

ISSN 2760-5914

# 業務年報

第 1 号  
令和 6 年（2024 年）度

Annual Report  
of  
Nagano Prefecture Lake Suwa Environmental Research Center

No. 1 2024

長野県諏訪湖環境研究センター

Nagano Prefecture Lake Suwa Environmental Research Center

## 目次

1.	諏訪湖環境研究センターの概要	
1.1	沿革	1
1.2	組織	
1.2.1	設立趣旨	1
1.2.2	組織及び業務	1
2.	業務の概要	
2.1	主要な業務の一覧	3
2.2	調査研究	
2.2.1	経常研究	4
2.2.2	研究協力	5
2.2.3	研究成果の発表	6
2.3	検査・行政事業	
2.3.1	水質測定計画に基づく検査	7
2.3.2	諏訪湖水質保全計画に基づく調査（諏訪湖創生ビジョン推進事業）	9
2.3.3	野尻湖水質保全計画に基づく調査	10
2.3.4	酸性雨モニタリング（陸水）調査（環境省委託）	10
2.3.5	下水汚泥の利活用に関する調査	11
2.3.6	緊急事案への対応検査	11
2.3.7	他機関からの依頼検査	11
2.3.8	一般依頼検査	11
2.4	学びの支援事業等	
2.4.1	情報発信	12
2.4.2	学びの支援	13
2.4.3	研究・学びのネットワーク	14
2.4.4	その他の支援事業	15
2.5	外部精度管理への参加	15
3.	調査研究事業報告	
	・諏訪湖ヒシ帯に生息する魚類調査	17
	・諏訪湖のヒシ類 <i>Trapa</i> spp. の形態的多様性と遺伝構造との関係性究明に向けた DNA 解析	18
	・ロゼット葉除去によるヒシ繁茂抑制効果調査の試み	21
	・ヒシを中心とした水草帯における細菌、プランクトンの調査	24
	・ドローンを活用した水草分布調査に向けた条件検討	26
	・衛星画像を活用した水草繁茂状況把握手法の開発	28
	・諏訪湖におけるメガネサナエ等トンボ目昆虫の羽化殻調査	30
	・諏訪湖流入河川におけるメガネサナエの成虫モニタリング調査	32
	・野尻湖の鉛直水質測定結果	34
	・野尻湖における水草の回復状況 2014-2022	36
	・化学物質環境実態調査 分析法開発（環境省委託）	39
4.	資料	
4.1	施設	41
4.2	職員	41
4.3	所内研修会	42
4.4	定期購読雑誌	42
4.5	展示	43
4.6	備品	43
4.7	決算	45
4.8	一般依頼検査手数料	46
4.9	太陽光発電の状況	48

## 1. 諏訪湖環境研究センターの概要



## 1.1 沿革

2024(令和6) . 4. 1 環境保全研究所水・土壌環境部及び循環型社会部並びに松本保健福祉事務所検査課  
理化学第一係及び長野保健福祉事務所検査課理化学第一係を統合し、発足

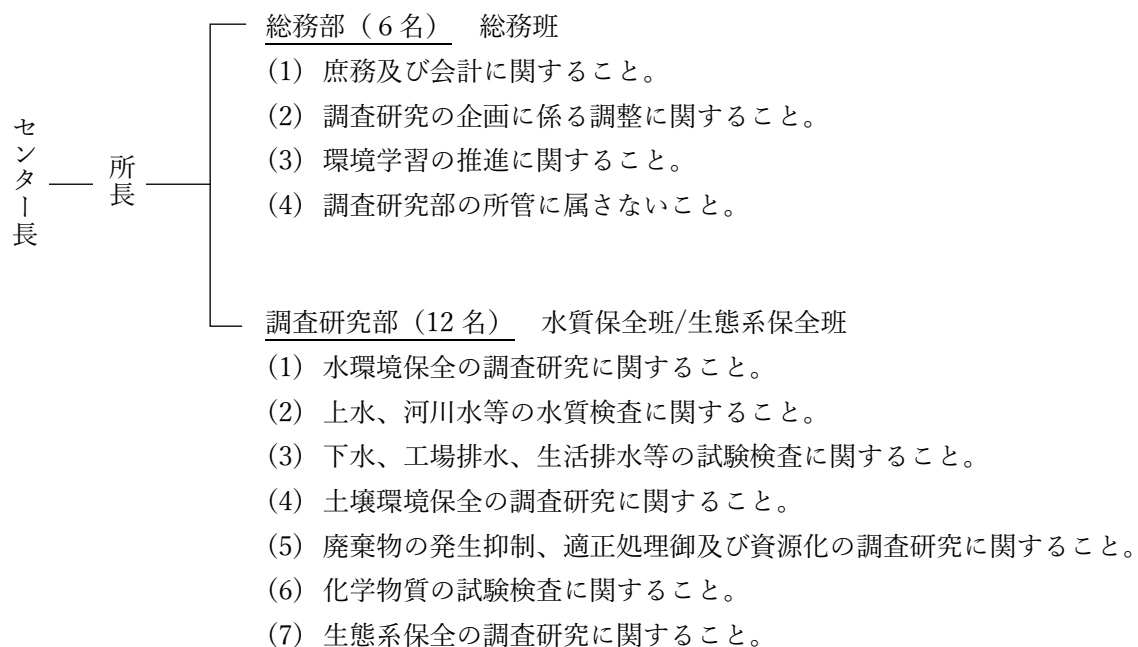
## 1.2 組織

### 1.2.1 設立趣旨

長野県諏訪湖環境研究センターは、水環境の保全に寄与することを目的として、水環境に関する試験検査、調査研究、情報の収集及び提供並びに普及啓発を行うことにより、水環境施策等を推進するところとする。  
(長野県組織規則第149条の2／令和6年改正)

### 1.2.2 組織及び業務（令和6年4月1日現在）

長野県諏訪湖環境研究センター *Nagano Prefecture Lake Suwa Environmental Research Center*



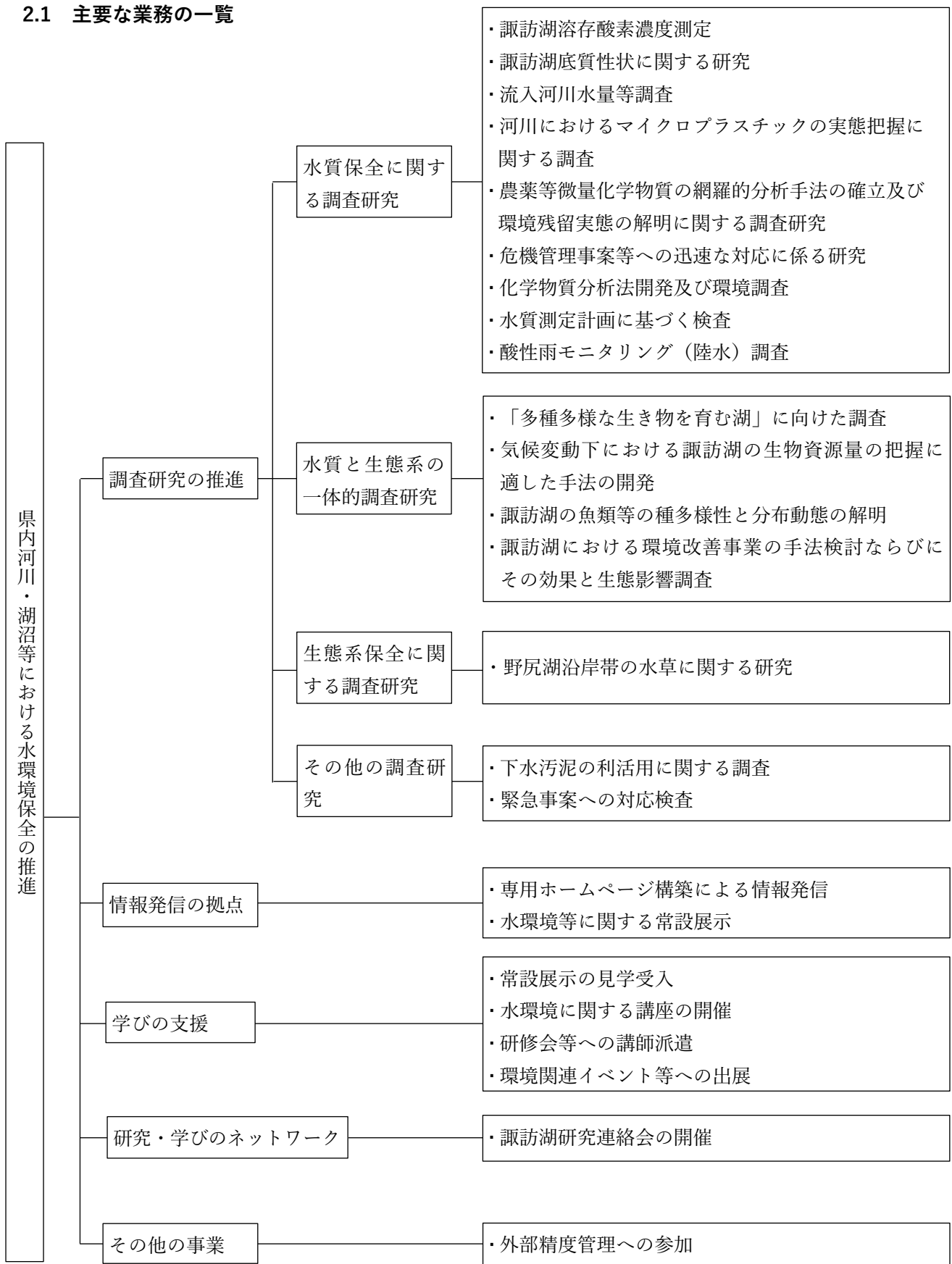


## 2. 業務の概要





## 2.1 主要な業務の一覧



## 2.2 調査研究

### 2.2.1 経常研究

環境保全研究所から引き継いだ研究テーマに加え、生態系保全班の設置等に伴う新たな研究テーマを検討し、表1のとおり実施した。

表1 研究テーマ一覧

研究テーマ（実施期間）	概要	担当者
1 諏訪湖の底質環境の特性と水質・底質の相互作用に関する調査研究 （令和6年度～8年度）	湖沼の水質や生態系など湖沼環境に多大な影響を及ぼす湖底泥と湖水との関係について、水質と底質が相互に与える影響を明らかにするため、底泥への沈降粒子の堆積量、貧酸素発生の要因である底泥酸素消費速度（SOD）、湖水に栄養塩類を供給する底泥溶出量等の実態を把握し、その特性及び関係を評価する。また、底層溶存酸素量（底層 DO）類型指定後の改善状況や長期傾向の把握・評価に向けて、管理指標となる SOD 等のモニタリング手法・体制を構築し、測定データの蓄積を図る。 令和6年度は、湖内2地点で SOD の長期モニタリングを開始し、沈降量、プランクトン動態等の実態把握に向けた調査手法の検討を実施した。	柳町 信吾 宮澤 正徳 小平 由美子 筒井 裕文 宮坂 真司
2 農薬等微量化学物質の網羅的分析手法の確立及び環境残留実態の解明に関する調査研究 （令和5年度～8年度）	環境水中の農薬等の分析について、液体クロマトグラフタンデム型質量分析計（LC/MS/MS）による多成分同時分析法を検討・確立し、分析を効率化・省力化することで、水質汚濁事故発生時など緊急事案発生時における早急な原因究明や、ネオニコチノイド系農薬、有機フッ素化合物（PFAS）など近年検討課題とされている項目に対して円滑な対応を図ることを目的とする。また、確立した分析法を用いて 検討課題項目の環境中の残留実態を調査・把握し、環境リスクを評価する。 令和6年度は、ネオニコチノイド系農薬や PFAS の環境残留実態調査に向けた予備調査を、諏訪湖流入河川 11 地点、湖内3地点で実施した。	清水 健志 柳町 信吾
3 危機管理事案等への迅速な対応に係る研究 （令和4年度～6年度）	危機管理事案への初動対応においては、原因物質の探索に当たり可能な限り多くの種類の化学物質を迅速に測定できる体制を整備することが望ましい。しかし、現行の化学物質の測定手法では標準物質を使用するのが原則であるが、予め多数の標準物質を用意しておくことは現実的に困難である。現在、地環研と国環研とのⅡ型共同研究において、標準物質を用いずに物質の同定と半定量を可能とし、機種にも依存しない全自動同定定量システム（AIQS）の構築と普及が進められている。その継続研究に参画することにより、危機管理事案等への迅速な対応が期待できる AIQS の導入及びそれを活用するための技術の習得を行うとともに、標準物質のデータ収集を分担することでデータライブラリの増強にも貢献する。 令和6年度は、AIQS の測定環境の整備、測定方法や測定装置の信頼性検証を実施した。	三木 誠道 清水 健志 <共同研究機関> 国立環境研究所と 地方環境研究所等 との共同研究（Ⅱ型）参加機関
4 河川におけるマイクロプラスチックの実態把握に関する研究 （令和6年度～9年度）	近年、マイクロプラスチック（MPs）による海洋での汚染が世界的な問題となっている。海域の MPs の起源の8割が陸域からの流出とされており、太平洋、日本海に流れ込む河川を有する本県においても河川等の MPs の実態を把握するとともに、これを情報提供することで県民の「廃棄物の4R」の取組への意識の向上を一層図り、本県から海洋へのプラスチックごみの排出削減に繋げることを目的とする。 令和6年度は、異なる土地利用形態による MPs の流出特性調査に向けた検討と、諏訪湖流入河川における予備調査を実施した。	中山 隆 <共同研究機関> 国立環境研究所と 地方環境研究所等 との共同研究（Ⅱ型）参加機関 信州大学理学部附 属湖沼高地教育研 究センター
5 化学物質分析法開発及び環境調査 （令和6年度～7年度）	有害性の高い化学物質について、環境省が実施している化学物質分析法開発調査の対象物質の中から物質を選定し、分析法が確立していない物質は分析法を開発する。さらに、環境中の実態を把握して化学物質による環境汚染を未然に防止することを目的に実施する。 令和6年度は、マウスで急性毒性が確認されている 1,2,4-ベンゼントリカルボン酸（水質媒体）について、液体クロマトグラフ質量分析計を使用した分析法の開発を行った。	清水 健志

研究テーマ（実施期間）	概要	担当者
6 野尻湖沿岸帯の水草に関する研究 （令和6年度～9年度）	野尻湖では、ソウギョ放流によって一時喪失した水草類が、急速に復元しつつあり、生態系は重要な転換期を迎えている。水草は水質保全に極めて重要な働きを持つため、水草を対象とした継続的なモニタリングが必要とされている。一方、モニタリング継続にあたって、種名が確定していない水草があること、湖全域での量的把握ができていない等の課題も残されている。野尻湖において、水草の復元状況を継続的に把握するとともに、空中・遠隔画像を用いた効率的な調査手法の開発を目指す。 令和6年度は、光量子等の鉛直分布の測定、生育する水草の種類と量の調査、水草種同定用の標本採取を実施した。	小平 由美子 筒井 裕文 北野 聡 <共同研究団体> 野尻湖水草研究会
7 気候変動下における諏訪湖の生物資源量の把握に適した手法の開発 （令和6年度～9年度）	気候変動が進行する中、諏訪湖の水環境を良好な状態に保ち、各種資源を持続的に利用するためには、これまでの水質データに加えて、生物に係るデータ集積が求められている。この研究では、湖沼生態系を構成する生物の資源動態を継続的に把握するための適切な手法を開発し、その実践と検証により、生物モニタリングの体制を確立する。 令和6年度は、クロロフィルa等の鉛直分布の測定、植物プランクトンの組成・密度の調査、底生動物の調査、ヒシ帯を利用する魚類の調査等を実施した。	久保田 伊央里 北野 聡 筒井 裕文 谷野 宏樹 宮坂 真司 小平 由美子 柳町 信吾
8 諏訪湖とその周辺に生息する魚類等の種多様性と分布動態の解明 （令和6年度～9年度）	諏訪湖では在来魚・移植魚を含め 40 種以上の生息記録があるが、ワカサギ等の一部の主要水産種を除き、多くの魚種の分布や空間利用、採餌生態についてはほとんど調査されていない。この研究では、主に環境 DNA 分析手法を用いて、湖全体の魚類群集の種多様性と分布動態を解明する。さらに得られた標本の食性分析からワカサギを含む魚類間の種間関係を把握する。 令和6年度は、環境 DNA 分析用の試料を4月から隔月で湖内6地点、湖岸9地点で採取、抽出作業を実施した。また、諏訪湖創生ビジョンの指標水生動物であるメガネサナエをはじめとしたトンボ類の羽化殻、成虫調査を7～9月に各3回実施し、年変動や種別の羽化殻採取数の比率を分析した。	筒井 裕文 谷野 宏樹 宮坂 真司 北野 聡
9 諏訪湖における環境改善事業の手法の検討ならびにその効果と生態影響調査 （令和6年度～9年度）	諏訪湖における環境改善事業のうち建設部を実施主体としてヒシ刈りや浚渫が実施されているが、それら事業の効果の検証を行い、適正な事業規模の提案を目指すとともに、生態系を含めた環境影響の把握を行う。 令和6年度は、ヒシ類の繁茂がDOや魚類等に与える影響の調査、水草群落が微生物群集に及ぼす影響の有無の調査・解析、ヒシ類の形態的な多様性の測定・分析とそれが遺伝的分化に基づくか否かを把握するための解析に向けた抽出DNAの品質の検討を実施した。	筒井 裕文 谷野 宏樹 宮坂 真司 北野 聡 柳町 信吾
10 「多種多様な生き物を育む湖」に向けた調査 （令和6年度～9年度）	沿岸に造成した覆砂ヤード（H27,H28,R2）を活用し、水産試験場が行う生物モニタリングと連携して、覆砂がシジミ等に及ぼす影響を調査するとともに、諏訪湖全域の植物調査を実施し、諏訪湖の生態系を把握することにより、諏訪湖創生ビジョンの長期ビジョンの1つである「多種多様な生き物を育む湖」を目指す。 令和6年度は、水質調査を7、8、12月に湖内4地点で、底質調査を7、10月に湖内4地点で実施し、覆砂による環境改善効果を確認した。また、空中ドローンや人工衛星画像による水草モニタリング手法の開発を行った。	柳町 信吾 筒井 裕文

## 2.2.2 研究協力

国や大学、他の地方環境研究所等と連携して行った研究で、「2.2.1 経常研究」や「2.4 学びの支援事業等」に含まれないもの。

研究名等	実施主体	期間	役割	職員名
河川におけるマイクロプラスチック実態把握に関する研究	信州大学	R6～R8 年度	研究協力	中山 隆
諏訪湖に季節的に出現するカブトミジンコ <i>Daphnia galeata</i> の消長と食物に関する研究	信州大学	R6～R7 年度	研究協力	筒井 裕文 久保田 伊央里
水域環境が与える陸生昆虫における行動スイッチングへの淘汰圧について	核融合科学研究所	R6 年度	研究分担	谷野 宏樹

## 2.2.3 研究成果の発表

### (1) 学会誌等投稿

著者	題名	誌名	巻（号） ページ	年
Fausch KD*, Morita K*, Tsuboi Ji*, Kanno Y*, Yamamoto S*, Kishi D*, Dunham JB*, Koizumi I*, Hasegawa K*, Inoue M*, Sato T*& Kitano S	The past, present, and a future for native charr in Japan	Ichthyological Research	71, 461-485.	2024
Takenaka M*, Hasebe Y*, Yano K**, Okamoto S*, Tojo K*, Seki M*, Sekiguchi S*, Jitsumasa T*, Morohashi N*, Handa Y*& Sakaba T*	Environmental DNA metabarcoding on aquatic insects: Comparing the primer sets of MtInsects-16S based on the mtDNA 16S and general marker based on the mtDNA COI region	Environmental DNA	6, e588. DOI:10.1002/edn3.588	2024
Peterson MI*& Kitano S	Male guarding behavior and brood predators of invasive Bluegill in a Japanese lake	North American Journal of Fisheries Management	44, 204-215	2024
Nozaki T*, Chikami Y*, Yano K**, Sato R*, Suetsugu K*& Kaneko S*	Lack of successful sexual reproduction suggests the irreversible parthenogenesis in a stick insect	Ecology	106(1), e4522. DOI:10.1002/ecy.4522	2025

\* 当センター職員ではない共同研究者 \*\* 前所属における研究成果

### (2) 学会発表等

発表者	題名	大会名	年月
清水 健志・中山 隆	2,5,8,11-テトラオキサドデカンの分析法開発及び類似物質の同時分析検討	全国環境研協議会関東甲信静支部水質専門部会	2024.10
谷野 宏樹・宮坂 真司・筒井 裕文・北野 聡・福本 匡志*	メガネサナエ <i>Stylurus oculatus</i> 諏訪湖集団の経年変化と雌雄比、羽化殻サイズの時期的な変動について	信州昆虫学会・信越昆虫研究会合同大会	2024.10
北野 聡・谷野 宏樹・筒井 裕文・宮坂 真司	諏訪湖ヒシ帯の魚類による利用	陸水学会甲信越支部会 第 50 回研究発表会	2024.12
小平由美子・山下 晃子*・大場政哉*・飛澤（館内）知佳*・新津 雅美*	野尻湖の水草の回復状況		
宮坂 真司・福本 匡志*・谷野 宏樹・筒井 裕文・北野 聡	諏訪湖におけるトンボ相の変遷		
北野 聡・下山良平*	ハケ岳双子池に生息するハコネサンショウウオ	2024 年度信州生態研究会	2024.11
宮坂 真司・福本 匡志*・谷野 宏樹・筒井 裕文・北野 聡	諏訪湖におけるメガネサナエの個体数動向	日本生態学会中部地区会年会	2024.12
柳町 信吾・宮澤 正徳・小平 由美子・戸谷 和俊*・小澤 秀明*・山下 晃子*・新津雅美*	諏訪湖における底泥酸素消費速度の測定と季節変動の把握	第 59 回日本水環境学会年会	2025.03
筒井 裕文・谷野 宏樹・宮坂 真司・北野 聡	人工衛星画像を用いた諏訪湖における水草分布域のモニタリング手法の開発	第 59 回日本水環境学会年会併設研究集会	2025.03

\* 当センター職員ではない共同研究者

## 2.3 検査・行政事業

### 2.3.1 水質測定計画に基づく検査

#### (1) 公共用水域水質常時監視

水質汚濁防止法第 15 条の規定により、表 2 及び表 3 のとおり 1 河川・5 湖沼の水質常時監視を行った。  
なお、令和 6 年度は当センターの検査体制の整った 6 月から検査を行っている。

検査結果の概要は表 4 のとおりであり、健康項目が環境基準を超過した地点はなかった。

表 2 水質常時監視測定地点

区分	水域名	地点名	採取水深	調査頻度
河川	天竜川	釜口水門	水面から 2 割	2 回（午前、午後）/日×1 日/月×12 ヶ月
湖沼	諏訪湖	湖心 初島西 塚間川沖 200m	表層 下層	2 回（午前、午後）/日×1 日/月×12 ヶ月
		弁天島西 湖心	表層 下層	1 回/日×1 日/月×12 ヶ月
	野尻湖	水穴	表層	1 回/日×1 日/月×12 ヶ月
		金山	表層	1 回/日×1 日/月×4 ヶ月 （6、8、11、2 月）
		青木湖	流出部	1 回/日×1 日/月×12 ヶ月
	中綱湖	流出部	表層	1 回/日×1 日/月×12 ヶ月
	木崎湖	湖心	表層 下層	1 回/日×1 日/月×8 ヶ月 （4～11 月）
		流出部	表層	1 回/日×1 日/月×12 ヶ月

※ 4～5 月は検査のみ外部委託

表 3 水質常時監視検査件数

区分	水域名	検体数	項目数	内訳					
				一般項目	生活環境 項目	健康項目	要監視 項目等	水生生物 保全項目	その他 項目
河川	天竜川	24	350	168	140			12	30
湖沼	諏訪湖	144	2,160	432	760	500	40	48	380
	野尻湖	64	996	252	400	172		48	124
	青木湖	12	318	24	80	132		12	70
	中綱湖	12	318	24	80	132		12	70
	木崎湖	28	595	88	170	180		12	145
合計		284	4,737	988	1,630	1,116	40	144	819

表 4 環境基準達成状況

区分	水域名（地点名）	BOD（河川） COD（湖沼）	全窒素	全磷
河川	天竜川（釜口水門）	○	—	—
湖沼	諏訪湖	●	●	○
	野尻湖	○	—	●
	青木湖	●	—	○
	中綱湖	○	—	○
	木崎湖	○	—	○

○…環境基準達成 ●…環境基準未達成 —…環境基準が設定されていない

## (2) 地下水環境基準超過時の汚染井戸周辺地区調査

地下水概況調査で新たに環境基準を超過した井戸が判明した場合、地域振興局と連携して汚染井戸周辺地区調査を実施することとしている。

令和6年度は、汚染井戸周辺地区調査を実施した事例はなかった。

## (3) 上流域河川水質調査

長野県水環境保全条例及び第7次長野県水環境保全総合計画に基づき、ゴルフ場で使用されている農薬による水質汚濁が懸念される河川上流域の汚染実態を把握するため、表5のとおり7月に7河川において農薬30項目の調査を行った。

その結果、すべて報告下限値（水質保全目標値の10分の1）未満であった。

表5 上流域河川水質調査項目及び調査河川

調査項目	湯川	鹿曲川	柳川	上川	烏川	聖川	八蛇川	計
MCPAイソプロピルアミン塩 及びMCPAナトリウム塩	○		○					2
アセタミプリド					○			1
アセフェート							○	1
アゾキシストロビン			○					1
イミダクロプリド			○					1
オキシシン銅（有機銅）	○	○	○	○		○	○	6
カフェンストロール					○	○		2
クミルロン			○					1
クロチアニジン	○			○			○	3
クロラントラニリプロール			○					1
クロロタロニル（TPN）		○	○	○	○	○	○	6
ジチオビル	○				○			2
ジフェノコナゾール				○				1
ダイアノジン		○						1
チアメトキサム				○			○	2
チウラム		○	○	○	○	○	○	6
チオジカルブ	○	○		○		○	○	5
チフルザミド					○		○	2
テブコナゾール	○			○	○			3
トリネキサバックエチル			○					1
トルクロホスメチル		○	○	○	○		○	5
フェニトロチオン（MEP）	○			○		○		3
フェノブカルブ（BPMC）		○				○	○	3
フェリムゾン				○				1
プロジアミン	○	○	○		○	○		5
ペンシクロン							○	1
ペンディメタリン	○							1
ペンフルラリン	○							1
メコプロップカリウム塩又はMCP P カリウム塩、メコプロップジメチルア ミン塩又はMCP Pジメチルアミン 塩、メコプロップPイソプロピルアミ ン塩及びメコプロップPカリウム塩		○			○	○		3
メブロニル				○				1
計	10	9	11	12	10	9	11	72

○…調査対象項目

#### (4) 水浴場水質調査

水浴場及びその地域で遊泳を可能にしようとしている水域について水浴場水質判定基準への適合状況を把握するため、5月と8月に5地点において1日2回（午前、午後）の調査を行った（表6）。

調査結果は、いずれも水浴場水質判定基準に適合していた。

表6 水浴場水質調査実施状況

湖沼名	地点名	調査項目	調査頻度	検体数	項目数
木崎湖	木崎湖キャンプ場	pH、COD、大腸菌数、ふん便性大腸菌群数、透明度、油膜の有無、一般項目（気温、水温、色相、臭気）	2 (5、8月)	20	170
野尻湖	野尻湖神山国際村				
諏訪湖	湖心（表層）				
	初島西（表層）				
	塚間川沖 200m（表層）				

※5月は、採水時の現地調査項目（pH、透明度、油膜の有無、一般項目）以外は外部委託

### 2.3.2 諏訪湖水質保全計画に基づく調査（諏訪湖創生ビジョン推進事業）

#### (1) 溶存酸素濃度等連続測定

貧酸素水塊の挙動を把握するため、湖内8地点（湊沖・塚間川沖・赤砂崎沖・高浜沖・初島西・間欠泉センター前・自然植生区・湖心）に溶存酸素ロガーを設置して8月から12月まで溶存酸素濃度（DO濃度）及び水温の連続測定を行った。

8地点のうち全水深の深い8地点（湊沖・赤砂崎沖・高浜沖）の底層で、8月初旬から10月中旬にかけてDO濃度が3mg/Lを下回る無～貧酸素状態になることがあり、特に8月初旬～9月中旬の時期を中心に継続的に貧酸素化が生じていた。

#### (2) 覆砂場所のモニタリング調査

覆砂による環境改善効果を確認するため、覆砂による底質改善を行った中門川河口付近の湖岸通り区及び承知川河口付近の高木沖で、水質及び底質調査を行った（表7及び表8）。（経常研究「10『多種多様な生き物を育む湖』に向けた調査」の一部として実施）

水質調査では、特に水温が上昇する夏季において覆砂した試験区において底泥からのアンモニア性窒素の溶出が抑制される等の水質改善効果が一定程度確認された。

底質調査では、覆砂施工から8年程度が経過した湖岸通り区において、試験区の測定値が覆砂直後から概ね同程度で推移しており、その明瞭な底質改善効果が維持されていることが確認された。

表7 覆砂場所水質調査実施状況

地点名	採取位置	調査項目	調査頻度	検体数	項目数
湖岸通③	表層・底層	pH、EC、透視度、溶存酸素、SS、COD、D-COD、T-N、DTN、NH <sub>4</sub> -N、NO <sub>2</sub> -N、NO <sub>3</sub> -N、T-P、DTP、PO <sub>4</sub> -P、TOC、Chl-a等21項目	3 (7、8、12月)	24	504
湖岸通⑥					
高木沖⑦					
高木沖⑧					

表8 覆砂場所底質調査実施状況

地点名	調査項目	調査頻度	検体数	項目数
湖岸通③	気温、泥温、強熱減量、T-N、T-P、粒度分布	2 (7、10月)	8	48
湖岸通⑥				
高木沖⑦				
高木沖⑧				

### (3) 流入河川水量等調査

諏訪湖の主要な負荷源である上川、宮川流域の汚濁物質の起源や負荷量の実態を把握するため、上川流域の河川（14 地点）において流量、窒素、リン等の測定を実施した（表 9）。

表 9 流入河川水量等調査

調査項目	調査頻度	検体数	項目数
水温、pH、電気伝導率、T-N、T-P、流量	1 (11 月)	14	84

### (4) 植物プランクトン調査

湖水の透明度悪化等の原因となる植物プランクトンの発生量を把握するため、月 1 回の水質常時監視と併せて湖心（表層、中層、底層）で採水を行い、プランクトン種ごとに細胞数を計量した。（経常研究「7 気候変動下における諏訪湖の生物資源量の把握に適した手法の開発」の一部として実施）

### (5) 諏訪湖における環境改善事業の手法の検討ならびにその効果と生態影響調査

諏訪湖における環境改善事業のうち、ヒシの刈取りや浚渫事業の効果を検証するため、水大気環境課が民間業者に委託して、水質、底質、水生生物及び底生生物に関する調査を行った。このうち水質及び底質の調査について表 10 のとおり当センターで実施した。（経常研究「9 諏訪湖における環境改善事業の手法の検討ならびにその効果と生態影響調査」の一部として実施）

表 10 諏訪湖における環境改善事業の検討ならびにその効果と生態系影響調査（センター実施分）

調査名	調査項目	調査頻度	地点数	項目数
ヒシ刈取り試験区のフォローアップ調査（水質）	COD、D-COD、TOC、DOC、Chl-a、T-N、DTN、NH <sub>4</sub> -N、NO <sub>2</sub> -N、NO <sub>3</sub> -N、DON、T-P、DTP、PO <sub>4</sub> -P	6 (6～10 月)	2 (表層・底層)	336
ヒシ刈取り試験区のフォローアップ調査（底質）	TOC、T-N、T-P、強熱減量	1 (6 月)	4 (各地点 5 検体)	80
浚渫場所の環境影響調査（底質）	TOC、T-N、T-P、強熱減量、粒度分布	1 (9 月)	6	30

### (6) メガネサナエのモニタリング

諏訪湖創生ビジョンで指標水生動物に位置付けられているメガネサナエ（トンボ）の生息状況や動態を把握し、保全の手法を検討するため、ラインセンサス法による成虫調査を諏訪湖流入河川の約 1 km の区間において 8 月～9 月に 3 回、羽化殻調査を諏訪湖岸の棧橋 4 地点において 7 月～8 月に 3 回実施した。（経常研究「8 諏訪湖とその周辺に生息する魚類等の種多様性と分布動態の解明」の一部として実施）

## 2.3.3 野尻湖水質保全計画に基づく調査

第 7 期野尻湖水質保全計画（令和 7 年 3 月策定）に基づき、流入河川水の負荷の実態調査を行うため、流入河川を確認し、調査計画を作成したほか、植物プランクトンの新規調査手法となる多波長蛍光光度計を導入した。また、経常研究「6 野尻湖沿岸帯の水草に関する研究」を行った。

## 2.3.4 酸性雨モニタリング（陸水）調査（環境省委託）

酸性雨の陸水水質に対する中長期の影響を把握するため、八ヶ岳双子池（雄池・雌池）を対象に平成 10 年度から継続的に水質等の調査を実施している。これらの湖は北八ヶ岳山麓の標高 2,050m に位置する貧栄養湖であり、共に酸性雨に対する緩衝能を示すアルカリ度が低く、酸性雨の湖沼への影響の調査に適していることから、長期モニタリングを行っている。



令和6年度は年3回の水質調査を行った（表11）。雄池・雌池ともに、pH・アルカリ度は概ね前年と同レベルであった。また、令和6年度は5年ごとに行っている底質調査を実施した（表12）。

表11 酸性雨モニタリング（陸水）調査（水質）

地点名	採水箇所	調査項目	調査頻度	検体数	項目数
双子池 （雄池）	湖心 （表層・底層）	pH、EC、気温、水温、透明度、外観（水色）、 アルカリ度、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、Chl-a、DO、DOC、COD、 Al、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$	3回／年 （6、8、10月）	12	264
双子池 （雌池）					

※一部項目については年1回のみ実施

表12 酸性雨モニタリング（陸水）調査（底質）

地点名	採取箇所	調査項目	調査頻度	検体数	項目数
双子池 （雄池）	湖心 （底質の表層・ 中層・下層）	間隙水中の $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$	1回／年 （8月）	6	18
双子池 （雌池）					

### 2.3.5 下水汚泥の利活用に関する調査

下水汚泥を肥料として利活用を図る際の基礎資料とするため、表13のとおり下水汚泥を対象として肥料等試験法による重金属等の含有量分析を行った。

表13 下水汚泥の利活用に関する調査

処理場名	検体名	調査項目	調査頻度	検体数	項目数
千曲川流域下水道 上流処理区終末処理場	脱水汚泥	As、Cd、Hg、Ni、Cr、Pb	2回／年 （11、2月）	4	24
千曲川流域下水道 下流処理区終末処理場	焼却灰				

### 2.3.6 緊急事案への対応検査

水質汚濁事故、廃棄物不適正処理事案等の緊急事案への対応に必要な検査を行うこととしている。  
令和6年度は、緊急時案への対応のため実施した検査はなかった。

### 2.3.7 他機関からの依頼検査

令和6年度は、他の行政機関からの依頼により実施した検査はなかった。

### 2.3.8 一般依頼検査

令和6年度は、一般からの依頼検査はなかった。

## 2.4 学びの支援事業等

### 2.4.1 情報発信

#### (1) 常設展示スペース

本館エントランスホール、ホール棟スロープ及びホワイエを常設展示スペースとして開設し、令和6年6月1日から一般公開を開始した。

本館エントランスホールは開庁日に自由見学が可能であり、ホール棟は事前申込制としている。

主な展示内容は表14のとおりである。

表14 主な展示内容

展 示 名	展 示 品	展示場所
諏訪湖まるわかり	諏訪湖流域と主な河川マップ くらべてみよう！特徴編 くらべてみよう！歴史編 諏訪湖の生きものたち	エントランスホール
SUWAKO ハカセの水環境講座	水質編パネル 生態系編パネル	エントランスホール
調査研究情報パネル	調査研究紹介パネル 水質保全・生態系保全ニュースパネル	センター棟1F廊下 ホワイエ
諏訪湖をのぞいてみよう！	諏訪湖断面イメージ図（壁面）	スロープ
諏訪湖ビューワー	専用タブレットを用いた体験型展示 （360度映像、スポット情報、諏訪湖クイズ）	ホワイエ
諏訪湖ビジョン	わたしたちの諏訪湖（6分映像） 地図でめぐる天竜川（4分映像）	ホワイエ

#### (2) ウェブサイトによる情報発信

水環境に関する情報発信等のための専用ウェブサイトの構築を行い、令和7年3月31日から公開した。

ウェブサイト構築は、公募型プロポーザル方式で行い、主なコンテンツとして、県内湖沼の水質測定結果のデータベース、諏訪湖環境研究センターの研究活動の紹介、刊行物やイベントの紹介等の情報発信のほか、研究員によるコラムや水環境に関する諸現象の解説ページなど学びの支援にも重点をおいている。

<https://www.lserc.pref.nagano.lg.jp>



## 2.4.2 学びの支援

### (1) 施設見学の受入

常設展示スペースを中心に見学の受入を行った。その実績は表 15～表 17 のとおりである。

表 15 エントランスホールの自由見学実績

長野県内		県外	施設公開時	計
諏訪管内	諏訪管外			
83 名	57 名	19 名	84 名	243 名

表 16 常設展示等の申込見学実績

一般県民	学校	研究機関	行政関係	民間企業	イベント	計
7 団体	9 団体	1 団体	33 団体	2 団体	7 団体	59 団体

表 17 常設展示等の申込見学者の内訳

小学生	中学生	高校生	大学生	成人	計
11 名	20 名	23 名	53 名	487 名	594 名

### (2) 環境関連講座への講師派遣

他団体が主催する環境関連の講座等に表 18 のとおり講師を派遣した。

表 18 講師派遣実績

主催者	イベント名	開催日	開催地	講師	演題
飯山市教育委員会	飯山雪国大学千曲学	2024. 6.29	飯山市	北野 聡	千曲川にすむ魚類の多様性
諏訪市教育委員会	諏訪市教職員研修講座	2024. 7.30	諏訪市	宮坂 真司、 筒井 裕文、 谷野 宏樹	諏訪湖の希少なトンボ「メ ガネサナエ」の不思議を探 る
飯山市教育委員会	飯山雪国大学千曲学 現地学習会	2024. 9. 8	飯山市	北野 聡	千曲川にすむ魚類の生態
高瀬川を愛する会	カゲロウ・カワゲラ・ トビケラ類観察会 ネイチャーポジティブ 学習会	2024.10. 5	池田町	谷野 宏樹	
諏訪農業農村支援 センター 長野県農業経営者 協会諏訪支部 日本技術士会長野 県支部	農業振興研究懇談会 CPD 研修会	2024.11.15	岡谷市	柳町 信吾	諏訪湖の底質性状の実態と 40 年前の調査との比較
自然観察ながの	長野県のプラスチック 問題	2024.11.17	岡谷市	中山 隆	長野県におけるプラスチック 問題とは
美サイクル茅野 茅野市環境自治連 合会	美サイクル推進大会	2025. 2. 1	茅野市	井出 吉郎 中山 隆	諏訪湖の水質改善に向けた 取り組み 長野県のマイクロプラスチ ック調査結果より
諏訪広域連合	令和 6 年度諏訪地域 広域行政研修会	2025. 2.12	諏訪市	高村 典子	諏訪湖の保全 ～諏訪湖を 健全な生態系に導くには～
下諏訪町諏訪湖 浄化推進連絡協議会	諏訪湖浄化講演会	2025. 2.24	下諏訪町	宮坂 真司	諏訪湖の水草の適切な管理 に向けて

### (3) 環境関連イベントへの出展

他の団体又は組織が開催する環境関連イベントに表 19 のとおり出展を行った。

表 19 イベント出展実績

主催者	イベント名	開催日	会場	内容
環境市民会議おかや岡谷市	おかやエコフェスタ 2024	2024.5.15～ 2024.5.19	レイクウォーク岡谷 (岡谷市)	・啓発用パネル展示 ・水生生物、プランクトンの展示
長野地域振興局	野尻湖クリーンラリー	2024.6.28	野尻湖体育館 (信濃町)	・水質検査の実演 ・水生生物、プランクトンの展示
湖周行政事務組合	eco ポッポふれあいフェア	2024.7.21	諏訪湖周クリーンセンター (岡谷市)	・啓発用パネル展示
2024 クリーンレイク諏訪ふれあいまつり実行委員会	2024 クリーンレイク諏訪ふれあいまつり	2024.9.14	諏訪湖流域下水道 豊田終末処理場 (諏訪市)	・啓発用パネル展示
環境保全研究所	信州自然講座	2025. 2. 8	サン・アルプス大町 (大町市)	・啓発用パネル展示

### (4) 施設公開

令和 6 年 9 月 29 日に開催された「諏訪湖の日フォーラム 2024」(諏訪湖創生ビジョン推進会議による諏訪湖の日啓発イベント) に併せて、諏訪湖環境研究センターの一般公開を行い、84 名の参加があった。通常公開している常設展示スペースに加え、2、3 階の試験研究設備の公開を行った。

### (5) 「諏訪湖に学ぶ(水環境編)」の開催

諏訪湖創生ビジョンでは、県民や観光客が諏訪湖の水環境や歴史・文化を学ぶことができる「諏訪湖に学ぶ」講座を開講することとしており、観光ガイド等を対象とした「諏訪湖に学ぶ(水環境編)」を表 20 のとおり開催した。

表 20 諏訪湖に学ぶ(水環境編)

開催日	会場	内容等	参加数
2025. 3. 6	諏訪湖環境研究センター	○展示見学「諏訪湖の概要」 ○講義「諏訪湖の環境改善に向けた取組の歴史と現状」 ○意見交換	13 名

## 2.4.3 研究・学びのネットワーク

### (1) 諏訪湖研究連絡会の開催

県の水環境研究についてより多くの機関との連携を深めるとともに、センターの研究能力向上を図るため、長野県の湖沼等について研究を行っている研究者及び県関係機関が参加する「諏訪湖研究連絡会」を表 21 のとおり開催した。

表 21 諏訪湖研究連絡会

開催日	会場	内容等	参加数
2025. 2.27	○おかや総合福祉センター(諏訪湖ハイツ) ○諏訪湖環境研究センター	○研究紹介(口頭発表) 9 件 ○研究紹介(ポスター発表) 26 件 ○意見交換会	82 名 (内訳) ・外部の研究者 18 名 ・学生 30 名 ・県機関 34 名 (県機関のうち研究者 21 名)

## (2) 諏訪湖水質観測プロジェクトへの参画

産官学共同のプロジェクトである諏訪湖水質観測プロジェクトに参画し、諏訪湖の水質の連続測定データを貧酸素の発生状況のモニタリングに活用するとともに、諏訪湖環境研究センター1階の常設展示スペースで測定値等を情報発信した。

### 2.4.4 その他の支援事業

#### (1) 県機関対象の研修開催

研修名	開催日	参加数
工場・事業場の立入検査及び水質汚濁時事故の対応等に係る研修	2024. 5.30	14 名

#### (2) 照会・相談

行政機関	教育機関	民間企業	報道機関	その他一般	合計
6 件		3 件	1 件	8 件	18 件

#### (3) 外部委員会への委員派遣

名称	依頼者	期間	肩書き	職員名
環境省希少野生動植物種保存推進員	環境省	H27.7～	推進員	北野 聡
安曇野市生物多様性アドバイザー	安曇野市	R3.4～	アドバイザー	北野 聡
長野県版レッドリスト改訂委員会	環境部自然保護課	R4.4～	構成員	北野 聡

### 2.5 外部精度管理への参加

名称	実施団体	内容
環境測定分析統一精度管理調査 (環境省主催)	(一財)日本環境衛生センター	模擬水質試料 (一般項目等)、 模擬水質試料 (農薬)
陸水分析機関比較調査	(一財)日本環境衛生センター アジア大気汚染研究センター	模擬陸水 (pH、EC、アルカリ度、 イオン成分)



### 3. 調查研究事業報告





## 諏訪湖ヒシ帯に生息する魚類調査

○北野 聡<sup>1</sup>・谷野宏樹<sup>1</sup>・筒井裕文<sup>1</sup>・宮坂真司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>長野県諏訪湖環境研究センター

### はじめに

近年の諏訪湖沿岸帯では浮葉植物のヒシ類 *Trapa* spp.が高密度で繁茂し、観光や漁業、生態系など様々な面に影響を及ぼしている。生態系への影響については、湖の貧酸素化を促進する等のマイナス面と、魚類・エビ類に繁殖・生息場所を提供する等のプラス面が指摘されているものの、諏訪湖の魚類がどのような影響を受けるのかについては具体的知見が乏しいのが現状である。そこで、ヒシ類の繁茂が諏訪湖の生物に与える影響を把握する研究の一環として、かご網を用いた魚類・エビ類の生物調査を行ったので報告する。

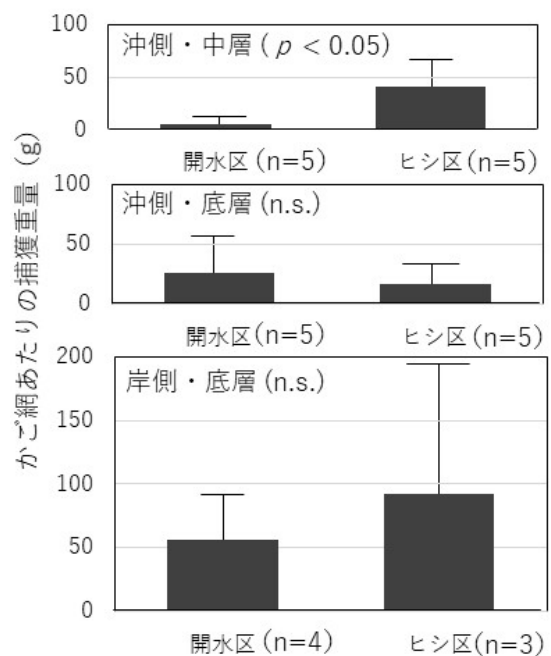
### 方法

調査は2024年9月10日から12日にかけて諏訪湖東岸に広がるヒシ群落内部（以下、ヒシ区という）と外部（以下、開水区という）に計17の調査地点（沖側10地点、岸側7地点）を設け、各地点で水深と溶存酸素（DO）濃度を測定するとともに、かご網による魚類の捕獲を行った。この開水区は、今回の調査に先立つ8月中旬に環境改善を目的としてヒシ刈りが実施された水面にあたる。かご網は沖側では中層（水深1 m）・底層の2層、岸側では底層1層にそれぞれ1個ずつ設置し、投入後24時間毎に引き上げて捕獲個体を回収し、実験室において種同定並びにサイズ計測を行った。

### 結果及び考察

DOについては、沖側（平均水深2.3 m）並びに岸側（平均水深1.5 m）ともヒシ区では低下する傾向が認められ、とくに底層では $1.0 \text{ mg L}^{-1}$ を下回る低い値となっていた。ただし、水面下1 mまでの表・中層については、ヒシ区でも $2.0\text{--}4.0 \text{ mg L}^{-1}$ 程度のDOが確保されていた。

かご網調査により、沖ではモツゴ、ブルーギル、テナガエビの3種が、岸ではこれら3種に加えウシガエル（幼生）が捕獲された。個体数をヒシ区と開水区で比較すると、岸側や沖側の底層では両者に差は認められず、沖側の中層ではヒシ区のほうが7倍程度多かった。同様に、重量比較では、沖側中層ではヒシ区のほうが有意に重かった（一元配置分散分析、 $p < 0.05$ ）。



ヒシ群落内外の捕獲調査の結果  
（エラーバーは標準偏差）。

以上の結果より、ヒシ区はDO濃度が低下したものの、開水区と比較して魚類の現存量が低い傾向は認められなかった。むしろ、DO濃度が比較的高いヒシ区の中層は、魚類の重要な生息場所となることが示唆された。ただし、捕獲された魚類の多くが外来魚であったことから、かご網に入りにくい在来魚類でも同様の利用パターンを示すのか等について、引き続き検討する必要がある。

# 諏訪湖のヒシ類 *Trapa* spp. の形態的多様性と遺伝構造との関係性究明に向けた DNA 解析

○谷野宏樹<sup>1</sup>・筒井裕文<sup>1</sup>・宮坂真司<sup>1</sup>・北野聡<sup>1</sup>

<sup>1</sup>長野県諏訪湖環境研究センター

## はじめに

生物の形態は、遺伝的および環境的要因によって変化する。この背景には、地理的に分断化された系統でランダムに形態が変化する可能性や、異なる自然淘汰に晒された結果形態が変化すること、あるいは遺伝的分化を伴わない発現遺伝子変動などのエピジェネティックな差異などによる表現型可塑性がみられることが想定される。

ヒシ類は果実形態が多様であり、集団ごと、あるいは地域ごとに形態が異なることが報告されている (Oniguma et al., 1996)。また、ヒシ *Trapa japonica* が交雑由来の種である可能性が示されるなど、果実形態の多様性の背景には複雑な交雑の状況があることも想定される。こうした背景から、果実形態の多様性は地域の環境条件によって創出されていることや、あるいは交雑や地理的隔離の結果によるものと考えられるものの、それぞれどのように寄与しているのかは不明瞭な状況にある。

ヒシ類が大量繁茂し計画的な除去が課題となっている諏訪湖においても、多様な果実形態を有するヒシ類がみられる。ヒシ類の果実形態の多様性が遺伝的分化に基づくのか遺伝的分化によらない表現型可塑性に基づくのかによって、諏訪湖におけるヒシ対策は異なる可能性が考えられることから、形態的多様性の遺伝的基盤について検討することは重要である。

そこで、本研究ではヒシ類の果実形態を地点間で比較するとともに遺伝構造を比較することで、果実形態の多様性創出機構が遺伝的分化に基づくか否か検討することを目的とする。本年はヒシ類の形態的な多様性について測定するとともに、鋭敏な SNPs マーカーを用いる上での条件検討として葉緑体 DNA の解析を実施して抽出 DNA の品質が十分か否かにつ

いても検討した。

## 方法

2024 年の 10 月に諏訪湖の 4 地点 (図 1) でヒシ類の果実と葉を採集した。果実は形態的多様性の評価に用い、採集した葉は DNA 抽出までの期間、シリカゲルで乾燥させた状態で保管して DNA 解析に用いた。

先行研究における形態的多様性の評価では、果実形態の幅や高さ、棘の大きさなどヒシ類の形態的測定に適した場所が提唱されていることから (福井・清水, 1992)、先行研究に基づいて計測を行なった (図 2)。得られた測定結果に基づき、ソフトウェア R に含まれるパッケージ stats (R Core Team, 2012) により主成分分析を実施した。乾燥させた葉は 1cm 角に細断してジルコニアビーズと TissueLyser LT (QIAGEN Hilden) を用いて破碎した。その後、DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN Hilden) のプロトコルに従って total DNA を抽出した。



図 1 ヒシ類の採集地点 (地図は電子地形図 25000 (国土地理院) を加工して作成)

抽出した total DNA を用いて、植物の DNA バーコーディング用プライマー 3 種のうち、葉緑体 DNA matK 領域を増幅するプライマー (Setsuko et al., 2023) で PCR を実施した。PCR (Polymerase Chain Reaction) では 95°C で 3 分間のプレヒート後「98°C で 20 秒間の熱変性、60°C で 15 秒間のアニーリング、72°C で 15 秒間の伸長」を 1 サイクルとする反応を 35 サイクル行った後、72°C で 5 分の最終伸長を行い、4°C で保存した。これらの反応には HiFi HotStart Ready Mix (Kapa Biosystems Massachusetts) を用いた。

PCR 産物の精製には ExoSAP-IT (Thermo Fisher Scientific Massachusetts) を用い、37°C で 4 分間、80°C で 1 分間の反応の後、4°C で保存した。精製した産物はマクロジェンジャパンに送付し、3730xl DNA analyzer (Applied Biosystems Massachusetts) で塩基配列を決定した。シーケンス後の塩基配列についてはソフトウェア ApE (Davis and Jorgensen, 2022) を用いてアセンブリを行い、NCBI のデータベース登録配列とともにソフトウェア MAFFT (Katoh and Standley, 2013) によりアライメントを実施した。アライメントした配列を用いてソフトウェア RAxML (Stamatakis, 2014) による系統解析を実施した。

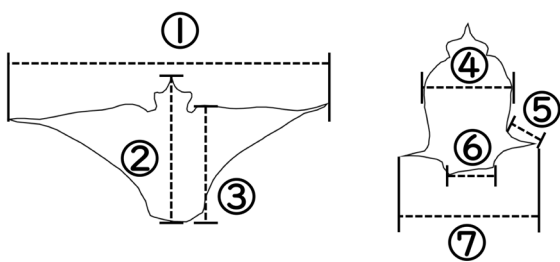


図2 ヒシ類の形態的測定に用いた部位

## 結果

角野 (2014) に基づくヒシ類の果実形態による分類の結果、諏訪湖にはヒシ *Trapa japonica* およびオニビシ *Trapa natans* の 2 種が分布していることが明らかとなった。特に地点 1 では典型的なオニビシの形態を有する個体が優占しており、地点 4 では典型的なヒシの形態を有する個体が優占していた。一方で、棘などの形態からオニビシ様のヒシやヒシ様のオニビシもみられるなど、中間形のような個体も多く見られた。

形態測定の結果に基づく主成分分析の結果、ヒシとオニビシの形態は明確には分かれず、先行研究における形態測定および遺伝子解析による交雑の可能性 (Fan et al. 2022; Lam et al. 2024) を支持する結果が得られた (図 3)。

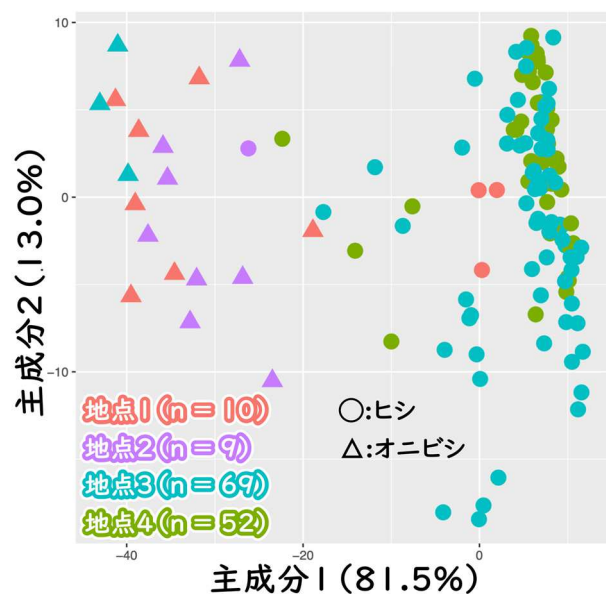


図3 形態計測結果の主成分分析

葉緑体 DNA に基づく系統解析の結果では、複数の遺伝子型は検出されたものの、形態学的に分類した種が単系統となるほどの感度は得られなかった (図 4)。

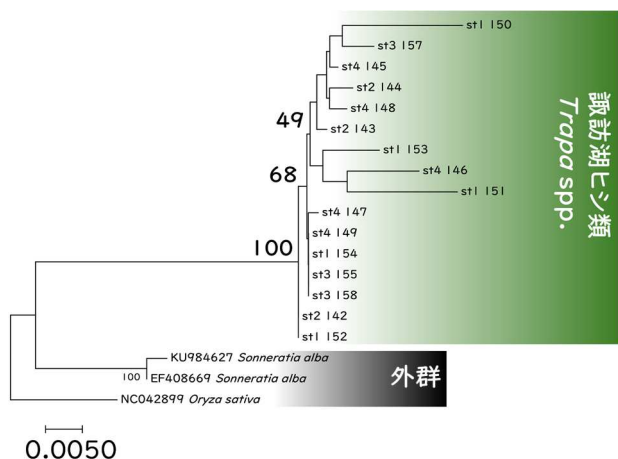


図4 葉緑体 DNA matK 716-bp に基づく分岐図（ノードの値は ML 法によるブートストラップ確率を示す）

## 考察

諏訪湖では形態的にヒシに分類されるものとオニビシに分類されるものの2種のヒシ類が分布していた。また、中間形のような個体も多く見られている。これまでにヒシ類では種間交雑がよく知られていることも踏まえれば (Lam et al., 2024)、諏訪湖では異なるニッチに2種のヒシ類が分布しながらも、その分布の間では交雑帯が生じている可能性が考えられる。ヒシとオニビシとの種間競争については知見が不足しているものの、諏訪湖ヒシ類は、近接する地域において近縁種の棲み分けと交雑が起きている興味深い事例であることが期待される。将来的に、核領域を含む GRAS-Di 等のゲノム縮約解析を実施することで交雑の実態を把握するとともに、系統と生態的特徴を対応させることで、今後のヒシ類管理に資する知見が得られるものと考えられる。

## 引用文献

- Davis, M. W. and E. M. Jorgensen (2022): ApE, a plasmid editor: A freely available DNA manipulation and visualization program. *Frontiers in Bioinformatics*, 2:818619.
- Fan, X. Wang, W. Wagutu, G.K. Li, W. Li, X. and Y. Chen (2022): Fifteen complete chloroplast genomes of *Trapa* species (Trapaceae): insight into genome structure, comparative analysis and phylogenetic relationships. *BMC Plant Biology*, 22:230.
- 福井順治・清水源 (1992)：静岡県のヒシ属果実の形態変異の分析. *水草研究報*, 47:1-5.
- Katoh, K. and D.M. Standley (2013): MAFFT Multiple sequence alignment software version 7: Improvements in performance and usability. *Molecular Biology and Evolution*, 30:772-780.
- Lam, D.T. Kataoka, T. Yamagishi, H. Sun G. Udatsu, T. Tanaka, K. and R. Ishikawa (2024): Origin of domesticated water chestnuts (*Trapa bispinosa* Roxb.) and genetic variation in wild water chestnuts. *Ecology and Evolution*, 14:e10925.
- Oniguma, K. Takano, A. and Y. Kadono (1996): Karyomorphology of some Trapaceae in Japan. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*, 47:47-52.
- R Core Team (2012): R: a language and environment for statistical computing. URL. <http://www.R-project.org/>
- Setsuko, S. Yoshimura, K. Ueno, S. Worth, J. R. P. Ujino-Ihara, T. Katsuki, T. Noshiro, S. Fujii, T. Arai, T. and H. Yoshimaru (2023): A DNA barcode reference library for the native woody seed plants of Japan. *Molecular Ecology Resources*, 23:855-871.
- Stamatakis, A. (2014): RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*, 30:1312-1313.

## ロゼット葉除去によるヒシ繁茂抑制効果調査の試み

○宮坂真司<sup>1</sup>・筒井裕文<sup>1</sup>・谷野宏樹<sup>1</sup>・北野 聡<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 長野県諏訪湖環境研究センター

### はじめに

諏訪湖では下水道整備等の取組により水質が改善されアオコが激減する中で、近年、浮葉植物のヒシが大量に繁茂するようになり、水質、生態系、観光、漁業等、様々な面において影響を与えている（豊田他 2011）。長野県では、生態系への影響を考慮しつつ、栄養塩類を吸収したヒシの除去による水質浄化、船舶運航への支障や腐敗した際の悪臭等の悪影響軽減等を目的として、諏訪湖のヒシの除去が行われているが、ヒシの繁茂面積は2018年以降微増が続いている（長野県諏訪地域振興局 2023）。

諏訪湖以外の湖沼においてもヒシの大量繁茂が課題となっており、福井県若狭町に位置する三方湖においては、ヒシの除去手法として機械刈り、ワイヤー刈り及び手刈りの3つの手法について検討が行われており、ワイヤー刈りは機械刈りに比べ安価で効率的、手刈りは労力がかかるものの選択的なヒシ除去が可能との評価がされている（三方五湖自然再生協議会外来生物等対策部会 2016）。

北海道釧路町に位置する達古武湖においては、ヒシの大量繁茂を抑制し、ヒシ以外の水生植物が安定的に生育できる環境の保全・復元を目標として取組が進められている。この中で、ネムロコウホネやヒツジグサ等、ヒシ以外の浮葉植物が生育する範囲においては、これらの種に与える影響を小さくするため、ヒシのロゼット葉部分のみを人力で刈り取る取組が行われている（環境省北海道地方環境事務所釧路自然環境事務所 2013）。

諏訪湖では水草刈取船による刈取が困難な浅瀬等では、手作業でのヒシの抜き取りが行われているが、労力としての負荷が大きく、また、ヒシ繁茂区域と同じ場所にクロモ等のヒシ以外の水草が繁茂するようになってきたことから（長野県水産

試験場諏訪支場 2023）、抜き取りと比較して労力が少なく選択的であり、除去したヒシの処理費用も削減できるロゼット葉部分のみの除去についてその効果を把握し、諏訪湖における導入可能性について検討することを目的として調査を行った。

### 方法

諏訪湖内に 6m×6m の試験区を設け（36° 2' 14.68" N, 138° 5' 26.74" E, 図1）、試験区内のヒシの被度を計測後、試験区内に繁茂したすべてのヒシのロゼット葉部分のみを人力で除去し、その重量を計測した。

試験区は、毎年高密度でヒシが繁茂する区域のうち、初島付近の観光施設周辺等ヒシの刈取が行われる可能性の高い場所を除いた地点で、漁業等への影響が可能な限り少ない地点から選定した。試験区の境界には、試験区外からヒシの種子が流入するのを防ぐため、湖底から水面上 20cm 程度までを 25mm メッシュのネットで囲った（図2）。

被度については、被度 1（10%未満）、被度 2（10%～25%未満）、被度 3（25%～50%未満）、被度 4（50%～75%未満）、被度 5（75%以上）の 5 段階に区分した。ロゼット葉の除去を行った翌年も同様に被度を計測するとともに、ヒシが繁茂した場合はロゼット葉を除去し、その重量を計測した。

ロゼット葉除去の時期は、大半の株のロゼット葉が水面に出る時期であり、かつ、結実前となる 8月～9月とし、2023 年は 9月5日に、2024 年は 8月9日に実施した。

また、これとは別に、抜き取りからロゼット葉除去に方法を変更した場合における堆肥化処理費用削減の程度を把握するため、初島周辺（36° 2' 55" N, 138° 6' 32" E）において、2024 年 7 月 12



日に抜き取られたヒシ 27 株のロゼット葉部分及びそれ以外の部位の重量比を算出した。

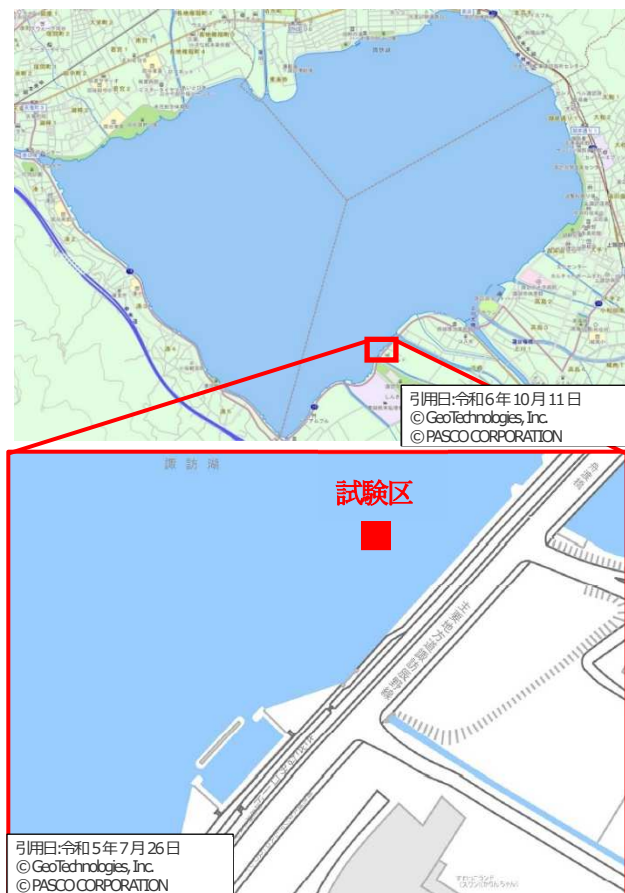


図1 試験区の位置図



図2 試験区の概観（2024年8月9日）

## 結果及び考察

ロゼット葉の除去後1年での被度の顕著な変化は見られなかったが、ロゼット葉の除去重量は約1/4となり、大きく減少した(表)。また、2024年は除去後約2か月で再度繁茂が確認されたため、9月30日に再度被度の計測及びロゼット葉除去を

行った。

初島周辺で抜き取られたヒシ 27 株のロゼット葉部分の重量は 1.18kg, それ以外の部位の重量は 0.86kg であり、ロゼット葉の重量比は 58%であった。

表 試験区のヒシの被度及び除去重量

	2023.9.5	2024.8.9	2024.9.30
被度	5	5	4
除去重量(kg)	84.0	22.3	-



図3 試験区におけるヒシの繁茂状況（上から2023年9月5日、2024年8月9日、2024年9月30日）

2023年にロゼット葉を結実前にすべて除去し、試験区外からの種子流入防止策も実施していることから、2024年のロゼット葉は、三方湖において

実施された試験と同様に（三方五湖自然再生協議会外来生物等対策部会 2016），土壌シードバンク中に含まれ 2023 年には休眠していた種子が発芽したものと考えられる。さらに，2024 年の 8 月の除去後にも，ヒシが若干水面に繁茂したことから，早期に除去をした場合，土壌中に残存していた種子からの再繁茂又は除去後のヒシから分けつ、再展葉した可能性が考えられる。

単年のロゼット葉の除去では，翌年のヒシの被度が抑制されることはなかったが，ロゼット葉の重量は減少しており、除去による効果又は除去時期の違いによる影響の可能性が考えられる。

## 引用文献

- 環境省北海道地方環境事務所釧路自然環境事務所  
(2013)：1) ヒシ分布域制御。達古武湖自然再生事業実施計画，環境省北海道地方環境事務所釧路自然環境事務所（編著）：53-56. 環境省北海道地方環境事務所釧路自然環境事務所，北海道。
- 豊田政史・加藤宏章・今井晶子・宮原裕一（2011）：諏訪湖におけるヒシの試験刈り取りが水塊構造に及ぼす影響。土木学会論文集 B1（水工学），67：1465-1470.
- 長野県水産試験場諏訪支場（2023）：5.1. 諏訪湖におけるヒシおよび水生植物の分布調査。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，長野県環境部水大気環境課（編著）：58-59. 長野県環境部水大気環境課，長野。
- 長野県諏訪地域振興局（2023）：3.2.1 水生植物。諏訪湖創生ビジョン（2023 年 3 月改定），長野県諏訪地域振興局（編著）：22-24. 長野県諏訪地域振興局，長野。
- 三方五湖自然再生協議会外来生物等対策部会（2016）：3.2 ヒシの刈り取り方法。三方五湖自然再生事業 三方湖ヒシ対策ガイドライン，三方五湖自然再生協議会外来生物等対策部会（編著）：15-25. 三方五湖自然再生協議会外来生物等対策部会，福井。

# ヒシを中心とした水草帯における細菌、プランクトンの調査

○筒井裕文<sup>1</sup>

<sup>1</sup>長野県諏訪湖環境研究センター

## はじめに

細菌は湖沼において有機物の分解、栄養塩の代謝、及びそれらにともなう酸素消費など、湖沼の水環境と非常に密接な関係を有している。また近年、植物と密接な関係を持つ細菌の存在が知られており、ウキクサの生育を促進するもの(Ishizawa et al., 2023)、芳香族化合物類の分解能力が高いもの(池ら, 2009)、ヒシ表面にて殺藻機能を有するもの(大洞ら, 2018)などが知られており、植物-細菌共生系による水環境への貢献の解明及び活用が期待されている。

諏訪湖では水質・生態系保全のために水生植物の適切な管理を目指しており(長野県諏訪地域振興局, 2023)、適切な管理の必要性を示すためには水草単体だけではなく共生微生物も含めた水環境の生態機能を評価することが重要である。そこで、本年度は予備調査として複数の水草を対象とし、水草表面に形成される細菌やプランクトンなどの微生物と、水草群落の水中の微生物、そして水草群落外の水中の微生物を比較することで、水草群落が微生物群集に及ぼす影響の有無を検討した。

## 方法

本研究では水草による微生物群集構造への影響を調査するため、水草表面に強固に付着している微生物群、水草群落内の水試料、水草群落外の湖水に分けて調査を行った。2024年9月17日に諏訪湖沿岸域(36° 03'34.6"N, 138° 04'08.9"E)にてヒシ(水中根)、クロモ(茎

と葉)、エビモ(茎と葉)、セキショウモ(葉)の植物体、および各々の水草種の単一群落(直径50 cm 程度以上)内の水試料、そしてすべての水草群落から5 m 以上離れた開放水域の水試料をそれぞれ採取した。回収した植物体は滅菌生理食塩水で緩やかに10回転倒洗浄した後、超音波処理(30min., 氷冷下)し、液部を孔径0.20  $\mu\text{m}$  のメンブレンフィルターでろ過することで、表面に付着した微生物を回収した。水試料は孔径0.20  $\mu\text{m}$  のメンブレンフィルターでろ過することで微生物を回収した。微生物DNAをNucleoSpin Soil (TaKaRa)で抽出したのち、DNA量の定量、Real-time PCRによる細菌、珪藻類、藍藻類の定量とDissociation curveによる主要な増幅産物配列の違いの調査を行った。

## 結果及び考察

各水草群落内外の水試料と水草表面付着試料から抽出された全DNA量と、細菌、珪藻類、藍藻類の定量結果を表1と表2にそれぞれ示す。抽出された全DNA量は水試料で8.00–13.6 ng/ml、水草表面付着試料で0.752–6.80 ng/mg-dryと水草表面付着試料で値の差が大きく、他の定量結果でも同様の傾向であった。また、微生物のうち細菌の定量値が最も大きく、珪藻類が少ない傾向が見られた。これは採水時期が夏季であり細菌の活性が高く、また珪藻類よりも藍藻類が優占的に存在する環境であったためであると考えられる。

水草の種類による傾向を明らかにするため、

表1 水草群落内外水試料から抽出されたDNA濃度及び各種微生物の定量結果

	ヒシ群落内	セキショウモ群落内	エビモ群落内	クロモ群落内	水草群落外
全DNA濃度 (ng/ml)	9.28	13.6	8.08	11.0	8.00
細菌群16S (copies/ml)	$9.90 \times 10^7$	$1.64 \times 10^8$	$1.04 \times 10^8$	$1.18 \times 10^8$	$9.56 \times 10^7$
珪藻類18S (copies/ml)	$1.97 \times 10^5$	$3.16 \times 10^5$	$1.17 \times 10^5$	$3.14 \times 10^5$	$1.29 \times 10^5$
藍藻類16S (copies/ml)	$1.22 \times 10^7$	$1.34 \times 10^7$	$1.15 \times 10^7$	$1.41 \times 10^7$	$1.15 \times 10^7$



表2 水草表面付着試料から抽出された DNA 濃度及び各種微生物の定量結果

	ヒシ付着	セキショウモ付着	エビモ付着	クロモ付着
全DNA濃度 (ng/mg-dry)	6.80	0.752	2.38	3.43
細菌群 16S (copies/mg-dry)	$4.06 \times 10^7$	$9.98 \times 10^6$	$1.66 \times 10^7$	$2.61 \times 10^7$
珪藻類 18S (copies/mg-dry)	$6.66 \times 10^5$	$2.94 \times 10^4$	$6.83 \times 10^4$	$9.97 \times 10^5$
藍藻類 16S (copies/mg-dry)	$2.40 \times 10^6$	$2.02 \times 10^5$	$2.98 \times 10^5$	$4.43 \times 10^6$

細菌、珪藻類、藍藻類の定量値を全 DNA 濃度あたりで整理し、さらにヒシの値を基準とした相対値とした結果を図 1 に示す。図 1 (A) に示す水草群落内外の水試料では、すべての試料で同様の値を示した。一方、図 1 (B) に示す表面付着試料では、ヒシと比較して細菌はセキショウモで多く、珪藻類及び藍藻類はセキショウモ及びエビモで少なくクロモで多くなる傾向が認められ、水草ごとに付着しやすい微生物に差が認められた。細菌を対象に Real-time PCR を実施した際の Dissociation curve 解析の結果を図 2 に示す。表面付着試料において、ヒシでは  $82^{\circ}\text{C}$ 、セキショウモで  $84^{\circ}\text{C}$  と  $T_m$  値の違いが認められ、優占種の遺伝子配列が異なることが示唆された。同様の結果は珪藻類および藍藻類でも認められた (data not shown)。

以上の検討より、水草に付着して形成される微生物群集は水草の種類によって異なることが明らかとなった。次年度はこれらの差をより明確に示しつつ、これらの差の原因について明らかにするための検討を実施する。

## 引用文献

- Ishizawa H, Kaji Y, Shimizu Y, Kuroda M, Inoue D, Makino A, Nakai R, Tamaki H, Morikawa M and Ike M. (2023): Spontaneous cell lysis by *Pelomonas saccharophila* MRB3 provides plant-available macronutrients in hydroponic growth media and accelerates biomass production of duckweed. *J. Water Environ. Technol.* 21(1):49–58.
- 池道彦・井上大介・遠山忠・松永祐紀・桃谷尚憲・Hoang Hai・清和成・惣田訓 (2009)：ウキサ根圏におけるノニルフェノールの微生物分解－分解菌の分離とその特徴－。環境技術, 38(9): 33–41.
- 大洞裕貴・宮下洋平・小林淳希・織田さやか・田中邦明・山口篤・今井一郎 (2018)：アオコ原因種 *Microcystis aeruginosa* と水中および水草ヒシの殺藻・増殖阻害細菌の季節変動。藻類, 66(2):111–117.
- 長野県諏訪地域振興局 (2023)：3.2.1 水生植物。
- 諏訪湖創生ビジョン (2023 年 3 月改定), 長野県諏訪地域振興局 (編著)：22-23. 長野県諏訪地域振興局, 長野。

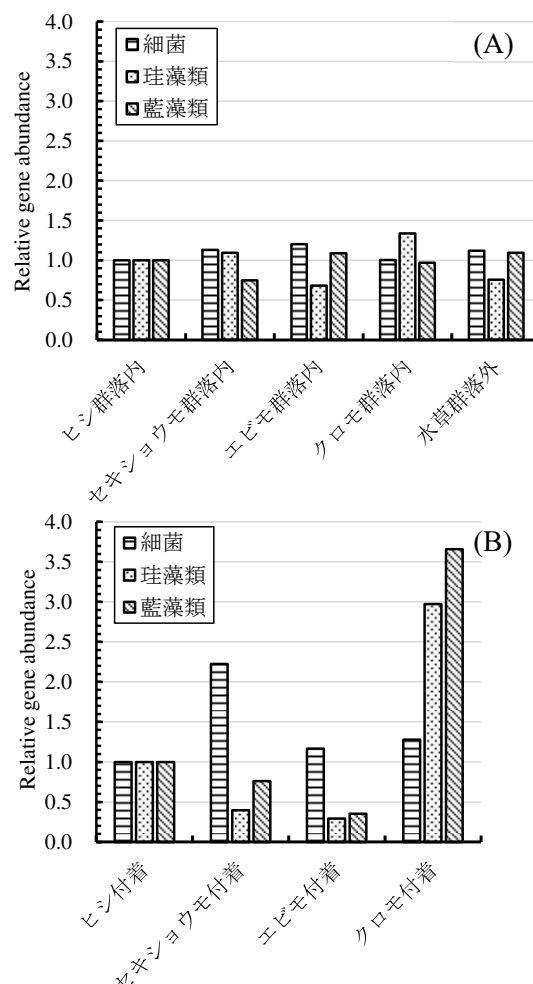


図1 ヒシを基準とした細菌、珪藻類、藍藻類の total DNA あたりの定量結果 (A): 周辺水試料, (B): 付着試料

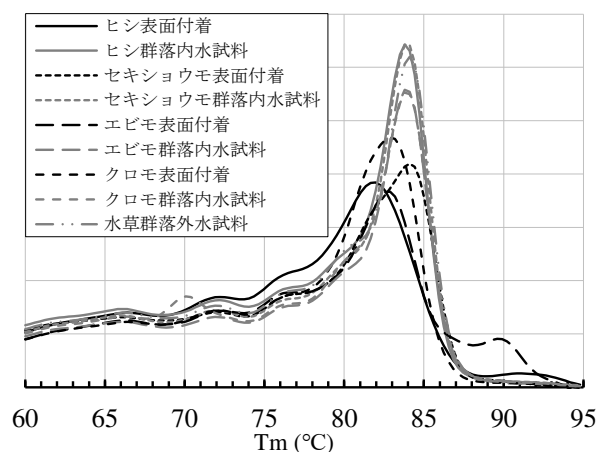


図2 Real-time PCR で増幅された細菌由来増幅産物の Dissociation curve 解析結果

# ドローンを活用した水草分布調査に向けた条件検討

○筒井裕文<sup>1</sup>, 宮坂真司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>長野県諏訪湖環境研究センター

## はじめに

諏訪湖では、水質改善にともなってアオコの発生頻度が大幅に減少した一方で、浮葉植物ヒシの繁茂により景観の悪化や船舶の航行、水質の悪化などが懸念されており、諏訪湖創生ビジョンにおいても適切な水草の管理が課題とされている（長野県諏訪地域振興局, 2023）。諏訪湖における水草の維持管理を実施するためには水草の繁茂状況をモニタリングすることが不可欠であり、県では水草が最も繁茂する時期に諏訪湖の全周における調査を実施してきた。

近年、リモートセンシング技術の発達にともない、人工衛星の光学画像を活用した広範囲の陸上の情報取得技術や、空中ドローンなどの無人航空機(UAV)を活用した高解像度での情報取得技術の開発が進められている。これらの技術を活用することで、人工衛星画像を活用した高頻度での水草繁茂状況の確認や、UAV を活用したヒシ帯内部の情報の取得や定量的な繁茂状況の把握など、従来の調査では労力的に困難であった調査が可能となり、従来の調査と組み合わせることで水草の適切な管理に必要な情報のモニタリングを効率的に収集、共有することが可能となることが期待される。

本研究では、植物種の違いを含めた比較的详细な水草の植生状況の把握を目的とした空中ドローンを活用した水草分布調査の実施に向け、諏訪湖の湖面を対象としたドローン画像の撮影条件を検討した。

## 方法

2024年10月21日15時より、図1に示す諏訪湖の2地点において調査を行った。地点1は浮葉植物のアサザが繁茂しており、地点2には沈水植物が多く繁茂している。撮影にはMavic3 Multispectral(DJI)を用い、表1に示すA、Bの2件にて撮影を行った。なお、地点1の条件Aでの測定は湖周建設物



図1 空中ドローンによる撮影地点

表1 本研究での空中ドローン撮影条件

	条件A	条件B
飛行高度 (m)	21.7	43.4
分解能 (cm/pixel)	1.0	2.0
オーバーラップ率 (%)	85%	80%
サイドラップ率 (%)	75%	60%
撮影画像	RGB, G, R, RE, NIR	

との接触の恐れのためエリアの一部のみ実施した。撮影した画像をもとに、DJI Terra(DJI)を用いて2Dオルソモザイクマッピングにより光学画像と正規化植生指標(NDVI)画像をそれぞれ構築した。

## 結果

地点1のアサザ帯を対象として作成した各条件におけるRGB画像およびNDVI画像を図2にそれぞれ示す。地点1ではいずれの条件でも、全画像を用いたマッピングが可能であった。一方、一部に帯状の構築不備が見られ(図2)、その不備は条件Aより条件Bで多く見られたため、精緻な解析を行うためには撮影条件や気象条件の最適化が必要であると示された。また、撮影当日にはアオコが発生しており、湖水が植物プランクトンにより緑色を呈していたが、マルチスペクトル画像により合成したNDVI画像により、水域と植生域を明確に区分することが可能であることが示された。

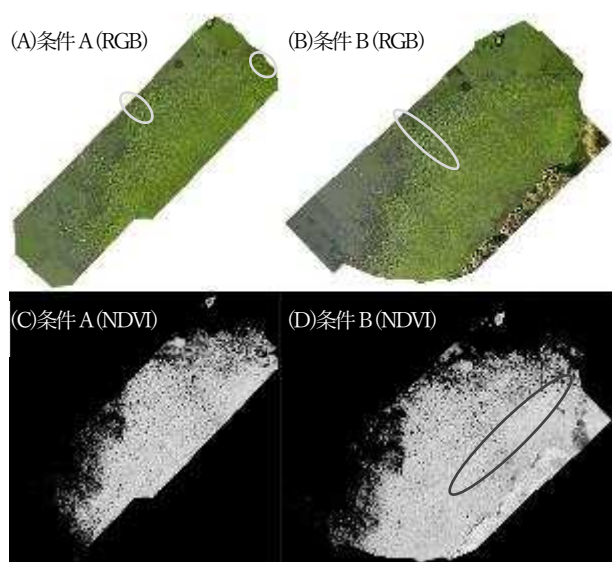


図2 構築された2D オルソマップ画像（地点1）.構築不備のあったエリアを丸で示す

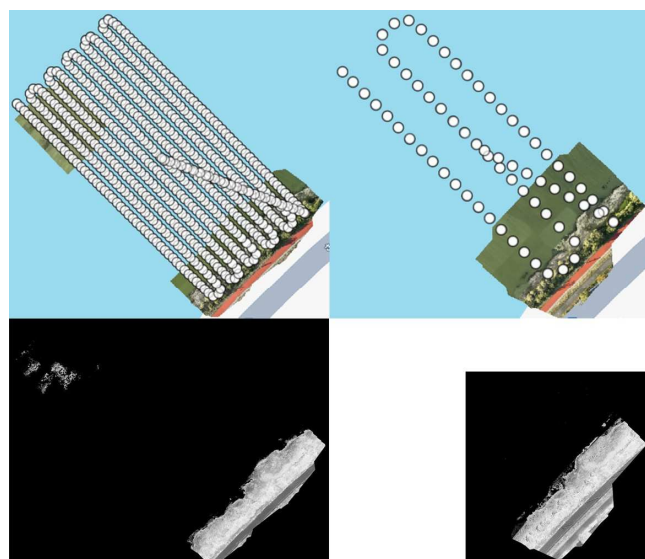


図3 構築された2D オルソマップ画像（地点2）. ドローンによる撮影地点をRGB 画像上に○で示す

地点2の沈水植物帯を対象として作成した画像を図3にそれぞれ示す。地点1と異なり、地点2では陸域周辺を除く大部分のエリアでマッピングが行われず、マッピングされた画像は条件Aで574枚中の23%、条件Bで69枚中の26%にとどまった（図3(A), (B)）。条件Bで撮影した場合には、条件Aで合成された沈水植物繁茂帯の合成もなされなかった。さらに合成された画像もモザイク状であった。一方、限られた合成画像内ではあるが、図3(C)の左上に位置する目視可能な沈水植物はNDVIで検出され、画像から水草が抽出可能であることが示された。

## 考察

水草分布調査を目的とした UAV の活用可能性について検討した結果、浮葉植物が存在する場合には比較的高精度での合成が可能であることが示された。一方で浮葉植物が存在せず、沈水植物のみが存在する場合は、画面の大部分を、時間で位置や形状が変化する波等が占め、結合に必要な画像の特徴量が不足することでマッピングが困難になることが示された。特に、撮影当日はアオコが発生しており、透明度が低かったこともマッピング失敗の要因であると考えられる。

マッピングを行ううえで、画像連結の際に重要となる特徴量として浮葉植物や湖岸、湖底の物体を

画像内に収めることが重要であることが示され、沈水植物帯を対象とする場合は飛行高度を稼ぐことで陸域を含めた画像を撮影すること、透明度の比較的高い時期に撮影すること、何らかの人工物を測定対象エリアの水面上に設置することなどの対策が必要であると考えられた。UAV を用いた公共測量マニュアル(国土地理院, 2017)では 60%以上のオーバーラップ率と 30%以上のサイドラップ率を確保するよう記載されているが、本研究では上記条件よりも高いオーバーラップ率を採用しており、水面上を対象として精緻な解析を行う際には、既往研究(村田ら, 2021)と同様、より高いオーバーラップ率の確保や、風速などの気象条件への配慮が必要となることが示された。

## 引用文献

- 国土地理院（2017）：第2編 UAV による空中写真を用いた数値地形図作成。UAV を用いた公共測量マニュアル（案）（平成29年3月改定），国土地理院（編著）：10. 国土地理院，茨城。
- 長野県諏訪地域振興局（2023）：3.2.1 水生植物。諏訪湖創生ビジョン（2023年3月改定），長野県諏訪地域振興局（編著）：25. 長野県諏訪地域振興局，長野。
- 村田裕樹・伊藤浩吉・猪股英里・倉石恵・阿部拓三・大木優利・米澤千夏・藤井豊展（2021）：沿岸域におけるドローン空撮画像からの海草・海藻藻場オルソモザイク画像作成条件。日本リモートセンシング学会誌，41(5):595-602.

# 衛星画像を活用した水草繁茂状況把握手法の開発

○筒井裕文<sup>1</sup>

<sup>1</sup>長野県諏訪湖環境研究センター

## はじめに

諏訪湖では 2000 年頃から浮葉植物ヒシ *Trapa* spp. が大量繁茂しており、水の流動の阻害、沈水植物への影響、船の航行や親水活動の支障が懸念され、適切な管理が課題となっている(長野県地域振興局, 2023)。水草の繁茂状況のモニタリングとしては、現在、水産試験場諏訪支場が夏季に船舶からの目視により水草全周調査を実施してきた(長野県, 2022)。

近年、人工衛星から撮影された光学画像を用いた水草のモニタリングに関する検討がなされているが(尾山ら, 2017, 安井ら, 2023)、時系列データの解析に適した条件については知見が不足している。そこで、人工衛星光学画像を活用した諏訪湖全域を対象とした網羅的な浮葉植物を主とした水草繁茂状況のモニタリング技術について、特に時系列的な繁茂状況を解析する際の閾値に着目して条件検討を行った。

## 方法

諏訪湖を調査対象とし、Sentinel-2 で取得されたマルチスペクトル画像について、事前に雲の影響を受けず諏訪湖全域が撮影されている画像を目視で確認したうえで、大気補正済みの L2A データを用いた。

マルチスペクトル画像の解析は Google colaboratory 上にて行った。諏訪湖における水草と水域を分離するため、植生域指標である NDVI、水域指標である NDWI を算出することで、浮葉植物と水域の分離検出を試みた。諏訪湖の抽出には湖沼データ(国土地理院)のポリゴン情報を利用し、過去の水産試験場による全周調査の近傍の衛星画像から諏訪湖内の各指標のヒストグラムを算出し、閾値の検討に用いた。

## 結果および考察

水草検出の検討として、2022 年度の全周調査日(8/8-8/9)に近い 8/10 の衛星画像から合成した RGB 画像と、全周調査からマッピングされたヒシ繁茂域、各指標の画像を図 1 に示す。なお、ヒシ分布域調査結果における L, M, H はそれぞれ植生密度の段階を示しており、L は株間距離が 2 m 以上の疎な状態、M は株間距離が 1-2 m の中間的な状態、H は株間距離が 1 m 未満の密な状態をそれぞれ示す。植生指標および水域指標のいずれも比較的高密度でヒシが繁茂するエリアを検出可能であることが判明した。

各年度の衛星画像について NDVI および NDWI を算出した結果のヒストグラムを図 2 および図 3 にそれぞれ示す。いずれの年度でも水域に起因する比較的大きく鋭いピークと、植生域に起因する比較的低くなだらかなピークが現れた。また各年度で同様の時期の画像を用いたにも関わらずピーク位置が年度により異なり、水域側のピークの極値は NDVI が -0.12-0.00, NDWI が -0.18--0.08 の範囲に、浮葉植物側のピークの極値は NDVI が 0.33-0.53, NDWI が 0.23-0.40 の範囲にそれぞれ現れた。国内の既往研究では、閾値として NDWI > 0.27 (尾山ら, 2017)や、NDVI > 0.50 (安井ら, 2023)など定数が用いられているが、ほぼ同一の植物が優占している同一地点かつ同一時期の画像でもピーク位置に 0.2 程度の差があり、それぞれの画像において閾値の妥当性を確認することが必要であることが示された。また、2 つのピークが完全に分離していないことから、精度向上のためには単一の指標だけでなく、複数の指標を用いた分類の検討も必要であると考えられた。



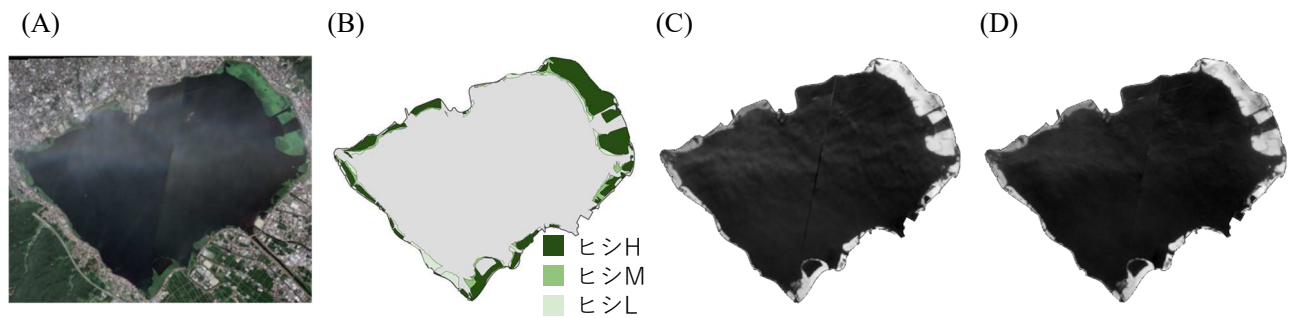


図1 Sentinel-2 マルチバンド画像(2022 年 8 月 10 日)より作成した画像と長野県水産試験場諏訪支場によるヒシ繁茂域の調査結果(2022 年 8 月 9-10 日). (A) True color 画像, (B) 全周調査結果図, (C) NDVI, (D) NDWI

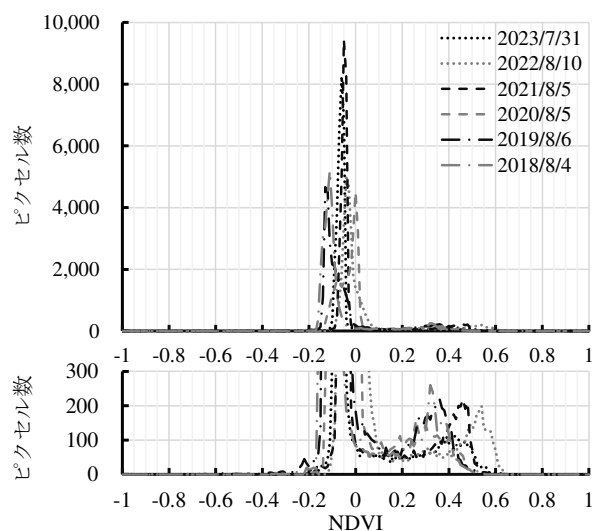


図2 各年度の諏訪湖内 NDVI 値のヒストグラム

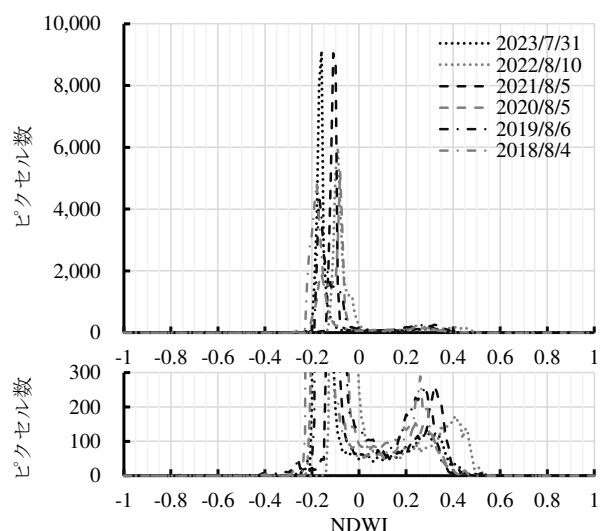


図3 各年度の諏訪湖内 NDWI 値のヒストグラム

ピーク位置の変動の原因を検討するため、NDVI の算出に用いる 2 波長に着目し、諏訪湖内のヒシ帯と非ヒシ帯の無作為に選出した 4 地点における値をプロットした結果を図 4 に示す。図 4 の結果から、ピーク位置の変化は主にバンド 8 の近赤外の差に起因することが示唆された。

## 引用文献

- 尾山洋一・松下文経・福島武彦 (2017) : 衛星画像から観測した国内 6 湖沼におけるヒシ属 *Trapa* L. の長期分布変化. Jpn.J.Conserv.Ecol., 22(1) : 171-185.
- 長野県水産試験場諏訪支場 (2023) : 5.1. 諏訪湖におけるヒシおよび水生植物の分布調査. 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, 長野県環境部水大気環境課 (編著) : 56-61. 長野県環境部水大気環境課, 長野.
- 長野県諏訪地域振興局 (2023) : 3.2.1 水生植物. 諏訪湖創生ビジョン (2023 年 3 月改定), 長野県諏訪地域振興局 (編著) : 22-23. 長野県諏訪地域振興局, 長野.
- 安井一人・松村勇育・浅見正人・蔡吉・酒井陽一郎・石川可奈子(2023) : ドローンと衛星観測による伊庭内湖における水草繁茂面積の簡易推定. 陸水学雑誌, 84(1) : 65-74.

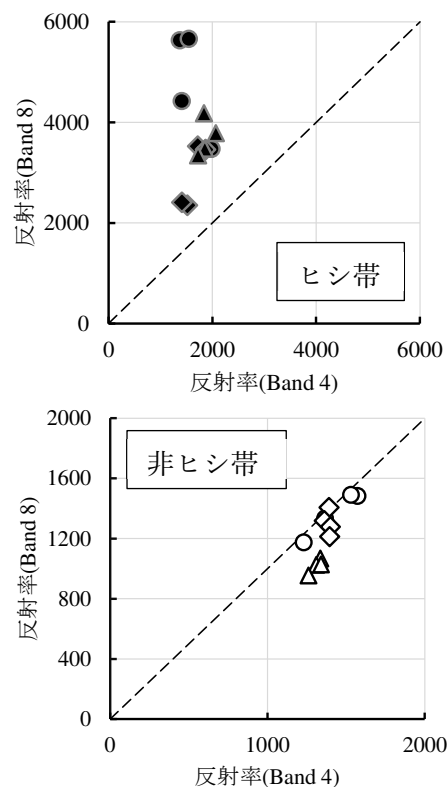


図4 ヒシ帯および非ヒシ帯の無作為地点における Band4 および Band8 反射率の関係

## 諏訪湖におけるメガネサナエ等トンボ目昆虫の羽化殻調査

○宮坂真司<sup>1</sup>・福本匡志<sup>2</sup>・谷野宏樹<sup>1</sup>・筒井裕文<sup>1</sup>・塩原 健<sup>3</sup>・北野 聡<sup>1</sup>

<sup>1</sup>長野県諏訪湖環境研究センター・<sup>2</sup>長野県上伊那農業農村支援センター・<sup>3</sup>長野県諏訪地域振興局環境課

### はじめに

諏訪湖では 1960 年代以降の富栄養化によりアオコが異常発生するなど、環境面への影響が生じていたが、下水道整備等の取組により水質は改善されてきている。一方で、近年は浮葉植物ヒシの大量繁茂、底層の貧酸素域の拡大等、新たな課題が生じており、生態系への影響も懸念される。

トンボ類は一般に理解されやすく調査もしやすい昆虫であるため（加藤 1989）、指標生物として好適である。諏訪湖創生ビジョンにおいて指標水生動物に位置づけられ（長野県諏訪地域振興局 2023）、日本の重要湿地 500 の選定理由ともなっているメガネサナエは、琵琶湖、愛知県の一部、諏訪湖のみに分布する絶滅危惧種で（尾園ほか 2021）、琵琶湖の流入河川の姉川や野洲川下流域における成虫確認地点の減少や（白神 2018）、矢作川における羽化殻確認数の激減が報告されるなど（吉田 2020）、存続が危ぶまれており、諏訪湖における動態を把握する必要がある。そのため、メガネサナエ及び湖周で確認されたその他トンボ 4 種の羽化殻について調査し、2020 年から 2024 年までの年変動や地域ごとの生息種の違いを比較、分析することで、環境による違いと希少種の動態の把握を目指した。

### 方法

鳥類から捕食されるおそれが少なく羽化場所として好適な木製の栈橋が設置されている諏訪湖湖岸の 4 か所を調査地点（St.1-St.4）に設定した（図 1）。各調査地点において確認された以下のトンボ目昆虫 5 種の羽化殻を全数採取するとともに、種名、採取数及び採取地点の様子（水草繁茂状況）を調査した。調査

時期は羽化の時期とされる 7 月上旬から 8 月上旬とし、2024 年は 7 月 16 日、7 月 30 日及び 8 月 8 日に実施した。

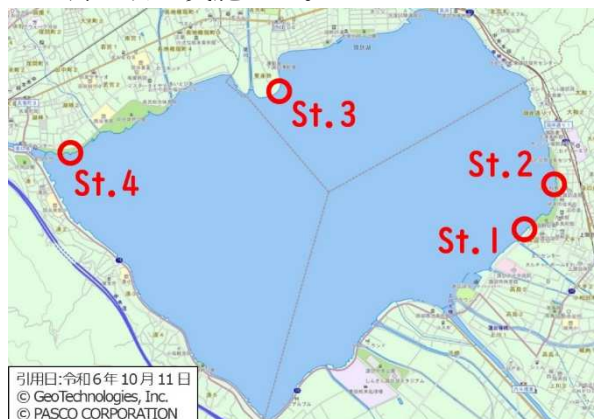


図 1 羽化殻調査の調査地点

### 【調査対象種】

- ①メガネサナエ *Stylurus oculatus*
- ②ウチワヤンマ *Sinictinogomphus clavatus*
- ③オオヤマトンボ *Epophthalmia elegans*
- ④コフキトンボ *Deielia phaon*
- ⑤ミヤマサナエ *Anisogomphus maacki*

### 結果

メガネサナエの羽化殻数は、7 月中旬の調査では 2022 年以降は前年比で増加、8 月上旬の調査では 2023 年以外は前年比で減少していた（図 2）。

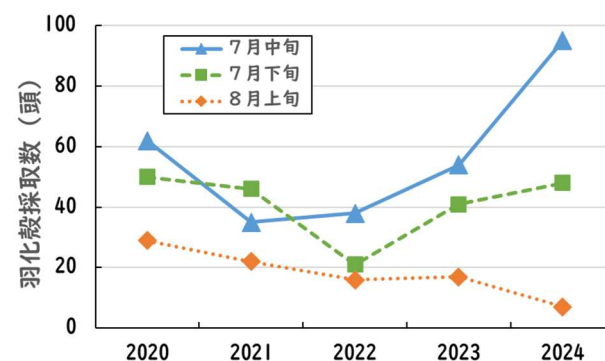


図 2 メガネサナエ羽化殻採取数の推移

調査地点4地点のうち3地点でコフキトンボが優占する傾向があることが明らかとなった（図3）。また、St.3 においてはメガネサナエが優占していた。St.1～St.3 では2020年のコフキトンボの比率が他の年に比べて低く、St.4では2024年にウチワヤンマの比率が他の年に比べて高いなど、前述の地域による特色がある中でもある程度の年変動が確認された。

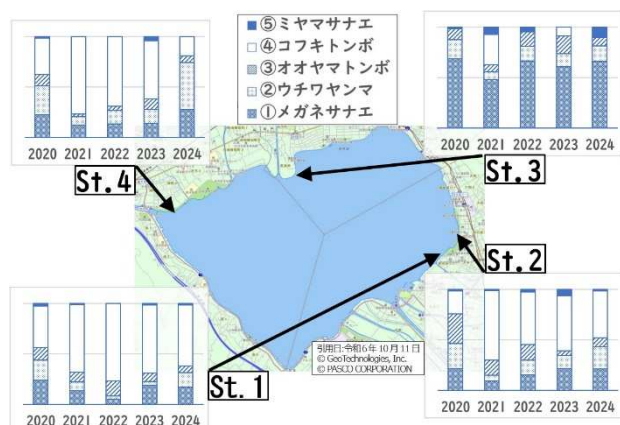


図3 種別の羽化殻採取数の比率

## 考察

2024年調査におけるメガネサナエの羽化殻数は調査開始以降最大となり、諏訪湖におけるメガネサナエの減少は確認されなかった。

また、本調査で羽化殻が確認された種の生息場所との関連を把握するため、2019年から2022年の水草分布調査結果との比較を行った（長野県水産試験場諏訪支場 2024）。羽化殻の確認数でメガネサナエが優占種となったSt.3の周辺では、いずれの年もヒシがほとんど繁茂していなかったのに対し、St.4の周辺では毎年ヒシが繁茂していた。St.1及びSt.2ではヒシ繁茂が多い年と少ない年があったが、これらの地点では栈橋から観光船等の船舶が往来しているためヒシが除去されていたと考えられ、いずれの年も羽化殻調査の際に、船舶の往来がない場所ではヒシが密に繁茂していることを確認している。先行研究では、メガネサナエ属の幼虫は粘土の多い砂泥を好む一方、ヘドロが多く堆積する環境は貧酸素等により好まないとされていることから（吉田 2018）、

ヒシの枯死体によりヘドロが多く存在すると想定されるヒシ繁茂地域では、少なかった可能性がある。



図4 St.1の栈橋付近に繁茂するヒシ

本調査ではトンボ目相とヒシの繁茂状況との関連などが示唆されたものの、年3回のみの限られた調査であり、それに由来する誤差も想定されることから、年変動や地点による変動の要因を究明するために、より詳細な調査が必要である。

## 引用文献

- 尾園暁・川島逸郎・二橋亮（2021）：メガネサナエ、ネイチャーガイド 日本のトンボ 改訂版，尾園暁・川島逸郎・二橋亮（編著）：262，文一総合出版，東京。
- 加藤和弘（1989）：生物による水環境評価について，環境科学会誌，2：301-310。
- 白神宏恵（2018）：45. メガネサナエ，琵琶湖博物館研究調査報告 第30号「滋賀県のトンボ（2010年代）」，琵琶湖博物館（編著）：45，琵琶湖博物館，滋賀。
- 長野県水産試験場諏訪支場（2023）：5.1. 諏訪湖におけるヒシおよび水生植物の分布調査，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，長野県環境部水大気環境課（編著）：57-58，長野県環境部水大気環境課，長野。
- 長野県諏訪地域振興局（2023）：5.2 生態系保全，諏訪湖創生ビジョン（2023年3月改定），長野県諏訪地域振興局（編著）：73，長野県諏訪地域振興局，長野。
- 吉田雅澄（2018）：メガネサナエ属の分布はなぜ局地的か？，Aeschna，54：1-9。
- 吉田雅澄（2020）：メガネサナエ，愛知県の絶滅のおそれのある野生生物 レッドデータブックあいち 2020，愛知県環境調査センター（編著）：293，愛知県環境部自然環境課，愛知。



## 諏訪湖流入河川におけるメガネサナエの成虫モニタリング調査

○宮坂真司<sup>1</sup>・福本匡志<sup>2</sup>・谷野宏樹<sup>1</sup>・筒井裕文<sup>1</sup>・北野 聡<sup>1</sup>

<sup>1</sup>長野県諏訪湖環境研究センター・<sup>2</sup>長野県上伊那農業農村支援センター

### はじめに

諏訪湖及びその流入河川では、希少種メガネサナエの生息状況や動態を把握するため、2019年から2023年にかけて毎年メガネサナエの羽化期、繁殖期における羽化殻と成虫のモニタリング調査が実施されてきた（長野県諏訪地域振興局環境課 2020, 2021, 2022, 2023, 2024）。ここでは、2024 年も同様の手法でモニタリング調査を実施するとともに、その結果を加え、過去の調査結果や気象データとの比較を行った。

### 方法

メガネサナエの繁殖行動が確認されている諏訪湖流入河川の河川敷の一定区間を2～6人で往復し、メガネサナエ成虫の確認数を気象条件等と併せて記録した。往路、復路それぞれについて複数人の調査者が独立に計数し、その平均値を確認数とした。調査地点にはメガネサナエと形態が類似するミヤマサナエやオナガサナエも確認されるため、メガネサナエの判別においては、双眼鏡（ライト光機製作所製 8×32）又は高倍率ズームカメラ（キヤノン製 PowerShot SX70 HS）を用い、主に翅胸前面の黄条及び腹部第8節の黄斑の違いにより判別した。調査時期は8月下旬、9月上旬、9月下旬の計3回、原則として晴れから曇りの午前中に実施することとし、2024 年は8月19日、9月4日及び9月24日に実施した。

### 結果及び考察

確認された成虫の大半がオスで、占有行動をとるものや、護岸壁面に静止するものなどが確認された。図より、調査を行った6年間

では明瞭な傾向は確認されなかったものの、メガネサナエの繁殖期終盤である9月下旬の確認数が、2020年から2023年にかけて毎年増加していることが確認された。また、羽化から産卵までの期間である7月から9月までの積算温度（アメダス（諏訪））を年ごとに確認したところ、2021年以降毎年増加していた。

表 モニタリング調査結果（2024 年）

	8/19		9/4		9/24	
	往路	復路	往路	復路	往路	復路
天候	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	晴れ
気温(°C)	29	35	27	34	24	30
風向	—	—	W	W	SE	SE
風力(m/s)	0.0	0.0	1.0	1.0	1.5	1.5
雲量(%)	50	50	40	40	90	20
照度(10 <sup>3</sup> lux)	50	47	80	24	26	90
開始時刻	9:15	10:55	9:15	11:00	9:15	11:25
終了時刻	10:30	12:05	10:40	12:05	10:30	12:10
確認数	9.7	6.0	10.0	12.0	9.7	17.0
平均確認数	7.8		11.0		13.3	

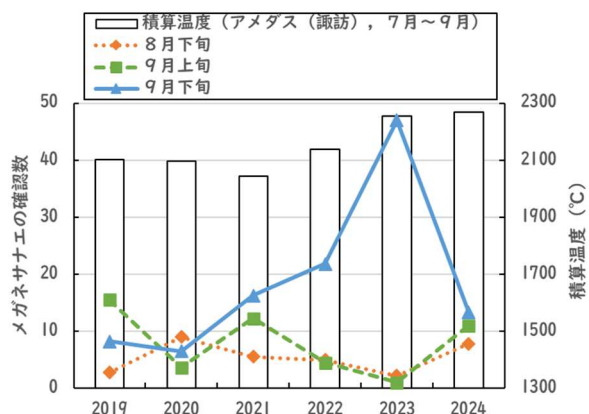


図 メガネサナエ成虫確認数及び積算温度の推移



6年間の調査結果からは、諏訪湖流入河川におけるメガネサナエの減少は確認されなかった。2021年以降、諏訪地域では夏季の気温が上昇傾向となっており、繁殖期の終盤である9月下旬の確認数増加との関連が示唆されたものの、年3回のみの限られた調査であり、それに由来する誤差も想定されることから、より詳細な調査が必要である。

## 引用文献

長野県諏訪地域振興局環境課（2020）：9.2. メガネサナエのモニタリング。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，長野県環境部水大気環境課（編著）：137。長野県環境部水大気環境課，長野。

長野県諏訪地域振興局環境課（2021）：7.2. メガネサナエのモニタリング。令和2年度諏訪湖創生ビジョン推進事業調査結果報告書，長野県環境部水大気環境課（編著）：93。長野県環境部水大気環境課，長野。

長野県諏訪地域振興局環境課（2022）：6.2. メガネサナエのモニタリング。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，長野県環境部水大気環境課（編著）：87。長野県環境部水大気環境課，長野。

長野県諏訪地域振興局環境課（2023）：5.2. メガネサナエのモニタリング。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，長野県環境部水大気環境課（編著）：62。長野県環境部水大気環境課，長野。

長野県諏訪地域振興局環境課（2024）：5.2. メガネサナエのモニタリング。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，長野県諏訪湖環境研究センター（編著）：60。長野県諏訪湖環境研究センター，長野。

# 野尻湖の鉛直水質測定結果

○小平由美子<sup>1</sup>

<sup>1</sup>長野県諏訪湖環境研究センター

## はじめに

一般的に、十分な水深がある閉鎖性水域では表面水温が上がる季節に成層が発生し、表層部と下層部の水質に差異が生じる。特に下層では底泥による DO 消費が起こるものの表層からの酸素供給がないため貧酸素状態が生じる等の影響（環境省 2020）が知られている。

本業務では、野尻湖の成層状況と鉛直方向の水質変化を把握するため、湖心において多項目水質計により水質の変化を測定した。

## 方法

2024 年 6 月から 2025 年 3 月に毎月 1 回（6/12, 7/18, 8/22, 9/25, 10/16, 11/13, 12/11, 1/22, 2/12, 3/12）、野尻湖湖心（36° 49'30"N, 138° 13'15"E, 測定時水深 33.1~34.2m）において、船上から測定器（JFE アドバンテック(株)社製 モデル AAQ177（センサー部） & D-10（表示部））のセンサー筐体を水中に下ろし、着底するまで約1mおきに水質 9 項目（表 1）について連続測定した。

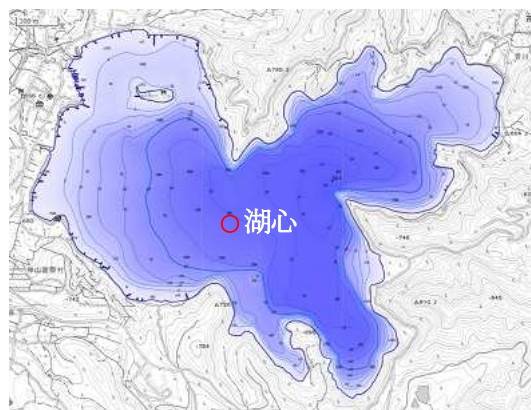
なお、ここでは水深 1 m あたり 1℃以上の水温変化がある領域を水温躍層とみなし、この躍層が確認される状態を成層と定義した。

また水深－光量子を指数近似した回帰曲線（ $I_d = I_0 \exp^{-kd}$ ）から毎月の消散係数  $k$  を算出した。このとき  $I_d$  は水深ごとの光量子、 $I_0$  は水面直下の光量子、 $d$  は水深である。

## 結果

### (1) 水温

6 月の時点で 8~11m に水温躍層が形成されており、表層水温が高くなる 9 月にはさらに明確な躍層が見られ、その位置は 8~12 m だった。12 月は表層水の水温が低下して下層との水温差は小さくなったが、この時点でも水深 18m 付近に躍層が見



（国土地理院：地理院タイル湖沼データ（野尻湖）及び淡色地図をもとに加工）

図 1 調査地点（野尻湖湖心）

表 1 測定項目及び測定方式

項目	測定方式
水深	半導体圧力
水温	サーミスター
電気伝導度	電極式
クロロフィル a	蛍光
DO	燐光式
水中光量子	フォトダイオード
濁度	赤外光後方散乱式
pH	ガラス電極
ORP	白金電極(複合電極式)

られた。1 月に入ると循環が起こり表層から底層までほぼ一定の水温となった。表層水温は季節変動により大きく変動したが、水深 20 m 以下の水温は 6 月から 12 月までほぼ変動なく 5℃台で推移した。1~3 月の水温は 2℃台から 3℃台だった。

### (2) DO

湖心における DO 分布を図 3 に示す。6 月時点では湖底直上の地点まで 5mg/L 以上の DO があり貧

酸素状態は見られなかったが、9月及び12月には湖底から数m程度の位置まで2mg/Lを下回っているのが見られた。成層してから時間が経つにつれ底層付近からの貧酸素化が進んでいた。底層による酸素消費が原因と思われる。全層循環が起こった1月からは底層付近の溶存酸素濃度は回復し、表層とほぼ同等となった。

6月は表層から躍層直上にかけてDOが飽和度100%を超えていた。植物プランクトンによる光合成が活発に行われたためと思われる。

### (3) 光量子

水中光量子は通常、表層が最も高く、水深とともにゆるやかに減少する。水中の光量は水生植物の生育に大きく関わるため、表層付近の1%となる水深を補償深度として求めたところ、測定期間中は8.8~18mとなった。なお補償深度は夏季から秋季が比較的高く、全層循環が起こった1月に大きく低下し、3月までは低い値で推移した。なお光量子の消散係数は0.27-0.51だった。

### まとめ

水深が深い湖にみられる明確な季節成層を形成していた。成層期の後半に底層付近数mでDOが著しく低下していた。光量子については、表層の1%となる水深は8m以上で、夏季はさらに深い水深であることが確認された。

これらのデータは、DOの挙動の解析や、水生植物の生育予測等他の業務・研究に応用が可能と思われる。今回掲載できなかった各月のデータは諏訪湖環境研究センターのウェブサイト(<https://www.lserc.pref.nagano.lg.jp>)で別途公表予定である。

### 引用文献

環境省水・大気環境局水環境課(2020):湖沼の底層溶存酸素量及び沿岸透明度に関する水質保全対策の手引き。

URL:<https://www.env.go.jp/content/900544873.pdf>  
(2025年11月28日時点)

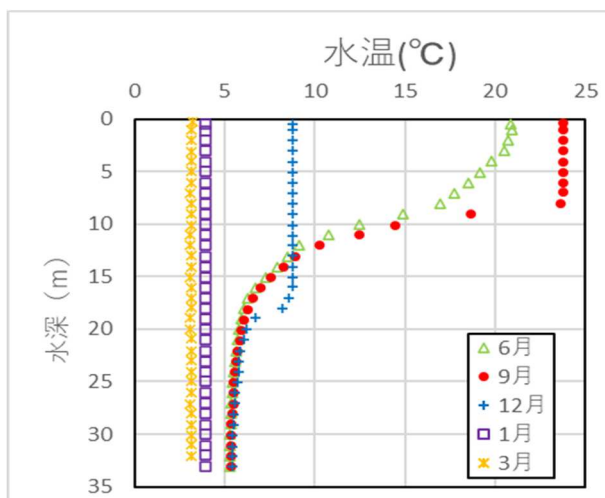


図2 2024年6月~2025年3月の野尻湖湖心における水温鉛直分布

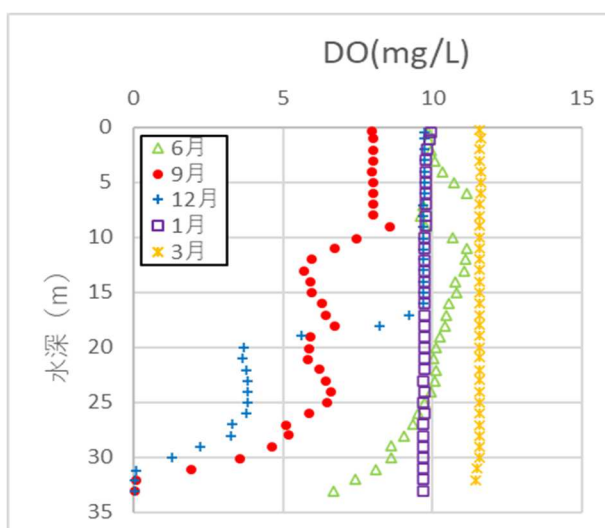


図3 野尻湖湖心DO飽和度鉛直分布

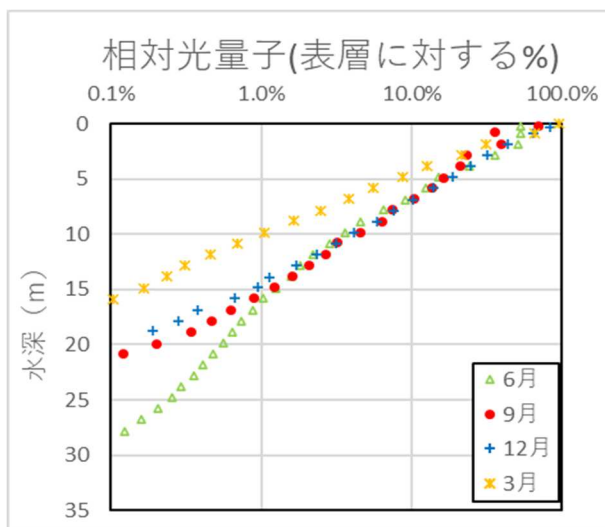


図4 野尻湖湖心光量子鉛直分布

## 野尻湖における水草の回復状況 2014 - 2022

○小平由美子<sup>1</sup>・山下晃子<sup>2</sup>・大場政哉<sup>2,3</sup>・飛澤知佳<sup>2,4</sup>・新津雅美<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 長野県諏訪湖環境研究センター・<sup>2</sup> 長野県環境保全研究所・<sup>3</sup> 長野県松本地域振興局・

<sup>4</sup> 長野県北信保健福祉事務所

### はじめに

野尻湖は、長野県北部の妙高戸隠連山国立公園内に位置する山間部の湖沼であり、20世紀初頭に行われた調査では豊富な水草が観測されていた（中野，1916）。しかし、高度成長期に富栄養化が進行し、水草が著しく増加したため、1978年にソウギヨ *Ctenopharyngodon idella* 5,000匹が放流され、3年で湖内の水草帯が喪失してしまった（桜井，1984）。その後、数十年の間にソウギヨは体長1m近くまでに成長するなかで水草に対して強い採食圧を及ぼし、湖内に水生植物がほとんどない状態が継続したが（樋口ら，2016）、近年になり水草帯の復活が見られている（樋口ら，2019）。

長野県では野尻湖の水草帯の復元を目指して、1996年からソウギヨ防御設備による水草保全区画の設置を行うとともに（樋口ら，2016）、区画外での水草復元を見据え、2014年から野尻湖沿岸に定点を設けて水草の生育状況を継続的に観察してきた。本報告では、水草保全区域と区画外で観察した水草群落の組成について報告する。

### 方法

水草の観察は2014年から2022年にかけて、野尻湖岸の4箇所に調査地点を設け、陸上から目視により行ったほか、デジタルカメラで写真撮影し記録した。観察した各定点の特徴を表1に示す。

St.A および D は、金属製またはナイロン製の網によりソウギヨの侵入が遮断されていたためソウギヨの食圧を受けない。網等の構造は図1に示す。一方 St.B および St.C はソウギヨの侵入を防ぐ構造物等はなく、水深が充分であればソウギヨが侵入可能であった。しかし、St.B は野尻湖の水位変動により水深が数 cm 以下となったり湖底が露出するなど、ソウギヨが侵入できない状態になることがあった。観察範囲は、St.A および St.D は網の中の全域とした。St.B は St.A 近傍の湖岸付近を観察地点とした。St.C は目印となる古海川の河口の周囲とし、いずれの地点も岸から目視で見える範囲とした。

それぞれの地点で観察された水草については、角野（1994）および大滝ら（1980）に従い属レベルで同定した。

表1 定点の特徴

地点名 (地区名)	緯度 N	経度 E	水深 (2020-2022 年の実測)	特徴	ソウギヨ 侵入可否
St.A (野尻地区)	36.83683	138.21347	0~0.9 m (平均 0.6 m)	水草植栽・保全区画。ソウギヨ防御用の鉄網に囲まれている。	不可
St.B (野尻地区)	36.83680	138.21420	0~0.8 m (平均 0.5 m)	St.A からの距離約 70m。 2014 年 4 月までソウギヨ侵入防止柵があったが、観察期間には撤去済み	可
St.C (菅川地区)	36.84463	138.24120	0.2~1.6 m (平均 1.1 m)	St.D からの距離約 100m。湖底が深く掘り込まれており、水位が低下しても露出することがほぼない。	可
St.D (菅川地区)	36.83390	138.24270	実測値なし	水草植栽・保全区画。ソウギヨ防御用のナイロン製二重網に囲まれている。	不可



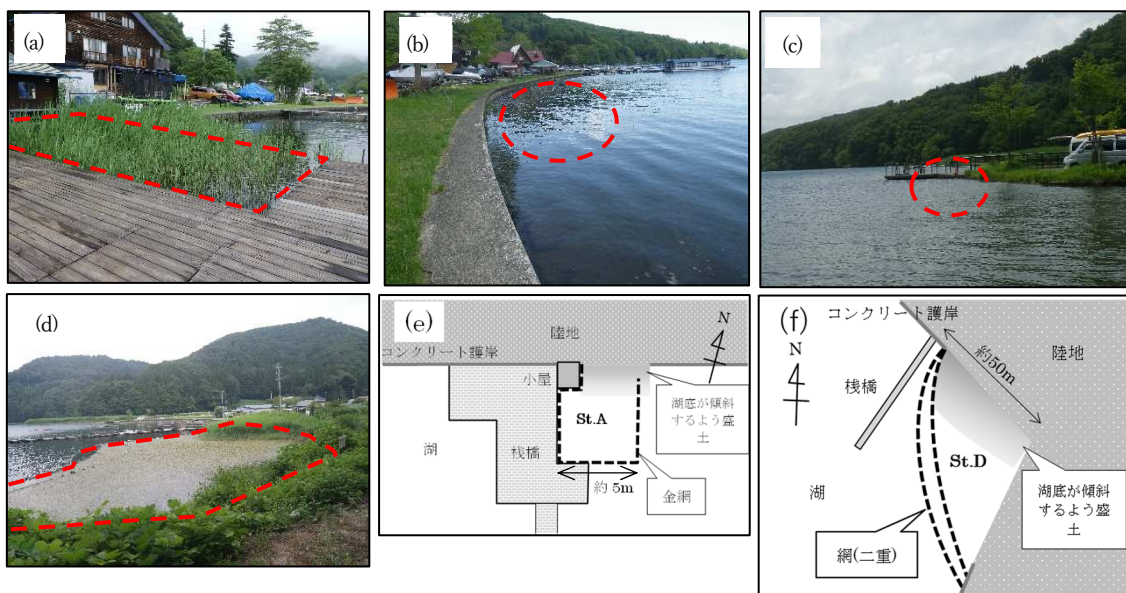


図1 (a) St. A (水草保全区画) の全景, (b) St. B の全景, (c) St. C の全景, (d) St. D (水草保全区画) の全景, (e) St. A の平面概略図, (f) St. D の平面概略図. 点線の範囲が観察範囲.

## 結果及び考察

観測地点ごとに、各年の7月と9月に観測した際に見られた水草種を表2に示した。

ソウギョ侵入防止の囲いを設置しておりソウギョが侵入しない St. A および St. D では、毎年水草の生育が確認された。見られた水草は、表2のとおりである。

ソウギョの食害を受ける St. B では、2014 年に見られた過去に植栽された株と思われるヨシや、水深がごく浅い時にホタルイ属のような水面下でなくても生育できる水草がわずかに見られた以外は、2016 年までほとんど水草の生育は見られなかった。同じく食害を受ける St. C でも、2016 年までは水草がほとんど見られなかった。しかし、2017 年から両地点で生育が見られるようになり、2018 年にはさらに出現頻度が上がり、以降毎年水草が見られるようになった。

見られた水草は、表2のとおりであり、例えば、St. B におけるヒルムシロ属のように、一部については近傍の水草保全区画から種子や栄養体が供給されて定着した可能性が考えられた。

クロモ属は、2022 年において湖内の多くの地点で見られているが (小平ら, 2024), 2018 年までは水草保全区画内でも見られなかった。これは、保

全区画内のクロモは、ソウギョの食圧の低下に伴い湖内の他の場所で増加したクロモが移流してきて区画内に定着したものと思われる。あるいは、野尻湖の特性として水位の変動幅が大きく保全区画内の湖面が露出してしまうこともあるため、沈水植物であるクロモは発芽しても低水位になった時に生育できなかったことも考えられる。一方でヒルムシロ属は、観察期間を通じて保全区画内で見られた。ヒルムシロ属のなかには陸生形となる種もあるため (角野, 2014), 露出した湖底でも生育できたものと思われる。

樋口ら (2016) によると、野尻地区の保全区画内には抽水植物のヨシ、ヒメガマ、フトイが植栽された。しかし、導入した抽水植物の進出・増殖には時間を要したとされる (樋口ら, 2019)。本研究においても、ヨシ属、ガマ属などは人工的な植栽の行われていない地点には 2022 年においても生育が見られておらず、進出に時間がかかると思われる。

最近の野尻湖ではほぼ全周にわたる水域で水草類の繁茂が確認されており (小平ら, 2024), 今後においては絶滅危惧種ホシツリモ *Nitellopsis obtusa* を含む多様な水草類から成る水草帯の再生が期待される。

表2 水草の確認結果（＋は水草確認、－は調査無し、（ ）は水深 5 cm以下の状態を示す）

地点名	見られた水草		2014年		2015年		2016年		2017年		2018年		2019年		2020年		2021年		2022年	
	主な生育形	分類群	7月	9月	7月	9月	7月	9月	7月	9月	7月	9月	7月	9月	7月	9月	7月	9月	7月	9月
St. A	沈水	コカナダモ属													+					
		クロモ属												+	+		+	+	+	+
		セキショウモ属									+									
		糸状緑藻											+	+						
	沈水, 浮葉	ヒルムシロ属	+	+	+	(+)	+		+	+	+		+	+	+		+	+	+	+
	抽水	ガマ属	+	+	+	(+)	+	(+)					+	(+)						
		ホタルイ属 (狭義)	+	+	+	(+)	+	(+)	+	+	+	(+)		+			+	+	+	
		ヨシ属	+	+	+	(+)	+	(+)	+	+		(+)	+	(+)	+	(+)	+	+	+	+
St. B	沈水	クロモ属													+	-	+	+	+	
		セキショウモ属									+					-				
		糸状緑藻											+			-				
	沈水, 浮葉	ヒルムシロ属				(+)			+		(+)		(+)	+	+	-	+	+	+	+
	抽水	ガマ属						(+)								-				
		ホシクサ属												(+)		-				
		ホタルイ属 (狭義)				(+)		(+)	+	+	(+)	+	(+)		-	+	+		+	
		ヨシ属	(+)	+		(+)									-				+	
St. C	沈水	コカナダモ属										+		+					+	
		クロモ属												+			+	+	+	+
		セキショウモ属									+	+								
		糸状緑藻							+	+	+	+		+				+		
	沈水, 浮葉	ヒルムシロ属										+	+	+	+	+	+	+	+	+
	抽水	ホタルイ属 (狭義)									+	+								
	不明	植物であるが未同定				+			+											
St. D	沈水	コカナダモ属												+	-	-	-	-	-	-
		糸状緑藻							+				+		-	-	-	-	-	-
	沈水, 浮葉	ヒルムシロ属	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	抽水	ガマ属					+		+						-	-	-	-	-	-
		ウキヤガラ属			+	(+)		(+)							-	-	-	-	-	-
		ホタルイ属 (狭義)				(+)	+	(+)	+						-	-	-	-	-	-
		ヨシ属	+	+	+	(+)	+	(+)	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
		マコモ属			+										-	-	-	-	-	-
		抽水植物 (属名不明)	+	+					+						-	-	-	-	-	-

## 謝辞

観察地点 St. A は野尻湖水草復元研究会の設置した水草復元実験区内に設定しました。また St. D は長野建設事務所の設置した水草保全区画内に設定しました。両機関に感謝申し上げます。

## 引用文献

樋口澄男・山川篤行・北野聡・酒井今朝重・酒井昌幸・深瀬英夫・峰村忠・山下晃子・小澤秀明・野崎久義・笠井文絵・渡邊信・近藤洋一 (2016)：野尻湖北部沿岸の水草復元実験区における水草分布の推移とソウギョによる食害. 日本陸水学会甲信越支部会報, 42:76-77.  
 樋口澄男・北野聡・酒井今朝重・深瀬英夫・峰村忠・山川篤行・山下晃子・大場政哉・近藤洋一 (2019)：＜速

報＞急激に増加する野尻湖の水草－ソウギョの食害による全滅から約 40 年ぶりの回復へ－. 日本陸水学会甲信越支部会報, 45:58-59.

角野康郎 (1994)：日本水草図鑑. 文一総合出版, 東京.  
 角野康郎 (2014)：ネイチャーガイド 日本の水草. 文一総合出版, 東京.

小平由美子, 山下晃子, 大場政哉, 飛澤 (館内) 知佳, 新津雅美 (2024)：野尻湖の水草の回復状況. 日本陸水学会甲信越支部会報, 50:73.

中野治房 (1916)：日本湖沼植物生態 (第3報) 野尻湖植物生態. 植物学雑誌, 30:31-50.

大滝末男・石戸忠 (1980)：日本水生植物図鑑. 北隆館, 東京.

桜井善雄 (1984)：ソウギョ (草魚) の過密放流によって壊滅した野尻湖の水生植物. 水草研究会報, 17:27-28.

# 化学物質環境実態調査 分析法開発（環境省委託）

○清水健志・中山 隆・柳町信吾

## はじめに

化学物質環境実態調査は、環境省において一般環境中における化学物質の残留状況を継続的に把握することを目的に昭和 49 年度から実施されており、本県では昭和 52 年度から業務を受託している。調査結果は翌年度に環境省が「化学物質と環境」（環境省）として取りまとめ、各種化学物質対策に活用されている。

この調査を実施する上で妥当な分析法が未確立の物質については、その調査媒体に適した分析法の開発が行われており、本県では 2022～2024 年度に水質媒体中の 1,2,4-ベンゼントリカルボン酸（図 1、以下「対象物質」という。）を対象として開発を行った。対象物質は表 1 に記載の物理化学的性状を有し、急性毒性（ラット（経口）LD<sub>50</sub> 2,730 mg/kg）が確認されている（OECD(2002)）。本県において主要な排出源はないが、電着塗料の原料、交互ポリアミドイミドの合成原料等、幅広い用途で使用されているため本県の環境水中から検出される可能性がある。

なお、本研究は環境省から受託した化学物質環境実態調査の一部である。

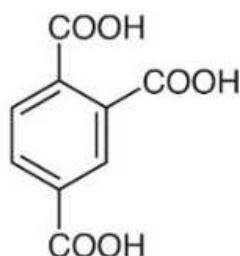


図 1 対象物質の構造

表 1 物理化学的性状

項目	値
分子式	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>
分子量	210.14
融点	219°C
対水溶解度	21,000 mg/L
分配係数 log K <sub>ow</sub>	0.95

## 方法

環境省の手引き（環境省 2021）に従い、次の (1) 及び (2) の条件を満たす一連の操作について検討した。

- (1) 分析法検出下限値が 0.3 µg/L（要求感度）以下
- (2) 添加回収試験で河川水及び海水での回収率が 70～120%

## 結果

前処理工程は夾雑物及び塩類の除去、濃縮を目的に固相抽出を取り入れ、分析機器は物性を考慮して LC/MS/MS で測定する手法（図 2）を検討した。

まず、固相抽出については、環境試料のように夾雑物・塩類を含む場合、対象物質の 3 つのカルボキシ基がイオン型になることで相対的に逆相カラムの固相表面との相互作用が損なわれ、回収率が低下することがわかっていった。これを解消するために、pH 1 以下になるまで濃塩酸を添加し、4 種類の固相カラム（AC-2、Slim-J AC、HLB、PS-2）で添加回収率を確認したところ、塩分の多い海水試料でも HLB 及び PS-2 では 90%前後（n=2 許容範囲 70～120%）の回収率が得られた。懸念された塩分の影響を回避できたので、この分析法（図 2）での検出下限値を確認したところ、0.023 µg/L で要求感度を十分に満たす結果が得られた。

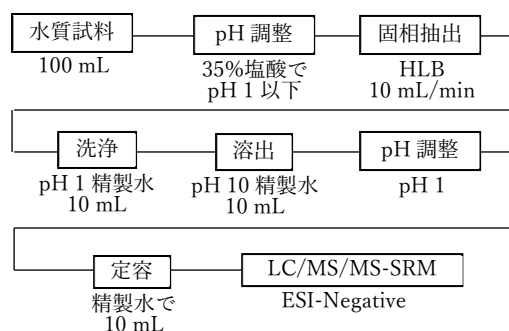


図2 分析法のフローチャート

次に LC 条件の改善を試みた。検出下限値を確認した前述の LC 条件では、対象物質のピークがテーリングしたため定量値の再現性及び妨害ピークとの分離が困難であった。LC 条件、代替カラムの検討（表 2）によって、シンメトリ係数は当初の 3.5 から 1.5 に改善し、ピーク半値幅も 0.51 min から 0.07 min に改善した。（図 3）

表2 LC 条件の改善内容

改善前	カラム	SYPRON AX-1 (5 $\mu$ m 2.1 $\times$ 100 mm)
	移動相	A 相：100 mM 酢酸アンモニウム / アセトニトリル=1/1 B 相：精製水/アセトニトリル=1/1
	グラジエント条件	0.0 $\rightarrow$ 1.0 min A: 40%, B: 60% 1.0 $\rightarrow$ 3.0 min A: 40% $\rightarrow$ 100% 3.0 $\rightarrow$ 9.0 min A: 100% 9.0 $\rightarrow$ 9.1 min A: 100% $\rightarrow$ 40% 9.1 $\rightarrow$ 12.0 min A: 40%
	注入量	5 $\mu$ L
改善後	カラム	InertSustain AX-C18(5 $\mu$ m 2.1 $\times$ 100 mm)
	移動相	A 相：100 mM 酢酸アンモニウム / アセトニトリル=7/3 B 相：精製水/アセトニトリル=7/3
	グラジエント条件	0.0 $\rightarrow$ 0.1 min A: 20%, B: 80% 0.1 $\rightarrow$ 1.0 min A: 20% $\rightarrow$ 100% 1.0 $\rightarrow$ 5.0 min A: 100% 5.0 $\rightarrow$ 5.1 min A: 100% $\rightarrow$ 20% 5.1 $\rightarrow$ 8.0 min A: 20%
	注入量	1 $\mu$ L

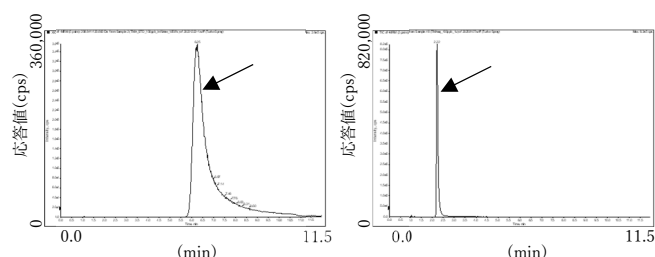


図3 LC 条件の改善前(左)及び改善後(右)の対象物質のクロマトグラム (100 ng/mL)

続いて LC 条件の改善後の分析法検出下限値を確認したところ 0.040  $\mu$ g/L だった。注入量を減らしたことで下限値が上がったが、要求感度を十分に満たした。

しかし、その後の標準液を使用した再現性確認において測定値が大きく変動することが判明した。移動相の液性が中性付近では対象物質と代替カラムとの相互作用が低いため、ばらつきが発生した可能性がある。分析機器の仕様上、強酸性溶液を使用できないため、LC カラムの変更による改善検討ならびに GC/MS を使用した手法開発を進める必要がある。

## 引用文献

- 大塚信一（2001）：トリメリト酸. 理化学辞典 第5版, 長倉三郎・井口洋夫・江沢洋・岩村秀・佐藤文隆・久保亮五（編著）：975. 岩波書店, 東京.
- URL:<https://www.env.go.jp/chemi/kurohon/index.html> (2025 年 11 月 26 日時点)
- 環境省大臣官房環境保健部環境安全課（2021）：第 4 章 分析法開発. 化学物質環境実態調査実施の手引き（令和 2 年度版）, 環境省大臣官房環境保健部環境安全課（編著）：117-149. 環境省. 東京.
- URL:<https://www.env.go.jp/chemi/mat%20tebikir02.pdf> (2025 年 11 月 26 日時点)
- OECD(2002)：Trimellitic Acid(TMLA).
- URL:<https://hvpchemicals.oecd.org/UI/handler.axd?id=be6d8c15-085e-4a6b-8ba0-46585019401d> (2025 年 11 月 26 日時点)

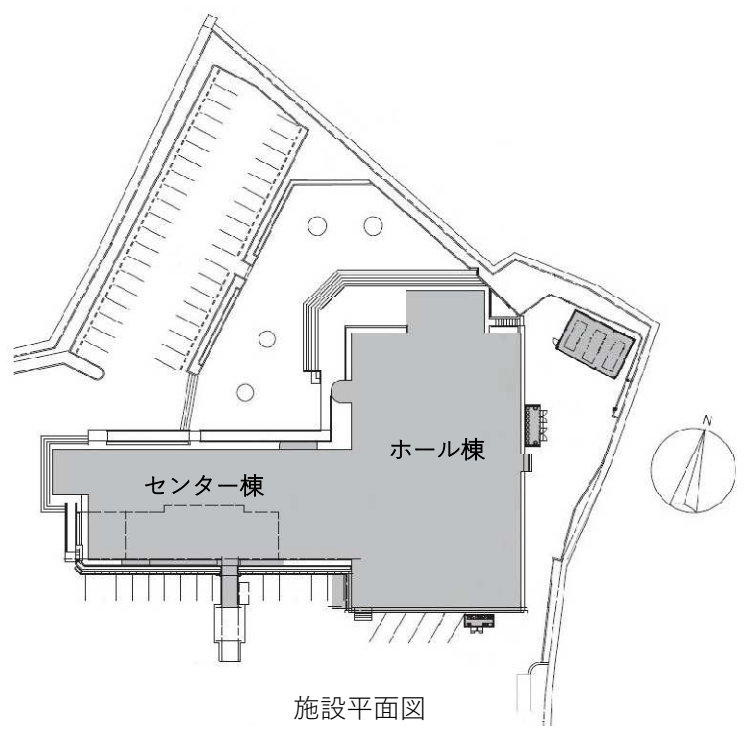


## 4. 資料



#### 4.1 施設

施設概要	標 高	海拔 763 m
	敷地面積	5,717.57 m <sup>2</sup>
	構 造	RC造地上4階
	延床面積	3,341.66 m <sup>2</sup>
	センター棟 (うち男女共同参画センター分) ホール棟	2,251.80 m <sup>2</sup> (214.69 m <sup>2</sup> ) 1,089.86 m <sup>2</sup>



#### 4.2 職員

令和7年(2025年)3月31日現在

セ ン タ ー 長		高 村 典 子
所 長		田 邊 皇 子
総 務 部	部 長	横 沢 一 彦
	主 任 研 究 員	平 澤 晴 人
	技 師	小 松 太 一
総 務 班	総 務 班 長	赤 羽 芳 恵
	主 事	中 村 仁 紀
	行 政 事 務 員	伊 藤 陽 恵
調 査 研 究 部	部 長	北 野 聡
水 質 保 全 班	主 任 研 究 員 (班 長)	井 出 吉 郎
	主 任 研 究 員	中 山 隆
	主 任 研 究 員	小 平 由 美 子
	主 任 研 究 員	宮 澤 正 徳
	主 任 研 究 員	三 木 誠 道
	研 究 員	柳 町 信 吾
	研 究 員	清 水 健 志
	技 師	久 保 田 伊 央 里
生 態 系 保 全 班	研 究 員 (班 長)	宮 坂 真 司
	( 任 ) 研 究 員	筒 井 裕 文
	( 任 ) 研 究 員	谷 野 宏 樹

#### 4.3 所内研修会

期日	内容	備考
令和6年6月27日	第1回所内セミナー ・諏訪湖創生ビジョンの取組 ・メガネサナエのモニタリング調査結果概要 ・諏訪湖の底質環境について	
令和6年7月22日	第2回所内セミナー ・韓国で開催された国際学会 Asian Society for Hydrobiology の発表報告	
令和6年8月5日	所内セミナー（外部講師） ・諏訪湖のメタンについて ・諏訪湖の深部メタン研究	講師：信州大
令和6年9月3日	第3回所内セミナー ・諏訪湖流入河川の宮川に係る流域汚濁負荷実態調査 ほか ・人工衛星による水草モニタリング	
令和6年10月8日	第4回所内セミナー ・諏訪湖ヒシ帯の魚類による利用 ・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6年11月19日	第5回所内セミナー ・II型共同研究 AIQS について ・河川流入調査について ・底層溶存酸素量について	
令和6年11月20日	研究活動に係るコンプライアンス研修	Web 開催
令和6年12月9日	第6回所内セミナー ・野尻湖の水草調査 ・植物プランクトン研修について	
令和6年12月25日	所内セミナー（外部講師） ・環境保全研究所が諏訪湖で実施してきた調査研究について	講師：信州大（元環境保全研究所職員）
令和7年1月21日	第7回所内セミナー ・メガネサナエのモニタリング調査結果（2024年度までの調査結果とりまとめ） ・論文紹介（トンボ類に対する農薬と温暖化の相乗的な影響に関する研究）	
令和7年2月28日	第8回所内セミナー ・DNA 解析学概論～歴史的背景と制約～	
令和7年3月25日	第9回所内セミナー ・水草と細菌、プランクトンとの関係に関する調査の進捗状況 ・論文紹介（アンモニアストレス下での沈水植物のニッチに特異的な微生物群集の再構築）	

#### 4.4 定期購読雑誌

1. 日経サイエンス 2. ぶんせき 3. 分析化学 4. 水環境学会誌	5. 水草研究会誌 6. 陸水学会誌 7. Limnology
---	---------------------------------------

## 4.5 展示

展 示 名	展 示 品	展示場所
諏訪湖まるわかり	諏訪湖流域と主な河川マップ くらべてみよう！特徴編 くらべてみよう！歴史編 諏訪湖の生きものたち	エントランスホール
SUWAKO ハカセの水環境講座	水質編パネル 生態系編パネル	エントランスホール
わたしたちの諏訪湖	諏訪湖創生ビジョン紹介パネル	エントランスホール
諏訪湖水質観測プロジェクト	諏訪湖水質測定データのリアルタイム表示	エントランスホール
諏訪湖ごみ展示	諏訪湖岸のごみの実物展示	エントランスホール
調査研究情報パネル	水質保全のための調査研究紹介パネル 生態系保全のための調査研究紹介パネル 水質保全ニュースパネル 生態系保全ニュースパネル	センター棟 1F 廊下 ホワイエ
諏訪湖をのぞいてみよう！	諏訪湖断面イメージ図（壁面）	スロープ
諏訪湖ビューワー	専用タブレットを用いた体験型展示 （360 度映像、スポット情報、諏訪湖クイズ）	ホワイエ
諏訪湖ビジョン	わたしたちの諏訪湖（6 分映像） 地図でめぐる天竜川（4 分映像）	ホワイエ
プランクトン BOX	植物プランクトン解説引き出しパネル 動物プランクトン解説引き出しパネル	ホワイエ
微生物ディスプレイ	植物プランクトン画像表示 動物プランクトン画像表示	ホワイエ
調査テーブル	マイクロプラスチック展示 プラスチックごみ啓発パネル 透明度板展示 水質保全啓発パネル	ホワイエ

## 4.6 備品

### 4.6.1 主要備品

品 名	形 式	数量	取得年度
分光光度計	日本分光 V-730	1	H29
分光光度計	HITACHI U-3900 型	1	H29
分光光度計	島津 UV-1900	1	R1
分光蛍光光度計	日本分光 FP-8550	1	R3
多波長励起蛍光光度計	JFE アドバンテック MFL05W-USB	1	R6
フーリエ変換赤外分光光度計及び赤外顕微鏡	日本分光 FT/IR-4X、IRT-5200	1	R4
ガスクロマトグラフ	島津 GC-2014 FID、ECD、FPD	1	R5
ガスクロマトグラフ	島津 GC-2014 FID、ECD	1	R5
ガスクロマトグラフ質量分析計	島津 GCMS-QP2020NX	1	R5
ガスクロマトグラフ質量分析計	日本電子 JMS-Q1600GC	1	R5
トリプル四重極型ガスクロマトグラフ質量分析計	日本電子 JMS-TQ4000GC	1	R5
高速液体クロマトグラフ	日本ウォーターズ Alliance e2695	1	R1
液体クロマトグラフトリプル四重極型質量分析計	SCIEX QTRAP4500	1	H25
液体クロマトグラフトリプル四重極型質量分析計	SCIEX TripleQuad5500+	1	R5
液体クロマトグラフトリプル四重極飛行時間型質量分析計	SCIEX X500R QTOF Platform	1	R5
イオンクロマトグラフ	サーモフィッシャー Dionex Integrion CT	1	H28
イオンクロマトグラフ	サーモフィッシャー Dionex Integrion CT	1	H29

品 名	形 式	数 量	取得年度
原子吸光光度計	島津 AA-7000	1	R1
誘導結合プラズマ発光分光分析装置	サーモフィッシャー iCAP6300Duo	1	H26
誘導結合プラズマ質量分析装置	アジレントテクノロジー 7850 ICP-MS	1	R5
波長分散型蛍光X線分析装置	リガク Super mini	1	H21
有機微量元素分析装置	パーキンエルマー 2400 II	1	H29
全有機炭素分析装置	セントラル科学 Sievers M9 ラボ型	1	H30
全有機炭素分析装置	アナリティクイエナ multi N/C 3100	1	H30
BOD 測定システム	飯島電子工業 B-100BTi	1	R1
還元気化水銀分析装置	日本インスツルメンツ RA-7000A	1	R5
シアン等流れ分析装置*	ビーエルテック MiSSion-S	1	R5
亜硝酸りん酸等流れ分析装置	ビーエルテック AACS	1	R5
パーティクルサイズアナライザー	島津 SALD-2300	1	R5
上皿天秤	ザルトリウス Cubis II MCE4202S	9	R5
セミマイクロ天秤	ザルトリウス Cubis II MCA225S	2	R5
ウルトラマイクロ天秤	ザルトリウス Cubis II MCA2.7S	1	R5
リアルタイム PCR	サーモフィッシャー QuantStudio3	1	R5
次世代シーケンサー	イルミナ iSeq100 システム	1	R5
遺伝子増幅装置	サーモフィッシャー VeritiPro 96-Well	1	R5
分光蛍光光度計 (DNA 定量用)	サーモフィッシャー Qubit Flex Fluorometer	1	R5
蛍光位相差顕微鏡	ニコン ECLIPSE Ni-U	1	R5
微分干渉顕微鏡	オリンパス BX-51N-33DICT	1	H21
実体顕微鏡	ニコン SMZ800N	1	R5
倒立顕微鏡	ニコン ECLIPSE Ts2	1	R5
生物顕微鏡	オリンパス CX43-31	1	H29
デジタルマイクロスコープ	ライカマイクロスシステムズ Emspira3	1	R4
水中光量子等測定装置	JFE アドバンテック AAQ117	1	R5
多項目水質計	ザイレム EXO3	4	R5
多項目水質計	HYDROMETRICS DS5	1	H28
非接触酸素濃度計	PreSens Fibox4	1	R3
ハンディサイズ浅水域用超音波式流向流速計	Nortek Eco	5	R5
蒸留水製造装置	アドバンテック RFCS532PC	1	R4
純水・超純水製造装置	ELGA PURELAB Chorus2+/PURELAB Chorus1	1	R5
純水・超純水製造装置	アドバンテック RFS532PC/RFU665DA	1	R5
ロータリーエバポレーター	BUCHI R-300	2	R5
ふっ素自動蒸留装置	宮本理研工業 FGC-2AT	1	H21
窒素吹付濃縮装置	バイオターgjジャパン TurboVap@LV	1	R5
固相抽出装置	GL サイエンス アクアローダーAL898	1	R1
棚式凍結乾燥機	東京理化器械 FD-511	1	R5
卓上多本架遠心分離機	久保田商事 S700T	1	R1
冷却遠心機	久保田商事 5930	1	H26
冷却遠心機	久保田商事 6200	1	R5
微量高速冷却遠心機	トミー精工 MDX-310	1	R5
冷凍機付きインキュベーター	日本フリーザー NRB-41LA	4	R5
自動採水器	Teledyne Isco 6712	2	R5
不攪乱柱状採泥器	離合社 HR 型	1	H29
背負い式電撃捕魚器	SMITH ROOT LR-20B 型	1	R5
空中ドローン	DJI Mavic 3 Multispectral	1	R5
水中ドローン	Chasing M2 PRO	1	R5
薬品管理支援システム	関東化学 IASO R7	1	R5

## 4.7 決算

### 4.7.1 歳出決算

#### (1) 一般会計

単位：円	
科 目	決算額
総務費	215,480
総務管理費	29,452
市町村振興費	186,028
環境費	85,018,501
環境管理費	42,911,176
水環境費	42,107,325
土木費	235,578
都市計画費	235,578
合 計	85,469,559

### 4.7.2 検査手数料収入等

単位：円				
	証紙貼付件数※	証紙貼付額	収納額	備 考
使用料及び手数料	0	0	0	収納額は証紙貼付額の 100 分の 96.85
※検査依頼件数				

## 4.8 一般依頼検査手数料

長野県環境及び保健衛生関係試験研究機関試験検査手数料徴収条例

令和6年4月1日施行

区 分	単 価	1 水質理化学試験		2 土壌、ス ラッジ及び粉じ んの理化学試験	3 生物試料の理化学試験	
		前処理のないもの	前処理のあるもの		植物性試料	動物性試料
<b>1 ～ 3 の理化学試験</b>		円	円	円	円	円
(1)定性試験	1 件 1 成分	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400
(2)定量試験	1 件 1 成分					
蒸発残留物		2,400	—	—	—	—
溶解性残留物		3,200	—	—	—	—
硬 度		3,300	—	—	—	—
残留塩素		3,100	—	—	—	—
塩化物イオン・硫酸イオン		4,000	—	—	—	—
D O		2,100	—	—	—	—
COD・過マンガン酸カリウム消費量		6,900	7,700	—	—	—
硝酸性窒素・亜硝酸性窒素・りん酸イオン・珪酸		3,900	5,900	6,700	—	—
よう素消費量・炭酸イオン・よう化物イオン		2,800	—	—	—	—
強熱残留物・強熱減量		2,500	—	4,400	—	—
S S		4,800	—	—	—	—
鉄・カリウム・ナトリウム・カルシウム・マグネシウム・マンガン		4,200	4,800	7,500	11,000	13,000
界面活性剤（M B A S）		5,900	—	—	—	—
T O C		4,500	6,600	—	—	—
銅・鉛・亜鉛・錫・カドミウム・ニッケル・モリブデン		6,800	7,300	11,000	11,000	13,000
全りん・全窒素		5,000	—	8,000	8,100	8,600
ほう素		4,700	5,600	8,900	10,000	—
クロロフィルー a		7,000	—	—	—	—
シアン化物		5,900	6,800	7,000	—	—
全クロム・アルミニウム・バナジウム・ゲルマニウム		5,600	8,700	10,000	11,000	13,000
6 価クロム		4,400	7,300	9,100	—	—
B O D		7,200	8,000	—	—	—
硫化物		4,800	6,200	8,700	—	—
ヘキサン抽出物質		8,600	—	8,700	—	—
水銀		5,000	6,900	14,000	16,000	16,000
アルキル水銀		11,000	13,000	18,000	15,000	15,000
ふっ素イオン・全シアン・フェノール類・アソモニア性窒素		8,100	9,100	9,900	—	—
アクリルアミド		11,000	15,000	—	—	—
有機態窒素		9,700	—	11,000	—	—
砒素・セレン・アンチモン		9,000	10,000	15,000	13,000	14,000
有機りん化合物		13,000	16,000	20,000	—	—
揮発性有機化合物	1 件 1 成分 (追加 1 成分 1,600)	18,000	—	—	—	—

	単 位	金 額			円
<b>4 医薬品・医薬部外品・化粧品及び医療機器の試験</b>	1 件 1 成分	円	(5) ビス(2,3-ジブロムプロピル) ホスフェイト化合物		15,000
(1)定性試験		2,900	(6) トリス (2,3-ジブロムプロピル) ホスフェイト		13,000
(2)定量試験		5,000	(7) ヘキサクロロエポキシオクタヒドロエンドエキジメタナフタレン		18,000
<b>5 毒物劇物試験</b>	1 件 1 成分		<b>8 食品衛生理化学試験</b>	1 件 1 成分	
(1)定性試験		4,800	(1)定性試験		
(2)定量試験		5,900	着色料・蛍光染料		17,000
<b>6 生薬試験</b>	1 件 1 成分		(2)定量試験		
(1)定性試験		8,300	ア食品添加物公定書規格試験		7,300
(2)定量試験			イ 食品添加物		
乾燥減量		3,400	漂白剤・発色剤・殺菌料		7,400
灰分		3,900	酸化防止剤(BHA,BHT)		9,700
酸溶解性灰分		5,000	過酸化水素		5,500
精油含量		6,000	保存料・甘味料・防かび剤		11,000
ベルベリン		18,000	(ソルビン酸・安息香酸・p-オキシ安息香酸エステル類・OPP・TBZ・サッカリン)		
ジンセノサイド R g 1	(追加 Rb1,1 成分 4,300)	15,000	上記以外の添加物		7,200
<b>7 有害物質を含有する家庭用品の試験</b>	1 件 1 成分		ウ 油脂の試験		8,400
(1) 塩化水素・塩化ビニル・硫酸・水酸化カリウム・水酸化ナトリウム		5,400	(過酸化水素・酸価・よう素価・カルボニル価)		
(2) テトラクロロエチレン・トリクロロエチレン・メタノール・ホルムアルデヒド		11,000	<b>エ 乳及び乳製品の試験</b>		3,100
(3) 有機水銀化合物		8,700	(乳脂肪分・無脂固形分・乳固形分)		
(4) トリフェニル錫化合物・トリブチル錫化合物		13,000			





#### 4.9 太陽光発電の状況

発電出力：49.9kW

年月	発電電力量 (kWh)	消費電力量 (kWh)	太陽光発電自給率 (%)
令和6年4月	4,241.8	16,928.6	25.1
5月	4,708.6	16,979.8	27.7
6月	4,993.6	18,204.8	27.4
7月	5,371.9	20,244.5	26.5
8月	6,230.0	23,596.0	26.4
9月	5,832.1	23,226.2	25.1
10月	4,146.5	21,049.9	19.7
11月	4,070.5	23,246.5	17.5
12月	4,804.6	34,952.9	13.7
令和7年1月	5,274.8	35,113.2	15.0
2月	5,603.2	33,902.4	16.5
3月	5,719.9	30,913.8	18.5
計	60,997.5	298,358.6	20.4

長野県諏訪湖環境研究センター 業務年報 第1号  
令和6年（2024年）度

---

発 行 2025年 12月

発行者 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

Tel. 0266-78-0151 Fax. 0266-78-0154