

ISSN 2758-1721 (電子版)

ISSN 0913-4859 (45 号までの冊子版)

日本陸水学会甲信越支部会報

第 51 号

2025 年 12 月

日本陸水学会甲信越支部会

日本陸水学会甲信越支部会報

第 51 号

Bulletin of the Limnological Society of Ko-Shin-Etsu District

No. 51

(December 2025, Fujimi, Nagano)

目次

第 51 回研究発表会プログラム	1
講演要旨（口頭発表）	8
講演要旨（ポスター発表）	52
第 51 回研究発表会 参加者名簿	102
日本陸水学会甲信越支部会規約	103
論文投稿規程	104
役員名簿	105

日本陸水学会甲信越支部会

第 51 回研究発表会 開催案内

2025 年 12 月 6 日(土)～7 日(日)

会場: ジュネスハケ岳(本館)

〒399-0101 長野県諏訪郡富士見町境 12067-3

URL: <https://junes-yatsugatake.jp/>

大会実行委員長: 宮原裕一

要旨集作成(庶務幹事): 坂本正樹

会長: 朴虎東

日 程

月 日	時間	行事等
12 月 6 日(土)	13:20–13:30	開会挨拶(副会長: 志賀 隆)
	13:30–14:20	口頭発表 5 題(1)O-01～O-05 ¹⁾
	14:20–14:30	休憩・時間調整
	14:30–15:20	口頭発表 5 題(2)O-06～O-10 ¹⁾
	15:20–15:30	休憩・時間調整
	15:30–16:20	口頭発表 5 題(3)O-11～O-15 ¹⁾
	16:20–16:30	休憩・時間調整
	16:30–17:20	口頭発表 5 題(4)O-16～O-20 ¹⁾
	17:30–17:50	幹事会
	17:50–18:10	総会
12 月 7 日(日)	19:00–20:00	夕食
	9:00–9:40	口頭発表 4 題(5)O-21～O-24 ¹⁾
	9:40–9:50	休憩・時間調整
	9:50–10:30	口頭発表 4 題(6)O-25～O-28 ¹⁾
	10:40–11:30	ポスターセッション(1) 奇数番号
	11:30–12:20	ポスターセッション(2) 偶数番号
	12:30–13:30	昼食・発表賞審査
	13:30–14:00	閉会挨拶・優秀発表賞表彰(副会長: 芹澤 如比古) 写真撮影・解散

参 加 費: 一般・学生 1,000 円

宿泊費(1 日目夕食, 2 日目朝食・昼食を含む): 一般・学生 9,000 円

受付は 12:30 から行いますので、グループ単位でまとめてお支払いください。

名札はこちらでは用意しませんので、各自でご準備ください。

1) 口頭発表は、1 人発表時間 7 分、質疑 2 分、交代時間 1 分の合計 10 分です。

2) ポスター発表の方は、できるだけ受付後に、また遅くとも 2 日目の口頭発表開始までに、ポスターを掲示してください。ポスターの設置場所や掲示用具(養生テープなど)は会場で指示・用意します。ポスターは、横 90cm、縦 180cm 以内で作成してください。演題番号が奇数の方はポスターセッションの前半 50 分、偶数の方は後半 50 分、自身のポスターの前に立ち、プレゼンと質疑応答を行ってください。

発表プログラム

12月6日(土)13:20~

13:20 開会の言葉：志賀 隆 副会長

口頭発表 5題(1)座長・TK:米山貴将, 彦坂亮太

- 13:30 O-01 水素酸化脱窒汚泥の養魚飼料化:*Thauera* 属細菌の基礎的栄養特性評価
○小倉勇輝・亀井樹
山梨大学生命環境学部 B4
- 13:40 O-02 常圧散水型水素酸化脱窒装置の開発:一流下距離による水素溶解効率の変化—
○飯野彩希・亀井樹
山梨大学生命環境学部 B4
- 13:50 O-03 信大上田キャンパスにおける春期・夏期に認められた鱗翅目チョウ類相について
○中川智就・児林鈴華・平林公男
信州大学繊維学部 B4
- 14:00 O-04 諏訪湖の底生動物群集にみられる個体数密度の季節変化(2024–2025 年の結果について)
○児林鈴華・中川智就・宮原裕一・笠原里恵・岩木真穂・平林公男
信州大学繊維学部 B4
- 14:10 O-05 イバラモ類 *Najas marina* および *N. major* の種子発芽特性と塩ストレスの影響
○小高海都・志賀隆
新潟大学教育学部 B4

休憩・時間調整

口頭発表 5題(2)座長・TK:原光平, 輿石庸行

- 14:30 O-06 新潟県粟島の植物相:1964 年新潟地震後の変化に着目して
○大瀧竜也・志賀隆
新潟大学教育学部 B4
- 14:40 O-07 カヤツリグサ科絶滅危惧植物の標本種子の収蔵量および利用可能性の評価
○尾形灯・加藤将・矢野興一・志賀隆
新潟大学教育学部 B4
- 14:50 O-08 山梨県の河川に生育する淡水紅藻オオイシソウの光合成特性
○芦澤優希・芹澤(松山)和世・芹澤如比古
山梨大学教育学部 B4
- 15:00 O-09 山梨県内 30 河川で春夏秋に確認された水草・大型藻類とその生育環境
○星野晴香・芦澤優希・市川大和・芹澤(松山)和世・芹澤如比古
山梨大学教育学部 B4
- 15:10 O-10 山梨県笛吹市の桃園の下草植生－減農薬無肥料栽培と慣行栽培の比較－
○五味実優・星野晴香・芹澤(松山)和世・芹澤如比古
山梨大学教育学部 B4

休憩・時間調整

口頭発表 5 題(3)座長・TK:末石萌乃, 飯室遼

- 15:30 O-11 EEM を活用して水生生物の生息状況を簡便に把握する方法の検討
○大橋一功・坂本正樹
富山県立大学工学部 B4
- 15:40 O-12 屋内におけるイカダモの高密度培養系の構築と回収プロセスの最適化
○山田悠介・坂本正樹
富山県立大学工学部 B4
- 15:50 O-13 標準試験生物 3 種を対象としたタイヤ摩耗粉塵の生態影響評価
○岡田樹・坂本正樹
富山県立大学工学部 B4
- 16:00 O-14 内水氾濫解析における流域治水オプションの評価
○羽田航大・呉修一
富山県立大学工学部 B4
- 16:10 O-15 千曲川における河川改修の変遷と水災害への影響
○三木由紀乃・呉修一
富山県立大学工学部 B4

休憩・時間調整

口頭発表 5 題(4)座長・TK:小野ひなた, 三浦克仁

- 16:30 O-16 釜口水門の改設・移設が諏訪湖におけるアオコの減少に与えた影響に関する数値実験
澤田光翼・○鈴木陸・飯室遼・豊田政史
信州大学工学部 B4
- 16:40 O-17 諏訪湖における南東強風時の風の場の検討
○田中颯・飯室遼・豊田政史
信州大学工学部 B4
- 16:50 O-18 富山と東京における地下水 PFAS の実態調査と汚染要因の推定
○倉谷結子・赤井楓我・吉崎壮・黒田啓介・橋本崇史・林武司
富山県立大学工学部 B4
- 17:00 O-19 蛍光物質に着目した河川における下水処理水の拡散様態の評価
○大曾健・中村文哉・亀井宥希・安藤千礼・小野寺崇・小松一弘・小澤秀明
信州大学工学部 B4
- 17:10 O-20 インドネシアの湖沼における溶存有機物の特性比較
○近藤颯太・野田蒔志・小松一弘
信州大学工学部 B4
- 休憩
- 17:30 幹事会
- 17:50 総会
- 休憩
- 19:00 夕食

12月7日(日)9:00~

口頭発表4題(5)座長・TK:片山浩惇, 熱田穂歌

- 9:00 O-21 炭素・窒素安定同位体比を用いたワカサギ *Hypomesus nipponensis* と
ワカサギ杯頭条虫 *Proteocephalus terastomus* の宿主—寄生関係の解明
○武澤美緒・浦井暖史
信州大学理学部 B4
- 9:10 O-22 木崎湖における亜表層メタン極大現象と関連する微生物の探索
○永尾弘毅・浦井暖史
信州大学理学部 B4
- 9:20 O-23 約300年間における諏訪湖の一次生産量の変遷の復元
○松本拓也・浦井暖史・公文富士夫
信州大学理学部 B4
- 9:30 O-24 ○鈴木悠花・朴虎東・二木功子
シイタケと廃菌床におけるアオコ制御物質の探索
信州大学理学部 B4

休憩・時間調整

口頭発表4題(6)座長・TK:川本朋慶, 中尾朔也

- 9:50 O-25 ○郡山千鶴・宮原裕一
諏訪湖の水草が蓄積する窒素・リンの季節変化
信州大学理学部 B4
- 10:00 O-26 ○小海晃博・中山隆・宮原裕一
諏訪湖におけるマイクロプラスチック収支の解明
信州大学理学部 B4
- 10:10 O-27 ○伊藤雄剛・龍野紘明・松澤 峻・丸山瑠太・笠原里恵
ミトコンドリアDNAからみた諏訪湖のワカサギの遺伝的特徴の年及び季節変化
信州大学理学部 B4
- 10:20 O-28 ○北澤丞・笠原里恵
高島城で繁殖するアオサギの生活史の解明
信州大学理学部 B4
- 休憩・時間調整
- 10:40 ポスターセッション (1) 奇数番号 10:40-11:30
ポスターセッション (2) 偶数番号 11:30-12:20
- 12:30 昼食
口頭発表審査, ポスター発表審査
- 13:30 閉会式・写真撮影

12月7日(日)ポスターセッション

(1) 奇数番号 10:40-11:30 (2) 偶数番号 11:30-12:20

P-01* 日本産ヤナギ *Salix* による藍藻抑制効果と制御システムへの応用

○小泉雄也・二木功子・朴虎東

信州大学大学院 M1

P-02* 水中スピーカーの低周波を用いた藍藻の制御方法の実用化に向けて

○佐藤雅敏・宇佐川輝・永峯亮弥・二木功子・朴虎東

信州大学大学院 M1

P-03* 諏訪湖湖底堆積物コアを用いたメタン生成菌群集構造の高解像度鉛直分布評価

○吉田悠真・浦井暖史

信州大学大学院 M1

P-04* ジュンサイハムシのヒシ摂食による藍藻制御効果

○原光平・土屋俊雄・二木功子・朴虎東

信州大学大学院 M2

P-05* 金属により異なるミジンコの誘導防御への影響

○米山貴将・坂本正樹

富山県立大学大学院 M2

P-06* 生物間相互作用を考慮した藻類生長阻害試験法の開発

○彦坂亮太・坂本正樹

富山県立大学大学院 M2

P-07* 奥能登地域の中小河川における 2024 年 9 月奥能登豪雨を対象とした降雨流出・洪水氾濫解析

○中尾朔也・吳修一

富山県立大学大学院 M1

P-08* 富山県における微生物粒子個数濃度の動態

○山本彩人・森智晴・内藤拓洋・山田奈於・渡辺幸一

富山県立大学大学院 M1

P-09* 融雪期の山岳表層雪の冷蔵保存中における化学成分の時間変化

○森智晴・大納涼雅・山崎雄太・渡辺幸一

富山県立大学大学院 M1

P-10* 北陸地方における地上および上空大気中の過酸化物濃度の測定

○内藤拓洋・大納涼雅・山崎雄太・森智晴・山本彩人・青木悠華・田谷つぐ美・山田奈於・渡辺幸一

・濱本倫太郎・中島光貴・石野咲子

富山県立大学大学院 M1

P-11* 狹葉性ヒルムシロ属 3 種が関わる種間雑種の推定

○三浦克仁・廣田峻・石川直子・陶山佳久・志賀隆

新潟大学大学院 M2

P-12* 稲作農業残渣のバイオ炭化による温室効果ガス排出削減とその経済性の評価

○井畠 裕樹・小林南斗・前田勇輝・多田真咲・諸橋麻紀・大野正貴・小瀬知洋

新潟薬科大学応用生命科学部 B3

- P-13* 河川水及び水道水中のネオニコチノイド系殺虫剤の季節変動
○萩原 棱太・小林南斗・諸橋麻紀・大野正貴・小瀬知洋
新潟薬科大学応用生命科学部 B3
- P-14* 水素酸化脱窒リアクター内での有機炭素生成の研究:脱窒反応におけるプラスチックモノマーの役割
○片山浩惇・亀井樹
山梨大学大学院 M1
- P-15* 甲府市蒂那地区の環境保全型水田と慣行型水田で確認された植物と大型藻類
○市川大和・芦澤優希・芹澤(松山)和世・芹澤如比古
山梨大学教育学部 B3
- P-16* 諏訪湖水草帯におけるマイクロプラスチックの動態解明
○森田瑛斗・中山隆・宮原裕一
信州大学大学院 M1
- P-17* 諏訪湖における窒素循環と植物プランクトン増殖
○奥石庸行・浦井暖史・宮原裕一
信州大学大学院 M2
- P-18* セルリーの揮発成分を用いた藍藻制御機構の解明
○小野ひなた・浦井暖史・二木功子・朴虎東
信州大学大学院 M2
- P-19* 河川水位計を用いた農業用水路の管理システム構築
○菊地美汐・小林春菜・寺島音琶・酒井美月・芦田和毅
長野高専工学科 4 年
- P-20* 長野市の下水道における不明水の調査に関する研究
○小関すず・藤澤暖・酒井美月・芦田和毅
長野高専工学科 5 年
- P-21* 干渉 SAR 解析を用いた湿原における堆積土層厚変化と水文条件に関する検討
田中都亜・○黒澤岳人・酒井美月・松下英次
長野高専専攻科 1 年
- P-22* 海水条件下における水素酸化脱窒細菌群の脱窒能力評価
○熱田穂歌・亀井樹
山梨大学大学院 M2
- P-23* 日本で繁殖するシロチドリ *Charadrius alexandrinus* の遺伝的構造の解明
○末石萌乃・峯光一・澤祐介・守屋年史・佐藤達夫・北村亘・山下洋平・吉田祐一・西海功・笠原里恵
信州大学大学院 M2
- P-24* 諏訪湖におけるヒシの根系の解明:滲出物と形質は水中根と地中根で異なるのか?
○鈴木和子・牧田直樹・宮原裕一・朴虎東・岩田拓記
信州大学理学部 B4
- P-25 水門操作で生じる攪乱の環境改善—氷見市十二町潟の管理に向けて—
○川本朋慶・沼澤蓮音・中尾朔也・倉澤央・西尾正輝・呉修一
富山県立大学大学院 D2
- P-26 農薬がミジンコ休眠卵に及ぼす影響:茨城県霞ヶ浦を事例に
○小田悠介・高津文人
国立環境研究所

- P-27 諏訪湖で羽化するトンボ類の年変動と季節変動
○宮坂真司・福本匡志・谷野宏樹・筒井裕文・北野聰
長野県諏訪湖環境研究センター
- P-28 諏訪湖における淡水シジミ類の生息場所選択性
○柳生将之
長野県諏訪湖環境研究センター
- P-29 野尻湖の水生植物相調査結果(2025)速報
志賀隆・○小平由美子・柳生将之・筒井裕文・宮坂真司
長野県諏訪湖環境研究センター
- P-30 諏訪湖の *Daphnia galeata* の食物の解明
○佐藤秀美・二木巧子・笠原里恵
信州大学大学院卒
- P-31 諏訪湖の水温成層と内部静振
○岩木真穂・岩田拓記・宮原裕一
信州大学理学部
- P-32 河川水中の冷水病菌遺伝子検出・タイピングのための濃縮・培養法の検討
○端昭彦・金岡莉奈
富山県立大学工学部

注)ポスター発表 講演番号右のアスタリスク(*) : 発表賞選考の対象

O-01

水素酸化脱窒汚泥の養魚飼料化： *Thauera* 属細菌の基礎的栄養特性評価

○小倉勇輝¹・亀井樹²¹ 山梨大学 B4, ² 山梨大学 国際流域環境研究センター

はじめに

世界的な水産資源の減少は、養魚飼料の主原料である魚粉生産量の低下を引き起こす。養魚飼料の生産量低下は水産資源養殖効率の減少や食糧生産量の低下を招くことから、魚粉に変わる代替飼料の開発が検討されている。既往研究では、水素酸化細菌 *Hydrogenovibrio marinus* を用いた代替飼料開発が進んでいる。しかし、前提として、純粋培養が必須かつ飼料原料としての大量生産と継続的な市場への供給が必要な点に課題がある¹⁾。

そこで、閉鎖循環式陸上養殖飼育水の浄化への導入が期待される、水素細菌による養殖排水の脱窒処理で発生する汚泥に注目した。この汚泥には水素細菌 *Thauera* 属が大半を占めており、既往検討と同様に水素細菌による代替飼料としての活用の可能性がある。しかし、水素細菌 *Thauera* 属や汚泥の直接利用には構成細菌の栄養素の基礎的研究は報告例がないことから、本研究において評価を目指した。本報では、飼料化に向け *Thauera* 属細菌の不活化方法を検証した。

方法

不活化方法の検討にあたり、まず凍結乾燥による不活化効果を検証した。この検証では、先行研究²⁾により実験室で稼働している水素酸化脱窒リアクターから分離した水素細菌の *Thauera* 属細菌（以後 MR-1 株とする）を単離培養したもの用いた。R2A 液体培地で培養した MR-1 株を、凍結乾燥処理を行い乾燥状にしたのちに、滅菌水に再度懸濁して R2A 寒天培地に塗布しコロニー形成値（CFU 値）を計測し不活化効果を検証した。凍結乾燥処理を前後の CFU 値を比較することで、不活化効果を評価した。なお、培養は 35°C のインキュベータで 48 時間培養を行った。

結果

凍結乾燥前後における乾燥重量 1gあたりの CFU 値を図に示した。凍結乾燥前の細菌乾燥重量 1gあたりの CFU 値は $3.94 \times 10^9 \pm 3.23 \times 10^8$ CFU/1g であったが、凍結乾燥後はコロニーの形成を確認できなかった。このことから、凍結乾燥が MR-1 株の不活化に有効であることが判明した。

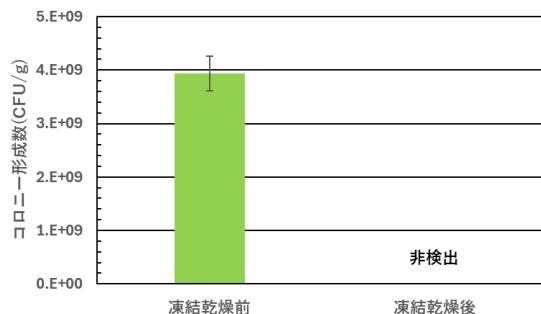


図. 細菌乾燥重量 1gあたりの CFU 値の変化

考察

凍結乾燥処理により、復元操作を行ってもコロニー形成は確認されなかったことから、細菌は死滅あるいは休眠状態になったと示唆された。休眠状態の場合は、魚類体内へ移動後に内部で再度増殖し悪影響を起こす可能もあることから、引き続き凍結乾燥後の細菌の状態について調査を行う予定である。

一方、飼料作成工程を考慮すると凍結乾燥は特殊な機械と手間を要するため、大量生産という点で不向きである。そのため、より工業的な生産工程として適した温風乾燥による不活化効果の確認が必要で、今後検討する予定である。また、MR-1 株を所定量餌に混ぜ、魚類への給餌実験を行う予定である。

引用文献

- 1) 奥宏海ら, 2025, 水産技術, 17(1), pp. 17-25
- 2) 片山七海, 2023, 山梨大学環境科学科卒業論文

O-02

常圧散水型水素酸化脱窒装置の開発： —流下距離による水素溶解効率の変化—

○飯野彩希¹・亀井樹²¹山梨大学 4年・²山梨大学国際流域環境研究センター

はじめに

本国において、地下水の硝酸性窒素汚染が深刻化しており、令和5年の地下水質測定結果によると、調査が行われた井戸の約15%で硝酸性窒素等の超過が確認された(環境省, 2025)。地下水は重要な飲料水源であり、健康被害を防ぐためにも適切な浄化が必要である。

水素酸化脱窒細菌を用いた浄化方法は、硝酸性窒素の直接的な除去ができ、余剰汚泥が少なく、電子供与体の水素ガスが人体に無害などの利点があり、飲料水源への浄水処理の利用に適している。しかし水素酸化脱窒反応は、水素ガスは水への溶解性が低く、脱窒反応において水素利用効率が低いという欠点がある。装置に汚染水を充填し微細気泡状の水素ガスを通気した先行研究(西川, 2025)では、水素利用効率が1.2%であった。一方で加圧した水素ガスを装置に充填し、汚染水を滴下する加圧散水式での実験では、最大96.9%の水素利用効率が確認された(Razi, 2023)。加圧式装置は水素利用効率を向上させるが、爆発の危険性があり、安全性への懸念が残る。

そのため本研究では、安全な運転を可能とするため常圧の水素ガスを装置内に充填して流入水を滴下する散水型システムを考案し、この装置の脱窒能力評価を行うことを目的とする。散水型システムは、担体の長さの変化により装置内の滞留時間が変化し水素の溶解効率や、微生物反応に影響することが予想されたため、まずは装置を流れる時間の変化が水素溶解効率に与える影響についての調査結果を報告する。

方法

先行研究(西川, 2023)を参考に、微生物担体はポリオレフィン製の10mm角スポンジとした。連ねる担体の長さを10cm、50cm、90cmと変え、容積2.7Lのアクリル製装置の上部から吊るして密閉した。水素ガスは装置上部から通気して下部から排気した。水への溶解効率を評価するため、水道水を装置上部よりスポンジ担体上に連続的に滴下し、装置の最下部からの流出水中の溶存水素濃度(DH)をポータブル溶存水素計(ENH-2000, TRUSTREX)で測定した。水道水の通水速度は3.7ml/min、気相部への水素通気速度は23ml/minに設定した。また、流出水の再循環によるDHの変化を評価するため、水道水と流出水の混合比が1:1、1:5となる条件でも装置を運転した。計測は4回繰り返し実施した。

結果

再循環を行わない場合の結果を図1示す。DHの上昇速度は再循環を行わない場合を含むすべての条件において、10cmが最も速く、50cm、90cmと続いた。

10cmの場合、再循環を行うことでより早く高いDHに到達していた。50cmの場合、DH上昇速度は再循環1:5の条件、最大DHは再循環1:1の条件が最も高かった。90cmにおいても、DHの上昇は再循環1:5の条件、最大DHは再循環なしの条件が最も高かった。

考察

10cmの条件において、再循環を行わない場合の最大DHが低かった要因は、担体を連ねる長さが短く、装置内に留まる時間が短いことで水素ガスとの接触時間が短くなつたことだと考えられる。しかし、再循環を行うことで水中のDHを高め、水素溶解効率を高められることが明らかとなった。また、50cm及び90cmの条件下では、流出水の混合比を高めることがDHの上昇速度の向上に繋がったが、最大DHの上昇には繋がらなかった。

以上の結果より、小型装置を用いる場合、担体を短く連ね、再循環比を高めて浄化を行い、大型装置が設置可能な場合、再循環比を調節することで、水素利用効率が高まると考えられた。今後は、担体を連ねる長さ及び再循環による脱窒性能の変化を評価していく。

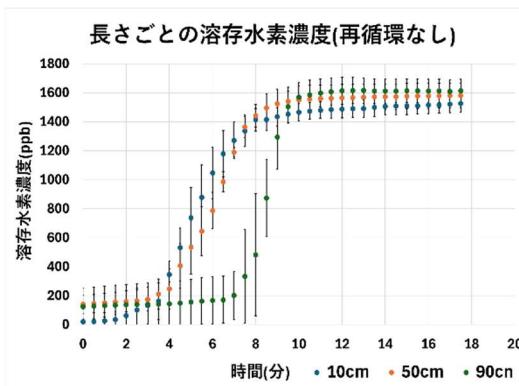


図1 長さごとの溶存水素濃度(再循環なし)

引用文献

- 環境省(2025), 令和5年度地下水質測定結果:4-8
- 西川文野(2025), 山梨大学大学院修士論文, 54pp.
- Epsztein et al., (2016) Chemical Engineering Journal: Volume 286, Pages 578-584
- 西川文野(2023), 山梨大学生命環境学部環境科学科卒業論文, 43pp.

O-03

信大上田キャンパスにおける春期・夏期に認められた鱗翅目チョウ類相について

○中川智就¹・児林鈴華¹・平林公男¹¹信州大学繊維学部

はじめに

チョウ類は種の同定が容易であること（石井, 2001）や、生息環境についての知見が豊富である（田中, 1988）ことから指標種として適当な条件を備えている（中村, 2010）。

信州大学上田キャンパスは市街中心部に近い位置にあり、校舎などの人工物や桑畠を含む農場、整備された緑地環境やグラウンドなどを有するため、多様なチョウ類が生息している可能性が高い。大学のキャンパスにおいてチョウ類相を用いてキャンパス内の自然環境を評価する研究は近畿大学（西中, 2005）や大分大学（永野, 2012）などで行われているが、本キャンパスにおける報告はない。

本研究では信州大学上田キャンパスという人為的構造や自然空間が混在した複合環境を各環境要素ごとに評価し、チョウ類相の増減と季節による変化を明らかにすることを目的とした。また近傍に位置し、自然的搅乱が生じる水環境である千曲川河川敷におけるチョウ類相についても比較のために行った。

方法

調査地は信州大学上田キャンパスで、季節による違いが判別できるよう、2025年4月下旬から8月下旬の間に行った。チョウ類は天候や時刻によって、その活動が大きく影響される（中村, 2010）。そのため、調査は晴れまたは薄曇りの日に行い、時間による種の偏りをなくすため、午前9時から午後5時までのそれぞれの時間帯で調査を行った。また千曲川河川敷における調査では、7月下旬から8月下旬の1ヶ月間で行った。午前10時～午前12時の間に調査を開始し、同日に河川敷と本キャンパスの両方を調査した。

調査コースは本キャンパスでは校舎など人為的構造や農場やグラウンドなどの自然、半

自然的空間が含まれるように設定した。河川敷では洪水の際に水が被る箇所、河畔林で覆われた箇所、日当たりの良い明るい箇所やグラウンドが含まれるように設定した。いずれも約1.3kmで本キャンパスでは約20分、河川敷では約25分かけて、同じスピードで歩いた。前方、左右、上方約5m範囲で確認できたチョウ類の成虫の種と個体数を記録した。建物などにより左右5m幅がとれない場合は、その範囲内で記録をとった。重複を避けるため、後方で確認できたチョウ類は、記録しなかった。目視で同定できなかったものは、捕虫網で捕獲し同定を行った。

結果と考察

本キャンパスで計185回の調査で確認できたチョウ類は5科30種3629個体であった。月別に分け、午前9時から午後5時までの、それぞれの時間帯における調査回数で割った平均値に補正した結果、8月で356個体と最も多く、5月で122個体と最も少ない値を示した。しかし8月は上位優占3種で全体の個体数の約9割を占め、多様度が最も低いことがわかった。環境指数EI（巣瀬, 1993）は55（2018年に特定外来生物に指定されたアカボシゴマダラを除く）という値になり、本キャンパスは中自然（農村・人里）を示していると判断できた。

河川敷では計8回の調査で6科24種411個体が、同様に本キャンパスでは5科12種267個体が確認できた。河川敷におけるEI指数は41であり、本キャンパスと同様、中自然にあたることがいえた。

謝辞

河川敷の調査を行うにあたり、許可をいただいた国土交通省千曲川河川事務所の皆様に深く感謝申し上げます。

O-04

諏訪湖の底生動物群集にみられる個体数密度の季節変化 (2024-2025 年の結果について)

○児林鈴華¹・中川智就¹・宮原裕一²・笠原里恵²・岩木真穂²・平林公男¹

¹信州大学纖維学部・²信州大学理学部附属湖沼高地教育研究センター諏訪臨湖実験所

はじめに:湖沼に生息する底生生物は、湖底堆積物の性状と密接に関係し、水質や湖底環境の変化を反映することから、水域の環境評価の指標の一つとして用いられてきた（安田ら 1988, 加藤 1992）。特にユスリカ科幼虫、水生貧毛類、などは群集構造の変化が湖底環境の変化や富栄養化の進行を反映することが知られている（北川 1978, 大高 2018）。したがって、これら底生生物を対象に季節的な出現パターンや群集構成の変化を把握することは、湖底環境の現状評価において重要である。

長野県の中央部に位置する諏訪湖は、面積 13.3km²、平均水深 4.7m の浅い湖である。戦後の経済活動の発展に伴う産業・生活排水の流入量の増加により顕著な富栄養化が進行したが、その後の下水処理整備や汚濁負荷削減により改善が見られた（長野県環境部水大気環境課 2025）。しかし近年では、ヒンの大量繁茂や貧酸素水域の拡大による水生生物への影響などが問題視されており（長野県環境部水大気環境課、2025），湖沼生態系の現状を把握するための生物モニタリングの必要性が高まっている。

諏訪湖の底生動物群集については断片的な報告はあるものの、近年の季節変動を継続データとして整理した研究は極めて限られている。そこで本研究では、2024 年 3 月～2025 年 10 月にかけて諏訪湖湖心部で採集した底生動物群（線虫類、ユスリカ幼虫、水生貧毛類、ヒル類など）の季節的な出現パターンと群集構成の変化を明らかにした。また、これらの結果から湖底環境の現状把握に役立つ知見を得ることを目的とした。

方法:底生動物の採集は、湖面凍結期（1～2 月）を除き、月 2～3 回の頻度で諏訪臨湖実験所

ルーチングループにより湖心部で実施された。採集には Ekman-Birge 採泥器（15×15 cm²）が用いられ、3 サンプルが採集され、その場でサーバーネットで振るわれた。試料はアルコールで固定後、信州大学纖維学部に送られたのち、実体顕微鏡下で線虫、水生貧毛類、ユスリカ幼虫、ヒルなどを拾い出し、選別して、10% ホルマリン液で満たされたスクリュー管瓶に入れ保存した。

結果と考察:線虫類、ユスリカ幼虫、水生貧毛類、ヒル類などの調査対象期間中における底生動物全体の個体数密度は、4921.2±8210.5 個体/m²（平均±SD）であり、1644.4～44755.6 個体/m² の範囲で変化した。2024 年、2025 年両年の底生動物群集では、線虫類が群集の大部分を占め、構成比は 73～97% と高く、個体数密度も安定していた。本研究で得られた諏訪湖湖心部の底生動物群集のデータから、線虫類が個体数密度・構成比ともに群集の大部分を占めていることが確認された。また、水生貧毛類やユスリカ幼虫類の密度は 4～5 月に増加するものの、年間を通して群集内の割合は比較的低かったであった。一方、現存量の季節変化からは、これらとは異なった結果が得られた。以上の結果から、湖心部の底生動物群集は年により、また、季節により変動を示しつつも、群集構成割合の基本的なパターンは変化しないことが明らかとなった。

謝辞:本研究の遂行にあたり、信州大学理学部附属諏訪臨湖実験所ルーチングループの学生の皆さんに謝意を表します。

O-05

イバラモ類 *Najas marina* および *N. major* の種子発芽特性と塩ストレスの影響

○小高 海都・志賀 隆

新潟大学教育学部

はじめに

トチカガミ科イバラモ属 *Najas* は一年生、まれに多年生の沈水植物である (Triest 1988)。日本ではこれまで、イバラモ亜属 subgen. *Najas* に属する種としてイバラモ *N. marina* L. とヒメイバラモ *N. tenuicaulis* Miki の2種が認識されてきた。しかし、近年のDNA解析から、その多くは *N. major* であることが明らかになった (板垣ほか 第50回陸水学会甲信越支部会大会)。

日本において、*N. marina* と *N. major* は区別されてこなかったため、従来の分布記録や生態情報の再検討が必要となっている。イバラモは、淡水から汽水域まで、幅広い塩分環境下において記録されている。塩分は水生植物の生育を制限する主要な環境要因であることから、塩分環境の違いが両種の分布を分ける要因の一つとなっている可能性がある。そこで本研究では、両種の塩分耐性を明らかにするために、異なる塩分環境における *N. marina* と *N. major* の種子発芽試験を行った。また、淡水と 5PSU の低塩分液体培地を用いた室内培養試験を実施し、両種の塩分耐性および生育応答を比較した。

材料と方法

2024年7月～2025年8月にかけて *N. marina* と *N. major* をそれぞれ3集団、計6集団より植物体を採集した。実験圃場での栽培後に種子を回収し、4°C冷暗所で保管した。回収できた種子数に応じて塩分条件は2条件～5条件、30粒又は60粒を供試した。試験に用いた種子は70%エタノール及び6%次亜塩素酸ナトリウムを用いて滅菌した後、種皮に亀裂を入れ、培養フラスコに播種した。暗所・28°Cで20日間の発芽試験を行った。20日後、5PSU以上の培地で未発芽だった種子は、培地を0PSUに入れ替え、さらに10日間発芽を観察した。

種間および集団間での塩分耐性の違いを評価するため、R (ver4.5.2) を用いて、ロジスティック回帰を行った。発芽の有無を目的変数とし、種、集団、塩分およびそれらの交互作用を説明変数として解析した。

結果と考察

試験開始から14日時点の *N. marina* 3集団、*N. major* 2集団の発芽率は、いずれの種・集団においても0PSUで最も高かった。一方、10PSU以上では、一部の集団で数粒の発芽が確認されたのみであった(図1)。0PSU及び5PSUにおいては、*N. marina* が高い発芽率を示したが、塩分の上昇に対する発芽率の低下パターンに有意な種間差は確認されなかった。その一方で、集団と塩分の間に交互作用が認められ ($p<0.05$)、塩分へ応答は種間よりも集団間で大きく異なることが示唆された。

2025年11月現在、発芽試験および培養試験は継続中であり、本発表ではテトラゾリウム塩による未発芽種子の生存判定結果も含めて、両種の塩分耐性について議論を行う予定である。

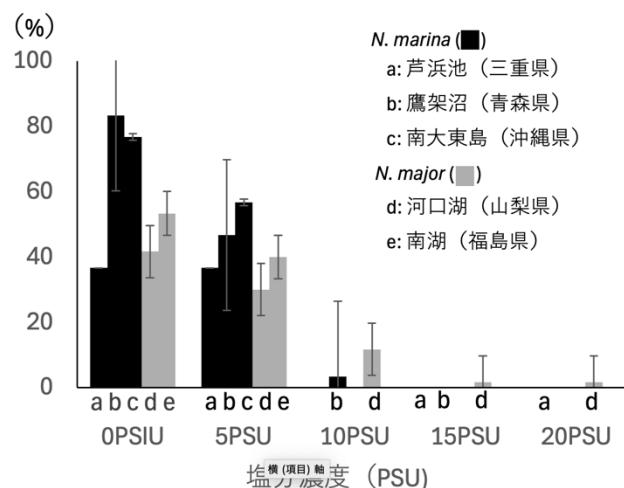


図1. 異なる塩分条件下における発芽率.

O-06

新潟県栗島の植物相：1964 年新潟地震後の変化に着目して
 ○大瀧 竜也・志賀 隆
 新潟大学教育学部

はじめに

栗島は新潟県村上市の北西約 34 km に位置する、周囲約 23 km、面積 9.78km² の離島である。気候は、対馬海流が西岸を通過しているため、本州内の県地域よりもやや温暖であり、降雪量も少ない。1964 年 6 月 16 日に発生した新潟地震によって、栗島のほぼ全域の海岸で約 2m の隆起が確認された（池上 1972）。また、最終氷期の最大海退期には周辺海域が陸化して、本州と接続していたと考えられている（伊藤ほか 2004）。

栗島の植物相については池上（1972）によってまとめられており、1959 年～1971 年の調査に基づいて 595 種（615 分類群）が記録されている。また、池上（1972）は地震による環境変化とその後の植物相の変化についても議論しており、海岸の隆起が植生に大きな影響を与えたとしている。また、地震に起因する湧水の枯渇によって、水田稲作の衰退、湿生、水生植物の多くが消滅したとされる。さらに、石沢（2006）は外来種 12 種の増加とオオクグとシオクグの消滅を報告している。石沢（2006）の調査から更に 20 年近く経過した現在では、より多くの外来種の増加と水生・湿生の在来種の減少、海岸植生の変化が予想される。

そこで本研究では、現在の栗島の植物相を明らかにするために、四季を通じた網羅的な踏査を行うとともに、植生調査を行った。また、文献や標本記録と比較することで栗島における植物相の変化を考察した。

材料と方法

1. 標本庫調査

本調査の比較対象となる、池上（1972）の調査結果を再検討するために、同報文でのみ記録されている種の証拠標本 101 点を新潟市植物資料室において閲覧、再同定を行った。

2. 植物相調査および植生調査

鳥獣保護区特別保護地区（丸山地区と立島地区）を除く栗島浦村全域において、2025 年 4 月から 10 月にかけて 7 回、合計 53 人日（調査につき 3～5 日程度）の調査を実施した。踏査では、出現した種をすべてリストし、証拠標本を作製した。植生調査は海岸（4 地点）、スギ林（2 地点）、竹林（2 地点）、落葉樹林（3 地点）に 10m×10m の方形区を設置し、Braun-Blanquet 法による調査を行った。また、ウォード法によるクラスター解析を行い、各群落の指標種を抽出した。

貴重種は環境省レッドリスト（2025）、新潟県第二次レッドリスト（2014）に記載されている種、外来種（帰化植物、栽培種を含む）は環境省が定めた特定外来生物・総合対策外来種と米倉・梶田（2003）において外来種に分類されたものを集計した。また、海浜植物は日本の海岸植物リスト（澤田ほか 2007）、生育型は日本産水生・湿生植物チェックリスト（首藤ほか 2019）、生活史は生活型リスト（首藤ほか 未発表）に基づいて集計した。さらに、本調査と池上（1972）間の種の入れ替わり率 T を以下の式で算出した。

$$T = [(E + I)/tS] \times 100$$

E および I はそれぞれ消失・新出種数、 S は 2 つの調査で確認された全体の種数、 t は調査間の期間である（今回の場合 $t=53$ ）。各種の統計解析には解析ソフト R を用いた。なお、逸出していない栽培種はデータ解析には含めなかった。

結果

1. 標本庫調査

池上（1972）にリストされていないが、同時期に池上本人が採取した種を 10 種確認した。また 5 種は証拠標本を確認できなかった。標本調査の結果、池上（1972）の記録に対して、10 種を追加、

5種を削除した。

2. 植物相調査および植生調査

本調査で539種548分類群確認できた。島内で1本しか確認されていなかったブナや、国内分布の北限であるイタビカズラを本調査でも確認することができた。環境省RL掲載種は3種、新潟県RDB掲載種は17種であった。ナミキソウは本調査で初めて確認された。外来種は110種111分類群（特定外来種2種、総合対策外来種21種）であった。特定外来種であるオオキンケイギクとアレチウリはともに本調査で初めて確認された。

湿生・水生植物はそれぞれ26分類群、10分類群を確認した。また、海浜植物は23分類群であった。これらの種のうち、シオクグとオオクグは本調査で再確認することができた。

また、生活史に基づいて分類すると、105分類群が1~2年草、281分類群が多年草、38分類群が1~多年草、123分類群が木本であった（図）。池上（1972）と本調査で共通する種は382分類群、新たに確認した種は166分類群、未確認の種は225分類群であった。池上（1972）と本調査間の入れ替わり率を表に示す。

考察

栗島の植物相は、池上（1972）から大きく変化していることが明らかになった。これらは外来種の増加（81種）、湿生・水生（49種）および海浜植物（10種）、シダ植物（20種）の減少が主な要因であると考えられる。本調査で新たに確認された種の約半数を外来種が占めており、これらの定着・拡散は栗島の固有性や希少種に影響を与えていた可能性がある。

湿生・水生植物について池上（1972）は、水田の衰退と海岸環境の変化により多くの種が姿を消すだろうと予測していたが、本調査結果はこれを支持するものであった。池上（1972）と比較して、湿生植物は3種が新出した一方、30種が消失し、水生植物も19種が確認されなかった。2025年現在、島内において水田稲作は行われていないが、内浦地区には水が湛水している放棄農作地も

残されていた。こういった環境を定期的に攪乱することにより、埋土種子集団から湿生・水生植物を復元することができるかもしれない。

海浜植物では、ハマウツボやハマベンケイソウといった新潟県RDBで絶滅危惧Ⅱ類（VU）以上に指定されている植物が特に失われていた。これは地震による地盤隆起で海岸の多くが礫地化したこと为主要因と考えられる。現存する海浜植物のうち、生育範囲が限られ個体数が少ないオオクグやアイアシは、今後の消失が危惧される。適切な保全策の検討が必要であろう。

生活史特性ごとに変化を整理すると、1) 1~2年草が消失し、2) 多年草の新規定着は限られ、3) 木本では消失は少ない一方、新規定着種が多かった（図）。これは失われた湿生・水生植物に1~2年草が多かったこと、新たに確認された木本の多くが逸出種であったことに起因すると思われる。近年、栗島ではシカの増加が報告されているが、本調査では食害や植生への影響を示す証拠は得られなかった。しかし、今後も継続的な植生・植物相のモニタリングが必要であろう。

表. 全体と各生活史およびシダ植物における入れ替わり率T

	全体	1~2年草	多年草	木本	シダ植物
入れ替わり率T[%/年]	0.954	1.053	0.927	0.880	0.980

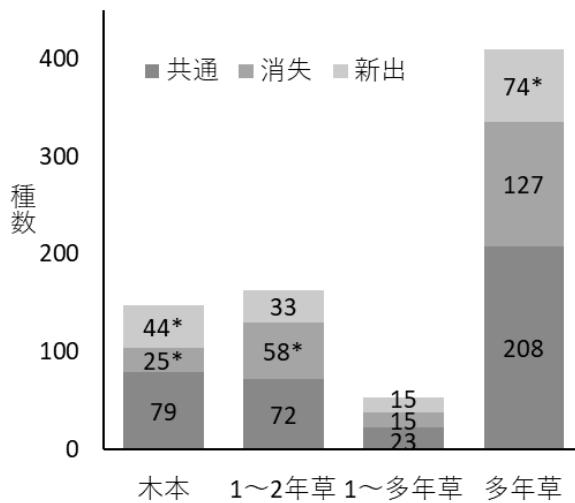


図. 各生活史カテゴリー別の共通、消失、新出種数。

*は χ^2 検定に基づく残差分析で、期待される種数よりも有意に多い/少ないことを示す。

O-07

カヤツリグサ科絶滅危惧植物の標本種子の

収蔵量および利用可能性の評価

○尾形 灯¹・加藤 将¹・矢野 興一²・志賀 隆¹¹新潟大学教育学部、²岡山理科大学生物地球学部

はじめに

大学や博物館の植物標本庫には、様々な分類群のさく葉標本が、古くは 100 年以上前から集積・収蔵されている。これらの標本に付随する種子（標本種子）や胞子の中には、長期間を経ても発芽能力を保持している場合があることが知られており、絶滅危惧種や希少種の保全・復元に利用できる可能性が指摘されている（平澤ほか 2016, 石黒ほか 2024, Shiga *et al.* 2025）。

しかし、種子の寿命は、その構造や生理的特性の違いによって大きく異なる。そのため、標本種子を用いた種の復元を試みるためには、対象種ごとに、標本種子の発芽可能性を評価する必要がある。また、対象種の種子が標本庫に十分量収蔵されているかどうかも重要な要件となる。

カヤツリグサ科は、ラン科・イネ科に次ぐ単子葉植物で 3 番目に種数が多い科であり、被子植物全体でも 7 番目に種が多い科である (Escudero 2013)。その中でもスゲ属は 2000 種以上と最も多く、日本に約 250 種以上生育している。その約半数は日本に固有な分類群であり (勝山 2005)，そのうち 97 種が国の絶滅危惧種に指定されている（環境省 2025）。

本研究では、被子植物の中でも種多様性が高く、生態的に多様化した分類群の 1 つであるカヤツリグサ科を対象として、1) 標本種子の発芽・生存可能性の評価、2) 日本の主要標本庫における標本種子の収蔵量の推定を行い、標本種子を用いた生物保全の実現可能性を評価することを目的とした。

材料と方法

日本産カヤツリグサ科植物のうち、環境省第 4 次レッドリスト（環境省 2020）および、第 5 次レッドリスト（環境省 2025）において絶滅危惧 IA

類、野生絶滅、絶滅に指定されている計 40 種を対象とした。4 館の標本庫 (KPM, OKAY, OSA, NGU) および野外集団より、22 種計 76 標本の標本種子を得て、段階温度法 (Washitani *et al.* 1987) による発芽試験とテトラゾリウム染色 (Cottrell 1947; 畑野 1952) による生存判定試験（以下 TTC）を行った。発芽試験は、一定期間内に 4°C から 36°C まで段階的に 4°C ずつ上昇させる温度上昇系と、36°C から 4°C まで下降させる温度下降系の 2 つの条件で行った。4°C の保持期間は 4 週間とし、それ以外の温度の保持期間は Washitani *et al.* (1987) に従った。また、発芽試験で未発芽だった種子に対して TTC をを行い、胚が完全に赤色に呈色したものを見出と判断した。

また、計 9 館 (FKSE, GMNHJ, KPM, NGU, OKAY, OSA, URO, TNS) の標本庫の収蔵標本について、(1) 各種の標本枚数の計数、(2) 標本の成熟状態の判定、(3) 小穂の数と小穂あたりの種子数の計数を行った。成熟状態の判定は、植物体上に蕾、花、果実、種子の有無について、器官ごとに、3 段階 (a, 付いている；b, 不明；c, 付いていない) で判定した。これらのデータに基づき、標本庫における各種の推定種子収蔵量を以下の式より計算した。

$$\text{推定種子収蔵量} = \textcircled{1} \times \textcircled{2} \times \textcircled{3} \times \textcircled{4} \times \textcircled{5}$$

- ① 9 つの標本庫における合計標本枚数
- ② 標本 1 枚あたりの小穂の数
- ③ 小穂 1 つあたりの種子数
- ④ 種子のある標本枚数 / 標本枚数
- ⑤ しいな（中身がない）種子の割合

結果

発芽試験により、標本種子の発芽が確認された種はマンシュウクロカワスゲ（発芽率 42.4%, TTC 染色結果を加味した生存率 49.2%, 標本経過年数

0.8年), タイワンカンスゲ (54.2%, 54.2%, 同 2.2年), センジョウスゲ (95.0%, 95.0%, 同 3.1年) であった(図1)。また, トダスゲの当年種子(保存期間 0.2年)も発芽が確認された(46.6%, 78.5%)。採集から保存期間が4年を超えた標本種子の発芽は確認されなかった。TTCでのみ生存が確認された種は, ラウススゲ (12.0%, 1.9年), トダスゲ (0.8%, 2.1年; 3.5%, 24.0年), オクタマツリスゲ (14.3%, 10.0年) であった。

胚が未発達な瘦果は 23 種において確認され、種によってその割合は大きく異なり、コヌマスゲが最大 94.4% (2 標本 18 種子, 2 標本 17 種子), セトウチスゲが最小 10.5% (3 標本 2 種子中, 3 標本 19 種子), 平均 34.3% (23 種 69 標本) であった。

9 標本庫における調査対象とした 40 種の絶滅危惧カヤツリグサ科植物の標本は 34 種, 800 標本, このうちスゲ属植物の標本は 19 種, 387 標本であった。そのうち標本経過年数が 4 年以内の新しい標本は 13 種 (68.4%), 53 標本 (14.9%) であった。各種における標本 1 枚当たりの小穂数は平均 7.6 (SD=4.4), 小穂 1 つあたりの瘦果数は, 平均 26.8 (SD=30.2) であった。小穂 1 つあたりの瘦果数は, チチブシラスゲの平均 109.1 粒が最大で, アリサンタマツリスゲの平均 2.0 粒が最小であった。成熟した瘦果がある標本の割合は, 最大 92.3% (オクタマツリスゲ), 最小 7.7% (ダイセンアシボソスゲ) であった。各種の推定収蔵種子量を求めるとき, ヒメミコシガヤが 7,137.8 粒と最も多く, リュウキュウヒエスゲが 66.4 粒と最も低かった (平均 1371.8 粒)。経過年数が 4 年以内の標本の種子収蔵量を計算すると, 種子量の多い種からダイセンアシボソスゲ (1014.4 粒), タイワンカンスゲ (308.2 粒), トダスゲ (242.8 粒), タイワンカンスゲ (396.2 粒), トナカイスゲ (148.0 粒), トックリスゲ (147.4 粒) であった。最小はアリサンタマツリスゲの約 36.2 粒であった (平均 354.2 粒)。

考察

スゲ属植物を含むカヤツリグサ科植物は埋土

種子集団を形成することが知られており、スゲ属では4年以上の土壤中での種子生存が報告されている (Tatár 2010 ; Bohnen *et al.* 2022)。本研究における対象種の中にも自然条件下において数年以上にわたって種子が生存する可能性がある。しかし、標本作製による加熱処理や、その後の保存環境は種子の生存に大きな影響を与えると考えられ、これらが標本種子の発芽率の低さに関係している可能性がある。

また、本研究では胚が未発達な瘦果が確認された。これは、採集時期が胚の発達前であった可能性に加えて、採集した集団において花粉制限が生じている可能性を示唆する。本研究で発芽試験を行ったすべての種において未発達胚の瘦果が確認されたことから、残存する野生集団における繁殖状況の把握は、絶滅危惧カヤツリグサ科植物の保全において極めて重要である。さらに、5年以内に標本が作製された比較的新しい標本種子の推定収蔵量は種ごとに大きく異なり、多くの種で標本中の利用可能な種子は限られることが明らかになった。そのため、標本種子を保全に利用可能な形で維持するためには、標本から部分的に種子を取り分け、最適な条件で別途保存することが望ましい。または野生集団においては、集団の維持に影響のない範囲で計画的に種子を採集・保存することが、今後の保全にとって重要と考えられる。

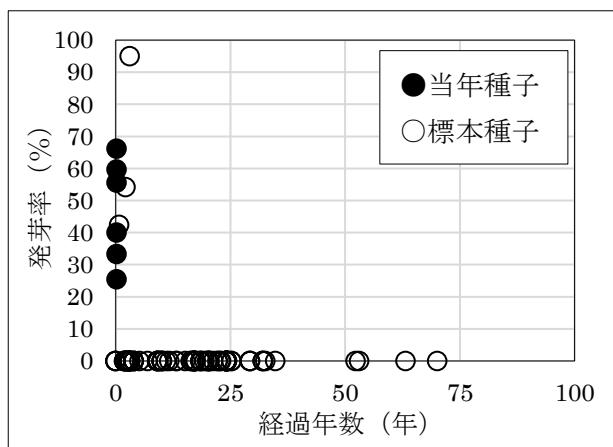


図 1. 経過年数に対する発芽率の関係.

O-08

山梨県の河川に生育する淡水紅藻オオイシソウの光合成特性

○芦澤優希¹・芹澤（松山）和世²・芹澤如比古²¹ 山梨大学教育学部 B4 · ² 山梨大学教育学部

はじめに

淡水域に生育するオオイシソウ科藻類(紅藻植物門, 原始紅藻亜門, オオイシソウ綱, オオイシソウ目)は世界では 14 種, 日本では 7 種の生育記録があるが, 近年の分子系統解析によりほとんどの種がオオイシソウ 1 種へと統合されたため (Necchi et al. 2013), 日本産の 7 種は全てオオイシソウ *Compsopogon caeruleus* 1 種となった。この統合を受け, オオイシソウは環境省レッドリストで絶滅危惧 II 類(VU)から準絶滅危惧(NT)にカテゴリーが変更されている(環境省 2025)。日本におけるオオイシソウは北海道から沖縄までの湧水のある小河川や海岸に近い水路などで確認されているが, いくつかの地点ではすでに消滅したことが報告されている(熊野ら 2002, 2007)。山梨県内のいくつかの河川や水路でもオオイシソウは確認されており(芹澤ら 2019, 原野 2021, 松井 2022), 昨年度は 2 河川でオオイシソウと水草数種のクロロフィル蛍光による測定が行われ(武山 2025), 現地での光に対する光合成活性の違いがある程度明らかにされた。しかし, オオイシソウの光合成の温度依存性については調べられておらず, クロロフィル蛍光測定では呼吸量や生存に関わる光補償点は測定できなかった。そこで本研究では山梨県内に生育するオオイシソウの光合成-光特性と温度特性を明らかにすることを目的に, 同所的に生育している外来種のコカナダモとの比較を行った。

方法

2025 年 11 月 3 日に山梨県昭和町今川で胴付長靴を着用して河川に入り, 素手でオオイシソウとコカナダモを採集した。クーラーボックスに入れて保冷して持ち帰り, 付着した他の生物や汚れを目視で確認して洗浄し, オオイシソウは 1 藻体ごと, コカナダモは上端から 7 節(3 cm)程度に切り分け, 24 時間明期で通気培養を行った。培養温度は採集地の水温を元に 15°Cとした。光合成および呼吸の測定は酸素発生量を測定する改良型プロダクトメーター(横浜ら 1986)の新型(芦澤ら 2025)を用いて行った。光合成-光曲線を得るために測定は温度を 10, 15, 20 °C の順に上昇させ, 各温度で光量を 400, 200, 100, 50, 25, 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の順に減衰させる 18 条件, 光合成-温度曲線を得るために測定は温度を 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40°C の順に上昇させ, 各温度で光量を 400, 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の順に減衰させる 14 条件で行った。反応容器と対照容器を入れた水槽内の温度は恒温機を用いて調節し, 光量はスライドプロジェクターを用いて遮光板や反応容器との距離を変えることで調節した。なお, 光量 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ はサンプルの入った反応容器をアルミホイルで覆うことで光を遮断した。また, 二酸化炭素の枯渀を防ぐため, 炭酸水素ナトリウムを水道水に添加した 0.1% 水溶液を容器に入れた。測定直前に 15°C, 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上の強光で 50 分間光馴化を行った。その後, 暗呼吸測定時以外は条件ごとに反応容器の溶液を交換し, 8 分間の予備振盪後, 3 分毎に 18 分間(低光量または暗呼吸測定では 5 分毎に 30 分間)測定を行った。3 分または 5 分毎の酸素発生量または消費量をプロットし, 一次回帰して, その傾きから乾重量あたりの光合成速度または呼吸速度を求めた(測定後にサンプルを 80°C で 48 時間以上乾燥させ, 乾重量を測定)。そして光合成-光曲線と光合成-温度曲線を作成し, 光曲線からパラメータ(最大光合成速度 P_{max} , 呼吸速度 R_d , 光補償点 I_c , 光飽和定数 I_k , 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ までの初期勾配 α), 温度曲線から Q_{10} 値 (R_{T+10}/R_T , R_T : T°C の時の反応速度)を算出した。

結果

光合成-光曲線を比較すると, 20°C の 25 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ を除きすべての温度・測定光量で光合成速度はオオイシソウの方がコカナダモより高く, 暗呼吸速度もすべての温度でオオイシソウが高かった(図 1)。また, 光合成のパラメータのうち, P_{max} , R_d , I_k , α はどの温度でもオオイシソウの方が高かつたが, I_c は 10~15°C でコカナダモの方が高かつた。また, I_k 以外はいずれも温度の上昇に伴って上昇したが, I_k はオオイシソウが温度の上昇に伴つて上昇したのに対して, コカナダモは温度の上昇に伴つて低下した(表 1)。

光合成-温度曲線を比較すると 10°C ではコカナダモの光合成速度がオオイシソウを上回ったが, それ以外の温度ではオオイシソウの光合成速度の

方が高かった(図2)。また、光合成の最適温度は両種ともに35°Cであった。 Q_{10} 値は20~30°Cと25~35°Cの呼吸速度を除き、オオイシソウがコカナダモよりも高い値を示し、いずれも温度の上昇に伴って低下した(表2)。

考察

光合成-光曲線より、オオイシソウは弱い光量から強い光量までコカナダモより高い活性があることが示された(図1)。これはコカナダモでは茎などの光合成活性の低い部分を持っているのに対し、オオイシソウでは非同化器官がほとんどないことによる影響と考えられた。また、両種とも光曲線のパラメータ R_d , I_k , α が小さい値をとったことから、両種は陰生植物の特性を持っており、これまでの報告と一致した(Necchi 2004, 上嶋 2018)。光合成-温度曲線より、15~10°C間の活性の低下はオオイシソウではコカナダモより大きく、 Q_{10} 値も10~20°C間の値が最も大きかった(図2, 表2)。これはオオイシソウがコカナダモより低温耐性がないことを示しており、オオイシソウは湧水の影響があると考えられる河川にのみ生育するが、コカナダモは10°C以下になる冬季の湖沼でも生育する(Kunii & Maeda 1982)という分布特性を裏付けるものと考えられた。

謝辞

本研究は公益財団法人河川財団の河川基金による研究助成(助成番号:2025-5211-010)を受けて遂行された。

引用文献

芦澤優希, 武山遙奈, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古(2025)新改良型プロダクトメーターによる紅藻オオイシソウの光合成測定. 藻類73:74
原野晃一(2021)山梨県内の富士川水系に生育する水草・大型藻類に関する生態学的研究. 山梨大学大学院医工農学総合教育部生命環境学専攻地域環境マネジメントコース2020年度修士論文
環境省(2025)第5次レッドリスト(植物・菌類)の公表について. 環境省WEB

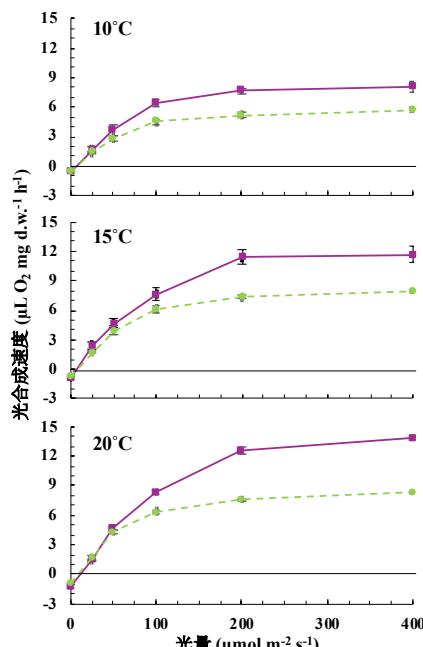


図1. オオイシソウ(■, 実線)とコカナダモ(●, 破線)の10, 15, 20°Cにおける光合成-光曲線. n=3-4, 平均±標準誤差.

表1 オオイシソウヒコカナダモの光合成パラメータ

	P_{max} ($\mu\text{L O}_2 \text{ mg d.w.}^{-1} \text{ h}^{-1}$)		R_d ($\mu\text{L O}_2 \text{ mg d.w.}^{-1} \text{ h}^{-1}$)		I_c ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)		I_k ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)		初期勾配 α	
	オオイシソウ	コカナダモ	オオイシソウ	コカナダモ	オオイシソウ	コカナダモ	オオイシソウ	コカナダモ	オオイシソウ	コカナダモ
10°C	8.1	5.7	0.5	0.4	5.95	6.46	102.44	94.07	0.08	0.07
15°C	11.7	7.9	0.7	0.6	6.06	6.94	111.08	92.14	0.11	0.09
20°C	13.8	8.4	1.3	0.9	11.22	8.54	126.80	89.36	0.12	0.10

- サイト https://www.env.go.jp/press/press_04578.html
 熊野茂, 香村真徳, 新井章吾ら(2002)1995年以降に確認された日本産淡水紅藻の产地について. 藻類 50:29-36
 熊野茂, 新井章吾, 大谷修司ら(2007)環境省「絶滅のおそれのある種のリスト」(RL)2007年度版(植物II・藻類・淡水産紅藻)について. 藻類 55:207-217
 Kunii H & Maeda K (1982) Seasonal and long-term changes in surface cover of aquatic plants in a shallow pond, Ojagaike, Chiba, Japan. Hydrobiologia 87: 45-55
 松井悠一郎(2022)山梨県内の河川に生育する侵略的外来植物と水草・大型藻類に関する生態学的研究. 山梨大学大学院医工農学総合教育部生命環境学専攻地域環境マネジメントコース2021年度修士論文
 Necchi Jr O (2004) Light-related photosynthetic characteristics of lotic macroalgae. Hydrobiologia 52: 139-155
 Necchi O Jr, Fo ASG, Salomaki ED et al. (2013) Global sampling reveals low genetic diversity within Compsopogon (Compsopogonales, Rhodophyta). European Journal of Phycology 48: 152-162
 芹澤如比古, 原野晃一, 芹澤(松山)和世(2019)山梨県甲府盆地における淡水紅藻オオイシソウの発見. 藻類 67:62
 武山遙奈(2025)山梨県のオオイシソウ生育地2河川の環境と水生植物及びその光合成特性. 山梨大学教育学部科学教育コース2024年度卒業論文
 上嶋崇嗣(2018)富士五湖に生育する水生植物の光合成特性に関する生理生態学的研究. 山梨大学大学院教育学研究科教科教育専攻科学文化コース2017年度修士論文
 横浜康継, 片山舒康, 古谷庫造(1986)改良型プロダクトメーター(差動式検容計)とその海藻の光合成測定への応用. 藻類 34:37-42

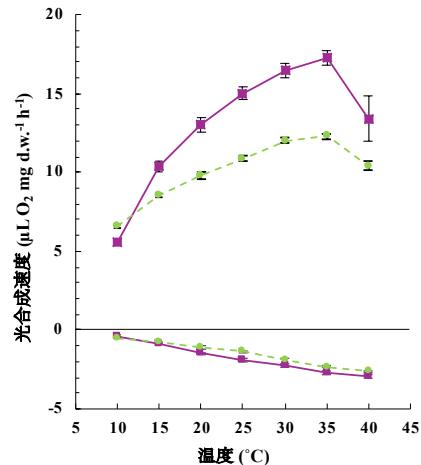


図2. オオイシソウ(■, 実線)とコカナダモ(●, 破線)における光合成-温度曲線とDarkにおける呼吸-温度曲線. n=3-4, 平均±標準誤差.

表2 オオイシソウとコカナダモの Q_{10} 値

	光合成速度の Q_{10} 値		呼吸速度の Q_{10} 値	
	オオイシソウ	コカナダモ	オオイシソウ	コカナダモ
10~20°C	2.34	1.48	4.11	2.34
15~25°C	1.45	1.27	2.23	1.82
20~30°C	1.27	1.23	1.49	1.76
25~35°C	1.15	1.13	1.42	1.69

O-09

山梨県内 30 河川で春夏秋に確認された 水草・大型藻類とその生育環境

○星野晴香¹・芦澤優希¹・市川大和²・芹澤(松山)和世³・芹澤如比古³¹ 山梨大学教育学部 B4・² 山梨大学教育学部 B3・³ 山梨大学教育学部

はじめに

山梨県の河川は 3 つの一級水系からなり、一級・二級合わせ 610 河川、総延長 2,095.6 km にも及んでいるが、そのうち富士川水系に属する一級河川は 504 河川と最大である(山梨県 2024)。県内の河川では、原野(2021)が富士川水系河川の 94 地点を 2019~2020 年の夏季から秋季に 1 回ずつ調査して水草 32 種、大型藻 18 種(分類群)を、松井(2022)が県内 55 河川 80 地点を 2021 年の夏季に 1 回ずつ調査して水草 32 種、大型藻 23 種を確認している。しかし、これらの研究では地点数は多いものの、限られた時期にのみ調査が行われており、その他の研究も含めて県内河川で水草や大型藻類の季節的な変動について言及した研究はほとんどない。水草ではカワヂシャとオオカワヂシャなど限られた花期に識別が可能になる種があり(角野 2024)、山中湖の大型藻では季節により種数の変動が大きいことが報告されている(芹澤ら 2013)。そこで本研究では富士川水系 30 河川における水草・大型藻類の季節的な出現種とその生育環境を明らかにすることを目的に調査を行った。

方法

山梨県内では流路延長が 1 km 以上ある河川については山梨県の WEB サイトに河川毎にその距離が公開されている(山梨県 2025)。そのデータも参考に、富士川水系内で流路延長が 3 km 未満の河川(小河川)を 8 本、3 km 以上 7 km 未満の河川(中河川)を 11 本、7 km 以上の河川(大河川)を 11 本、計 30 河川を選び、2025 年 4~5 月(春)、7 月(夏)、10 月(秋)に水草・大型藻類と水環境の調査を行った。なお、夏の調査時に河川内または河川敷に植物が生い茂り、立ち入り調査が不可能になつた 4 河川については同じカテゴリー内で河川や地点を変更した。長靴または胴付長靴を着用し、河川の流路に沿って 50m 程度を踏査して水草・大型藻類を採集し、肉眼または顕微鏡を用いて観察して種(分類群)を同定し、押し葉標本またはプレパラート標本の作製を行つた。また、環境要

因として水温、電導度、pH、濁度、DO、流速を多項目計(YSI, ProDSS), DO 計(Hach, LDO 101&HQ30d), 流速計(YSI, FP111)で測定した。

各河川で確認された水草・大型藻類の種組成データを用いて地点間の類似度(Jaccard 距離)を算出し、クラスター解析を行つた。解析は R (Ver.4.5.2)を用いて行い、vegan パッケージから Jaccard 係数を、cluster パッケージから Ward 法を用いてデンドログラムを作成した。

結果と考察

調査期間中に確認された水草は 30 種、大型藻は 25 種であり、計 55 種の水草・大型藻類が確認できた(表 1)。この内、春調査では水草 14 種、大型藻 19 種、夏調査では水草 23 種、大型藻 20 種、秋調査では水草 27 種、大型藻 21 種が確認され、水草、大型藻とも秋に最も多くの種が確認された。1 河川あたりの平均出現種数は春調査では水草 2.9 種、大型藻 4.6 種、夏調査では水草 4.0 種、大型藻 4.8 種、秋調査では水草 3.9 種、大型藻 5.8 種であり、1 河川あたりでは水草より大型藻が多く、水草は夏と秋に、大型藻は秋に多かつた。水草と大型藻で春のみに確認された種は 1 種と 1 種、夏のみは 2 種と 1 種、秋のみは 6 種と 4 種、春夏では 0 種と 2 種、夏秋では 8 種と 1 種、春夏秋では 13 種と 17 種であった(図 1)。大型藻では 3 季にわたり確認された種は総出現種の 7 割近くを占めたが、大型藻は種レベルの同定が難しく、シオグサ属やサヤミドロ属、アオミドロ属などでは季節により属内で種の入れ替わりが起こつていた可能性もある。また、1 季のみ確認された種は水草も大型藻も秋が最も多く、水草では春夏に確認された種はおらず、夏秋に確認された種は 3 季にわたり確認された種の 6 割を超えた。水草は花期にのみ同定可能となる種や芽生えでは同定が難しい種も多いことから、春では同定できず、十分に生長した秋に同定が可能となつた種が多かつたのかもしれない。3 季にわたり確認された種が多かつたものの、特定の時期にのみ出現した種も見られたことから、季節を通じた調査の重要性が再確認され

た。

本調査で確認された水草・大型藻類のうち、環境省レッドリスト(2025)に掲載されている準絶滅危惧種はミズアオイ・カワヂシャ・イトモ・オオイシソウであり、情報不足種はタンスイベニマダラであった。これまでの知見(原野 2021, 松井 2022)と比較したところ、オオイシソウが 3 河川、タンスイベニマダラが 8 河川で新たに確認されたことが分かった。季節ごとの水環境は春・夏・秋それぞれ水温が 8.8~27.0・18.7~29.2・12.7~20.6°C、電導度が 37.6~250.4・61.4~285.0・37.7~258 μS/cm、pH が 7.2~10.1・7.1~8.9・7.2~9.7、濁度が 0~29.2・0.1~23.7・0.8~219.9 FNU、DO が 7.0~13.5・3.9~11.3・6.9~14.6 mg/L、流速が 0~0.9・0~1.6・0~0.8 m/s であった。

各調査地点の Jaccard 距離によるクラスター解析の結果、大河川・中河川・小河川としてのまとまりはどの季節でも確認されず、3 季を通してその区分でまとまるることはなかった。したがって河川の長さは水草・大型藻類の種組成とは関係がないことが判明した。水草・大型藻類の種組成と環境項目との関係などについては現在解析中である。

謝辞

本研究は公益財団法人河川財団の河川基金による研究助成(助成番号:2025-5211-010)を受けて遂行された。

引用文献

- 原野晃一(2021)山梨県内の富士川水系に生育する水草・大型藻類に関する生態学的研究. 山梨大学大学院医工農学総合教育部修士課程生命環境学専攻地域環境マネジメントコース 2020 年度修士研究論文
 環境省(2025)環境省レッドリスト 2025. 報道発表資料, 報道・広報
https://www.env.go.jp/press/press_04578.html
 環境省(2025)特定外来生物等一覧.
<http://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list.html>
 角野康郎(2014)日本の水草. 文一総合出版, 東京
 松井 悠一郎(2022)山梨県内の河川に生育する侵略的外来植物と水草・大型藻類に関する生態学的研究. 山梨大学大学院医工農学総合教育部修士課程生命環境学専攻地域環境マネジメントコース 2021 年度修士研究論文
 芹澤如比古, 佐藤裕一, 深代牧子, 土屋佳奈, 芹澤(松山)和世(2013)富士北麓, 山中湖に生育する水生植物の種組成と現存量の周年変化-2008~2010-. 水草研究会誌 100:61-71
 山梨県(2024)令和 6 年度「山梨の河川」. 山梨の河川, 河川管理, 河川・砂防・治山, まちづくり・環境, 山梨県 HP
<https://www.pref.yamanashi.jp/chisui/kanri/yamanashi-no-kasen22.html>

山梨県(2025)山梨県統計年鑑, 令和 4 年, 山梨県 HP
https://www.pref.yamanashi.jp/toukei_2/book/11nen.htm

表1. 河川毎の季節別の出現種数

河川名	流路延長 (km)	出現種数 (水草)				出現種数 (大型藻)			
		春	夏	秋	3季	春	夏	秋	3季
大河川	釜無川	2	2	1	2	3	2	6	7
	荒川	3	2	2	4	3	0	3	3
	塩川	4	1	2	4	2	1	8	8
	笛玉川	1	2	1	2	4	1	4	6
	鍾田川(大)	13.1	5	10	11	4	4	6	7
	平等川(上)	12.9	4	9	7	10	5	6	8
	平等川(下)	12.1	2	9	2	5	5	5	5
	瀬川	11.0	3	3	3	5	5	7	8
	笛沢川	10.6	4	8	3	10	3	6	7
	坪川	9.4	4	4	3	5	7	6	13
中河川	大武川	8.1	1	1	2	2	10	7	4
	小武川	7.6	1	1	2	2	3	5	6
	尾白川	6.3	1	1	1	1	7	5	10
	渡川	6.3	5	8	11	13	9	9	15
	蛭沢川	5.8	5	5	5	8	0	3	6
	吉川	5.8	7	6	6	8	5	4	8
	新利根川	5.7	2	2	2	2	3	2	3
	貢川	5.3	2	3	3	6	3	7	6
	神宮川	4.7	1	2	1	2	7	4	11
	蕃那川	4.7	4	5	3	6	4	7	8
小河川	長沢川	4.0	3	2	2	3	4	2	4
	割羽沢川	3.7	6	6	6	9	9	10	12
	第二平等川	3.6	6	8	8	10	3	5	6
	戸川	3.5	2	1	3	4	4	3	5
	漆川	3.2	1	1	1	2	2	6	6
	秋山川	2.8	4	4	4	6	6	0	7
	鍾田川(小)	2.6	2	4	2	6	5	9	11
	堰野川	2.6	6	6	5	9	5	7	13
	四分川	2.6	6	9	10	6	11	11	11
	窪川	2.2	2	4	1	5	5	7	8
合計種数	西沢川	2.0	3	2	2	3	1	1	1
	大堀川	1.7	1	5	6	9	6	7	11
	新五割川	1.7	2	4	5	6	2	1	4
	田沢川	1.6	1	2	1	2	9	8	13
	合計種数	14	23	27	30	19	20	21	25

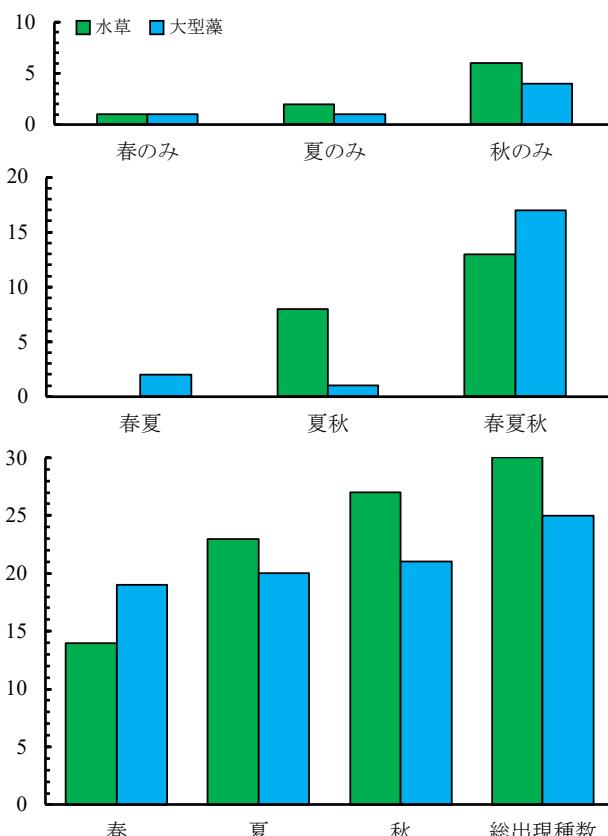


図1 水草・大型藻類の出現種数.

O-10

山梨県笛吹市の桃園の下草植生－減農薬無肥料栽培と慣行栽培の比較－

○五味実優¹・星野晴香¹・芹澤(松山)和世²・芹澤如比古²¹山梨大学教育学部 B4・²山梨大学教育学部

はじめに

現代の果樹生産では、高品質果実の安定供給を目的として、化学的な肥料や農薬に強く依存した集約的な栽培体系が一般的になっているが、化学資材投入への過度な依存は土壤環境や生態系に負の影響を引き起こす可能性が高いため、環境への負荷を抑えつつ持続的な生産を可能にする農法の重要性が高まっている(千葉 1995, Mia et al. 2020)。

桃の生産量が全国第 1 位である山梨県には(農林水産省 2024), 農薬の使用を最小限にとどめ、年に数回の下草刈りを行うだけで化学肥料も有機肥料も全く用いない栽培体系を 30 年以上継続し、高品質な桃を生産している農家が存在する。この生産者は、多様な下草が昆虫の主要な住処となることで、アブラムシ類やダニ類といった害虫が果樹に集中しにくくなり、多種多様な植物が共存することで下草由来の有機物が長年にわたり土壤表層へ蓄積し、肥料を施さなくとも土壤の健全性が維持されていると考えている(私信)。

そこで本研究では芹澤ら(2023)に引き続き、山梨県笛吹市に位置する上記の減農薬無肥料栽培桃園(保全型)と 780m 離れた調査に同意していただけた慣行栽培桃園(慣行型)を対象に下草植生の違いを明らかにすることを目的とした。

方法

2025 年の 1~10 月に、山梨県笛吹市一宮町の保全型桃園(936.7 m²)と慣行型桃園(956.5 m²)において、月に1回下草植生の調査と土壤環境の測定を行った。下草調査は選定した 5 本の桃の木の半径 3m の範囲の樹下を入念に、それ以外の桃園全体でも隅々まで目視確認し、種の判別が難しいものは採集して種同定を行った。また、2 月からは被度についても階級別(5:75~100%, 4:50~75%, 3:25~50%, 2:5~25%, 1:5%)に評価した。5 樹下の各種の被度階級の中点値から平均被度を求め、平均被度や出現頻度(出現区画数/調査区画数 × 100)の最大の種の値を 100 とした相対値を算出し、積算優占度[(相対頻度 + 相対被度)/2]を求め、優占種を決定した。桃園の全体で出現した種について、Jaccard 係数[J=a/(a+b+c), a:両

方の桃園に出現した共通種数, b:慣行型のみに出現した種数, c:保全型のみに出現した種数]と Shannon-Wiener の多様度指数を求めた。多様度は水産研究・教育機構が提供する WEB サイト上で解析を行う群集解析 WEB ツールを使用した(水産研究・教育機構 2025)。また、各月の出現種の被度階級の中点値を用いてクラスター解析を行った。その解析には東海アクアノーツ社が WEB サイトで公開しているマクロが組込まれたエクセルシート(東海アクアノーツ 2025)を使用した。

環境要因として、1 本の桃の木の根元付近の地中 10cm と地上 1.5m の高さの枝に温度ロガー(Tidbit)を設置し、1 時間ごとの気温と地温を測定した。また調査日に 5 本の桃の木の根元で水分計(ProCheck)を用いて土壤水分を測定した。確認された種については既存の資料(図鑑類やインターネット情報)を元に一年生か多年生か、在来種か帰化種かを判別した。

結果

調査期間中(1~10 月)に桃園全体で確認された下草植物の総出現種数は 82 種(保全型 64 種 > 慣行型 60 種)であり、保全型でのみ確認された種は 22 種、慣行型でのみ確認された種は 18 種であった。また、一年生種は 52 種(保全型 41 種 < 慣行型 43 種)、多年生種は 30 種(保全型 23 種 > 慣行型 17 種)、在来種は 48 種(保全型 36 種 > 慣行型 34 種)、帰化種は 34 種(保全型 28 種 > 慣行型 26 種)であった。月毎の確認種数は保全型で 21~41 種、慣行型で 19~36 種であり、どの月も保全型で多かった(図 1)。また、多年生種は保全型で 8~19 種、慣行型で 7~13 種であり、在来種は保全型で 9~24 種、慣行型で 7~22 種であり、概ね保全型で多かった(図 2)。積算優占度が最も高かった種は、保全型では 2~7 月にオニウシノケグサ、8 月にオニウシノケグサとカナムグラ、9 月にメヒシバ、10 月にナガバギシギシであった。一方、慣行型では 2~4 月にコハコベ、5~6 月にスズメノカタビラとシロツメクサ、7~9 月にメヒシバ、10 月にイヌタデであった。桃園全体で被度が 5%未満の種の割合は保全型では 90.9%、慣行型では 92.5%であり、両桃園とも低被度の種が大部分を占めていた。

Shannon-Wiener の多様度指数は 5 月を除き保全型の方が高かった。また、両桃園間の Jaccard 類似度は 0.29~0.44 の範囲で推移し 1 月 (0.41) と 4 月 (0.44) に高く、6 月 (0.29) には最も低くなりその後上昇した。クラスター解析の結果、両桃園の植生は調査月に関係なく保全型と慣行型の 2 つのグループにまとまった(図 3)。

年間を通した土壤水分は保全型では平均 13.6%であったが、3月の 20.0%から 8月の 7.2%にかけて大きく低下した。慣行型では平均 17.3%であり、保全型よりも期間を通してやや高かった。調査期間中の気温は保全型で-7.0～41.7°C、慣行型で-7.6～38.6°C、地温は保全型で 1.9～26.4°C、慣行型で 1.0～21.2°C であった。温度ロガーの不具合によりデータが一部欠損したが、欠損のない 1～5 月の変動幅(日最高温度-日最低温度)は保全型では 0.2～3.0°C、慣行型では 0.5～6.3°C であり、保全型で変動幅が小さい日が多くった。

考察

本研究において桃園で確認された下草の総出現種数や一方の桃園でのみ確認された種数はいずれも保全型で多く、Shannon-Wiener の多様度指数も 5 月を除いて保全型で高かったことから、保全型では年間を通して豊かな下草種に支えられた多様な生物が共存する生態系が構築されていると考えられた。また、下草による地表被覆が微生物群集の多様性および根圏のネットワーク構造を改善し、酵素活性・有機炭素含量・窒素総量を有意に増加させると報告されており (Zhang et al. 2022, Wei et al. 2021)，保全型の下草は根圏の多様な微生物群集の成立を助け、養分循環や土壤構造の安定を維持し、桃にとって良好な土壤環境を整えることにも寄与していると考えられた。さらに、多年草種の多い植生は土壤有機物や栄養塩の蓄積を促進することが知られており (Furey et al. 2021)，保全型で多く確認された多年生種の根系は土壤環境の改善やそれによる土壤生態系の安定化にも貢献している可能性が考えられた。したがって、このような特徴を持つ保全型桃園の下草植生が高品質な桃の生産を支える要因の 1 つとなっているのかもしれない。

引用文献

- 千葉和彦(1995)果樹生産システムの現状と展望. 農業および園芸 70(7):757-763

Furey GN, Tilman D, Isbell F (2021) Plant biodiversity and the regeneration of soil fertility. Proceedings of the National Academy of Sciences 118(49): e2111320118

Mia MI, Massetani F, Murri G, Neri D (2020) Sustainable

alternatives to chemicals for weed control in the orchard - a review. Horticultural Science (Prague) 47(1): 1-12

農林水産省(2024)令和5年産もも,すももの結果樹面積,収穫量及び出荷量
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/sakumoto/sakkyou_kajyu/momo/r/

芹澤如比古, 芹澤(松山)和世, 佐藤幸恵, 片岡良太(2023)環境保全型桃園と慣行型桃園の下草植物相. 日本陸水学会甲信越支部会報 49:44-45

水産研究・教育機構(2025)群集解析ツール, 群集・多様度解析 <https://jsnfri.fra.affrc.go.jp/gunshu/tayodo.html>

東海アクアノーツ(2025)解析ツール 多様度指数と類似度指数の計算マクロ【生物群集解析ツール】
<http://www.tquaqua.com/oyakudachi.html>

Wei X, Hu Y, Razavi BS et al. (2021) Plant diversity improves soil microbial network complexity and ecosystem multifunctionality in grasslands. Journal of Applied Ecology 58 (7): 1601-1611

Zhang Y, Liu S, Wang J et al. (2022) Vegetation restoration increases soil microbial diversity and enhances nutrient cycling by improving plant-microbe interactions in degraded ecosystems. Science of the Total Environment 813: 152523

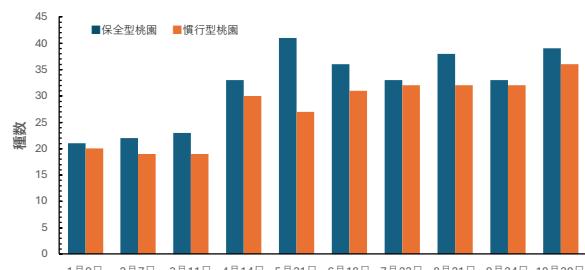


図1 保全型桃園と慣行型桃園における下草雑草の月別の種数

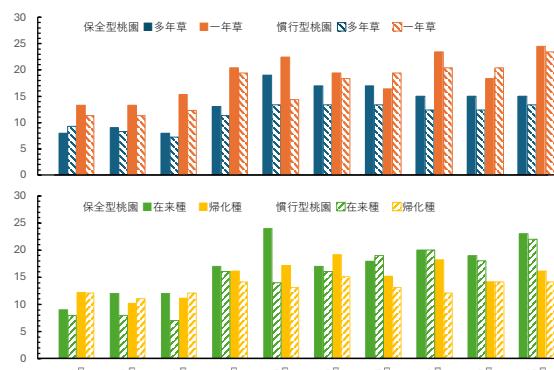


図2. 保全型桃園と慣行型桃園における下草雑草の月別の多年草、一年草、在来種、外来種の種数。

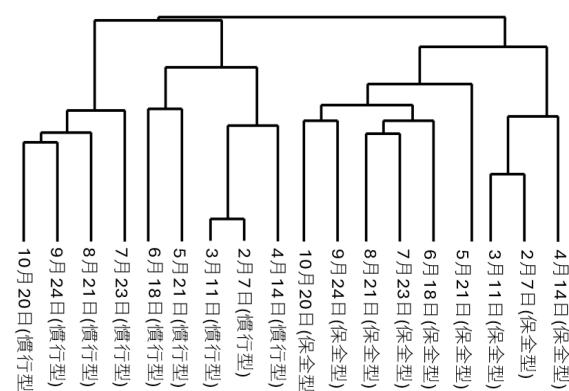


図3 Hornの重複度指数R0の群平均法によるクラスター解析結果

O-11

EEM を活用して水生生物の生息状況を簡便に把握する方法の検討○大橋一功¹・坂本正樹²¹富山県立大学工学部 B4 · ²富山県立大学工学部**はじめに**

湖沼において重要な構成要素であるプランクトンは、生態系におけるエネルギー循環や炭素・栄養塩の循環に寄与し、環境変化の影響を敏感に反映する生物群である (Barsanti et al. 2021)。そのため、プランクトンの時空間的な変動をモニタリングすることは、水質や生態系の変化を早期に把握するうえで有効である。しかし、従来の顕微鏡観察によるカウント手法は多大な労力と専門知識を要し、さらに主観による固定の間違いが起こりやすいなどの課題がある。

本研究の目的は、EEM (excitation-Emission-Matrix) 法と PARAFAC 解析を用いて、動物プランクトンなどの各生物に特有の蛍光波長を見出すことである。本研究では、顕微鏡観察による計数データと水試料から得られた EEM データを比較することで、生物特有の蛍光パターンを抽出することを試みる。

方法**古洞池での生態系調査と採水**

古洞池（富山市）の取水口付近において、2025 年 6 月から週 1 回の調査を行っている。採水にはバンドーン採水器を用いて水面から 5 m 間隔で行った。各水深について、現場で pH と溶存酸素濃度 (DO) を測定し、持ち帰った試水を用いて、EEM データの取得、クロロフィル *a* 濃度の測定、動物プランクトンの同定と計数を行った。

水生生物由来の水サンプルの作成

環境水との比較のため、生物種ごとにコンディショニングした試水を用意した。試験生物にはマギレミジンコ (*Daphnia ambigua*) とカブトミジンコ (*D. galeata*)、

ゾウリムシ (*Paramecium caudatum*)、イカダモ (*Scenedesmus sp.*)、モツゴ (*Pseudorasbora parva*)、古洞池で採取した動物プランクトンを使用した。

EEM 測定

EEM の測定には、分光蛍光光度計 FP-8300 を使用した。用意した水サンプルを測定し、得られた EEM データに対しては、プランクトンとの差スペクトルを算出し、内因性蛍光の影響を低減した。さらに、IFE 補正を行い、吸収による蛍光強度の低下を補正した。加えて、四則演算によるデータ処理を実施することで、同じスケールで EEM データを比較することを試みた。

結果**クロロフィル *a* 濃度**

クロロフィル *a* 濃度量は、9 月までは水深 5 m で高くなる傾向があった（図 1）。一方、10 月以降は 0 m や 10 m で高くなつた。

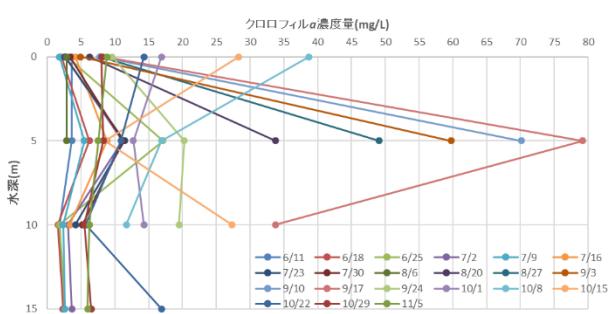


図 1. 調査期間中の各水深におけるクロロフィル *a* 濃度

動物プランクトン

ワムシ類では、8 月まではハネウデワムシ (*Polyarthra spp.*) が優占しており、8 月

末からはカメノコワムシ (*Keratella cochlearis*) が優占するようになった(図2)。枝角類では主にゾウミジンコ (*Bosmina longirostris*) が優占しており、水深 10 m から 15 m に多く存在していた。カイアシ類は 7 月まで Cyclopoida がほとんどを占めており、7月末からは Calanoida が優占する日もあった。カイアシ類はワムシ類や枝角類より深い水深に分布する傾向があった。また、カイアシ類のノープリウス幼生は、分布する水深が日により異なっていた。

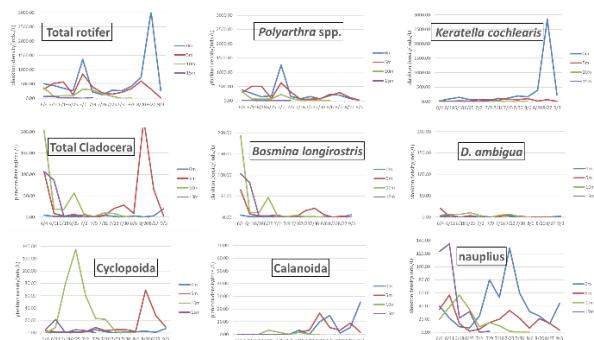


図2. ワムシ類、枝角類、カイアシ類の密度 (ind./L)

EEM 測定

EEM データは数が多いため、本要旨では代表として 2 日分の結果を示した(図3)。EEM データから主に蛍光のピークが 3 つあり、Em 300~350 nm、Ex 280 nm (1)、Em 400~500 nm、Ex 250 nm (2)、Em 400、Ex 330 nm (3) の範囲であった。3 つのピークのうち、(1) 付近はたんぱく質系物質から由来するチロシンやトリプトファンなどであることが知られており (Sciscenko et al. 2022)、ミジンコ水や採取した動物プランクトンの EEM データでも、同じ波長に蛍光ピークが出ていることから、動物プランクトンなどに由来していると考えられる。(2) は土壤有機物や陸上植物由来のフルボ酸物質であることが知られており、水深 15 m ではピークが強く出で

いる。(3) は微生物の代謝産物や分解などで生成されるフミン様物質で、ピークは様々だが、0 m では検出頻度が低かった。

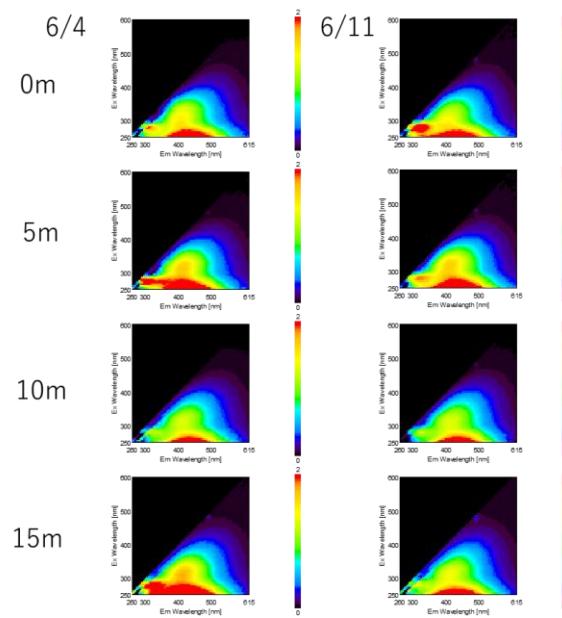


図3. 古洞池の EEM データ

考察

EEM のデータから、(1) の蛍光ピークが 0 m、5 m で強く出ており、動物プランクトンの同定で求めたワムシや枝角類の結果と関連している可能性がある。また、古洞池から採取した動物プランクトンから得た EEM データでも、(1) の蛍光ピークが強く出ており、これは枝角類 (主に *Bosminopsis deitersi*) の濃度が高かった。今後、PARAFAC 解析により多成分の重なり合った蛍光ピークを分離することで、各生物群に特有のパターンを見出し、それらの生息状況を把握できる可能性がある。

引用文献

- Barsanti L, Birindelli L, Gualtieri P (2021) Water monitoring by means of digital microscopy identification and classification of microalgae. *Environ. Sci-Proc. Imp.* 23:1443–1457.
Sciscenko I, Arques A, Micó P, Mora M, García-Ballesteros S (2022) Emerging applications of EEM-PARAFAC for water treatment: a concise review. *Chem. Eng. J. Adv.* 10:100286

O-12

屋内におけるイカダモの高密度培養系の構築と回収プロセスの最適化

○山田悠介¹・坂本正樹²¹富山県立大学工学部 B4 · ²富山県立大学工学部

はじめに

イカダモをはじめとする微細藻類は、植物よりも高い光合成効率で光と二酸化炭素を利用し、バイオマスを生産する単細胞の光合成生物である (Metsoviti et al. 2019)。また、多くの微細藻類は EPA や DHA などの機能性成分を生産することが明らかとなり、サプリメントや医薬品としての利用も進められている (小山ら 2022)。加えて、持続可能な資源として注目されており、製薬産業、バイオ燃料、栄養補助食品、動物や魚の飼料、化粧品など多岐にわたる分野での応用が期待されている (Pulz, O et al. 2004)。

本研究では、安価かつ簡易的にイカダモを培養しながら回収量を最大化する培養方法を確立することを目的として実験を行った。

方法

実験 1. 初期細胞密度と増殖速度の関係

インキュベーター内 (21°C、光周期 12-h L : 12-h D、光量 $120 \mu\text{mol s}^{-2}\text{m}^{-1}$) で 3 日間前培養したイカダモを 6 日間の培養実験に供した。培地には活性炭ろ過水に尿素とハイポネックスを加えたものを使用し、5 段階の細胞密度 (1.6×10^4 、 8.0×10^4 、 4.0×10^5 、 2.0×10^6 、 1.0×10^7 cells/mL、繰り返し 3) に調整後に実験を開始した。試料は実験開始から 0、3、6 日後に採取し、ルゴール液で固定後 (最終濃度 2%) に顕微鏡下で計数した。

実験 2. 連続培養実験

9 L 水槽を 3 基用い、側面に LED ライトテープを 2 本取り付けて連続培養実験を実施した (光量は $90 \sim 100 \mu\text{mol s}^{-2}\text{m}^{-1}$)。各水槽から毎日それぞれ異なる割合の培養液を抜き取り、事前に作り置きしておいた新しい培地を抜き取った培養液と同量補充する操作を 15 日間継続して行った。実験は 2 回行い、1 回目の実験では毎日の抜き取り量

を全体の 10%、20%、30% とし、2 回目の実験では 30%、50%、70% とした。試料の固定と計数は 3 日に 1 度行った。

実験 3. 光量の変化に対する増殖率の影響

実験には 6 基の水槽を使用した。すべての水槽に LED ライトテープを 1 本取り付けたが 3 基については 4 側面のうち 2 面に遮光紙を取り付けて、それぞれ光量を実験 2 の 50% と 25% とした。毎日の培養液の抜き取り量は 50% で、実験 2 と同様の連続培養を 15 日間実施した。

結果と考察

実験 1 では、初期細胞密度を $10^4 \sim 10^5 \text{ cells/mL}$ とすると、初めの 3 日間で急激な細胞密度の上昇がみられた (図 1)。しかし、その後 3 日間では、密度の変化が小さく、環境収容力は 10^6 cells/mL 程度であることがわかった (図 1)。初期細胞密度が $10^6 \sim 10^7 \text{ cells/mL}$ とした場合はほとんど細胞密度の変化が無く、相対増殖率は初期細胞密度に依存して低下した (図 2)。

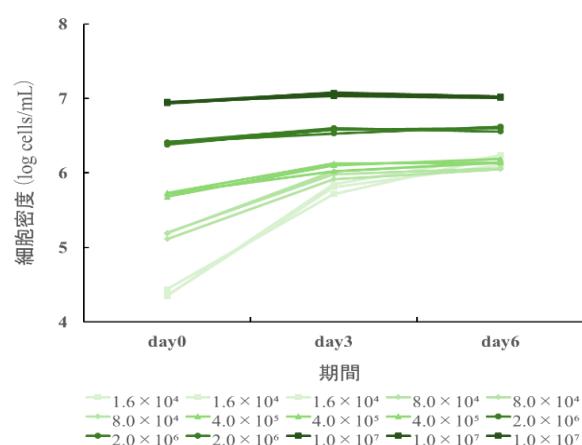


図 1. 実験 1 の各処理区における細胞密度の変動

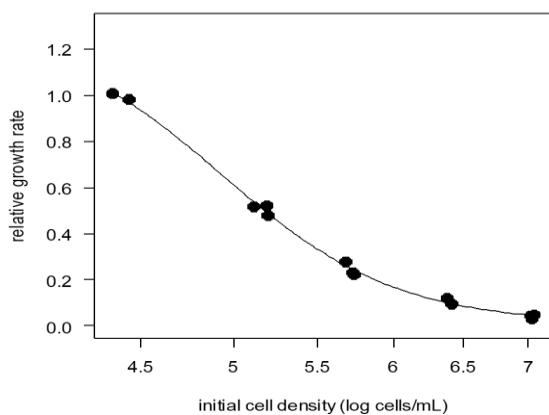


図2. 初期細胞密度と相対増殖率の関係（実験1.）

実験2では、抜き取り量が10%、20%、30%としたいずれの条件でも、細胞密度は約 1.5×10^6 cells/mL以上を維持していた（図3a）。一方、抜き取り量が70%となると日数の経過とともに細胞密度が徐々に低下し、実験終了時の密度は約 5.0×10^5 cells/mLとなった（図3b）。

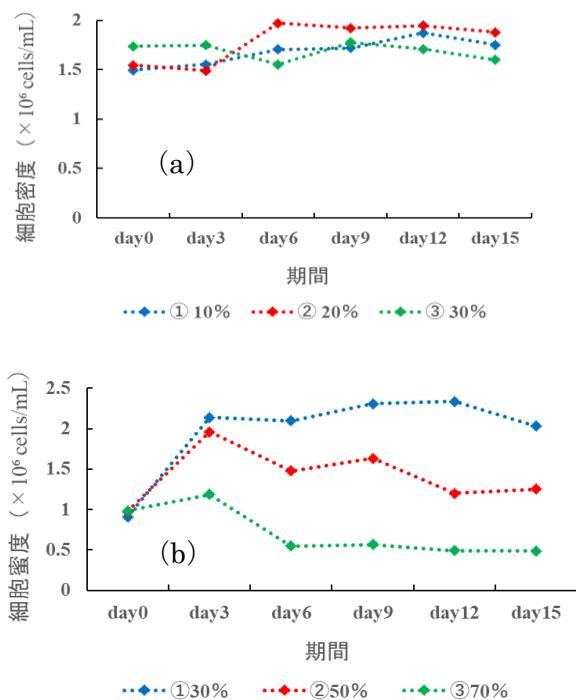


図3. 抜き取り量 (a) 10、20、30%または (b) 30、50、70%における細胞密度の変動（実験2.）

実験3では、光量を実験2の50%に低下させた

条件では、細胞密度が約 2.0×10^5 cells/mLまで低下し、光量25%の条件では、約 1.25×10^5 cells/mL程度まで低下した（図4c, 4d）。これらの結果から、光量不足が細胞密度の減少を引き起こす主要因であることが示され、連続培養を安定して維持するためには少なくとも $90 \sim 100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の光量が必要であると考えられた。

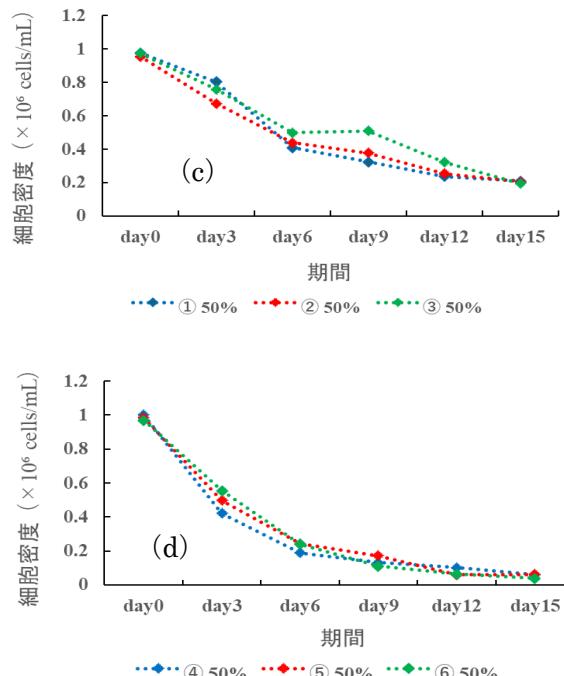


図4. 光量 (c) 50%または (d) 25%における細胞密度の変動（実験3.）

まとめ

本研究により、イカダモの屋内高密度培養では、初期細胞密度を $10^4 \sim 10^5$ cells/mLとすることで高い増殖率が得られ、連続培養では毎日30~50%の抜き取り量で安定した細胞密度を維持できることが示された。また、光量が不足すると細胞密度が大幅に低下するため、 $90 \sim 100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 程度の光量が培養維持に必須であると考えられた。

参考文献

- Metsoviti MN et al. (2019) Plants 8:279.
- Pulz O & Gross, W (2004). Appl. Microbiol. Biotechnol. 65: 635-648
- 小山ら (2022) において・かおり環境学会雑誌 53: 345-356.

O-13

標準試験生物 3 種を対象としたタイヤ摩耗粉塵の生態影響評価

○岡田樹¹・坂本正樹¹¹富山県立大学 工学部 環境・社会基盤工学科

はじめに

陸域から排出されるマイクロプラスチックのうち 30~50 %がタイヤ由来とされている。マイクロプラスチックの年間排出量が約 300 万トンに対し、タイヤ由来が 141 万トンを占めるという試算もあり、タイヤ摩耗粉塵の排出量の削減は喫緊の課題である。また、タイヤ摩耗粉塵には多くの添加剤が使用されており、それらは速やかに溶出する。特に、老化防止剤として添加されている 6PPD (N-(1,3-ジメチルブチル)-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン) の酸化物である 6PPD-Q が一部のサケ科魚類に対して極めて高い毒性を示すことがわかっている (Hiki et al., 2021, Hiki et al., 2022)。ただし、6PPD 以外の添加剤については毒性に関する情報がほとんどなく、生態リスクの実態は不明である。

本研究では、タイヤ摩耗粉塵の生態影響を明らかにするため、種の感受性分布の作成を目指している。試験は共同研究者と分担して実施しており、当研究室ではオオミジンコ (*Daphnia magna*)、ムレミカヅキモ (*Raphidocelis subcapitata*)、セスジユスリカ (*Chironomid yoshimatsui*) を担当した。

方法

CMTT 懸濁液の準備

被験物質は、タイヤを UV 照射によって劣化させ、凍結粉碎した CMTT (Cryo-Milled Tire Tread) である。

生態毒性試験

OECD の試験法ガイドライン (TG) に従い、ミジンコ類急性遊泳阻害試験 (TG 202)、藻類成長阻害試験 (TG 201)、ユスリカ急性遊泳阻害試験 (TG 235) を実施した。試験生物は国立環境研究所から提供されたオオミジンコ (NIES-IV-2 系統)、ムレミカヅキモ (NIES-35 株)、セスジユスリカ (NIES-IV-1 系統) である。試験水および希釈

水として、オオミジンコとムレミカヅキモの試験には COMBO 培地、セスジユスリカの試験には活性炭濾過水を用いた。

結果

ミジンコ急性毒性試験

はじめに設定濃度を 0, 1, 10, 100, 1000 mg/L (公比 10) とした試験では、CMTT 懸濁液の半数影響濃度 (48-h EC₅₀) が 2564.8 mg/L と推定された。しかし、その濾液では濃度依存的な影響が確認できなかった。その結果をもとに設定濃度を 0, 250, 500, 1000, 2000, 4000 mg/L (公比 2) として試験を行なったところ、懸濁液とその濾液の 48-h EC₅₀ はそれぞれ、550.37 mg/L と 1414.36 mg/L と推定された (図 1)。

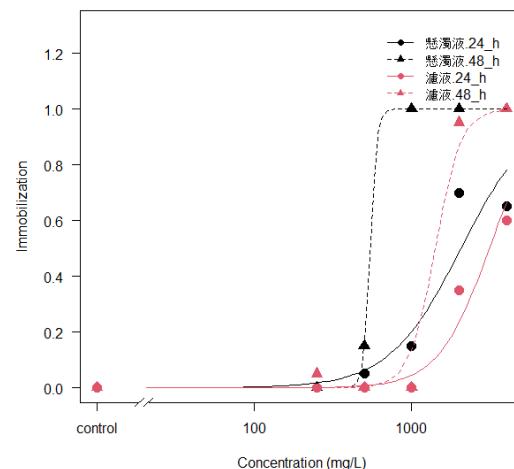


図 1. CMTT 懸濁液の濃度とオオミジンコの遊泳阻害率の関係

藻類生長阻害試験

設定濃度を 0, 125, 250, 500, 1000, 2000 mg/L (公比 2 倍) とした試験では、CMTT 懸濁液の半数生長阻害濃度 (72-h ErC₅₀) が 685.90 mg/L と推定された (図 2 a)。一方で、CMTT 濾液では、はつきりとした濃度依存性は確認できなかった (図 2 b)。

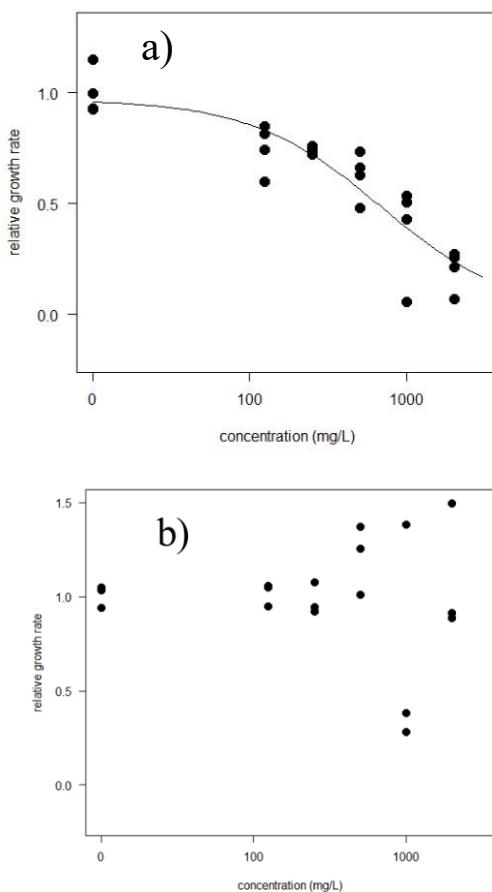


図 2. CMTT (a) 懸濁液と (b) 濾液によるムレミカヅキモの相対増殖速度への影響

ユスリカ幼虫急性毒性試験

設定濃度を 0, 1, 10, 100, 1000 mg/L (公比 10 倍)とした試験では、濾液の 48-h EC₅₀ は 145.930 mg/L と推定された。一方で、懸濁液の 48-h EC₅₀ は算出できなかった (図 3)。

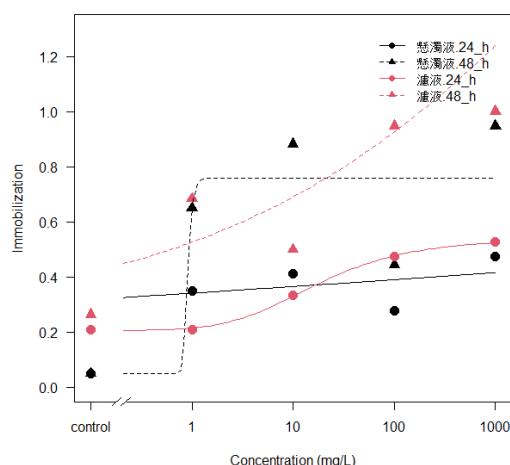


図 3. CMTT 懸濁液と濾液の濃度とセスジユスリカの遊泳阻害率の関係。

考察

実施した全ての試験において、懸濁液が濾液より強い毒性を示した。懸濁液の毒性が強く表れた要因として、試験中もタイヤ粒子から添加剤が溶出し続けた可能性が考えられる。また、オオミシンコとユスリカ幼虫については、タイヤ粒子を口から体内に取り込んだことによる物理的な影響があつた可能性もある (Cunningham et al., 2022)。タイヤには多くの加硫剤、活性剤、カーボンブラック、多環芳香族炭化水素等が添加されているが、特に、活性剤に含まれる亜鉛はタイヤ粒子毒性の主要因となり得る (Li et al., 2023)。亜鉛に対する感受性は栄養段階の低い生物ほど高い傾向がある (Diamantino et al., 2003)。本研究結果においても同様の傾向が見られ、亜鉛は CMTT の毒性要因となっている可能性があるため、今後検証する必要がある。

引用文献

- Cunningham et al. (2022) Toxicity of micro and nano tire particles and leachate for model freshwater organisms. *Journal of Hazardous Materials* 429: 128319.
- Diamantino et al. (2003) Characterization of cholinesterases from *Daphnia magna* Straus and their inhibition by zinc. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 71:219–225.
- Hiki et al. (2021) Acute toxicity of a tire rubber-derived chemical, 6PPD quinone, to freshwater fish and crustacean species. *Environmental Science & Technology Letters* 8:779-784.
- Hiki and Yamamoto (2022) The tire derived chemical 6PPD-quinone is lethally toxic to the white-spotted char *Salvelinus leucomaenis pluvius* but not to two other salmonid species. *Environmental Science & Technology Letters* 9:1050-1055.
- Li et al. (2023) Tire wear particles in different water environments: occurrence, behavior, and biological effects—a review and perspectives. *Environmental Science and Pollution Research* 30:90574–90594.

O-14

内水氾濫解析における流域治水オプションの評価

○羽田航大¹・呉修一²¹富山県立大学工学部 B4 · ²富山県立大学工学部

はじめに

昨今、都市化により降雨流出量が増加していることに加え、地球温暖化の進展などに伴い豪雨や洪水災害が頻発している。令和元年度東日本台風では、河川の氾濫等による被災とともに、全国 15 都道府県 135 市町村において内水氾濫による浸水被害が発生した。このような激甚化・頻発化している水災害に対処するため、流域治水が推進されている。流域治水には田んぼダム、雨庭、校庭貯留といった氾濫を防ぐ・減らす対策がある。これらの流域治水オプションに対し、内水氾濫解析で評価している研究は多くない。数多くある流域治水オプションの中で、対象地域ごとに有効な適応策は異なっており、氾濫解析モデルによる検討が必要であると考える。

したがって、本研究では A 市を対象に、内水排除機構をモデル化、流域治水オプションの評価を目的とする。

対象領域

対象地域は A 市内に位置する A 地域である。

図-1 に A 地域の概要を示す。

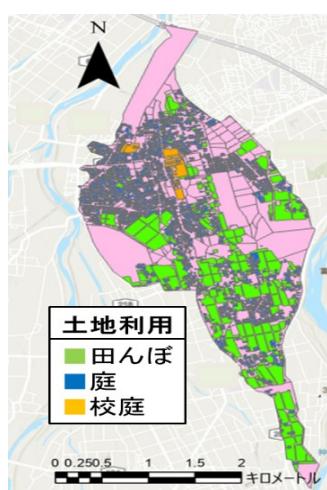


図-1 A 地域の概要

内水氾濫解析モデル

解析モデルには InfoWorks ICM を用いた。集水域は計算点が持つ流域ごとにティーセン法を用いてモデル化した。降雨流出計算は二重線形貯留法を用いて行った。各集水域内で土地利用ごとに面積を集計し、重みづけすることで降雨流出係数を算出した。算出した流出係数を用いて降雨流出解析を行い、対応する計算点に流入するものとした。

田んぼダムのモデル化

田んぼダムは、流出量を Fortran を用いて算出し、対応する計算点に流入するものとした。Chai らの田んぼダムモデルを堰板式に改良したものを用いて、対象領域内で実施率を 100%として解析を行った。田んぼダム以外の箇所は二重線形貯留法による流出計算を行った。

雨庭のモデル化

InfoWorks ICM 上において庭とそれ以外の地域で与える降雨を分けることでモデル化し、対象領域内の実施率を 100%とした。大目らより雨庭の浸透能は 20 mm/h 程度とし、庭に与える降雨は降雨量削減したものを用いた。図-2 に雨庭とそれ以外の地域で分けている降雨のイメージ図を示す。

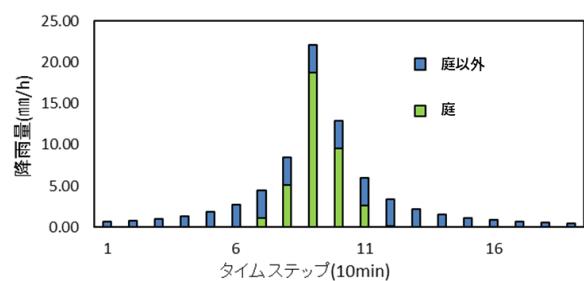


図-2 雨庭モデル化のイメージ

校庭貯留のモデル化

校庭貯留は InfoWorks ICM 上で貯留管を設定することでモデル化した。集水域として設定した校庭から対応する計算点への流入過程に貯留管を設定し、この貯留管に校庭貯留の役割を持たせた。貯留管の面積は校庭と同程度になるようにし、北島らの校庭貯留を参考に高さを 0.3m とした。しかし、この手法では二重線形貯留法を用いて算定した流出量を貯留するため、校庭貯留の被害低減効果が過大評価になっている可能性がある。また、今回の解析では貯留管からマンホールへの吐き口を $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ の管路としているが、吐き口のサイズや機構によって貯留量が変化するため、今後検討が必要である。図-3 にモデル化した校庭貯留のイメージ図を示す。

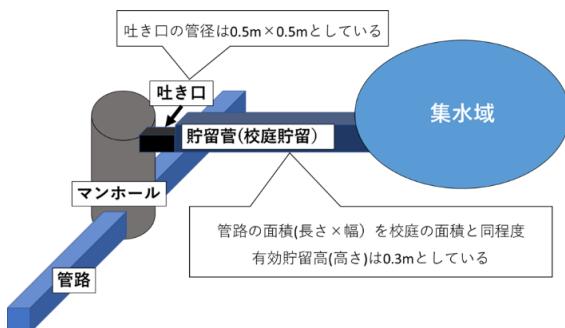


図-3 校庭貯留のモデル化イメージ図

内水氾濫解析モデルの精度確認

浸水実績については、浸水実績箇所と一致している点、浸水実績以外で極端な浸水(0.45m 以上)が無い点を判断基準とした。実測水位については河川への吐き口手前に設置された水位計の実測水位を用いて再現性の確認を行う。A 地域の水位計の位置を図-4 に示す。

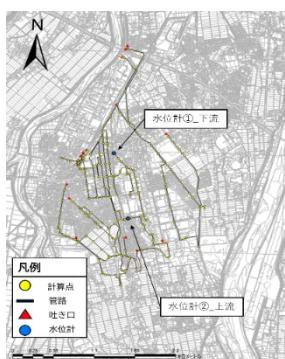


図-4 水位計の位置

内水氾濫解析結果

各流域治水オプションの被害低減効果を確認した。田んぼダムでの被害低減効果が 26.5% と最も高い結果となり、それに次いで雨庭、校庭貯留の順に被害低減効果が高い結果となった。表-1 に各流域治水オプションの被害低減効果を示す。

表-1 A 地域における被害低減効果

5年確率	浸水範囲(m^2)			計	面積(m^2)
	0.1~0.2(m)の浸水	0.2~0.45(m)	0.45~(m)		
対策前	67650	24975	1600	94225	
田んぼダム	57675	10550	1050	69275	1596275
被害低減効果	14.7%	57.8%	34.4%	26.5%	
雨庭	64400	16600	1325	82325	850758
被害低減効果	4.8%	33.5%	17.2%	12.6%	
校庭貯留	65375	22450	1500	89325	99964
被害低減効果	3.4%	10.1%	6.3%	5.2%	

まとめ

本研究では田んぼダム・雨庭・校庭貯留のモデル化、被害低減効果を確認した。対象とした地区においては田んぼダムの被害低減効果が最も大きい結果となった。それに次いで、雨庭は被害低減効果が大きいが、導入実績が少なく解析手法に課題が残る。校庭貯留は単位面積当たりの被害低減効果が最も大きいという特徴ある。だが、本研究では解析モデルの精度の検証が十分でないため、各流域治水オプションの評価については今後さらなる精査が必要である。また、各流域治水オプションが特徴を持っていたため、組み合わせて被害低減を目指す必要があると考える。

引用文献

Chai ら : Evaluating Potential Flood Mitigation Effect of Paddy Field Dam for Typhoon N.19 Using, Journal of Japan Society of Civil Engineers (B1), Vol. 76(1), pp. 295–303, 2020.

大目ら : 流出抑制型の雨庭の開発と効果検証, 土木学会論文集 B1(水工学), 76(4), pp. 799–804, 2020.

北島響川, 池健司, 山野井一輝 : [流域地水]に向けた都市域の氾濫解析による雨水貯留ポテンシャルの評価, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 78, No. 2, pp. 811–816, 2022.

O-15

千曲川における河川改修の変遷と水災害への影響

○三木由紀乃¹・呉修一²¹富山県立大学工学部 B4 · ²富山県立大学工学部

はじめに

2019年の台風19号により千曲川では破堤が発生し、広範囲にわたる浸水被害が生じた。これに対し、一部住民からは「昭和期に実施された河川直線化工事が破堤の一因となつた」との指摘がなされている。河川の直線化は、上流における越水を軽減する効果を持つ一方で、下流への流出量が増大する可能性がある。その結果、上流域の洪水頻度は減少する。しかし、上流で氾濫しなかった水が下流に運搬されることで、下流域においては大規模な洪水被害を引き起こす可能性がある。

豊田¹⁾は明治26年千曲川測量図から河道地形を復元し、モデルを用いて当時の氾濫解析を行った。また歴史洪水資料や河川水位一覧を活用して流出解析を実施し、当時の流量と雨量を推定した。有本ら²⁾は蛇行流路を一部直線化した場合について、二次元河床変動解析を行い、氾濫原の水深や土砂堆積に基づいて被害評価を実施した。しかし、千曲川における直線化が災害にどう関係したかという視点はまだ十分に検討されていない。

本研究の目的は、千曲川における過去の河道改修履歴および流路変遷を踏まえた氾濫解析と工学的評価を通じて、直線化工事が洪水氾濫特性に及ぼす影響を明らかにすることである。

研究手法

(1) 対象流域

長野県信濃川水系千曲川を対象河川とする。幹川流路延長214km、流域面積7,163km²である。上流は周囲が山岳に囲まれており勾配が急である一方下流は平坦な流域が多く流れがとどまりやすいという特徴がある。

(2) 文献調査

千曲川流域の河川工事の変遷を調査するために歴史的水害史料活用研究会発行の千曲川水系の水害と図面史料³⁾より、過去（江戸期、明治期）と現在の流域形態の比較を行った。

(3) 降雨流出解析

a) データセット作成

2019年の洪水災害の再現解析を行うため降雨流出解析と河道部における一次元不定流解析を行った。これらの解析に必要である斜面角、斜面長、土地利用割合、流域面積といったパラメーターを収集するために現在の千曲川の河川網・流域、土地利用、標高データを用いて解析データセットを作成した。図-1に千曲川流域の土地利用分布を示す。河川網、サブ流域および土地利用は国土交通省の公開データ、標高データは国土地理院「地理院地図」より取得した。

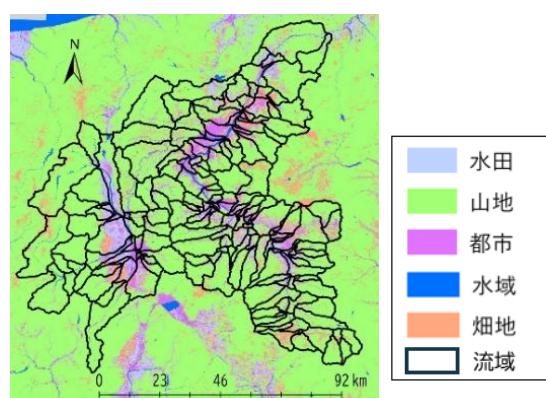


図-1 千曲川流域の土地利用分布

b) 降雨流出モデルの概要

降雨流出解析には、呉ら⁴⁾の単斜面における表面流・中間流・地下水流を考慮した流出モデルを用い、総流出量を求めた。この総流

出量と立ヶ花観測所流量との比較を行った。

調査結果と解析結果

文献調査より、千曲川流域では明治期以降の改修工事が見られることが分かった。調査で河川改修が見られた場所を図-2に示す。



図-2 河川改修が行われた場所の一例

明治期以前頻繁に洪水災害が起こっていた場所では、氾濫を防ぐための河川工事が行われた痕跡が見られた。中野市上今井、長野市の犀川合流地点、上田市小牧、東御市海野宿では明治期と現在で流路が変わっており、現在、流路を変える工事が行われた痕跡が見られる。千曲市屋代、佐久穂町畠は洪水災害の記録が残っており、かつて洪水常襲地帯であった。その対策として、明治期以降に堤防整備工事が行われた記録があった。

解析結果と比較した観測値は決壊箇所の下流の立ヶ花観測所である。位置は図-2に示した。

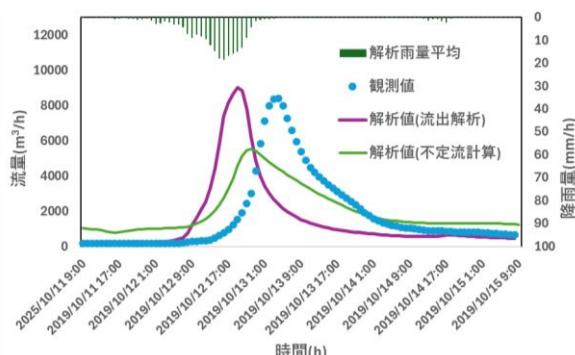


図-3 解析流量と立ヶ花観測所観測値の比較

解析結果は図-3のようになった。観測値と比較した結果、流出解析、不定流とともにピーク流量および洪水減水部が再現されていないため、パラメーターの設定値の再検討、調節を行い、モデルを改善する必要があると考えられる。

考察とまとめ

本研究では、千曲川の過去の変遷と洪水リスクに着目した。調査の結果、千曲川流域では明治期以降、河川直線化などの改修工事が行われてきたことが確認された。また 2019 年千曲川洪水の再現解析を行うために降雨流出解析、一次元不定流計算を実施したが、ピーク流量および洪水減水部再現されておらず、モデルの改良の必要性を示した。今後は 2019 年千曲川における洪水氾濫を対象に、河道部の氾濫計算を行い、再現解析を試みる。そして河川改修工事が洪水災害に及ぼす影響を評価するための解析を行う。具体的には、工事前の上流で氾濫していた場合における下流の水位、流量、流速、氾濫範囲を解析で予測する。この後、明治期の測量図や横断面図を用いた再現解析を行い、さらに精密な解析を試みる。

参考文献

- 豊田政史：令和元年 10 月 13 日千曲川堤防決壊令和元年東日本台風（19 号）長沼の災害記録、長沼歴史研究会発行 P13, 2022 年 3 月 31 日発行
- 有本心ら：蛇行流路から直線流路への改修による氾濫リスクの変化、令和 7 年度土木学会全国大会、第 80 回年次学術講演会、2025.
- 歴史的水害史料活用研究会発行：千曲川水系の水害と図面史料、2021 年 3 月発行
- 呉修一ら：降雨流出における流域スケールに応じた斜面と河道の効果に関する研究、水工学論文集、第 51 卷、2007.

O-16

釜口水門の改設・移設が諏訪湖におけるアオコの減少に与えた影響に関する数値実験

澤田光翼¹・○鈴木陸²・飯室遼²・豊田政史²¹神戸大学大学院・²信州大学工学部

はじめに

諏訪湖では 1960 年代以降、アオコの異常発生がみられるようになった。しかし、1999 年以降アオコが減少してきたといわれている¹⁾。要因の一つとして、1988 年に諏訪湖唯一の放流口である釜口水門の改築・移設が行われた²⁾ことが考えられる。このとき、新水門は旧水門より上流側の位置へ、放流形式は下段放流から上段放流へと変更された。

そこで本研究では、物理的な視点に立ち、水門の改築・移設がアオコの減少に影響を及ぼしたかどうかを検討する。

方法

本研究では、環境流体解析モデル Fantom^{3), 4)}を使用した。旧水門時と新水門時の地形を用いて、アオコに見立てた粒子 150,800 個を湖の表面に設置して湖水流動計算を行い、一定時間後の粒子の湖外への流出状況を比較した。計算領域は 5760m × 4608m の領域とした。数値計算を行う上で、水平方向の格子間隔は 128m を基本とし、釜口水門に近いほど細かくし、流出口付近では最も細かい 4m の格子間隔で分割した。気象条件を表 1 に示す。気温に変化を与えるケースは最低 21.5°C 最高 31.8°C の sin カーブとして与えた。気温に変化を与えるケースと気温を一定にするケースでは流れ場の変化が大きかったため、水温変化がアオコの流出状況に与える影響を考察する。そして、風の条件の影響が大きいと考え、南東風(風速 2.8m/s 一定)と無風に着目して数値実験を行った。

結果・考察

表 2 に気温変化の有無、南東風時および無風時の新・旧水門における流出個数の比較結果を示す。

すべての実験結果において、新水門に比べて

旧水門のケースは流出個数が多くなっている。これは水門付近での流速が、新水門のケースに比べて旧水門のケースの方が大きかったことによるものと推察される。このことから、釜口水門の改築・移設が諏訪湖におけるアオコの減少に与えた影響は小さいと考えられた。しかしながら、今回行った数値実験では、気温や日射などの気象条件、河川水温の設定に改善の余地があり、さらなる検討が必要である。

表 1 気象条件

気温	相対湿度	日射量	大気圧	雨・雲・風速・風向
21.5~31.8°C	81%	0	92580	0
25.6°C	81%	0	92580	0

表 2 粒子流出個数の比較

水門	気温変化	風	流出個数(個)
旧	×	×	31,366
新	×	×	29,521
旧	○	×	44,527
新	○	×	42,486
旧	○	○	48,034
新	○	○	40,730

引用文献

- 1) 信州大学山岳科学総合研究所・沖野外輝夫・花里孝幸 (2005) : アオコの消えた諏訪湖, 319p. 信濃毎日新聞社.
- 2) 長野県資料 : 私信.
- 3) 新谷哲也・中山恵介 (2009) : 環境流体解析を目的としたオブジェクト指向型流体モデルの開発と検証, 水工学論文集, 第 53 卷, pp. 1267-1272.
- 4) 新谷哲也 (2017) : 柔軟な局所高解像化を実現する非構造デカルト格子シミュレーターの構築, 土木学会論文集 B1(水工学), 第 73 卷, 第 4 号, pp. 967-972.

O-17

諏訪湖における南東強風時の風の場の検討

○田中颯¹・飯室遼²・豊田政史³¹信州大学工学部 B4 · ²信州大学大学院 M2 · ³信州大学工学部

はじめに

諏訪湖のような浅い湖において、風は潮流形成に大きな影響を与える。諏訪湖の湖水流動を検討するうえで、湖上風を把握することは重要である。

諏訪湖では、西北西の強風時に非一様な風の場となることが現地観測および数値シミュレーションから報告されている^{1), 2)}。夏季諏訪湖において、西北西と南東方向の強風が多くみられるが、南東の強風時を対象として柏原²⁾のように数値シミュレーションを行った研究はみられなかった。

そこで、本研究では現地観測結果と数値シミュレーションを通して、諏訪湖の南東強風時の風の場の把握を試みた。

方法

2023年8月6日から12月19日に諏訪湖上2地点、湖心付近のすわこウォッチ、諏訪特別地域気象観測所（以降、アメダス諏訪とする）で観測された風向・風速のデータを使用した。観測地点を図1に示す。

数値シミュレーションには、海洋研究開発機構が開発したプログラムであるMSSGを用いて、諏訪湖を中心とした領域の大気の流れを計算した。柏原²⁾を参考にして計算条件は表1のようとした。

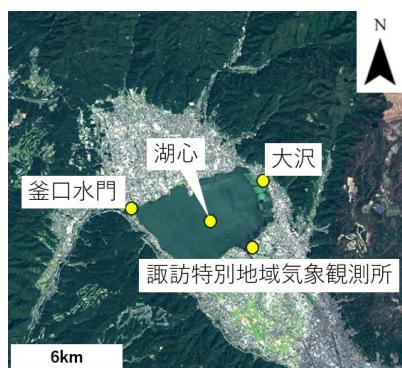


図1 諏訪湖上および湖周における観測地点

表1 計算条件

Nest	0	1
初期値および側面境界値	GPV-MSM	
土地利用データ	GSI	
標高データ	GTOPO (1km解像度)	ASTGTM (30m解像度)
計算領域の中心	138.108° E, 36.045° N (AMeDAS諏訪)	
計算領域	128km × 256km	32km × 32km
格子間隔	2km	500m
鉛直方向の計算領域	40km	
鉛直層数	55	
鉛直格子の最下層厚	75m	

結果

本研究では、風速3(m/s)以上を強風と定義した。アメダス諏訪で、南東の強風が吹いていたときを対象に、アメダス諏訪を基準としたときの最多風向頻度時の風速を観測値から算定した結果を表2に示す。最多風向頻度時で風速を算定したため、風速の値は、釜口水門と大沢では南南東の風速としている。また、2020年の値は林³⁾のものを用いている。大沢の値は2020年と2023年のいずれも、他の観測地点より約0.5から0.7小さい値となっている。この要因は、東部では湖周辺の建築物の影響を受けて、風速が小さくなつたことだと考えられる。

2023年9月10日の南東強風時における風の計算結果を図2、図3に示す。アメダス諏訪では、10日13時から23時にかけて南東寄りの強風が連続的に観測され、強風時の平均風速は約4.3m/sであった。図2より、計算結果は観測した風速の傾向を概ね捉えていた。図3より、湖東部と湖西部で風向に大きな差はないが、風速に差が生じていることがわかる。渦度に着目すると、東部は負の値になっていることがわかる。渦度の領域平均を算出したところ、湖東部では $-1.2 \times 10^{-3} (s^{-1})$ であった。ここで、図4に2004年の現地観測結果¹⁾から柏原²⁾が作成した西北西強風時における渦度の分布図を示す。このときの湖全体の渦度の領域平均値は $8.0 \times 10^{-4} (s^{-1})$ であり、今回得られた渦度と同程度のオーダー

一であった。このことから、南東の強風時には湖東部で負の渦度が形成されることがわかった。

表 2 アメダスを基準としたときの
最多風向頻度時の風速比率

	2020	2023
釜口水門	1.27	1.16
大沢	0.61	0.87
湖心	1.34	1.15

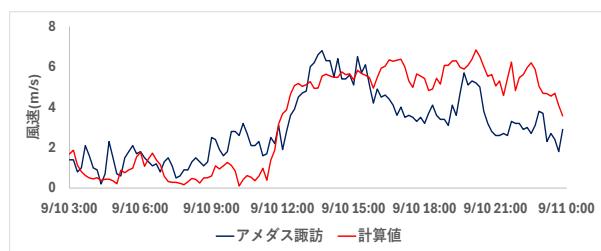


図 2 風速の計算結果と観測値

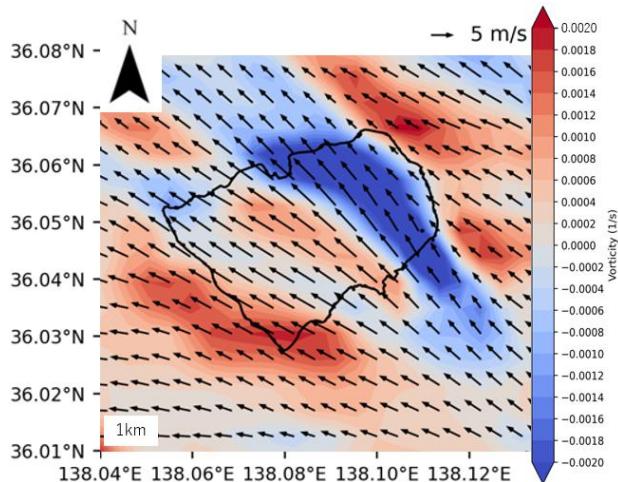


図 3 2023 年 9 月 10 日 15 時における風速の
計算結果（カラーレベルは渦度を表す）。

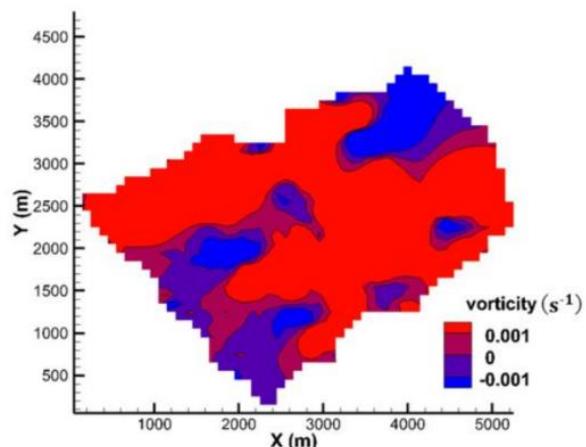


図 4 西北西強風時における渦度分布図

(柏原²⁾)

おわりに

諏訪湖では南東強風時において、湖東部は湖西部と比較して、風速が小さく、負の渦度が形成される可能性があることがわかった。

今後の展望として、シミュレーションの精度を高めるために、初期値や助走期間などを詳細に検討する。また、湖水流動の再現計算を行い、南東強風時の風の場が潮流に与える影響について分析を行う予定である。

引用文献

- 1) 豊田政史, 宮原一道, 萩庭康光, 寺沢和晃, 正田真, 降矢利勝, 宮原裕一, 富所五郎(2006) : 諏訪湖における湖上風の非一様性とそれが潮流形成に与える影響, 水工学論文集, 50巻, pp. 1303-1308.
- 2) 柏原良哉 : 数値計算を用いた諏訪湖湖上風の再現とそれが潮流に及ぼす影響の検討, 信州大学大学院総合理工学研究科修士学位論文, 52p, 2018.
- 3) 林美佑, 豊田政史 : 2020 年夏期における諏訪湖上および湖周に吹く風に関する時空間特性の分析, 日本陸水学会甲信越支部会報, No. 49, pp. 20-21.

O-18

富山と東京における地下水中 PFAS の実態調査と汚染要因の推定

○倉谷結子¹・赤井楓我¹・吉崎壮¹・黒田啓介¹・橋本崇史²・林武司³¹富山県立大学・²東京大学・³秋田大学

はじめに

パーフルオロアルキル化合物またはポリフルオロアルキル化合物 (PFAS) は、1つ以上の CF₃ または CF₂ をもち、かつ水素、塩素、臭素、ヨウ素原子が結合していない有機化合物であり、1 万物質以上存在している^{1) 2) 4)}。PFAS は両親媒性（疎水性かつ親水性）、耐薬品性、耐熱性、耐腐食性、耐化学分解性、耐生物分解性がある。このため、PFAS は環境中で水に溶解しやすく、かつ有機物にも分配し、生物蓄積性を有し、難分解性や、長距離移動性を有する^{2) 4)}。PFAS の健康影響には甲状腺機能異常、発がん性、免疫低下、脂質異常、肝機能障害が報告されている^{5) 6)}。これらのことから、近年、環境中の PFAS への懸念が高まっており、ストックホルム条約 (POPs 条約) においてパーフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)、パーフルオロオクタン酸 (PFOA)、パーフルオロヘキサンスルホン酸 (PFHxS) の製造・輸入が禁止されている。日本では 2025 年 6 月に改訂された水道水質基準において PFOS、PFOA の合算で 50 ng/L 以下と設定された。一方、米国の飲料水質ガイドラインでは PFOS、PFOA それぞれで 4 ng/L 以下と、日本よりも厳しい基準が設定されている^{2) 3)}。

近年、地下水中的 PFAS 汚染が問題となっている。地下水は滞留時間が長いため過去に使用された PFAS が残留している^{2) 3)}。また、地下水を使用することが多い小規模な浄水場や個人所有井戸では PFAS を除去する処理（活性炭やイオン交換など）を行うことが難しい。このため、地下水中の PFAS の実態把握や、汚染源の推定方法の確立が求められている。日本での地下水 PFAS に関する既存研究には Murakami ら (2009)⁹⁾、Kuroda ら (2014)⁷⁾、Yukioka ら (2020)⁸⁾ がある。しかし、これらは PFAS 規制以前の調査や沖縄基地周辺という特殊な場所での調査であるため、沖縄を除く日本での最近の地下水中的 PFAS の存在実態はよく

わかっていない。

本研究では、富山県と東京都という、人口密度、土地利用、地下水涵養などが大きく異なる 2 地域において地下水の PFAS の濃度調査および空間分布の把握と、汚染メカニズムの推定を目的とする。このため、両地域での実測調査を通じ、PFAS 濃度や検出率、空間分布などの地下水の PFAS プロファイルと文献の比較を通じた汚染やメカニズムの推定を行う。

研究方法

(1) 試料採取

富山県においては、2023 年 5 月から 12 月にかけて 20 地点、2025 年 11 月に 10 地点の計 30 地点で地下水試料を採取した。東京都においては、2022 年 12 月に 22 地点、2023 年 8 月に 6 地点、2023 年 11 月に 23 地点、2024 年 9 月に 14 地点、2024 年 11 月に 14 地点の計 79 地点で地下水試料を採取した。

(2) 対象物質

分析対象物質は表 1 の 21 種類である。

表 1. 分析対象物質

炭素数	PFCA	PFSA
4	PFBA	PFBS
5	PPPeA	PPPeS
6	PFHxA	PFHxS
7	PFHpA	PFHpS
8	PFOA	PFOS
9	PFNA	PFNS
10	PFDA	PFDS
11	PFUnDA	—
12	PFDoDA	PFDoDS
13	PFTrDA	—
14	PFTeDA	—
16	PFHxDA	—
18	PFOcDA	—

(3) 分析方法

2025 年以前に採取した試料は、Kobayashi et al. (2022)¹⁰⁾ を参考に、1.0 μm 孔径のガラス纖

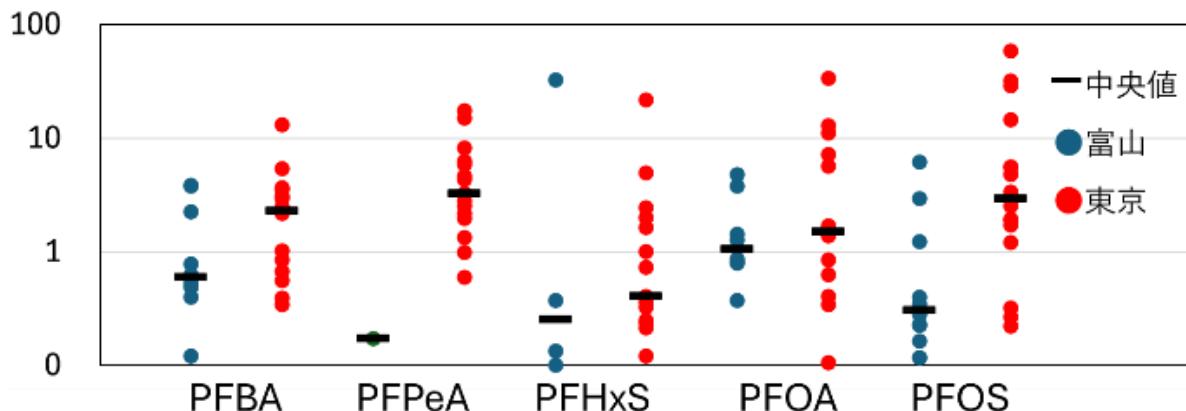


図 1. 富山県と東京都の PFAS 濃度の比較

維ろ紙でろ過し、アスコルビン酸を添加したのち、pH4 以下に調整し、固相抽出を行ったのちに、LC-MS/MS で分析を行った。固相抽出のカートリッジは Oasis Wax Plus (Waters) を用いた。

一方、2025年11月以降に採水した試料は、USEPA 2nd Draft Method 1633(2022)¹¹⁾を参考に、試料のろ過やアスコルビン酸の添加を行わず、pH は 6.5 ± 0.5 で固相抽出を行った。これは、溶存態だけでなく懸濁物に吸着している PFAS を合わせて分析するためである。

結果と考察

以下においては、すでに PFAS の測定が完了した試料（富山県で 20 地点、東京都で 20 地点）について結果を示す。

地下水中的 PFAS は、富山県において 20 地点中 16 地点 (80%)、東京都において 20 地点中 19 地点 (95%) で検出された。このうち、検出率の高かった PFBA、PFPeA、PFHxS、PFOA、PFOS の濃度分布を富山県と東京都のそれぞれについて図 1 に示す。いずれの物質についても、中央値は富山県に比べて東京都が高かった。また、富山県は PFBA と PFOA の濃度が他の物質よりも高い傾向があり、東京都では PFBA、PFPeA、PFOS が高い傾向があった。

両地域を通じ、現在規制されている PFOS、PFOA、PFHxS の濃度が高い地点が見られた。これは、地下水は滞留時間が長いため、過去の汚染によって地下水に混入した PFAS が分解や土壤吸着されずに地下水中にとどまっていたためと考えられる。

2023 年から 2024 年に本研究で採水された東京都の地下水と、15 年以上前の 2006 年から 2009 年に採水された東京都の地下水⁷⁾⁹⁾について PFHxS、

PFOA、PFOS 濃度を比較すると、本研究の方が濃度が低い傾向であった。両調査は全く同じ地点で行われたわけではないが、近年の規制による PFAS の使用量の削減を反映して地下水中 PFAS 濃度が減少した可能性が考えられる。

引用文献・参考文献

- OECD (2021) Recommendations and Practical Guidance
- 環境省 (2025) PFAS ハンドブック
- 環境省 (2024) PFOS、PFOA に関する Q&A 集
- Xu et al (2021) Journal of Hazardous Materials 412, 125159.
- Sharon Guynup (2023) Study: MONGABAY
- Environmental Working Group (2023) Wildlife warning: More than 330 species contaminated with ‘forever chemicals’
- Kuroda et al (2014) Science of the Total Environment 488–499:51–60
- Yukioka et al (2020) Water Research 184:116207
- Murakami et al (2009) Environ. Sci. Technol. 43:3480–3486
- Kobayashi et al (2022) Science of the Total Environment 488–489:51–60
- USEPA 2nd Draft Method 1633, Analysis of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Aqueous, Solid, Biosolids, and Tissue Samples by LC-MS/MS, 2022.

0-19

蛍光物質に着目した河川における下水処理水の拡散様態の評価

○大曾健¹・中村文哉²・亀井宥希²・安藤千礼²・小野寺崇³・小松一弘¹・小澤秀明¹

¹信州大学・²信州大学大学院・³国立環境研究所

はじめに

蛍光分析の一種である EEM(Excitation Emission Matrix) 法によって下水関連試料を測定すると、励起波長・蛍光波長 = 490 · 520nm の特異的なピーク (Peak-X) が検出されることが知られている (亀田ら 1999). Peak-X の由来物質は長年未解明だったが、近年の研究により、入浴剤に含まれるフルオレセインであることが示された (Komatsu et al., 2025). この Peak-X を利用すれば、放流水域における下水処理水の拡散状況について簡便かつ正確に把握することができると期待される。

本研究では、夏季(8月)に下水処理場近傍の水域において調査を行い、処理水の拡散様態を評価した。

方法

下水処理水が放流される河川域付近で 2025 年 8 月 19 日に調査を実施した。図-1 に示す各調査地点で、水温、pH 等を多項目水質計により深度方向に現場測定し、表層と底層の水試料を持ち帰った。下水処理場の処理水も採取した。持ち帰った水試料について、DOC (Dissolved organic carbon), 254nm の紫外部吸光度 (UV254), EEM を測定した。EEM データに対しては、PARAFAC (Parallel Factor Analysis) による解析を実施した。

結果

PARAFAC 解析で得られた 5 つの Component における EEM を図-2 に示す。これまでの研究から、Comp.-H はフミン物質様、Comp-F はフルボ酸様とされており、Comp.-X は EEM で見られる下水特有のピークである Peak-X に対応していると考えられる。

Peak-X の由来物質について、その拡散状況を把握するため、PARAFAC 解析によって得られた、Comp.-X について Score(Fmax) を算出し、下水処理水と比較した。下水処理水における Comp.-X の Score を 100%とした際の各地点に

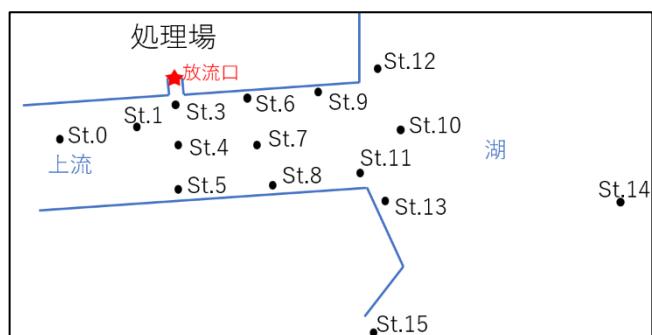


図-1 調査地点

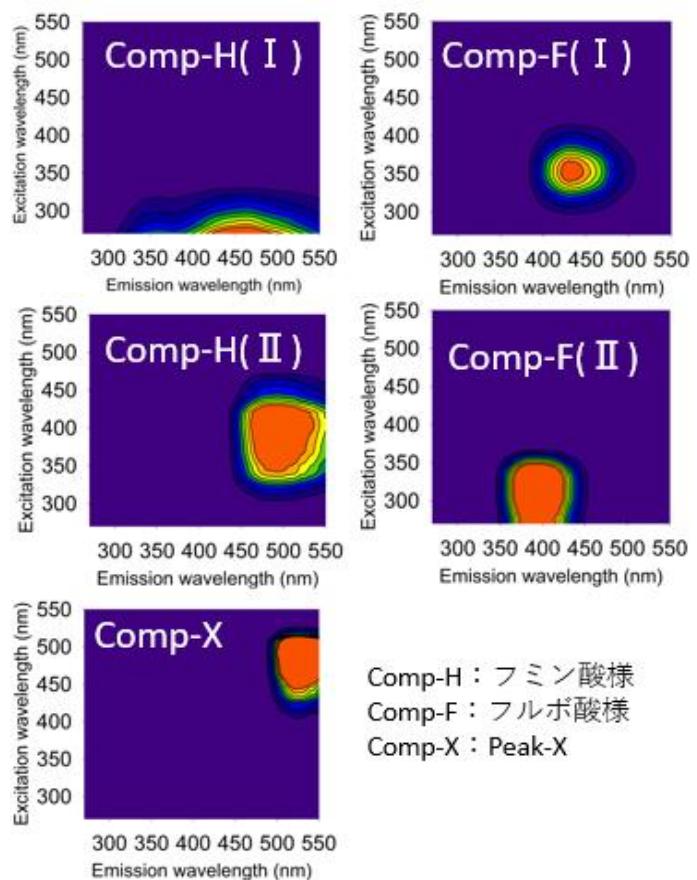


図-2 各 Component の蛍光強度

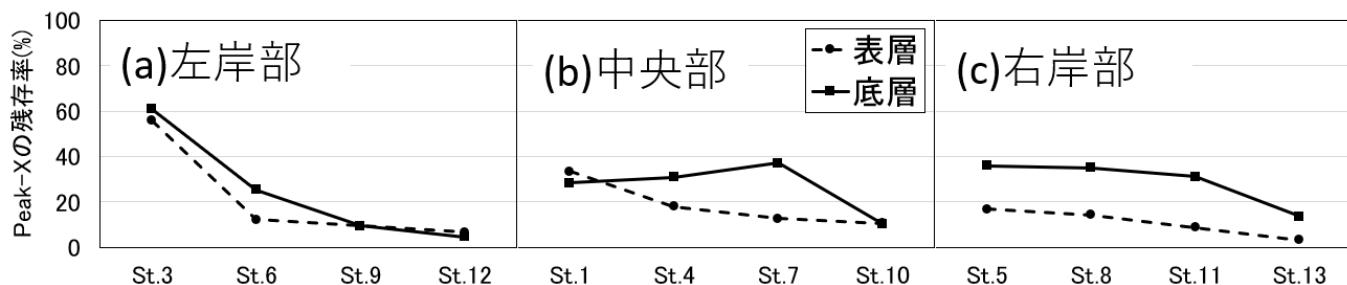


図-3 各流路における表層、底層の Peak-X の残存率

おける残存率を図-3 に示す。 (a) は放流口が接する左岸部 (St. 3, 6, 9, 12), (b) は中央部 (St. 1, 4, 7, 10), (c) は右岸部 (St. 5, 8, 11, 13) における表層と底層の Comp.-X 残存率を示している。下水処理場に最も近い St. 3 では表層、底層いずれも最大値を示していた (それぞれ 55%, 61%)。下水処理場から離れ、湖沼に近づくにつれて蛍光強度が低下する挙動が観察された。

考察

Comp.-X の残存率は全体的に表層水よりも底層水で大きいことが示された。また、底層において放流口が接する左岸部、中央部、右岸部の Comp.-X の減衰挙動に違いが見られた。この違いは各部での水深が異なることに起因すると考えられる。左岸部の水深の平均は 1.18m、中央部は 1.73m、右岸部は 2.2m であり、右岸部で最も深かった。そのため、右岸部で発生する水温躍層の温度差が最も大きくなり、底層に残留する蛍光物質が相対的に多くなったと考えられる。

放流口に最も近い St. 3 の水温は水深によらず一定の値を示し、全層的に放流されていることが分かった。しかし、放流口から少し離れた St. 5, 7 では底層における Comp.-X の残存率が高くなっているおり、処理水が底層へ潜りこみ始めていることが分かる。なお、放流地点から約 300m 離れている St. 14 における表層、底層の Comp.-X の残存率はそれぞれ 0%, 5% であった。本研究は夏季に実施されたものであるが、冬季に実施された研究事例では、底層に比べて表層の方が Comp.-X の残存率が

高いこと、処理場から 700m 離れた地点においても 17% の残存率が確認されたことが報告されている (Komatsu et al., 2025)。この研究事例と比較すると、夏季は下水処理水の拡散範囲が狭い。これは、処理水が底層に潜り込むことで水平方向だけでなく鉛直方向にも拡散されたためと考えられる。また、処理水が底層に潜るため、表層に生息する植物プランクトンの活性 (アオコ発生や一次生産) に対する処理水の影響は限定的であると推察される。

まとめ

Peak-X の挙動を追跡することで、放流水域における下水処理水の拡散様態を把握することができた。夏季では、下水処理水が底層に潜り込むため、冬季と異なり放流水域に及ぼす影響の範囲が限定的であることが分かった。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 (JP24K01012), 環境研究総合推進費 (JPMEERF20231006) の助成を受けたことを記し、ここに感謝の意を示します。

引用文献

- 亀田豊ら (1999), 三次元励起・蛍光スペクトルを用いた溶存有機物のキャラクタリゼーション, 環境工学研究論文集 36, 209-215
- Komatsu K et al. (2025) Identification of wastewater-specific peak on EEM and their application for detecting the effluent in the discharged area, Water Research, 123213

O-20

インドネシアの湖沼における溶存有機物の特性比較

○近藤颯太（信州大・工）, 野田蒔志（信州大・工）, 小松一弘（信州大・工）

はじめに

湖沼における溶存有機物(DOM: Dissolved Organic Matter)は、微量汚染物質の光化学反応に強く影響を及ぼす。また、その影響の強さや特徴はDOMの特性に関連することが知られている。さらに光化学反応が起きる際の太陽光のスペクトルも関連する可能性がある。そこで本研究では、太陽光の放射条件が異なる熱帯地域と温帯地域の湖沼においてDOMの特性評価を行い、比較した。

方法

インドネシアのカリマンタン島、パランカヤ市の周辺に位置するハンジュルトゥング湖、テロック湖、タハイ湖、サバンガ川で採取した水試料と、インドネシアのスマトラ島、ジャンビ市周辺に位置するアラングアラング湖、ラサウ湖、シピン湖、テラク湖、バルラン湖で採取した水試料、さらに比較対象として日本の茨城県にある霞ヶ浦で採取した水試料それぞれについて、DOC(Dissolved Organic Carbon)、UV254(254nmの紫外外部吸光度)、EEM(Excitation Emission Matrix)の測定を行い、比較した。試料名は採水地点の名前とするが、ハンジュルトゥング湖の試料については1～7の番号を図1の採水地点と対応するように試料名として振り分けた。霞ヶ浦の採水地点についてはGEMS/Water¹⁾に登録された国内水質監視地点のステーション番号付している。

結果

採取した水試料は、それぞれその見た目から、赤褐色透明試料、白濁試料、透明試料の3種類に分けることができた。各試料のDOC濃度を図2に示す。インドネシアの湖沼における赤褐色試料と白濁試料、透明試料のDOCはそれぞれ21.1～58.0mgC/L、2.9～6.2mgC/L、2.6～2.7mgC/Lであり、赤褐色透明

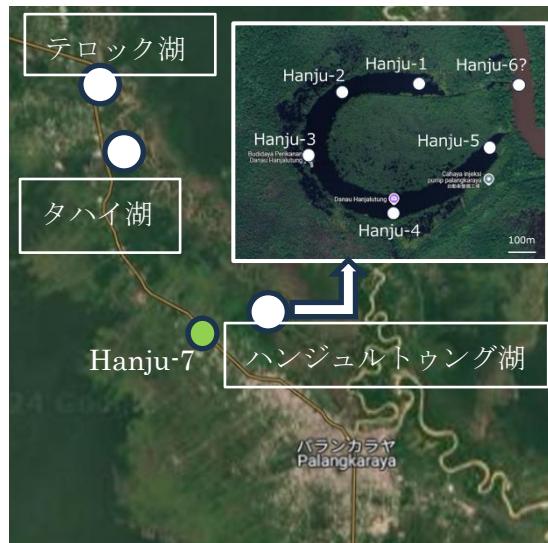


図1:パランカヤ市周辺の採水地点

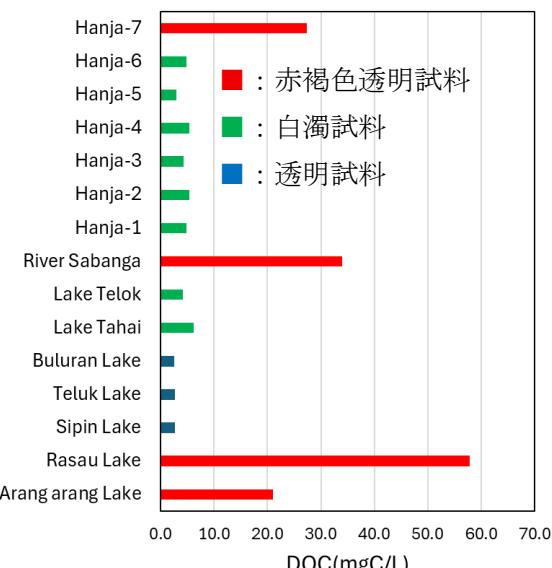


図2:各水試料のDOC濃度

試料 > 白濁試料 > 透明試料となった。この傾向はUV254でも同様だった。

考察

各水試料中のDOM特性を比較するために、UV/DOCの値を求めた(図3)。

まず、日本とインドネシアのUV/DOCを比較すると、全体的にインドネシアの方が高かった。この結果から、インドネシア湖沼のDOM

は、高い疎水性を持つ有機物を多く含んでおり、生物学的に難分解性であるといえる。

また、スマトラ島とカリマンタン島の UV/DOC を比較すると、カリマンタン島のほうが有意に高かった ($p < 0.01$)。インドネシアの中でも、特にカリマンタン島の湖沼における DOM はより多くの疎水性有機物を含んでおり、生物的に難分解であることが分かった。

赤褐色透明試料における着色はフミン物質に由来すると推察される。そこで図 4 にカリマンタン島の赤褐色透明試料であるサバンガ川の EEM を示した。赤褐色透明試料のみでフミン酸に由来するピーク（励起/蛍光波長 = 300/500nm）が確認されており、フミン物質の中でも特にフミン酸が多く含まれていることが分かった。さらに、測定した EEM の解析に PARAFAC (Parallel Factor Analysis) を適用した。PARAFAC は EEM 中で重なり合った複数の蛍光スペクトルに対し、統計的手法を用いて各成分のスペクトルごとに分離する方法である²⁾。解析の結果、EEM に含まれる成分スペクトルは 3 種類であった。分離された成分スペクトルのうち、1 つはフミン酸様に由来するもので、赤褐色透明試料とカリマンタン島の白濁試料のみで高い Score を示していた。これは、カリマンタン島は広大な泥炭地を有していることから、泥炭地由来のフミン物質が多く河川に供給されたためと考えられる。また、スマトラ島の赤褐色透明試料についても同様のピークが観察されたのは、採取地点の近辺が泥炭湿地林でおおわれていたため、カリマンタン島と同様の供給が起きたものと考えられる。

一方、霞ヶ浦およびスマトラ島の透明試料におけるフミン酸様成分スペクトルの Score は低かった。スマトラ島の透明試料の採水地点は民家に隣接しており、生活排水が直接流入している状況であった。また、国立環境研究所による霞ヶ浦を対象とした既存研究では、流入河川水の多くを占める生活排水や下水処理水において、フミン物質よりも親水性

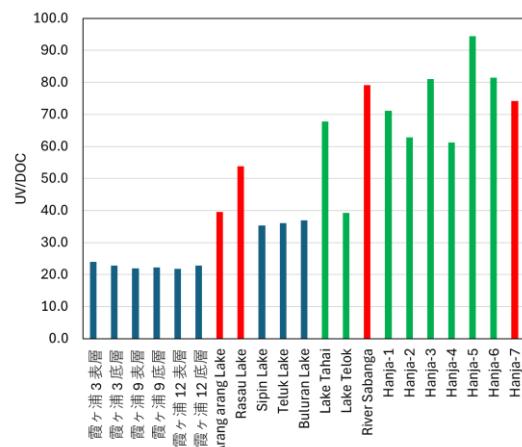


図 3: 各水試料の UV/DOC

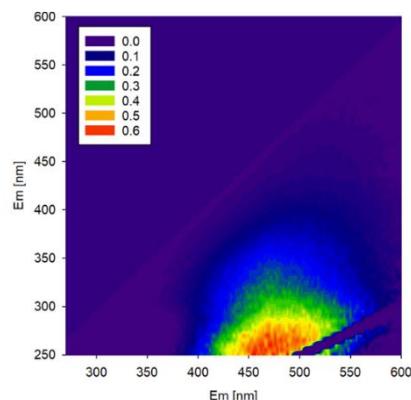


図 4 : 赤褐色透明試料の EEM

酸が優占していたことが示されている³⁾。これらの知見を踏まえると、スマトラ島の透明試料では泥炭由来のフミン物質よりも、生活排水由来の親水性物質が卓越している可能性が高い。

まとめ

インドネシアの湖沼では地域により DOM の特性が大きく異なることが分かった。特にカリマンタン島における湖沼水には、泥炭地由来のフミン酸が多く含まれていることが分かった。

引用文献

- 1) UNEP GEMS/Water ナショナルセンターウェブサイト,
https://db.cger.nies.go.jp/gem/inter/GEMS/gems_jnet/index_j.html (参照 2025/11/20)
- 2) 川口佳彦、小島礼慈 (2016) 3 次元蛍光分析法と PARAFAC 解析法を用いたプロセス水中有機物の挙動分析、学会誌「EICA」, 21, 9-12
- 3) 国立環境研究所 (2001) 湖沼において増大する難分解性有機物の発生原因と環境評価に関する研究、SR-36-2001, p. 6

O-21

炭素・窒素安定同位体比を用いたワカサギ *Hypomesus nipponensis* と ワカサギ杯頭条虫 *Proteocephalus terastomus* の宿主一寄生関係の解明

○武澤美緒・浦井暖史

¹信州大学理学部 B4・²信州大学理学部

はじめに

寄生生物は生態系において莫大なバイオマスを有し (Kuris et al., 2008), 食物網の結合度や安定性を高めるなど生態系において重要な役割を持つ (Hatcher et al., 2015). しかし, 寄生生物が複雑な生活様式を持つことから, 生態系において考慮されなかつた.

炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) は2種の生物間の相互関係を定量的に明らかにする手法である. 捕食一被食関係では, 一般に $\delta^{13}\text{C}$ は約 0.8‰ (Deniro & Epstein, 1978), $\delta^{15}\text{N}$ は約 3.4‰ (Minagawa & Wada, 1984) 高くなる. 一方で宿主一寄生関係の濃縮係数は捕食一被食関係とは異なり, 一部の寄生生物は宿主の同位体比よりも低い結果が報告されている(例: Navarro et al., 2014). よって, 宿主一寄生関係に沿った特異的な濃縮係数を考慮する必要がある.

ワカサギ *Hypomesus nipponensis* (McAllister, 1963) にはワカサギ杯頭条虫 *Proteocephalus terastomus* (Rudolphi, 1810; Willemse, 1965) という寄生虫が存在し, 高い寄生率が報告されている (菊池・大高, 2014). そこで本研究では, $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ を用いて, ワカサギとワカサギ杯頭条虫の宿主一寄生関係を明らかにすることを目的とする.

方法

対象生物はワカサギとワカサギ杯頭条虫である. 採取場所は長野県岡谷市の諏訪湖, および長野県大町市の木崎湖である. 2025年11月に諏訪湖では105尾, 木崎湖では218尾採取した. また, 1991年7月に諏訪湖で採取されたワカサギの標本3尾についても対象とした.

採取したワカサギは個体ごとに, 標準体長(mm), 体重(g), 肥満度を測定した. ワカサギの解剖後, 腸管に寄生しているワカサギ杯頭条虫を採取し

た. ワカサギ杯頭条虫の同定は, Shimazu (1990), Sholz & Hanzelová (1998)に従った. ワカサギ杯頭条虫, ワカサギを部位ごと(内臓・筋肉など)に分けた後, 凍結乾燥を行った. 試料は粉末状にし, 元素分析計一同位体比質量分析装置 (EA1112, delta V advantage, Thermo) にて $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ を測定した.

結果・考察

諏訪湖のワカサギは, 2025年で平均標準体長 $72.0\pm2.91\text{ mm}$, 平均体重 $3.48\pm0.40\text{ g}$, 肥満度 9.30 ± 0.60 , 1991年では平均標準体長 $66.4\pm5.72\text{ mm}$, 平均体重 $3.36\pm0.20\text{ g}$, 肥満度 11.7 ± 2.39 であった. 一方, 木崎湖では平均標準体長 $69.5\pm11.3\text{ mm}$, 平均体重 $2.98\pm1.45\text{ g}$, 肥満度 8.08 ± 0.64 であった.

ワカサギの腸管とワカサギ杯頭条虫との同位体比の差分をみると, 1991年は宿主と条虫でほぼ同等($\Delta^{13}\text{C}=-0.46\text{‰}$, $\Delta^{15}\text{N}=0.21\text{‰}$)であったが, 2025年では条虫は宿主よりも低かった($\Delta^{13}\text{C}=2.54\text{‰}$, $\Delta^{15}\text{N}=2.96\text{‰}$). 1991年の個体は夏に採取され, 2025年は冬に採取されたことから, ワカサギ杯頭条虫の季節的な発育段階の違いがこの結果に影響したと示唆される.

引用文献

- DeNiro & Epstein (1978) GCA, 42, 495-506.
- Hatcher et al., (2012) Front Eco Environ, 10, 186-194.
- 菊池, 大高(2014)陸水学雑誌, 76, 129-138.
- Kuris et al., (2008), 454.7203, 515-518.
- Navarro et al., (2014), J Helminthol, 88, 371-375
- Minagawa & Wada (1984) GCA, 48, 1135-1140.
- Scholz & Hanzelová (1998) Studie AV ČR, Academia, Prague, Czech Republic, Česká.
- Shimazu (1990) Jpn J Parasitol, 39, 612-624.

O-22

木崎湖における亜表層メタン極大現象と関連する微生物の探索

○永尾弘毅¹・浦井暖史²¹信州大学理学部 B4 · ²信州大学理学部

はじめに

SMM (Subsurface Methane Maximum: 亜表層メタン極大) 現象は、通常では嫌気的環境に生息する微生物によって生成されるメタンが、亜表層の好気的水域で高濃度となる現象であり、海洋、湖沼の広範な場で確認されている(Tang et al., 2016).

亜表層メタンの生成経路はいくつか指摘されている。Grossart et al. (2011) では好気的環境下で光合成と関連したメタン生成経路が存在することを示唆しており、このとき、光合成微生物の周囲に極小のアキアが付着している様子が撮影されたが、その詳細については未解明である。また、従来の微生物群集解析は主に孔径 0.2–0.3 μm のフィルターを用いたろ過に依拠しており、このサイズを下回る極小微生物が SMM に関与し得る可能性は十分に評価されていない。

本研究は孔径 0.1 μm のろ過膜を併用したサイズ分画で、従来検証されていなかった極小微生物を含む微生物を対象とした遺伝子解析を実施することにより、SMM 現象と関連する微生物群集の特徴を明らかにすることを目的とする。

方法

2025 年 5 月から 11 月の期間に計 4 回、長野県大町市の木崎湖湖心にて調査を実施した。バンドーン採水器を用いて鉛直方向に 1 m 間隔で採水を行った。水温と溶存酸素は現地で測定した。溶存メタンは、湖水をバイアル瓶に密栓し、GC-FID を用いたヘッドスペース法で定量した。Chl. a, b, c は、湖水を孔径 1.2 μm のガラス纖維ろ紙 (GF/C, Whatman) で濾過し、UNESCO 法で定量した。微生物群集

は、湖水を孔径 0.3 μm ガラス纖維ろ紙 (GF-75) と孔径 0.1 μm メンブレンフィルター (Omnipore, Merck) による 2 段階ろ過して微生物を回収し、DNeasy PowerSoil Pro Kit (Qiagen) で DNA を抽出し、遺伝子解析を実施した。

結果と考察

春季に確認できなかった表層のメタン極大が夏から秋にかけて強化されていくことが確認できた。木崎湖において SMM 現象が発生していることを確認できた。また、最も顕著に現象が確認できた 8 月には、SMM と重なる領域において、DO, Chl.a が極大であった。このことから木崎湖において光合成と関連した経路でメタン生成が行われている可能性が示唆された。

遺伝子解析は現在進行中である。まずメタン生成に関わる *mcrA* 遺伝子の分布を調査し、その後 16s rRNA 領域を PCR 増幅して微生物群集解析を実施する予定である。

引用文献

- [1] Grossart et al. "Microbial methane production in oxygenated water column of an oligotrophic lake." PNAS 108.49 (2011): 19657-19661.
- [2] Tang et al. "Methane production in oxic lake waters potentially increases aquatic methane flux to air." EST Lett, 3.6 (2016): 227-233.

O-23

約 300 年間における諏訪湖の一次生産量の変遷の復元

○松本拓也¹・浦井暖史²・公文富士夫^{2,3}¹信州大学理学部 B4 · ²信州大学理学部 · ³高知大学

はじめに

湖沼は生物多様性のホットスポットであると同時に環境変動に対して敏感であることが知られている^[1]。湖内における一次生産量の変動は過去の気温・環境変動を記録しており、堆積物の全有機炭素・全窒素(TOC・TN)に反映される^[2]。また、堆積物中の炭素・窒素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$)は湖内の有機物起源を推定に用いられる^[3]。よって湖沼堆積物は一次生産量の変動を推定する上で、重要な情報源だと考えられる。諏訪湖は過去数十年間におよぶ湖周辺の気温・降水量に加えて、湖水の T-N, Chl.a 濃度のデータが残されている。これらのデータと堆積物コアから得られた情報を比較することで、諏訪湖内の一次生産量の変動を精度良く復元を可能とする。本研究では、諏訪湖の堆積物コアを用いた湖内における過去 300 年間の一次生産量の変遷の復元を目的とした。

方法

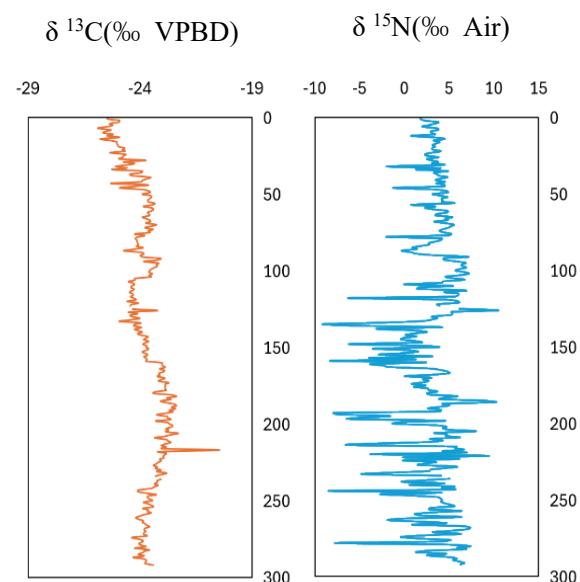
諏訪湖湖心にてマッケラス採泥器を用いて、全長 292cm の堆積物コアを採取した。試料は 1cm 毎に分けて冷凍保存した。試料の含水率、見かけ密度を測定するため凍結乾燥を行った。この乾燥試料約 2mg をガラスバイアルに秤量し、塩酸処理による無機炭酸除去後、約 700~900 μg を秤量しスズ箔に包んだ後、元素分析計-同位体比質量分析計(EA-IRMS)にて堆積物の TOC, TN, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ を測定した。

結果

TOC, TN, C/N 比は表層ほど高い傾向であり。特に、深度 40cm 以浅における TOC・TN・C/N 比の変動は深度 40cm 以深に比べて顕著だった。 $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ は、深度 40cm から表層にかけて $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ は低下傾向が見られた。また、 $\delta^{15}\text{N}$ の変動幅は縮小傾向にあることが確認された(図 1)。

考察

上記の結果より、深度 40cm から表層にかけて、TOC・TN・C/N 比の増加、 $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ が低下傾向にあることから、湖内には河川を介して陸域起源の有機物の流入量が増加したことに加えて、湖内における一次生産量は減少傾向にあると考えられる。

図 1：深度 0-292cm における $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$

引用文献

- [1] O'Berine et al. (2017) Anthropogenic climate change has altered primary productivity in Lake Superior. *Nat Commun*, 8(1), 15713.
- [2] 公文(2003) 古気候指標としての湖沼堆積物中の全有機炭素・全窒素含有率の有効性, 第四紀研究, 42(3), 195-204.
- [3] Meyer (2003) Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes, *Org Geochem*, 34(2), 261-289.

O-24

シイタケと廃菌床におけるアオコ制御物質の探索

○鈴木悠花・朴虎東・二木功子
信州大学理学部

はじめに

富栄養化水域では藍藻が大量発生している。これは水域の溶存酸素の枯渇、水生生物の死、肝臓毒性を持つ *microcystin* の分泌などの悪影響を及ぼしている (Guo et al., 2024).

キノコは一般的に食品や医療において複数の用途をもつ有用な製品とされている。その中でもシイタケ (*Lentinula edodes*) は世界中で多く栽培され消費されているキノコの 1 つで、抗菌・抗酸化作用などの効果を持っている (Ishtiaq et al., 2023)。

また、シイタケと同じ白色腐朽菌である *Trichoderma citrinoviride* がシアノバクテリアの増殖を阻害し、*microcystin* を分解する能力を持っているが、シイタケを用いた藍藻抑制効果、メカニズムが分かっていない。

本研究の目的は、白色腐朽菌であるシイタケの藍藻抑制の効果を明らかにすること及び藍藻抑制効果を持つ物質を明らかにすることである。

方法

長野県産のシイタケをバイオアッセイと成分分析に用いた。シイタケは生の状態及び凍結乾燥後に実験を行った。

藍藻に対する抑制効果を評価するために重層寒天法を用いてバイオアッセイを行った。シャーレの下層に 1.5% 寒天を、上層には 1% の低融点寒天にラン藻 (*Microcystis aeruginosa*) をのせ、固めた後シイタケの柄とカサそれぞれの凍結乾燥させた試料、生の試料をのせ観察を行った。

また、LC/MS を用いた成分分析ではシイタケを凍結乾燥後に粉末状にしたもの 1g に 100% エタノール 10mL で一晩抽出したものを希釈し、分析に用いた。

結果と考察

バイオアッセイでは、凍結乾燥させたシイタケの柄とカサ、生サンプルのシイタケの柄と刻んだカサそれぞれで阻止円を確認することができた。阻止円の大きさは柄で 11.2cm^2 、カサで 10.2cm^2 であった。また阻止円がこのような大きさになるまでの日数は 3 日間であった。バイオアッセイの結果からシイタケは生及び凍結乾燥の実験条件下では藍藻を抑制するということが分かった (図 1)。

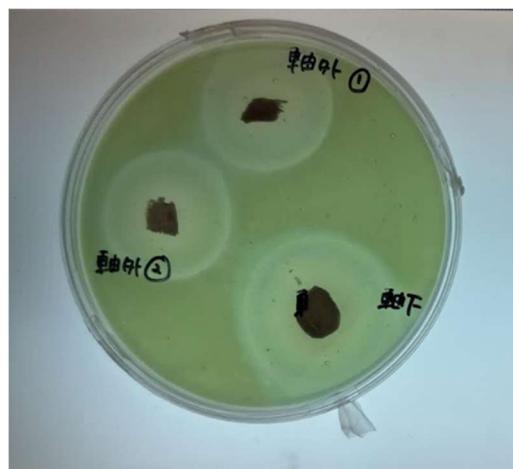


図 1：シイタケの軸を用いたバイオアッセイ

LC/MS による成分分析では、リテンションタイム 34 分、39 分、48 分で 3 つのピークを確認できた。それぞれ m/z 280 ($[\text{M}+\text{H}]^+$)、 m/z 229 ($[\text{M}+\text{H}]^+$)、 m/z 516 ($[\text{M}+\text{H}]^+$) が確認された。分子量とリテンションタイムから 253 の物質は Eritadenine、230 の物質は Ergothioneine、280 の物質は Linoleic acid の可能性が考えられる (Good Kitzberger et al., 2007；青柳 2017)。以上の 3 つ物質の中で先行研究から 2 つの物質が藍藻制御物質であることが示唆された。今後の 3 つの物質を単離してバイオアッセイを行い、藍藻抑制効果を持つ物質を明らかにする。

O-25

諏訪湖の水草が蓄積する窒素・リンの季節変化

○郡山千鶴¹・宮原裕一²¹信州大学理学部 B4 · ²信州大学理学部

はじめに

諏訪湖の水草は、1960 年代の高度経済成長期以降の富栄養化や湖岸の埋立・浚渫によってその分布域が著しく減少した（沖野ら 1997）。しかし、1979 年以降、流域下水道が普及し、諏訪湖の水質が改善したことをきっかけに 2000 年代に入り再びその分布域を広げている。

湖沼において水草は窒素・リン循環の媒介として機能し、成長期には窒素・リンを吸収し、枯死すると、蓄積した窒素・リンを体外へ放出する (McGlathery 2007)。水草の分布域が再び増加している現在の諏訪湖で、水草が蓄積している窒素・リンの現存量の変化を知ることは、湖の栄養塩循環を理解するうえで非常に重要である。

そこで、本研究は、水草体内の窒素・リン含有量と水草のバイオマスを測ることで水草に蓄積されている窒素・リンを定量し、その季節変化を明らかにすることを目的とした。

方法

水草が蓄積する窒素・リン量の季節的な変化を明らかにするために、2025 年 4 月から 9 月に月 1 回、諏訪湖東部に位置する水草帶（高浜沖、水深 2m）で調査を行った。水草の採取はエクマンバージ採泥器を用いた。単位面積当たりの水草（クロモ、マツモ、ヒシ）のバイオマスは、得られた水草の乾燥重量をエクマンバージ採泥器の底面積で割ることで求めた。

水草中の窒素・リンの含有量を明らかにするため、採取した水草を部位ごとに分け、各部位の分解液を作成し、その窒素・リン濃度から水草の窒素・リン含有量を求めた。窒素はイオンクロマトグラフ法、リンは吸光光度

法にて測定した。

さらに、各水草の単位面積当たりのバイオマスと窒素・リン含有量をそれぞれ掛け合わせることで単位面積当たりの水草が蓄積している窒素・リン量（現存量）を算出した。

結果

水草種ごとにバイオマスの季節変化は異なり、ヒシは 6 月に急増し、7 月にピークを迎えるその後緩やかに減少していった。マツモは 7 月から増加し始め、9 月まで増加し続けた。クロモは 8 月に急増し、9 月になると減少した。しかし、6-9 月の単位面積当たりの水草全体（水草 3 種合算）のバイオマスは 545-664 g/m² で、大きな変化はなかった。また、観察された水草 3 種の中で最もバイオマスが大きい水草はヒシだった。

水草中の窒素含有量は最小で 10.7 mg/g、最大で 38.1 mg/g、リン含有量は最小で 1.71 mg/g、最大で 12.9 mg/g であった。

バイオマスと窒素・リン含有量を掛け合わせて求めた、水草が蓄積している窒素・リンの現存量はバイオマスの影響を多分に受けしており、窒素・リンとともにバイオマスと同様の季節変化を示した。6-9 月の単位面積当たりの水草全体での窒素・リン現存量は、窒素 11-13 g/m²、リン 1.5-1.8 g/m² の範囲で変化しており、バイオマス同様大きな変化は見られなかった。

考察

今回 3 種の水草間でのバイオマスの増減時期に明確な違いが見られたことから、水草間で時期的なニッチ分割が生じていることが分かった。しかし、単位面積当たりの水草全体のバイオマスの季節変化を見ると、6-9

月で総量に大きな変化がなかったことから
単位面積当たりの水草全体のバイオマスに
は上限があると考えられた。

また、ヒシの窒素・リン現存量が減少してもマツモ、クロモの窒素・リン現存量が増加し、水草全体が蓄積している窒素・リンの現存量に変化がなかったことから、先行して繁茂したヒシが蓄積していた窒素・リンがヒシの枯死に伴い放出され、マツモ、クロモがそれらを吸収して成長している可能性が示唆された。

引用文献

沖野外輝夫、花里孝幸(1997)諏訪湖定期調

査：20 年間の結果. 諏訪臨湖実験所報告

10 : 7-249

McGlathery, K. J., Sundbäck, K., & Anderson, I. C. (2007) Eutrophication in shallow coastal bays and lagoons: the role of plants in the coastal filter. *Marine Ecology Progress Series*, 348, 1-18.

O-26

諏訪湖におけるマイクロプラスチック収支の解明

○小海晃博¹・中山隆²・宮原裕一³¹信州大学理学部 B4・²諏訪湖環境研究センター・³信州大学理学部

はじめに

マイクロプラスチック (MPs) は直径 5 mm 以下のプラスチックと定義されている (Arthur et al., 2009). MPs は、環境中に放出されたプラスチックが物理・化学的作用で細分化し、河川を介して海洋に流出していく (Andrady, 2011). 湖沼は海洋と同様に閉鎖水域であり、MPs は河川から湖へ流入しているが、海洋と比べ湖における MPs の研究例は少ない。湖沼生態系への MPs の影響を知るために、湖における MPs の流入・流出を把握することが重要である。

塙川（未発表）は、人間活動の影響がある諏訪湖とその流入河川の MPs 数密度（個/L）を明らかにしたが、河川の流量が不明なため、どの程度の MPs が諏訪湖に流入・流出しているかは定かではない。本研究では、水中の MPs 数密度と合わせ、河川の流量を測定し、諏訪湖の MPs 収支を明らかにすることを目的とした。

方法

2025 年 7, 8, 10 月に諏訪湖湖心、その流入河川（上川、宮川、砥川、横河川）および 10 月のみ流出河川の天竜川（釜口水門の放流水）で採水を行った。湖水は、理研式万能採水器を用いて水深 0 m, 3 m, 5 m の 3 水深で約 7–10.5 L 採水した。河川水は、ステンレスバケツを用いて表層水を約 14 L 採水した。採水した湖・河川水は現場でステンレスふるい（目開き 40 μm）でろ過し、ふるい上の粒子を実験室に持ち帰った。採取した粒子は有機物の除去のためにアルカリ処理と酸化処理、鉱物粒子の除去のために比重分離を行い、粒子をステンレスメッシュフィルター上に集めた。粒子は顕微 FT-IR により、プラスチック・非プラスチックの判別を行い、長径（300 μm 以上・300 μm 未満）と形状（粒子・繊維）で区分した。

河川での試料採取に合わせ、Hydro-STIV（ハイドロ総合技術研究所製）を利用して流速を計測し、測量から得られた河川の断面積に乗算することで各河川の流量を推定した。諏訪湖に流入する MPs 量は、各河川の流量を各河川の MPs 数密度に乗算し、合計を求めた。諏訪湖から流出する MPs 量は、7・8 月は湖水中、10 月は釜口水門の放流水の MPs 数密度と釜口水門の放流量（諏訪建設事務所提供）を乗算することで算出した。

結果

諏訪湖水中 MPs 数密度は 1.43–3.24 個/L、流入河川水中 MPs 数密度は 0.571–1.71 個/L、流出河川水中 MPs 数密度は 2.14 個/L であった。

流入河川の流量は、上川で 5.3×10^3 – 6.8×10^3 L/s、宮川で 0.46×10^3 – 1.4×10^3 L/s、砥川で 1.1×10^3 – 4.4×10^3 L/s、横河川で 0.046×10^3 – 0.41×10^3 L/s であった。諏訪湖の放流量は 10×10^3 – 19×10^3 L/s であった。

4 河川から流入する MPs 量は 12×10^3 – 18×10^3 個/s、諏訪湖から流出する MPs 量は 21×10^3 – 48×10^3 個/s であり、流入量よりも流出量の方が多かった。

湖水・河川水間で MPs の長径・形状における明確な違いは見られなかった。

考察

4 河川から流入する MPs 量よりも諏訪湖から流出する MPs 量の方が多いという計算結果になった。計算に用いた河川水中 MPs 数密度よりも湖水中 MPs 数密度の方が高かったことが、諏訪湖から流出する MPs 量を増加させている一因であり、その原因として、湖における MPs の細分化が考えられた。しかし、湖水・河川水中 MPs の長径に差は見られず、湖内での細分化は確認で

きなかった。形状に関しても明確な違いが得られなかつたことから、諏訪湖に特別な流入源があるとは考えにくい。

本研究での調査は平水時であり、流量と MPs 数密度との正の相関は見られなかつたが、出水時に高密度の MPs が流入している可能性がある。また、調査対象とした 4 河川以外から高密度の MPs が流入している可能性もあり、正確な MPs 収支を見積もるためには、調査の回数や範囲を広げる必要がある。

謝辞

本研究は、一般財団法人長野県科学振興会による助成金を受けて行った。マイクロプラスチックの FT-IR 分析は諏訪湖環境研究センターの機器を使用した。測量は信州大学工学部豊田研究室に協力をいただいた。ここに記して感謝の意を示す。

引用文献

- Andrady, A. L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605.
- Arthur, C., Baker, J. E., and Bamford, H. A. 2009, Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9–11, 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA.

O-27

ミトコンドリア DNA からみた 諏訪湖のワカサギの遺伝的特徴の年及び季節変化

○伊藤雄剛¹・龍野紘明^{2,3}・松澤 峻³・丸山瑠太³・笠原里恵⁴¹信州大学 B4・²信州大学大学院 D3・³長野県水産試験場・⁴信州大学

【はじめに】

ワカサギ *Hypomesus nipponensis* は長野県諏訪湖の水産資源だが、2016 年のワカサギの大量死以降、採卵量が減少した¹⁾。以降、自湖での再生産と、他湖産の移植卵による資源回復を図っているが、採卵量は大量死以前に対して回復せず、成魚の推定資源尾数も少なく推移している²⁾。この要因の 1 つに、移植卵から孵化したワカサギが、諏訪湖に適応できず、死亡している可能性がある。ワカサギは、ミトコンドリア DNA の cytochrome b 領域の分析から、移植後の遺伝的混合が生じにくく、地域特有のハプロタイプが確認できるとされている³⁾。そのため、本研究の目的は、ミトコンドリア DNA を用いた、諏訪湖と移植元湖のワカサギの遺伝的特徴の把握、および諏訪湖内の季節的・年度的に優占するハプロタイプの変化から、移植個体の、諏訪湖での生存状況を推定することである。

【方法】

諏訪湖で、2020 年 10 月、2021 年 5、9、10、12 月、2022 年 2、3、4 月、2023 年 5、7、10 月、2024 年 2、6 月に採取したワカサギ (8-32 試料) の尾鰭から DNA を抽出し、cytochrome b 領域の配列 506bp³⁾ からハプロタイプ (HT) を決定し、湖内の季節変化・年変化を検討した。同時に、諏訪湖への移植元の網走湖で 2023 年 2 月、野尻湖で 2023 年 4 月、に採取されたワカサギを提供いただき、同様の DNA 分析 (23-24 試料) からハプロタイプを決定し、各地域の優占ハプロタイプと、諏訪湖での優占度を検討した。

【結果】

調査対象とした年度において、諏訪湖で確認された HT は 18 種で、うち 14 種は、諏訪湖の

みで検出され、特に HT12 は諏訪湖に優占的であった。一方、移植元湖の網走湖では、HT11 が優占し、野尻湖では HT02 と HT11 が優占した。諏訪湖産に加え、網走湖産の放流卵が大きな割合を占めた 2021 年度は、放流前に検出されなかつた HT11 が放流後に検出されたが、稚魚の段階で優先度は低く、成魚にかけて優占度はさらに減少した。HT02 は稚魚では優占したが、産卵期にかけて減少した。一方、HT12 は稚魚から成魚にかけて優占度が増加した。2023 年度は諏訪湖産と野尻湖産の卵が放流されたが、HT02 の優占度は若魚の段階で低く、産卵期にかけてさらに減少した。一方、HT11 と HT12 は成魚と産卵期における優占 HT であった。全体として、HT12 が両年度で優占した一方、HT02 と HT11 の優占度や季節変化は年度で異なった。

【考察】

本研究から、諏訪湖のワカサギには特徴的・優占的なハプロタイプが存在し、それは再生産に寄与している可能性が示唆された。一方、移植個体では、同じハプロタイプが優占する湖由来であっても、諏訪湖での優占度は、年度もしくは移植元湖により異なる可能性が示唆された。すなわち、移植個体が諏訪湖の再生産に繋がるかは、諏訪湖のワカサギの生息環境の年度による違いに加え、移植元湖のワカサギの生態的な違いに由来する可能性が示唆された。

【引用文献】

- 1) 小松典彦ら (2018) 諏訪湖のワカサギ資源管理. 平成 28 年度長野県水産試験場事業報告:15-15.
- 2) 松澤峻ら (2025) 諏訪湖ワカサギ資源管理. 令和 5 年度長野県水産試験場事業報告:39-39.
- 3) 横尾俊博ら (2013) 宍道湖産ワカサギにおける野外集団と放流種苗の遺伝的差異. 水産増殖, 61: 407-409.

O-28

高島城で繁殖するアオサギの生活史の解明

○北澤丞¹・笠原里恵²¹信州大学理学部 B4 · ²信州大学理学部

はじめに

サギ類は、水辺で小動物や魚等を捕食する、人に身近な野鳥であるが、農業被害や繁殖地周辺での悪臭など、人間社会との軋轢も生じさせてきた¹⁾。全国的に個体数が増加する種もある²⁾なか、サギ類との共存を考えるには、対象地域における生態や人間活動との関わり等を理解することが重要である。

本研究では、長野県の諏訪湖南東に位置する高島城で、ゴイサギと集団繁殖を行い、また水稻の踏み荒らしが問題とされる³⁾アオサギに着目し、アオサギの繁殖状況と、利用環境の季節変化を明らかにすることである。

方法

本研究では、アオサギの繁殖状況と利用環境の2つの調査を行った。高島城での繁殖調査は、2025年2—9月に週1回、朝夕計2回の頻度で行い、敷地内外に設定した6地点で、個体数、環境、行動、敷地の出入りの飛翔方向を記録した。また、複数の巣を対象に繁殖段階を確認し、巣の下に落ちた潜在的食物種（アオサギが雛への食物として運んだ可能性のある生物）を採取した。

利用環境の季節変化を明らかにするために、2025年5—12月に、諏訪湖岸、上川、上川の水田、豊田の水田で、ラインセンサス調査を2週間に1回の頻度で行った。事前に設定した0.6—3.0 kmのルートを時速約2 km/hで歩き、左右100—200 m内に観察されたアオサギの個体数、環境、行動を記録し、観察面積から個体数密度を算出した。

結果

繁殖調査から、アオサギは最大13つがいが確認され、その繁殖は3月上旬から造巣が始

まり、7月下旬には全ての巣で幼鳥が巣立ちを終えた。また、育雛期に相当する5—7月に採取した潜在的食物種は、魚類、両生類、甲殻類が多く、特にドジョウ、トノサマガエル、アメリカザリガニが多かった。

利用環境調査では、調査毎に全体で15—22個体のアオサギが確認された。諏訪湖湖岸では、季節を通して浅水域や護岸などが採食に利用され、水田地帯では湛水田が7月まで、畠は季節を通して採食に利用された。いずれの環境でも、6月以降、若鳥が確認された。

考察

高島城でのアオサギの繁殖数は13つがいと決して多いわけではなかったが、その個体数は採食環境調査の結果と概ね一致した。季節を通して諏訪湖での採食が確認されたが、繁殖期の潜在的食物種には水田や用水路に生息する生物が多く、実際の採食環境でも、湛水田の利用が繁殖期を通して多く確認された。一方、繁殖期後の非湛水田では、採食利用は減少した。繁殖期のサギ類にとって水田は重要な採食環境とする先行研究⁴⁾があり、高島城のアオサギでも同様だと考えられる。水田では、田植え後の稻苗が根を伸ばす5—6月からアオサギの成鳥が観察されており、繁殖個体の水田の利用が、稻の成長初期の踏み荒らし被害につながっている可能性が示唆された。

引用文献

- 1) 北海道アオサギ研究会 (2014) アオサギの有害駆除に係る問題点に関する報告. 73p.
- 2) 諏訪市 (2022) 諏訪市鳥獣被害防止計画. 11p.
- 3) 植田睦之・植村慎吾(2021) 全国鳥類繁殖分布調査報告 日本の鳥の今を描こう 2016-2021年. 186p. 鳥類繁殖分布調査会.
- 4) 中島拓ら (2006) 水田と河川、コウノトリ野生復帰地での餌場の相対的価値—豊岡盆地に生息するサギ類を指標として—. 保全生態学研究 11 : 35-42.

P-01

日本産ヤナギ *Salix* による藍藻抑制効果と制御システムへの応用○小泉雄也¹・二木功子²・朴虎東²¹信州大学大学院・²信州大学理学部

はじめに

ヤナギは古代ギリシャ時代から鎮痛・解毒に使っていたとされている。今日では、ヤナギからアスピリンが生成され、世界中で使用されている。ヤナギは抗酸化、抗菌、抗炎症作用を持つポリフェノール(フラボノイドおよび濃縮タンニン)の重要な天然源でもある(Mihaela, 2021)。また、ヤナギは多年生で生育期が長いこと、広葉樹の挿し木を使用した栄養繁殖が容易であること、短い回転で急速に成長して高い収量が得られることなどの栽培特性をもっている。(Kuzovkina and Volk, 2009)。さらに広範囲の気候と場所の条件に適応しており、諏訪湖の周囲においてもヤナギが多く分布しており、身近な植物となっている。本研究では、上記のヤナギの化学的特性、栽培特性を利用し、環境に負荷を与えない自然由来の藍藻抑制剤としての可能性を見出すため、ヤナギの藍藻抑制効果を検証し、藍藻抑制システムへの応用を目的とする。

方法

ヤナギはシダレヤナギを諏訪湖周辺で枝木採取し、熊本緑化センターから苗木を購入し使用した。枝木は栄養液を添加した曝気水に浸し、水耕栽培をすることで発芽、発根させた。

藍藻に対する抑制効果を検証するため、バイオアッセイを行った。藍藻 *Microcystis aeruginosa* (NIES33349 株) を含む MA 培地にシダレヤナギの枝木、苗木の下部を浸し藍藻の抑制効果を検証した。枝木は水耕栽培したものを使用し、苗木は土壌を除去し、洗浄した後、水耕栽培させたものを使用した。

藍藻に対する抑制効果の原因となる物質を、検出するため、LCMS を使用し、定性分析を行った (LC-MS2020, 島津製作所)。ヤナギを水耕栽

培した曝気水をろ過し、Solid Phase Extraction Disk (Empore 2215-C18, CDS 社) を使用し固相抽出を行い、濃縮した浸出液を分析した。

結果

バイオアッセイでは、苗木、枝木の両方で藍藻の抑制を確認することができた。枝木よりも苗木で強い抑制が見られ、苗木では 2 日目から Chlorophyll a 量が減少し、5 日目では目視ではつきりと確認できるまでに藍藻の抑制が確認できた。

LCMS による分析では、ヤナギから複数のピークが見られ、根滲出液からもケルセチンの配糖体等のピークが見られた。

考察

バイオアッセイの結果から、ヤナギには藍藻を抑制する効果があることが分かった。苗木の藍藻抑制効果が大きかったことから、根の量が関係していると考えられる。根からの滲出物による抑制や栄養塩吸収などが原因として考えられる。

LCMS 分析によって得られたピークにはケルセチンの配糖体と考えられるピークが見られ、ケルセチン配糖体は藍藻抑制効果が報告されていることから (Chen et al. 2019)，この物質が藍藻抑制の原因物質のひとつと考えられる。

引用文献

- Saracila, M., Panaite, D. T., Papuc, P. C., Criste, D. R., (2021) Bark Supplements-A Review: *Antioxidants.*, 10 (5), p. 686
 Kuzovkina, Y. A., Volk, T. A., (2009) *Ecological Engineering.*, 35 (8), p. 1178-1189
 Chen, L., Wang, Y., Shi, L., Zhao, J., & Wang, W. (2019). *Environmental Science and Pollution Research*, 26, p22389-22399.

P-02

水中スピーカーの低周波を用いた藍藻の制御方法の実用化に向けて

○佐藤雅敏・²宇佐川輝・²永峯亮弥・²二木功子・²朴 虎東¹信州大学大学院・²信州大学理学部

はじめに

Microcystis 属の藍藻は毒素(Microcystin, 以下 MC と略す)を生産することや悪臭などの問題で世界中の多くの湖沼やダム湖などの水源地に悪影響を及ぼしている (Carmichael, 1992, 朴, 2024). 現在実施されている曝気や攪拌などの物理的制御や化学薬品の使用による化学的制御などの藍藻制御方法は藍藻細胞内の MC を処理過程中に細胞外に放出させてしまうことや処理に用いた制御剤の残存が二次汚染の原因となることが問題になっている(朴, 2020). 藍藻は細胞内にガス胞という構造を持っており, このガス胞を用いて鉛直移動をおこなうことで水面に浮かぶことができる(Reynolds, 1989). ガス胞による鉛直移動を阻害することで有光層中の藍藻を無光層に沈める事が低コストで有毒藍藻の制御方法として考えられる. そこで本研究では, 低周波発生装置用いてガス胞に影響を及ぼし, 周波数や波形による藍藻抑制効果の違いを探索する. そして, 環境負荷のない藍藻抑制方法の確立と実用化を目的とする.

方法

実験は培養株実験と野外試料実験の二つを行った. まず, 培養株実験ではアクリル製の水槽(320×180×150mm)の中に 6 L の培養した藍藻 *Microcystis aeruginosa* (NIES3349 株)の懸濁液を入れて行った. 培地には CB 培地を用いた. また, 野外試料実験ではアクリル製の水槽(280×600×360mm)の中に長野県下諏訪町の赤砂崎公園沿岸で採水した *Microcystis* 属を含む湖水を入れて行った. 振動発生装置は, 市販の水中スピーカー(高さ 26 mm, UTX-40, UETAX)に低周波発振器を接続したもの用いた. 藍藻の制御を表す計測項目は培地の吸光度を計測することで簡便方法により Chlorophyll a をモニタリングした. そして,

分光光度計で 405nm の吸光を測定し, 細胞濁度の指標とした.

結果

水中スピーカーを用いることで 3 日目以降から対照区に対して, Chlorophyll a 濃度が減少しており成長抑制が確認された. また, 野外試料においても同様に成長抑制効果を示し, 低周波照射後の水槽において, 珊瑚や緑藻, 原生動物など他の生物の生存が確認された. 対照区と低周波照射区の水槽からサンプルを採水し, 光学顕微鏡で藍藻の細胞を確認したところ, 低周波照射区において細胞が黒色から緑色に変化していた.

考察

Han et al. (2018) の実験では回転式振動発生装置の振動波により藍藻を成長抑制することができた. その際に藍藻が沈んでおり, 細胞内のガス胞が破裂していることを報告した. 本研究で使用した水中スピーカーによる低周波でも同様に, 藍藻の成長を抑制し, 細胞が沈殿することを確認している. したがって, 低周波振動でも細胞膜が残った状態でガス胞が崩壊しているためと考えられる.

以上の実験より水中スピーカーを用いた低周波発生装置によって藍藻の成長を制御することが示唆された. さらにこの低周波振動装置は藍藻の細胞膜を破壊しないので, 水中への毒素 MC の流出を抑えることが可能な制御方法である. 徐々に実験スケールを拡大し, 現在では諏訪湖に低周波を用いた藍藻抑制装置を設置して実験を行っている. 諏訪湖では, 溶存酸素や濁度などをモニタリングし, 実環境下における藍藻抑制効果やその効果範囲, 周辺生態系への環境負荷の有無などを検証していく.

今後は低周波と超音波の両方の実験を行い, 細胞内外の MC を評価することで, 低周波を用いた藍藻抑制方法の最適な条件の確立を目指す.

P-03

諏訪湖湖底堆積物コアを用いたメタン生成菌群集構造の 高解像度鉛直分布評価

○吉田悠真¹・浦井暖史²¹信州大学大学院 M1 · ²信州大学理学部

はじめに

メタンは温室効果ガスであり、温暖化への寄与度は二酸化炭素に次いで 18%と決して無視することのできない存在である(IPCC 第 4 次評価報告書)。メタンは年間約 575Tg 放出されており、その中でも湿地や内陸淡水域からの放出量は 165Tg と高い割合を占めている (Saunois et al., 2024)。

メタンの自然的発生要因にはメタン生成菌の代謝が挙げられる。メタン生成菌は嫌気的環境下で水素や二酸化炭素、酢酸などを基質としてメタンを生成するが、同様に水素や酢酸を基質とする硫酸還元菌や硝酸還元菌といった、メタン生成菌の競合となる微生物も存在する(Kristjansson et al., 1982)。そのため、競合が存在する環境ではメタン生成菌の活動が抑制される。

諏訪湖は湖底からメタンを含むガスが湧出する場所が複数存在し、このガスによって、深部から有機物や微生物が運搬され、堆積物中の環境が変化する可能性がある。諏訪湖におけるメタン生成菌の研究は Urai et al. (2021)が深さ 0 ~30cm で行なっており、深度 10cm 程度の変化でもメタン生成菌群集構造が大きく変化していることが示唆された。このことから、より細かなメタン生成菌群集構造の深度変化を分析することは表層堆積物中のメタン生成理解にとって重要である。

そこで本研究の目的は、諏訪湖湖心付近とガス湧出地における湖底堆積物を深度 1cm ごとに切り分け、各種イオン測定と遺伝子解析を行い、メタン生成菌群集構造の変化とメタン生成菌の競合を明らかにすることである。

方法

2024 年 5 月 10 日に諏訪湖の湖心付近(#1),

2 箇所のガス湧出地点 (#2, #3) の計 3 地点でコアサンプラーを用いて深度 20~30cm の堆積物コアを採取した。各コアは深度 1cm ごとに切り分けた後、遠心分離し、上清と沈殿物に分離した。分析方法はイオンクロマトグラフと遺伝子解析を用いた。イオンクロマトグラフは Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , F^- , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} 濃度を測定した。遺伝子解析は power soil pro kit(Qiagen)を用い DNA を抽出し、16Sr RNA をターゲットとした PCR を実施後、次世代シーケンサー(Miseq, Illumina)で DNA 配列を解析した。

結果

硫酸イオン濃度は全地点で深度と負の相関を示し、#1 は #2, 3 より高い値を示した。遺伝子解析の結果から、全地点においてメタン生成菌は *Methanomicrobiales* 目と *Methanosarcinia* 目が優勢だった。また、ガス湧出地点は *Methanomassiliicoccales* 目と *Methanomethyliales* 目が 0-16cm 間で幅広く存在していた。硫酸還元菌は全地点において主に *Desulfobacteria* 綱と *Thermodesulfovibrionia* 綱の 2 種類が確認できた。また、ガス湧出地点では *Dehalococcoidia* 綱の割合が湖心付近に比べて高かった。

考察

硫酸イオン濃度はガス湧出地点に比べ湖心付近で高い値を示したことから、メタン生成菌の競合である硫酸還元菌の活性が異なる可能性が示唆された。ガス湧出地点で割合が高くなった *Methanomassiliicoccales* 目と *Methanomethyliales* 目はともにメチル化合物を基質として用いるメタン生成菌であることから、ガス湧出地点はメチル化合物経路のメタン生成に適した環境である可能性があることが

示唆された。また、ガス湧出地点で割合が高かった *Dehalococcoidia* 綱は水素やギ酸を基質として用いるため、メタン生成菌の競合となっている可能性がある。

今後は堆積物コアサンプルを用いた培養実験と、ガスクロマトグラフによるメタン濃度測定を組み合わせ、地点別のメタン生成ポテンシャルの差を明らかにし、ポテンシャル差の要因を考察していく予定である。

引用文献

- Kristjansson et al. (1982) Different K_s values for hydrogen of methanogenic bacteria and sulfate-reducing bacteria. *Arch.Microbiol.*, 131, 278-282.
- Saunois et al. (2024) Global Methane Budget 2000–2020. *Earth Syst. Sci. Data.*
- Urai et al. (2021) Detection of planktonic coenzyme factor 430 in a freshwater lake: small-scale analysis for probing archaeal methanogenesis. *PEPS*, 8 (62).

P-04

ジュンサイハムシのヒシ摂食による藍藻制御効果

○原光平¹・土屋俊雄¹・二木功子²・朴虎東²¹信州大学大学院・²信州大学理学部

はじめに

淡水生態系において、水生植物と植物プランクトンは生存競争の関係にある(van Donk and van de Bund 2002)。ヒシ (*Trapa japonica*) は 1 年生の浮葉性水生植物であり、近年では富栄養化した湖やため池で増殖している。これまでにヒシの藍藻に対する成長阻害効果が研究され、Gallic acid や Quercetin 配糖体などの植物プランクトンに対する成長阻害物質を含むことが明らかとなっている。

本研究では、ヒシに生息するジュンサイハムシ (*Galerucella nipponensis*) に着目した。ジュンサイハムシは幼虫および成虫がヒシの葉を摂食し、個体数のピーク時にはヒシの成長に影響を与えるほどの食害が生じる(Ikeda and Nakasugi 2003)。このことから、ヒシを摂食したジュンサイハムシのフンに含まれるヒシ由来の物質が藍藻の成長に影響を与える可能性があると考えた。現在、植食性昆虫のフンが植物プランクトンの成長を阻害するという研究は報告されていない。本研究では、ヒシ由来の物質がジュンサイハムシを介して湖水中へ放出され藍藻の成長を抑制する経路を明らかにすることを目的とした。

方法

実験に使用するヒシとジュンサイハムシは長野県松本市のため池から採取した。プラカップ (φ86×40 mm, 中央化学株式会社) に *Microcystis aeruginosa*(NIES-3349 株) の培養液 70 ml を加え、採取したヒシの葉を 3 枚添加した。区画は藍藻培養液のみのコントロール区、藍藻培養液+葉の区画、藍藻+葉+ジュンサイハムシ 5 匹の区画を用意した。実験期間中は毎日培養液をサンプリングし、分光光度計で得られた吸光度を用いて簡便法により Chl-a 濃度を算出した。

フンとヒシの葉のポリフェノール分析

培養しているジュンサイハムシからフンとヒシの葉を回収し凍結乾燥させ粉末化した。粉末サンプルの蒸留水抽出物を LC/MS(LC-MS2020, 島津製作所)で分析を行った。

結果と考察

培養実験の結果、実験開始 2 日目から葉添加区およびジュンサイハムシ投入区で藍藻の抑制が始まり実験終了時まで継続した。実験開始 3 日目におけるコントロール区の Chl-a 濃度に対する抑制率を算出すると、葉添加区の抑制率が 17% であったのに対し、ジュンサイハムシ投入区では 55% となった(図 1)。この結果より、ジュンサイハムシの摂食および排泄によってヒシ由来の藍藻制御物質の放出が促進され、藍藻が抑制されたと考えられる。フンとヒシの葉のポリフェノール分析の結果、ヒシに含まれる Gallic acid や Quercetin 配糖体類、Ellagic acid がフンサンプル中でも検出された。しかし、フンの UV の結果をヒシのものと比較するとヒシサンプル中では見られないピークがフンサンプル中で検出された。このピークには分子量 168 の物質が含まれており、これはヒシ由来の物質がジュンサイハムシの体内を通過する過程で、pH や腸内細菌などの体内環境により生成されたものと考えられる。

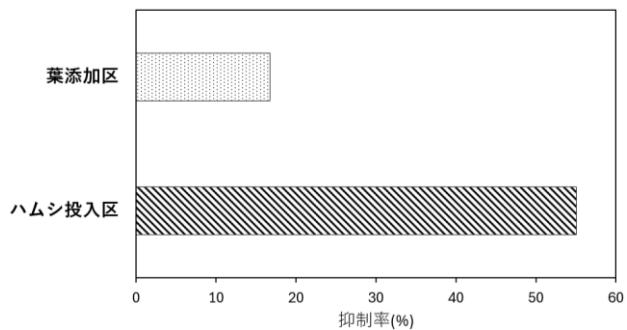


図 1 ジュンサイハムシによる藍藻抑制効果

P-05

金属により異なるミジンコの誘導防御への影響

○米山貴将¹・坂本正樹²¹富山県立大学大学院 M2 · ²富山県立大学工学部

はじめに

多くの水生生物は、特定の捕食者の密度に応じて行動、形態、生活史特性などの表現型を変化させる。

Daphnia 属のミジンコの防御形態は、フサカ幼虫 (*Chaoborus spp.*) が放出する情報化学物質（カイロモン）により誘導される。しかし、工業排水等に含まれる重金属は、湖沼におけるこれらの捕食一被食関係を攪乱する可能性がある。例えば、銅はミジンコの誘導防御を抑制することがわかっている。水中で金属はフリーイオンや有機錯体など、さまざまな形態で存在するが、そのうちのどれがミジンコの形態変化に作用するかは検証されていない。また、銅以外の金属による影響は不明である。

本研究では、銅と亜鉛によるミジンコの形態変化と個体群動態に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、実験的解析を行った。

方法

実験 1. 銅による防御形態誘導への影響

実験に使用したミジンコ (*D. pulex* : MEP 系統) は北海道の池から単離された系統であり、フサカ幼虫 (*Chaoborus sp.*) は古洞池（富山市）から採集したものである。銅による影響を調べるために、ミジンコをフサカカイロモンと金属に単独または複合的に曝した。同時に、金属形態の違いによる影響を検証するため、各処理にキレート剤 (EDTA) 添加の有無の条件を用意した。ミジンコの形態 (neckteeth の有無) は仔虫が 2 歳になってから確認した。また、個体群動態への影響を確かめるために、半止水式の実験系（容量 3 L）を構築した。処理区は①対照区、②捕食者（フサカ幼虫を 3 個体投入）、③銅 (5 µg/L, 1 µg/L), 捕食者 + 銅とした。63 日間の実験中、定期的に採水し、ミジンコの密度と防御形態（ネックティース）の発現の確認と水質分析を行った。

実験 2. 亜鉛による防御形態誘導への影響

実験では、富山市古洞池から単離・培養したマギレミジンコ (*D. ambigua*) を使用し、実験 1 と同様の

手順で亜鉛に曝露した。

結果と考察

実験 1 では、フサカカイロモンがミジンコの neckteeth 発現を誘導したが、銅への曝露によりその発現率が低下した（図 1a）。形態変化の抑制は、EDTA を添加した処理区では発現の抑制が弱まることが確認されたことから、これは銅のフリーイオンが形態発現の抑制に寄与することが示唆された。個体群レベルでの実験では、銅や捕食者による個体群密度への有意な影響は検出されなかった。幼体の密度は捕食者の存在下で低下する傾向があったが、銅添加の有無による密度の違いは認められなかった。銅による影響が小さかった理由として、生物由来の有機物と銅が錯形成し、フリーイオン濃度が低くなり、毒性が弱くなったと考えられる。銅の添加によって、防御形態（ネックティース）の発現率が低下する傾向があったが、防御形態の発現抑制による個体群動態への有意な影響は検出されなかった。

実験 2 では、亜鉛はマギレミジンコの形態変化を誘導することがわかった（図 1b）。ただし、この誘導は EDTA を添加した処理区では起こらなかつたことから、フリーの亜鉛イオンが作用したと考えられる。

本研究によって金属の種類や形態によってミジンコの形態変化への影響も異なることが明らかになった。

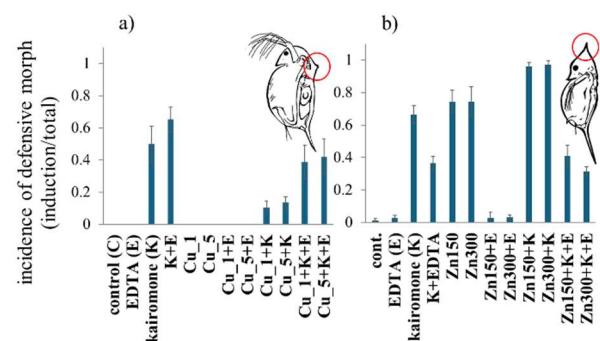


図 1, a) 銅による *D. pulex* と b) 亜鉛による *D. ambigua* の形態変化（防御の発現率）への影響。

P-06

生物間相互作用を考慮した藻類生長阻害試験法の開発

○彦坂亮太¹・坂本正樹²¹富山県立大学大学院 M2・²富山県立大学工学部

はじめに

化学物質の生態影響を評価する際、日本では標準試験生物を用いた種レベル試験が採用されている。個体群・群集レベルでの生態影響を評価する上で、従来の種レベルの試験法に欠けている要因として、種内競争に起因する密度効果や種間競争に起因する資源競争力が挙げられる（図1）。生物間相互作用を考慮した試験法には、マイクロコズムやメソコズムを用いた試験があるが、これらは試験系の構築、管理、運用に多大な時間と労力を要するため、数多くの試験数をこなすことができない。

本研究では藻類を対象に、従来の種レベル試験をベースとしながらも、化学物質の生態影響を個体群・群集レベルで簡便に評価する試験法を開発することを目的として実験を行った。

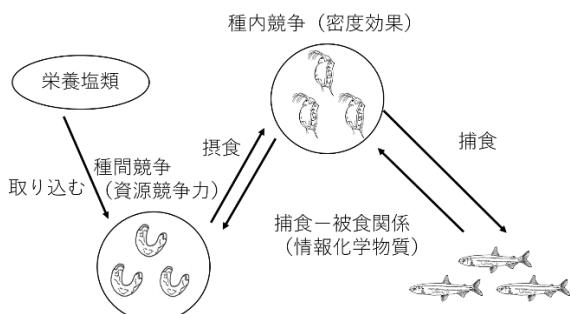


図1. 本試験法で考慮する生物間相互作用
(密度効果、資源競争力)

方法

実験1：初期密度（密度効果）とリン濃度（密度効果）の影響

試験生物は国立環境研究所から提供されたムレミカヅキモ (*Raphidocelis subcapitata* NIES-35 株) である。培地として、グッド緩衝液 MOPS

(750 mg/L) を加えた後、NaOH を滴下して pH7 に調整した COMBO 培地 (EDTA 添加または無添加) を用いた。初期密度 ($1.6 \times 10^4 \sim 1 \times 10^7$ cells/mL) またはリン濃度 (0.1~1.55 mg/L) が異なる条件で 72 時間の培養実験を行った。実験はインキュベーター内 (21 °C、光量 $130 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、12-h 明 : 12-h 暗) で行い、各処理区の繰り返し数は 4 連とした。試料採取は試験開始直後を含め、24 時間毎に行い、72 時間後まで行った。

実験2：密度効果が働く条件での生態毒性試験

初期細胞密度を藻類生長阻害試験 (OECD TG 201) で定められている 1×10^4 cells/mL と、密度効果により増殖速度が 50 %に低下する 2.9×10^6 cells/mL (EDTA 添加)、 2.5×10^6 cells/mL (EDTA 無添加) に設定した。被験物質として亜鉛 (ZnSO_4) と界面活性剤 LAS (直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム) を用いた。亜鉛と LAS の設定濃度はそれぞれ 21.25~1360 $\mu\text{g}/\text{L}$ と 15~1000 mg/L であり、両物質とも公比 2、7 濃度区 (+対照区)、各 3 連とした。初期細胞密度による増殖速度への影響と対照区における増殖率と増殖率に対する半数影響濃度 (72-h EC₅₀) をべき関数モデルを用いて解析した。

結果と考察

実験1：初期密度（密度効果）とリン濃度（資源競争）の影響

増殖速度が通常の試験と比較して 50 %に低下する初期細胞密度の条件は、COMBO 培地に EDTA を添加した場合は 2.9×10^6 cells/mL、EDTA 無添加の場合は 2.5×10^6 cells/mL であった (図2)。このように、培地への EDTA 添加の有無による相対増殖速度への影響は小さいことがわかった。リン濃度と増殖速度の関係については現

在結果を解析中である。

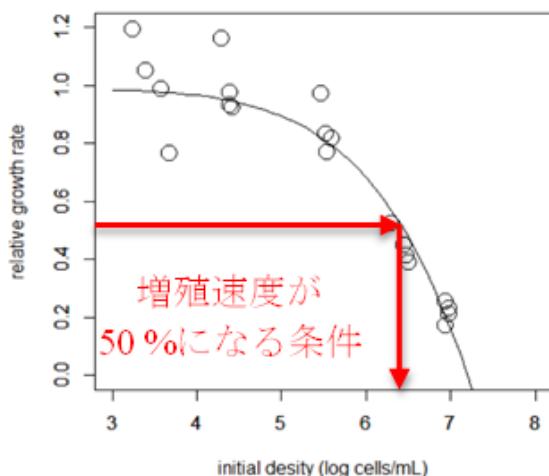


図 2. 各初期細胞密度における比増殖率

実験 2：密度効果が働く条件での生態毒性試験

亜鉛に対するムレミカヅキモの 72-h EC₅₀ は初期細胞密度 5×10^4 cells/mL の条件で $163 \mu\text{g/L}$ (95% CI: 100~253 $\mu\text{g/L}$)、 2.9×10^6 cells/mL の条件で $145 \mu\text{g/L}$ (95% CI: 105~194 $\mu\text{g/L}$) であった (図 3)。このように、密度効果が働く条件下でも亜鉛に対するムレミカヅキモの感受性に違いがないことがわかった。LAS を用いた試験の結果については現在解析中である。

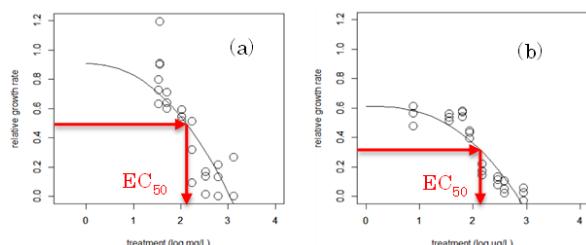


図 3. 亜鉛による *Raphidocelis subcapitata* の相対増殖率（初期細胞密度 1×10^4 cells/mL (a) と初期細胞密度 2.9×10^4 cells/mL (b)）

引用文献

1. 環境省 (2001) 生態系保全等に係る化学物質審査規制検討会 (第 3 回) : 参考資料 5 模擬生態系試験について。
<https://www.env.go.jp/chemi/seitaikeito/h13/03.html> (2025 年 11 月 18 日閲覧)

P-07

奥能登地域の中小河川における 2024 年 9 月奥能登豪雨を対象とした 降雨流出・洪水氾濫解析

○中尾朔也¹・呉修一²¹富山県立大学大学院 M1 · ²富山県立大学工学部

はじめに

2024年9月21日に発生した奥能登豪雨では、奥能登地域を中心とした21河川で洪水氾濫が確認された。本豪雨災害は、同年1月1日に発生した能登半島地震の影響を受けた複合災害と考えられている。能登半島地震では、石川県奥能登地域を中心に土砂災害や家屋倒壊など甚大な被害が生じ、復旧が十分に進まない状況で豪雨が発生した。その結果、地盤変状や大量の土砂・植生の流出が洪水氾濫の被害を増大させたと考えられている。

近年、気候変動に伴う大雨の増加や南海トラフ地震など大規模地震の発生が懸念される中、地震と豪雨の複合災害の実態を把握することは、中小河川を対象とした浸水リスク評価や防災・減災対策の検討において極めて重要である。しかし、奥能登豪雨の被害は広域におよんでいるものの、浸水状況の詳細が把握されていないのが現状である。

能登半島地震および奥能登豪雨については、土木学会水工学委員会の調査団が現地調査を実施し、多角的な観点から報告書を取りまとめている⁽¹⁾。しかし、これらの調査が進められている一方で、洪水氾濫被害の全体像は依然として明らかになっていない。

そこで本研究では、奥能登豪雨による洪水氾濫状況を把握することを目的とし、複数の中小河川を対象に降雨流出・洪水氾濫解析を実施する。

方法

(1) 対象流域

本研究では洪水氾濫の生じた奥能登地域における13の河川を解析対象としている。図-1に対象流域のサブ流域および河川網を示す。また、

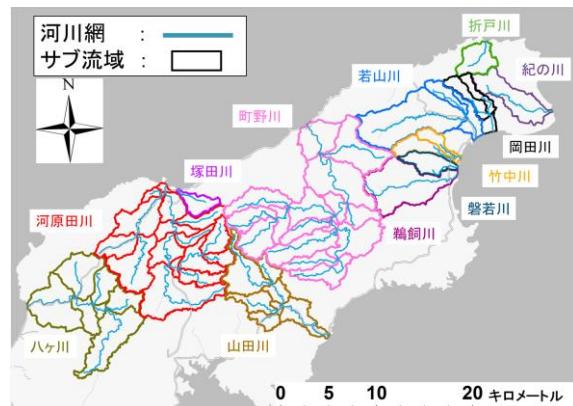


図-1 対象流域の流域界および河川網

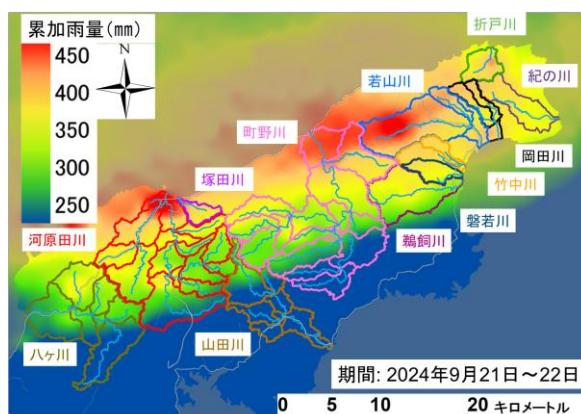


図-2 対象流域の累加雨量

図-2には奥能登豪雨の累加雨量を示す。特に、顕著な浸水被害が生じた若山川、町野川、塙田川、河原田川の各流域では、2日間で450mmを超える降雨が観測されている。なお、対象以外の流域においても洪水氾濫が確認されていることから、今後は対象流域を拡大していく予定である。

(2) 降雨流出・洪水氾濫解析

降雨流出モデルは、著者がこれまで用いてきた表面流・中間流・地下水流を考慮した手法を用いた⁽²⁾。入力降雨としては、気象庁解析雨量を使用している。河道部の洪水追跡計

算には 1 次元不定流計算、洪水氾濫解析には 2 次元不定流解析を実施している。流出パラメータのキャリブレーションは、八ヶ川、町野川、鵜飼川のダム流入量の観測値、および若山川における実績浸水深および浸水範囲を基に行った。現状、洪水氾濫解析においては若山川でのキャリブレーションで得られたパラメータをすべての河川に適用している。

結果とまとめ

八ヶ川・鵜飼川・町野川における奥能登豪雨の出水時の計算値と実測値の比較を図-3 に示す。実測値と計算値はおおむね良好に一致しておりモデルの再現性は十分に確保できた。また、図-4 に対象流域における洪水氾濫解析の結果を示す。これにより、奥能登河川における出水状況の大まかな把握ができた。今後は、ダム流入量の観測値との比較により得られた流出パラメータで洪水氾濫解析を行うとともに、得られた流出パラメータと流域の土質条件との関係を整理し、他の河川におけるパラメータを検討していく予定である。

まとめ

本研究では、2024 年 9 月に発生した奥能登豪雨による洪水氾濫被害の把握を目的として、複数の河川を対象に降雨流出および洪水氾濫解析を実施した。解析の結果、各河川における出水状況を概ね把握することができた。今後は、各河川における流出パラメータの検証や現地調査結果との比較を通じて、解析精度の向上を図る。

謝辞

令和6年奥能登豪雨により亡くなられた方々に謹んでお悔み申し上げますとともに、被災された皆さまに心よりお見舞い申し上げます。早期の復旧、復興をお祈り申し上げます。本研究の遂行に向けて、土木学会水工学委員会水害調査団からは調査へのサポートや情報提供など、多くのご支援を頂きました。また、国土交通省北陸地方整備局および石川県土木部河川課には貴重なデータをご提供頂きました。本研究は、JSPS科研費JP24K01135およびR6年度河川

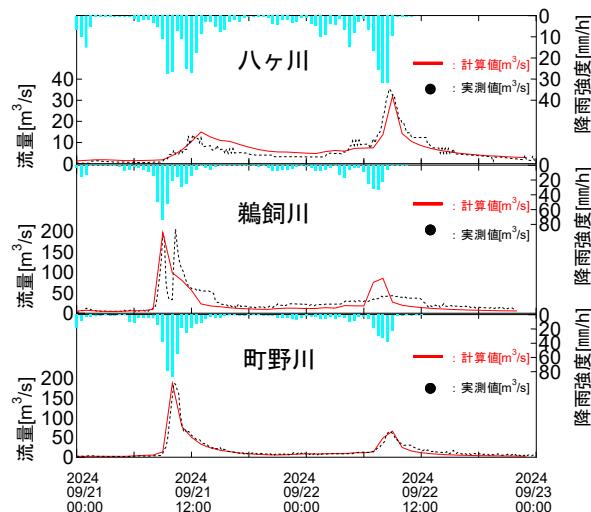


図-3 キャリブレーション結果

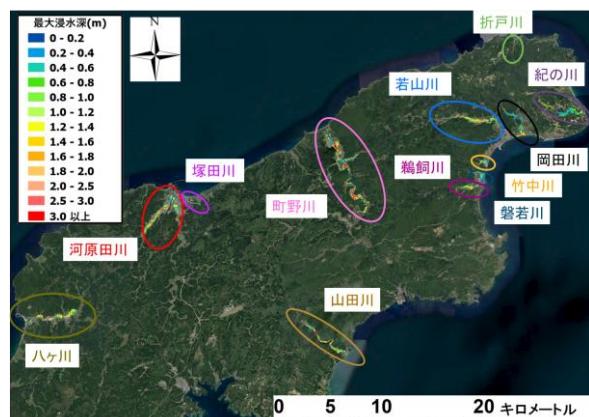


図-4 対象流域における洪水氾濫解析結果

砂防技術研究開発公募「急流河川に適した流域治水オプションと水害リスク情報の開発」の助成を受けたものです。末尾ですが、ここに記して、感謝の意を表します。

引用文献

- (1) 国土交通省：能登半島での地震・大雨による被害とこれまでの対応、能登半島での地震・大雨を踏まえた水害・土砂災害対策検討会（第1回），資料2-2，2025.1.14.
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/ken_toukai/noto_kentoukai/dai01kai/pdf/04_shiryo04.pdf (2025年7月24日閲覧)
- (2) 呉修一・山田正・吉川秀夫（2005）表面流の発生機構を考慮した斜面多層降雨流出計算手法に関する研究、水工学論文集 48:169-174

P-08

富山県における微生物粒子個数濃度の動態

○山本彩人¹・森智晴¹・内藤拓洋¹・山田奈於¹・渡辺幸一¹

¹富山県立大学

はじめに

バイオエアロゾルは、細菌や真菌、ウイルス、花粉などの生物由来のエアロゾルであり、呼吸器系への健康影響が懸念されるだけでなく、氷晶核や雲凝結核として雲の形成と気候変動に影響を及ぼす可能性が示されている(Pöschl and Shirakawa, 2015)。そのため、健康リスク評価や大気環境の将来予測において、微生物粒子個数濃度の連続計測は重要であるが、国内ではこのような連続計測事例がほとんど報告されていない。

本研究では、微生物粒子個数濃度を連続計測し、その時間変動特性および発生源を明らかにすることを目的とした。

方法

富山県立大学中央棟 7 階において、2025 年 5 月 12 日 18 時から 7 月 5 日 15 時まで、3 時間毎にリアルタイム浮遊菌カウンタ(BioTrak 9510-BD, TSI 社)を用いて粒径 0.5-10 μm の全粒子個数濃度および微生物粒子個数濃度を測定した。本装置はレーザー励起蛍光法により微生物粒子を識別する。同時期に、富山県立大学中央棟屋上にて晴天日に大気中 PM2.5 をサンプリング(23 時間, 23.046 m^3/day)し、イオンクロマトグラフ法により化学成分を分析した。また、HYSPPLIT モデルにより後方流跡線解析を行った。

結果と考察

2025 年 5 月から 7 月の全粒子個数濃度と微生物粒子個数濃度の時系列を図 1、図 2 に示す。両濃度が同時に増加する場合と、全粒子個数濃度のみが増加する場合が確認された。

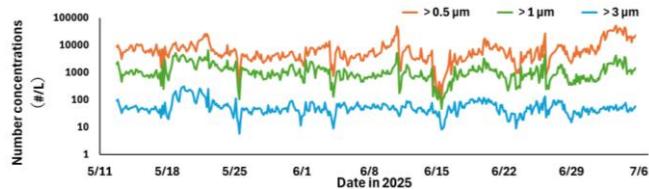


図 1. 富山県の全粒子個数濃度の時系列

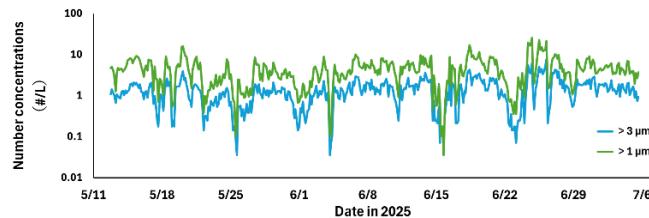


図 2. 富山県の微生物粒子個数濃度の時系列

5 月 20 日および 6 月 18 日には $>1 \mu\text{m}$ の粒子が増加し、PM2.5 成分分析により Ca^{2+} 濃度の増加が確認された。後方流跡線解析により中国からの大気輸送が示されたことから、黄砂の長距離輸送と考えられる。6 月 26 日には微生物粒子個数濃度が最も高く、大気は太平洋側から中部地方上空を経由しており、中部山岳域由来の微生物の可能性が考えられる。

一方、5 月 22 日、6 月 13 日、7 月 3 日には全粒子個数濃度のみが増加した。5 月 22 日および 7 月 3 日には $>0.5 \mu\text{m}$ の増加が顕著で、九州からの大気輸送が確認された。5 月中旬以降の桜島、6 月下旬以降の新燃岳の火山活動が確認されており、火山噴煙の影響と推定される。6 月 13 日は中国の工業地域を通過しており、越境汚染が要因と考えた。

周期解析の結果、1 日周期および約 5 日周期が確認され、大気境界層の日変化や移動性高低気圧の影響が示唆された。

引用文献

- Pöschl, U. and Shiraiwa, M (2015). Multiphase chemistry at the atmosphere-biosphere interface influencing climate and public health, Chemical Reviews, Vol. 115, pp. 4440-4475.

P-09

融雪期の山岳表層雪の冷蔵保存中における化学成分の時間変化

○森智晴¹・大納涼雅²・山崎雄太²・渡辺幸一²岩本怜佳³・酒徳昭宏³・田中大祐³¹富山県立大学大学院 M1・²富山県立大学工学部・³富山大学理学部

はじめに

立山などの山岳域では融雪期に、雪氷藻類の繁殖により赤色に着色した雪および非水溶成分であるブラックカーボンや鉱物粒子の濃縮による汚れ雪が生成される。着色雪はアルベドを低下させ融雪を促進し、気候変動を加速させる一因となっている。そのため、雪氷藻類や非水溶成分と、表層雪中の化学成分との関係性を解明することが重要である。しかしながら、融雪期には積雪中の水溶成分が溶脱するため、融雪期の表層雪中の化学成分についての調査事例は十分でない。本研究では、融雪期の立山などにおける表層雪の採取を行い、それらの冷蔵保存中のイオン成分濃度の変化について評価した。

方法

2024 年の融雪期の立山・室堂周辺および乗鞍岳において着色した表層雪を採取し、融解させないまま富山県立大学に持ち帰り冷凍保存した。試料解凍後、ろ過（孔径 0.45 μm）と未ろ過試料に分け、主要イオン成分をクロマトグラフ法で測定した。解凍した表層雪試料は冷蔵保存し、一週間毎に主要イオン成分を測定した。ろ過フィルターについては SEM-EDX 解析を行った。また、冷蔵保存した室堂周辺の表層雪試料について細菌叢解析を行った。富山大学理学部の田中研究室内で DNA 抽出および 1stPCR を行った後、16S rRNA V3/V4 領域のアンプリコンシーケンス解析を株式会社生物技研 (<https://gikenbio.com/>) に依頼した。

結果・考察

2024 年の融雪期の立山・室堂周辺で採取された着色表層雪試料では、未ろ過状態で冷蔵保存中に SO_4^{2-} 濃度および NH_4^+ 濃度の大幅な増加がみられた。 pH は一時的に低下したが、その後上昇した。特に、「室堂東部」と「雪の大谷」で採取した試料において著しく SO_4^{2-} 濃度が増加した（図 1）。また、 NH_4^+ 濃度も上昇した。一方、ろ過試料では両イオンの冷蔵保存中の増加はみとめられなかった。「室堂東部」と「雪の大谷」の試料をろ過したフィルター上には非水溶性の硫黄が確認された。

細菌叢解析の結果から、「室堂東部」と「雪の大谷」の試料において硫黄酸化細菌である *Sulfuriferula* 属が有意に検出された。同試料においては、窒素固定菌である *Paraburkholderia* 属の存在もみとめられた。室堂周辺の表層雪試料中の SO_4^{2-} 濃度が冷蔵保存中に激増したのは、融雪期に濃縮した（付近に存在する）火山由来の非水溶性硫黄が、硫黄酸化細菌により酸化されたためと考えられる。また、窒素固定菌が確認されたことは、貧栄養環境である室堂周辺における窒素循環の解明としての意義が大きいといえる。

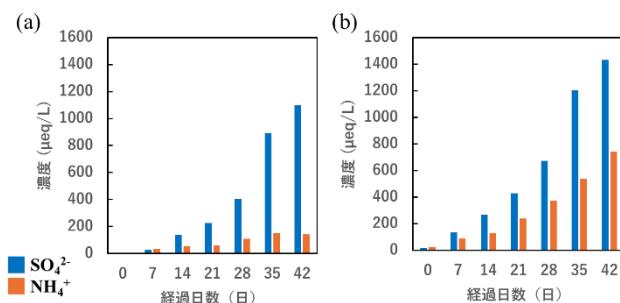


図 1. 融雪期の未ろ過試料の冷蔵保存中の

 SO_4^{2-} および NH_4^+ 濃度の時間変化

(a ; 室堂東部 2024 年 7 月 5 日採取,

b ; 雪の大谷 2024 年 8 月 11 日採取)

P-10

北陸地方における地上および上空大気中の過酸化物濃度の測定

○内藤拓洋¹⁾, 大納涼雅¹⁾, 山崎雄太¹⁾, 森智晴¹⁾, 山本彩人¹⁾, 青木悠華¹⁾, 田谷つぐ美¹⁾, 山田奈於¹⁾, 渡辺幸一¹⁾, 濱本倫太郎²⁾, 中島光貴²⁾, 石野咲子²⁾
¹⁾富山県立大学, ²⁾金沢大学

はじめに

大気中の H_2O_2 などの過酸化物は、主に O_3 を介した光化学反応などによって生成され、 SO_2 の主要な酸化剤として働いているなど極めて重要な役割を果たしている。通常、過酸化物濃度は夏季に高く冬季には非常に低くなり他の酸化剤による硫酸塩生成や、 SO_2 と HCHO との反応によりヒドロキメタンスルフォン酸塩の生成が卓越すると考えられる。 HCHO などのアルデヒド類は一次排出される他に、炭化水素類の酸化過程において O_3 などと共に二次生成される。過酸化物とアルデヒド類の測定データの蓄積が重要となるが、東アジア域上空での同時観測例は非常に少ない。本研究では、富山県など北陸地方において、地上および上空大気中の過酸化物濃度をアルデヒド類などと共に測定し、それらの変化特性や SO_2 の液相酸化過程への影響について考察する。

方法

金沢大学内（石川県金沢市）および、R44 型ヘリコプター（アドバンスドエアー社保有）を利用した射水市上空の大気観測を行った。ヘリコプターでの観測では、高度毎（高度約 1200m および 2400m）に水平旋回飛行し、ミストチャンバー法により 10 分間過酸化物やアルデヒド類を捕集液に採取した。サンプリング終了後、直ちに金沢大学構内へ下降し（捕集液を入れた）ポリ瓶を超低空で投下、実験室へ運び速やかに HPLC 法により測定を行った。ヘリコプターの後部座席には、 O_3 測定器、 SO_2 測定器およびパーティクルカウンター（OPC）を設置し測定を行った。

結果と考察

地上大気中の過酸化物およびアルデヒド類は 7, 8 月に濃度が極大となる季節変化を示し

た。2025 年 6 月には（気温が高く、晴天日が継続し）高濃度の H_2O_2 が度々計測された。また、2025 年 5 月には桜島の噴煙に由来する比較的高濃度の SO_2 が観測されており、 H_2O_2 濃度へ影響を与えていたものと考えられる。

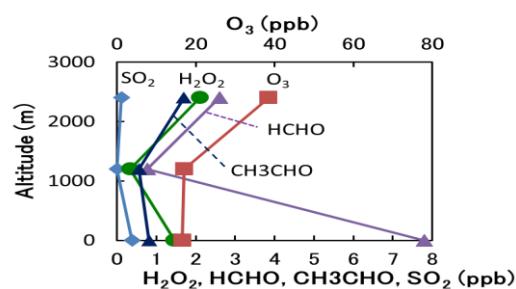


図 1 金沢市上空の微量気体成分濃度測定結果

図 1 に 2025 年 8 月 15 日に実施した金沢市上空の微量気体成分濃度の測定結果を示す。2025 年 8 月 15 日の金沢市上空の観測では高度 1200m で相対湿度が 85% 以上であり H_2O_2 、 HCHO 濃度が小さかったため潮解粒子への溶け込みが考えられる。高度 2400m でのアルデヒド類と O_3 濃度が比較的高い理由としては韓国からの越境汚染の影響が考えられる。

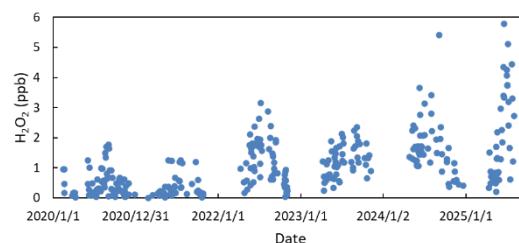


図 2 富山県立大学における H_2O_2 の過去 5 年間のデータ

引用文献

渡辺ら、ヘリコプターを利用して富山県上空における過酸化水素およびホルムアルデヒド濃度の測定(II), 日本地球化学学会, (2024),

P-11

狭葉性ヒルムシロ属 3 種が関わる種間雑種の推定

○三浦克仁¹・廣田峻²・石川直子³・陶山佳久³・志賀隆⁴¹新潟大学大学院 M2・²福島大学共生システム理工学類・³東北大学大学院・⁴新潟大学教育学部

はじめに

ヒルムシロ属 *Potamogeton* L. (ヒルムシロ科) は、世界中の湖沼やため池、河川に広く生育する多年生の沈水～浮葉植物である。水生植物の中で最も多様化しているグループの一つで、生育環境によって形態の変異が著しく、分類が難しい属として知られている (角野・飯田 2021)。ヒルムシロ属植物は、線形の細長い葉を持つ狭葉性の種群 7 種と、橢円形～披針形の幅広い葉をもつ広葉性の種群 11 種に大別される (角野・飯田 2021)。

ヒルムシロ属は交雑由来の個体群や雑種種分化した分類群が多数知られており、これまでに世界で 100 種以上、日本でも 15 分類群の雑種が報告されている (Wiegleb and Kaplan 1998, Kaplan et al. 2013, 角野・飯田 2021)。このうち、狭葉性ヒルムシロ属種群が関係する種間交雫は、広葉性種群が関わるものに比べて研究が著しく遅れている (Kaplan 2010)。これは、狭葉性種群の栄養器官の形態変異が連續するために、推定親種や交雫起源と思われる植物の分類が困難であることがその一因となっている (角野・飯田 2021)。形態変異が連續する狭葉性種群において、種間交雫の実態を明らかにするためには、形態形質の比較に加えて、DNA 解析による精度の高い親種の推定や種間の遺伝子流动の解明が必要である。

日本を含む東アジアにおける種間交雫の実態解明が必要な狭葉性ヒルムシロ属植物として、ミズヒキモ *P. octandrus*, コバノヒルムシロ *P. cristatus*, ホソバミズヒキモ *P. tenuicaulis* が挙げられる (以降、3 種をまとめてミズヒキモ類と呼ぶ)。発表者らは、日本で新たにホソバミズヒキモを発見し、3 種の形態的・遺伝的差異を明らかにしたが (三浦ほか 2025 年日本植物分類学会), これらが関係する種間交雫の実態に

ついては未解明な点が多い。これまでミズヒキモ類が親種と考えられている雑種は、未記載を含め 4 分類群が挙げられる (表 1)。

そこで本研究では、これら 3 種が関係する可能性がある種間交雫の実態を明らかにするために、SNP 解析により推定交雫個体の雑種化状態を評価した。

材料と方法

推定雑種個体およびその親種候補のサンプルは、2023～2024 年に国内で実施した野外調査のほか、新潟大学植物標本庫 (NGU) および東北大学植物標本室 (TUS) に収蔵されている標本資料から得た。計 68 集団 223 サンプルについて、MIG-seq (Multiplex ISSR Genotyping by sequencing) 法を用いてゲノム縮約情報を取得了。得られた SNP データを用いて、STRUCTURE v.2.3.4 (Pritchard et al. 2000) により推定祖先集団 (K) を 1～8 としてクラスタリングを行った。また、サンプル間の遺伝的類似度を計算し、PCoA によって各サンプルの遺伝的関係を確認した。さらに、NewHybrids v.1.1

(Anderson and Thompson 2003) を用いて雑種化状態の推定を行った。これら上記の DNA 解析の結果に基づき、当該標本の形態形質の再検討を行った。

表 1. ミズヒキモ類が関係するヒルムシロ属の雑種。角野・飯田 (2021) を改変。

和名・学名	両親種	文献
オオミズヒキモ <i>Potamogeton × kamogawaensis</i>	ミズヒキモ? × ヤナギモ	Miki (1934), 山口ほか(2007)
ツツミズヒキモ <i>P. × tosaensis</i>	ミズヒキモ? × ツツイモ	Horii et al. (2017)
(和名・学名未定)	オヒルムシロ × ミズヒキモ?	未発表
ツガルミズヒキモ (仮称) (学名未定)	エゾヒルムシロ × ホソバミズヒキモ	未発表

結果

オオミズヒキモと同定されていた 5 集団 6 サンプルのうち、ヤナギモとミズヒキモを親種とする個体は、2 集団 2 サンプルが確認された。2 サンプルは F1 雜種と推定された。

ツツミズヒキモと同定されていた 10 集団 14 サンプルのうち、ミズヒキモとツツイトモの交雑由来と考えられたのは 5 集団 6 サンプルであった。また、確認された交雑個体 ($n=5$) が F2 雜種と推定された。ホソバミズヒキモとツツイトモの交雑個体は確認されなかった。

ツガルミズヒキモ（1 集団 6 サンプル）はすべてエゾヒルムシロ *P. gramineus* とホソバミズヒキモの交雑由来であり、すべて F1 雜種である可能性が示唆された（図 1）。

また、これまで未報告のイトモ *P. berchtoldii* とホソバミズヒキモの交雑由来と考えられる個体が 3 集団 4 サンプル発見され、すべて F1 雜種 ($n=2$) もしくは F2 雜種 ($n=2$) と推定された。これらの標本は、ホソバミズヒキモおよびミズヒキモ類の特徴である浮葉形成と、イトモの特徴である 2 段の花序の両方が見られ、両親種の中間的な形質を有していた。

考察

ミズヒキモ類が関係する雑種の親種は、形態的特徴によってもともと推定されていたものと、STRUCTURE 解析の結果とがほとんど一致した。

オオミズヒキモやツツミズヒキモで F2 雜種が確認された一方で、ツガルミズヒキモでは F1 雜種しか確認されなかった。この違いには、親種の倍数性の違いが関係している可能性がある。ヒルムシロ属は、広葉性の種群が主に 4 倍体、狭葉性の種群が主に 2 倍体である（Kaplan et al. 2013）。オオミズヒキモやツツミズヒキモは、親種が 2 倍体同士の雑種であるため、F1 以降の個体が生じやすい可能性がある。

一方、2 倍体（ホソバミズヒキモ）と 4 倍体（エゾヒルムシロ）の雑種であるツガルミズヒキモは、3 倍体である可能性がある。また、花

粉稔性は、 $14.2 \pm 5.0\%$ ($n=3$) とほとんどないことがわかっている（三浦ほか 2024 年日本植物分類学会）。F1 以外の個体が確認されない理由にはこれらが関係しているのかもしれない。

ミズヒキモ類が関係すると推定されていた雑種のうち、コバノヒルムシロが親種と考えられる集団・個体は確認されなかった。これは、コバノヒルムシロの集団数・個体数が少ないことが大きな要因と考えられる。また他の要因として、ミズヒキモやホソバミズヒキモと比べて遺伝子交流をしにくいという特徴を有している可能性も考えられる。今後、3 種の染色体数、フェノロジーを明らかにするとともに、交配試験を行う必要があるだろう。

また、本研究ではいくつかの標本で誤同定が確認された。これには、日本ではこれまでミズヒキモとホソバミズヒキモが混同して認識されていたこと、ヒルムシロ属はしばしば栄養体のみで生育しており、花や果実などの識別点が確認できること、などいくつかの理由が考えられる。このような誤同定は、他の標本庫においても起きていると考えられるため、今後他の標本庫での調査を進めることで新たな雑種の発見にもつながると考えられる。

今回の解析では倍数性を考慮した解析を行っていない。本発表では、倍数性を考慮した解析結果についても報告する予定である。

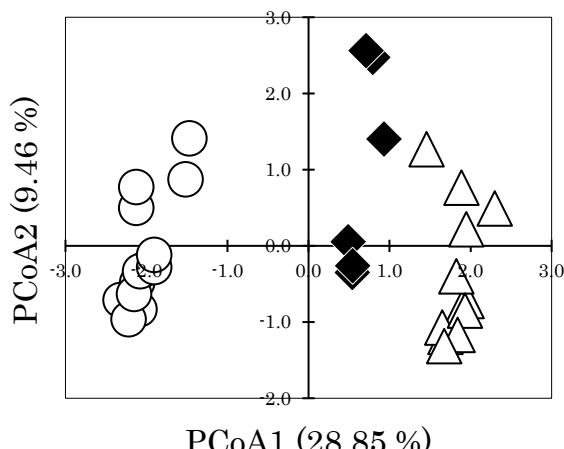


図 1. ツガルミズヒキモ（◆）、ホソバミズヒキモ（○）、エゾヒルムシロ（△）の遺伝距離をもとにした主座標分析の結果。

P-12

稻作農業残渣のバイオ炭化による温室効果ガス排出削減とその経済性の評価

○井畠 裕樹¹、小林南斗²、前田勇輝¹、多田真咲¹、

諸橋麻紀²、大野正貴¹、小瀬知洋¹

¹新潟薬科大、²新潟薬科大院

はじめに

日本では農業分野からのメタン排出量はメタン総排出量の約 8 割を占めており、中でも最大のメタン排出源である稻作はメタンガス全体の 44%を占める¹⁾。この一因として穀殻・稻わらの野焼きが禁止され、多くの場合、代掻き時に直接漉き込まれることがある。稻作は中干期と収穫前の落水後を除いて湛水状態で行われるため、農繁期には土壤が嫌気化する。この直前の代掻き時に農業残渣を漉き込むとメタン生成を助長することが懸念される。

一方、一部 JA などが推奨する田面水のない稻刈り後に、農業残渣の漉き込む農法はメタン生成の抑制が期待できるが、土壤中の漉き込み物の分解は二酸化炭素を生じ、バイオマス生産による炭素固定を浪費しているという見方もできる。この対応策として 2020 年にバイオマスの炭化・難分解化後の農地施用が J クレジット制度の認証対象となった。加えて 2023 年には中干期間の延長による水田からのメタン生成の削減が J クレジットの認証対象に追加されたが、易分解性の農業残渣の炭化によってメタン生成が抑制可能かは明らかでない。

稻作農業残渣に牡蠣殻、鉄鋼スラグ等を Ca 源として添加したのちに燃焼炭化することで、リン吸着能を有する高機能バイオ炭が作成でき²⁾、これの水田施用によって施肥したリンの流出を抑制できることが確認されている³⁾が、この稻作農業残渣の高機能バイオ炭化によるメタンガス生成の削減効果は明らかでない。

そこで本研究では、高機能バイオ炭を施用

した水田における稻作における温室効果ガス低減効果を検討した。

実験方法

新潟県五泉市に位置する実水田内に 10 m² 程度の小区画を作成し、試験栽培を行った。区画には発生量と同量の稻作農業残渣（もみ殻および稻わら）、もしくは同量の稻作農業残渣に鉄鋼スラグを Ca 源として添加し、燃焼炭化を想定した 400 °C で炭化した高機能バイオ炭を代掻き時に漉き込み施用した。

各区画では 4 月の代掻き直前から 12 月まで、中干などの実際の稻作における用水管理の変更時期を踏まえて、およそ 1 か月間隔でメタン発生量の測定を行った。メタン測定用試料の採取は試験水田の土面に円筒形のアクリルチャンバー（内径 190 mm）を稻一株を覆うように設置し、現地に 2~3 日間程度留置し、チャンバー内空気を採取してメタン生成量の評価に供した。チャンバー内空気中のメタン濃度を Molecular Sieve 5A を装着した GC-FID(GC-8A) で測定し、メタン生成量を評価した。

結果および考察

図 1 に各施用物におけるメタン生成量の積算値を代掻きに伴う施用後の経過日数に対する推移を示した。分解性が高いと考えられるもみ殻・稻わらにおいては施用から 30 日でメタン生成が増加し始め、76 日時点の中干後には概ね終息した。これは同系列の区画が比較的水はけがよく、本年度の酷暑もあり中干後の間断灌漑時に頻繁に土面が干出した影響もあると考えられた。高機能バイオ

炭では稻刈り前の落水時までメタン生成が持続したが、総発生量はもみ殻・稻わらと比較して 42% 少なかつた。

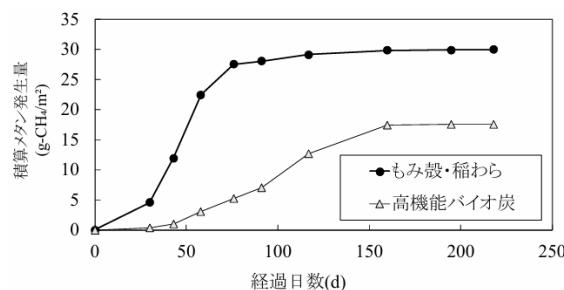


図 1 各施用物における積算メタン排出量

この結果に基づいたもみ殻・稻わら施用時と高機能バイオ炭施用時の炭素収支を図 2 に示す。高機能バイオ炭施用時のメタン生成量は 8.8 kg-CH₄/10a であり、もみ殻・稻わら施用時の 15 kg-CH₄/10a と比較して 42% 減少した。炭素収支に基づく好気分解に伴う CO₂ 発生量は 127 kg-CO₂/10a であり、もみ殻・稻わら施用時の 582 kg-CO₂/10a か

ら 78% 減少した。温室効果ガス (GHG) 全体では、64% の削減が見込まれる。

これを森林経営 (8,800 円/t-CO₂) やバイオ炭施用 (50,000 円/t-CO₂) と同程度の価格で販売した場合、2,690~15,280 円/10a の収益が見込まれる。また前述のメタン生成削減が既存の中干期間延長のクレジットと同価格で販売された場合、3,730 円/10a の収益が見込まれ、合計 6,420~19,010 円/10a の収益が見込まれる。

参考文献

- 1) 国立環境研, CGER リポート (2023)
- 2) 武田ら, 第 29 回環境化学討論会, 大阪 (2019)
- 3) 小林ら, 第 57 回水環境学会年会, 愛媛 (2023)

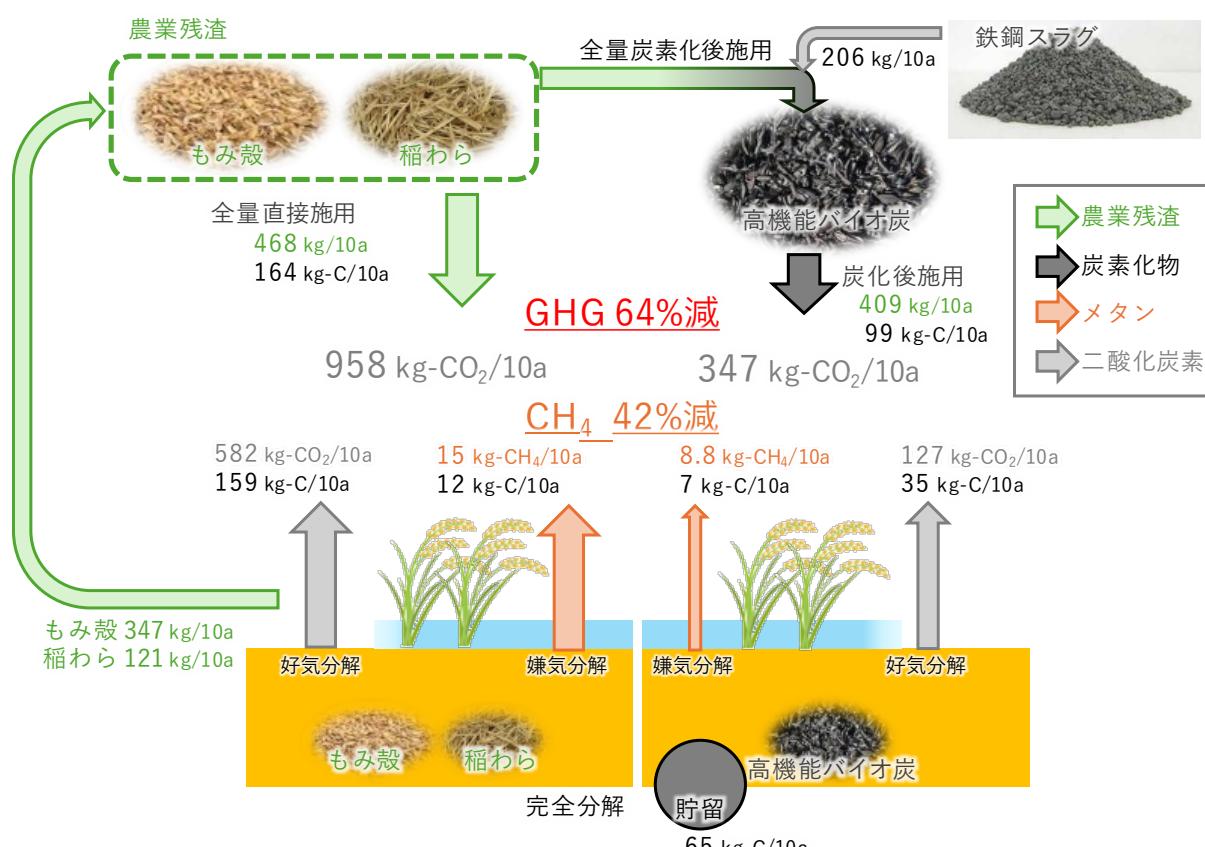


図 2 農業残渣施用法が水田からの温室効果ガス生成量に及ぼす影響

河川水及び水道水中のネオニコチノイド系殺虫剤の季節変動

○萩原 稔太¹、小林南斗²、諸橋麻紀²、大野正貴¹、小瀬知洋¹¹新潟薬科大・²新潟薬科大院

はじめに

近年、ネオニコチノイド系殺虫剤(NNI)は稲作をはじめとする幅広い用途で使用されている。特に、新潟県ではジノテフラン(DIN)の出荷量が2021年に12.6 tと全国一位であり¹⁾、カメムシによるイネの斑点米対策の共同防除として7月下旬から8月上旬にかけて空中散布が行われている²⁾。しかし、空中散布による水田施用に伴う飛散や、降雨などによる田面水の落水に伴って河川への流出が起り、水道原水中に混入し、時として浄水処理後の水道水に残留することが報告されている³⁾。既報では、秋田県内の河川を原水とする水道水中のジノテフラン(DIN)の最大濃度が0.87 µg/Lと⁵⁾、EUで飲用水中の農薬類の一律規制濃度として設定されている0.1 µg/Lを超過する値が報告されている。従って、DINの使用が盛んな新潟県においても稲作時の農薬施用に伴う水道水中のNNIの濃度レベルを把握する必要がある。そこで本研究では、河川水及び水道水中のNNIの季節変動を調査し、DINについて浄水処理工程における活性炭処理の影響を評価した。

方法

NNI中でも新潟県内における出荷量が多いDIN、クロチアニジン(CLO)、及びイミダクロプリド(IMI)を対象とした。河川水及び水道水中の季節変動の評価には新潟市近郊のA、B、C、及びD浄水場の取水口付近の下流部における河川水及び、それぞれの浄水場から配水を受ける地域の一般住宅で水道水を、農繁期を中心に採水した。なお水道水の採水は河川水の2~3日後に行った。河川水試料は、250 mLを1 M塩酸でpH 3.0に調整後、ガラス纖維ろ紙(47 mm、1.0 µm)でろ過した。ろ液はOasis HLB(200 mg)を用いて固相抽出し、5 mLのメタノールで溶出した。溶出液は窒素ガス

でおよそ0.25 mL(1000倍)まで濃縮し、内標準物質としてCAR-d₃を12.5 ng添加した。水道水試料は、試料量を1000 mL、抽出固相にOasis HLB(500 mg)を用い、0.25 mL(4000倍)まで濃縮した点以外は、河川水と同様の操作を行った。これらの試料はLCMS-8030(SHIMADZU)で測定した。添加回収試験の結果、対象NNIの回収率は河川水において86~112±2~3%、その法定量下限値(MDL)は0.005、0.008、及び0.006 µg/Lであった。水道水における回収率は91~115±1~5%、MDLは0.001、0.002、及び0.002 µg/Lであった。

同一の浄水場における河川水および水道水中のNNI濃度から(1)式に従い、除去率R(%)を算出し、その評価を行った。

$$R = \frac{(Cr - Ct)}{Cr} \times 100 \quad \cdots (1)$$

但し、Cr(µg/L)は河川水中の、Ct(µg/L)は水道水中の各NNI濃度である。

なお、対象とした4つの浄水場はいずれも急速ろ過池を備え、A浄水場は生物活性炭処理(BAC)及び粉末活性炭処理(PAC)を併用している。B、C及びD浄水場はPACのみを使用していることが自治体の公開情報から確認されている。

結果および考察

河川水及び水道水中のNNI濃度の季節変動を図1左軸に示す。DINは河川水及び水道水とともに8月に最大濃度が確認され、濃度はそれぞれ0.58及び0.091 µg/Lであり、CLO、及びIMIのそれと比較して1オーダー以上高かった。DINの濃度上昇時期は、前述の共同防除の実施時期と一致しており、DINの濃度上昇は、これに起因したと考えられる²⁾。CLOは河川水が6月、水道水の場合は9月に最大濃度が確認され、それぞれ、0.026及び0.007 µg/Lであった。IMIは河川水及び水道水ともに6月に最大濃度が確認され、それぞれ0.019

及び $0.002 \mu\text{g/L}$ であった。

図 1 右軸に式(1)に基づいて算出した除去率を示す。DIN、CLO、及び IMI の除去率は、各浄水場で-27~98%の範囲であったが、いずれの農薬においても 6 月から 8 月にかけて除去率が高く、9 月以降は低かった。各浄水場における PAC 使用の有無に関する時期的な情報は得られていないが、9 月以降は PAC 処理が行われておらず、除去率が低下したのではないかと推察された。その一方で、河川水中の濃度が高かった DIN の施用時期である 8 月には、全ての浄水場において高い除去率を示しており、いずれの NNI も EU における飲用水中の一律規制濃度である $0.10 \mu\text{g/L}$ を常に満たしていた⁴⁾。

また、BAC を併用している A 浄水場における DIN の除去率が PAC のみ使用する 3 つの浄水場と比較して高い傾向はみられなかった。この傾向は PAC が使用されていなかったと推察された 9 月以降も同様であった。検出頻度が低かった IMI においては評価が困難であったが、CLO においても同様の傾向が確認された。これらから、DIN および CLO に対しては BAC の効果は薄く、主として PAC によって除去されていると推察された。

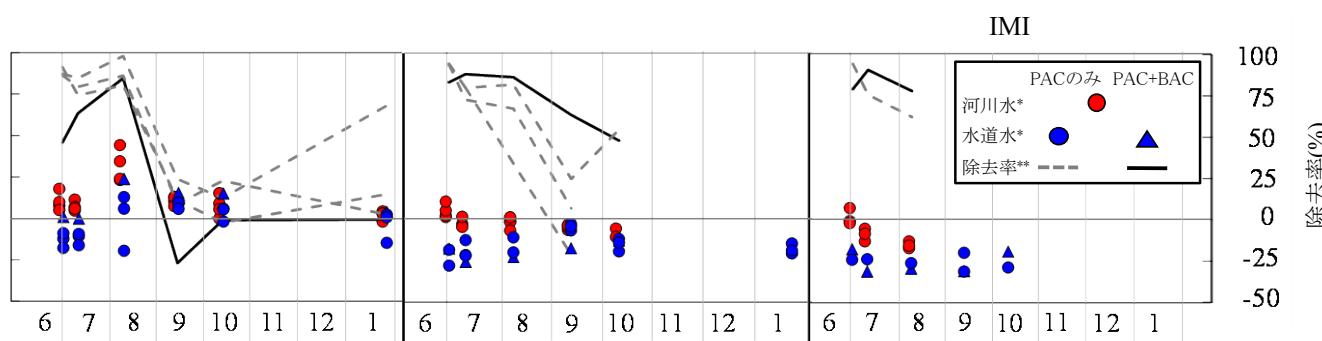
結論

新潟市近郊における河川水及び水道水中の NNI の季節変動の評価を行った結果、8 月における DIN

で最大濃度が確認され、それぞれ 0.58 及び $0.091 \mu\text{g/L}$ であった。河川水と水道水濃度の比較に基づく除去率は PAC が使用されていたと推察される時期において十分に高く、いずれの時期においても水道水中の NNI 濃度は EU の飲用水基準を満たしていた。処理法の異なる浄水場間の比較からは、NNI に対しては BAC の効果は薄く、主として PAC によって除去されていると推察された。

引用文献

- 1) 農薬出荷量データ ジノテフラン 化学物質 DB/Webkis-Plus
- 2) 新潟県農業総合研究所: 令和 2 年度研究成果情報, 1-10, (2021)
- 3) 佐藤学ほか: 水環境学会誌, 39, 153-162, (2016)
- 4) COUNCIL DIRECTIVE: *Official Journal of the European Communities*, 330, 32-54, (1998)
- 5) 山室真澄: *Japan Society of Endocrine Disrupter Research*, 25(4), 12-14, (2023)
- 6) 藤内宣博ほか: 水道協会雑誌, 88(3), 2-15, (2019)



*: 河川水、水道水中濃度は検出時のみ表示した。

MDL (DIN/CLO/IMI) ($\mu\text{g/L}$) は河川水($0.005/0.008/0.006$)、水道水($0.001/0.002/0.002$)

**: 除去率は河川水、水道水の双方から検出された際のみ算出した。

図 1 河川水及び水道水中の NNI の季節変動とその除去率

P-14

水素酸化脱窒リアクター内の有機炭素生成の研究： 脱窒反応におけるプラスチックモノマーの役割

○片山浩惇 1・亀井樹 2

¹ 山梨大学大学院 M1, ² 山梨大学国際流域研究センター

はじめに

本研究室では独立栄養性水素酸化脱窒細菌を用いた脱窒処理装置の開発を行ってきた。これまでの研究で、無機炭素含有地下水の脱窒処理水中に、不揮発性有機物濃度が増加することや、内部の微生物が生分解ポリマーの合成能力や芳香族化合物分解能力を有することが明らかとなっており、装置内部に有機物合成経路が存在し微生物の代謝に影響を与えていた可能性が示唆されている。炭素固定された有機物等が主な合成経路であると考えられるが、多くの脱窒装置がプラスチック容器を利用していったことからプラスチックの分解もまた供給経路の一つとして考えられる。プラスチック分解細菌はアルカリ環境¹⁾や還元環境²⁾から分離されており、脱窒装置内部の環境と酷似していることから分解細菌が存在している可能性もあるが詳細は不明である。

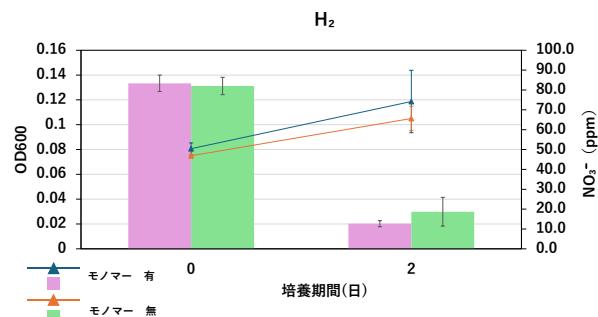
そこで本研究では、リアクター内の有機物供給経路を明らかにするために、PETの原料であるモノマーを基質として利用する能力を調べることを目的とした。

方法

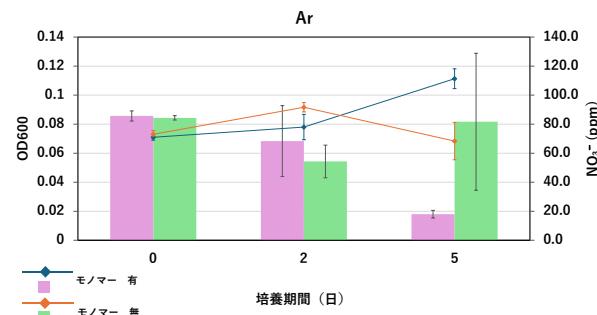
本研究室の水素酸化脱窒装置から分離した、芳香族化合物分解能力を持つ *Thauera phenylacetica* B4P 株に近縁の MR-1 株を実験に利用した。この細菌を、脱窒処理実験に利用する模擬地下水中(AG 培地)に波長 600nm の細菌光学密度(OD600)が 0.08 になるように懸濁した。AG 培地に含まれている無機炭素を添加せず、PET モノマーであるジメチルテレフタレート(DMT)を炭素源として添加し、脱窒の際に必要となる電子をモノマーから得る能力を解明するため行った。これらの実験は気相部を水素またはアルゴンガスで置換し嫌気環境とし、培養は 10 日間で 30°C の暗所かつ 200rpm で振とう下で実施した。

結果と考察

PET モノマーである DMT を添加した条件における細菌濃度と硝酸イオン濃度の変化を示した(図 1)。水素ガス環境下での硝酸イオン除去率と細菌濃度の増加率は、モノマー有の条件では 84.7±2.43%、46.4±23.0%、モノマー無の条件では 76.9±10.4%、39.9±12.8% であった。モノマーを含有する条件でより高い硝酸イオン除去率と OD 増加率を示したことから、MR-1 株は水素に加え、モノマーも電子供与対として脱窒を行い、増殖を行う可能性が示唆された。



脱窒基質としてモノマーが利用されるか調べるために、アルゴンガス環境下の硝酸と細菌濃度の変化を調べてみたところ、明瞭な硝酸イオンの現象が確認された(図 2)。ことから、モノマーから電子を獲得し脱窒を行ったと考えら、MR-1 株はプラスチックがモノマー化されれば脱窒基質として利用できること可能性が示唆された。よって、リアクター内に PET をモノマー化することが可能な細菌がいると考えられる。



引用文献

- 1) Zeming, C et al, 2023, Microorganisms 2023, 11, 1661
- 2) Kyohei Kuroda et al, 2022, Chemical Engineering Journa

甲府市帶那地区の環境保全型水田と慣行型水田で 確認された植物と大型藻類

○市川大和¹・芦澤優希²・芹澤(松山)和世³・芹澤如比古³

¹ 山梨大学教育学部 B3・² 山梨大学教育学部 B4・³ 山梨大学教育学部

はじめに

近年の水稻栽培では高い生産量を維持するために、化学農薬や化学肥料を大量に使用する栽培体系が一般的となっている。しかし、SDGsにも掲げられている様に、「陸上の生態系と、内陸の淡水地域の生態系、および、それらがもたらす自然の恵みを、守り、回復させ、持続可能な形で利用できるようにする」ためには、農薬や肥料に頼らない里山生態系や生物多様性に優しい持続可能な農業を模索していく必要がある。山梨県内には完全無農薬で無肥料にも関わらず品質の高い米(食味値 90 点前後)を出荷している生産者がいる。この水田では、水田内の雑草は年に数回しか刈らず、堆肥も化学肥料も施用しない農地管理(自然農法)を 10 年以上実施している。本研究ではこの無農薬無肥料栽培水田と近隣の慣行栽培水田に生育する植物と大型藻類の種組成を比較し、保全型に特徴的な種を明らかにするとともに、その役割を考察することを目的に研究を行った。

方法

調査地は甲府市千代田湖近傍の帶那地区 3 地点(上帶那町 2 地点と下帶那町 1 地点)の無農薬無肥料栽培水田(保全型)と、ほぼ同じ面積の近隣の慣行栽培水田(慣行型)、計 7 枚[面積を合わせるため下帶名町の 1 地点では保全型 2 枚と慣行型 1 枚]とした。2025 年 6~8 月の水田に水が張られている期間に毎月 1 回(8 月は 2 回)各水田の 3~4 辺を歩いて水田内の植物と大型藻類(多細胞性的糸状藻など)を徒手または採集器(玉網の柄に貝取り器を取り付けたもの)を用いて採集し、

肉眼または顕微鏡を用いて観察して種を同定し、押し葉標本またはプレパラート標本の作製を行った。環境要因として、各水田の水を採水し、水温、pH、電気伝導率、塩分、濁度、DO の測定を多項目計(YSI, ProDSS), pH 計(東亜 DKK, HM-30P), DO メーター(Hach, LDO 101& HQ30d)を用いて測定した。各調査地点で確認された湿生・水生植物と大型藻類の種組成について Jaccard 距離を算出し、クラスター解析を行なった。なお、湿生植物と水生植物の判別は日本産水生・湿生植物チェックリスト(首藤ら 2019)にしたがった。解析は R studio を用いて vegan パッケージから Jaccard 距離を算出し、cluster パッケージから Ward 法を用いてデンドログラムを作成した。

結果と考察

調査期間中に湿生植物 9 種(タマガヤツリ、ヒナガヤツリ、イヌビエ、クサネム、ホソバヒメソハギ、チヨウジタデ、ミゾカクシ、アメリカセンダングサ、タカサブロウ)、水生植物 14 種(イチョウウキゴケ、サンショウモ、アオウキクサ、ウキクサ、オモダカ、ヒロハトリゲモ、イトリゲモ、ホツスモ、ミズオオバコ、イボクサ、コナギ、クログワイ、イヌホタルイ、セリ)、大型藻 20 種(アナベナ spp., ネンジュモ sp., ヒゲモ spp., タマヒゲモ spp., ユレモ spp., スチゲオクロニウム sp., ウロネマ sp., サヤミドロ spp., ブルボケテ sp., ミクロスピラ sp., アミミドロ spp., シオグサ spp., ネダシグサ spp., アオミソウ spp., ヒビミドロ spp., シャジクモ, アオミドロ spp., ヒザオリ sp., シロゴニウム sp., フシナシミドロ sp.)の計 43 種が確認された。この内、環境省レッドリスト(環境省 2025)

で絶滅危惧Ⅱ類に指定されているシャジクモは保全地点と慣行Cで、準絶滅危惧に指定されているイチョウウキゴケは保全Cと慣行Cで、ヒロハトリゲモは慣行A以外のすべての水田で、サンショウモは保全Bと保全Cで、イトリゲモとミズオオバコは保全Cでのみ確認された。保全型では湿生植物7種、水生植物12種、大型藻16種の計35種が、慣行型では湿生植物4種、水生植物11種、大型藻16種の計31種が確認された。保全型でのみ確認された種は湿生植物が4種(ヒナガヤツリ、イヌビエ、ミヅカクシ、アメリカセンダングサ)、水生植物が3種(サンショウモ、イトリゲモ、ミズオオバコ)、大型藻が4種(スチゲオクロニウムsp., ウロネマsp., ヒザオリsp., フシナシミドロsp.)の計11種であり、慣行型でのみ確認された種は湿生植物が1種(タカサブロウ)、水生植物が2種(イボクサとセリ)、大型藻が4種(ネンジュモsp., ブルボケーテ sp., ミクロスボラsp., ヒビミドロ spp.)の計7種であった。4回の調査日別の保全型と慣行型の種数は湿生植物が1種と0種、1種と0種、4種と3種、7種と3種、水生植物が4種と4種、10種と8種、10種と8種、11種と7種、大型藻が9種と7種、12種と11種、14種と13種、13種と11種であり、種数が同じであった6月の水生植物を除き保全型の方が多かった。また、調査日別の地点毎の種数も概ね保全型の方が多かった(図1)。本研究で確認された窒素固定を行う藍藻類(アナベナ、ネンジュモ、ヒゲモ、タマヒゲモ)のうち、ネンジュモを除く3種は保全型と慣行型とともに確認された。窒素固定を行う藍藻を土壤に与えると稻の生長を促進することが報告されている(Saadatnia & Hossein 2009)。保全型水田では無肥料であるにも関わらず食味値が高い米が生産できている理由の一つとして、上述の窒素固定を行う藍藻類が貢献している可能性がある。来年度は水田内に生育する植物や藻類の生物量も測定し、藍藻類の貢献度についても考察して行く予定である。

引用文献

- 首藤光太郎, 山之内崇志, 山口昌子, 加藤将, 志賀隆(2019) 日本産・湿生植物チェックリスト ver.1.00
<http://wetlands.info/tools/plantsdb/wetlandplants-checklist/>
- 環境省(2025) 第5次レッドリスト(植物・菌類)の公表について. 環境省 WEB サイト
https://www.env.go.jp/press/press_04578.html
- Saadatnia H & Hossein R (2009) Cyanobacteria from paddy fields in Iran as a biofertilizer in rice plants. Plant Soil Environ. 55: 207–212

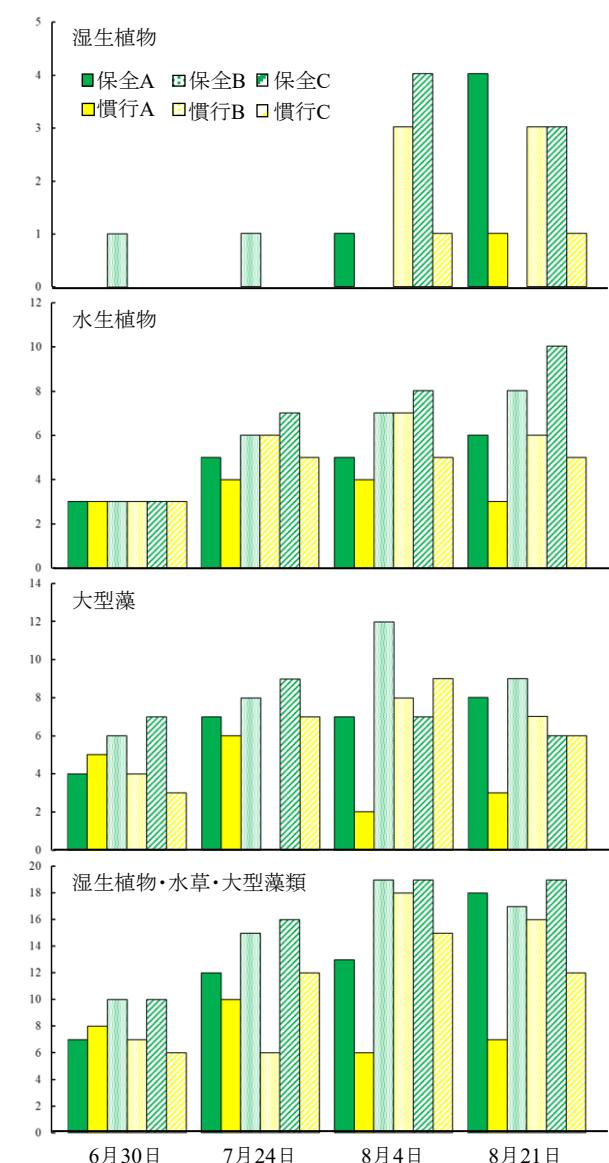


図1. 保全型・慣行型水田における調査日別の出現種数。

P-16

諏訪湖水草帯におけるマイクロプラスチックの動態解明

○森田瑛斗¹・中山隆²・宮原裕一³¹信州大学大学院 M1・²長野県諏訪湖環境研究センター・³信州大学理学部

はじめに

マイクロプラスチック (MPs) は直径 5mm 以下のプラスチック片と定義されている (Arthur et al., 2009). 環境中に放出されたプラスチックは紫外線や摩擦によって細分化される。MPs は一般的な天然粒子と比較して疎水性化学物質を高濃度で吸着する特徴があり、MPs の粒径が小さいほど、単位重量あたりに吸着する疎水性化学物質が多く (雪岡ら, 2018), 生物にも摂取されやすい (Jeong et al., 2016)。自身の卒業研究では目視可能な MPs (粒径 335 μm 以上) を対象に、諏訪湖底質における MPs の分布を調査した結果、諏訪湖の水草帯から MPs が多く検出された。諏訪湖の水草帯は多様な生物の生息場所となつており (宮原ら, 2007), 生物・生態系への MPs の影響が懸念される。しかし、より生物影響の大きい目視困難なサイズの MPs を研究した例は少なく、その底質中の存在量は明らかになっていない。

そこで本研究では、より生物への影響が懸念される目視困難なサイズの MPs を含む粒径 15 μm 以上の MPs を対象とした、底質中 MPs の分析方法を確立し、諏訪湖のヒシ帯における粒径 15 μm 以上の MPs の存在量の把握、動態を解明することを目的とした。

方法

2024 年 10 月に諏訪湖湖心、2025 年 4 月、6 月、8 月に諏訪湖東部高浜沖のヒシ帯において底質の採取を行った。採取にはコアサンプラーを用いた。採取した底質は上部 3cm を切り出し、よく混合した後、乾燥重量 1-5g を MPs 分析に用いた。試料の前処理として酸化処理と比重分離を行った。酸化処理では 30% 過酸化水素を添加し 60°C のホットプレート上で静置し有機物を分解した。これを反応が

なくなるまで繰り返した。比重分離では 5.3M のヨウ化ナトリウム水溶液を添加し、手動で攪拌し 72 時間静置した後、浮上した MPs を含む上澄み液を約 100ml 回収した。この操作は 3 回繰り返した。回収した溶液を目開き 15 μm のステンレスメッシュフィルターでろ過し、フィルター上に捕集された粒子について FT-IR 分析を行い、MPs の定量・同定を行った。

結果

2024 年 10 月に湖心で採取した底質 (乾燥重量 5g) を分析したところ、延べ 97 個の MPs が検出された。2025 年 4 月にヒシ帯で採取した底質 (乾燥重量 3g) を分析したところ、169 個の MPs が検出された。そこで、ヒシ帯では乾燥重量 1g の底質があれば、MPs の定量や種組成の算出が可能と判断した。

ヒシ帯の底質表層から検出された MPs 数密度は、2025 年 4 月は 56.3 個/g-dry、6 月は 69.5 個/g-dry、8 月は 50.5 個/g-dry で平均 58.8 個/g-dry であった。種組成はポリエチレン (PE) 25.4%，ポリプロピレン (PP) 54.4%，ポリスチレン 6.6%，アクリル 5.3%，ポリ塩化ビニル 4.7%，ポリアミド 1.7%，ポリエステル 1.1%，ポリウレタン 0.7% であった。

考察

今回、諏訪湖のヒシ帯の底質表層から検出された粒径 15 μm 以上の MPs の数密度は平均 58.8 個/g-dry であったのに対し、先に調査した 335 μm 以上の MPs の数密度は 300.5 個/kg-dry であった (森田、未発表)。湖水中だけでなく、底質中にも目視困難な MPs が多く含まれていることが明らかになった。生物影響がより懸念される 15 μm 以上の MPs は、335 μm 以上の MPs に比べ個数にして 196 倍検出された。また、この 15 μm 以上の MPs の

種組成は、PE と PP を合わせて 75.8% であつたのに対し、335 μm 以上の MPs は PE と PP 合わせて 45.9%（森田、未発表）と、MPs のサイズが小さいと底質に含まれる PE と PP の割合が大きかった。これは PE と PP は環境中で細分化されやすいためと考えられ（Chamas et al., 2020），生物への影響が大きい可能性がある。

引用文献

- Arthur, C., J. E. Baker, and H. A. Bamford, 2009, Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9-11, 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA.
- Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J. H., Mahdi, A.O., Susannah, L., Suh, S., 2020, Degradation rates of plastics in the environment. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 8(9), 3494-3511.
- Jeong, C. B., Won, E. J., Kang, H. M., Lee, M. C., Hwang, D. S., Hwang, U. K., Zhou B, Souissi, S, Lee, S J, Lee, J. S, 2016, Microplastic size-dependent toxicity, oxidative stress induction, and p-JNK and p-p38 activation in the monogonont rotifer (Brachionus koreanus). Environmental science & technology, 50(16), 8849-8857.
- 宮原裕一, 犬塚良平, 池中良徳, 2007, 諏訪湖水草带における水質の不均一性, Doctoral dissertation, Shinshu University Library.
- 雪岡聖, 田中周平, 鍋谷佳希, 鈴木裕識, 藤井滋穂, & 高田秀重, 2018, 水環境中におけるマイクロプラスチックの粒径に着目した微量有機汚染物質の吸着特性. 土木学会論文集 G (環境), 74(7), III_527-III_535.

P-17

諏訪湖における窒素循環と植物プランクトン増殖

○輿石庸行¹・浦井暖史²・宮原裕一²

¹信州大学大学院 M2 · ²信州大学理学部

はじめに

植物プランクトンは湖沼生態系を支える一次生産者であり、その増減は生態系に大きな影響を及ぼす。一般的に、湖沼の植物プランクトンは、その増殖を制限している栄養塩（主にリン、窒素のどちらか）が湖底や流入河川などからどれほど供給されるかによって増殖が制御されている（Elser et al., 1990）。そのため、植物プランクトンの増殖において制限要因となっている栄養塩を把握し、その動態を解明することは、湖沼生態系の理解に向けた重要な情報となる。

本研究の目的は、長野県中部に位置する諏訪湖における、窒素循環の季節・経年変化が植物プランクトンの増殖や一次生産へ与える影響を明らかすることである。本研究では、物質の起源や履歴を反映するといった特徴を持つ、安定同位体比を用いて解明に取り組んだ。

方法

本研究では、過去の植物プランクトン試料の炭素・窒素の安定同位体比の測定を行った。過去の植物プランクトン試料として、2008-2024 年の 16 年間で採取された新生沈殿物試料を用いた。新生沈殿物は、諏訪湖湖心において水深 5m にガラス容器を沈め、約 1 日後に容器を引き上げ、内容物を GF/C でろ過することで得た。採取した試料は乾燥させた後、アルミホイルに包み、常温で保存した。

炭素・窒素安定同位体比の測定は、試料をスズ箔で包んだ後、元素分析計-同位体比質量分析装置 (EA-IRMS) を用いて微量試料炭素窒素安定同位体比測定法 (Ogawa et al., 2010) で行った。得られた同位体比のデータは、R 版 Decomp (Akaike et al., 1985) に

よる季節調整法 (Kitagawa, 1981) を用いて解析した。

また、栄養塩濃度、クロロフィル a (Chl. a) 濃度、水温などの環境データは諏訪臨湖実験所の定期観測データを使用した。

結果・考察

植物プランクトンの窒素安定同位体比に着目すると、季節変化として、春季と秋季に上昇が確認され、経年変化として、16 年間で約 1.5‰ の低下が確認された。また、Chl. a 濃度の変化より、諏訪湖では春季と秋季にブルームが生じておらず、そのブルーム発生期の植物プランクトン量は 16 年間で徐々に減少していることが確認された。このことから、諏訪湖では窒素安定同位体比の高い窒素の供給により春季と秋季にブルームが発生しているが、その供給量は徐々に減少し、それに伴ってブルームが抑制されてきていると考えられる。

諏訪湖における窒素安定同位体比の高い窒素供給源としては、生活排水 (Mayer et al., 2002) か、脱窒を経た硝酸の供給 (Mariotti et al., 1988) の二つが想定される。しかし、諏訪湖集水域は下水道の普及率が 99% 以上である (長野県, 2023) ため、生活排水の影響は少ない。一方、嫌気-好気の繰り返しと比較的高い NO_3^- 濃度という脱窒を促進する条件 (和田・上原, 1977) が、2008 年-2024 年の 16 年間で春季、秋季に諏訪湖底層で確認された。このことから、窒素安定同位体比の高い窒素供給源としては、脱窒を経た窒素が考えられる。また、諏訪湖では 16 年間で窒素の外部負荷量が大きく変化していない (長野県, 2023) にも関わらず、湖内の全窒素濃度低下が確認されたことから、脱

窒されている窒素は、湖内の底質から内部供給されたものであると考えられる。

植物プランクトンの炭素安定同位体比に着目すると、季節変化として春季でのみ上昇が確認され、経年変化として 16 年間で約 1.5‰ の低下が確認された。諏訪湖において植物プランクトンの炭素安定同位体比が変化する要因としては、湖内で分解された有機物由来の無機炭素(DIC)を同化することによる低下(瀬戸ら, 2000)と、一次生産速度の増加に伴う同位体分別の鈍化による上昇(中井, 1973)が考えられる。しかし諏訪湖では、有機物の分解を律速する溶存酸素濃度(Otsuki・Hanya, 1972)と植物プランクトン量(Yamamoto, 1981)は 16 年間で明確な変化が確認できず、春季特有の変化も確認できなかった。一方、一次生産の活性化に伴い上昇する湖水の pH(Vincent, 2018)と炭素安定同位体比の間で正の相関関係が確認された。このことから、この炭素安定同位体比の変化は一次生産速度の増減によるものであり、諏訪湖では春に一次生産速度が高く、年々一次生産速度が低下していることが推測される。この一次生産の特徴を、春季と秋季にブルームが生じる、16 年間で徐々に減少しているという諏訪湖の植物プランクトン量の特徴と比較すると、植物プランクトン量の多い秋季に一次生産速度が高くならない点が不整合である。これは、諏訪湖の秋のブルームにおいてラン藻が発生しやすい(二木ら, 2015)ことにより、ラン藻が水面で太陽光を阻害し、湖内の生産層が春のブルームに比べて薄くなる(小松ら, 2015)ためであると考えられる。

引用文献

Elser, J. J., E. R. Marzolf, C. R. Goldman (1990). Phosphorus and nitrogen limitation of phytoplankton growth in the freshwaters of North America: a review and critique of experimental enrichments. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 477 (7), 1468–1477.

- Ogawa, N. O., T. Nagata, H. Kitazato, N. Ohkouchi (2010). Ultra-sensitive elemental analyzer/isotope ratio mass spectrometer for stable nitrogen and carbon isotope analyses. Earth, Life, and Isotopes, edited by Ohkouchi, N., I. Tayasu, K. Koba, Kyoto University Press.
- Akaike, H., T. Ozaki, M. Ishiguro, Y. Ogata, G. Kitagawa, Y. H. Tamura, E. Arahata, K. Katsura, Y. Tamura (1985). TIMSAC-84 Part 1 & Part 2. Computer Science Monographs, No. 22 & 23, The Institute of Statistical Mathematics, Tokyo.
- Kitagawa, G. (1981). A nonstationary time series model and its fitting by a recursive filter. Journal of Time Series Analysis, 2(2), 103–116.
- Mayer, B., E. W. Boyer, C. Goodale, N. A. Jaworski, N. van Breemen, R. W. Howarth, S. Seitzinger, G. Billen, K. Lajtha, K. Nadelhoffer, D. van Dam, L. J. Hetling, M. Nosal, K. Paustian (2002). Sources of nitrate in rivers draining sixteen watersheds in the northeastern U.S.: Isotopic constraints. Biogeochemistry, 57, 171–197.
- Mariotti, A., J. C. Germon, P. Hubert, P. Kaiser, R. Letolle, A. Tardieu, P. Tardieu (1981). Experimental determination of nitrogen kinetic isotope fractionation: Some principles; illustration for the denitrification and nitrification processes. Plant and Soil, 62, 413–430.
- 長野県 (2023). 諏訪湖に係る第 8 期湖沼水質保全計画。
- 和田英太郎, 上原洋一 (1977). 自然界における脱窒過程. 生物と化学, 15 (2), 98–110.
- 瀬戸浩二, 中山大介, 田中秀典, 山口啓子 (2000). 宍道湖におけるアオコの発生とその地球化学的要因. 汽水域研究, 7, 61–69.
- 中井信之 (1973). びわ湖堆積物の炭素同位体組成と古環境. 陸水学雑誌, 34 (2), 89–96.
- Otsuki, A., T. Hayama (1972). Production of dissolved organic matter from dead green algal cells. I. Aerobic microbial decomposition. Limnology and Oceanography, 17, 248–257.
- Yamamoto, Y. (1981). Observation on the occurrence of microbial agents which cause lysis of blue-green algae in Lake Kasumigaura. Japanese Journal of Limnology, 42, 20–27.
- Vincent, W. E. (2018). LAKES: A Very Short Introduction, First Edition. Oxford University Press. (ワーウィック・ヴィンセント, 占部城太郎(訳)(2022). 湖の科学. 共立出版).
- 二木功子, 斎藤梨絵, 中村剛也, 宮原裕一, 東城幸治, 花里孝幸, 朴虎東 (2015). 諏訪湖の水質改善に伴う糸状緑藻 *Mougeotia* 属の出現. 陸水学雑誌, 76 (2), 99–109.
- 小松一弘, 今井章雄, 富岡典子, 高村典子, 中川恵, 佐藤貴之, 霜鳥孝一, 高津文人, 篠原隆一郎 (2015). FRRF(Fast Repetition Rate Fluorometry)法による一次生産速度測定手法の検討. 土木学会論文集 G(環境), 71 (7), III_309–III_314.

セルリーの揮発成分を用いた藍藻制御機構の解明

○小野ひなた・浦井暖史・二木功子・朴虎東

信州大学理学部

はじめに

富栄養化により多くの湖沼やため池で有毒藍藻のブルーム（アオコ現象）が発生している。主要な有毒藍藻株である*Microcystis aeruginosa*は、強力な肝臓毒*Microcystin* ($LD_{50}=50\text{ }\mu\text{g/kg}$) を生産する (Dawson, 1998)。近年、植物を利用した藍藻制御剤は、環境負荷が少なく持続可能な方法として注目されている。

薬用植物であるセルリーは、吸肥力は弱いがかん水量が多いことに加え、セルリーは栽培期間が長いことから、肥料が流逝しやすく多肥になりやすい（長野県農政局）。

肥料成分中の窒素およびリンの河川への流出は、湖沼の富栄養化の一因であり、諏訪湖の集水域とセルリーの栽培地域は重なっている。しかし、セルリーの栽培に多くの肥料をかけても、廃棄率は35%であり食用されずに捨てられているのが現状である。本研究では、廃棄されるセルリーを有効活用として、セルリーとその揮発性物質による藍藻に対する抑制効果の特異性の解明を目的とする。

方法

セルリーは松本市の市場からの購入と原村の農地から採取した試料を、葉（葉身）、茎（葉柄）に分解した。各試料は乾燥凍結後に粉末化させ、暗所で保存した。また、一部は冷凍保存した。

96wellプレートによるバイオアッセイは、Fuchs-Rosenthal計算盤により細胞数を 1×10^7 cells/mlに調整した緑藻 (*Scenedesmus sp.*) を使用した。揮発性物質による抑制は、寒天重層に滅菌済みプラスチックカップを入れ、その中にlimonene (1ml, 2ml) と蒸留水を1 ml、それぞれ入れて4日間培養した。

セルリーに含まれる成分分析は、セルリーに含まれる藍藻の抑制物質の定量として、総ポリフェノール量（以下、TPC）の算出をFolin-Ciocalteu 法に沿って行い、脂肪酸の分析を用いてGC-MS分析を行った。

結果と考察

緑藻 (*Scenedesmus sp.*) 用いたプレートアッセイ (96 well) の結果、培養2日目からすべての処理区で増殖し、コントロールと比較して3日目に最大3.7倍増殖した。藍藻*Microcystis aeruginosa*を用いたバイオアッセイでは、各部位 25~3.1 mg/mlの範囲では藍藻を抑制していたため、セルリーは藍藻を抑制するが緑藻は抑制しないことが示された。

セルリーの部位ごとのTPCは葉で最も高い5 mg/g、根で最も低い2 mg/gであった。一方、脂肪酸は全部位で藍藻の抑制効果が報告されているhexadecenoic acid, linoleic acid, octadecanoic acidが検出され、三種の総量は乾燥重量当たり根で最も高い5 mg/g、茎で最も低い0.4 mg/gであった。この結果から、藍藻の制御において、ポリフェノールに加え、脂肪酸が藍藻の制御に影響を与えている可能性が示唆された。

揮発性物質による藍藻制御では、処理区において、Limoneneの添加量にかかわらず69%の制御効果が示された。

セルリーに含まれるポリフェノールをはじめとする制御物質は藍藻を制御する一方、緑藻には悪影響を与えない、環境負荷の少ない制御剤の可能性が示された。さらに、揮発性物質による藍藻の制御は液体添加よりも試料量を減らしたうえで、藍藻制御を行える可能性が示され、曝気装置と組み合わせるなど、新たな制御方法としての活用に貢献する。

P-19

河川水位計を用いた農業用水路の管理システム構築

○菊地美汐¹・小林春菜²・寺島音琶³・酒井美月¹・芦田和毅¹¹長野高専工学科・²長野高専専攻科・³長野高専環境都市工学科

はじめに

近年の気候変動に伴う激甚な水害が日本各地で発生している。大河川では対策が進んでいるが、夏季に発生する局所的な豪雨では市街地などで内水氾濫のリスクが増加しその対策はあまり進んでいない。市町村管理などの小河川では水位計の設置や情報周知システムの配備がなされにくく、水路の改修も困難な場合が多い。従来農地であった場所が住宅地として開発された場所では、農業用排水路が内水氾濫のリスクとなるが、一方でそれら水路は水門等による流量制御が可能であることが多い。降雨前の事前操作で氾濫防御に資する制御が可能となれば時間のかかる水路の改修を待たず、洪水のピークカットなどの操作が実施出来る。そのために①行政が独自に任意の場所に設置・情報の閲覧可能な水位計の開発、②取得データの解析による洪水防御に資するデータの提供を目的に研究を行った。

研究概要

2.1 対象地域

長野市の犀川と千曲川に挟まれた川中島・青木島地区を流れる小水路を対象とした(図1)。住宅地が広がり人口も多いが、下流域に広がる農用地の農業用水の給排水のために水路が細かく張り巡らされている。水路には多くの水門があり、2025年度から順次、長野県、長野市のそれぞれの管轄の水門について自動化の予定がある。

2.2 水位計およびウェブサイトの開発

リアルタイムで情報送受信可能であることを優先しクラウド送信・確認可能な水位計を開発した。また取得した水位データをWebブラウザで任意のデバイスにより遠隔確認可能なシステムを構築した。



図1 水位計の設置位置 (国土地理院地図より作成)

2.3 水文データの取得と解析

水位計は図1に示した7地点に2024年から随時設置し、水利権(3月から10月)があり水路に水が流れる農繁期のデータを中心に取得した。流量データの取得には現地で複数回の流量測定を行い、H-Q曲線を作成した。

2.4 ソフトウェアによる解析

水文に関する解析が可能な International River Interface Cooperative (iRIC) にて、SRM法による流量応答のモデルを複数パターン作成した。また米国陸軍工兵隊の水文工学センターが開発した HEC-HMS を用いて国土地理院の DEM (1m メッシュ) により対象地区内の集水域を抽出し、降雨が流入する水路の範囲を把握した。

研究成果

3.1 水位計および閲覧システム

低消費電力通信モジュールと超音波距離センサを搭載し、太陽光発電による独立電源の安価な水位計を開発し、図1の地点に随時設置した。通常時10分毎のデータを送信するが、降雨時などに河川管理者が任意にデータ取得頻度を変更可能である。水位や通常時の写真・断面図の閲覧、CSV形式での水位データ取得が可能で、管理者が新規に水位計を設置した地点の緯度経度情報をwebの管理画面から入力し増設に対応する仕組みも構築した。

3.2 水位計による取得データの概要

水位データを H-Q 曲線を用いて流量に換算し、10 分毎の降雨による流量の変化例として地点 4 で 10 月に確認された降雨に対する流量の変動を図 2 に示す。10 分降雨は 1mm/h という小さな規模であるが、その継続時間により流量が増加した。

3.3 SRM 法による推定結果

SRM 法にて地点 4 で観測された降雨を対象に 1 時間雨量と 1 時間平均流量にしたデータで解析を行った。RMSE（二乗平均平方根偏差）と Nash-Sutcliffe efficiency（1 に近いとモデル精度が高い）は降雨の状況により、10 分毎のデータを用いた解析の結果が高精度な場合があった。作成されたモデルによる推定結果（計算流量）を図 3 に示す。いずれも 2 回の降雨ピークにより流量のピークも二か所あった。10 分毎のデータでは二か所の流量ピークが推定結果で確認できたが 1 時間雨量では、推定の流量の精度が低下した。

3.4 HEC-HMS による集水域の抽出

集水域の抽出は DEM に基づき地点間の標高を比較することで表流水の流路を累積流路として抽出していく手法による。利用した DEM は国土地理院の 1m メッシュのレーザー測量によるため、国道など標高の高くなっている場所が流域界として抽出された。今後水位データと合わせて地点ごとの降雨で水位上昇のリスクがある地点の抽出を行い、水文操作の助力とする。

3.5 水門操作による水位低減効果

降雨前に水位操作を行ったことによる、上下流への低減効果の影響例を図 5 に示す。8 月 19 日の 15 時頃に最上流の犀川からの取水口と、地点 5 の下流の堰で水位操作が行われ水位低下が始まった。その後時間差で下流の 3, 4, 5 の各地点で低下し 20 時の降雨で一時的に水位が上昇している。地点 7 は上流から流れてきた水により 18 時に 0.10m 程度上昇している。また 20 日 3 時頃の取水口の操作により地

点 1 から順次水位が上昇した。地点間の差は 1 時間ほどと観測された。

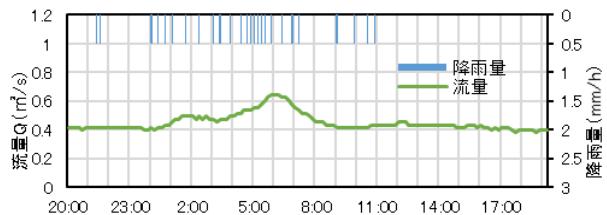


図 2 2024 年 10/27～10/28 の流量・降雨

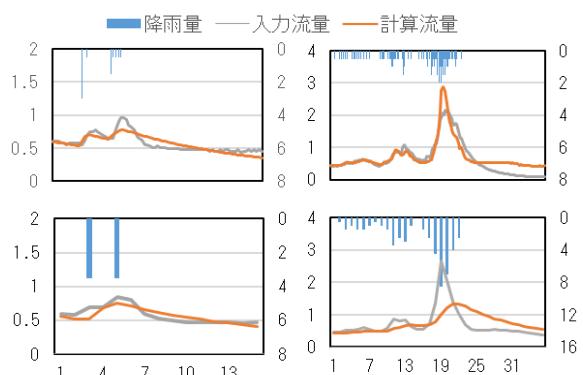


図 3 解析結果の比較 上図 10 分・下図 1 時間
(左軸：流量 m^3/s 、右軸：降水量 mm)

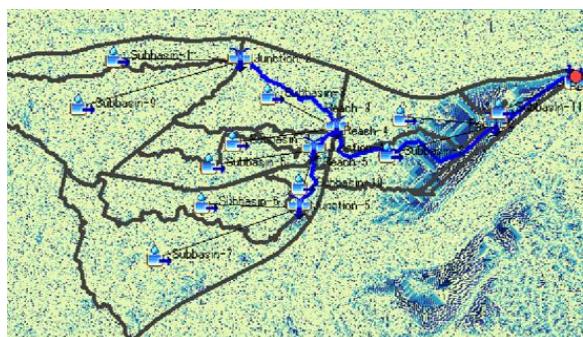


図 4 対象地域の降雨集水網

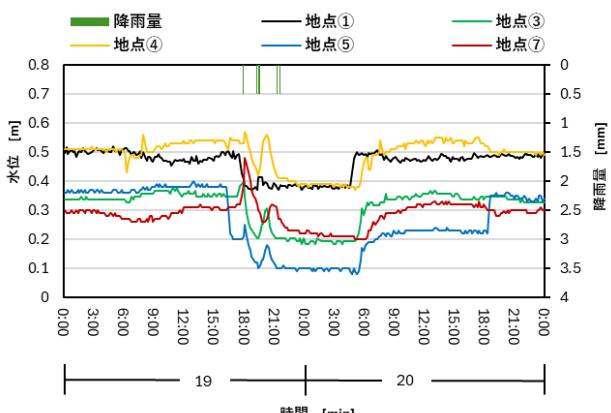


図 5 水門操作と水位応答

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP25K08228 の助成を受けたものです。

P-20

長野市の下水道における不明水の調査に関する研究

○小関すず¹, 藤澤暖², 酒井美月³, 芦田和毅³

¹長野高専環境都市工学科, ²長野県庁, ³長野高専工学科

はじめに

日本の下水道は1950年代から70年代にかけて多く整備され、近年設備の老朽化・劣化が問題となっている。老朽化による問題の一つに不明水の混入が挙げられる。配管の接続部や劣化部から雨水や地下水などが混入し、下水道管内の流量が増加、市街地でのトラブル、処理場への負荷増大などが生じる。原因は多岐にわたり、浸入場所の特定やそのための調査が困難であるという特徴がある。

本研究は、長野市上下水道局下水道整備課と協働し、不明水について、混入の実態把握、降雨との関係について調査を行うことを目的とした。下水道については長期的な利用のため敷設期間が長い区間から随時更新が計画されており、本研究での調査結果を管理に資する情報とする。

方法

(1) 調査対象地点と調査内容について

長野市下水道局が管理する処理区のうち、部処理区内に調査区域を設定した。東部処理区は第1期から第7期までの認可区域を有するが、第1期区間について調査を行った。2023年からこれまでの調査対象地点を図-1に示す。これに加え終末処理場（東部浄化センター）手前の1地点（地点4-1）の計16地点について調査を実施した。調査内容に応じ表1に示す箇所にて実施している。すべての地点で降雨影響の有

表1 調査年における実施箇所数(複数選択)

実施年	降雨影響	管更生	その他
2023	2	0	0
2024	8	3	0
2025	11	3	3

無を確認するほか、「管更生」地点では更生工事の効果の有無、「その他」では降雨以外の不明な水位上昇に関するスクリーニング、日変動の確認等を実施した。系統1（赤）、系統2（黄色）では不明水の影響が発現する地点を特定する。緑のピンの地点では2024年度に管更生工事が実施され、継続調査で工事効果の把握を行った。

(2) 調査方法とデータ取得について

水位調査方法として、マンホール内に架台を設け、本校電子情報工学科で開発のレーザー距離式水位計¹⁾を設置し、水面からの反射距離をロガーに記録することで設置高さからの差によって水位を記録した。マンホール内にステップがある場合はステップに設置した（図-2）。水位データの計測頻度は降雨データとの比較のため10分間隔とし、降雨は調査対象地点近傍の降雨測定所として、長野地方気象台のアメダスデータ²⁾を使用した。



図-1 水位計設置箇所

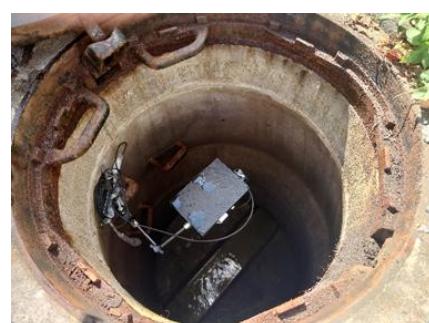


図-2 水位計設置の様子

結果

(1) 降雨影響と不明水の有無

これまでに水位が計測された 16 地点のうち降雨影響は 7 地点で確認され、特に 1-1, 2-1 については降雨強度に応じた水位上昇の有無についても確認できた。1-1, 2-1 はいずれも幹線であり、接続される上流の処理区における影響も反映するため、結果が顕著に確認されたと考えられる。例として 2-1 について 2023 年から 2025 年の 3 ヶ年における無降雨日と降雨日および降雨による水位の日変動を図 3 に示す。なお、2-1 では降雨とは別に 13 時付近に用途の不明な排水による水位上昇も確認されており、系統 2 の各地点においてその排出地点の特定を行った。2024 年度の 2-2, 2-3, 2-4 地点の結果からは 13 時付近の流入は確認されなかった。2025 年度に 2-5, 2-6 を追加し、降雨影響と 13 時付近の不明出水について確認したが、いずれの地点でも反応はなかった。いまだ特定に至らないが、原因の範囲を大きく狭めることができた。

(2) 小規模処理区の結果

2024 年に 3-1, 3-2, 3-3 で実施した管更生工事前の状況把握で 3-1 のみ降雨影響が確認され、優先的に更生工事を実施すべき地点であると判断出来た。2024 年度内に 3 地点すべての処理区で管更生が実施されたが、2025 年には 3-1 を対象に更生工事の効果確認のためのデータを取得している。また系統 1 のうち 1-5, 1-6 では上流処理区の管更生が予定されているが、ともに降雨影響が確認された(図-4; 1-6 の例)。更生後に降雨影響が解消されるか継続した調査を行う。

(3) 処理区末端での日変動把握

地点 4-1 は東部処理区の終末処理場の直上地点で日中に最も水位の低下する時間帯の確認を行った。処理区内の下水が集まる地点であるため、深夜 2 時から 4 時に最も水位が上昇し、午前 7 時から 10 時に水位が低いことが確認された。

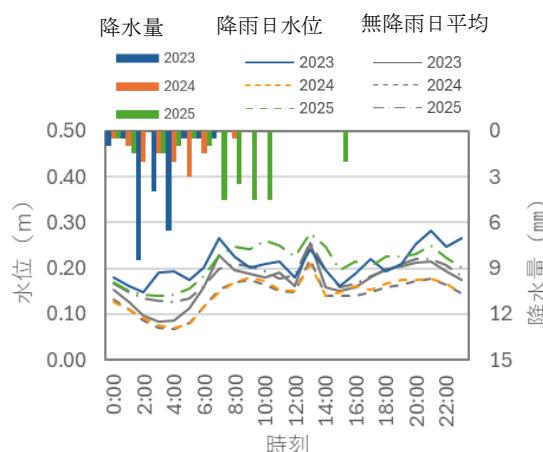


図-3 地点 2 の 3 年間の時間平均観測水位

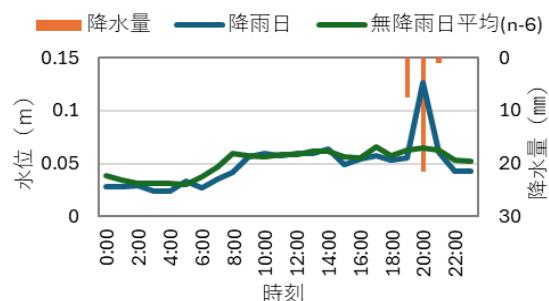


図-4 地点 1-6 の時間平均観測水位 (2025)

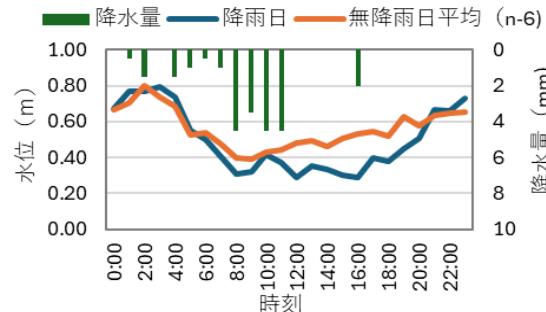


図-5 終末処理場前地点の時間平均観測水位

謝辞 本研究は先端建設技術センター研究開発助成によるものである。

参考文献

- Ogasawara et al. , Development and Application Examples of General-Purpose/Small Water Level Gauges, 2024 IEEE 13th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) , (2024.10), pp.699-703
- 国土交通省気象庁 過去の気象データ検索
<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>

P-21

干渉 SAR 解析を用いた湿原における堆積土層厚変化と 水文条件に関する検討

田中都亜¹・○黒澤岳人²・酒井美月³・松下英次³¹長野高専専攻科・²長野高専環境都市工学科・³長野高専工学科

はじめに

奥裾花自然園は、長野県長野市鬼無里に位置する自然公園である。1964年にブナ原生林に囲まれたミズバショウ (*Lysichiton camtschatcensis*)の群生した湿原が発見されて以来、地元で自然観光資源とされてきた。

しかしながら近年、発見から半世紀を経て、湿原内のミズバショウの生育が以前に比べ旺盛でなく、ヨシ(*Phragmites australis*)などイネ科ヨシ属の侵入、生育拡大や、湿原内の流路の深掘れによる固定化などが誘因となっているのではないかという懸念がある。また、奥裾花自然園の地帶では1995年¹⁾、1997年²⁾など大規模な土砂崩落の災害が発生しており、とくに1995年の地すべりでは奥裾花自然園の直下落崖から下方の斜面が水平距離にして約20m滑動した。この地すべりの対策工では、ミズバショウ群落に配慮した地下水への対策が取られた。当該地域は、以上のように地盤が強固な地域でないため大規模な土砂災害だけでなく、湿原内の河川での出水においても土砂流出による堆積が発生し、環境変化に影響している可能性があるが、実際の土砂流出の影響は不明で水文条件も把握できていない。そこで、本研究では、奥裾花自然園内の湿原の堆積土層厚について解析を行い、時間変化に関する知見を得た。また湿原内の流路との関係を明確にすることも目的とした。

研究概要

2.1 対象地域 本研究の対象地は、奥裾花自然園の今池湿原（図1）である。奥裾花自然園の下方に位置し、標高1251mにあり湿原の周囲は約1240mとされる広大な湿原である。例年ミズバショウの開花期である4月下旬から、紅葉時期の11月上旬まで開園し観光客が訪



図-1 調査対象地域 奥裾花自然園 今池
れるが、豪雪地帯で冬季は積雪により閉ざされている。

2.2 堆積土層厚の解析 堆積土層厚の算定は、衛星画像による干渉 SAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR) 解析によった。合成開口レーダーを用いて地表の変動を高精度に測定する技術で、異なる時期に取得した SAR 画像の位相情報を比較し、地表の変動を検出できる。この仕組みにより、奥裾花自然園周辺の時系列画像を解析し、土砂流入に伴う堆積、あるいは洗堀による地盤高の変化について確認した。欧州宇宙機関の地球観測衛星 Sentinel-1 による SAR データを用いて、同機関が配布する Sentinel Applications Platform (SNAP) という解析ソフトウェアを使用した。SNAP で干渉図の作成まで行い、堆積土層厚の算定は ArcGIS Pro (ESRI 社) を使用し差分解析を行った。Sentinel-1 による SAR データは、2015 年から利用可能なため、2025 年までの 10 年間のデータを用いて堆積土層厚の

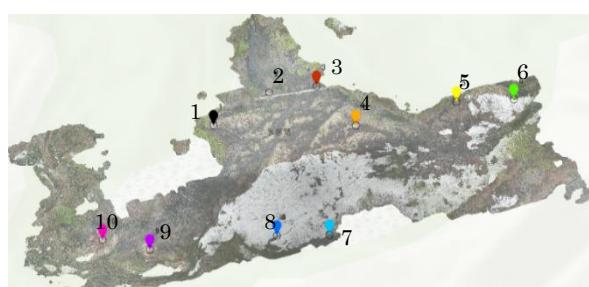


図-2 湿原内の測点設置箇所

算定を行った。2024 年にドローンにて撮影した湿原の空撮図から地表面の状態を判断し、10 地点の緯度経度を選択し変動を把握した。SAR データはすべて 5 月に撮影されたものを使用した。

2.3 湿原内の流路確認

湿原の集水域および湿原内の流路確認には、米国陸軍工兵隊 (U.S. Army Corps of Engineers) の水文工学センターが開発した流域における降雨から流出までの過程のモデル化が可能な HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) を利用した。今池湿原を末端とした奥裾花自然園流域の集水域を抽出し、湿原内の流路を把握した。加えて、堆積土層厚の解析の対象とした地点がどの集水域に位置するかを確認し結果の比較に利用した。集水域抽出のための地形データには、G 空間情報センター³⁾にて提供されている、平成 25 年度に長野県林野部が航空レーザ測量により取得した 0.5m メッシュの地形データを Digital elevation model (DEM) として用いた。

研究成果

3.1 堆積土層厚変化の解析

地点ごとに 2015 年を基準年として、それぞれの年における増減を算出した結果を図 3 に示す。

年における変動は ±20mm 程度に収まり、大きな変動は確認されないが、年度により数値が上下することが確認された。基準年比で大きく上昇した 2017 年の地点 8, 2022 年の地点 9, 大きく減少した 2019 年の地点 1, 地点 2 などあるが、後継続的な上昇あるいは減少が確認されるわけではなく、観測年ごとに傾

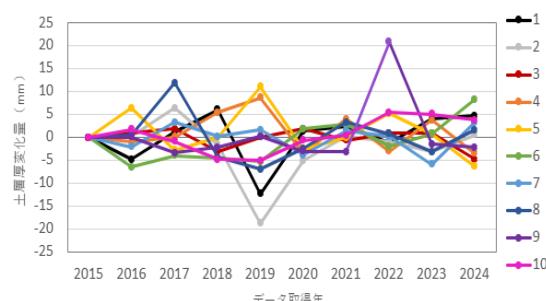


図-3 堆積土層厚の推移 (2015-2024)

向が異なっている。気象データや土壤水分量などを対象とした検討も必要であることが示唆される。2024 年の結果では 6 地点で上昇、4 地点で減少という結果となり、10 年間の傾向ではわずかに上昇している地点が多いという結果となった。図 3 は 10 地点を対象とした解析であるが画像の重ね合わせであるため、湿原内全域を対象とした堆積土壌厚の変化量分布図を作成し流路図との比較に活用する。

3.2. HEC-HMS による水文解析

奥裾花自然園の集水域の情報の同定結果を図 4 に示す。今池湿原を末端として、複数の集水域を抽出し、流路の規模に応じ緑→紫→黄色のラインで示され、湿原内の主たる流路を青色で示した。西側から流入する 2 本の河川のほか、北側のブナ林からも 2 本の河川の流入があることが確認できた。

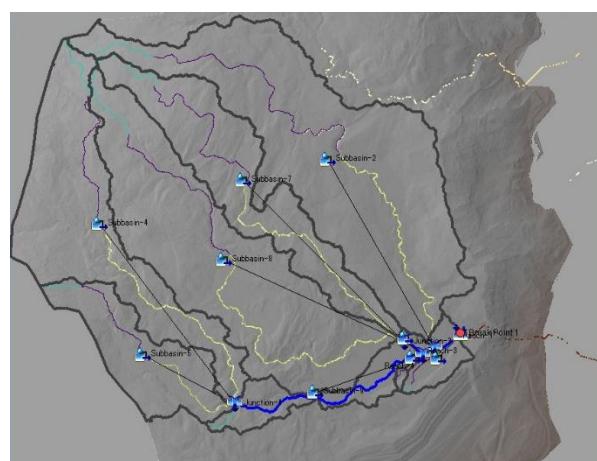


図-4 奥裾花自然園一帯の集水域抽出結果

参考文献

- Yoshitsugu TAKEUCHI, Effects of landslide prevention projects on the natural environment, *Landslides*, 2002, Volume 39, Issue 3, pp. 360-367
- 網木ら, 長野県鬼無里村裾花川支流濁川すべり及び天然ダム現地調査報告(速報), 砂防学会誌, 1997 年 50 卷 2 号 pp. 74-77
- G 空間情報センター, <https://front.geospatial.jp/about-gic/> (2025.11.11) 閲覧

P-22

海水条件下における水素酸化脱窒細菌群の脱窒能力評価

○熱田穂歌¹, 亀井樹²¹ 山梨大学大学院 M2, ² 山梨大学国際流域環境研究センター

はじめに

環境汚染を低減した閉鎖循環式陸上養殖は近年注目されているが、その成否は飼育水の水質管理にある。硝酸性窒素は養殖システム内で蓄積し魚類の摂食不良などを起こすため、定期的な除去が必要である。生体毒性を持つメタノールを利用する脱窒処理が現行技術として利用されているが、飼育魚への悪影響の懸念とそれを防ぐ装置に煩雑な制御を要する点が課題である。

水素ガスを電子供与体とする水素酸化脱窒反応¹⁾は、生体毒性を示さない水素ガスを利用する点、水素ガスは水の電気分解から得られるため外部リソースの低減が望める点から、養殖飼育水への導入は現行技術に対する優位性を持つ新たな浄化技術の開発につながる。しかし、海水環境下における水素酸化脱窒反応の脱窒能力評価に関する研究は少ないとから、本研究にて明らかにすることを目的とした。

本報告では、海から採取した底泥（海岸底泥）と、下水処理場から採取した活性汚泥に、人工海水と水素を連続的に供給して集積培養した水素酸化脱窒汚泥の脱窒能力評価の結果を紹介する。

実験方法

それぞれの水素酸化脱窒汚泥は集積培養の段階で1 cm角のスポンジ担体状に固着させており、この担体と硝酸性窒素濃度を20mg/Lに調整した模擬海水15mLを20mLバイアル瓶に投入して密閉した。気相部を水素ガスで十分に置換した上で、25°C、120rpmで振とう培養した。実験開始から12時間経過後に模擬海水の硝酸性窒素と亜硝酸性窒素濃度、担体に付着している汚泥量を測定した。各汚泥バイアル瓶を3つ使用し、繰り返し測定を行えるようした。また硝酸性窒素および亜硝酸性窒素の濃度減少と微生物量を元に、脱窒速度計算し比較した。

結果と考察

平均窒素除去速度は海岸底泥が $2.34 \pm 1.48 \text{ mg-N/g-VSS/h}$ 、活性汚泥が $0.67 \pm 0.67 \text{ mg-N/g-VSS/h}$ であり、海岸底泥は活性汚泥より約3.5倍高い脱窒速度を示した。しかし、各条件で脱窒能力に優位差は確認されなかった（n=3, p=0.13, t検定）。これは、海岸底泥における硝酸性窒素濃度の減少量のばらつきが大きかったことに起因すると考えられる。また実験終了後の亜硝酸性窒素濃度は、海岸底泥が $0.013 \pm 0.003 \text{ mg-N/L}$ 、活性汚泥が $0.461 \pm 0.028 \text{ mg-N/L}$ であった。海岸底泥では硝酸性窒素が完全に除去されている一方、活性汚泥では亜硝酸還元が十分に進行していないことが示された。

このような結果になった要因として、微生物群集の違いが考えられる。スポンジ担体あたりの微生物量は海岸底泥で $0.0025 \pm 0.0002 \text{ g-VSS}$ 、活性汚泥で $0.0028 \pm 0.0007 \text{ g-VSS}$ で有意差は確認されなかった（n=3, p=0.70, t検定）。したがって、両汚泥に脱窒能を持つ微生物は存在すると考えられるが、海岸底泥にはより高い硝酸・亜硝酸還元能力を有する微生物種が多く含まれている可能性が示唆された。

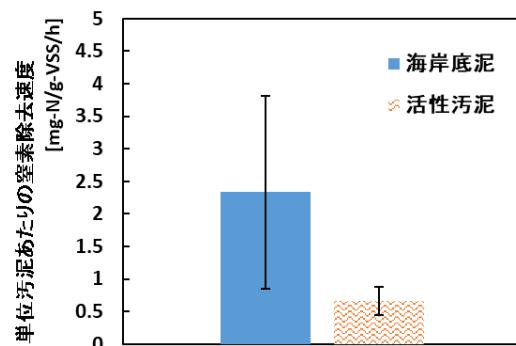


図1 単位汚泥あたりの窒素除去速度の比較

引用文献

- 五十嵐 泰夫, 水素細菌の機能とその利用, 日本農芸化学会誌, 日本農芸学会, (1987) 61-10, 13

P-23

日本で繁殖するシロチドリ *Charadrius alexandrinus* の遺伝的構造の解明○末石萌乃¹・峯光一²・澤祐介³・守屋年史⁴・佐藤達夫⁵・北村亘⁶・山下洋平⁷・吉田祐一⁸・西海功⁹・笠原里恵¹⁰¹信州大学大学院 M2・²徳島県庁・³山階鳥類研究所・⁴バードリサーチ・⁵行徳自然ほごくらぶ・⁶東京都市大学・⁷葛西海浜公園パートナーズ・⁸生態教育センター・⁹国立科学博物館・¹⁰信州大学理学部

はじめに

シロチドリ *Charadrius alexandrinus* は、ユーラシア大陸を中心に、広域に分布する鳥類で¹⁾、日本でも全国的に繁殖するが、日本を含めた分布域の各地で個体数減少が懸念される希少種である²⁾。希少種の保全には生態や遺伝学的な基礎情報が求められるが³⁾、国外に対して国内集団の遺伝子解析例は僅少であり、本種の国内規模での遺伝的構造はいまだ不明瞭である。本研究では、北海道から沖縄にかけての 5 地域で採取された DNA 試料を用いて、国内のシロチドリの地域繁殖集団間の遺伝的構造を把握することを目的とし、併せて遺伝情報の差異を国外集団と比較した。

方法

2018–25 年の本種の繁殖期（4–7 月）に、北海道、東北、関東、四国、沖縄の 5 地域で採取された羽毛・血液試料（n=14, 11, 31, 7, 24）から DNA を抽出し、ミトコンドリア DNA (mtDNA) の D-loop 領域 535 bp から、ハプロタイプを決定した。また、国内集団間、およびアメリカ国立生物工学情報センターの GenBank から取得した国外集団（欧州・中東・ロシアの計 4 か国、中国、台湾）の配列を用いて、集団間の遺伝的差異の程度を示す遺伝的距離 F_{ST} を算出した。併せて、核 DNA のマイクロサテライト遺伝子座のうち、25 遺伝子座を分析し、STRUCTURE 解析を用いて国内集団間の遺伝的構造を分析した。

結果

mtDNA の分析結果から、国内で 13 のハプロタイプが確認され、そのうち 6 ハプロタイプ

は国外集団と共有のものであった。沖縄集団は、四国以北の国内集団や国外集団との F_{ST} が 0.20 以上と有意に大きく、遺伝的に分化している傾向が見られた。マイクロサテライトの STRUCTURE 解析の結果でも同様に、沖縄集団は四国以北集団と遺伝的に異なる集団である可能性が示された。一方で、四国以北の集団間では遺伝的類似性が高く、集団間で遺伝的に交流があることが示唆された。

考察

本研究から、沖縄集団は、国内外の他集団と比較して、遺伝的に独立した集団である可能性が示唆された。国外集団での先行研究から、本種は高い分散能力を持ち、広域的に遺伝的交流が生じる一方で、海などによる地理的分断が分散の障壁となり得ることが示されている⁴⁾。日本で繁殖するシロチドリ集団においても、沖縄集団は、海が生態学的障壁となり、国内外の他集団との遺伝的交流頻度が低く、遺伝的分化が起きていると考えられ、優先的に保全が必要な集団である可能性が示唆された。効果的な保全には、地理的に四国と沖縄の中間に位置する九州や、沖縄周辺の島々の繁殖集団を対象とした分析を加えた、より詳細な遺伝的構造の把握が求められる。

引用文献

- 1) del Hoyo J, Wiersma P, Kirwan GM et al. (2023) Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA.
- 2) Schulz R & Stock M (1993) Wader Study Group Bulletin, 68(1), 83–91.
- 3) 小松裕子・松井正文 (2003) 生物多様性と保全遺伝学. 小松裕子・松井正文 (編) 保全遺伝学 : 15–18. 東京大学出版会, 東京.
- 4) Küpper C, Edwards SV, Kosztolányi A et al. (2012) Mol. Ecol., 21(23), 5864–5879.

P-24

諏訪湖におけるヒシの根系の解明： 滲出物と形質は水中根と地中根で異なるのか？

○鈴木和子¹・牧田直樹¹・宮原裕一¹・朴虎東¹・岩田拓記¹¹信州大学理学部理学科

はじめに

水生植物は湖沼生態系の一次生産や栄養塩循環に重要な役割を担う。その水生植物は生息環境により同種内でも異なる特性を持つことが報告されている。なかでも、日本各地に分布する浮葉植物であるヒシは、湖底に根を張り地中根を形成するが、加えて水中に存在する根系（水中根）を形成する。これらの形態や機能の生育環境での差異は明らかでない。そこで本研究では、湖沼に生息するヒシを対象に、異なる野外環境に存在する根を探取し、形態の差異について評価する。

また近年、植物根からの有機物滲出が注目されているものの、水生植物に関する知見は乏しく、特に野外環境での滲出実態は未解明である。根の接する環境が異なれば、形態や滲出物動態を含む化学的特性も変化すると考えられるため、ヒシ根の炭素滲出速度も形態特性と関連させて明らかにすることを目的とした。

方法

長野県諏訪湖の3地点の各岸、沖、川で成熟したヒシ(*Trapa japonica*)を採取した。2025年夏季にヒシ140個体を採取し、そこから計400根系を対象に分析した。

茎上部で発生し水中に存在する緑色の根組織を水中根、茎下部で発生し湖底堆積物中に存在する根組織を地中根、水中下部～堆積物表層に生じている分岐のない組織を不定根と定義し、1個体から各種の根を各1根系ずつ採取した。

実験室に採取した個体を持ち帰り、湖水を混合した水槽を光合成ができる環境にして培養した。Philips *et al.*(2008)の手法に基づき、炭

素を含まない一定濃度のNP溶液で根を2時間培養し、得られた溶液をTOC分析計で分析した。

培養後の根は形態計測を行った。根系を乾燥させ重量測定とEA-IRMSで炭素・窒素含有量の分析を行った。

結果と考察

根特性の解析結果、根重量当たりの長さ（比根長）は、地中根が135.9 m/gで最も高く、水中根は122.2m/gであった。不定根は89.3m/gと最も低い値を示した。体積当たりの重さ（根組織密度）においては、地中根が0.030 g/cm³、水中根は0.024g/cm³で最も低い値を示し、不定根は0.035 g/cm³と最も高かった。このことから、水中根はより軽く柔軟な組織により水中環境に対応しており、地中根は長く硬質な組織を持ち土壤探索や支持機能が高い根であると考えられる。

炭素含有量においては、水中根が43.7 mg/gで最も高く、地中根は38.5mg/g、不定根は37.6 mg/gを示した。窒素含有量においては、水中根が6.01mg/gと最も高く、地中根は4.47 mg/g、不定根は3.82mg/gであった。水中根は地中根に比べ、炭素と窒素の含有量が多い傾向にあり、水中根と地中根の間で養分吸収能や有機物の利用機能が異なると考えられる。

これらの解析結果から、ヒシの根は水中根と地中根で異なる形態と組成を持つことが示された。水中根の柔軟で軽量で炭素と窒素を比較的多く含む組織を持つのに対し、地中根はより長く、硬質な組織であった。

これらの知見に加え、根滲出物速度の解析を進めることで、水生植物の根への理解が一層深まると期待される。

P-25

水門操作で生じる攪乱の環境改善—冰見市十二町潟の管理に向けて—

○川本朋慶¹²・沼澤蓮音¹・中尾朔也¹・倉澤 央²・西尾正輝³・吳 修一¹¹富山県立大学工学部・²Bio クラブ・³冰見市教育委員会

はじめに

低平地の湖沼、ため池、潟は、干拓、護岸化、水位変動の安定化により環境が改変され、これにより水質、底質が悪化し、それに伴い生物多様性も劣化している。ため池では農閑期に水位を下げて干出させることで底質を改善する池干しが行われているが、その改善効果は一部の底質項目に限られている。

富山県冰見市の十二町潟は、小規模な潟で泥や有機物の堆積による治水機能の低下、水質、底質の悪化が懸念されている。十二町潟には水位を調整するための水門があり、地域住民が必要に応じてこの水門を開閉して水位を調整している。

本研究では、この水門の開閉による水位変動で発生する攪乱で水質、底質がどのように変化するかをモニタリングし、低平地の湖沼、ため池、潟の水質、底質を改善するための方法の一助とすることを目的とした。

方法

●調査地

十二町潟は、富山県冰見市を流れる万尾川の下流に位置し、水門で排水を管理されている。基本的には常時湛水状態であり、湛水時は接続する万尾川よりも数十 cm 程度水面が高くなる。十二町潟は、灌漑による農業利用の他に、治水のための遊水地としても利用されているため、降雨前には地域住民により水門が開放され、水位が調整されている。

十二町潟では、2022 年に一部の高水敷を掘り下げ、水路を創出して治水改善を図る他に、2024 年 12 月から 2025 年 3 月に水門を常時開放し、干出による底質改善を図っている。これらの取り組みで発生した攪乱の影響を明らかするために、十二町潟南西部の水門から上流約 100m の区画を調査地域とした。その内、常時水がある

エリアを対照区、水位低下時にそのほとんどが干出するエリアを影響区とした(図-1)。これらの調査区と取り組みの前後を比較する BACI (Before After Control Impact) デザインにより、影響を評価した。

●水門の開閉による攪乱の影響評価

影響区は上流部に創出された水路により水門開閉に伴う水理特性が大きく変化したと考えられる。のことから水路創出前後の 2021 年と 2024 年のそれぞれ 7 月に収集した水質と底質のデータを影響区と対照区で比較することで水門を開閉したことによる攪乱の影響を評価した。

●水門の開放による攪乱の影響評価

水門を開放することで対照区は常時水域が残るが、影響区は比高が高いエリアが干出する。水門を常時開放する前後の 2024 年と 2025 年のそれぞれ 7 月に収集した水質と底質のデータを影響区と対照区で比較することで水門を開放することによる攪乱の影響を評価した。なお、底質については、対照区を比高が高いエリアと低いエリアに分けて比較した。また、一部の底質項目については水路区間も対照区間に含めて比較をした。

●収集したデータ

2021 年と 2024 年の 7 月に水質として水温、DO、EC、濁度を、底質として泥深(鉄杭)を計測した。2024 年と 2025 年の 7 月とに水質として水温、光量子、DO、ORP、EC、濁度、クロロフィルを、底質として泥深(ペグ)、泥深(鉄杭)、OPR、硫化水素、強熱減量、粒度分布を計測した。なお、泥深では、重さ 590 グラムの鉄杭を水底から 70cm の高さから、重さ 55 グラムのペグを水底直上から、落として底質に沈んだ深さをそれぞれ泥深(鉄杭)と泥深(ペグ)とした。

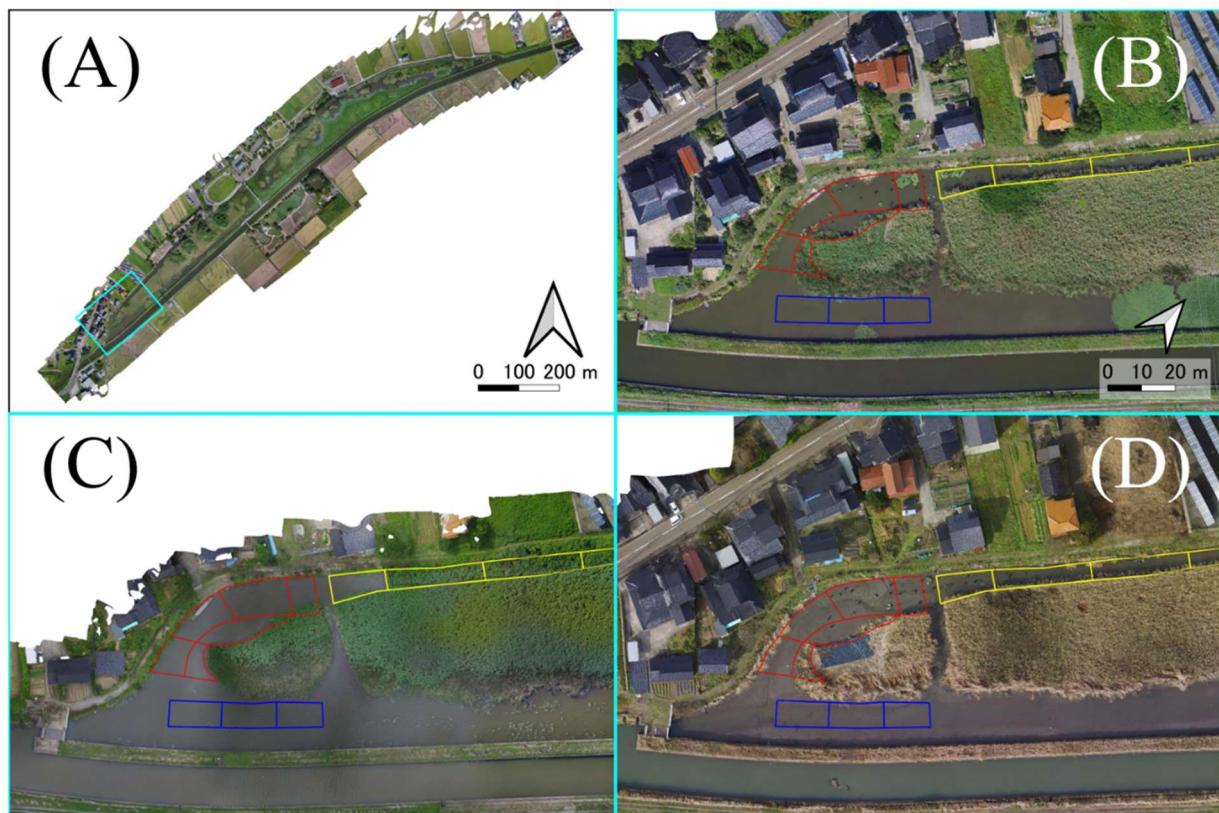


図-1 調査地域の位置 (A) とその詳細 (B)。水色は調査地域、赤色は影響区、青色は対照区、黄色は創出した水路を示す。B は水路創出前の、C は水門開放時の調査地域の空撮。

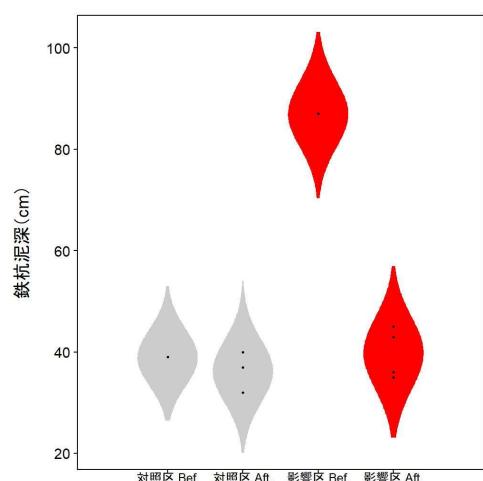


図-2 水門の開閉による泥深(大)の変化

結果と考察

水門の開閉による攪乱では、水温、EC、泥深（鉄杭）で影響区のみ有意な差が確認された。影響区の水温、EC は平均値でそれぞれ 0.6°C 、 $33 \mu\text{S}/\text{cm}$ 減少し、変化量は少なかった。一方、影響区の泥深（鉄杭）は、大きく変化し、平均値で 46cm 減少しした（図-2）。このことから水門の開閉による攪乱は、底質に大きな影響を与えた

たと考えられる。

水門の開放による攪乱では、水中の ORP と濁度で影響区のみ有意な差が確認された。影響区の水中 ORP は平均値で 93mV 減少し、濁度は平均値で 10.14NTU 増加した。泥深（ペグ）、泥深（鉄杭）、強熱減量、粒度分布 d60 は、有意な差が確認されなかつたが、比高が高い影響区と対照区で異なる傾向となった。比高の高い影響区の平均値は、泥深（ペグ）、泥深（鉄杭）、強熱減量で減少し、粒度分布 d60 で増加した。このことから水門の開放による攪乱は底質に影響を与えている可能性がある。

本研究で水門の管理による攪乱は底質に影響を与えることが示され、水門の開閉による底質への掃流攪乱の方が、水門の開放による干出攪乱よりも改善効果が大きいことも示された。今後は、水門の開放期間を長くして干出攪乱による効果が高まるか確認することが望まれる。

農薬がミジンコ休眠卵に及ぼす影響：茨城県霞ヶ浦を事例に

○小田悠介¹, 高津文人¹¹ 国立環境研究所

はじめに

ミジンコ類は温度、過密、短日等の環境変化により、数十年単位で生存可能な休眠卵を生産する。湖沼の底質中に堆積する休眠卵は、ふ化させた仔虫の遺伝的変異と環境変動との前後関係に基づいて進化的要因の解析などに用いられている (e.g., Korosi et al., 2017)。

農薬は水生生物に対する人為的な淘汰圧であり、耐性個体の出現に伴って遺伝的多様性が減少する可能性がある (e.g., Ribeiro and Lopes, 2013)。疎水性や有機炭素吸着性の高い農薬類は底質中に残留し、底生生物のほか、ミジンコ休眠卵など休眠生物に長期的なばく露や慢性影響を及ぼすことが懸念される。

本研究では、農薬がミジンコ休眠卵に及ぼす影響の解明を目的に、茨城県霞ヶ浦を事例として、まずは底質中に含まれる休眠卵の存在量や検出される農薬について鉛直プロファイル解析を実施した。

方法

2025年8月13日に霞ヶ浦の湖心で柱状底泥コア2本を採集し、表層0 cmから3 cm間隔で鉛直方向に底泥コアを切断した。各底泥コアは深さ最大36 cmであり、1コア当たり合計12層の底泥が得られた。各層の200 gを遠心分離(7200 rpm, 30分)し、最大100 mLの間隙水を採取した。各層の底泥について孔径100 μmのネットでふるい、立体顕微鏡により残渣物に含まれているミジンコ休眠卵 (*Daphnia* spp. ほか)を計数した。間隙水は、GF/Fガラスフィルター(孔径0.7 μm)でろ過後、Waters社製のHLB及びSep-Pakカートリッジで抽出し、ジクロロメタン、アセトン、メタノールで溶出したものをLC-MS/MSによる農薬一斉分析に供した。

結果と考察

Daphnia spp.休眠卵 (図1) は、深さ<12 cmで5.3–12.6 ind/m², 27–30 cm層で6.3 ind/m²の密度で観察され、他の層は<2.1 ind/m²であった。その他の休眠卵 (図2) については、各層>10 ind/m²は存在しており、6–9 cm層では最大44 ind/m²が観察された。層ごとに得られた休眠卵は当時の環境条件を反映して遺伝子型が異なる可能性があり、今後は各層の年代解析を実施するとともに、ふ化したミジンコを用いて農薬への感受性を比較する予定である。

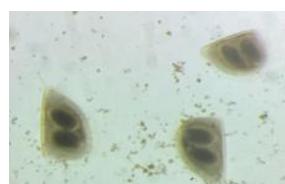
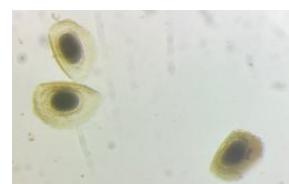
図1 *Daphnia* spp.の休眠卵

図2 その他の休眠卵

農薬プロファイルについては現在解析中であり、当日に報告予定である。

引用文献

- Korosi, J. B., Thienpont, J. R., Smol, J. P., & Blais, J. M. (2017). Paleo-ecotoxicology: what can lake sediments tell us about ecosystem responses to environmental pollutants? *Environmental Science & Technology*, 51(17), 9446–9457.
- Ribeiro, R., & Lopes, I. (2013). Contaminant driven genetic erosion and associated hypotheses on alleles loss, reduced population growth rate and increased susceptibility to future stressors: an essay. *Ecotoxicology*, 22(5), 889–899.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP25K18256 の助成を受けて実施した。ここに記して謝意を表する。

P-27

諏訪湖で羽化するトンボ類の年変動と季節変動

○宮坂真司¹・福本匡志²・谷野宏樹¹・筒井裕文¹・北野聰¹

¹長野県諏訪湖環境研究センター・²長野県農業大学校

はじめに

諏訪湖は 1960 年代以降の富栄養化によりオコが異常発生するなど、環境上の支障が生じていたが、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。

このような環境への影響を理解するための指標として好適なトンボ類昆虫のうち¹、諏訪湖が日本の重要湿地 500 に選定された理由ともなっている絶滅危惧種メガネサナエについては、その保全や生態系改善に必要な知見を得るために、2019 年から継続的に調査が行われており、メガネサナエを含めた諏訪湖湖岸で羽化するトンボ類の羽化殻調査も 2020 年から行われている²。この調査では羽化殻数や種組成の年変動が確認され、地点別の種組成の違いについても考察されている。本研究では、この羽化殻調査の結果に 2025 年の調査結果を加えて年変動や地域ごとの生息種の違いを比較するとともに、調査期間・頻度を増やして季節変動を評価することで、希少種の動態の把握を目指した。

方法

2020–2024 年の調査地点である諏訪湖湖岸の 4か所 (St. 1-St. 4) に加えて、2025 年は諏訪湖南岸に新たにモニタリング地点 (St. 5) を追加し、トンボ目昆虫の羽化殻の計数、採取を行った。対象としたトンボ類は、環境省レッドリストの絶滅危惧Ⅱ類に区分されているメガネサナエをはじめ、上記のモニタリング地点で採取されたウチワヤンマ、オオヤマトンボ、コフキトンボ及びミヤマサナエの 5 種とした。

2024 年までは 7 月中旬、7 月下旬、8 月上旬の年 3 回、概ね隔週で調査が行われているが、羽化の季節変動を把握するため、2025 年は 6–8 月に毎週（原則として火曜日に）調査を行った。また、2024 年以前の調査結果と比較するため、7 月中旬以降は羽化殻採取を隔週で行い、採取を行わない週については、発見した羽化殻へのマーキングと計数のみ実施した。これにより、毎週調査のデータを取得しつつ、7 月下旬と 8 月上旬の結果について過去の結果との比較が可能になる。一方で、2025 年は 6 月上旬から 7 月上旬に羽化殻を全数採取しており、7 月中旬の羽化殻採取数のみでの年変動の比較ができないことから、7 月中旬の結果と 2024 年以前の結果とを比較する場合は、次のとおり推計した結果を用いることとした。羽化殻の残存数は時間経過とともに指數関数的に減少するため³、7 月中旬以降の調査結果を用いて経過時間ごとの羽化殻の推定残存率を算出し、7 月中旬以前の各週の羽化殻採取数と推定残存率の積の総和を、2025 年 7 月中旬におけるそれ以前に羽化殻を採取しなかつた場合の推定値とし、2024 年以前の結果と比較した。

結果

2025 年のメガネサナエ羽化殻数は、地点別にみると St. 1 から St. 4 の順に 7, 19, 17, 0 であり、2024 年の 34, 37, 50, 26 と比較すると、いずれの地点においても減少した。時期別にみると、2025 年は 7 月中旬、7 月下旬、8 月上旬の順に 26, 3, 14 であり、2024 年の 95, 45, 7 と比較すると、8 月上旬以外で減少した。また、総数は 2020 年以降で最少となつた。

また、メガネサナエ以外の羽化殻について

みると、同じサナエトンボ科であるミヤマサナエの羽化殻は、St. 1-St. 4 では 7 月中旬以降 1 個体も採取されなかった。(St. 5 では 7 月中旬にわずかに採取された。) 一方で、コフキトンボの総数は 2020 年以降で最多となった。種組成については、2020 年度から調査が行われている 4 地点のうち St. 3 以外の 3 地点でコフキトンボが優占する傾向は、2025 年も同様であった(図 1)。また、新たな調査地点である St. 5においてもこれら 3 地点と同様にコフキトンボが優占していた。一方で、過去の調査でメガネサナエが優占していた St. 3 については、2025 年のメガネサナエの減少とオオヤマトンボの増加に伴い優占種がオオヤマトンボに変わった。

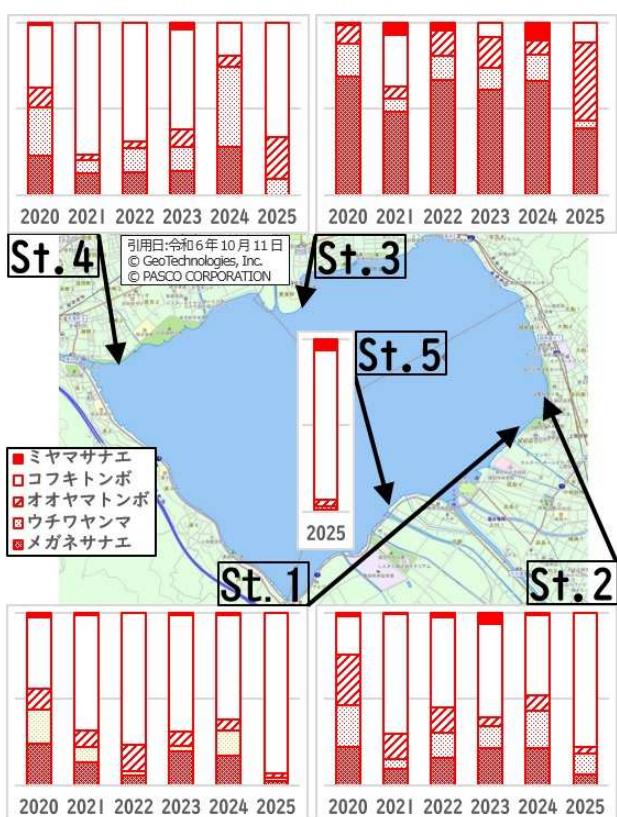


図 1 地点ごとのトンボ種組成割合の経年変化

2025 年のメガネサナエ羽化殻数の季節変動については、図 2 のとおりとなった。メガネサナエの羽化殻は 6 月第 2 週から確認され、7 月第 1 週に最大となった後も 8 月最終週まで毎週確認された。また、地点によって羽化殻

数が最大となる時期が異なった。

考察

メガネサナエの羽化殻数が 2020 年以降最少となった理由は明らかになっていないが、過去の調査でヒシの繁茂状況との関連が示唆されており²、今後公表される諏訪湖の水草分布調査の結果をもとに分析を行う。また、尾園ら⁴によるとメガネサナエの成虫の出現期は 7 月から 9 月であり、6 月中旬から下旬及び 10 月上旬から中旬は通常あまり見られない時期とされている。一方で、2025 年のメガネサナエの羽化は 6 月上旬から始まっていることから、諏訪湖のメガネサナエの羽化が早期化している可能性が示唆された。この傾向が継続するか把握するため、引き続き調査を行っていく。

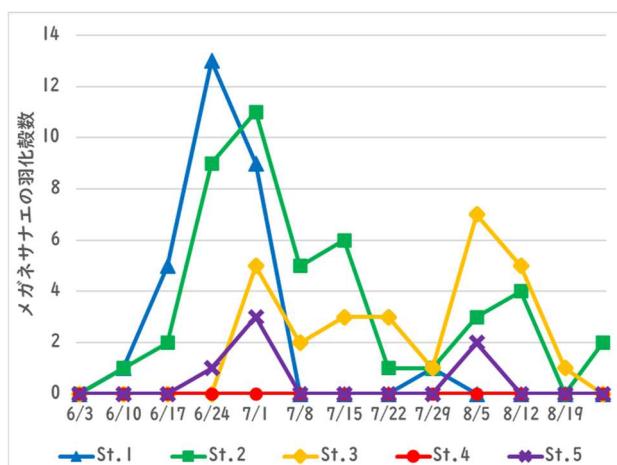


図 2 メガネサナエ羽化殻数の季節変動

引用文献

1. 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.
2. 宮坂真司, 福本匡志, 谷野宏樹, 筒井裕文, 北野聰 (2024) : 諏訪湖におけるトンボ相の変遷. 日本陸水学会甲信越支部会報 51 : 75-76.
3. Maria A. Aliberti Lubertazzi, Howard S. Ginsberg (2009) : Persistence of Dragonfly Exuviae on Vegetation and Rock Substrates. Northeastern Naturalist, 16(1) : 141-147.
4. 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.

P-28

諏訪湖における淡水シジミ類の生息場所選択性

○柳生将之¹¹長野県諏訪湖環境研究センター

はじめに

1910 年代に約 300 トンあった諏訪湖のシジミ漁獲高は、1945 年ごろを境にして減少の一途をたどっている（薄井・山本 1984）。シジミ減少の原因は湖水の富栄養化による夏季底層水の酸素欠乏と考えられることから（倉沢・沖野 1983），長野県ではシジミを水質改善や多種多様な生き物を育む湖を目指す指標生物のひとつに選定し，生息環境の維持や拡大に向けた取り組みを行っている（長野県 2023）。

一方，流域下水道の整備などによって水質が改善した現在の諏訪湖には，シジミの生息環境が整いつつあると考えられるものの，生息状況についての詳細な調査は行われていない。そこで本研究は，人為的な覆砂場所を含む複数地点を対象として定量的な生息状況調査を行い，シジミの底質材料や水深への選択性を把握することを目的とした。なお，諏訪湖に生息する可能性のあるマシジミとタイワニシジミは近縁関係にあり，形態のみでは区別できないことから（横山 2019），ここでは区別せずにシジミ類とした。

方法

諏訪湖岸に 6 つの調査地区（東赤砂，西赤砂，小田井，小坂，渋崎，湖岸通り）を設定し，2025 年 7 月 9~16 日の間に，それぞれで 30 点の定量採集を実施した。各地区では水際線に直行するラインを 2m 間隔で 10 本設定し（水平距離 18m），それぞれのラインの水際から距離 1, 2, 3m の直下を調査地点とした。地点を中心として 50×50cm の方形枠内の底質を約 5cm の深さで掘り返し，目合 3mm のタモ網で掬い取った。底質中に含まれる貝類をすべて拾い出し，生貝と死貝に分けて個数を記録した。シジミ類についてはスケールとともに真上からの写真を撮影し，画像を投影した PC

画面上で個別の殻長を計測した。また，シジミ類の一部を室内に持ち帰り，デジタルノギスを用いて殻長，殻高，殻幅と 0.01g 単位の湿重量を測定した。

地点中心の水深を 1cm 単位で計測するとともに方形枠内の底質を Wentworth 階級（Wentworth 1922）で区分し，それぞれの割合を判別した。

水深および底質材料に対するシジミ類生息場所の選択性について，Baltz (1990) の選択性指数 (D) を用いて求めた。選択性はシジミのサイズ別（殻長 10mm 以下，10~20mm，20mm 以上）に検討した。

$$D = (r-p) / (r+p) - 2rp$$

ここで， r はシジミ類が利用した水深・底質材料全体に占める各区分の割合， p は調査地点全体の水深・底質材料に占める各区分の割合とした。

結果

6 地区で合計 180 地点の底質から 4,538 個体の貝類を採集した（1,849 個体の死貝を含む）。地区によって貝類の構成が異なり，西赤砂や小田井ではシジミ類が多く，渋崎や湖岸通りではヒメタニシが多かった（図 1）。

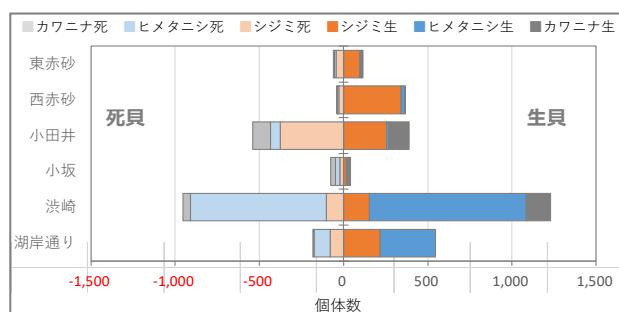


図 1 各調査地区における生貝・死貝の組成

シジミ類の個体数や殻長サイズ構成は地区によって異なった。個体数密度は殻長 10mm 以下の個体割合が高い西赤砂が最も高かった

が、重量密度は 20mm 以上の個体割合が高い小田井や東赤砂が高くなつた（図 2）。

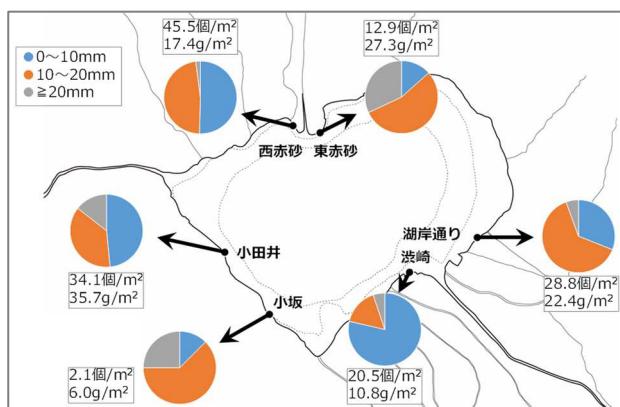


図 2 各地区のシジミ類密度とサイズ構成

シジミ類の生息環境については、水深に対するシジミ類の選択性は、0~10cm の浅い水深で 3 サイズすべてに正の選択性が認められ、10cm 以上の深い水深には負の選択性（忌避性）が認められた（図 3）。

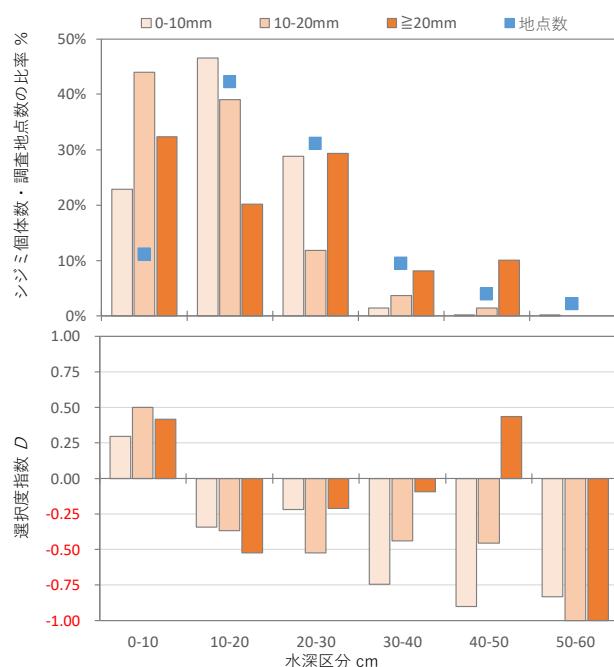


図 3 水深に対するシジミ類の選択性

底質材料に対する選択性は、小底質サイズ（粒径 64mm 以下）には忌避性がある一方で、大底質サイズ（64mm 以上）には正の選択性が認められた。また、シジミ類のサイズが大きいほど大底質サイズ（64mm 以上）への選択性が強くなる傾向も認められた（図 4）。

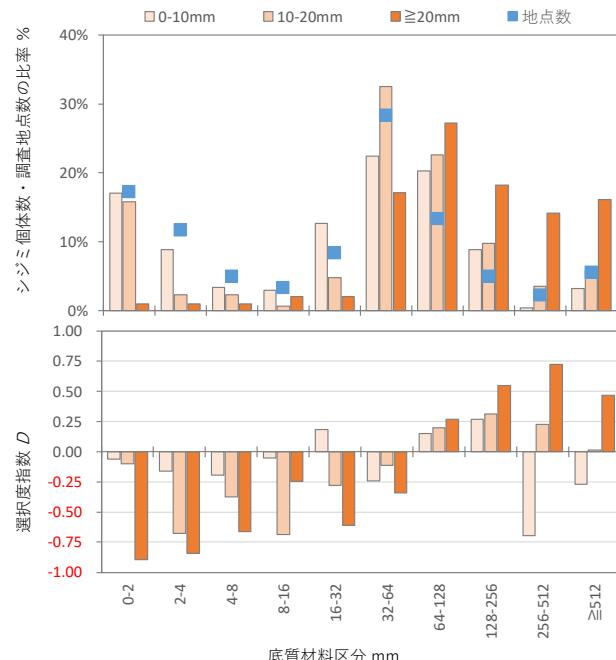


図 4 底質材料に対するシジミ類の選択性

考察

本研究の結果より、大きなシジミ類ほど大きな石礫下面の底質に隠れるように生息する実態が明らかとなり、これにはシジミ類に対するコイなど大型生物の捕食圧が関与している可能性が考えられた。

今後はシジミ類が高密度で生息している場所の環境条件を明らかにしていくことで、シジミが採れる諏訪湖を目指した取り組みを推進する知見が得られると考えられた。

引用文献

- Baltz, D. M. (1990) Autecology. pages 585-600 in C. B. Shreck and P. B. Moyle, eds. Method for fish biology. Bethesda, MD: American Fisheries Society.
- 倉沢秀夫, 沖野外輝夫 (1983) 諏訪湖の富栄養化と生物群集の変遷. 信州大学環境科学論集 5 : 1-15
- 長野県諏訪地域振興局 (2023) 諏訪湖創生ビジョン. 2023 年 (令和 5 年) 3 月改訂版, 100pp.
- 薄井孝彦, 山本 長 (1984) 諏訪湖におけるシジミの移植効果について. 長野水試研報 1 : 1-20
- Wentworth, C. K. (1922) A scale of grade and class terms for clastic sediment. Journal of Geology 30 : 377-392
- 横山 寿 (2019) 外来シジミ類の分類と生態—I 日本と世界における侵入・拡散. 陸水学雑誌 80(3) : 125-144

P-29

野尻湖の水生植物相調査結果（2025）速報

志賀隆¹・○小平由美子²・柳生将之²・筒井裕文²・宮坂真司²・北野聰²・高村典子²¹新潟大学・²長野県諏訪湖環境研究センター

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湖沼である。もともと水草が豊富な湖であり、1911年に行われた調査では多くの水草が記録されていた（中野 1916）。しかし、1978年にソウギョ 5,000 匹が放流されたことにより、約3年で湖内の水草帯が消失した（桜井 1984）。その後も、ソウギョによる食害のため、湖内に水生植物がほとんど見られない状態が長期間にわたり継続したが（樋口ら 2016），近年になって水草の生育が確認されるようになっている（小平ら 2024；Peterson ら 2025）。

そこで本研究では、水草帯再生が進みつつある現在の野尻湖の水生植物相を明らかにするために、湖内に生育する水草の詳細な分布調査を実施した。

材料と方法

2025年9月9日-11日、10月10日に野尻湖（長野県信濃町、図1）において、車軸藻類、水生の蘚苔類と維管束植物を対象に、船上からの水草採集調査ならびに湖岸踏査を実施した。調査方法は環境省モニタリングサイト1000 陸水域調査湖沼の水生植物調査方法（環境省 2020）

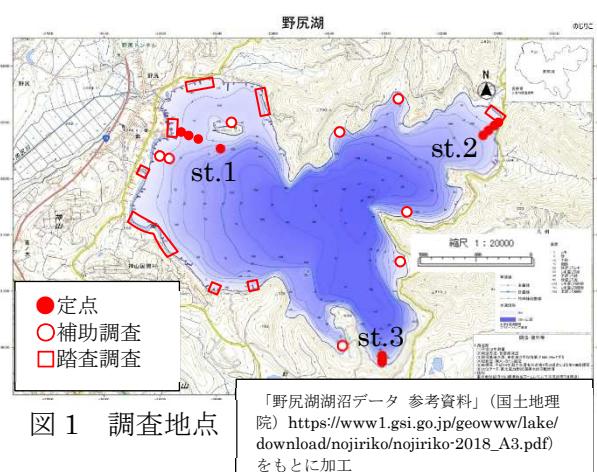


図1 調査地点

を参考に、3つの調査測線（st.1-st.3；図1）を設定した。各側線では水深約1mから調査を開始し2mずつ深くなる数点でアンカー型水生植物採集器を用いて水草を採取した。その他に、船上からの目視により水生植物の生育が確認された7地点を補助調査地点として追加した。各調査地点では、原則としてアンカーを6回投げ込み、回ごとに出現種を記録した。また同時に、緯度経度、水深、透明度、水温、pHおよびECを測定した。確認した植物はすべての種について証拠標本を作製した。

結果

湖内より13科36種の水生植物が確認された。浮葉、沈水、浮遊植物は19種であり、このうちクロモ *Hydrilla verticillata* は、ほぼ全ての調査地点で確認され、最も多く分布していた。続いてトリゲモ *Najas minor*、エゾノヒルムシロ *Potamogeton gramineus* の順で多くの地点で確認された。車軸藻類はシャジクモ *Chara braunii* とカタシャジクモ *C. globularis* の2種が確認された。過去に生育が記録され、それ以降の調査において注目されてきたホシツリモ *Nitellopsis obtusa* やナガバエビモ *P. praelongus* は、本調査でも確認されなかった。

抽水植物は17種が確認され、ヒメホタルイ *Schoenoplectiella lineolata* が多くの地点で見られたほか、ヨシ *Phragmites australis*、カシガレイ *S. triangulata* 等が記録された。

調査測線上の定点調査では、st.1において水草は2種、st.2では7種、st.3では10種の水草が確認された。水深5mより浅い地点ではすべての測線で水草が採取されたが、水深6.7m、8.8mと9.1mの地点では水草は採取されなかつた。今回の調査で水草が確認された最深地点は

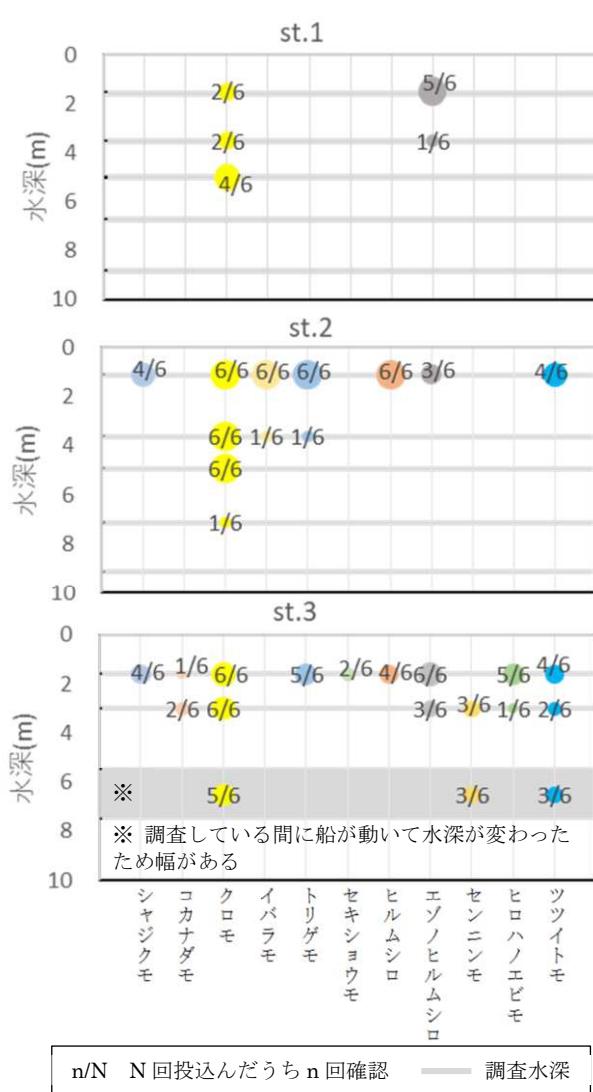


図2 測線調査結果

水深 7.1m であり、この地点ではクロモが確認された。過去に確認されているフラスコモ属植物を中心とした車軸藻帶（中野 1916；加崎 1962）は確認されなかった。

湖内の各調査地点における透明度は 6.4m～8.0m, pH は 7.8～8.4, EC は 8.7～9.1 $\mu\text{S}\text{cm}^{-1}$ であった。

考察

湖内の多くの地点で水草帶が広く形成されており、ソウギョによる食害からの植生回復が継続していることが確認された。本調査において確認された浮葉、沈水、浮遊植物は、1911年の調査（中野 1916）の 17 種と同程度だった。過去に失われた種（ナガバエビモ、フラスコモ属、ホシツリモなど）もあるものの、多彩な種

で構成される水草帶が復元しつつあるものと考えられる。

調査測線における定点調査の結果を 1911 年の調査（中野 1916）と比較すると、現在の野尻湖における沈水植物の分布水深は約 5m 程度までで、過去よりも浅い傾向がみられた。沈水植物帶においてクロモが優占する状況は 2022 年の調査（小平ら 2024）と同じ傾向であり、深い水深帯にまでクロモが分布していた。しかし、過去に報告されている車軸藻帶（～10m, 中野 1916；～9m, 加崎 1962）の水深帯までには分布が及んでおらず、同種が 5m 以深の車軸藻帶の復元を直接的に阻害している可能性は低いと考えられる。その一方で、本調査では確認されなかったものの、近年、水深約 7m の地点でヒメフラスコモ *N. flexilis* var. *flexilis* と思われるフラスコモ属植物が散発的に確認されている（野尻湖ナウマンゾウ博物館 私信）。車軸藻類および車軸藻帶の回復性を把握するため、今後も継続的なモニタリングが重要であると考えられる。

引用文献

- 樋口澄男, 山川篤行, 北野聰, 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
- 環境省自然環境局生物多様性センター (2020) モニタリングサイト 1000 陸水域調査湖沼：水生植物調査マニュアル第 2 版
- 加崎英男 (1962) ホシツリモの分布について. 植物分類・地理 20 : 285-289
- 小平由美子, 山下晃子, 大場政哉, 飛澤知佳, 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 42:76-77
- 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
- Peterson M. I., Kondo Y., Wada N., Tsuda Y., Kitano S. (2025) Benefits of Aquatic Vegetation for Fish in an Ecosystem Dominated by an Invasive Piscivore. Freshw Biol, 70: e70045.
- 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. 水草研会報 17:27-28

諏訪湖の *Daphnia galeata* の食物の解明

○佐藤秀美¹・二木巧子²・笠原里恵²

¹信州大学大学院卒・²信州大学理学部

【はじめに】

Daphnia galeata は湖沼に広く分布するミジンコの一種で、一般に湖水中の藻類をろ過摂食する。長野県の諏訪湖では、2020 年以降、毎年初夏に短期間出現するようになつたが、出現後に湖中の植物プランクトンの指標であるクロロフィル a 量が大きく減少しても、その後 1か月、高密度の状態が維持される傾向にあり、植物プランクトン以外も摂食している可能性がある。本研究では諏訪湖に出現する *D. galeata* の食物を明らかにすることを目的に、光学顕微鏡により腸内容物と糞を観察し、同時期の植物プランクトン優占種と比較した。また、腸内容物から DNA を抽出し、メタバーコーディングを行つた。

【方法】

諏訪湖の湖心において、*D. galeata* の出現期間を含む 2024 年 4 月 23 日—7 月 4 日の間に週一回の頻度で湖水採取を行つた。

湖水はカラムサンプラーで水柱状に全層水を採取し、クロロフィル a 濃度 (Chl.a) は Marker 法で算出した。植物プランクトンは中性ルゴール液で固定後沈降濃縮して観察し、種別に Bio volume を求めた。*D. galeata* の密度は、プランクトンネット (40μm mesh) で濾した液を固定後観察し計数した。腸内観察のため、鉛直引きネット (100μm mesh) で採取した試料から個体を分別して 30 分以内に持ち帰り、生存個体の腸と排出直後の糞を光学顕微鏡で観察した。持ち帰った個体の一部は-20°C で凍結し、後日解凍して 1 個体ずつ蒸留水で洗浄してスライドグラス上で解剖し腸を採取した。10—25 個体を 1 試料として、Qiagen の DNeasy Blood & Tissue Kit もしくは DNeasy Plant Mini Kit を用いて DNA を抽出し、真核生物は 18SrRNA、藻類等の光合成生物は psbA を対象領域として、メタバーコーディングを行

つた。分析は株生物技研に委託した。得られた塩基配列は BLAST 検索から相同性 97% 以上の種や群を採用して同定した。また、出現期間中の *D. galeata* の食物の充足状況を調べるため、第三胸脚にある肢毛のろ過スクリーン面積と胴体長の測定も行なつた。

【結果】

D. galeata は 5 月 10 日—6 月 20 日まで出現が確認された。期間中の湖水の<40μm の Chl.a は 4.6—18.7 μg/L で、5 月 10 日が最高値だった。同日の<40μm の植物プランクトンは *Cyclotella meneghiniana* が高い Bio-volume を示した。5 月 24 日に<40μm の Chl.a 及び *C. meneghiniana* を含む植物プランクトンは急減少し、その後低い値で推移したが、*D. galeata* の密度は 80 個体/L 以上に増加し、体長も大きい個体が多かった。ただし、5 月 30 日以降の個体はろ過スクリーン面積が拡大しており、食量不足が示唆された。腸の顕微鏡観察からは *Cyclotella* に類似した細胞が 5 月 10—16 日に確認された。糞からは *Aulacoseira* 類似の 1—2 個の小個体が 5 月 24 日—6 月 20 日に観察された。遺伝子 18SrRNA の分析結果からは纖毛虫類と真菌類が read 数に占める割合が、分析期間を通して大きかった。一方、psbA の分析結果では、*Aulacoseira granulate* 及び、*Mychonastes homosphaera* が大きな割合を占め、他の picophytoplankton も検出された。

【考察】

本研究から諏訪湖の *D. galeata* は出現時に *C. meneghiniana* を主要食物としながら、微生物ループを介し纖毛虫類・真菌類等も摂食していたことが示唆された。主要食物の減少後の食物不足については、ろ過肢毛の形質変化によって効率的に picophytoplankton や小個体の *A. granulate*などを摂食し、高密度を維持できたと考えられる。

P-31

諏訪湖の水温成層と内部静振

○岩木真穂¹・岩田拓記²・宮原裕一¹¹信州大学 理学部(諏訪臨湖実験所)・²信州大学 理学部

1. はじめに

諏訪湖の夏季における水温成層を解消する要因としては、強風による搅乱^{[1][2]}に加えて、強雨時の河川流入や内部静振の影響が考えられる。本研究では、1995～2025 年に信州大学理学部附属湖沼高地教育研究センターで実施された定期観測データを用いてシミュミット安定度^{[3][4][5][6][7]}を算出し、諏訪湖の水温成層について調べた。さらに、2024 年度の定期観測データ、水温・溶存酸素濃度の連続観測データを用いて、内部静振が成層中の鉛直混合に及ぼす影響について考察した。

2. 方法

2.1 観測地点：諏訪湖（長野県）

2.2 観測期間

2024/03/10-2024/12/19

2.3 観測内容

2.3.1 水温 i) 湖心にて 6 深(0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 5 m), 上川河口にて, 1 深

(1.5 m)で測定された水温の連続観測データ(10 分間隔)を使用した。ii) 湖心にて 2 週間に 1 回行われている信州大学定期観測データの 12 深(0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 m, 湖底直上より -10 cm)の水温と溶存酸素濃度の値を使用した。

2.3.2 溶存酸素濃度 すわこウォッチ(湖心付近)による連続観測データ、測定間隔：1 時間、水深：5.0 m

2.3.3 濁度 諏訪湖湖心付近、すわこウォッチによる連続観測データ、測定間隔：1 時間

2.3.4 水位 観測地点：諏訪湖湖岸にて Campbell Scientific 社、水位計(CS451)を用いて 1 秒間隔で測定している水位データを使用した。

2.4 データの利用

水温データ：1995 年～2025 年の信州大学諏訪臨湖実験所における諏訪湖定期観測結果を使用した。

気象データ：期間中のアメダスデータ(気象庁)の諏訪(諏訪市)の 10 分間隔の降水量、風速風向データを使用した。

2.5 シュミット安定度の計算

成層の強さを調べるために、式(1)および式(2)を用いてシュミット安定度を計算した。シュミット安定度の値が大きいほど成層はより安定しており、鉛直混合にはより多くのエネルギーを必要とする。

$$S_r = \frac{g}{A_s} \int_0^{Z_D} (z - z_v) \rho_z A_z \partial z \quad \cdots (1)$$

ここで、

$$Z_v = \frac{\int_0^{Z_D} z A_z \partial z}{\int_0^{Z_D} A_z \partial z} \quad \cdots (2)$$

g : 重力加速度, A_s : 湖の表面積, A_z : 深さ z における湖の面積, Z_D : 湖の最大水深, Z_v : 湖の容積中央の深さ体積中心密度, ρ_z : 深さ z における密度。

2.6 内部静振の周期の計算

諏訪湖における内部静振の理論周期は、式(3)に基づき算出した^[8]。計算に用いた水温および水温躍層の深さは、夏季の定期観測の実測値を使用した。

$$T = \frac{2l}{n \sqrt{\frac{g(\rho_h - \rho_e)}{\frac{\rho_h}{z_h} + \frac{\rho_e}{z_e}}}} \quad \cdots (3)$$

T : 周期(s), ρ_e , ρ_h : 表水層と深水層の密度 (g cm^{-3}), z_e , z_h : 表水層と深水層の厚さ(cm), l : 長さ (cm), g : 重力加速度 (cm s^{-2}), n : 節数。

3. 結果と考察

3.1 シュミット安定度からみた諏訪湖の水温成層

2024 年の諏訪湖湖心における水温および溶存酸素濃度、さらに上川河口で観測された水温を図 2 に示した。6 月頃から水深毎に水温の違いが明瞭となり、この状態は 9 月頃まで続き、その後、10 月頃には全水深で水温がほぼ均一となった。水温鉛直分布の特徴から、諏訪湖では 6 月頃には成層が形成され、10 月頃には鉛直混合が生じたと考えられた(図 2)。

2024 年度の諏訪湖湖心で得られた連続水温データ(10 分間隔、図 2)と、隔週で行われた定期観測の水温データを使って、シュミット安定度を計算し比較した(図 3)。両データの計算結果の傾向はおおよそ一致していたため、1995～2025 年の長期データについても同じ方法でシュミット安定度を計算し、5 年ごとの平均としてまとめた(図 4)。その結果、諏訪湖では 6 月頃から成層が始まり、8 月頃まで続くことが示唆された。一方、2024 年は成層の始まりが 5 月頃と早く、9 月下旬まで続いていること、成層期間が長くなっている可能性が示された。また、近年ほどシュミット安定度の値が高くなる傾向が見られ、成層の強さが増していることも考えられた。しかし、その一方で、2024 年のように、成層期間中であっても、混合し、その後、再び成層している年が確認された(図 3)。



図 1. 調査地

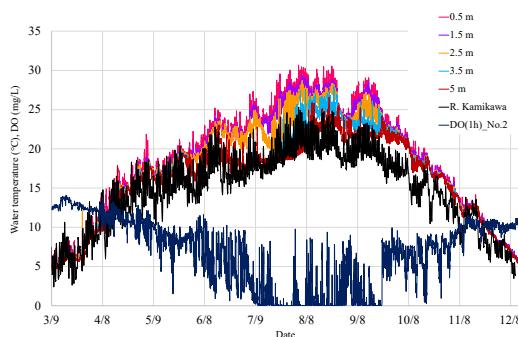


図 2: 2024 年水温と溶存酸素濃度

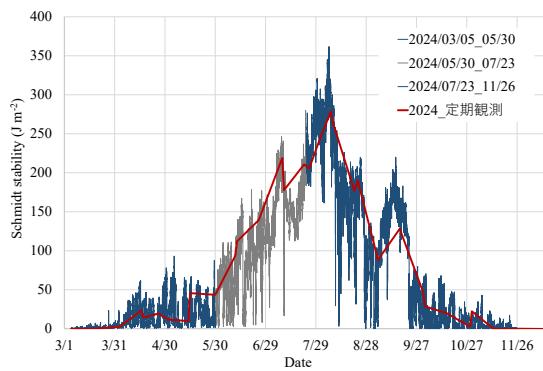


図 3: 2024 年シュミット安定度計算結果

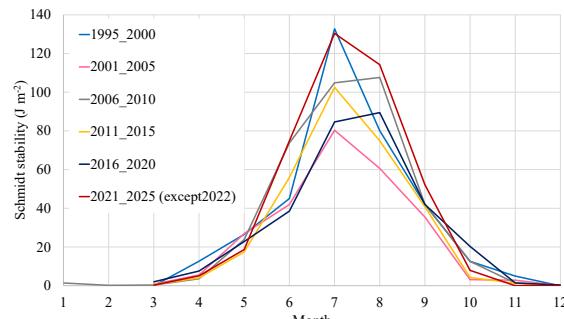


図 4: 1995~2025 年シュミット安定度 (平均)

3.2 内部静振の周期の検出

溶存酸素濃度に着目すると、8月27日前後には5m深を除き水温がほぼ一様となり、溶存酸素濃度も一時的に上昇した。しかしその後、再び貧酸素状態に戻った(図5-a)。一方、9月22日頃には全層で水温がほぼ一様となり、溶存酸素濃度の上昇後も貧酸素状態に戻らなかつた(図5-b)。この2つのケースは、貧酸素が解消された時期は異なるが、貧酸素が解消された深さも異なっていた可能性があり、その要因として内部静振による影響が示唆された。そこで、湖心で観測した0~5m深の水温データと湖岸の水位データを用い、以下の2つの期間についてフーリエ変換により周期を調べ比較した。

- ① 8月25日 12:00~30日 12:00 (図5-a)
- ② 9月17日 0:00 ~22日 13:00 (図5-b)

(22日 14:00~15:00頃に混合)

諏訪湖の内部静振(第1モード)の理論的な周期は、式(3)を用いて計算した。上層の水温が約25°C、下層が18~19°C、水温躍層の深さが2~3.5m、湖の長さを4~4.7kmとすると、周期はおよそ11~14hとなる。

った。

① 8月25~30日の期間では、3.5m深で約13.4h、水位で13.3h、河川では12.1hにピークがみられた(図6-a)。これらは内部静振の周期に近く、内部静振によって水温躍層が上下に振動し、水温躍層周辺の湖水が混ざったと考えられた。卓越風向はSEであった(図7-a)。

② 9月17~22日の期間では、0.5~5mの水温、水位、河川で11~12h、3.5m深では14.8h付近にピークがみられた(図6-b)。内部静振の周期がほぼ全層で確認されたことから、内部静振によって水温躍層が大きく振動し、その結果、全層で混合が起きたと考えられた。卓越風向はWNW~NNWであった(図7-b)。

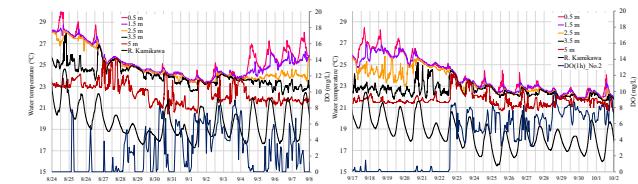


図 5: 混合後の溶存酸素濃度の違い(左:a, 右:b)

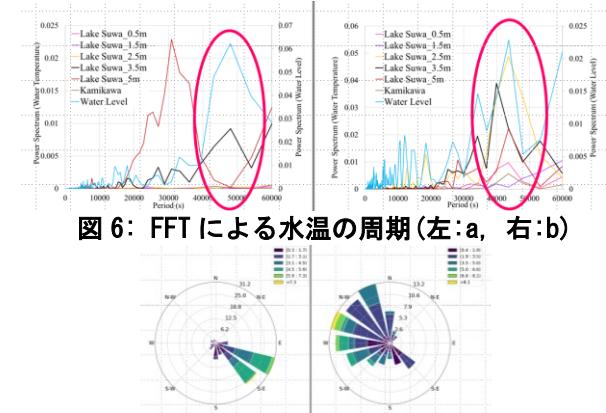


図 6: FFT による水温の周期(左:a, 右:b)

4.まとめ

諏訪湖の夏季の水温観測値からシュミット安定度を算出した結果、諏訪湖は夏季の成層中でも、強風や内部静振等によって鉛直混合するが、再成層し、秋季に最終的に全層循環するため、いわゆる polymictic に近い湖であることが示唆された。また、鉛直混合には、水温躍層の位置によって、表層のみが混合する場合と、湖底付近まで混合する場合があることも示唆された。

秋季の最終的な全層循環に先立って生じる混合が、どの程度の深さまで達しているかを明らかにするためには、今後も高時間解像度の連続観測が必要である。

引用文献: [1] 豊田政史, 宮原一道, 神庭康光, 寺沢和晃, 那須真, 降矢利勝, 宮原裕一, 富所五郎(2006)諏訪湖における湖上風の非一様性とそれが潮流形成に与える影響, 土木学会論文集, Vol. 50, pp. 1303-1308. [2] 奥田雅貴, 入江政安, 中谷祐介, 宮原裕一, 豊田政史(2021)底面熱輸送を考慮した諏訪湖の弱い水温成層形成に関するモデル解析, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 77-2, pp. I-1081-1086. [3] Schmidt, W.(1928) Über Temperatur und Stabilitätsverhältnisse von Seen. Geographiska Annaler 10, 145e177. [4] Hutchinson, G.E.(1957) A Treatise on Limnology, vol. 1. John Wiley & Sons, Inc., New York. [5] Idso, S.B.(1973) On the concept of lake stability. Limnology and Oceanography 18, 681e683. [6] Imberger, J., Patterson, J.C.(1990) Physical limnology. Advances in Applied Mechanics 27, 303e475. [7] Jordan S. Read, David P. Hamilton, Ian D. Jones, Kohji Muraoaka, Luke A. Winslow, Ryan Kroiss, Chin H. Wu, Evelyn Gaiser (2011) Derivation of lake mixing and stratification indices from high-resolution lake buoy data. Environmental Modelling & Software 26, 1325-1336. [8] Wetzel, R.G.(1983) Limnology, first ed. Saunders College Publishing, Fort Worth.

謝辞: 諏訪湖実験所の諏訪湖の定期観測の結果(水温と溶存酸素濃度)を使用しました。水質プロジェクト「すわこウォッチ」のデータを使用しました。気象データは気象庁のデータを使用しました。ここに感謝いたします。

P-32

河川水中の冷水病菌遺伝子検出・タイピングのための 濃縮・培養法の検討

○端昭彦¹・金岡莉奈¹¹富山県立大学工学部

はじめに

細菌性冷水病は、*Flavobacterium psychrophilum*（冷水病菌）を原因菌とする魚病で、サケ科およびアユの養殖においては重大な経済損失を引き起こしているほか、自然河川での発生報告も相次いでいる（農林水産省、2022）。国内での冷水病菌の蔓延の一因として、感染したアユをおとり用として放流したことなどが考えられている一方で、河川水や藻類に存在する冷水病菌を介した感染が生じる可能性も示唆されている。（Fujiwara-Nagata et al., 2019）。

本菌は遺伝的多様性に富み、感染魚から分離した菌の特性評価においては複数の遺伝子の変異状況に着目した Multilocus sequence typing (MLST) が一部では用いられる。対象となる遺伝子にはそれぞれ数十種類程度変異パターンがあることが知られており、きめ細かい分類が可能である（Knupp et al., 2019）。しかし、冷水病菌の類縁種 (*Flavobacterium* spp.) にも同じ遺伝子が確認できる（Nicolas et al., 2008）。一方、日本では、PPIC 遺伝子を対象としたリアルタイム PCR (qPCR) によるタイピングが主流である（井上ら、2019）。この遺伝子は、A 型・B 型の 2 種類にしか分類されないが、qPCR の特異性が高く、偽陽性は生じにくい（Izumi et al., 2003）。

冷水病の河川での発生を防ぐ予防対策に向けて、本菌の感染経路の把握が重要である。冷水病菌の検出対象は一般に感染個体であるが、河川水中の冷水病菌の存在状況や遺伝子型も調べることで、冷水病菌の由来の特定や感染経路の特定が期待できる。河川水中の冷水病菌を対象とした研究例は、qPCR による遺

伝子定量（Fujiwara-Nagata et al., 2019）や単離株の MLST（Fujiwara-Nagata et al., 2013）といった数例にとどまり、時間・手間を要する培養や単離を経ずに MLST を実施した例はない。

ハイスループットシーケンシング (HTS) は、多様な遺伝子型が混在し得る河川水試料において MLST を実現し得る強力な手法で、特に長鎖の配列解析の容易な Nanopore シーケンシングが有望である。本研究では、PPIC 遺伝子を対象とした qPCR と 8 遺伝子を対象とした MLST を組み合わせ、河川試料中の冷水病菌濃度と遺伝子型の解析を行い、感染源の発見や感染リスク評価の可能性を検証することを目的とした。

方法

富山県内の河川水を対象とし、2024 年 7 月から 2025 年 7 月に小矢部川 (01, 02, 03) 3 地点、熊野川 (K1, K2) 2 地点、神通川 (J)、庄川 (S)、和田川 (W)、井田川 (I)，各 1 地点で採水し、計 52 試料を得た。小矢部川、神通川、和田川試料は中空糸限外ろ過膜 (HFUF) -PEG 沈殿法により、あるいは平板型 MF 膜によって濃縮した。熊野川試料は、シリジ式 MF 膜（ステリベクス）により濃縮した。濃縮液は DNA 抽出、あるいは培養に供したのち各種の PCR に供した。

培養と PCR の併用 (Integrated Culture PCR, IC-PCR) による冷水病菌の検出も試みた。河川原水試料 25 mL または、濃縮液 50–100 μL を対象に、液体培養と塗布法による寒天培養を 16°C で 7 日間行い、各種の qPCR に供した。培養には改変サイトファーガ培地（田畠、2006）を用いた。

冷水病菌の遺伝子定量には、PPIC 遺伝子を

対象とした qPCR を用いた。また、MLST を目的とし、冷水病菌の 8 遺伝子 (trpB, gyrB, dnaK, fumC, murG, tuf, atpA, PPIC) を対象とした PCR を実施した。得られた PCR 産物は電気泳動によるバンド確認のうち Nanopore Flongle を用いた配列解析に供した。

結果

全 52 試料は培養を経ず、また、34 試料は培養を経て PPIC を対象とした qPCR に供した。

培養を経ない場合、HFUF-PEG 濃縮液、スリベクス濃縮液からは陽性結果が得られた（それぞれ 25 試料中 13 試料、18 試料中 13 試料で陽性）。検出濃度は 10 copies/tube 程度で、原水濃度に換算すると 1.0×10^2 – 1.0×10^3 copies/L に相当する。平板型 MF 膜濃縮液は 9 試料中 2 試料が検出限界値未満で陽性となつた。濃縮倍率の低い（200 倍程度）MF 膜濃縮では培養を経ずに本菌を検出するのは困難だと考えられた。IC-PCR では原水 25 mL を用いた液体培養液からのみ陽性結果が得られた。対象 34 試料中 7 試料が陽性、検出濃度は $1 \text{--} 10^2$ copies/tube 程度で、原水濃度に換算すると 1.0×10^6 copies/L を上回つた。先に示した冷水病菌濃度の 10^4 倍以上高く、液体培養操作により冷水病菌を増殖できたと言える。しかしながら、培養に依らない qPCR で陽性の試料でも IC-PCR で陰性となるケースもみられた。この要因として、原水 25 mL に含まれる冷水病菌数は高々数個体と見積もられることのほか、死菌など増殖能のない菌の存在、水中に含まれる多種の菌との競合が考えられる。

qPCR/IC-PCR での PPIC 検出状況を参考に、全 52 試料中 15 試料を培養に依らない MLST に供したほか、7 試料を原水を用いた IC-PCR に依る MLST に供した。PCR 後の電気泳動では、HFUF-PEG 濃縮液からバンドが得られやすかつた。特に dnaK, fumC, tuf の 3 遺伝子は対象とした 12 試料すべてでバンドが確認できた。平板型 MF 膜濃縮液は非培養試料で tuf 遺伝子を除くとバンドはほとんど確認できなかつた。IC-PCR では対象 7 試料中 1 試料で PPIC

表 1. 作成した OTU と冷水病菌との相同意性

サンプル	構成 リード数	遺伝子型	相同意性(%)
241203W	3	murG_type10	99 (670/678)
241203W	3	murG_type10	99 (676/681)
2501①I	6	tuf_type21	96 (763/795)
2501①I	3	tuf_type21	95 (759/796)
241203W	3	tuf_type33	97 (773/795)
241203W	4	tuf_type34	99 (794/795)
2502O1	3	tuf_type74	97 (770/795)
2502O2	4	tuf_type74	97 (772/795)
2502O3	6	tuf_type74	96 (766/795)
2502O2	6	tuf_type76	97 (770/795)
2502O2	3	tuf_type76	96 (764/795)
2412J	4	fumC_type10	100 (762/762)
2210J	15	fumC_type5	100 (750/750)
2412W	5	fumC_type7	99 (749/750)

様のバンドが得られたのみであった。

PCR 産物のシーケンシングにより得られたリード、OTU について、2024 年 12 月に採水した和田川 (W) 試料の MF 膜濃縮液・HFUF-PEG 濃縮液、同日神通川 (J) で採水した HFUF-PEG 濃縮液からは、冷水病菌の murG (allele 10), tuf (allele 34), fumC (allele 7 および 10) と 100%一致または、数塩基が不一致となつた（表 1）。なお、これらの試料は qPCR 陽性であった。PPIC 遺伝子について qPCR 陽性試料では、冷水病菌とマッチするリードが 3,000–6,000 程度得られるケースと、マッチする配列が少ないケースがあった。MLST に際しては、対象遺伝子に依らず、非冷水病菌由来と考えられるリードが大半を占めた。この要因として、非特異的な增幅、あるいは冷水病菌遺伝子の非効率的な增幅が考えられる。この点は、PCR におけるアニーリング温度の最適化により改善できる期待ができる。また、プライマーの特異性が十分でない可能性もあり、nested PCR 等の適用も期待できる。

引用文献

- 農林水産省 (2022) アユ疾病に関する防疫指針
- Fujiwara-Nagata et al. (2013) Vet Res. 44:34.
- Knupp et al. (2019) Appl Environ Microbiol. 85(6):e02305-18.
- Nicolas et al. (2008) Appl Environ Microbiol. 74(12):3702-9
- Izumi et al. (2003) Dis Aquat Organ. 56:207-214.
- Fujiwara-Nagata et al. (2019) Fish Sci. 85: 913-923.

信大・臨湖実験所

1 沖野 外輝夫	信州大学
2 宮原 裕一	信州大学理学部
3 笠原 里恵	信州大学理学部
4 岩木 真穂	信州大学理学部
5 佐藤 秀美	信州大学大学院
6 輪石 康行	信州大学大学院
7 末石 萌乃	信州大学大学院
8 森田 瑛斗	信州大学大学院
9 藤田 知弥	信州大学大学院
10 北澤 丞	信州大学理学部
11 小海 晃博	信州大学理学部
12 伊藤 雄剛	信州大学理学部
13 郡山 千鶴	信州大学理学部
14 山田 図南	信州大学理学部
15 澤井 大地	信州大学理学部

信大・朴研

16 二木 功子	信州大学理学部
17 原 光平	信州大学大学院
18 小野 ひなた	信州大学大学院
19 小泉 雄也	信州大学大学院
20 佐藤 雅敏	信州大学大学院
21 鈴木 悠花	信州大学理学部
22 築 旺佑	信州大学理学部
23 松山 唯花	信州大学理学部

信大・浦井研

24 浦井 暖史	信州大学理学部
25 吉田 悠真	信州大学大学院
26 永尾 弘毅	信州大学理学部
27 松本 拓也	信州大学理学部
28 武澤 美緒	信州大学理学部
29 大野 泰誠	信州大学理学部
30 山口 ひなの	信州大学理学部
31 鈴木 八雲	信州大学理学部
32 三浦 惟貴	信州大学理学部
33 廣岡 海音	信州大学理学部
34 高林 エリ	信州大学理学部
35 宮本 汐理	信州大学理学部

信大・岩田研・牧田研

36 岩田 拓記	信州大学理学部
37 鈴木 和子	信州大学理学部

信大・豊田研

38 豊田 政史	信州大学工学部
39 飯室 遼	信州大学大学院
40 小木曾 晴人	信州大学大学院
41 和地 泰治	信州大学大学院
42 霜越 咲弥	信州大学大学院
43 告 優月	信州大学大学院
44 鈴木 陸	信州大学工学部
45 田中 颯	信州大学工学部
46 鈴木 彪斗	信州大学工学部
47 山田 陸翔	信州大学工学部

信大・小松研

48 小松 一弘	信州大学工学部
49 大曾 健	信州大学工学部
50 近藤 颯太	信州大学工学部

信大・平林研

51 平林 公男	信州大学繊維学部
52 中川 智就	信州大学繊維学部
53 呂林 鈴華	信州大学繊維学部
54 村上 司帆	信州大学繊維学部

長野高専・酒井研

名誉教授	55 酒井 美月	長野高専工学科	教授
教授	56 小関 すず	長野高専工学科	5年
助教	57 岡部 一朗	長野高専工学科	5年
特任助教	58 黒澤 岳人	長野高専工学科	5年
修了生	59 菊地 美汐	長野高専工学科	4年
M2	60 竹内 ひより	長野高専工学科	4年

長野県諏訪湖環境研究センター

M1	61 北野 聰	長野県諏訪湖環境研究センター	調査研究部長
M1	62 宮坂 真司	長野県諏訪湖環境研究センター	調査研究部
B4	63 柳生 将之	長野県諏訪湖環境研究センター	調査研究部
B4	64 小平 由美子	長野県諏訪湖環境研究センター	調査研究部
B4	65 宮澤 正徳	長野県諏訪湖環境研究センター	調査研究部

新潟大・志賀研

研究員	66 志賀 隆	新潟大学教育学部	准教授
M2	67 三浦 克仁	新潟大学大学院	M2
M2	68 小高 海都	新潟大学教育学部	B4
B4	69 大瀧 竜也	新潟大学教育学部	B4
B4	70 尾形 灯	新潟大学教育学部	B4
M1	71 羽賀 敦亮	新潟大学教育学部	B3
M1	72 高橋 優	新潟大学教育学部	B3
B4	73 兵田 真那実	新潟大学教育学部	B3

新潟薬科大・小瀬研

B3	74 小瀬 知洋	新潟薬科大学応用生命科学部	教授
B3	75 井畠 裕樹	新潟薬科大学応用生命科学部	B3
B3	76 萩原 棱太	新潟薬科大学応用生命科学部	B3

新潟河川生態研究グループ

M1	77 帆苅 信	新潟河川生態研究グループ	研究員
B4	78 芹澤 如比古	山梨大学教育学部	教授

山梨大・芹澤研

B4	79 芹澤 優希	山梨大学教育学部	B4
B4	80 五味 実優	山梨大学教育学部	B4
B4	81 星野 晴香	山梨大学教育学部	B4
B3	82 市川 大和	山梨大学教育学部	B3

山梨大・亀井研

B3	83 亀井 樹	山梨大学生命環境学部	助教
B3	84 片山 浩惇	山梨大学大学院	M2
B3	85 熱田 穂歌	山梨大学大学院	M2
B3	86 小倉 勇輝	山梨大学生命環境学部	B4
B4	87 柏木 将	山梨大学生命環境学部	B4
B4	88 飯野 彩希	山梨大学生命環境学部	B4

富山県立大

准教授	89 坂本 正樹	富山県立大学工学部	准教授
M2	90 端 昭彦	富山県立大学工学部	准教授
M1	91 川本 朋慶	富山県立大学大学院	D2
M1	92 米山 貴将	富山県立大学大学院	M2
M1	93 彦坂 亮太	富山県立大学大学院	M2
M1	94 中尾 朔也	富山県立大学大学院	M1
B4	95 山本 彩人	富山県立大学大学院	M1
B4	96 森 智晴	富山県立大学大学院	M1
B4	97 内藤 拓洋	富山県立大学大学院	M1
B4	98 大橋 一功	富山県立大学工学部	B4
B4	99 岡田 樹	富山県立大学工学部	B4

国立環境研究所

B4	100 山田 悠介	富山県立大学工学部	B4
B4	101 羽田 航大	富山県立大学工学部	B4
B4	102 三木 由紀乃	富山県立大学工学部	B4
B3	103 倉谷 結子	富山県立大学工学部	B4

参加者 104

一般 26

学生 78

日本陸水学会甲信越支部会規約（2022年12月3日改正）

1. 本支部会は甲信越地区における陸水学の進歩と普及を図ることを目的とする。
2. 本支部会は甲信越地区（山梨県、長野県、新潟県）に在住する日本陸水学会会員とその他陸水学関連分野の研究者をもって組織する。ただし、特に希望する場合は、上記の地区外に在住する者も会員になることができる
3. 本支部会は次の事業を行う。
 - (1) 支部総会および研究発表会（年1回以上）の開催。
 - (2) 会報の発行。
 - (3) 陸水学の普及活動。
 - (4) その他、本会の目的達成のために必要とする事業。
4. 本支部会には次の役員をおく。
 - (1) 会長 1名、(2) 副会長 2名、(3) 幹事 若干名
5. 第4条に定める役員は本会会員の中から、総会またはこれに代わる方法で選出し、任期は2カ年とする。会長は支部を代表し、副会長は会長に事故があるときこれを代行する。幹事のうち4名は庶務、会計、監査、広報を担当する。
6. 支部会の予算、決算、規約改正、幹事の選出、その他重要な事項は総会において決定する。
7. この支部会の経費は、研究発表会の参加費その他の収入をもってこれに充てる。
8. この規約に規定していない事項、必要な細則は幹事会でこれを定める。
9. この規約は2022年12月3日から実施する。

日本陸水学会甲信越支部会 論文投稿規程

1. 報文の内容と種類：陸水学およびそれと密接な関連分野の原著，総説，短報とし，未発表のものに限る。
2. 報文の書き方：論文の用語は日本語とし，原著，総説は刷り上り 12 ページ，短報は 4 ページを目安として作成する。論文は一人 1 編とする。ただし，主著者以外の連名は差し支えない。原稿は完全原稿としてそのまま本誌に組み入れられる pdf ファイルで提出する。ファイルサイズは 4Mb 以内とするが，図，表，カラー写真などの解像度を下げ過ぎない様に配慮する。なお，本誌が pdf 化されたため，カラー料金は発生しない。原稿の形式は日本陸水学会雑誌に準ずる。
3. 投稿申し込み：投稿者は研究発表会の 2 ヶ月前までに，庶務幹事に問い合わせる。
4. 送り先：庶務幹事
5. 原稿の校閲：庶務幹事は投稿された原稿について，その内容が本誌にふさわしいかどうかを吟味するために，2 名以上の複数の査読者による査読を行う。庶務幹事は字句，体裁について校閲を行う。
6. 著作権と再利用：本誌に掲載された論文の著作権は、原則として著者に帰属する。すべての論文はオープンアクセスとし、その再利用に関してはクリエイティブ・コモンズの表示 4.0 国際 (CC BY 4.0) に従うものとする。
7. 別刷り：本誌の冊子媒体が廃止されたため，別刷りの印刷は行わない。
8. この規定は 2024 年 12 月 7 日から実施する。

支部会役員（任期 2023 年 11 月から 2025 年 11 月まで）

会長： 朴 虎東 (信州大学・理学部)
副会長： 志賀 隆 (新潟大学・教育学部)
芹澤 如比古 (山梨大学・教育学部)
庶務： 坂本 正樹 (富山県立大学・工学部)
会計： 宮原 裕一 (信州大学・理学部)
監査： 帆苅 信 (新潟河川生態研究グループ)
広報： 豊田 政史 (信州大学・工学部)
幹事： 笠原 里恵 (信州大学・理学部)
　　亀井 樹 (山梨大学・国際流域環境研究センター)
　　川田 邦明 (新潟薬科大学・応用生命科学部)
　　小瀬 知洋 (新潟薬科大学・応用生命科学部)
　　酒井 美月 (長野工業高等専門学校)
　　武居 薫 (諏訪湖の生き物研究会)
　　平林 公男 (信州大学・繊維学部)

2023 年 12 月総会にて選出

日本陸水学会甲信越支部会事務局

〒4939-0398 富山県射水市黒河 5180
富山県立大学工学部 坂本正樹
E-mail : masaki@pu-toyama.ac.jp
TEL : 0766-56-7500

日本陸水学会甲信越支部会ホームページ
<http://science.shinshu-u.ac.jp/~koushinetsu/indexkoushinetsu.html>