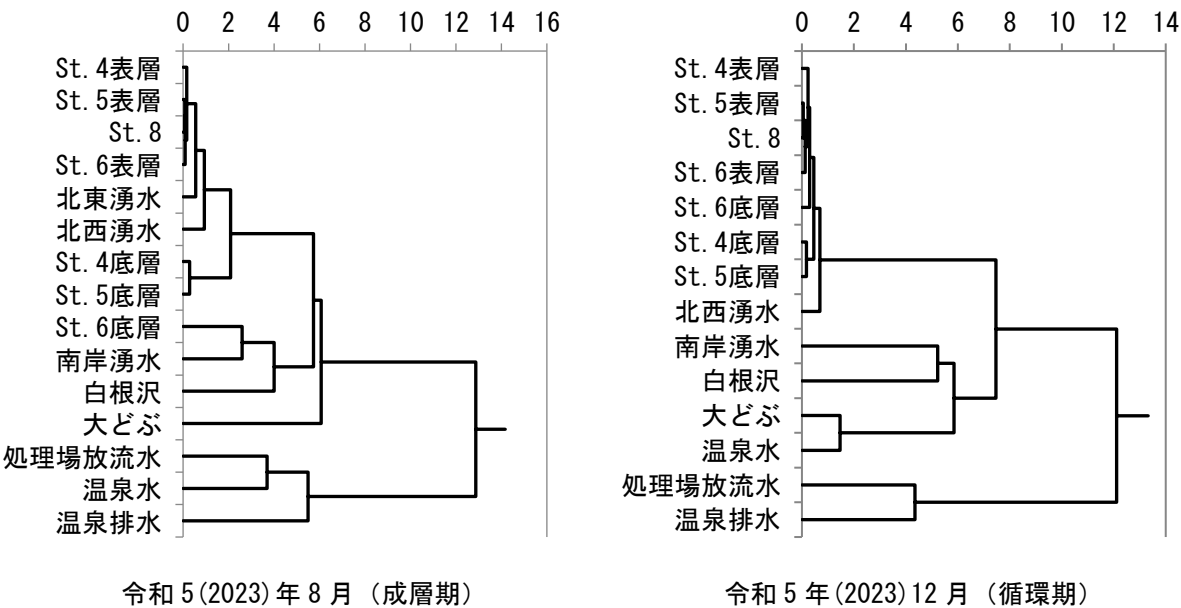


図 6 令和 5 (2023) 年度の各地点におけるクラスター解析による水質のデンドログラム

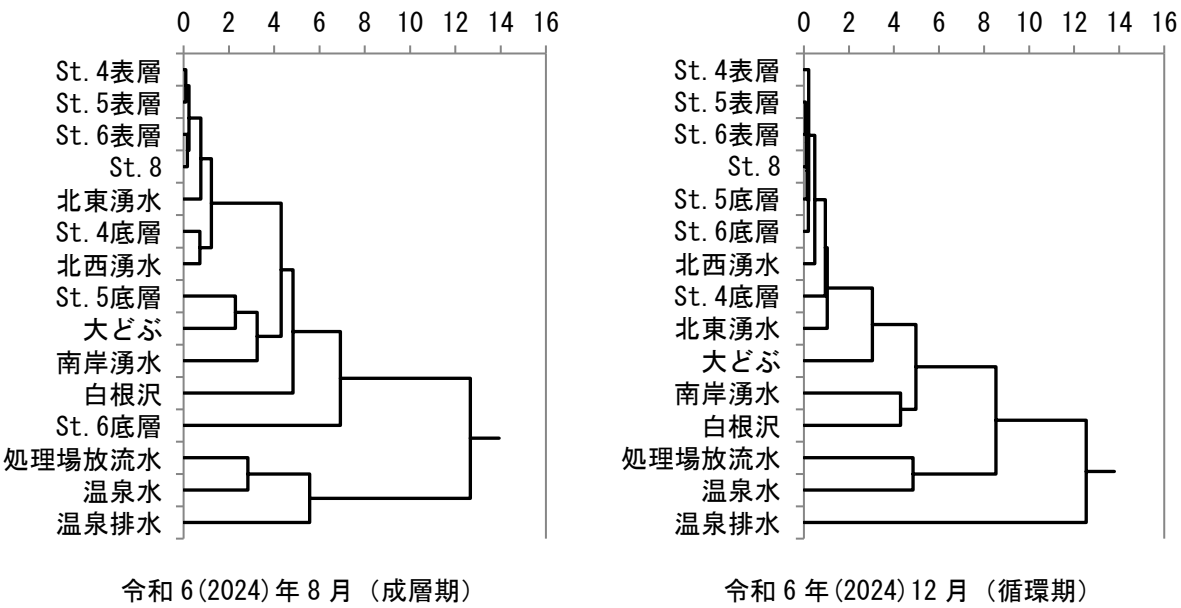


図 7 令和 6 (2024) 年度の各地点におけるクラスター解析による水質のデンドログラム

3.5 汚濁負荷量収支について

図 8 から図 11 に、全窒素、全リン、COD 及び TOC の汚濁負荷量を示す。なお、汚濁負荷量の算出に当たっては、北東湧水及び南岸湧水の湖水への影響が軽微と考えられるため、北西湧水の値を湧水の値とした。全窒素は、いずれの時期においても流入負荷量が流出負荷量を上回り、湖内保持する結果となった。全リンは、令和 5 (2023) 年 6 月、8 月、10 月、令和 6 (2024) 年 8 月及び 12 月において流入負荷量が流出負荷量を上回り湖内保持する結果となり、令和 5 (2023) 年 12 月、令和 6 (2024) 年 6 月及び 10 月において流出負荷量が流入負荷量を上回り湖内生産する結果となった。一方、COD は、令和 5 (2025) 年 8 月で流入負荷量が流出負荷量を上回り湖内保持し、それ以外の時期は流出負荷量が流入負荷量を上回り湖内生産する結果となった。TOC は、いずれの時期においても流出負荷量が流入負荷量を上回り湖内生産する結果となった。

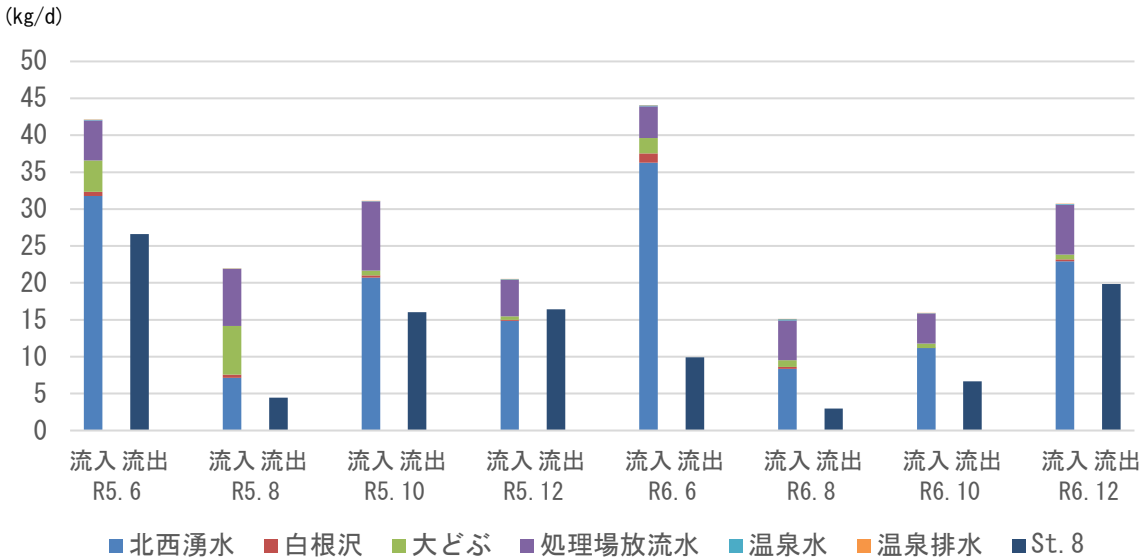


図8 全窒素の汚濁負荷量

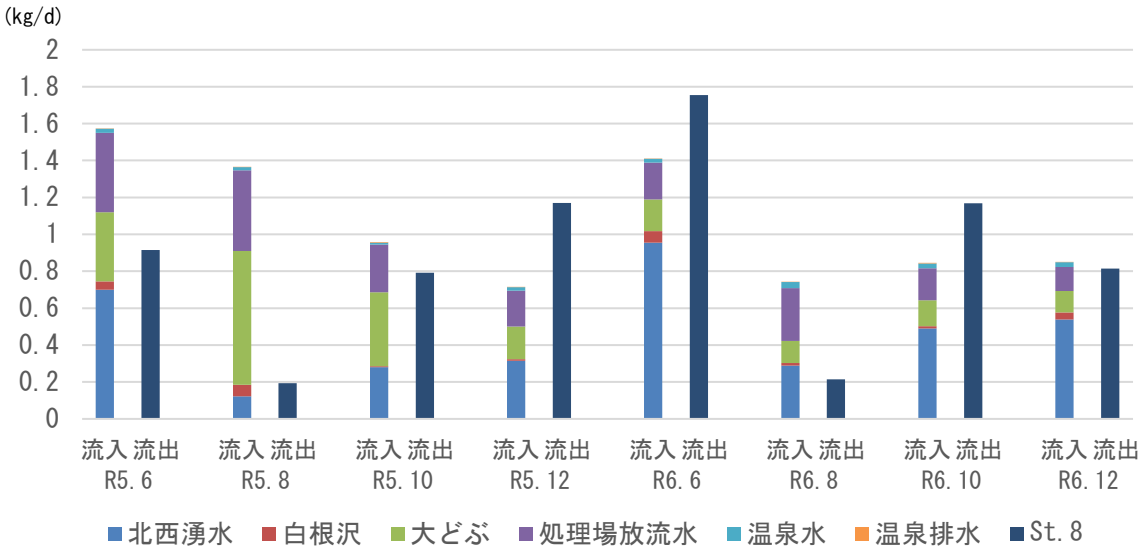


図9 全リンの汚濁負荷量

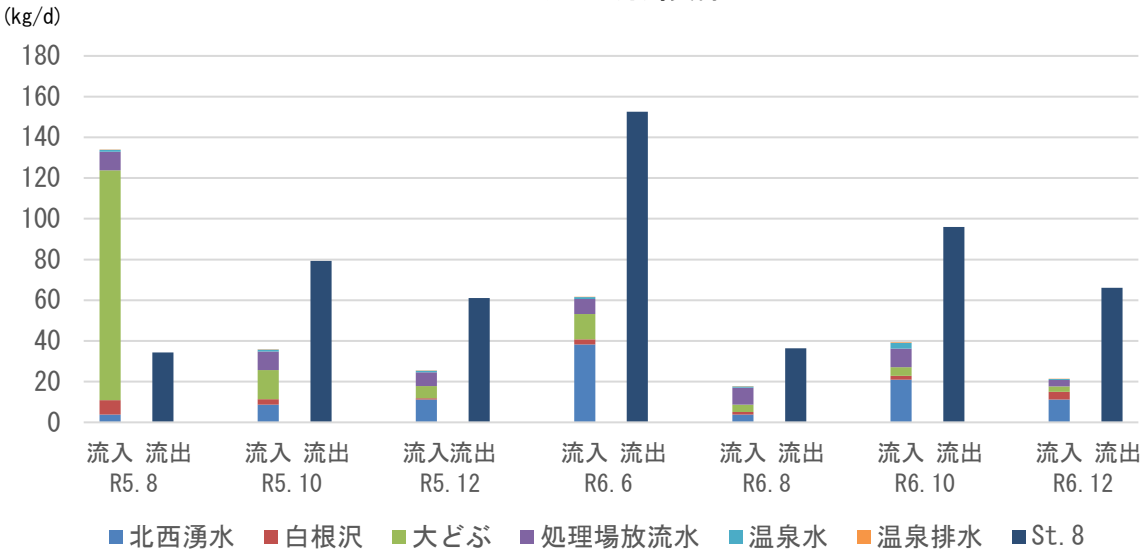


図10 CODの汚濁負荷量

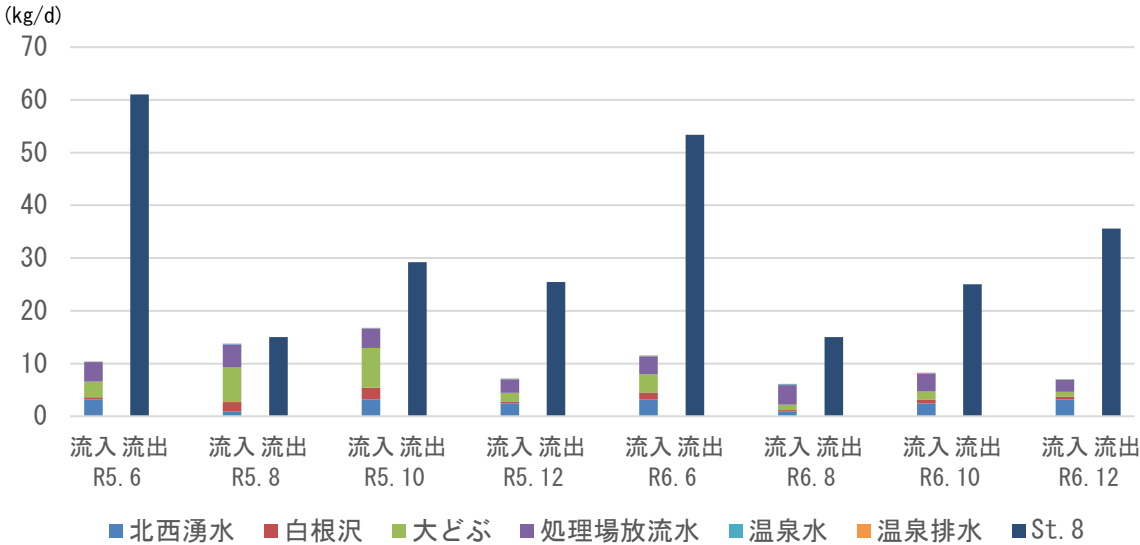


図 11 TOC の汚濁負荷量

4 考察

4.1 ヘキサダイアグラムによる水質比較

湖水はいずれの地点においても、イオン当量の相対比に大きな違いはなく、採水毎の変動も小さく、年間を通して安定していた。

湧水は3箇所では採水しているが、このうち北東湧水の水質の変動が大きい。これまで北東湧水の存在は水中カメラ等での映像で確認しているが、採水時に水流等を確認しておらず、水温やECの鉛直方向の変化で判断して採水している。このため、変動原因が降水等によって湧水水質が変化しているものなのか、湧水を十分採取できていないからなのか判断できず、湧水として評価することは困難と考える。一方、北西湧水及び南岸湧水は、岩等のクラックから直接採取しており、採取毎の変動は小さく年間を通して安定していた。

流入水のうち、処理場放流水、大どぶ、温泉水及び温泉排水は相対比が類似していることから、これらの水質はすべて温泉水の水質が影響を及ぼしていると考えられる。

4.2 クラスタ解析による水質比較

デンドログラムにおいて湖水(St. 4、St. 5、St. 6)と北西湧水及び北東湧水の関係が近いことから湖水水質に対する北西湧水及び北東湧水の影響が大きいこと並びに湖水と流入水の関係が遠いことから流入水の影響が限定的であることが示唆され、ヘキサダイアグラムによる水質比較を支持する結果となった。

南岸湧水は、採水地点(図1)から流出位置であるSt. 8の近傍にあり、さらに、ヘキサダイアグラムの結果により水質が湖水とは大きく異なるため、湖水への影響は限定的であると考えられる。

4.3 汚濁負荷量収支等

全窒素は、すべての時期において、流出負荷量よりも流入負荷量が上回っており、湖内生息の生物による吸収や底質での吸着等で湖内保持が行われていたと考えられる。この結果は福田ら¹⁾の報告と一致している。

全リンは、季節的に見ると令和5(2023)年と令和6(2024)年の8月においては全窒素と同様に、湖内生息の生物による吸収や底質での吸着等で湖内保持が行われていたが、それ以外の時期においては、規則性は見られなかった。

CODは、令和5(2023)年8月を除いて、流入負荷量よりも流出負荷量が上回っており、湖内生産が行われていることが示唆された。令和5(2023)年8月については、採取時に降水があったことが大どぶ及び白根沢のCODの値が高くなった原因と考えられる。

TOCは、すべての時期において、流入負荷量よりも流出負荷量が上回っており、湖内生産が行われていることが示唆された。

5 まとめ

北東湧水は、湖水との混合が否定できず湧水として評価することが困難であった。南岸湧水は、水質的に湖水とは異なる傾向があり、また、地理的關係上湖水に与える影響は軽微であると考えられた。そのため、従来から調査対象としていた北西湧水により汚濁負荷量を算出した結果、COD 及び TOC については、湖内生産の影響が大きいことが示唆され湧水の影響は軽微であると考えられた。

6 謝辞

本研究にあたり、国立研究開発法人国立環境研究所河川湖沼研究室長高津文人氏、同客員研究員三浦真吾氏、栃木県立博物館主任研究員河野重範氏におかれましては、採水、分析等で御協力いただき深謝いたします。また、全国内水面漁業協同組合連合会日光支所長遠藤祐二氏におかれましては、操船等に御尽力いただき厚く御礼申し上げます。

7 参考文献

- 1) 福田悦子他、湯ノ湖水環境保全調査（湯ノ湖流出入水調査編）、栃木県保健環境センター年報第 18 号、69-73、2013.
- 2) 佐々木貞幸他、新環境基準項目（底層 D0 等）のモニタリング手法および評価手法の構築に関する研究（第 3 報）、栃木県保健環境センター年報第 25 号、46-48、2020.
- 3) 桐原広成他、湧水が湯ノ湖水質形成に与える影響に関する研究、栃木県保健環境センター年報第 29 号、37-42、2023.