

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 50 号

2024 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 50 号

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

No. 50

(December 2024, Narusawa, Yamanashi)

目次

第 50 回研究発表会プログラム	1
講演要旨（口頭発表）	7
講演要旨（ポスター発表）	49
第 50 回研究発表会 参加者名簿	80
日本陸水学会甲信越支部会規約	81
論文投稿規程	82
役員名簿	83

日本陸水学会甲信越支部会

第 50 回研究発表会 プログラム

2024 年 12 月 7 日(土)～8 日(日)

会場:森の家 久野屋
〒401-0320 山梨県南都留郡鳴沢村 7216
URL: <https://hisanoya.com/>

大会実行委員長:芹澤如比古
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7日(土)	13:20-13:30	開会挨拶 (副会長:志賀先生)
	13:30-14:35	口頭発表6題(1)O-01～O-06
	14:35-14:50	休憩・時間調整
	14:50-15:55	口頭発表6題(2)O-07～O-12
	15:55-16:10	休憩・時間調整
	16:10-17:15	口頭発表6題(3)O-13～O-18
	17:15-17:45	幹事会
	17:45-18:05	総会
	18:30-20:30	夕食・ポスター予告
12月8日(日)	9:00- 9:55	口頭発表5題(4)O-19～O-23
	9:55-10:05	休憩・時間調整
	10:05-11:50	口頭発表4題(5)O-24～O-27
	11:00-11:40	ポスターセッション(1) 奇数番号
	11:45-12:25	ポスターセッション(2) 偶数番号
	12:30-13:30	昼食休憩・発表賞審査
	13:30-13:50	閉会挨拶・優秀発表賞表彰 (会長:朴先生)
	13:30-14:00	写真撮影・解散

参 加 費: 一般・学生 1,000 円(不課税)

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(消費税10%含む)

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。

- 口頭発表は、**1 人発表時間 8 分、質疑 2 分**、交代時間 1 分の合計 11 分です。
時間厳守でお願いします。
- ポスター発表の方は受付後、直ちにポスターを掲示してください。ポスターパネルと画鋲などは会場で用意します。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 40 分、偶数の方は後半 40 分、自身のパネルの前に立ちプレゼンと質疑応答を行ってください。
夕食の時間中(恒例の自己紹介)に、概要を説明してください(1 分以内、資料の準備は不要です)。

発表プログラム

12月7日(土)13:20~

13:20 開会の言葉: 志賀隆 副会長

口頭発表 6題(1)座長:市川雄貴

13:30 O-01 千曲川中流域 2地点における優占2種シマトビケラ科幼虫の年間世代数の算定

○西村倫太朗・藤栄遼利・笛田悠真・武田昌昭・平林公男

○信州大学繊維学部 B4

13:41 O-02 千曲川中流域の立ヶ花狭窄部と上田市周辺に着目した河道変遷

吉村芽唯・○岩井楓花・豊田政史

○信州大学工学部 B4

13:52 O-03 諏訪湖の湖流計算によるアオコ減少要因解明のための数値実験

石田晃嗣・○澤田光翼・豊田政史

○信州大学工学部 B4

14:03 O-04 日本産イバラモ類(トチカガミ科)の形態及び遺伝的変異

○板垣沙也加・志賀隆

○新潟大学教育学部 B4

14:14 O-05 無農薬・無肥料水田と慣行栽培水田の植物相の比較

○浦野快生・武山遙奈・芹澤(松山)和世・芹澤如比古

○山梨大学教育学部 B4

14:25 O-06 山梨県のオオイソウ生育地 2河川の環境と水生植物及びその光合成特性

○武山遙奈・浦野快生・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 6題(2)座長:西川文野

14:50 O-07 水素ガス供給脱窒装置内部の PHA 生産細菌の探索と PHA 合成条件の解明

○松岡璃真

○山梨大学生命環境学部 B4

15:01 O-08 湖沼における β -N-methylamino-L-alanine(BMAA)における動態解析

○清水千春・朴虎東

○信州大学理学部 B4

15:12 O-09 メタセコイア葉における水銀蓄積特性の評価とバイオモニタリングとしての

実用性の検討

○米田英俊・中澤暦

○富山県立大学工学部 B4

- 15:23 O-10 都市部と山間部の積雪中から検出されたマイクロプラスチック
○内田智也・中澤暦・永淵修
○富山県立大学工学部 B4
- 15:34 O-11 生態影響評価に基づく河川の汚染状況の把握
○横山透子・端昭彦・黒田啓介・坂本正樹
○富山県立大学工学部 B4
- 15:45 O-12 水素酸化脱窒装置内部での有機物合成経路:プラスチック分解細菌の探索
○片山浩惇・亀井樹
○山梨大学生命環境学部 B4
- 休憩・時間調整
- 口頭発表 6 題(3)座長:龍野紘明
- 16:10 O-13 スポンジを用いる簡易鉄除去装置の開発:スポンジ担体洗浄方法の確立
○平良健人・亀井樹
○山梨大学生命環境学部 B4
- 16:21 O-14 中部日本の地上および高所における大気中の過酸化水素とホルムアルデヒドの動態(I)
○大納涼雅・山崎雄太・森智晴・渡辺幸一
○富山県立大学工学部 B4
- 16:32 O-15 中部日本の地上および高所における大気中の過酸化水素とホルムアルデヒドの動態(II)
○山崎雄太・大納涼雅・森智晴・渡辺幸一
○富山県立大学工学部 B4
- 16:43 O-16 諏訪湖岸の小面積ヨシ群落におけるオオヨシキリの繁殖成績と影響要因
○藤原彩夏・笠原里恵
○信州大学理学部 B4
- 16:54 O-17 諏訪湖底質のマイクロプラスチック汚染の実態
○森田瑛斗・塙川岳大・宮原裕一・中山隆・清水健志
○信州大学理学部 B4
- 17:05 O-18 中部山岳域における霧水および積雪中の化学成分
○森智晴・大納涼雅・山崎雄太・渡辺幸一
○富山県立大学工学部 B4
- 17:15 幹事会
- 17:45 総会
- 18:30 夕食(ポスター発表者は自己紹介の時間に発表内容を予告)

12月8日(日)9:00~

- 口頭発表 5題(4)座長:奥村大河
- 9:00 O-19 土壤からの大気への水銀放出量の日変動とその変動要因の検討
○赤井貴征・内田智也・中澤暦・菱田尚子
○富山県立大学工学部 B4
- 9:11 O-20 流域治水に向けた流域内水収支の見える化
○中尾朔也・吳修一
○富山県立大学工学部 B4
- 9:22 O-21 広域河川を対象とした植生伐採効果の定量評価
○千田倫也・吳修一
○富山県立大学工学部 B4
- 9:33 O-22 日本産ヤナギ *Salix* によるアオコの抑制効果と抑制物質の探索
○小泉雄也・朴虎東
○信州大学理学部 B4
- 9:44 O-23 水中スピーカーの低周波を用いた藍藻の制御方法の開発
○佐藤雅敏・宇佐川輝・永峯亮弥・二木功子・朴 虎東
○信州大学理学部 B4
- 休憩・時間調整
- 口頭発表 4題(5)座長:藤下龍澄
- 10:05 O-24 魚類と無脊椎捕食者のカイロモンに対するミジンコの表現型応答
○吉田充輝・三小田憲史・坂本正樹
○富山県立大学工学部 B4
- 10:16 O-25 諏訪湖における湖岸漂着物の組成と発生源
○三村瑠奈・宮原裕一
○信州大学理学部 B4
- 10:27 O-26 プラスチックによる多環芳香族炭化水素類の吸着特性の解明
○中尾陸哉・宮原裕一
○信州大学理学部 B4
- 10:38 O-27 簡易的なイカダモの大量培養方法の開発
○山本彩人・松島幹夫・源明励子・宮本泰行・坂本正樹
○富山県立大学工学部 B4
- 11:00 ポスターセッション (1) 奇数番号 11:00~11:40
- 11:40 ポスターセッション (2) 偶数番号 11:45~12:25
- 12:30 昼食 12:30~13:30
- 口頭発表・ポスター発表審査
- 13:40 閉会の言葉・優秀口頭発表賞・優秀ポスター発表賞表彰: 朴虎東 会長
- 13:50 写真撮影・解散

12月8日(日)ポスターセッション

(1) 奇数番号 11:00～11:40 (2) 偶数番号 11:45～12:25

P-01 窒素同位体比を用いた環境要因による食物網変遷の検証

○小川耕平・浦井暖史

○信州大学理学部 B4

P-02 気候変動への適応策に関する研究

○沼澤蓮音・藤下龍澄・呉修一

○富山県立大学大学院 M1

P-03 西北西の強風時に着目した夏期の諏訪湖における流動特性

○飯室遼・豊田政史

○信州大学大学院 M1

P-04 セルリー *Apium graveolens* L.によるラン藻 *Microcystis aeruginosa*に対する抑制物質の探索

○小野ひなた・浦井暖史・二木功子・朴虎東

○信州大学大学院 M1

P-05 ジュンサイハムシ を介した ヒシ由来の ポリフェノール放出経路の検討

○原 光平・土屋俊雄・朴 虎東

○信州大学大学院 M1

P-06 狹葉性ヒルムシロ属 3種の形態的差異と分布

○三浦克仁・志賀隆

○新潟大学大学院 M1

P-07 生食食物連鎖と微生物ループを考慮した化学物質の生態影響評価

○米山貴将, 横山透子, 黒田啓介, 端昭彦, 坂本正樹

○富山県立大学大学院 M1

P-08 生物間相互作用を考慮した簡便な試験法の開発

○彦坂亮太・坂本正樹

○富山県立大学大学院 M1

P-09 海洋性水素酸化脱窒細菌群の集積培養と脱窒能力の評価

○熱田穂歌・亀井樹

○山梨大学大学院 M1

P-10 諏訪湖の植物プランクトン増殖と栄養塩制限

○輿石庸行・宮原裕一

○信州大学大学院 M1

P-11 野尻湖底層における溶存酸素濃度の変動特性

○時任晶央・小松一弘・豊田政史・飯室遼

○信州大学大学院 M1

- P-12 外付け式水質浄化ユニットによる浄化槽処理水の高度処理に関する検討
○奥村大河・William Odela・亀井樹
○山梨大学大学院 M2
- P-13 ウルトラファインバブル発生装置を用いた水素酸化脱窒装置の開発
○西川文野・小寺博也・山東丈夫・西田継・亀井樹
○山梨大学大学院 M2
- P-14 諏訪湖における沈水植物の分布に影響を与える環境要因
○斎藤諒・宮原裕一
○信州大学大学院 M2
- P-15 近年諏訪湖に出現するようになった *Daphnia galeata* の消長と食物の関係
○佐藤秀美・二木功子・朴虎東・笠原里恵
○信州大学大学院 M2
- P-16* オニバスの生息環境に関する現地調査および数値解析
○川本朋慶・沼澤蓮音・藤下龍澄・西尾正輝・呉 修一
○富山県立大学大学院 D1
- P-17* 野尻湖の水草の回復状況
○小平由美子・山下晃子・大場政哉・飛澤(館内)知佳・新津雅美
○長野県諏訪湖環境研究センター
- P-18* 諏訪湖におけるトンボ相の変遷
○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-19* 諏訪湖の魚類によるヒシ帶の利用
○北野 聰・谷野宏樹・筒井裕文・宮坂真司
○長野県諏訪湖環境研究センター
- P-20* 湖の静振について－諏訪湖の地震静振の事例
○岩木真穂・岩田拓記
○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 特任助教

注)講演番号右のアスタリスク(*) : 発表賞選考の対象外

O-01

千曲川中流域 2 地点における 優占 2 種シマトビケラ科幼虫の年間世代数の算定

○西村倫太朗・藤栄達利・笛田悠真・武田昌昭・平林公男（信州大学纖維学部）

はじめに：水生昆虫の成長、代謝速度、羽化期とその長さの調節などにおいて、水温は栄養供給とともに大きな要因の一つとして報告されている (Sweeney, 1986)。また、同じ河川でも水温の違いにより水温の高い下流域に生息する個体群の成長速度が早くなることが知られている (御勢, 1970)。河川中流域においては、造網型のトビケラ幼虫が個体数や現存量で優占し (津田, 1959)、シマトビケラ科幼虫はその中でも最も出現頻度の高いグループの一つである (川合 他, 1985)。

千曲川常田地点における 2023 年 11 月～2024 年 10 月までの水温の積算温量は、前年より 97 日°C、10 年前 (2013 年 11 月～2014 年 10 月) より 378 日°C 高く、シマトビケラ科幼虫の成長速度が早まることが予想される。そこで本研究では、千曲川中流域の 2 地点において、現存量で優占するエチゴシマトビケラ (*Hydropsyche echigoensis*) とナカハラシマトビケラ (*Hydropsyche setensis*) に注目し、それらの月別齢別組成の解析を行うことにより、河川水温から求めた有効積算温度を組み合わせて、2 種の年間の生活史を明らかにし、積算温量の増加が幼虫の成長速度に与えた影響を解明することを目的とした。

方法：調査は 2023 年 11 月～2024 年 10 月の 1 年間、各月 1 回で計 12 回、千曲川中流域の常田新橋付近と岩野橋付近の瀬において行った。幼虫と蛹の採集にはサーバーネット (30 × 30 cm²、メッシュサイズ 450 μm) を用い、各地点で 3 サンプルずつ採集した。実験室に持ち帰った試料は、肉眼及び実体顕微鏡を用いて分類を行い、分類群ごとに 10% ホルマリンで固定した。その後、個体数と湿重量を計測し、幼虫は頭長を測定して齢期を決定した。幼虫は頭長 250～370 μm を 1, 2 齢、400～600

μm を 3 齢、610～930 μm を 4 齢、950～1230 μm を 5 齢とした。使用したサーバーネットの目合いが 450 μm であるため 1 齢幼虫は抜けている可能性が高く、定量的な採集が難しいため、本研究では 2 齢と併せて若齢個体として扱った。

結果と考察：調査期間内のトビケラ目総捕獲数は常田地点で 8109 個体、岩野地点で 13153 個体であった。エチゴシマトビケラ、ナカハラシマトビケラの現存量は常田では各々 102.2 g/m² (全体の 25%)、126.5 g/m² (31%)、岩野で 384.2 g/m² (67%)、78.6 g/m² (14%) であり、この 2 種が優占していた。エチゴシマトビケラの齢別構成を見ると、常田では前年 11 月～5 月及び 9 月～翌年 4 月が越冬世代、5 月～8 月までが非越冬世代であると推測された。岩野では前年 11 月～5 月及び 10 月～翌年 4 月までが越冬世代、5 月～8 月が非越冬世代の第一世代、8 月～9 月が第二世代であると推測された。柴田 (1975) によると、近縁種であるウルマーシマトビケラの発育零点が 9.4°C であり、谷田 (1980) によると有効積算温量が越冬世代で 450 日°C、非越冬世代で 880 日°C と報告されている。若齢個体が確認された 2023 年 11 月 12 日～2024 年 10 月の千曲川の水温データに注目すると、積算温量は常田で 1560 日°C、岩野で 2203 日°C であった。これを有効積算温量で割ると、常田では 2.3 世代、岩野で 3.1 世代となった。10 年前の 2014 年の同期間の積算温量と本年のものとで比較すると常田で 360 日°C、岩野で 379 日°C 高く、夏以降気温が高い状態が長く続いたことで第二世代やその後の越冬世代の成長が早まったと推測された。

謝辞：本研究は、国土交通省千曲川河川事務所、上小漁業協同組合の協力を受けて行われた。ここに深謝申し上げる。

O-02

千曲川中流域の立ヶ花狭窄部と上田市周辺に着目した河道変遷

吉村芽唯¹・○岩井楓花²・豊田政史²¹長野市・²信州大学工学部

はじめに

令和元年台風 19 号の出水においては、千曲川流域で既往最大流量（立ヶ花地点）を記録し、堤防が決壊するなど甚大な被害が生じた。この出水によって土砂は大きく移動し、流路形態に影響を与えたと推測できる。このような河道内の地形変化を明らかにすることは河川管理上重要である。井土（2023）により、千曲川中流域を 7 区間に分け地形変遷の研究がなされた。そこでは、長期的に見たときに千曲川中流域全体における河道内土砂量の変動幅が経年に増加していること、期間全体でみると土砂量は増加していることがわかった。台風 19 号の発生前後では土砂量はとくに上田市周辺で減少、犀川合流部～立ヶ花で増加しており、流路形態の変化は上田市で顕著に見られた。

そこで本研究では、昭和 51（1976）年～令和 2（2020）年の千曲川中流域において、特に地形変化が大きいことが分かっている立ヶ花狭窄部と上田市周辺に着目し、過去の横断測量データと航空写真を用いて距離標 1km ごとの地形変遷と台風 19 号発生前後における土砂動態を把握し、より詳細な地形変化を明らかにする。

方法

1) 対象区間

長野県内を流れる信濃川水系の一級河川である千曲川を対象としており、そのうち中流域の距離標 109km～101km の上田市周辺（以下、区間①とする）と、距離標 65km～52km の犀川合流部～立ヶ花（以下、区間④とする）を対象区間とする。

2) 研究方法

横断測量データと航空写真から、土砂動態

と流路形態にかかる河川水理量を求めた。そして、前述の 2 区間について経年的な比較を行った。また、台風 19 号の発生前後に着目し、河川水理量の変化に着目した。

結果と考察

1) 河積の長期変遷について

区間①では河積が増加していた。昭和 51（1976）年～平成元（1989）年に砂利採取が行われその影響で河積が増加したと思われる。また、平成元年以降は河積の変動が小さかった。そのため、区間①における地形変遷は自然的要因よりも人為的改変による影響が大きいと考えられる。区間④では、全体的に河積が減少していた。特に立ヶ花狭窄部手前で大きく減少していることが確認できた。

2) 台風 19 号の発生前後について

台風 19 号の発生前後において、区間①では低水路・高水敷とともに全体的に土砂量が減少していた。また、洪水によって高水敷が削られ低水路になり、低水路が拡幅されている場所が確認できた。区間④では、低水路・高水敷とともに全体的に土砂量が増加していた。特に、立ヶ花狭窄部手前（距離標 55.5～53.5km）で大きく増加していた。

引用文献

井土貴斗：河道内の土砂動態と流路形態の変化に着目した千曲川中流域における河道変遷、信州大学工学部水環境・土木工学科卒業論文、2023.

国土地理院 地理院地図

<https://maps.gsi.go.jp/#15/36.987586/138.581600/&base=ort&ls=ort&disp=1&vs=c1g1j0h0k010u0t0z0r0s0m0f1&d=m>

国土交通省 北陸地方整備局 千曲川河川事務所：

平成 31 年度 事業概要 千曲川・犀川
https://www.hrr.mlit.go.jp/chikuma/shiru/public/H31project_pamphlet.pdf

諏訪湖の湖流計算によるアオコ減少要因解明のための数値実験

O-03

石田晃嗣¹・○澤田光翼²・豊田政史²¹石川県・²信州大学工学部

はじめに

諏訪湖では 1960 年代に社会・経済活動の発展や人口増加とともに、アオコの異常発生がみられるようになった。それ以来、夏季を中心にアオコが発生してきたが、1999 年以降アオコが減少してきたといわれている¹⁾。その要因の一つとして、諏訪湖唯一の放流口である釜口水門の移設、放流形式の変更が考えられる。釜口水門は、1978 年より改築が行われ、1988 年に竣工された²⁾。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、物理的な視点から、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解明することをめざして、数値実験を行った。

方法

本研究では三次元環境流体モデルの「Fantom」^{3), 4)}を使用した。地形データは長野県より提供された 1 メートルメッシュのものを使用し、気象データは表 1 のように設定した。これは、1981 年～2010 年に諏訪特別地域気象観測所で観測された 8 月の平均値である。風向については、最も観測された南東方向とした。また、日射量・雨量・雲量は考慮せず、河川出入量については、1994 年 4 月～2000 年 3 月の平均河川流量 $11.3 \text{m}^3/\text{s}$ を使用した。また、計算期間は 30 日とした。これは、諏訪湖の平均滞留時間である 39 日に近い計算条件にするためである。

本研究では、初期条件として諏訪湖全域にアオコに見立てた粒子を等間隔に 166 個浮かべて、放流形式と水門の位置を変化させながら、釜口水門から流出する粒子の個数を比較した。

結果と考察

アオコに見立てた粒子の流出個数は、表 2 のようになり、上段放流より下段放流のときにアオコが多く流出していた。また、旧水門位置・地形のときに流出個数が多かった。以上より、水門の改築・移設がアオコの減少に影響を及ぼした可能性は小さいと考えられる。

今後は、設置する粒子の個数の増加、コリオリ力の影響の検討などを行っていく予定である。

表 1 気象条件

気温	相対湿度	大気圧	風向	風速
23.8°C	73%	92570Pa	南東	2.8m/s

表 2 パターンごとの条件

パターン	放流形式	水門位置・地形	流出個数
1	新（上段）	新	52
2	旧（下段）	旧	63
3	新（上段）	旧	58
4	旧（下段）	新	62

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-04

日本産イバラモ類（トチカガミ科）の形態及び遺伝的変異

○板垣沙也加¹・志賀隆¹¹新潟大学教育学部

はじめに

トチカガミ科イバラモ属 *Najas* は淡水および汽水域に生える一年生、まれに多年生の沈水植物である (Triest, 1988)。イバラモ亜属 subgen. *Najas* には *N. marina* L. と *N. major* All. の 2 種が含まれる (Rüegg *et al.*, 2019)。両種は形態が極めて似ていることから、*N. major* を *N. marina* の同物異名（シノニム）とする見解もある（例えば Triest, 1988）。

また、日本固有種であるヒメイバラモ *N. tenuicaulis* Miki もイバラモ亜属に含まれる可能性がある種として挙げられる。同種は鋸歯数や茎の皮下細胞の層数からイバラモとは区別して扱われているが、国外では *N. marina* の同物異名とする分類学的扱いが主流である（例えば Triest, 1987）。しかし、*N. marina* や *N. major* との詳細な比較は種が記載されて以降 (Miki, 1935)、なされてこなかった。

イバラモ亜属は雌雄異株であり、形態や生態が雌雄によって異なることが知られている (Hoffmann *et al.*, 2014)。*N. marina* と *N. major* の形態比較を行った Rüegg *et al.*

(2019) では、種間の形態が不連続な形質は確認されていないが、これは雌雄を区別していないかったためかもしれない。各分類群の正確な形態変異を理解するためには雌雄を区別した調査が必要である。

そこで本研究では、日本産イバラモ類の分類学的実体を明らかにするために、日本各地のイバラモ類植物について、DNA バーコード領域の塩基配列の決定と雌雄を区別した形態解析を行うことにより、3 分類群間の形態および遺伝的差異を明らかにする。

方法

2024 年 7 月～11 月にかけてイバラモ類を日

本各地において合計 7 集団採集した。DNA 解析では、新潟大学植物標本庫 (NGU) 含め 3ヶ所の標本庫において収蔵されていたイバラモ類標本を含む国内 27 集団各最低 1 個体について核 ITS 領域の塩基配列を決定し、種間・種内の比較を行った。なお、鋸歯の数がヒメイバラモの記載 (2~4 個; Miki, 1935) と一致する河口湖集団を同種として扱い解析を行った。なお、ヒメイバラモのタイプ産地の一つである木崎湖でも生育調査を行ったが、分布を確認することはできなかった。

形態計測は 1 集団につき雌雄で少なくともそれぞれ 6 個体以上を対象に葉など栄養器官を 7 形質、繁殖器官を 5 形質、計 12 形質を計測した。計測データの正規性、等分散性を確認したのち、分散分析等を行った。

結果

標本調査から得られた個体を含め 43 サンプルについて ITS 領域の配列約 744bp～748bp を決定したところ、2 種類の配列（リボタイプ）が得られた。2 種類のリボタイプの間には 42 塩基の置換と 2ヶ所の挿入欠失が確認された。リボタイプ A (n=4) は、先行研究

(Rüegg *et al.*, 2017) において *N. marina* とされた配列 (KT596551: ドイツ、バイエルン州他) と一致し、リボタイプ B (n=32) は *N. major* とされた配列 (KT596565: ドイツ、ブランデンブルク州他) と一致した。葉の鋸歯が少ないヒメイバラモの形態を示す標本は河口湖を含めて 2 集団 3 点あり、これらはリボタイプ B であった。なお、残り 7 標本は DNA の断片化などの理由により解析を行うことができなかった（以降、リボタイプ A を *N. marina*、河口湖集団をヒメイバラモ、それ以外のリボタイプ B を *N. major* と扱う）。

2種類のリボタイプは同一地点、同一集団からは確認されず、2種類のリボタイプを持つ交雑由来と思われる個体も確認されなかつた。

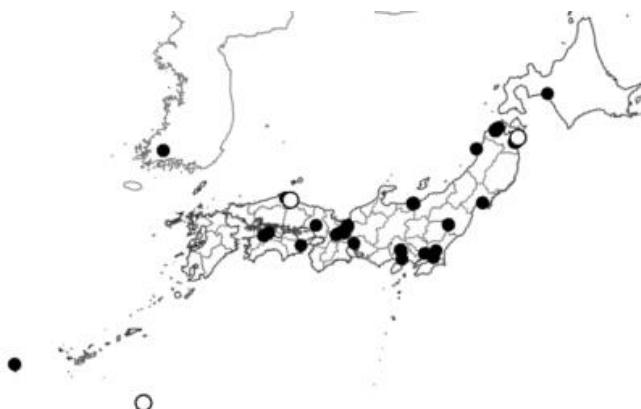


図1. リボタイプA (*Najas marina*, ○)とB (*N. major*とヒメイバラモ, ●)の分布

計測した12形質のうち、葉の長さや鋸歯の数など4形質で集団間、雌雄間で差がみられた（二元配置の分散分析、 $p<0.05$ ）。鋸歯の数ではヒメイバラモの雌雄が(4~8個)、葉の長さではヒメイバラモの雄が *N. marina* や *N. major* に比べて小さい値(10.4~15.5mm)を示した（図2）。しかし、単位長さあたりの値では種間、雌雄間に差が見られなかつた。
N. marina と *N. major* の2種間では形態差は見られなかつた。

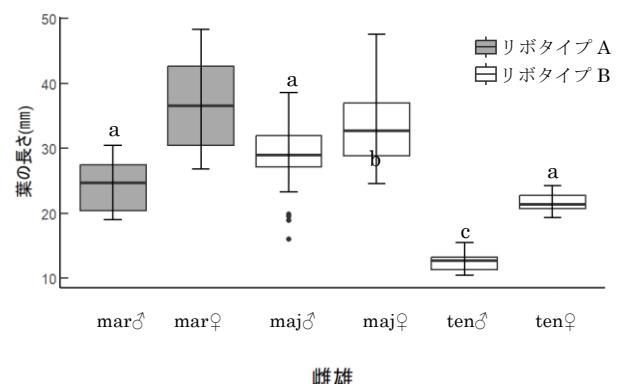


図2. イバラモ類の沈水葉の長さ。*Najas major* (maj), *N. marina* (mar), ヒメイバラモ (ten) をそれぞれ雌雄に分けて示した。

考察

本研究では、日本国内に核遺伝子において識別される2つの系統が生育していることが示された。これらは Rüegg et al. (2017) や

Ito et al. (2017)において *N. marina* と *N. major* とされているものと一致したが、集団間の形態差が大きく、この2系統を特徴づける形質を確認することはできなかつた。

河口湖集団は葉の形質（鋸歯数、長さ等）で他の集団から区別されたものの、集団特有のリボタイプを持たなかつた。ヒメイバラモの分類群としての独立性を検討するためには、今後多型性の高い分子マーカーを用いてリボタイプBの他の集団との遺伝子流動の有無を検討する必要がある。また、同一条件下での栽培試験による形態的可塑性の評価も必要だろう。Miki (1935) は鋸歯の数以外の同定形質として、茎の皮下細胞の層数も挙げている。今後、皮下細胞の層数の集団差を確認する予定である。

Rüegg et al. (2019) は *N. marina* と *N. major* の形態的な差として最大幅や葉鞘縁の鋸歯の数を挙げていたが、本研究では差は認められなかつた。花や果実の形態については2024年11月現在調査中であり、今後検討を行う予定である。現在、リボタイプAを持つ集団を南大東島（沖縄県）から得て形態解析を行っている。口頭発表においては、これを含めた結果を紹介する予定である。

葉のほとんどの測定形質においてメスの方がオスよりも大きかつた。Hoffmann et al. (2014) は *N. marina* subsp. *intermedia* (Wolfg. ex Gorski) Rendleにおいて雌雄のフェノロジーが異なることを明らかにしており、今回の形質サイズの差はフェノロジーに起因するものかもしれない。本研究では分枝パターンを検討することができていないため、これは今後の課題と言えるだろう。

今回の調査では、2系統の分布量に偏りがあることも明らかになつた。イバラモは全国的に減少が著しい植物である。分布量が少なかつた *N. marina* にあたる系統には、イバラモとは別の和名「ウシオイバラモ（仮称）」を与え、高ランクの絶滅危惧種として扱うことが望ましいと思われる。

O-05

無農薬・無肥料水田と慣行栽培水田の植物相の比較

○浦野快生・武山遙奈・芹澤（松山）和世・芹澤如比古³

山梨大学教育学部

はじめに

日本の水田面積は減少傾向が続いているものの、2024 年には $23,190 \text{ km}^2$ (農林水産省 2024) と国土の約 6.1%に相当し、環境や機能が類似する湿地面積 820.99 km^2 (国土地理院 2000) を大きく凌駕している (約 28.2 倍)。また、この様な大面積の水田生態系には多くの生物種が生息・生育することが知られている (eg. 桐谷 2010)。しかし、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り、その影響を受けて多くの生物が減少・消滅したことが報告されている (eg. Katayama et al. 2015)。SDGs の「陸の豊かさを守ろう」にも掲げられている様に、化学農薬や化学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。この水田では幼穂形成期頃までに数回の中耕除草を行うのみで、有機堆肥すら施用しない環境保全型の農地管理を 10 年以上実施している。これまでに水田の生物多様性に関する研究は比較的多く行われているが、完全無農薬・無肥料栽培水田の植物相についてはほとんど調べられていない。そこで本研究では無農薬・無肥料水田に生育する植物と大型藻類の多様性を、化学農薬や化学肥料を通常使用する慣行栽培型水田のそれと比較することを目的に研究を行った。

方法

2023 年 5 月～2024 年 10 月まで月 1 回、無農薬・無肥料栽培を行っている山梨県甲府市上帶那町地区 2ヶ所 (保全 A, B) と下帶那町地区 1ヶ所 (保全 C) の計 3カ所の保全型水田各 1 枚と、それに隣接する慣行型水田 (慣行 A, B, C) 各 1 枚の畦畔と水田内で陸上植物 (陸生・湿生・水生植物) と大型藻類の植生調査を行った。なお、慣行 A と C については 2024 年 3 月から調査を追加した。各水田の 4 辺で陸上植物の目視観察を行い、一年生・多年生、在来種・帰化種に分類した。また、渡邊ら (2019) に従い、陸上植物の概略的な確認頻度を Common-Rare 法 (CR 法) で 4 段階 [CC (極普通) $>60\%$, $60\% \geq C$ (普通) $>20\%$, $20\% \geq R$ (希) $>5\%$, $5\% \geq RR$ (極希) $>0\%$] に評価した。各種の CR 評価から CR 値 (RR を 2.5,

R を 12.5, C を 40, CC を 80) を求め、全ての水田のデータがある 2024 年 3～10 月に CR 値の合計を算出し、500 以上を優占種と判定するとともに、Simpson の多様度を求めた。また、各種の各水田での確認回数も算出した。湛水時の 2024 年 7～8 月に各水田内の大型藻類を採集して種 (分類群) の同定を行うとともに、採水を行い、多項目計 (YSI, ProDSS) を用いて水温、電導度、塩分、pH、濁度を測定した (保全 C と慣行 C はほとんど水がなかったため欠測)。

結果

調査期間中に確認された陸上植物の総種数は 135 種 (保全 115 種 > 慣行 109 種)、陸生植物は 101 種 (保全 84 種 < 慣行 85 種)、湿生植物は 18 種 (保全 16 種 > 慣行 13 種)、水生植物は 16 種 (保全 14 種 > 慣行 12 種)、大型藻類は 10 種 (保全 10 種 > 慣行 7 種) であり、陸上植物では一年生 73 種 (保全 65 種 < 慣行 66 種) が多年生 62 種 (保全 50 種 > 慣行 43 種) より多く、在来 88 種 (保全 77 種 > 慣行 73 種) が帰化 47 種 (保全 38 種 > 慣行 36 種) より多かった。

畦畔で確認された種数は 123 種 (保全 103 種 > 慣行 98 種) であり、その内、保全型でのみ確認された種は 25 種、慣行型でのみ確認された種は 19 種、一年生 66 種 (保全 56 種 < 慣行 60 種) は多年生 57 種 (保全 47 種 > 慣行 38 種) より多く、在来 79 種 (保全 68 種 > 慣行 65 種) は帰化 44 種 (保全 35 種 > 慣行 33 種) より多かった。多様度は保全型より慣行型の方がやや高かったものの、総 CR 値 250 以上の種数は保全型では 10 種で、慣行型の 4 種より多く、総 CR 値 500 以上の優占種も保全型ではドクダミ、ヨモギ、スギナ、アメリカセンダングサの 4 種で、スギナ 1 種のみの慣行型より多かった。慣行型では 1～4 回確認された種が、保全型では 7～8 回確認された種が他方より多かった。

水田内で確認された種数は 69 種 (保全 48 種 < 慣行 57 種) であり、その内、保全型でのみ確認された種はイチョウウキゴケやサンショウウモなど 13 種、慣行型でのみ確認された種は 20 種、一年生 45 種 (保全 32 種 < 慣行 37 種) は多年生 24 種 (保全 16 種 < 慣行 20 種) より多く、在来 45 種 (保全 33 種 < 慣行 38 種) は帰化 24 種 (保全 15 種 < 慣行 19 種) より多かった。多様度は保全型よ

り慣行型の方が高かったものの、総 CR 値 250 以上の種数は保全型、慣行型ともに 6 種であり、総 CR 値 500 以上の優占種は保全型ではクログワイ、コナギ、オモダカの 3 種であり、ウキクサ 1 種のみの慣行型より多かった。慣行型では 1~4 回確認された種が、保全型では 5~6 回確認された種が他方より多かった。湛水後の各水田の環境は pH 以外大きな差は認められなかったが、2024 年 8 月の pH は保全 A が 7.16、慣行 B が 9.55 と差がみられた。大型藻類は保全 A~C と慣行 B で確認され、保全型でのみ確認された種はシャジクモなど 3 種であり、窒素固定を行うと考えられている藍藻ネンジュモ科 spp. やヒゲモ科 spp. は保全型で多く見られた。

各月の水田内と畦畔の総出現種数に対する多年生種の割合は慣行型ではほぼ全ての月で 50% 以下であり、保全型でも 50% 以下の月があったが、2023 年 12 月の保全 A や 2023 年 11 月と 2024 年 6 月と 7 月の保全 B、2024 年 3 月~7 月の保全 C では 60% 以上だった。

考察

本研究における保全型と慣行型の各圃場は隣り合っているにも関わらず、環境省（2020）で絶滅危惧 II 類に指定されているサンショウモやシャジクモと準絶滅危惧種に指定されているイチヨウウキゴケが保全型でのみ確認された。それらは除草剤や化学農薬に脆弱であると報告されており（eg. 相田ら 2004），本圃場でも農薬を通常使用する慣行型水田では生育できなかった可能性がある。一般に保全型農業では多年生植物が増加することが報告されており（Bajwa 2014），本研究でも多年生種は保全型で多い傾向が見られた。水田内で確認された陸上植物の種数は慣行型で多かったが、畦畔を含めた総種数と優占種の種数および大型藻の種数は保全型で多く、保全型でのみ確認された希少種が認められた。したがって、保全型水田に生育する陸上植物および大型藻類は慣行型より多様性が高いと考えられた。Simpson の多様度指数は慣行型で若干高かったが、これは

保全型では確認回数が多い種が多く、種の入れ替わりが少なかったが、慣行型では確認回数が少ない種が多く、種の入れ替わりが多かったことによる影響と推察された。粕渕ら（2019）は無農薬・無肥料水田において幼穂形成期頃までの中耕除草が米の収量や食味値を高めることを報告しており、中耕による窒素固定藍藻の水田土壤中の鋤き込みが無肥料でも美味しい米を実らせることに寄与しているのかも知れない。

引用文献

- 相田美喜、池田浩明、石坂眞澄、伊藤一幸、臼井健二（2004）水生シダの生長に対する水稻除草剤間の影響比較. 雜草研究 49:196-197
- Bajwa A A (2014) Sustainable weed management in conservation agriculture. Crop Protection 65:105-1
- 粕渕辰昭、荒生秀紀、安田弘法（2019）肥料や農薬に依存した現代農業への警鐘-江戸時代に開発された水田の多数回中耕除草法が意味するもの-. 土壌の物理性 141 : 65-69
- Katayama N, Baba Y G, Kusumoto Y, Tanaka K (2015) A review of post-war changes in rice farming and biodiversity in Japan. Agricultural Systems 132: 73-84
- 環境省（2015）生態系被害防止外来種リスト
<https://www.env.go.jp/press/100775.html>
- 環境省（2020）環境省レッドリスト
<http://www.env.go.jp/press/107905.html>
- 桐谷 圭治（編）（2010）田んぼの生きもの全種リスト 改訂版. 農と自然の研究所・生物多様性農業支援センター、福岡・東京
- 国土地理院（2000）日本全国の湿地面積変化の調査結果 湖沼調査、主題図（地理調査）、地図・空中写真・地理調査
<https://www.gsi.go.jp/kankyochoiri/shicchimenseki2.html>
- 農林水産省（2024）作物統計調査 令和 6 年耕地面積（7 月 15 日現在）
https://www.maff.go.jp/tokei/kouhyou/sakumoto/menseki/menseki_kouti_24.pdf
- 渡邊亮、中村誠司、芹澤（松山）和世、芹澤如比古（2019）山梨県の水田域に生育する水草・大型藻類の優占度の評価. 富士山研究 13 : 43-59

【湛水後の各水田の水質】

調査区	水温 (°C)	電導度 (μS/cm)	塩分 (PSU)	pH	濁度 (FNU)
保全 A	27.6~32.6	142.9~143.1	0.06~0.07	7.16~7.9	1.65~5.9
慣行 A	25.5	139.9	0.06	7.66	4.2
保全 B	26.9~30	123.5~135.6	0.06	7.96~8.16	3.4~3.7
慣行 B	29.8~33.5	139.7~143.6	0.06~0.07	9.53~9.55	2.7~6.0

【Simpson の多様度】

調査区	水田内	畦畔
保全型全体	0.925	0.943
慣行型全体	0.931	0.960

O-06

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

○武山遙奈・浦野快生・芹澤（松山）和世・芹澤如比古
山梨大学教育学部

はじめに

オオイシソウは紅色植物門、原始紅藻亞門、オオイシソウ綱の藻類であり、世界の熱帯・亜熱帯から温帶の淡水から汽水域で希に確認され、日本では環境省（2020）のレッドリストで絶滅危惧II類に指定されている。当研究室の先行研究によりオオイシソウは山梨県内の4つの河川・水路ではじめて確認され

（芹澤ら 2019），その後、昭和町の今川で大型の藻体の繁茂が発見され、その季節変化と生育環境の調査が通年行われた（池田ら 2019, 2020, 貴家ら 2020, 松井ら 2021, 中村ら 2021）。また、2021年2月には、南アルプス市の西川でも1mを超える大型のオオイシソウが多数発見され、その時の水草・大型藻類を含めた生育環境が調べられた（未発表）。しかし、それ以降両河川ではオオイシソウの生育状況や生育環境は調べられておらず、山梨県内の流水域に生育する水草・大型藻類の光合成についても調べられていない。そこで本研究では、大型のオオイシソウが確認された西川の環境を通年調査して今川と比較するとともに、そこに生育している水草・大型藻類とその光合成特性を明らかにすることを目的に研究を行った。

方法

2024年1～11月まで概ね月1回、南アルプス市西川と昭和町今川において、環境要因として生育する水草・大型藻類の種の同定と、水質や流速、光量、水草数種とオオイシソウの光合成活性の測定を行った。水質として水温、電導度、塩分、pH、濁度を多項目計（YSI, ProDSS）で、流速を流速計（YSI, FP111）で測定した。光量は水面上と水深

20 cm の光量を水中光量子センサーと光量子計（LI-COR, LI-192SA と LI-250A）を2組用いて同時に測定し、相対光量を算出した。水草・オオイシソウの光合成活性はクロロフィル蛍光測定器（PSI, AP110-P）を用いて植物体の主枝先端部から5 cm 下の葉を束ねてセンサーを当て、10, 20, 50, 100, 300, 500, 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の7つの光条件で測定し、光合成光曲線のパラメーター（最大光合成速度 P_{max} , 初期勾配 α , 光飽和点 I_k ）を算出した。5月以降は溶存酸素計とセンサー（HACH, HQ30d と LDO）での溶存酸素濃度の測定を追加した。

結果

調査期間中、西川では水草7種、大型藻8種が、今川では水草6種、大型藻7種が確認された。コカナダモとウキクサ類 sp. は両河川で、ササバモとエゾヤナギモは西川で、エビモ、ヤナギモ、ホザキノフサモは今川で毎月確認された。また西川ではエビモが1～9月に、オオカナダモが10～11月、浮遊草体が7～9月に、ホザキノフサモの浮遊草体が10月に、今川ではアイノコイトモの浮遊草体が9月に確認された。オオイシソウは西川では10月に数cmの藻体が目視で、1～3, 7, 9月に数mm以下の藻体が生物顕微鏡で、今川では1, 7～11月に大型の藻体が目視で、2月に数mm以下の藻体が生物顕微鏡で確認された。その他の大型藻類はミヅジュズモ、シオグサ、アオミソウ、アオミドロ、サヤミドロは両河川で、アミミドロとネダシグサは西川で、ミクロスボラは今川で確認された。

光合成光曲線のパラメーター($P_{max} \cdot \alpha \cdot I_k$)は P_{max} が高い順にそれぞれ、エゾヤナギモが

74.15・0.223・332 (西川, 9月, 21.7 °C), コカナダモが 76.28・0.194・393 (今川, 7月, 20.9 °C), ホザキノフサモが 72.79・0.251・289 (今川, 10月, 17.1 °C), エビモが 66.30・0.246・269 (今川, 10月, 17.1 °C), ヤナギモが 63.62・0.209・304 (今川, 10月, 17.1 °C), オオイシソウが 28.83・0.076・381 (今川, 10月, 17.1 °C), ササバモが 27.99・0.148・190 (西川, 7月, 20.9 °C) であった。

西川と今川の水質はそれぞれ、水温が 13.0 ~ 21.7 °C と 13.5 ~ 20.9 °C, 電導度が 272.9 ~ 318.2 $\mu\text{S cm}^{-1}$ と 171.2 ~ 222.0 $\mu\text{S cm}^{-1}$, 塩分が 0.13 ~ 0.15 と 0.08 ~ 0.11, pH が 7.28 ~ 8.37 と 7.02 ~ 7.89, 濁度が 0.66 ~ 16.7 FNU と 0.61 ~ 20.0 FNU, 溶存酸素濃度が 7.86 ~ 13.1 mg L⁻¹ と 7.61 ~ 9.36 mg L⁻¹, 流速が 0.31 ~ 0.89 m s⁻¹ と 0.21 ~ 0.60 m s⁻¹, 相対光量が 51.3 ~ 86.3 % と 48.2 ~ 79.2 % であり、調査期間を通して、西川の電導度、塩分、溶存酸素濃度は今川よりも高く、pH もわずかに高かった。調査期間中、西川では 11 月中旬に、今川では 5 月上旬に水草刈りが行われ、一部を残しほんどの水草・大型藻類が消滅した。

考察

本研究により甲府盆地を流れるオオイシソウ生育地の西川の生育環境を明らかにすることことができた。オオイシソウが生育する香川県御坊川ではヒルムシロ類のほとんどは冬季に消失する季節消長を示したが（納田 1986），西川と今川では周年確認された水草が多くた。またオオイシソウが生育していない甲府市の相川の周年の環境（芹澤ら 2023）と比較すると、西川と今川では水温、電導度、塩分の変動幅が小さく、西川と今川では豊富な湧水により環境が安定していると考えられ、このような環境がオオイシソウの生育には重要であると推察された。本研究で得られたオオイシソウの光合成光曲線は P_{max} が 28.83 と低い陰生の特徴を示しており、本種が短日・弱光で最もよく生長するという Zucchi and Necchi (2001) の結果を裏付けた。調査期間中、両

河川では異なる時期に水草刈りが行われた。今川では 5 月の水草刈りの後、7 月には大型のオオイシソウを確認することができている。西川では 11 月に水草刈りが行われたので、数か月後には大型のオオイシソウが確認できるようになることを期待したい。

引用文献

環境省 (2020) 環境省レッドリスト 2020

<http://www.env.go.jp/press/107905.html>

池田大誠, 芹澤（松山）和世, 原野晃一, 中村誠司, 松井悠一郎, 貴家永人, 芹澤如比古 (2019) 山梨県で発見された紅藻オオイシソウの形態と生育環境. 日本陸水学会甲信越支部会報 45 : 41-42

池田大誠, 貴家永人, 中村誠司, 芹澤（松山）和世, 芹澤如比古 (2020) 絶滅危惧紅藻オオイシソウの山梨県内の自生地における周年変化. 日本陸水学会甲信越支部会報 46 : 25-26
松井悠一郎, 貴家永人, 池田大誠, 原野晃一, 芹澤（松山）和世, 芹澤如比古 (2021) 甲府盆地におけるオオイシソウ自生地 2 カ所の環境と水生植物相. 藻類 69 : 44

中村誠司, 池田大誠, 貴家永人, 原野晃一, 芹澤（松山）和世, 芹澤如比古 (2021) 甲府盆地に生育するオオイシソウの藻体と単胞子の季節変化. 藻類 69 : 45

貴家永人, 池田大誠, 中村誠司, 芹澤（松山）和世, 芹澤如比古 (2020) 山梨県昭和町今川に生育する水草・大型藻類とその生育環境. 日本陸水学会甲信越支部会報 46 : 23-24

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

芹澤如比古, 松井悠一郎, 中村誠司, 森下祐太郎, 芹澤（松山）和世 (2023) 甲府市相川における大型藻および水生・湿生・陸生植物の周年毎月調査. 山梨大学教育学部紀要 33 : 105-118

納田美也 (1986) 御坊川 (香川県高松市) におけるオオイシソウとヒルムシロ類の季節的消長. 香川生物 14 : 23-27

Zucchi M, Necchi O (2001) Effects of temperature, irradiance and photoperiod on growth and pigment content in some freshwater red algae in culture. Phycological Research 49 : 103-114

O-07

水素ガス供給脱窒装置内部の PHA 生産細菌の探索と PHA 合成条件の解明

松岡璃真¹, 亀井樹²

1 山梨大学生命環境学部, 2 山梨大学国際流域環境研究センター

はじめに

ポリヒドロキシアルカン酸 (PHA) は一部の細菌が栄養不足に備えて細胞内に生産・貯蔵する基質であり、生分解性プラスチック生産資源として利用されているが製造コスト高く、利用が進まない。

既往研究では水素ガス供給脱窒装置内において、脱窒処理とともに PHA の蓄積が進行することを明らかにしている¹⁾。脱窒処理装置内部の PHA 生産細菌と PHA 合成条件を網羅的に調べて制御方法を明らかし、脱窒処理プロセスに組みこめば、脱窒と PHA 生産を両立する排水処理技術の確立につながり PHA 生産量の向上に資する可能性がある。先行研究では装置内部の汚泥に定着する *Thauera* 属細菌が脱窒反応と PHA 合成に関与することが明らかにしている²⁾。しかし、汚泥中には様々な細菌が存在しており、*Thauera* 属以外についても PHA 合成能力を調査する必要がある。

以上の背景を踏まえ、本研究では水素ガス供給脱窒装置内の微生物叢を対象に、PHA 生産細菌の網羅的な探索とそれらの細菌の PHA 合成条件を明らかにすることを目的とした。

方法

水素ガス供給脱窒装置内部の脱素汚泥から細菌を分離した。採取した汚泥を破碎して上澄を滅菌リン酸緩衝液で適宜希釀し、この溶液を R2A 寒天培地、人工海水培地（以下 AS 培地）、硝酸塩-硫化物培地（以下、NS 培地）³⁾に塗布し、25°C の暗条件で好気、嫌気条件で培養した。培養は 25 日間実施し、形成したコロニー数の集計を行った後に、無作為に釣菌した。その後 DNA を抽出し 16S rRNA 遺伝子の塩基配列を調べ、BLAST データベース公開情報と比較し標準株との相同性を調べた。また、PHA 合成の最終過程に関与する PHA シンターゼをコードする遺伝子 (*phaC* 遺伝子) の有無を PCR 法により調べた。

結果と考察

分離株の 16S rRNA 遺伝子解析の結果を図 1 に示したが、紙幅の都合上 NS 培地の結果のみを示した。好気環境は 2 種が、嫌気環境では好気環境で検出された 2 種を含む全 8 種類の細菌が分離できた。脱窒装置内部は嫌気環境のため多様な嫌気性細菌が存在し、これが分離細菌種の差を生んだと考えられる。嫌気環境では、*Caenispirillum bisanense* や、*Alishewanella jeotgali*、*Thauera phenylacetica* が分離できた。*A. jeotgali* や *T. phenylacetica* は好気環境からも分離された。*A. jeotgali* は好気・嫌気呼吸が可能な細菌であり⁴⁾、通性嫌気性細菌も装置内部に存在し微生物叢を構成していることがわかった。単離株のうち *phaC* 遺伝子の株は 3 種類だった。*phaC* 遺伝子保有株は *T. phenylacetica*、*A. jeotgali*、*C. bisanense* だった。*T. phenylacetica* は先行研究で検証事例があることから、今後は *A. jeotgali*、*C. bisanense* を対象に、脱窒能力の評価や PHA 合成条件の解明を行う。

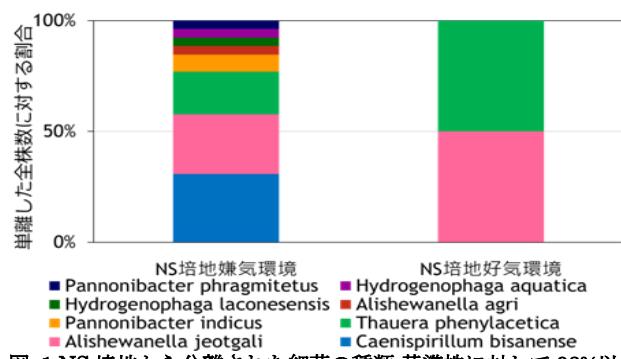


図 1 NS 培地から分離された細菌の種類、基準株に対して 98% 以上の相同性を示す細菌のみを表示

参考文献

- 1) Kamei et al., (2022) WET2022, proceeding
- 2) 片山七海, 2024, 山梨大学 環境科学科卒業論文
- 3) Kim et al., 2009. Int J Syst Evol Microbiol.

謝辞：本研究は JSPS 科研費 (JP 24K03107) の支援を受けて行った。

O-08

湖沼における β -N-methylamino-L-alanine (BMAA) における動態解析○清水千春¹・朴虎東²¹信州大学 4 年・²信州大学理学部

はじめに

藍藻のおよそ 9 割と一部の珪藻が BMAA (β -N-methylamino-L-alanine, 以下 BMAA と略す) を產生することが確認されている。BMAA が複合神経疾患である筋萎縮性側索硬化症／パーキンソン病認知症複合体 (ALS/PDC) の発症に関連していると提唱されている (Kurland et al., 1954)。

諏訪湖の過去に採取した藍藻サンプルを用いた実験では BMAA やその構造異性体であるジアミノ酪酸 DAB やアミノエチルグリシン AEG を含む非たんぱく質アミノ酸 (Non-Protein Amino Acid, 以下 NPAA) が見つかっているが諏訪湖における珪藻類、渦鞭毛藻類による NPAA 生産に関する報告はない。その中で珪藻類や渦鞭毛藻類は食物連鎖において生産者に位置づけられ高次消費者に消費される。珪藻類と渦鞭毛藻類が BMAA を含む NPAA を生産するかどうか定量分析することに加え、それらを捕食する高次消費者である貝類にどのように吸収されどこに蓄積され代謝されるのか動態を調査することに関連する。

本研究は諏訪湖に発現した藍藻類に加え珪藻類や渦鞭毛藻類によって生産された NPAA の定量分析と消費者である貝類など遷移する NPAA の動態を明らかにすることを目的とする。

方法

藍藻類、珪藻類、渦鞭毛藻類に BMAA が含まれていることを確認するために凍結乾燥された粉末サンプル(約 30mg)を用いて BMAA の抽出および LC-MS, LC-MS/MS を用いて定量分析を行った。

抽出方法として凍結乾燥させたサンプルを(約 30mg)用いて 10% (v/v) のトリクロロ酢酸

(Trichloroacetic acid, 以下 TCA) / 水 500 μ l 加え超音波処理を 15 分行い遠心分離 (3500g, 15 分) 行い上澄み回収した。この工程を 2 回行った。次に 10% (v/v) TCA/アセトン 500 μ l 加え同じ工程を 3 回行い上澄み回収した。回収した上澄みをエバポレーターで蒸発乾固させ残留物をアセトン 1.5ml で再回収したものをバイアルに詰めた。

また貝類としてカワニナを用いた。凍結乾燥させたものを解剖し内臓と筋肉に分けて同じ工程で抽出した。LC-MS/MS の分析の際にカラムは COSMOSIL HILIC (2.0 ID × 150mm) を使用しピークを後半にずらし LC-MS/MS (SHIMADZU LCMS-8030) を用いて分析を行った。

結果と考察

NPAA の定性は MS スペクトル見たところ各々の物質の由来である BMAA (m/z 119), DAB (m/z 188), AEG (m/z 214) のスペクトルが確認できたため抽出液中に各物質の存在を確認できた。これら 3 つを NPAA としてまとめて MS クロマトグラムより保持時間約 5.0 分のところにピークが表れた。総 NPAA 量として定量した結果、藍藻 8.97 μ g/g 硅藻 8.93 μ g/g 渦鞭毛藻 7.67 μ g/g カワニナ内臓 6.50 μ g/g カワニナ筋肉 4.96 μ g/g 存在することが分かった。

LC-MS/MS による定性はできたがそれぞれの物質がどれほど含まれているのかが分からなかった。生物濃縮は起きたとは言えないが藻類を摂食することで貝類にも NPAA が遷移することが言える。本研究より MS スペクトルにおける BMAA, DAB, AEG の由来物質の強度が各藻類で違うことから諏訪湖の藻類は種類によっては BMAA を生産せず、DAB, AEG を生産する可能性も示唆された。

O-09

メタセコイア葉における水銀蓄積特性の評価と バイオモニタリングとしての実用性の検討

○米田英俊¹・中澤 厲¹¹富山県立大学工学部

はじめに

水銀は極微量でも生物への影響がある。なかでも、大気中水銀濃度の観測には通常、商用電源、アルゴンガスの供給にかかる高いコストに加え、専門的な観測技術が求められる^[1]。そこで、経済性に優れ、広範囲わたるデータ収集が可能なパッシブサンプラー法や、バイオモニタリング手法が注目されている^{[1], [2]}。植物の葉は水銀の大気からの吸収源のひとつとされており、その取り込みは主に気孔を通じて行われる^[3]。また、大気中水銀濃度は針葉樹の葉の水銀濃度に影響を与えている^{[3], [4]}。よって本研究では、街路樹として幅広く使用され、落葉針葉樹の一種であるメタセコイアを試料とした。

本研究では、葉が取り込んだ水銀の蓄積過程を解析し、大気中水銀のバイオモニタリング手法についてその有効性と現状の課題を検討することを目的とした。

方法

富山県中心部及び西部の 6 地点においてメタセコイアの葉を採取した(図 1)。試料は、地上から 1.5~2.0 m の高さで採取した。地点 No.1 では、同一地点における個体間の取り込み量の差および水銀の取り込みの経時変動を明らかにする目的で葉が芽吹いてから落葉するまで(4月 15 日~11月 21 日(継続中))にかけて 2 個体(a, b)から 3~4 回/月の頻度で継続的に採取した。地点 No.2~No.6 では、葉中水銀濃度の地理的分布の把握のために、各地点 1 個体から原則 1 回/月の頻度で試料を採取した。

採取した葉はポリ袋に保存し、速やかに研究室に持ち帰り、分析に供するまで冷凍保存した。分析前には葉の全長を測定したのち、葉を超純水で洗浄した後に水分を取り除いた。その後、凍結乾燥機(東京理化器械製 FDU-1200)を

用いて 24 時間凍結乾燥させた。凍結乾燥した葉は乳鉢を用いて粉末状にし、加熱気化冷原子吸光光度法(日本インスツルメンツ社製 MA-2000)を用いて水銀を測定した。



図 1.調査地点図

結果・考察

〈葉中水銀濃度の経時変動(地点 No.1)〉

2024 年 4 月 15 日 ~ 5 月 14 日にかけて葉中水銀濃度は大きく変動せず、(a)、(b) で同様の傾向が見られた。しかし、葉中水銀濃度は 5 月下旬から増加し始め、最大値は (a)、(b) の木でそれぞれ、49.4、50.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ であった(図 2)。また、(b) で 9 月 2 日以降、葉中水銀濃度が大きく減少した。

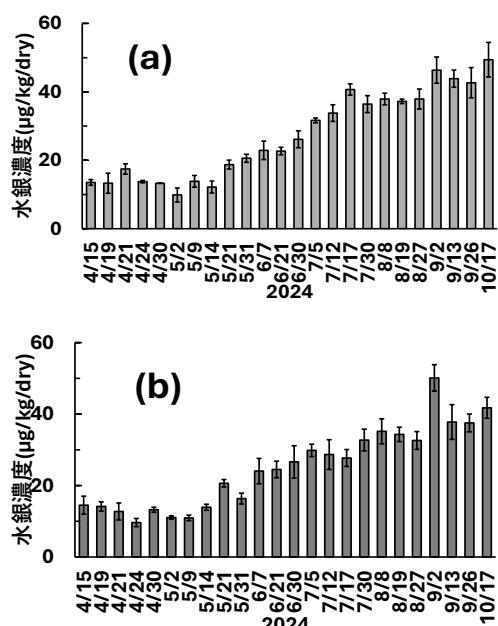


図 2.葉中水銀濃度の経時変動(地点 No.1)

a : 北側出入口付近の個体 b : 正面出入口付近の個体

〈水銀取り込み量の変動パターン〉

葉の水銀取り込み量の季節変動を明らかにするため、芽が出てから落葉までを 3 つの期間(春: 4~5 月, 夏: 6~8 月, 秋: 9~11 月)に区分した。

地点 No.1 における大気中水銀濃度は、2024 年 5、7、8 月でそれぞれ $1.69\text{ng}/\text{m}^3$ 、 $1.28\text{ng}/\text{m}^3$ 、 $1.46\text{ng}/\text{m}^3$ と季節変動は見られなかった^[5]。葉の一日あたりの取り込み量(取り込み速度: $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dry/day}$)を季節ごとに比較したところ、取り込み速度は季節によって変動し、水銀取り込みの大部分が夏(6~8 月)に起こった。そして、取り込まれた水銀は葉に蓄積し、濃度は秋にピークに達することが確認された。また、葉の全長と葉中水銀濃度には統計的に有意な正の相関($a: r=0.75$, $p=0.0002$ 、 $b: r=0.76$, $p=0.0002$)が見られた(図 3)ことからも、取り込まれた水銀が葉に蓄積され、葉の成長が大気中水銀の吸収に関与していることが示唆された。

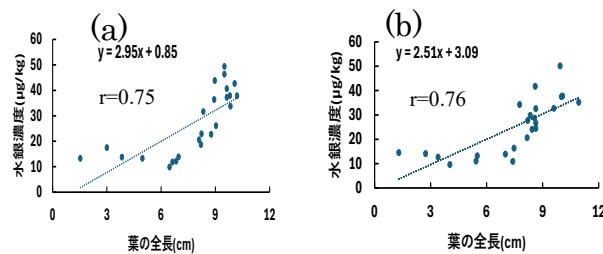


図 3. 葉中水銀濃度と葉の全長の関係(地点 No.1)

〈葉中水銀濃度の地理的分布〉

地点 No.1、No.2 における 2017 年~2022 年の大気中水銀濃度の平均値はそれぞれ、 1.66 ± 0.49 ($0.9\sim4.0$) ng/m^3 ($n=36$)、 1.69 ± 0.34 ($1.1\sim3.4$) ng/m^3 ($n=60$) であり、両地点に大きな差は見られなかった^[6]。2024 年 5 月に地点 No.1、No.2 で同日に採取された葉の水銀濃度はそれぞれ $12.2\text{ }\mu\text{g}/\text{kg}$ 、 $25.0\text{ }\mu\text{g}/\text{kg}$ であった。7 月に地点 No.1~No.3 で採取された葉の水銀濃度はそれぞれ $27.7\text{ }\mu\text{g}/\text{kg}$ 、 $29.7\text{ }\mu\text{g}/\text{kg}$ 、 $51.4\text{ }\mu\text{g}/\text{kg}$ であった。また、葉の全長は 5 月時点では地点 No.1、No.2 でほぼ同程度であったが、7 月には地点 No.2 で葉の全長が 10.1 cm と他地域よりも大きな成長が見られた。8 月には地点 No.1~No.5 で採取した葉の測定を行い、地点 No.2、No.5 でそれぞれ、 $51.3\text{ }\mu\text{g}/\text{kg}$ 、 $52.1\text{ }\mu\text{g}/\text{kg}$ 、と高い値を示した一方、地点 No.1、No.3、No.4 では、 $37.9\text{ }\mu\text{g}/\text{kg}$ 、

$37.1\text{ }\mu\text{g}/\text{kg}$ 、 $36.5\text{ }\mu\text{g}/\text{kg}$ だった。

既存研究では、大気中水銀濃度が葉中水銀濃度に影響を及ぼすことが示されている^[3]。しかし、本研究においては、射水市(地点 No.1)及び富山市(地点 No.2)の大気中水銀濃度が安定した値を示した一方で、異なる地点間の葉中水銀濃度に差が見られた。このことから地点間の葉中水銀濃度の差異は大気中水銀濃度の影響によるものではないことが明らかとなった。

まとめ

地点 No.1 で採取した葉で、葉の全長と葉中水銀濃度に相関関係が見られたことから、葉の成長が水銀取り込み量に影響する可能性が示唆された。特に、地点 No.2 で採取した葉は成長が著しく、7 月以降は葉の全長に変化が見られなくなった。また、葉中水銀濃度にも変化が見られなかつたことから、葉が取り込む水銀量には上限があると考えられる。さらに、樹種や、成長速度の違いが水銀の取り込みパターンの地域差に影響を与えている可能性も示唆された。

引用文献

- [1] McLagan. Mitchell. Huang. Lei. Cole. Steffen. Hung. Wania. (2016) A High-Precision Passive Air Sampler for Gaseous Mercury, Environ. Sci. Technol., 3, 24-29.
- [2] Laacouri. Nater. Kolka. (2013) Distribution and Uptake Dynamics of Mercury in Leaves of Common Deciduous Tree Species in Minnesota, U.S.A, Environ. Sci. Technol., 47, 10462-10470
- [3] Arnold. Gustin. Weisberg. (2018) Evidence for Nonstomatal Uptake of Hg by Aspen and Translocation of Hg from Foliage to Tree Rings in Austrian Pine, Environ. Sci. Technol., 52, 1174-1182.
- [4] Assad. Parelle. Cazaux. Gimbert. Chalot. Tatin-Froux. (2016) Mercury uptake into poplar leaves, Chemosphere, 146, 1-7
- [5] 赤井貴征(2024)富山県立大学卒業研究中間発表講演要旨
- [6] 富山県・大気汚染の現況 / 身近な公害の現況.
https://www.pref.toyama.jp/documents/39731/00_zenbun_rev_compressed.pdf 10 月 2 日閲覧.

O-10

都市部と山間部の積雪中から検出されたマイクロプラスチックの特徴

○内田 智也¹・中澤 厲¹・永淵 修²¹富山県立大学工学部・²福岡工業大学

はじめに

マイクロプラスチック (MPs) による汚染は世界中で確認されており、大気中にもその存在が報告されている。大気中 MPs の動態を明らかにすることは遠隔地での汚染や、吸入によるヒト健康リスクの観点から重要である。環境媒体から検出される MPs の形状比率や粒径の変化は採取地点での人為的汚染の影響を反映しているとされる^{[1][2][3][4]}。しかし、大気中 MPs 研究は MPs 研究全体の一割にも満たない (Web of Science で著者らが 2024 年 6 月 23 日検索)。その理由として大気中 MPs は海洋環境の MPs と比較して微小であるため分析時のコンタミネーションや検出装置が高価であることが挙げられる^{[5][6]}。

このような問題を解決するため、NR (ナイルレッド) 染色と蛍光顕微鏡による観察が注目されている。この方法は高価な検出機器と複雑な操作を必要としないため、MPs の分析を容易に行うことができるという利点がある。

本研究では富山県内の積雪を対象に NR 染色と蛍光顕微鏡による観察を実施し、都市部と山間部（立山室堂平）における MPs 濃度、形状、サイズを比較し、人為的活動が MPs に与える影響を検討した。

方法

〈試料採取地および期間〉

積雪の採取は全て富山県内で実施した。都市部での調査は、2023 年 12 月～2024 年 3 月の降雪期に富山県立大学内(中央棟西側芝生の上) (n=3) および射水市、富山市(学生宅)で採取を実施した。また、人為的汚染が少ないと考えられる山間部での調査は 2024 年 4 月 17 日に立山室堂平にて実施した。立山室堂平は 2024 年 4 月 15 日から観光客の入場が認められ

ており、雪の大谷の観光やスキーをする人々で賑わいを見せている。

〈試料の採取方法〉

試料の採取にはステンレス製のスプーンとガラス製の保存容器を用いた。立山室堂平では積雪を垂直に 230 cm 掘り、雪壁を露出させたのち表層面から 10 cm 毎に試料を採取した。採取した積雪は冷凍保存し、研究室へ持ち帰った。本研究では上層 (n=2)、中層 (n=1)、下層 (n=2) の計 5 つの深さの試料を用いた。

〈試料の分析方法〉

原則として、試料の分析はガラス製の器具を用いた。器具使用前には 5% の HNO₃ に一日浸漬し、エタノールとアセトンで洗浄した。なお、実験は全てクリーンベンチ (KVM-1006 日本エアーテック株式会社製) 内で実施し、パーティクルカウンタ (KC-01E、リオン株式会社製) を用いて 0.3～5 μm の浮遊粒子が 0 であることを確認した。

冷凍保存した積雪は室温で融解し、試料量として 10 ml 分取した。分析の前処理として 100 ml 容ビーカーに H₂O₂ (30%、30 ml) を加え、時計皿で塞ぎ、60°C のホットプレート (ND-3LA アズワン株式会社製) に一週間静置した。静置後、50 ml にメスアップし 5 ml を PTFE ロ紙上に減圧ろ過した。ろ過後の残渣に NR 約 1 ppm を適量滴下し、60°C の定温乾燥機 (DY300 ヤマト科学株式会社製) で乾燥させ観察試料とした。試料を蛍光顕微鏡 (BX51 OLYMPUS 社製) で観察し、画像を解析ソフトウェアの ImageJ (Fiji version 1.90) で解析した。MPs を橢円に近似し、近似した橢円の長径と短径及び面積を得た。橢円の長径と短径から長径短径比 (アスペクト比) を、面積の平方根から平均粒径を算出した。アスペクト比が 1.1 以下を粒子、3 以上を纖維とし、その他の MPs

は目視により、断片とフィルムに分類した、MPs 濃度は式 〈1〉 により算出した。ここで (MPs の検出数 (N)、希釈液の液量 (V_f)、ろ過量 ($V_{f_{it}}$)、試料量 (V_s) である

$$\text{MPs 濃度 (個/L)} = \frac{N \times V_f}{V_{filt} \times V_s} \cdots (I)$$

あわせて、積雪中水銀濃度、pH、EC、イオンを測定した。積雪中水銀濃度は還元気化冷原子蛍光光度法（マーキュリー / RA-3000FGold+ 日本インスツルメンツ社製）、pH は pH メータ (GST-5821C 東亜 DDK 社製)、EC はポータブルマルチ水質計 (MM4-EC 東亜 DKK 社製) を用いた。主要イオンはイオンクロマトグラフ法 (761 Compact IC Metrohm 社製) で分析した。

結果と考察

〈都市部と山間部の積雪中 MPs の特性比較〉

積雪中 MPs 濃度 (A)、形状比率 (B)、平均粒径 (C) を図 1 に示す。都市部と山間部積雪中の平均 MPs 濃度はそれぞれ 41367 (最小-最大 2 1500–85000, n=5) 個/L、47900 (23000–90000, n=5) 個/L であり、平均値に差は見られなかった。

都市部のうち、富山県大学内では 2023/12/2 3、1/24、3/2 に採取し、それぞれ 21500 個/L、35667 個/L、85000 個/L であり、採取日による MPs 濃度に違いがみられた。

一方、学生宅（富山市、射水市）で採取した試料ほぼ同時期に採取したものであるが、その MPs 濃度に大きな差は見られず、1/24、12/23 とほぼ同程度の濃度であった。よって、都市部の MPs 濃度は採取地点よりも採取日による差が大きいことが考えられる。

〈積雪中の主要イオン濃度〉

2024 年 1 月 24 日に富山県立大学で採取した試料には高濃度の Na^+ 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} が含まれていた。 $(\text{Na}^+: 19 \text{ mg/L}, \text{Cl}^-: 39 \text{ mg/L}, \text{NO}_3^-: 0.517 \text{ mg/L}, \text{SO}_4^{2-}: 5.4 \text{ mg/L})$ 一方、MPs 濃度が高い 3 月 2 日のイオン濃度は 1 月 24 日比べて低い。1/24 は全国的に寒波が到来して

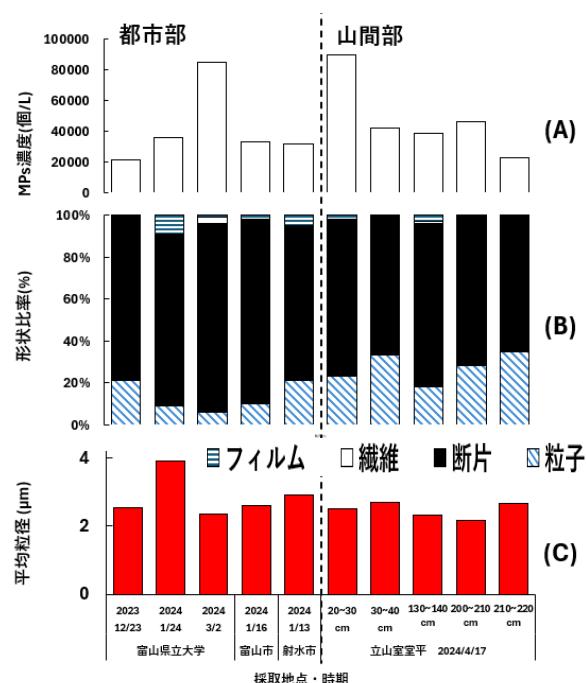


図 1 積雪中 MPs 濃度(A)、形状比率(B)、平均粒径 (C)

おり、日本海側からの空気塊の影響が大きかった可能性も考えられる。この気象概要による差については当日発表する。

今回の結果からは人為的な活動が MPs に与える影響は推定できなかった。しかし、人為的な汚染源が少ない高山においても都市部と同程度の MPs が観測されたことは MPs による汚染が広がっていることを示唆している。

参考文献

- [1] Yulan et al. (2020). Atmospheric microplastics: A review on current states and perspectives. Earth-Science Review 203: 6–9.
- [2] Helm (2017). Improving microplastics source apportionment: a role for microplastic morphology and taxonomy? Anal Methods 9, 1328–1331.
- [3] Saha S.C and Saha G. (2024). Effect of microplastics deposition on human lung airways: A review with computational benefits and challenges. Heliyon 10:2, 1–10.
- [4] Chunyan et al. (2024) Characteristics of microplastics in the atmosphere of Anyang City. Environ Monit Assess. 196:2 350.
- [5] Park H and Park B (2021). Review of Microplastic Distribution, Toxicity, Analysis Methods, and Removal Technologies. Water. 13:19, 2749.
- [6] Wright et al. (2020) Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport. Environment International, 136, 1–7.

O-11

生態影響評価に基づく河川の汚染状況の把握

○横山透子¹・端昭彦¹・黒田啓介¹・坂本正樹¹¹富山県立大学工学部

はじめに

水環境には人間活動に由来する様々な化学物質が流入しており、それによる生態系への影響が懸念されている。抗菌薬は細菌類に対して強い毒性を示すため、水域の腐食連鎖や微生物ループを介した物質循環への影響が懸念されている。畜産排水が流入する河川では、すでに抗菌薬による淘汰が起こり、細菌叢が変化している可能性がある。しかし、これらを詳細に調べた研究は無く、抗菌薬による生態影響の実態は不明である。

本研究では、下水処理水や畜産排水の流入による河川生態系への影響の実態を明らかにすることを目的として、現場設置型の生態毒性試験を実施するとともに、PCR 法を用いた細菌叢解析を行っている。

方法

・現場での急性毒性試験

2024 年 4 月から、毎月 1 回、和田川下流域（射水市大門地区）で生態毒性試験を実施している。試験生物にはオオミジンコ (*Daphnia magna*) とムレミカヅキモ (*Raphidocelis subcapitata*) を使用した。これらの生物が入った容器を 24~48 時間水中に設置し、各生物への影響を調べた。

・河川間の細菌叢の違い

2024 年 5 月に、富山県内の 5 河川（和田川、神通川、小矢部川、御手洗川、子撫川）で採水した試料について、ステリベクスで濃縮した後 DNA 抽出を行った。DNA 抽出後に定量濃度を qPCR (quantitative polymerase chain reaction: 定量 PCR) 法により定量した。PCR には 16S rRNA 遺伝子の全長をターゲットとしたプライマーを用いた。PCR によって増幅した DNA の配列を HTS (high throughput sequencing) 解析により読み取り、各河川水中の細菌叢を比較した。

・定量 viability PCR の検証

生細菌と死細胞（または生体外 DNA）の区別を可能とするため、PCR 阻害剤（シスプラチン）の有効性を検証した。シスプラチン (CCDP) は死細胞の細胞膜や核膜の損傷部位から侵入し、DNA に作用することで、PCR での増幅を抑制する。ここでは、2024 年 5 月に和田川で採水した試料を用い、CCDP 処理の有無による HTS (High Throughput Sequencing) 解析結果の違いを比較した。試料は 0.45μm Poly Vinylidene Di-Fluoride メンブレンフィルターで濃縮した後 DNA 抽出を行った。

・化学物質添加による細菌叢の変化

化学物質の添加による菌叢の変化を検出できるかを確かめるため、2024 年 5 月に和田川で採水した試料を用いて銅の添加実験を行った。銅濃度は 0、10、100 μg/L とし、暴露開始から 48 時間の細菌叢の変化を確かめた。試料はステリベクスで濃縮した後 DNA 抽出を行った。

結果と考察

・現場での急性毒性試験

オオミジンコの遊泳阻害率は、5 月、9 月が低い数値となり、その他の月では上昇していた（図 1）。

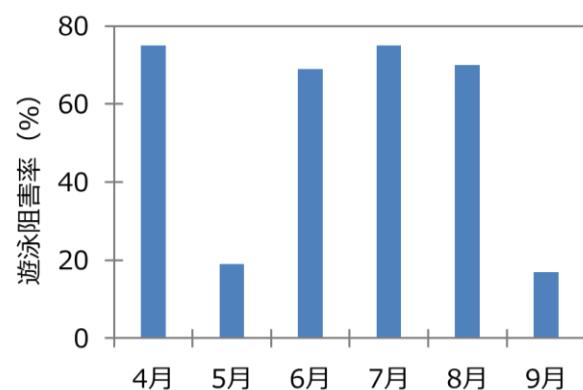


図 1. 現場試験でのオオミジンコの遊泳阻害率
ムレミカヅキモの増殖率は 4 月に河川水、培地共に減少しており、それ以外の月では増殖率が上昇していた（図 2）。

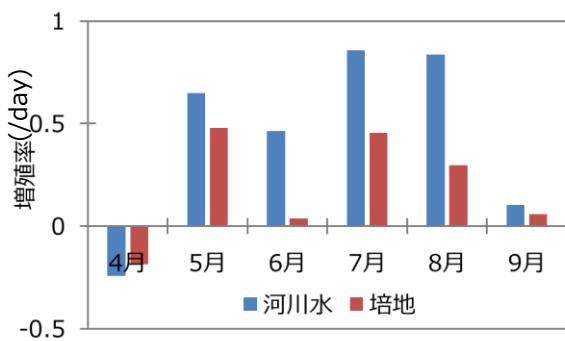


図 2. 現場試験でのムレミカヅキモの増殖率

河川水の硬度、DOC を測った結果、4 月の DOC は 2.60 mg/L、硬度は 26.37 mg/L であった。この値は他の月よりも高かった。4 月の結果でムレミカヅキモの増殖率が負の値だったことには DOC の値が高かったことが原因だと考えられる。和田川の河川水は硬度が低いため、オオミジンコの遊泳阻害率が高くなつたと考えられる。

3.2 河川間の細菌叢の違い

和田川、小矢部川、子撫川では淡水域の普遍種である好気性の *Aquirufa* spp. や、水中や湿った土壌、腐敗物質が多い環境に生息する *Sandaracinomonas* spp. が優占であったが、神通川では湖沼等の止水域に生息する *Limnohabitans* spp.、付近に養豚場がある御手洗川では、従属栄養の嫌気性菌である *Spp. haerochaeta* spp.、ブタの糞便から検出される *Bullifex* spp. が優占していた。この結果から、御手洗川は養豚場由来のブタの糞便汚染を受けている可能性が高いと考えられる。

3.3 定量 viability PCR の検証

CDDP 処理を行うと control と比べ 7.8×10^1 から 1.1×10^2 copies/L 定量濃度が低くなった（図 3）。また、CDDP 処理と熱処理を行うことで、control と比較すると 4.4×10^2 から 1.7×10^3 copies/L 濃度が低くなった。また、水生環境や土壤中で見られるグラム陰性的好気性細菌である *Janthinobacterium* spp. は、CDDP 処理が行われている処理区で優占していた。また、*Limnohabitans* spp. は、CDDP 処理を行わなかった処理区で優占していた。

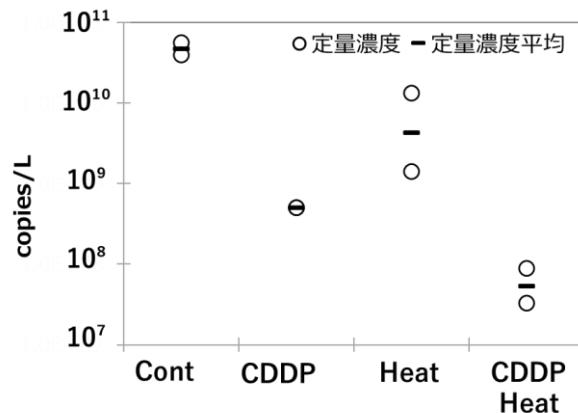


図 3. CDDP 処理、熱処理の有無での定量濃度

3.4 化学物質添加による細菌叢の変化

河川水への銅添加量、暴露時間の増加と共に優占種が *Aquirufa* spp. や好気性の細菌である *Flavobacterium* spp. から *Sandaracinomonas* spp. に置き換わった。また、4 時間、24 時間の暴露時間では、銅添加量が多くなるほど定量濃度が低下していた。しかし、48 時間では、CTRL よりも銅を添加したサンプルの定量濃度が上昇していた。暴露時間が長くなると定量濃度が上昇していることから、時間がたつにつれて銅に耐性がある菌が増殖したと考えられる。

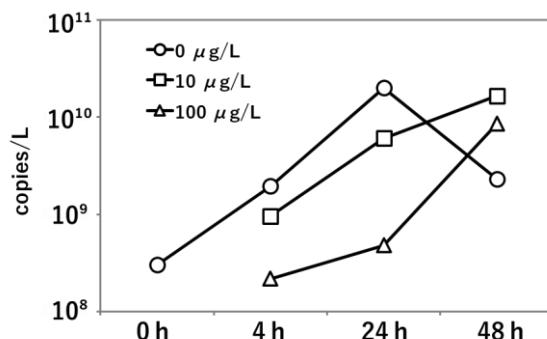


図 4. 銅添加量・暴露時間による定量濃度

引用文献

- 山本裕史 (2023) 生態影響評価の課題と今後の展望：複合影響評価を中心にして、環境科学 Vol. 33, Special Issue, pp. s50-s58
浦瀬太郎, 川野唯人, 佐藤美桜 (2022) 都市河川近郊の河川での大腸菌の各種薬剤への耐性率の変化事例, 水環境学会誌 Vol. 45, No. 2. Pp. 83-90

O-12

水素酸化脱窒装置内部での有機物合成経路： プラスチック分解細菌の探索

○片山浩惇, 亀井樹

山梨大学生命環境学部, 山梨大学国際流域環境研究センター

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（死菌由来を含む）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、水素酸化脱窒装置内部から単離培養された細菌を対象に、プラスチック分解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、MR-2 株を実験に利用した。これらの細菌を、濾過滅菌して調整した、脱窒処理実験に利用する模擬地下水（AG 培地）と PET 分解細菌の培養培地（PD 培地）³⁾ 波長 600nm の細菌光学密度（OD600）が 0.083 になるようにそれぞれ懸濁した。殺菌処理した PET 断片を炭素源として添加し、乾燥重量変化を調べ、分解の様子を評価した。AG 培地は、脱窒装置内部の処理環境を再現するため気相部を水素ガスで置換して嫌気環境とし、PD 培地は先行研究を参考に好気条件とした。培養は 30°C の暗所かつ 200rpm で振とう下で実施し、培地は 1 週間に 1 度交換した。

結果と考察

PD 培地では 4 週間の培養により MR-1 と MR-2 共に増加しており、細菌濃度はそれぞれ OD600 の値が 0.619 ± 0.139 、 0.564 ± 0.034 に達した。一方で、AG 培地では 0.095 ± 0.006 、 0.099 ± 0.001 と初期と比較して余り増加の傾向は見られなかった。PD 培地での増加は、好気条件のため PET や培地に含まれる酵母エキスを炭素源に利用し効率よく増加したと考えられる。また、嫌気条件の AG 培地でも細菌の微増が確認されたことから、この条件でも PET を含む炭素源を用いて増殖した可能性が示唆された。

次に細菌濃度が増加している好気条件について、4 週間培養時点の PET 断片の乾燥重量変化を調べた（図 1）。MR-1 および MR-2 ともに乾燥重量は減少傾向を示し、減少量は 0.48 ± 0.034 mg、 1.06 ± 0.71 mg だった。特に MR-2 は減少量が多く、PET 重量減少に何らかの影響を与えている可能性が推察された。引き続き PET 表面の形状や組成の変化などを調べ分解能力の評価を行う予定である。

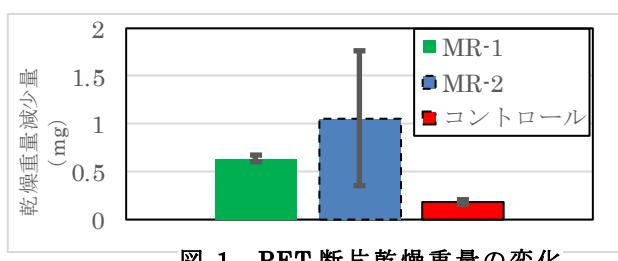


図 1 PET 断片乾燥重量の変化

引用文献

- Zeming, C et al, 2023, Microorganisms 2023, 11, 1661
- Kyohei Kuroda et al, 2022, Chemical Engineering Journal 450, 13791
- Shosuke Yoshida et al, 2020, Methods in Enzymology, Volume 648 188-2

謝辞：本研究は JSPS 科研費（JP24K03107）の一部支援を受けて行った。

O-13

スポンジを用いる簡易鉄除去装置の開発: スポンジ担体洗浄方法の確立

○平良 健人¹・亀井樹²¹山梨大学生命環境学部・²山梨大学国際流域環境研究センター

はじめに

能登半島地震の発災以降、災害時の緊急用生活用水源として地下水の利用が見直されている¹⁾。地下水に含まれる鉄は、金気臭や洗濯物の着色²⁾、浄水処理においては中空糸膜処理の目詰まりの原因となるため、鉄除去は極めて重要である。スポンジ鉄除去システムはスポンジを敷き詰めた樹脂製コンテナに地下水を流し、スポンジ表面の鉄酸化と析出した水酸化物の物理ろ過によって二価鉄の除去を行う³⁾。一般的な鉄除去に利用される砂ろ過処理に比べ軽く、機動性が高い点や、材料の入手性が良いことから、発災時の地下水からの鉄除去装置として有効であるが、定期的なスポンジの洗浄は技術的な課題である。そこで本研究はスポンジ鉄除去システムの能力維持に不可欠な、スポンジ洗浄方法の効率化につながる最適洗浄方法を確立することを目的とした。

方法

洗浄を要するスポンジの再現

スポンジはポリウレタン製、1 個が 37.5cm^3 ($5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 1.5\text{cm}$)、乾燥重量を 0.8g となるように裁断し、 1.78g/L の Fe、 2mm のふるいにかけて調整した乾燥土壤 50g/L を添加して作成した模擬地下水に浸漬した。溶液を均質に攪拌しながら、 $1/6$ 分（10 秒）、10 分、60 分、360 分と浸漬し、乾燥重量の変化をもとに最適な処理時間を調べた。

各種洗浄効果の評価

上記方法により再現した洗浄を要するスポンジから容易に除去できる固形物を払い、各種洗浄方法の効果を調べた。洗浄方法は、① 2.5mL/L の中性洗剤を含む溶液へのつけ置き洗い、②30 回のもみ洗い、③野菜水切り（60 秒間・60 回転）による水流洗い、として各種洗浄操作後のスポンジ乾燥重量の変化から洗浄効果を調べた。なお、各実験とも 3 回繰り返し行った。

結果と考察

浸漬時間を長くすることでスポンジ表面や内部に捕捉される土壤や蒸発残留物が増え、スポンジ上に固着する固形物量は増加した。先行研究では、今回使用したスポンジ体積 37.5cm^3 あたりに固着する鉄の量が 1.78g を超えると洗浄が必要とされている³⁾。本実験の乾燥重量の増加要因全てが鉄によるものではないが、乾燥重量変化が 1.78g を超えるには 10 分の浸漬で十分であり、この浸漬時間を、洗浄を要するスポンジの作成条件とした。

洗浄方法全てにおいて乾燥重量の変化が確認できた（図 1）。洗浄効果が高かったのはもみ洗いで、次いでつけ置き洗い、水流洗いの順であり、固形物の除去率はそれぞれ $79 \pm 4\%$ 、 $43 \pm 10\%$ 、 $29 \pm 5\%$ だった。もみ洗いでは内部の固形物までよく除去できたことが高い除去率の要因と考えられた。水流洗いではスポンジに浮力が働き、吸水やスポンジ同士の接触が抑制され、他の方法と比較して除去率が低くなったことが推察された。

引き続き、洗浄効果を検証し、スポンジ表面の様子を観察することで洗浄効果と要因を評価する。

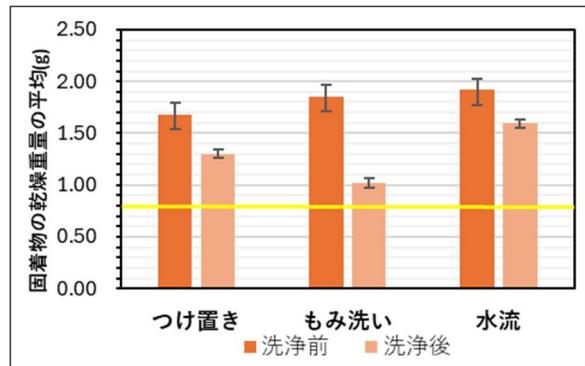


図 1 洗浄による乾燥重量の変化

引用文献

- 内閣官房水循環政策本部事務局, 2024, 令和 6 年能登半島地震の概要, 8
- WHO, 1996, 飲料水水質ガイドライン第 2 版, 227
- 山口浩平, 2016, 山梨大学大学院修士論文, スポンジ担体を用いた簡易的システムによる二価鉄除去

謝辞: 本研究は JST、RISTEX、JPMJRX21I7 の一部支援を受けて行った。

O-14

中部日本の地上および高所における 大気中の過酸化水素とホルムアルデヒドの動態(I)

○大納涼雅¹・山崎雄太¹・森智晴¹・渡辺幸一²

¹富山県立大学 B4 · ²富山県立大学工学部

1. はじめに

大気中の過酸化水素(H_2O_2)は、二酸化硫黄(SO_2)の重要な酸化剤であり、 SO_2 の液相酸化を促進させる役割を持っている。 H_2O_2 は主にオゾン(O_3)を介した光化学反応によって生成され、植生に対する O_3 との複合影響も懸念されている¹⁾。 H_2O_2 濃度は、紫外線量、水蒸気量、 O_3 濃度、窒素酸化物(NO_x)濃度等に大きく依存し、暖候期には高濃度、寒候期には低濃度となることが知られている。大気中のホルムアルデヒド(HCHO)は、 H_2O_2 との関わりが強い物質である。光解離することで H_2O_2 の生成を促進させる働きを持ち、また、 SO_2 の硫酸への液相酸化を抑制させる働きを持つ。HCHOの主な発生源は、工場等での生産過程や化石燃料の不完全燃焼による一次排出と、メタン(CH_4)等の炭化水素類の光化学酸化過程で O_3 の発生と共に生成される二次生成がある。

以上のように、 H_2O_2 と HCHO は互いに深く関連している物質であり、硫酸エアロゾルの生成能力の評価のためには両者を同時に測定することが重要である。しかしながら、東アジア域における上空大気中の H_2O_2 と HCHO の同時測定例は極めて少なく、Watanabe et al. (2021, 2024) の他にはほとんど行われていない。特に、越境汚染の影響が大きく、 O_3 濃度が極大となる初夏(5、6月)の上空観測は非常に少ない。

本研究では、富山県内での大気中における H_2O_2 および HCHO 等の大気汚染物質の動態を調べ、それらの鉛直プロファイルを作成するとともに、硫酸エアロゾルの生成能力の評価を行うことを目的とする。

2. 方法

大気観測は、地上および上空で行った。地上大気の観測は、立山の約 50 km 西側に位置する富山

県立大学（富山県射水市）の中央棟 7 階とした。また、上空大気の観測は R44 型ヘリコプターを用いて射水市上空で行い（2024 年 6 月 14 日実施）、計測高度を 4000 ft (1200 m) と 8000 ft (2400 m) とした。水平旋回飛行中に大気試料を捕集したのち、急下降し、富山県立大学の敷地内に超低空飛行でサンプルを投下した。

大気試料の捕集にはミストチャンバー法を用い、捕集量は 3.0 mL/min とした。ミストチャンバーには、テフロンフィルターを装着し、捕集液には超純水 7.0 mL を使用した。サンプリング時間は、地上では 30 分、上空では各 10 分とした。なお、地上および上空大気のサンプリングは晴天日の午後に行った。サンプリングした大気試料を、通常 10 分以内に高速液体クロマトグラフ(HPLC)・ポストカラム・酵素式蛍光法で測定した。また、HCHO 濃度を、HPLC・ポストカラム法で分析した。

3. 結果・考察

3.1 地上大気

図 1 に 2024 年 4 月から 11 月の富山県射水市における地上大気中の H_2O_2 および O_3 濃度の時系列を示す。

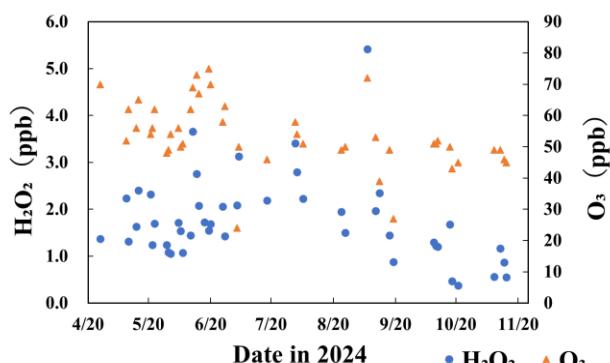


図 1 富山県射水市の地上大気中における H_2O_2 および O_3 濃度の時系列（2024 年 4 月～11 月）

H_2O_2 は 6 月中旬～9 月初めに高濃度となった。以前に測定された濃度との比較から、2024 年は全体的に H_2O_2 が高濃度であった。夏型の気圧配置が継続し、気温が高かったことが原因の一つと考えられる。 H_2O_2 が十分に存在していた 6 月中旬～9 月初めにかけて、硫酸エアロゾルの生成が促進されやすい条件であったと考えられる。

H_2O_2 の生成に寄与している O_3 濃度のピークは 6 月中旬であった。大陸からの移動性高気圧の影響を受け、越境汚染物質の輸送が活性化し、高濃度になったと考えられる。また、2024 年 9 月 6 日に、これまで (2012 年の測定開始以来) 最も高い H_2O_2 濃度 (5.4 ppb) が観測された。当日の O_3 濃度が 72 ppb と同時期にしては高かったことが要因の一つと考えられるが、詳しい検討が必要となる。なお、 H_2O_2 と O_3 の 2 ヶ月程度のピークのいずれは北陸地方特有のものであると考えられる。

図 2 に 2024 年 4 月から 11 月の富山県射水市における地上大気中の HCHO 濃度の時系列を示す。

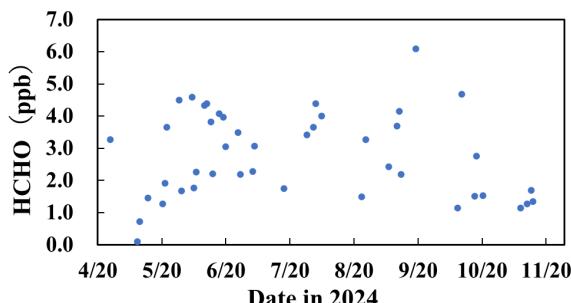


図 2 富山県射水市の地上大気中における HCHO 濃度の時系列 (2024 年 4 月～11 月)

HCHO 濃度は、気温の上昇に伴い、春季から夏季にかけて濃度が高くなつた。また、2020 年 (本学中央棟建設年) 以降減少傾向であったが、2024 年は前年と HCHO 濃度が同程度であった。

3.2 上空大気

図 3 に、富山県射水市上空におけるヘリコプター観測で得られた結果を鉛直プロファイルとして示す。地上付近で微小粒子個数濃度が高く、後方流跡線解析より、観測当日はアジア大陸からの大気が輸送されており、アジア大陸からの越境汚

染の影響が大きかつたと考えられる。また、地上付近と比べ、高度 1200 m で粒子個数濃度が大きく低下していた。通常、地上から高度 1200 m 程度までは粒子個数濃度が同程度となることが多いが、観測当日は安定層が比較的低高度に存在し、混合層の発達が抑えられていたと考えられる。

図 3 から、上空で H_2O_2 が十分に存在しており、 SO_2 より H_2O_2 の濃度が高く、硫酸エアロゾルの生成が促進されやすい条件であったと考えられる。なお、2023 年 6 月 25 日に実施した観測では微小粒子、粗大粒子共に個数濃度が低く、大気が清浄であった。今回の事例では、越境汚染の影響に加え、安定層の影響も観測された。

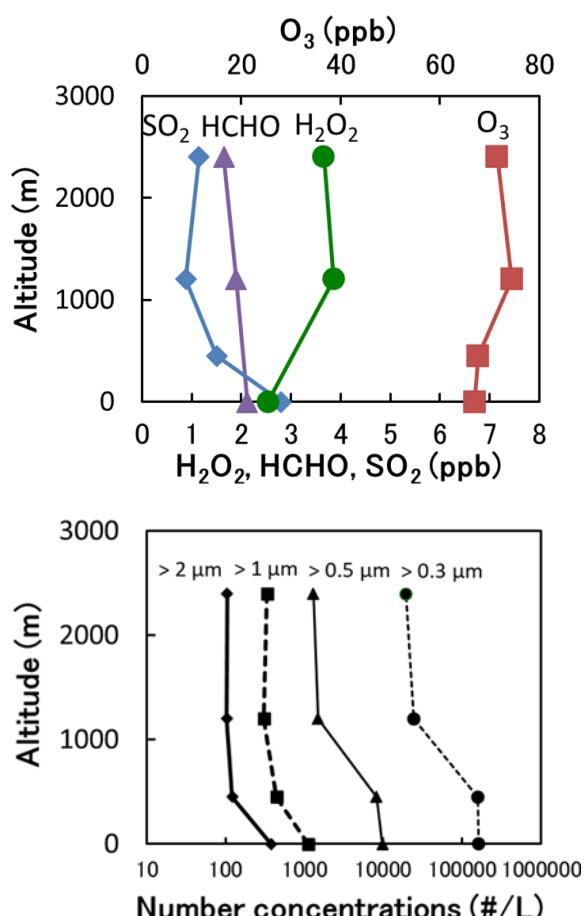


図 3 富山県射水市上空における微量気体成分 (H_2O_2 、 O_3 、 SO_2 、 HCHO) (上) と粒子個数濃度の鉛直プロファイル (下)

4. 参考文献

- 伊豆田猛 (2002) . 日本の農作物と樹木に対するオゾンと酸性降下物の影響に関する研究. 大気環境学会誌 37 卷 2 号 pp.81-95

O-15

中部日本の地上および高所における 大気中の過酸化水素とホルムアルデヒドの動態（II）

○山崎雄太¹・大納涼雅¹・森智晴¹・渡辺幸一²

¹富山県立大学 B4 · ²富山県立大学工学部

目的

近年においても日本では光化学オキシダントの発生が広まっており、依然として大気汚染が問題となっている。光化学オキシダントの関連物質である、過酸化水素 (H_2O_2) やホルムアルデヒド (HCHO) は、酸性雨や $\text{PM}_{2.5}$ の発生に大きく寄与している。大気中に含まれる H_2O_2 は、紫外線量やオゾン (O_3) 濃度などに大きく寄与し、大気中で O_3 を介した光化学反応などで生成される。また HCHO は、自動車の排ガスや工場等の生産過程による一次排出の他に、炭化水素類の光化学酸化過程により二次生成されている。

H_2O_2 は二酸化硫黄 (SO_2) の重要な酸化剤であり、大気中の H_2O_2 が高濃度の場合、液相酸化により、酸性雨や $\text{PM}_{2.5}$ の原因物質である硫酸塩粒子の生成を促進する。一方で H_2O_2 が低濃度の場合は、HCHO と SO_2 との液相反応により、ヒドロキシメタンスルホン酸 (HMSA) 塩粒子の生成が卓越する。そのため、大気環境を評価する方法の一種として、 H_2O_2 と HCHO の同時観測が重要となる。

中部日本の大気環境評価について、当研究室で過去に行われてきたヘリコプター観測 (Watanabe et al., 2016) の結果などから、暖候期の上空 (高度 2,400 m) での H_2O_2 濃度は通常 3~4 ppb 程度であることが明らかになりつつある。しかしながら、同高度域での HCHO 濃度は、観測日によってばらつきがみられている (Watanabe et al., 2021, 2024)。さらに、中部日本における高所での変化特性をより詳しく評価するために継続的な観測が必要だが、必ずしも事例が十分とは言えない。

本研究は、富山県射水市地上における H_2O_2 および HCHO 濃度の同時測定を行い、エアロゾルの生成能力を評価する。また、ヘリコプター観測および中部日本山岳域における乗鞍岳において、ア

ルデヒド類の濃度測定を実施し、動態分析を行う。

観測方法

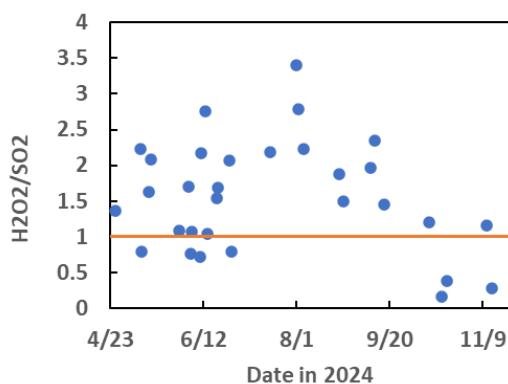
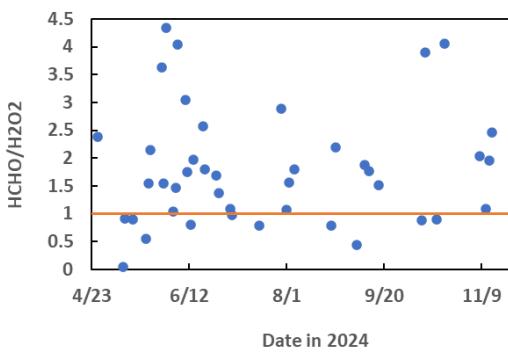
大気試料の捕集方法は、 H_2O_2 と HCHO を捕集するためにミストチャンバー法を、アルデヒド類 (HCHO、 CH_3CHO) を捕集するために DNPH サンプリング法を使用した。ミストチャンバー法では、大気中の不純物を除去するテフロンフィルターを装着し、捕集液に超純水 7.0 mL を使用し、流量 3.0 L/min で捕集した。観測は H_2O_2 と HCHO の同時測定を目的とし、富山県立大学 (富山県射水市) 内および R44 型ヘリコプターを利用して射水市上空で実施した。捕集した試料の分析は、高速液体クロマトグラフ

(HPLC)・ポストカラム法で行った。また、大気中のアルデヒド類の捕集を、ヘリコプター観測と同程度の高度帯で比較するために、岐阜県に位置する東京大学宇宙線研究附属乗鞍観測所 (標高 2,770 m) において、2024 年 8 月 8 日～11 日と 2024 年 8 月 19 日～22 日の期間に 4 時間毎に行った。捕集方法は、上流部にオゾンスクラバーを接続したチューブに DNPH カートリッジ (2 連) を下流部に繋げ、流量 0.5 L min^{-1} に設定したミニポンプを用いて 1 時間吸引捕集した。分析方法は、アルデヒド類を捕集した DNPH カートリッジを富山県立大学に持ち帰り、アセトニトリル 5 ml でシリジンを用いて 5 分間抽出した後、HPLC 法で測定した。

研究結果と考察

最初に富山県地上 (射水市) でのエアロゾルの生成能力を評価する。分析結果から得られた H_2O_2 濃度と、富山県の大気環境情報から得られる小杉太閤山局の SO_2 濃度データを用いた濃度比の時系列を図 1 に示す。ここで硫酸エアロゾ

ルは、濃度比が $H_2O_2/SO_2 \geq 1$ になると生成が促進すると考えられる。SO₂濃度は、2024年4月末～11月上旬にかけてのほぼ一定であったが、6月中旬～9月上旬にかけて H_2O_2 濃度が比較的高濃度となり、 $H_2O_2/SO_2 \geq 1$ となる日が多くみられた。夏季には硫酸エアロゾルの生成が促進されやすい条件であったと考えられる。一方、4月末～6月上旬、10月以降では濃度比が $H_2O_2/SO_2 < 1$ となる事例がみられたため、HCHO の存在が重要と考えられる。HCHO 濃度と H_2O_2 濃度の濃度比の時系列を図 2 に示す。4月末～6月上旬、10月以降は H_2O_2 濃度が比較的低濃度であり、 $HCHO > H_2O_2$ となる日が多くみられた。夏季と比較して、硫酸エアロゾルの生成が抑制され、HMSA 塩粒子の生成が卓越していた可能性も考えられる。

図 1. 4月末～11月上旬の H_2O_2/SO_2 濃度比

O-16

諏訪湖岸の小面積ヨシ群落におけるオオヨシキリの繁殖成績と影響要因

○藤原彩夏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

オオヨシキリ（図 1）は、夏鳥として渡来しヨシ群落で繁殖する。一般に面積の大きなヨシ群落で生息密度は高く、 $5,000 \text{ m}^2$ 以下の小さな群落では密度や繁殖成功率が低い（藤波 1983, 永田ら 1999）とされるが、後者の研究例は少なく、小規模なヨシ群落における本種の繁殖状況や成績は明らかでない。長野県中南部に位置する諏訪湖の湖岸には $5,000 \text{ m}^2$ 以下のヨシ群落が散在し、本種の繁殖が確認されている（井川 2021 卒業論文）。諏訪湖のヨシ群落は、1970 年代の水辺開発により分断・小規模化したとされるが（倉沢ら 1979）、湖岸沿いの開発や整備は現在も継続しており、今後さらなる面積の減少も懸念される。現在のオオヨシキリの繁殖状況や成績、またそれらに影響しうる要因の解明は、本種の繁殖からみた小面積ヨシ群落の質を明らかにし、開発や整備が進む諏訪湖での、本種の繁殖・渡来数の維持に貢献しうる環境要素への理解を深めることを可能にする。本研究では、諏訪湖で繁殖するオオヨシキリの分布や繁殖成功を調査し、それらに影響する要因を、営巣環境から明らかにすることを目的とした。



(図 1. 諏訪湖岸で繁殖するオオヨシキリ)

方法

調査は 2024 年 6 月中旬から 8 月上旬に、諏訪湖岸に散在する計 27 のヨシ群落（平均面積

$\pm \text{SD } 566.8 \pm 970.2 \text{ m}^2$ ）を対象に行った。ヨシ群落を踏査し、発見巣では、約 3~7 日おきの見回りにより、一腹卵数、雛数、日齢など、繁殖経過を記録した。営巣場所の環境調査で得た環境変数（後述）を用いて、群落ごとの特徴と巣の密度、および巣ごとの微小環境と繁殖成功（1 羽以上の雛が巣立った）の有無の関係性を、一般化線形モデルを用いて分析した。前者の解析では、目的変数を巣数とし、説明変数を、ヨシが優占する群落か否か、群落端一歩道の距離、植物群落地上部の優占環境（乾燥/湿地/水中）、群落植生の平均地上高とし、予備解析で群落面積が巣数に有意な正の効果を示したことから、これをオフセット項とした。リンク関数はポアソン分布とした。後者の解析では、繁殖成功の有無を目的変数とし、説明変数をヨシ群落面積、巣一歩道の距離、植物群落地上部の環境（乾燥/湿地/水中）、支柱植物がヨシか否か、支柱本数、支柱植物の平均茎直径、巣の縁高、推定初卵日、巣の深さ、同群落のつがい数、隣接巣との距離とし、リンク関数を二項分布とした。モデルの当てはまりの良さは、AIC により判断した。解析はすべてフリーソフトウェアの R. ver. 4.3.0 で行った。

結果

約 2 か月間の調査から、27 群落のうち 19 群落で、オオヨシキリの巣を合計 88 巣発見した。産卵があったと推定された 71 の巣において、繁殖成功率は 46.5 % で、捕食による繁殖失敗巣の割合は 42.3 %、ヨシの倒壊・刈り取り・放棄による失敗巣の割合は 11.3 % であった。一腹卵数は 4.39 ± 0.86 卵（平均 $\pm \text{SD}$, $n=33$ ）で、繁殖成功巣 1 巣あたりの巣立ち雛数は 3.76 ± 1.20 羽（平均 $\pm \text{SD}$, $n=25$ ）であった。一般化線形モデルによる解析から、群落の巣密度には、ヨシが優占する群落であること、群落が湿地環境にあ

ることが有意に正の効果を示し、巣ごとの繁殖成功には、初卵日が早いことが、ベストモデルで有意な正の効果を示した。また、 $\Delta AIC \leq 2$ の当てはまりがいいと判断した 17 のモデルのうち、11 のモデルで巣から歩道までが離れていることが繁殖成功に有意な正の効果を示した。一方で、この分析では、群落面積は有意な正の効果を示さなかった。

考察

本研究において、発見された巣数はヨシ群落の面積と関係していた一方、群落における巣密度は、ヨシが優占する群落や湿地帯に存在する群落で高い傾向がみられた。これは、先行研究などで示されているオオヨシキリに好まれるヨシ群落の特徴と一致しており（藤波 1983, 浦野ら 1993）、諏訪湖のヨシ群落が小面積であっても、本種が渡来・繁殖する背景の 1 つと考えられる。しかし、調査地における平均の一腹卵数は、千曲川の 4.5 卵（羽田・寺西 1968）、菅平湿原の 4.3 卵（香川 1989）、蒲生の 4.4 卵（Saitou 1976）と類似したものの、繁殖成功率は、蒲生の 86.7 %（Saitou 1976）、霞ヶ浦の小面積群落の 38.5 %（永田ら 1999）や大面積群落の 60.3 % と比較しても相対的に低かった。繁殖失敗の主要因である捕食率は、蒲生の 3.5 %（Saitou 1976）、霞ヶ浦の 27.3 %（永田ら 1999）に比べても高かった。巣ごとの繁殖成功に初卵日が影響したことは、一般的な鳥類の生態に一致しており（Smith & Moore 2005）、巣一步道の距離が影響したことは、高い捕食率の要因として、人間の歩道が捕食者の通り道にもなり、小面積ヨシ群落内の本種の巣への接近を容易にしている可能性を示唆している。今後、諏訪湖においてオオヨシキリの繁殖成功率を高め、渡来数を維持するためには、繁殖成功や捕食率の年変動の把握や、捕食者の接近が難しい水辺のヨシ群落面積の拡大などを検討する必要があるだろう。

引用文献

- 藤波不二雄（1983）ヨシ原の面積とオオヨシキリの喰り雄の個体数との関係. *Strix*, 2:41-46.
- 羽田健三・寺西けさい（1968）オオヨシキリの生活史に関する研究：I 繁殖生活. 日本生態学会誌, 18(3):100-109.
- 井川洋（2021）長野県諏訪湖湖岸のヨシ原における繁殖期出現鳥類に影響する環境要因の検討. 信州大学理学部理学科卒業論文.
- 香川敏明（1989）同所性オオヨシキリとコヨシキリの種間関係. 日本生態学会誌, 37(3):129-144.
- 倉沢秀夫・沖野外埠夫・林秀剛（1979）諏訪湖修水域形態系研究.
- 永田尚志・吉田保志子・アンドレ・ディルツ（1999）霞ヶ浦におけるオオヨシキリの個体群構造. 関西自然保護機構会報, 21(2):167-177.
- Saitou T (1976) Breeding biology of the Eastern Great Reed Warbler, *Acercephaalus arundinaceus orientalis*. Journal of the Yamashina Institute for Ornithology, 8(2):135-156.
- Smith RJ, Moore FR (2005) Arrival timing and seasonal reproductive performance in a long-distance migratory landbird. Behavioral Ecology and Sociobiology, 157:231-239.
- 浦野栄一郎・山岸哲・布谷知夫（1993）淀川水系河川敷におけるヨシ原の形状・植生とオオヨシキリの生息状況との関係. 関西自然保護機構会報, 15(1):47-61.

O-17

諏訪湖底質のマイクロプラスチック汚染の実態

○森田瑛斗¹・塙川岳大²・宮原裕一³・中山隆⁴・清水健志⁴¹信州大学理学部 B4・²信州大学大学院 M2・³信州大学理学部・⁴長野県諏訪湖環境研究センター

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と定義されている (Arthur et al., 2009)。MPs は、環境中へ放出されたプラスチックが、紫外線等による化学的劣化や物理的作用により微細化することで発生し、最終的には海底・湖底に沈降するとされている。そのため、底質中の MPs 量を把握することが重要である。

諏訪湖では吉田 (2023), 塙川 (2023) により湖水中の MPs に関する調査が行われたが、諏訪湖における MPs の沈降実態は明らかではない。そこで本研究は諏訪湖底質の MPs の分布とその分布に影響を与える要因の解明を目的として底質の調査を行った。

方法

諏訪湖底質における MPs の分布を明らかにするために、2024 年 6 月、7 月に諏訪湖の計 13 地点で底質の採取と水深の測定を行った。底質はエクマンバージ採泥器 3 投分をよく混合したものを持ち帰った。MPs 数測定用の底質は湿重量を測定し、目開き 335μm のサーバーネットでふるい、残ったものを過酸化水素で有機物を分解し、目視により MPs を拾い出し、繊維状と繊維状以外（破片状）に選別した。拾い出した MPs はフーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) によってプラスチックの種同定を行った。また、各採取地点の底質の含水率から、MPs 数は乾燥重量 1 kgあたりの MPs 数として比較を行った。さらに、目開き 2mm, 63μm のステンレスふるいを用いて底質をふるい、泥 (<63μm), 砂 (63μm-2mm), 磯 (>2mm) の重量比を求めた。

結果

諏訪湖底質から 2-408 個/kg-dry の MPs が検出

された。そのうち破片状 MPs が 43%, 繊維状 MPs が 57% であった。MPs 数は、水草が繁茂している地点で多く、水深が 1m 程度の浅い地点では MPs 数が少なかった。

破片状 MPs 153 個の内訳は、ポリエチレン 106 個、ポリプロピレン (PP) 20 個、ポリ塩化ビニル (PVC) 13 個、ウレタン 7 個、ポリエステル 4 個、アクリル 2 個、ポリアミド 1 個であった。繊維状 MPs 205 個の内訳は、アクリル 89 個、ポリエステル 64 個、PP 46 個、PVC 5 個、PE 2 個であった。

考察

諏訪湖底質中の MPs は、繊維状が 57% と繊維状 MPs が多く検出されたが、諏訪湖の表層水を対象とした調査 (塙川、未公表) では破片状 MPs が 81%，繊維状 MPs が 19% と破片状 MPs が多く検出された。このことから、繊維状 MPs は破片状 MPs に比べて沈降しやすいと考えられる。

水草が繁茂している地点で MPs 数が多かったのは、植物体の存在によって湖水の流れが穏やかになり、MPs が沈降しやすい環境になるためと考えられる。一方で、水深が浅い地点では底質の巻き上がりが起こりやすく、MPs も同様に巻き上がりの影響を受けたため MPs 数が少なかった可能性がある。このことは水深が 1m 程度の浅い地点の底質が泥質ではなく砂質であることからも支持される。

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.

O-18

中部山岳域における霧水および積雪中の化学成分

○森 智晴¹・大納涼雅¹・山崎雄太¹・渡辺幸一²¹富山県立大学 B4・²富山県立大学工学部

はじめに

立山や乗鞍岳などの中部山岳域は、東アジアでのバックグラウンド大気環境評価に有効である。近年、国内での火山活動が活発化しており、人為由来汚染物質だけでなく、火山ガスによる霧水や雲水、積雪への影響も懸念されている。実際、立山ではアジア大陸からの越境汚染物質による酸性霧の発生¹⁾や、火山ガス由来の成分による積雪への影響²⁾が確認されていた。また、乗鞍岳では強い酸性霧が観測されていた³⁾。

大気環境の変遷による中部山岳域の自然環境への影響は大きいと考えられる⁴⁾。また、火山活動による影響についての測定事例は少ないため霧水や積雪の観測の継続が必要となる。

本研究では、乗鞍岳や立山・室堂平の霧水および積雪中の化学成分を測定し、中部山岳域での大気環境について考察する。また、ヘリコプター観測で得られた情報をもとに、高所の雲水化学の評価を行う。

方法

東京大学宇宙線研究所附属乗鞍観測所（標高 2770 m）において、2024 年 8 月 8～11 日および 8 月 19～22 日に集中観測を行った。アクティブサンプラーで霧水を採取し、直ちに酵素式 4-アミノアンチピリン吸光光度法で過酸化水素濃度を測定した。また、二酸化硫黄およびオゾン濃度を、それぞれ紫外線蛍光法、紫外線吸光法で計測した。立山・室堂平（標高 2450 m）では、8 月にパッシブサンプラーを設置し、霧水の採取を行った。

また、融雪期の立山・室堂周辺部および乗鞍岳などの山岳域において表層雪のサンプリングを行い、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。融解後、ろ過・未ろ過試料に分け、ろ過したフィルターについては SEM-EDX 解析を行った。霧水および積雪試料中の主要イオン成分濃度を、イオンクロマトグラフ法で測定した。

結果・考察

2024 年 8 月の乗鞍岳山頂付近（標高 2770 m）における霧水中の化学成分濃度を図 1 に示す。

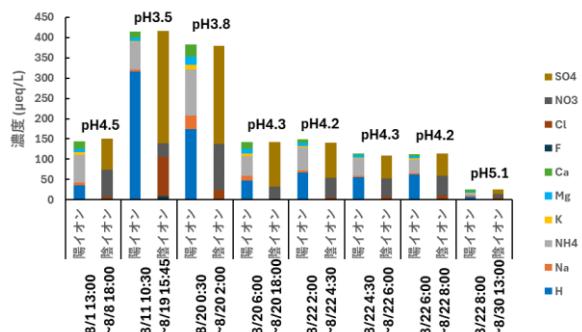


図 1. 2024 年 8 月の乗鞍岳山頂付近における霧水中の化学成分濃度

8 月 11～19 日および 8 月 20 日（0:30～2:00）に採取した霧水のイオン成分濃度が高く（pH も低く）、強い酸性霧であった。8 月 11～19 日の霧水試料中のイオン濃度が高かった要因として、火山ガスの影響を大きく受けていたものと考えられる。霧水中の Cl⁻や SO₄²⁻が高く（Na⁺濃度は低かった）、火山起源の HCl や硫酸エアロゾルに由来すると考えられる。F⁻も検出されており、火山ガスに含まれる HF によるものと考えられる。なお、8 月 16 日頃には高濃度の二酸化硫黄が観測されていた（図 2）。8 月 20 日（0:30～2:00）に採取した霧水中的 Na⁺と Cl⁻濃度は同程度であるため、両者は主に海塩起源であり、検出された SO₄²⁻や NO₃⁻濃度は比較的低かった。

は人為由来と考えられる。

2024 年 8 月の乗鞍岳における霧水中の過酸化水素濃度は 40 μM 程度であり、2022 年 8 月の濃度（約 100 μM ）よりも低かった。ここで、雲水量を 0.3 g/m^3 と仮定し、測定された霧水中の過酸化水素濃度から霧発生前の大気中の過酸化水素濃度を逆算すると 0.9 ppb となる。さらに、二酸化硫黄の液相酸化での消費を考慮すると 1.4~2.4 ppb となる。この結果は、暖候期に実施したヘリコプター観測での上空大気中の濃度が約 3 ppb であったことと概ね一致する。

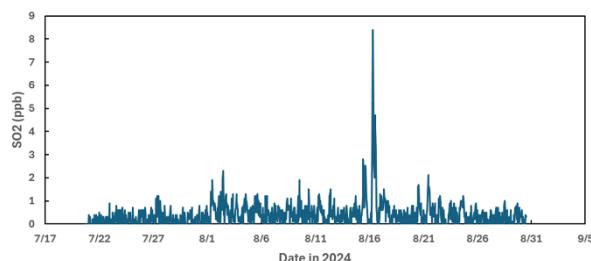


図 2. 2024 年夏季の乗鞍岳山頂付近における二酸化硫黄濃度の時系列

図 2 に 2024 年夏季の乗鞍岳山頂付近における二酸化硫黄の時系列を示す。8 月 16 日の二酸化硫黄濃度は非常に高く、過酸化水素濃度より高かったと考えられる。実際、この期間に採取された霧水中の過酸化水素濃度は検出限界以下であった。そのため、過剰の二酸化硫黄の一部はホルムアルデヒドと反応してヒ

ドロキシメタンスルホン酸が生成されていた可能性が考えられる。

図 3 に、融雪期の山岳域における表層雪試料の冷蔵保存中の硫酸イオン濃度変化を示す。室堂周辺で採取した試料では、未ろ過で冷蔵保存中に硫酸イオン濃度が大きく増加し、pH も低下した。融雪期に濃縮した非水溶性の硫黄が（硫黄酸化細菌の働きにより）硫酸へと酸化されたためと考えられる。室堂周辺の試料をろ過したフィルターを SEM-EDX 解析した結果、硫黄成分が有意にみとめられた。特に、室堂東部の試料において、付近に存在する地獄谷由来の硫黄成分の影響を大きく受けているものと考えられる。

引用文献

- 青木一真・渡辺幸一, 2009 : 立山連峰における大気エアロゾル観測, エアロゾル研究, 24, 112-116.
- 渡辺幸一・平井泰貴・中川佳祐・小川厚次・上原佳敏・朴木英治・島田亘・青木一真・川田邦夫, 2016 : 弥陀ヶ原火山の噴気活動による立山・室堂平の積雪化学への影響について, 雪氷, 78, 307-315.
- 渡辺幸一, 2005 : 山岳域における霧水中の化学成分にみられた夏期のバックグラウンド黄砂の影響, 天気, 52, 533-537.
- 松岡憲知、鈴木啓助、大塚俊之、上野健一、公文富士夫、須貝俊彦、鹿園直建、2013 : 中部山岳地域の自然環境変動、地学雑誌、122、547-552

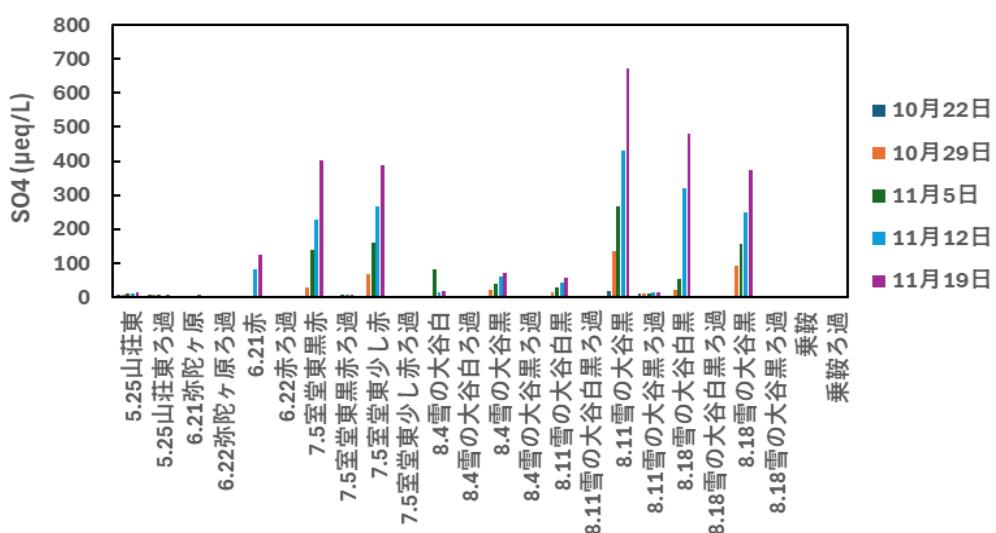


図 3. 融雪期の山岳域における表層雪試料の硫酸イオン濃度の変化

O-19

土壤からの大気への水銀放出量の日変動とその変動要因の検討

○赤井貴征¹・内田智也¹・中澤 厲¹・菱田尚子²¹富山県立大学工学部・²日本インスツルメンツ社

1. はじめに

水銀はヒトに対する強い毒性を持つ^[1]。

水銀の大気への主な放出要因としては、人為的要因と自然的要因が挙げられる。自然的要因には、火山活動や地熱地帯の噴気、海洋、土壤、森林からの揮発・再放出等が挙げられる^{[2]、[3]}。その中でも水銀の大気への再放出は全放出量の約 60%を占める^[4]。加えて、近年の気候変動による温度上昇や永久凍土の融解に伴う水銀再放出の活発化および水銀サイクルへの影響の可能性が報告されている^[5]。よって、土壤からの水銀放出量とその変動要因を明らかにすることは重要である。しかし、日本の土壤における水銀放出量の研究例はまだ少なく、変動要因との関係性も明らかでない^[2]。

そこで、本研究は日本の富山県内の土壤を対象とした水銀放出量の日変動を観測し、気象要因との関係性および年間変動の検討を目的とした。

2. 調査地および方法

〈調査地および期間〉 調査地は、富山県射水市の富山県立大学構内にあるメタセコイア並木間の土壤とした。調査期間は 2024 年 5 月から 12 月まで、原則 1 回とした。

〈方法〉 土壤からの水銀放出量をチャンバー(直径 17.1cm, 高さ 8.9cm)と携帯型水銀測定装置(日本インスツルメンツ社製:EMP-3 Gold+)を接続して観測した。加えて、ソーダ石灰(あらかじめ 250°C で 4 時間以上加熱)に通気して水分を除去した。大気中水銀濃度を同時に観測するためにもう一台の EMP-3 Gold+ を用意した。インレットの高さを約 1.5m とした。水銀放出量と気象要因との関係性を検討するために温度・湿度計(T&D 社製:おんどとり (TR-72wt, TR42A))を用いてチャンバー内外の温湿度・地温(地層 5cm の位置)を 10 分おきに観測した。加えて、ポータブル水分計(東北電子産業社製:TRIME-Como)を用いて 1 時間おきに土壤水

分量を観測した。10 月以降の観測では、日射計(日本環境計測株式会社製: MIJ-14RAD Type 2/K2)と電圧ロガー(日置電機株式会社製: LR5041)を用いて 5 秒おきに日射量を観測した。

観測した水銀濃度から (1) 式を用いて水銀放出量を算出した。^[6]

$$F = \frac{C_{Hg} - C_0}{A} \times Q \quad \dots(1)$$

F: ガス状水銀フラックス(水銀放出量)
(ng/m²/h)、C_{Hg}: ガス状水銀濃度(ng/m³)、C₀: ブランク値(今回は 0.193)(ng/m³)、A: 土壌表面積(m²)、Q: 空気の流量(m³/h)とした。

3. 結果と考察

〈大気中水銀濃度〉 観測結果を表 1 に示した。観測したすべての日において平均値が 1.2-1.7 の範囲内であった。北半球の非汚染地域と同様の値であった。

表 1 富山県内で観測された大気中水銀濃度(ng/m³)

観測日時	富山県立大学構内			富山県(2023)※	
	平均値 (ng/m ³)	最小値 (ng/m ³)	最大値 (ng/m ³)	SD	平均値 (ng/m ³)
5/15(n=19)	1.69	1.45	2.17	0.18	1.4
6/6(n=20)	1.51	1.22	2.05	0.23	1.7
6/20(n=13)	1.69	1.48	2.24	0.22	1.7
7/18(n=30)	1.28	0.95	1.70	0.17	1.6
8/14(n=27)	1.45	1.26	1.79	0.16	2.4
10/18(n=23)	1.62	0.72	2.08	0.40	1.5
11/9(n=23)	1.27	0.88	1.69	0.26	1.6

※富山県の観測データは、富山県芝園にて 1 か月に 1 回観測された結果である^[7]

〈水銀放出量と気象要因の関係〉

今回は、7 月と 10 月の結果のみを述べる。水銀放出量は 7 月と 10 月でそれぞれ、6.70 ± 3.83 (1.47-14.5) ng/m²/h (n=32)、2.40 ± 0.89 (1.07-4.46) ng/m²/h (n=23) で、両日とも日中に高く、日が出ていない時間に低かった(図 1)。

(1) 土壌水分量との関係

土壌水分量は 7 月と 10 月でそれぞれ、29.9 ± 1.9 (26.9-33.5) (n=17)、30.7 ± 0.68 (29.8-31.6) % (n=13) で変化しなかった。加えて相関はみられなかった(7 月: r=0.18, p>0.05, 10

月: $r=-0.41$, $p>0.05$)。これまで水銀放出量は土壤水分量の増加に伴い大きくなること^[2]が報告されているが今回、関係はみられなかった。

(2) 地温との関係

地温は 7 月と 10 月でそれぞれ、 30.5 ± 3.6 ($24.9-37.0$) ($n=98$) 、 21.4 ± 1.52 ($18.8-23.1$) °C ($n=74$) であり、値に大きな変化はなかった。7 月は夜間に低く、日中に高い一山の変動を示したが 10 月は大きな変動はなかった。両月とも地温と有意な相関はみられなかった (7 月: $r=0.39$, $p<0.05$, 10 月: $r=0.24$, $p>0.05$)。今回の結果から地温と水銀放出量との関係はみられなかった。

(3) 湿度との関係

チャンバー内湿度は 7 月と 10 月でそれぞれ 80.2 ± 16 ($43.0-100$) ($n=98$) 、 95.1 ± 3.60 ($89.0-100$) % ($n=94$) であった。湿度は 59.7 ± 14 ($40.0-88.0$) ($n=90$) 、 72.7 ± 15.0 ($89.0-100$) % ($n=74$) であった。7 月はチャンバー内の湿度・湿度とともに日の出でない時間に高く、日中に低い値を示した。両月においてチャンバー内湿度・湿度と相関はみられなかった (チャンバー内湿度 7 月: $r=-0.78$, $p>0.05$, 10 月: $r=-0.20$, $p>0.05$)、(湿度 7 月: $r=-0.41$, $p>0.05$, 10 月: $r=-0.44$, $p>0.05$)。湿度は温度変化に伴って変化するため水銀放出量には関係していないと考えられる。

(4) 温度との関係

チャンバー内温度は、7 月と 10 月にそれぞれ、 37.7 ± 10.0 ($23.4-60.7$) ($n=98$) 、 22.8 ± 3.34 ($16.1-27.4$) °C ($n=74$) であった。気温は 31.1 ± 10.0 ($23.8-36.4$) ($n=97$) 、 22.8 ± 2.92 ($16.3-31.9$) °C ($n=74$) であった。特に 7 月のチャンバー内温度は、日中に高く、日の出でない時間に低い変動を示した。10 月はチャンバー内温度・気温ともに変化が小さかった。7 月は、チャンバー内の温度と水銀放出量の変動がよく一致していた (図 1)。加えて両月は温度と有意な相関がみられた (チャンバー内温度 7 月: $r=0.75$, $p<0.01$, 10 月: 0.47 , $p<0.05$)、(気温 7 月:

$r=0.49$, $p<0.01$, 10 月: $r=0.44$, $p<0.05$)。特に夏季はチャンバー内の温度変化に伴って変動すると考えられる。土壤からの水銀放出量は温度が高くなるに伴い上昇するという報告と同様の結果であった^{[2], [6]}。

(5) 日射量との関係

10 月の日射量は、 188 ± 139 ($0-856$) mV ($n=8821$) であった。また、日射量と水銀放出量は同様の変動を示し (図 1)、統計的に有意な相関がみられた ($r=0.89$, $p<0.01$)。既存研究から水銀放出量は日射量が増加するに伴い増加すると報告されており、本研究でも同じ結果が得られた^{[2], [6]}。

本実験から、日本の土壤からの大気への水銀放出量の変動には、チャンバー内温度と日射量が関係していると考えられる。

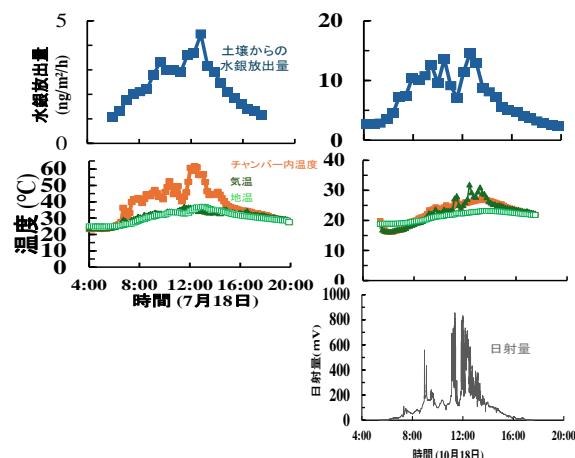


図1 土壤からの水銀放出量と気象要因の日変動

4. 参考文献

- [1] 丸本幸治・武内章記・多田雄哉 (2023) 地球化学 57:151-165
- [2] 丸本幸治・坂田昌弘 (2005) 地球化学 39:183-196
- [3] 武内章記・丸本幸治 (2021) 廃棄物資源循環学会誌 32(5):369-375
- [4] UNEP (2018) Global Mercury Assessment. <https://www.unep.org/resources/publication/global-mercury-assessment-2018>
- 閲覧日 2024 年 11 月 1 日
- [5] 橋爪真弘 (2021) 気候変動の健康影響とotoxicology. 学術の動向: 60-63. 日本学術協力財団. 東京
- [6] M Kondo, A Korre, T Komai and N Watanabe (2024) Journal of Environmental Management 352
- [7] 富山県 (2024) 大気汚染の現況/身近な公害の現況 (騒音・振動・悪臭) (令和 5 年度版 (令和 4 年度の実績)) <https://www.pref.toyama.jp/1706/kurashi/kankyoushizen/kankyou/taikigenkyou/r5.html>
- 閲覧日 2024 年 11 月 1 日

O-20

流域治水に向けた流域内水収支の見える化

中尾朔也¹ 呉修一²¹ 富山県立大学 B4 ²富山県立大学工学部

はじめに

近年、地球温暖化の影響による水災害の激甚化・頻発化が問題となっている。このように増大する水災害に対応するために、河川管理者や技術者、研究者などの専門家が治水対策をより一層加速させるとともに、流域の集水域から氾濫域に住む住民などのあらゆる関係者が協働して水災害対策を行う流域治水が全国で推進されている。流域治水では、流域全体の水収支を見る化することが、地域住民でもわかりやすいデータを示すことができるとともに、流域に適した治水対策を考えうえで有効であるとされている（土木学会, 2024）。福岡（2022）は、各河道の貯留量の時間分布を求め、これを流域全体で行うことによって河道の水収支の時・空間分布を求めた。しかし、水収支の時・空間分布をどのように活用し、適応策の検討・評価に展開するかが課題である。

本研究では、水収支のうち表面流・中間流・地下水流に分類した、より詳細な水収支の把握を目指す。これにより、各サブ流域の持つ貯留量・水収支の時空間分布を見える化し、貯留に適した空間を見出す。そして、水収支分布を活用した流域治水対策の検討に展開していく。

方法

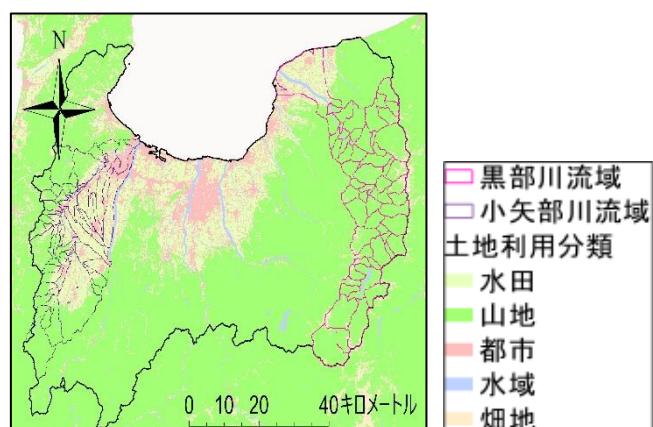
(1) 対象流域

富山県内を流れる小矢部川・黒部川の2河川を対象とした。流域面積は小矢部川が 667 km²、黒部川が 668 km²である。対象河川は急勾配であり、豪雨時には急激に水量が増加する。対象流域および、流域の土地利用割合を表-1、図-1 に示す。小矢部川流域では水田割合が 33%、黒部川流域では山地割合が 80%と

なっているのが特徴である。

表-1 対象流域の土地利用割合

対象流域	山地(%)	都市(%)	水域(%)	水田(%)	畠地(%)
小矢部川	45.8	14.7	2.2	33.5	3.8
黒部川	80.2	2.4	6.8	2.6	7.9



(2) 降雨流出解析

a) 降雨流出モデルの概要

本研究では、降雨流出モデルに吳ら（2005）の土壤・地形特性に基づく降雨流出計算手法に都市部と地下水流を考慮したものを利用した。また、流域を集水域ごとに詳細に分割したサブ流域を設定した。

b) 流域内水収支の見える化

降雨流出解析を行い、各サブ流域で表面流・中間流・地下水流の各層における流出量の時間分布を算出し、流域全体の水収支の時・空間分布の算定および、見える化した。

(3) 各適応策の検討

見える化した流域の水収支分布図を活用し、各地域での適切な流域治水オプションの検討・評価を行った。

結果

降雨流出モデルを用いた降雨流出計算結果を基に、サブ流域の各層における流出量の評価を行った。結果として、小矢部川において、表面流の割合が高く、総流出量が総降雨量の約 70% であったため、土地の貯留能力が低いことが確認できた（図-1、図-2）。

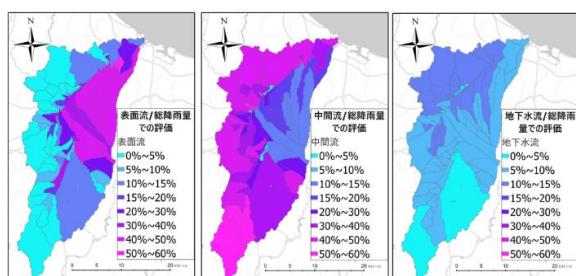


図-2 小矢部川での流出量の空間分布

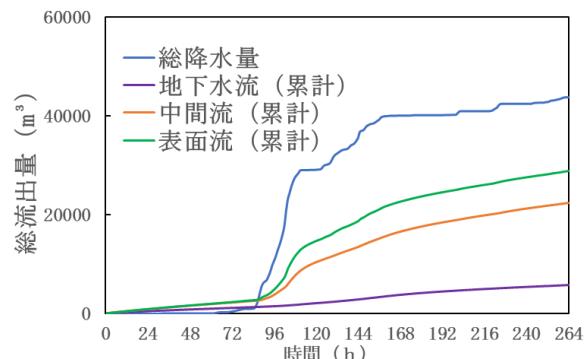


図-3 小矢部川での総流出量の時間変化

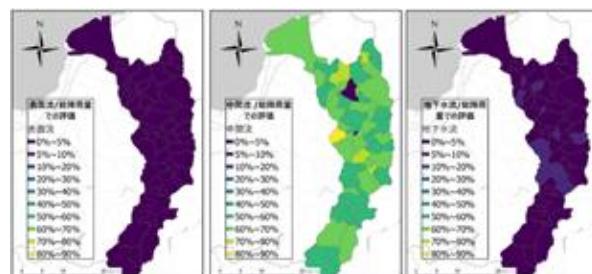


図-4 黒部川での流出量の空間分布

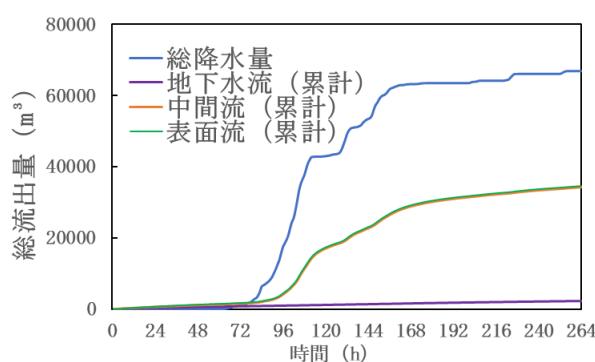


図-5 黒部川での総流出量の時間変化

黒部川では、流出のほとんどが中間流にであり、総流出量は全降雨量の約 50% であったため、土地の貯留能力が高いことが明らかとなった（図-3、図-4）。

考察とまとめ

本研究では、富山県一級河川の小矢部川と黒部川を対象に、流域内の水収支の見える化および、水収支分布をどのように活用し、治水対策の検討・評価に展開していくかを模索した。小矢部川では表面流による直接流出が多いいため、集水域での対策が有効であると考えられる。具体的な治水対策として、水田利用割合が 33%、都市利用割合が 14% であるため、田んぼダムや校庭貯留、雨庭が適しているだろう。黒部川流域は、山地利用が 80% を占めるため、大半が中間流で流出した。総降雨量の約 50% を貯留していたため、この貯留機能を保つために森林保全が有効であると考えられる。さらに対策が必要な場合は、霞堤や利水ダムの活用など河道内での対策が必要になるだろう。今後、より有用な流域の水収支分布の活用方法としてどこでどのような対策をした場合に、どのような影響が生じるのかの把握に用いるなど活用の幅を広げたい。また、土砂・流木収支も見える化し、流域全体の水収支をより詳細にしていく。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP24H00329 の助成を受けたものである。ここに記して、感謝の意を示す。

参考文献

- 福岡捷二（2022）近年の洪水災害を踏まえた流域治水を考える. 河川技術論文集 28 :457-462
- 吳修一・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
- 土木学会豪雨災害対策総合検討委員会フォローアップ WG（2024）これからの流域治水の進め方 「流域全体における水収支の把握と領域の垣根を越えた協働で進める流域治水～流域内の水量バランスを全住民が知り、考え、行動するため～」. 土木学会提言書

O-21

広域河川を対象とした植生伐採効果の定量評価

○千田倫也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

近年、地球温暖化の進行により水害が多発している。そのため、水害を軽減するための流域治水の重要性が高まっており、その方法の一つに植生伐採がある。植生伐採のメリットとして、植生の繁茂を防ぐことによる洪水時の水位上昇の防止が挙げられる。また、伐採後の樹木をバイオマス発電に利用することで CO₂ 排出量の削減による地球温暖化の対策にも有効である。植生を考慮した解析では二次元解析を用いたものが多いが、二次元解析は計算負荷が大きいため広範囲の解析には一次元解析を用いることが望ましいとされている。

本研究では一次元解析を富山県河川広域で行い、伐採した樹木のバイオマス発電量、CO₂ 排出削減量の評価を B/C 評価で行うことで広域における植生伐採効果の評価を行う。

方法

本研究では、富山県の一級河川である小矢部川、庄川、神通川、常願寺川、黒部川を対象流域とする。また本研究の初期段階として、一次元解析において植生を考慮した高水敷の粗度係数を決定する。具体的には、常願寺川を例に、一次元解析結果と二次元解析結果を比較し、二次元解析結果を適切に再現できる粗度係数を検討する。

一次元解析モデルには MIKE11(DHI) を用い、常願寺川の全流域を対象とした一次元不定流計算を行った。二次元解析モデルには iRIC ソフトウェアの Nays2DH を用い、常願寺川の河口から 3500m までを対象とした二次元不定流計算を行った。また共通して 2018 年 7 月 5 日～8 日の前線による大雨を対象イベントとした。河道内の地形データは、一次元では富山河川事務所から提供いただいた H27 年度河道横断測量成果データを、二次元では国土交通省から提供いただいた R3 年度の LP データ(5m)を用いた。そのため、一次元解析及び二次元解析における河床高

表 1 粗度係数推定式により求めた粗度係数と NDVI の関係図

粗度係数	NDVI
0.037	NDVI<0.6
0.079×NDVI-0.01	0.6≤NDVI≤0.8
0.053	NDVI>0.8

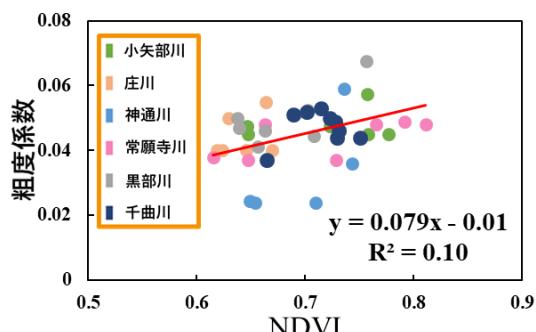


図 1 NDVI と粗度係数の相関図

はそれぞれ別の地形データにより設定されていることに注意していただきたい。

次にそれぞれの植生の考慮方法について記す。

一次元解析では藤下・吳ら(2023)の NDVI と粗度係数の相関を取って作成した粗度係数推定式を用いることで、植生の影響を考慮した粗度係数を設定した(図 1)。また粗度係数推定式により求めた粗度係数と NDVI の関係は表 1 に示した。

二次元解析では NDVI の大きさにより分類した樹木類、草本類それぞれに植生密生度と植生高さを設定することで植生の影響を考慮した。植生域には樹木類と草本類の 2 種類を設けている。樹木類の植生密生度は 0.08(m⁻¹)、植生高さは 7.75(m)とした。また、草本類の植生密生度は 0.03(m⁻¹)、植生高さは 2.20(m)とした。このうち、草本類の植生密生度は井上ら(2022)の研究から、その他の設定は 2022 年に行った現地調査結果を用いた。なお、二次元解析における高水敷の粗度係数は 0.030 の固定値とした。

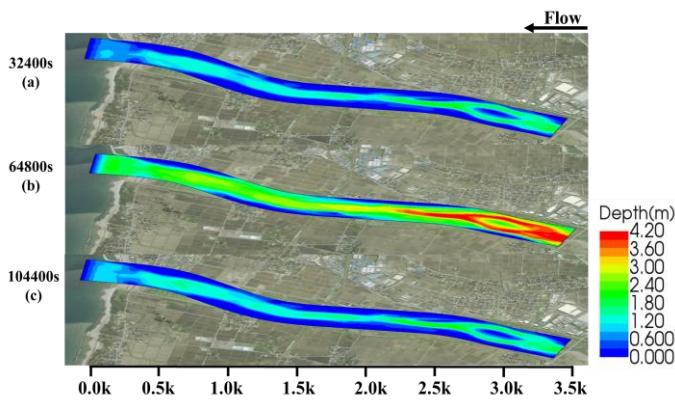


図 2 常願寺川における水深コンター図

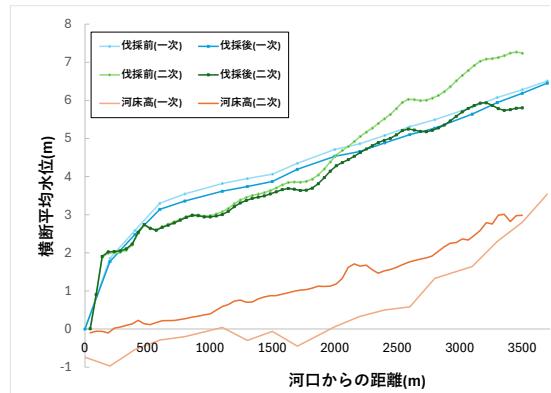


図 4 一次元解析と二次元解析の比較図

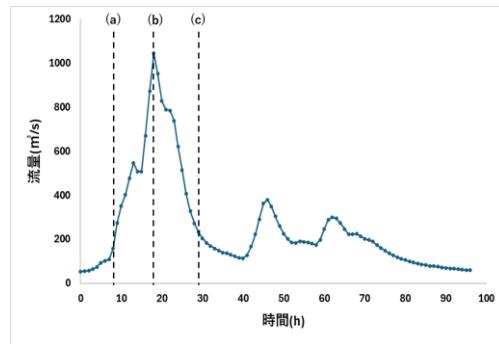


図 3 計算で用いたハイドログラフ

植生伐採後の計算について、一次元解析では粗度係数を 0.030 とし、二次元解析では植生密生度と植生高さをともに 0 とすることで表現した。

結果

二次元解析における水深コンター図を図 2 に、計算で用いたハイドログラフを図 3 に示す。ピーク流量時(64800s 後)の水深分布は他 2 つの結果より高い傾向にあり、32400s 後と 104400s 後は流量の値が似ているため、似た水深分布を示していることが分かる。

一次元解析、二次元解析における植生伐採前後の常願寺川の 64800s 後(ピーク流量時)の水位比較結果及び河床高比較を図 4 に示す。ここで、水位は横断面の水位の平均値を算出したものであり、河床高は両方とも最深河床高を示している。一次元解析、二次元解析とともに植生伐採前より植生伐採後の方が上流部での水位が低くなつたことが分かる。しかし、二次元解析では河口からの距離 3400m 地点で約 1.5m の水位の低下が見られたのに対して、一次元解析では河口からの距離 2200m で約 0.2m の水位の低下し

か見られなかつたことが分かる。今後は NDVI と粗度係数の相関図のプロット数を増やすことと、後方散乱強度を用いることによって粗度係数の値を見直し、一次元解析を再度行う予定である。また、河床高については全体として差が見受けられるが、特に河口からの距離約 2200m 地点で約 1.3m の差が生じている。今後は、二次元解析における地形データに国土交通省の LP データ(1m)を用いることで、この差を少なくする予定である。

まとめ

富山県の広域河川を対象とした植生伐採効果を調べるため、まず常願寺川における一次元解析結果と二次元解析結果の比較を行つた。

一次元解析にて適切な粗度係数の設定が完了した後は富山県の全ての一級河川で植生伐採前と植生伐採後の一次元解析を行い、バイオマス発電量と CO₂ 排出削減量の評価を B/C により評価する。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP24H00329 の助成を受けたものである。ここに記して、感謝の意を示す。

引用文献

- 藤下龍澄, 吳修一(2023) 地球温暖化による 1.5°C 上昇と各種適応策が富山県河川の洪水・侵食リスクに与える影響評価. 土木学会論文集第 79 卷 27 号
井上敏也, 吉武央気, 周月霞, 南まさし, 旭一岳, 浜口憲一郎, 松田浩一, 宮本仁志(2022) 河道植生の中長期消長過程を簡易に考慮した 平面二次元河床変動解析モデルの開発・検証. 河川技術論文集第 28 卷

O-22

日本産ヤナギ *Salix*によるアオコの抑制効果と抑制物質の探索

○小泉雄也・朴虎東

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と抑制物質を明らかにすることを目的とする。

方法

ヤナギは長野県岡谷市諏訪湖周囲で採取したシダレヤナギ (*Salix babylonica*) と、秋田県大潟村のエゾノキヌヤナギ (*Salix pet-susu*) (KKD クローン, HB クローン), オノエヤナギ (*Salix sachalinensis*) (SEN クローン) の計 4 サンプルを使用した。寒天重層方法によるバイオアッセイは、シャーレの下層に 1.5% 寒天、上層に 1% の低融点寒天に藍藻 *Microcystis aeruginosa* (NIES33349 株) を載せ固めた後、ヤナギの葉を円形に切り取ったリーフディスクを寒天の上に乗せ 4 週間観察した。

LCMS によるポリフェノール類の分析は、ヤナギの葉を、凍結乾燥させた後、フードプロセッサーを使用して粉状になるまで粉碎し、その粉

末を 80% メタノールで 24 時間抽出した。抽出液遠心分離にかけ、その上澄みを 80% メタノールで希釀したものを LCMS の分析に使用した。

結果

寒天重曹方法によるバイオアッセイ（藍藻 *Microcystis aeruginosa* (NIES33349 株)）では *Salix pet-susu* KKD クローン, HB クローン, *Salix sachalinensis* SEN クローンの 3 種類のヤナギにおいて阻止円を確認することができたが、シダレヤナギでは阻止円を確認することはできなかった。阻止円の大きさは平均の面積を計算すると、SEN, KKD, HB の順で 156 mm^2 , 75.7 mm^2 , 22.4 mm^2 となっており、SEN > KKD > HB の順で阻止円大きくなっていた。LCMS による分析で UV を 302nm (λ_m) に設定し行ったところ、4 種類のヤナギに複数個のピークを検出することができた。26 分のピークはすべての葉の抽出物から検出され、MS スペクトルでは $m/z 449$ の分子量(ルテオリン)を得ることができた。また、27 分、30 分などでもピークはそれぞれの $m/z 303$ (ケルセチン)と $m/z 139$ (サリチル酸)などの分子量も得られた。

考察

バイオアッセイによって阻止円が生じたことから、ヤナギの葉には藍藻を抑制する効果があることがわかり、さらに阻止円の大きさが SEN > KKD > HB のように大きさに差があることや、シダレヤナギでは同様の効果が見られなかったことから、ヤナギの種類、産地、また採取した季節等によって藍藻を抑制する成分が変化している可能性があることが分かった。LCMS による分析では、複数のピーク検出することができ、サリチル酸またはその配糖体、ルテオリンまたはその配糖体、ケルセチンなどが物質の候補としてあげられる。今後、藍藻を抑制する成分の特定及び抑制能の寄与率を明らかにする。

O-23

水中スピーカーの低周波を用いた藍藻の制御方法の開発

○佐藤雅敏・宇佐川輝・永峯亮弥・二木功子・朴 虎東

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, 2020). 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, 藍藻を抑制するメカニズムを解明するとともに, 藍藻抑制の最適な条件を見出し細胞外毒素の少ない藍藻制御の方法の開発を目的とする.

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 MA 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)の中に長野県諒訪郡下諒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(5.4Hz)を接続したもの用いた. 培養株実験では,

三段階の低周波出力(0.15, 0.30, 0.45V)を, 野外試料実験では二段階の低周波出力(0.50, 1.0V)を用いた. *Microcystis aeruginosa* 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. 分光光度計(405nm)で測定し, 細胞濁度の指標とした.

結果と考察

6L の培養株実験では水中スピーカーを用いることで低周波出力を与えた水槽において, 対照区(下部攪拌)に対して, Chlorophyll a, 細胞濁度の減少がしており成長阻害が確認され, 5 日目時点において, それぞれ低周波出力 0.15V で 24%, 0.30V で 31%, 0.45V で 51% の藍藻抑制効果が見られた. 60L の野外試料実験では, 培養株実験と同様, 低周波出力を与えた水槽において, 対照区(下部攪拌無し)に対して成長阻害が確認され, 9 日目時点において, それぞれ低周波出力 0.50V で 41%, 1.0V で 61% の藍藻抑制効果が見られた. Han et al. (2018) は実験室内で培養液を攪拌させることで成長の抑制を行った. 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発見した. 本研究では, 藍藻の成長を抑制した際に, 細胞が沈殿することを確認している. それは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抑制することが示唆された. さらにこの低周波発生装置は藍藻の細胞膜を破壊しないので, 水中の毒素 MC の流出を抑えることが可能な環境負荷の少ない制御方法である. 今後は有毒藍藻の発生しているため池やダムで成長抑制実験を行い, 実験スケールを拡大していくことで, 実際にフィールドで活用できるような実験系の確立を目指す.

O-24

魚類と無脊椎捕食者のカイロモンに対するミジンコの表現型応答

○吉田充輝¹・三小田憲史²・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

水生生物は捕食者の在・不在に応じて形態、行動、生活史特性などの表現型を変える。これらは誘導防御と呼ばれ、特に捕食者から放出されるカイロモン（情報化学物質）によって誘導される例が多い。ミジンコ (*Daphnia* 属) のいくつかの種では、フサカ幼虫

(*Chaoborus spp.*) のカイロモンによって形態変化が誘導され、魚のカイロモンによって行動や生活史特性の変化が誘導される。当研究室先では、ミジンコ (*D. pulex*) が両者のカイロモンに同時に曝されると、魚への応答を優先することを確かめている。

本研究では、これが *Daphnia* 属で一般的な応答であるかを確かめるとともに、水中の捕食者カイロモンの濃度を簡便に調べる方法として、EEM (Excitation-Emission Matrix) の有用性を検証した。

方法

2-1. 実験 1: カイロモンの複合影響

実験には野外から採取し単離培養したマギレミジンコ (*D. ambigua*) とカブトミジンコ (*D. galeata*) を使用した。また、捕食者として、モツゴ (*Pseudorasbora parva*, 平均体長 5.1 cm) とフサカ幼虫 (3~4 齢) を使用した。捕食者を一定の密度で活性炭濾過水に入れ、24 時間維持したものをカイロモン水とした。カイロモン水を GF/F フィルターでろ過後、固相カラム (C18) に通し、メタノールで溶出した固相抽出液を用意した。これらをミジンコに曝し、形態への影響を調べた。

2-2. 実験 2. EEM による測定

モツゴとフサカ幼虫のカイロモン固相抽出液を添加した超純水、マギレミジンコを 100 inds./L で 24 時間維持した活性炭濾過水を用意

し、蛍光分光光度計で分析した。

結果と考察

実験 1 は現在結果をまとめている最中であるため、ここでは実験 2 から得られている結果について述べる。EEM 法により、蛍光波長 (横軸) と励起波長 (縦軸) を任意の範囲で走査したヒートマップ (三次元蛍光スペクトル) が得られた (図 1)。魚カイロモンとフサカカイロモンをそれぞれ分析した結果、蛍光波長 350~500 nm, 励起波長 250~300 nm の領域で蛍光強度の現れ方が異なっていた。このように、EEM 法によって、魚とフサカの存在を識別できる可能性がある。また、マギレミジンコではまた異なる特徴が確認できた。さらなる検証を行うことで、水中の捕食者の現存量 (カイロモン濃度) を簡便に把握できるようになると期待できる。

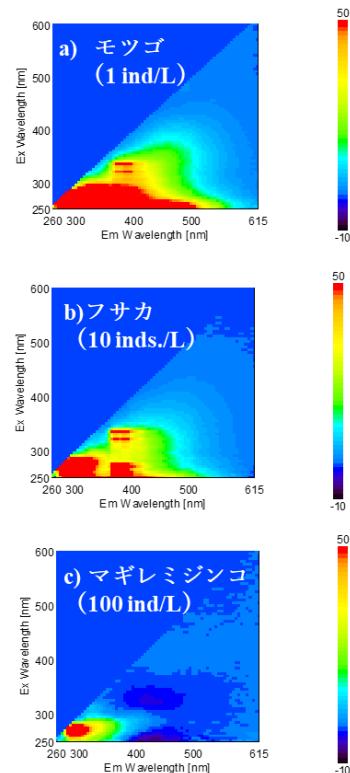


図 1. EEM により得られたヒートマップ。

O-25

諏訪湖における湖岸漂着物の組成と発生源

○三村瑠奈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

プラスチックの生産量が増大とともにプラスチックが海洋に流出する量も年々増えている(Jambeck et al, 2015)。海洋流するプラスチックのうち8割が陸域由来のものと言わわれている(eunomia, 2016)。資源の有効利用の促進、生物への影響を最小限に抑えるためにも海洋流するプラスチックの陸域での発生源を特定することは重要である。

本研究の目的は、諏訪湖におけるプラスチックをはじめとする漂着物の組成とそれらの発生源を明らかにすることである。それにより、陸域由来のプラスチック流出量の削減に具体的な提言を行うことを目標としている。

方法

漂着物の調査場所は諏訪湖南東部、石彫公園の汀線とし、汀線の一定区間(100m)を歩き、湖岸の漂着物のうち目視できる大きさで原型が残っているものを回収した。調査は2023年11月に1回、2024年4月から10月にかけて12回行った。なお7月から10月にかけてはおよそ10日ごとに調査を行った。

回収物は洗浄した後、回収日ごと写真を撮影した。その後、プラスチック製品とプラスチック製品でないもの、プラスチック製品は食品関連プラスチックと食品以外のプラスチック、食品関連プラスチックは食品包装袋、ペットボトル、その他食品関連プラスチックの5つに分類し、それぞれの個数の計数とばねばかりを用いて重量を測定した。

結果

全回収物の種別内訳は、個数で見ると、食品包装袋が29%、ペットボトルが21%、その他食品関連プラスチックが16%、食品以外のプラスチック製品が15%、プラスチック以外のものが19%であった。食品包装袋において内容物を消

費する際に加熱等の手間を必要とするものを

「家庭内で消費されたもの」、それ以外を「屋外で消費されたもの」と定義し、食品包装袋を分類すると少なくとも30%が「家庭内で消費されたもの」であった。また、食品以外のプラスチック製品には苗ポットが21%含まれていた。

全回収物の種別内訳を重量で見た場合、食品包装袋が6%、ペットボトルが40%、その他食品関連プラスチックが9%、食品以外のプラスチック製品が18%、プラスチック以外が27%であった。ペットボトルの重量割合が大きいのは一個あたりの重量が、食品包装袋では2.77g/個、ペットボトルでは23.85g/個と大きく異なっていたためである。

考察

家庭内で消費された食品の包装袋が諏訪湖湖岸で回収された。諏訪地域ではゴミ集積所が諏訪湖流入河川や水路の近くにもあるため、これらはゴミ集積場所から飛散し、諏訪湖に流入したものと考えられる。

苗ポットも湖岸で回収された。苗ポットは農業や園芸用で用いられるものであり、4月と5月の調査で多く回収されたことから、定植が行われる時期に農地などから水路を介し諏訪湖に流入したと考えられる。

以上より、諏訪湖湖岸の漂着物の発生源には「湖畔での人間活動により直接投棄されたもの」、「ゴミ集積場から飛散したもの」、「農地から河川を通じて流入したもの」がある。これら漂着物を削減するためには、湖岸に投棄しないことはもちろん流入河川の上流で飛散しないような対策を行うことが必要である。

引用文献

- J. R. Jambeck et al (2015) Plastic waste inputs from land into the ocean. Science 347:pp770.
- eunomia (2016) Plastics in the Marine Environment:pp. 3.

O-26

プラスチックによる多環芳香族炭化水素類の収着特性の解明

○中尾陸哉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

多環芳香族炭化水素類(PAHs)は有機汚染物質の一種であり、現在も環境中に測定可能な濃度で存在している。PAHsは環境中でプラスチックに収着することで生態系へ影響を与えることが懸念されている。また、プラスチックの種類によりPAHsの収着機構や程度が異なるはずである。そのため、PAHsの生態リスク評価の基礎として、プラスチックに対するPAHsの収着特性を理解することが必要である。

本研究では、世界で流通している主要なプラスチックのPAHs収着特性を解明し、有害化学物質の収着機構を明らかにすることを目的として、7種類のプラスチックを対象にPAHs収着実験を行った。

方法

実験1

対象としたプラスチックは、ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、ポリエチレンテレフタラート(PET)、ポリスチレン(PS)、ポリ塩化ビニル(PVC)、アクリル樹脂(PMMA)、アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン樹脂(ABS)の計7種である。実験では蒸留水にアントラゼン(Ant)、フェナントレン(Phe)、フルオランテン(Flo)、ピレン(Pry)を添加し、100μg/L PAHs水溶液を作成した。そこへ各種プラスチック板(2cm×2cm×0.1cm)を入れて1週間振盪させ、経時的にPAHs水溶液を採取し、高速液体クロマトグラフの分析試料とした。PAHsの定量には絶対検量線法を用い、標準液のクロマトピーク面積から検量線を作成した。プラスチック板を入れないブランクとの差から各プラスチックの重量あたりのPAHs収着量を算出し、プラスチックのPAHs収着量と水溶液中のPAHs濃度からPAHsの分配比を算出し、比較を行った。

実験2

実験2ではPE、PPの2種を対象にプラスチック板のサイズを2cm×2cm×0.2cm、PAHs水溶液の濃度を200μg/Lに変更し、収着実験を行った。採取した試料を高速液体クロマトグラフで分析し、同様にプラスチックのPAHs収着量と水溶液中のPAHs濃度の比からPAHsの分配比を算出した。

結果

実験1において、いずれのプラスチック種でも、PAHsの分配比は実験開始7日後まで経時に増加し、PAHs4種ともに分配比は、PE>PP>他のプラスチックの順であった。また、PAHs種別の分配比は、Flo、PyrがAnt、Pheよりも大きかった。

実験2で対象としたプラスチック2種の実験開始7日後のPAHs分配比をプラスチック板の厚さ0.1cmと0.2cmの物で比較すると、厚さ0.1cmのPAHs分配比の方が0.2cmよりも大きい傾向が見られた。

考察

対象としたプラスチックによるPAHs分配比の差は、主に二つの要因が関わっていると考えられる。一つ目はプラスチックの極性の有無である。PE、PP、PSは無極性の官能基から構成されているが、他のプラスチックは極性官能基を構造中に持つ。また、今回対象としたPAHsは無極性物質であるため、プラスチックの無極性相互作用がPAHsの収着に影響を与えたと推察される。二つ目の要因はプラスチックの物性である。プラスチックはガラス転移点を境にガラスまたはゴム状態となり、ゴム状態はより多くのPAHsを収着する(Pascall et al. 2005)。特にPEとPPは室温でゴム状態であるため、PAHsを良く収着したと考えられる。

厚さ0.1cmのプラスチックのPAHs分配比が

0.2cm のプラスチックの分配比を上回ったのは、
厚みが増したことに伴う、重量の増加が影響し
ていたと考えられる。厚さ 0.2 cm のプラスチック
片は 0.1 cm のものと比較し、表面積はあまり変化
しないが重量は約 2 倍となる。そのため、0.2cm
のプラスチックは重量当たりの PAHs 収着量が
0.1cm のものよりも少なくなり、PAHs 分配比が小
さくなったのだと考えられる。つまり、PAHs はプ
ラスチックの表面付近に収着されており、プラ
スチックの奥深くまで吸収されていない可能性
が高い。

引用文献

Pascall, M et al. (2005) Uptake of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) from an Aqueous Medium by Polyethylene, Polyvinyl Chloride, and Polystyrene Films, Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 164–169

O-27

簡易的なイカダモの大量培養方法の開発

○山本彩人¹・松島幹夫¹・源明励子¹・宮本泰行¹・坂本正樹¹¹富山県立大学工学部

はじめに

イカダモ等の微細藻類は産業的に利用されており、大量培養による面積の拡大が課題となっている。そのため、面積の狭小化を図り、屋外における藻類の大量培養の実用化に向けての研究を行っている。前年度の実験では微細藻類の一種であるクロレラを用いたが、夏季の高温状態では生育が阻害される結果となった。加えて秋季ではイカダモという別の微細藻類が優占し、屋外での培養は困難であった。

野沢ら（2017）によると、イカダモはクロレラより細胞が大きく、脂肪酸が多い。加えて、10~30 °Cの広い範囲で成長速度を維持することが可能であり、大量培養するにあたってクロレラより優れている点が挙げられる。そのため本研究ではこのイカダモに着目し、屋外での大量培養を行うことが目的である。

方法

1. 室内実験

前年度の屋外実験にて水道水中から混入したイカダモを単離培養し、実験に使用した。イカダモを試験管にいれ、インキュベーター内で温度を10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 °Cに設定して培養を行った。培地として尿素200 mg/L、ハイポネックス10 mg/Lを添加したものと、比較対象としてCOMBO培地を用いた。実験開始から0, 3, 6日に採取したサンプルの細胞密度をもとに、平均成長速度を求めた。

また、同様に用意したイカダモを20°Cに設定したインキュベーター内で光量を4段階に変化させて培養を行った。光周期（Light : Dark）は12-h L : 12-h Dである。

2. 屋外実験

屋外に設置した培養槽にイカダモと尿素200 mg/L、ハイポネックス10 mg/Lを入れて2週間程度の培養実験を6月から11月までの期間中に6回行った。6月24日、7月8日からの実験では培養開始から2週間の経過観察を行った。7月22日以降の実験では、培養開始から1週間後に9割程度水を抜き、再度水を加えた後イカダモと尿素、ハイポネックスを添加した。

結果

1. 室内実験

室内実験において、尿素とハイポネックスを添加した培地を用いた際のイカダモの増殖率は、COMBO培地を用いた場合と同等であった（図1）。6日間における平均成長速度が最も高かったのは25 °Cの場合であり、0.60 day⁻¹であった。20°C~35 °Cの範囲では、6日間で細胞密度が10倍以上に増えていたことから、この範囲内の水温であれば十分に連続培養が可能であると考えられる。一方で、水温が40 °Cの場合には細胞密度の上昇が認められなかった。

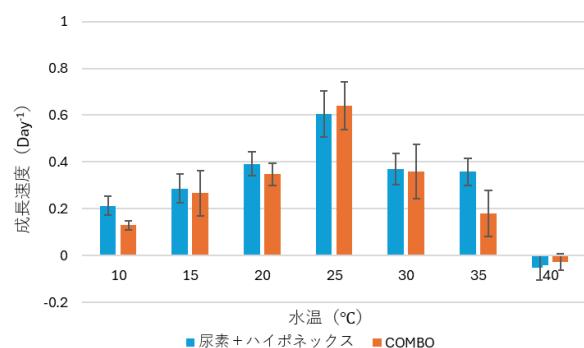


図1. 6日間でのイカダモの各水温における成長速度

また、光量変化におけるイカダモの増殖率も今回使用した培地と COMBO 培地と比べて同等であった(図 2)。22 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ~131 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ において大きな差はなかったが、11 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の低光量下では成長速度が低下した。

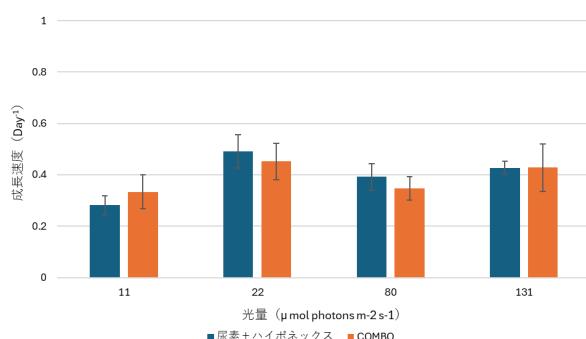


図 2. 6 日間でのイカダモの各光量における成長速度

2. 屋外実験

屋外実験では、イカダモは室内実験ほど増殖しなかった(図 3)。6 月から 9 月までの実験では水温が 35 度を超える日が続いたことや、屋外培養槽に設置した蓋やビニールによって太陽光が十分に届いていなかったと考えられる。

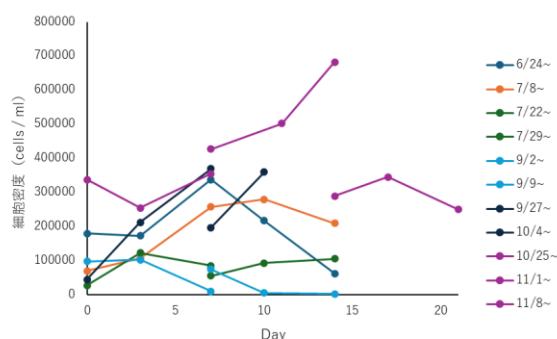


図 3. 屋外培養槽におけるイカダモの細胞密度の変化

考察

室内実験の結果より、20°C~35 °Cの範囲では、6 日間で細胞密度が 10 倍以上に増えたことから、この範囲内の水温であれば十分に連続培養が可能であると考えられる。また一定の光量があれば成長率に大きな変化は見

られなかつたため、ある程度の光量があれば十分に増殖すると考えられる。

しかし、屋外実験ではイカダモは室内実験ほど増殖しなかつた。その原因として、主に実験期間中の高水温と光量不足が考えられる。また、培養槽内部の壁面にイカダモが多く付着していたため、付着したイカダモの回収も今後の課題である。

引用文献

- 野坂裕一, 角谷秀平, 石川由紀, 太田尚氏, 佐々木洋 (2017) 淡水産微細藻群集の増殖と脂質生産に及ぼす温度の影響. 「石巻専修大学 研究紀要」第 28 号, 129–139

P-01

窒素同位体比を用いた環境要因による食物網変遷の検証

○小川耕平・浦井暖史

信州大学理学部

はじめに

地球上には多種多様な生物が生息しており、生物を取り巻く環境は絶えず変化を繰り返している。湖沼などの水環境では、栄養塩濃度などの季節変化や年変動が起きており、生物にも生息域の変化や個体数の変動など影響が出ている。実際に諏訪湖では過去に富栄養化に伴うアオコの大量発生が起きていたが、近年では水質改善に伴いアオコは減少している。

生態系を評価する指標として、食物連鎖における各段階を示す栄養位置 (Trophic Position: TP) がある。栄養位置を求めることで生物の食物網を推定することが可能であり、対象生物の環境中の立ち位置を知ることができる。そこで本研究では、バルクとアミノ酸の同位体比を用いて諏訪湖に生息する魚類の代表種であるワカサギの過去から現在の試料を用いて栄養位置を推定し、栄養塩濃度の減少による環境と食物網の関係の解明を目的とした。

試料と方法

本研究では、ホルマリン固定された 1991 年、2003 年、2012 年、2013 年、2021 年のワカサギを対象とした。これらはすべて諏訪湖で採取されており、2003 年に採取された全個体と、2013 年の一部の個体は仔魚であり、その他は成魚であった。ワカサギから体組織を切り取った後、ホルマリンの脱塩作業後に凍結乾燥を行った。乾燥したワカサギを粉碎した後、元素分析計一同位体比質量分析装置(EA1112, delta V advantage, Thermo)にてバルクの窒素・炭素安定同位対比を測定した。アミノ酸の窒素同位体比については Chikaraishi et al. (2010) の方法に従って測定し、フェニルアラニンとグルタミン酸の窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}_{\text{phe}}$, $\delta^{15}\text{N}_{\text{glu}}$) から下記の式を用いて栄養位置を求めた。

$$\text{TP} = (\delta^{15}\text{N}_{\text{glu}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{phe}} - 3.4) / 7.6 + 1 \quad \dots \quad (1)$$

水質データは試料が採取された年の諏訪臨湖実験所と長野県が公開している観測データを使用した。バルクとアミノ酸の窒素同位体比の測定結果から栄養位置を求め水質データから水環境との関係性を考察した。

結果

諏訪臨湖実験所が観測した諏訪湖の過去の水質データから、年数が経過するにつれ水中の窒素・リンの量が減少傾向であった。バルクの窒素・炭素安定同位体比はそれぞれ、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{bulk}} = +8.9 \sim +10.6 \text{ ‰}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}} = -25.6 \sim -21.3 \text{ ‰}$ であった。窒素同位体比と炭素同位体比は年を経るごとにわずかに増加していた。アミノ酸窒素同位体比から求めた栄養位置は、2021 年のワカサギで $\text{TP} = 2.94$ であった。

考察

水中の窒素濃度の減少に伴い、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{bulk}}$ は微増していたが、これは窒素源となる硝酸やアンモニアの起源が変化した可能性や、外来魚の侵入やワカサギの生活リズムの変化などの要因による食物網が変化した可能性が考えられる。琵琶湖でイサザを対象に行われた先行研究では、硝酸濃度が上昇した際、イサザのバルク試料の $\delta^{15}\text{N}$ が上昇している一方で、栄養位置は変化していないことが示されている (Ohkouchi et al., 2011)。過去の諏訪湖の水質データから水中の窒素やリンの量の減少は栄養位置には影響がない可能性がある。今後はアミノ酸の窒素同位体比から環境要因による食物網の変遷を解析する予定である。

P-02

気候変動への適応策に関する研究

○沼澤蓮音¹・藤下龍澄¹・呉修一²¹富山県立大学大学院工学研究科・²富山県立大学工学部

はじめに

近年、記録的豪雨や洪水被害が頻発している。富山県では、令和5年7月に初めて線状降水帯が発生し、河川の氾濫や床上浸水などの被害をもたらした。また、今年9月には能登地方における洪水被害により死者が出ている。このような気候変動により頻発、拡大する洪水被害の対策として、住民の避難及びハザード情報の適切な理解が重要となる。富山県でも流域治水が行われており、ハザードマップの整備が進められているものの、現存のハザードマップでは越水無き破堤の考慮が行われておらず、一般にハザード情報が理解し難いという課題がある。これに伴い、松本・呉¹⁾は、新たな破堤箇所を選定し、浸水・床上浸水・水平避難確率の算定を行うことで「地先のリスク」を評価している。本研究では、この手法を用いて、現在と4°C上昇時における浸水・床上浸水・水平避難確率を算定することにより気候変動による「地先のリスク」の変化を確認することを目的とする。また、田んぼダムおよび河道内植生伐採における費用対効果の算定により、気候変動への適応策の検討を行う。

対象流域

本研究では、富山、岐阜にまたがる一級河川の神通川、富山県内を流れる小矢部川・常願寺川の3河川を対象とする。流域面積は小矢部川が 667 km²、常願寺川が 368 km²、神通川が 2,720 km²である。対象河川は日本屈指の急流河川であり、越水無き破堤や植生繁茂が見られる箇所が多く存在する。また、平野部では水田の広がりが確認される。

方法

本研究では、過去実験と4°C上昇の流量データを使用し、新たに選定した破堤箇所において洪水氾濫解析および浸水・床上浸水・水平避難の確率計算を行う。さらに、田んぼダムおよび河道内植生伐採における洪水氾濫解析より被害削減額を算定し、実施費用の概算を行うことにより費用対効果を算定する。各算定における詳細な計算手法やデータ設定については著者関連文献²⁾を参照されたい。

(1) 対象流量の算定

降雨量データには、5km メッシュの d4PDF における過去実験、4°C上昇のそれぞれ 372 年分を使用した。このデータに、確率分布を保持したバイアス補正を施し、土壤・地形特性に基づく降雨流出計算を適用することにより、各確率年における河川流量を算出した。本研究では、過去実験および4°C上昇において、発生再現確率 150・350 年に相当する低頻度のイベントを解析対象とした。

(2) 破堤地点の選定

堤防の浸食リスクを考慮した破堤箇所の算定には、松本・呉¹⁾の手法を用いる。しかしながら、対象河川下流域において重要水防箇所が極端に少ないため、浸食ポテンシャル評価、護岸整備箇所の 2 項目に該当する堤防箇所を破堤箇所として選定した。

(3) 洪水氾濫解析

河道部の洪水追跡計算には、一次元不定流計算を、洪水氾濫計算には二次元不定流計算を用いる。また、田んぼダムには Chai らの一次元田んぼモデルを、河道内植生伐採は粗度係数の考慮より適用する。

(4) 確率計算

各破堤箇所における洪水氾濫解析より得た

浸水深、流速の結果から浸水・床上浸水・水平避難確率を算定し、破堤箇所毎の浸食ポテンシャルに伴う重み付けを行う。詳細な計算方法については松本・呉¹⁾を参照されたい。

が必要となることが改めて認識できる。

結果と考察

浸水・床上浸水・水平避難確率の結果をそれぞれ図 1-3 に示す。図中 G マークは白が右岸側、赤が左岸側の選定した破堤箇所を示す。まず、破堤箇所について浸食ポテンシャル評価、護岸整備箇所の 2 項目を考慮すると下流側に集中して左右岸 4 箇所が選定された。次に、確率分布の結果より氾濫域の広がりと浸水・床上浸水・水平避難確率における高確率な分布の広がりが確認される。具体的には、過去実験では浸水・床上浸水の確率がないまたは低い地域においても、4°C 上昇の場合 80%以上の確率で浸水・床上浸水が発生する地域が広がっている。そのため、気候変動により主に下流地域において「地先のリスク」に変化があり、この地域は富山駅や市街地含まれるため、侵食被害への対策の重要度が高いと考えられる。

最後に、田んぼダムと植生伐採における費用対効果の結果を表 1 に示す。全体として植生伐採より田んぼダムの費用対効果が高い結果となった。これは、富山県において田んぼの分布の広がりが大きいことや、田んぼダムの設置や維持費用が小さいことが要因だと考えられる。また、植生は伐採を行うほど費用対効果が高く、田んぼダムは、神通川を除いて、田んぼダム実施率が高いほど費用対効果が高いことが明らかとなった。本研究により、富山県の適応策には田んぼダムが適することが考えられるが、植生伐採においてバイオマス転用でのコスト抑制や洪水低減効果のある箇所のみ伐採すること等により費用対効果を上昇させることができるので、今後はこれらの検討が必要となる。

本研究では地球温暖化に伴う流量の増加により、将来において洪水リスクの増加が明確となり、各河川において有効な適応策の検討

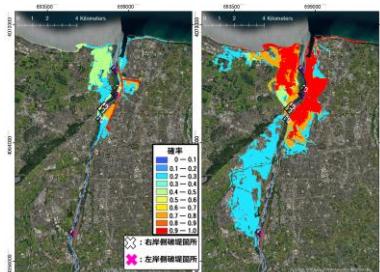


図 1. 浸水確率分布(左:過去実験、右:4°C上昇)

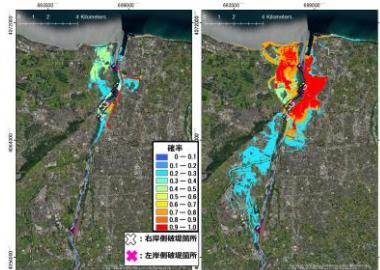


図 2. 床上浸水確率(左:過去実験、右:4°C上昇)

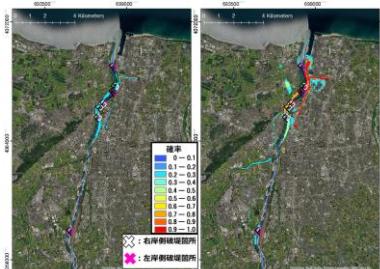


図 3. 水平避難確率(左:過去実験、右:4°C上昇)

表 1. 4°C上昇における費用対効果

		小矢部川	常願寺川	神通川
植生伐採	河道内粗度(0.03)	1.51	0.14	1.51
	河道内粗度(0.02)	3.13	0.22	2.81
田んぼダム	実施率50%	12.6	2.01	8.56
	実施率100%	14.9	2.61	6.01

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP24H00329 の助成を受けたものである。ここに記して、感謝の意を示す。

引用文献

- 1) 松本晋太郎・呉修一(2024), 富山県河川における堤防の侵食リスクを考慮した破堤箇所選定方法の提案, 土木学会論文集 80 (16)
- 2) 沼澤蓮音・呉修一・藤下龍澄・柄澤志寿(2024), 富山県河川における洪水氾濫解析を通じた河道内植生伐採と田んぼダムの費用便益分析, 水工学論文集掲載予定

P-03

西北西の強風時に着目した 夏期の諏訪湖における流動特性

○飯室遼¹・豊田政史²¹信州大学大学院 M1 · ²信州大学工学部

はじめに

長野県中央部に位置する諏訪湖では、夏期に底層の溶存酸素量が減少し、貧酸素状態になる¹⁾。貧酸素状態の解消のためには、湖流に関する研究は不可欠である。諏訪湖では西北西の強風時における反時計回りの水平循環流の発生が報告されている²⁾。

諏訪湖では、数多くの観測が行われてきている。例えば、2004 年に諏訪湖で多地点の流動観測が行われた²⁾。また、2010 年夏期に湖心および沖合で水温と溶存酸素の連続観測が行われた³⁾。しかし、既往研究で諏訪湖における流向・流速の長期連続観測データを用いた研究は著者が調べた限り少なくともみつからなかった。

そこで本研究では、長期間における流向・流速と風向・風速の観測結果をもとに、西北西の強風時に着目し、諏訪湖の流動特性を検討した。

方法

本研究では 2020 年 7 月から 9 月にかけて長野県と信州大学との合同観測で得られたデータを用いた。対象期間は 2020 年 7 月 14 日から 9 月 16 日とした。湖上の計 4 地点で観測された流向・流速の結果と諏訪湖上および湖周の計 6 地点で観測された風向・風速の結果を使用した。図 1 に観測地点を示す。

結果と考察

図 2 に対象期間中の流向頻度分布図を示す。上川地点では西南西寄り、D 地点、湖心では北西寄りに卓越していた。この結果から、諏訪湖では時計回りの循環が多く発生していることが示唆された。

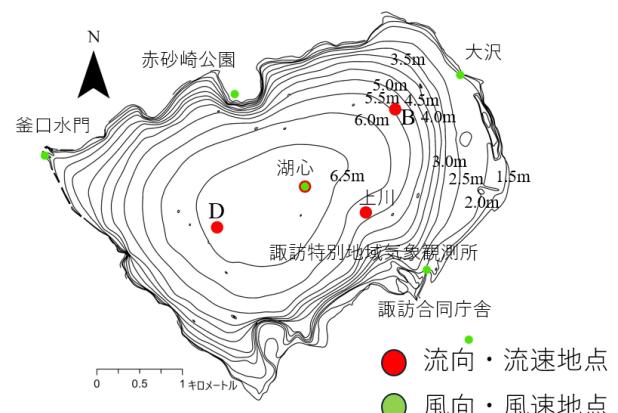


図 1 諏訪湖上および湖周における観測地点

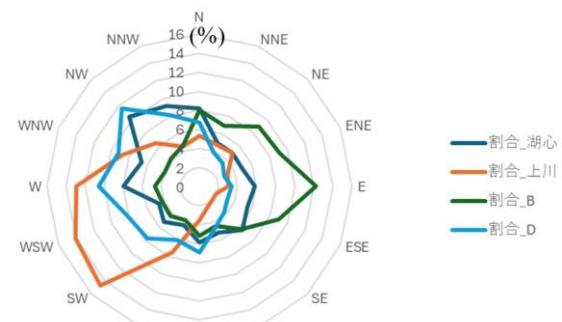


図 2 対象期間中のデータを使用した表層流向別頻度分布

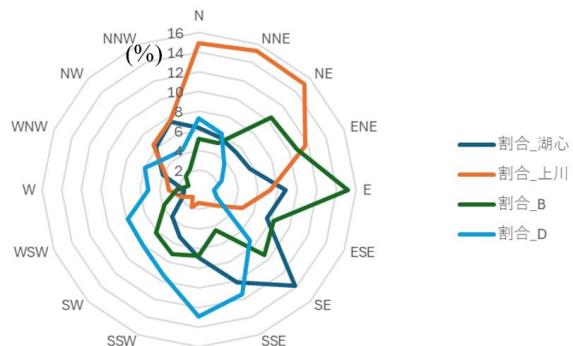


図 3 西北西強風時のデータを使用した表層流向別頻度分布

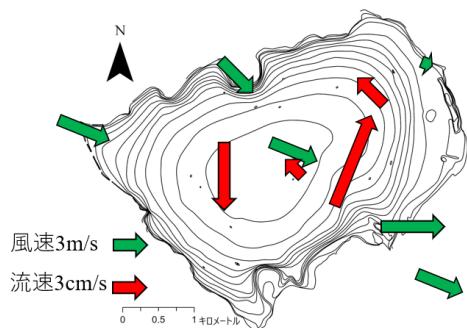


図4 2020年8月18日12時における風と湖流(表層)のベクトル図

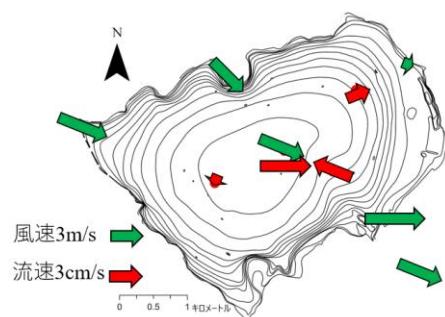


図5 2020年8月18日12時における風と湖流(底層)のベクトル図

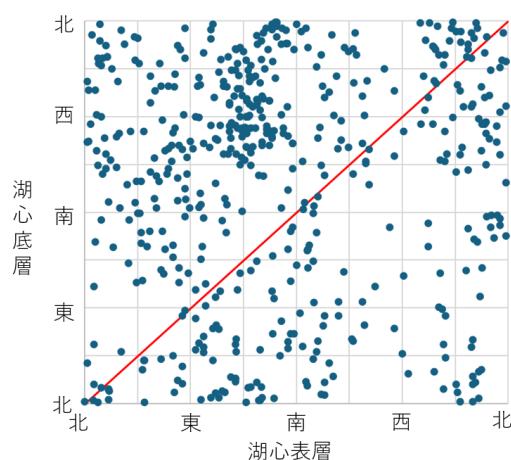


図6 西北西強風時のデータを使用した湖心表層と底層の流向

次に、諏訪特別地域気象観測所の1時間データを使用し、5時間以上の西北西寄り(ここでは、西北西を中心に西および北西を含めた形で定義した。)の強風が連吹した期間を抽出した。なお、強風を風速3.0m/s以上としている。また、2時間以内に西北西寄りの強風に戻れば、連吹

しているとみなした。対象期間中の5時間以上諏訪湖で強風が吹いたケースは23ケース確認できた。そのうちの約1/4は西北西寄りの強風であった。5時間以上の西北西強風時の流向データのみを使用した流向頻度分布図を図3に示す。湖心およびD地点では南南西方向寄りに卓越し、上川では北北東方向寄りに卓越していた。8月18日12時における風および湖流のベクトル図を図4、図5に示す。風の場および湖の表層では2004年の豊田ら²⁾の観測と類似した結果であったが、底層では異なる結果を示した。また、上記の強風時における湖心表層および底層での流向を図6に示す。この図より、表層と底層の流向が異なっていることがみてとれる。これは豊田ら²⁾の観測時と異なり、水温成層が存在していることによるものと思われる。

おわりに

夏期の諏訪湖において、西北西の強風時は表層で反時計回りの水平循環流が起こっていたが、底層では表層と異なる動きをしていた。今後は、この原因を明らかにするために、水温成層の影響を考慮した再現計算を行う予定である。

引用文献

- 柳町晴美、宮原裕一(2021)：2020年夏季における諏訪湖の水平・垂直水質分布、信州大学環境科学年報、43号、pp. 12-27.
- 豊田政史、宮原一道、萩庭康光、寺沢和晃、疋田真、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湖流形成に与える影響、水工学論文集、50巻、pp. 1303-1308.
- 木村昌嗣、豊田政史、宮原裕一(2015)：現地観測に基づく諏訪湖における貧酸素水塊の時空間特性の分析、土木学会論文集B1(水工学)、71巻、4号、pp. I. 769-I. 774.

P-04

セルリー *Apium graveolens* L. による
ラン藻 *Microcystis aeruginosa* に対する抑制物質の探索
○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

長野県はセルリーの収穫量が全国 1 位であり、特に夏場は諏訪地域を中心に全国シェアの約 9 割を占めている。しかし、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、肥料が流出しやすく多肥になりやすい（長野県農政局）。現在、肥料の改善などから施肥量は減少傾向にあるものの、ハウス栽培の場合 10aあたり、N : 80～100kg, P : 60kg, K : 60kg, が JA 信州諏訪の標準施肥量となっている（JA 信州諏訪）。

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アオコの抑制効果を明らかにする。

方法

セルリーは松本市の市場から購入し（諏訪産）、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。

寒天重層によるバイオアッセイは、シャーレの下層に 1.5% 寒天を、上層に 1% の低融点寒天にラン藻（NIES33349 株、*Microcystis aeruginosa*）を添加後、セルリーの葉と茎の凍結試料および凍結乾燥試料を加えた。揮発性物質による抑制は、寒天重層に滅菌済みアルミカップを入れ、その中に limonene と蒸留水 3ml を入れた。

セルリーに含まれる成分分析は、凍結乾燥粉

末 0.2g に水と 80% メタノール 4ml で 1 日浸水させたものを希釈し測定液として用いた。これを LC/MS（島津製作所）にて測定した。また、生サンプル葉・茎 5.0g、根 4.0g と凍結乾燥粉末 0.1g をもとに GC/MS 分析を行った。

結果と考察

寒天重層によるバイオアッセイでは、凍結および凍結乾燥試料の葉と茎のそれぞれでラン藻の阻止円が確認され凍結試料では根、茎、葉の順に阻止円が形成された。茎のプレートのみプレート全体が褐色に変化した。そこで、セルリーの揮発物質とされる limonene を用いてアッセイを行った結果、直接試料を添加しなくても揮発物質から藍藻が抑制された。セルリーの成分分析では、LC/MS より quercetins、GC/MS から linoleic acid が検出され、これらが藍藻の抑制物質と推察される。

バイオアッセイの結果より阻止円が見られたことからセルリーはラン藻の抑制効果をもつ水溶性物質と揮発性物質が含まれている可能性が示唆された。寒天重層で limonene による揮発での抑制が確認されたことから、今後藍藻懸濁液においても揮発物質が有効か検証実験を行うことで、揮発による藍藻の抑制方法の検討を行って行く。

根で抑制効果が強く、葉で抑制効果が弱かったことは、根は土壤にある細菌や病原菌から保護する為、抗菌作用が多かったのではないかと考えられる。一方、葉は日射や乾燥のストレスからの保護機能としてポリフェノールを多く含み、ポリフェノールには抗酸化作用を有するものが多くあるため、藍藻の保護に働いたのではないかと考えられる。

P-05

ジュンサイハムシを介したヒシ由来のポリフェノール放出経路の検討

○原 光平・土屋俊雄・朴 虎東

信州大学理学部

はじめに

ヒシ(*Trapa japonica*)は1年生の浮葉性の水生植物である。近年は富栄養化した湖やため池でヒシが増殖している。増殖したヒシは汚染や景観悪化につながるため全国でヒシの刈り取りが行われている。我々の研究でヒシには植物プランクトンに対して成長阻害効果を示す Eugenin および Gallic acid などのポリフェノールが含まれていることが分かり、ヒシが植物プランクトンの大量発生を制御している可能性が示唆された。また、ヒシ葉の上にはジュンサイハムシ(*Galerucella nipponensis*)がよく見られる。ジュンサイハムシは、近年増殖したヒシ帶で大発生することが報告されている。ジュンサイハムシは幼虫から成虫に至るまでのすべての成長段階で植物の葉を餌とするため、ヒシ帶を見るとジュンサイハムシに食害を受けているヒシの葉が多く確認できる。ここから、ジュンサイハムシのフンに含まれる物質が湖水中へ放出されることで植物プランクトンの成長を阻害する可能性があると考えた。しかし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研究は今まで行われていない。そのため本研究ではヒシに含まれるポリフェノールがジュンサイハムシを介して湖水中へ放出される可能性を検討する。

方法

ヒシは長野県の諏訪湖と長野県松本市の神沢池で採取した。面積と重量の測定にはヒシを3個体、合計57枚の葉を使用した。葉面積は撮影した写真から imageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>)を用いて測定した。ハムシとヒシ葉の重量は電子天秤を用いて測定した。また、ハムシの食害量を知るために、葉1枚に対して1匹のハムシを用いて1日培養し、培養後 imageJ を

用いて食害面積を求めた。

ジュンサイハムシのフン中のポリフェノール分析では培養しているジュンサイハムシから採取したフンの水で抽出し、その抽出液に含まれるポリフェノールを分析するために LC/MS(LC-MS2020, 島津製作所)を使用した。

結果と考察

ヒシ葉の面積と重量を測定した結果、面積は最小値と最大値はそれぞれ、 373.3 mm^2 , 1373 mm^2 となり、平均は $860.2 \pm 2.65 \text{ mm}^2$ であった。ヒシ葉の重量の平均は $189.3 \pm 0.06 \text{ mg}$ 、最小値と最大値はそれぞれ 75.0 mg , 320 mg であった。ハムシの重量を測定した結果、 $8.4 \pm 1.22 \text{ mg}$ であった。ジュンサイハムシの培養実験を行った結果、1日で1匹あたり平均 38.1 mm^2 ヒシを食害することがわかった。

ヒシの葉とジュンサイハムシのフンに含まれるポリフェノールを分析した結果、ヒシに含まれる Ellagic acid および Gallic acid, Quercetin 配糖体などがジュンサイハムシのフンにも含まれていた。

ヒシ葉の面積と重量の結果とジュンサイハムシの培養実験の結果から、1日当たりのジュンサイハムシのヒシ食害量は 12.5 mg/ind./day (1.5 mg/mg/day) であるとわかった。フンに含まれるポリフェノールはヒシの葉のものと非常に類似

(Ellagic acid および Gallic acid, Quercetin 配糖体など) していたため、ヒシを食べたハムシがフンをすることで湖水中へヒシのポリフェノールが放出される可能性が示唆された。今後はフンに含まれるポリフェノールの定量と現場調査を行い、湖全体でポリフェノールがどれだけ放出されるか検討していきたい。

狭葉性ヒルムシロ属 3 種の形態的差異と分布

○三浦克仁¹・志賀隆^{1,2}

¹新潟大学大学院・²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、多年生の沈水～浮葉植物で、水生植物の中で最も多様化しているグループの一つである。日本では 18 種が報告されており、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)。狭葉性の種群は、生育環境によって栄養器官の形態変異が連続するため、繁殖器官を持たない植物体の同定には困難が伴う。

ヒルムシロ属の狭葉性種のうち、分類の再検討が必要なものとしてホソバミズヒキモ *Potamogeton octandrus* Poir. を含む種群が挙げられる。発表者らは、青森県つがる市で発見されたヒルムシロ属の新雑種ツガルミズヒキモ(仮称)の形態や DNA 塩基配列を調査し、その片親が日本新産の狭葉種 *P. tenuicaulis* F.Muell. であることを確認した(三浦ほか 未発表)。*Potamogeton tenuicaulis* は、日本に広く分布すると考えられてきた *P. octandrus* と、核 ITS 領域などに基づいた分子系統解析では異なる系統群に属するものの、形態的には区別できない隠蔽種と考えられている(Fehrer et al. 2022)。また、*P. tenuicaulis* は、果実以外は形態が類似するコバノヒルムシロ *P. cristatus* Regel et Maack と一部の集団で核 ITS 領域の配列を共有していることが明らかになっている(Fehrer et al. 2022, 三浦ほか 未発表)。しかし、3 種間の形態的差異についての検討は不十分であり、現段階で形態的形質に基づいて区別することは難しい。また、*P. octandrus* と *P. tenuicaulis* の日本における分布状況は不明である。そこで本研究では、*P. octandrus* と *P. tenuicaulis*、コバノヒルムシロの 3 種の形態的差異と地理的分布を明らかにすることを目的とした。

方法

形態解析は、2023 年と 2024 年に野外で採集し

た *P. tenuicaulis* 7 集団、*P. octandrus* 3 集団、コバノヒルムシロ 2 集団について、沈水葉の長さや果実の花柱の長さなど計 24 形質について行った。

また、分布の推定のために、新潟大学植物標本庫(NGU)含め 3 つの標本庫において標本調査を行った。これまでホソバミズヒキモと同定されていた 108 集団 142 個体について、断片を採取し、核 ITS 領域の塩基配列の差異もしくは PCR-RFLP 法(制限酵素断片長多型)を用いて分子種同定を行った。一部集団で *P. tenuicaulis* とコバノヒルムシロは核 ITS 領域の配列を共有するため、果実の形態を確認したうえで種同定を行い、分布を明らかにした。

結果

形態解析の結果、形態で区別できないとされている *P. tenuicaulis* と *P. octandrus* の間には沈水葉の幅 (*tenuicaulis*, 平均 0.53 ± 0.13 mm, n=64; *octandrus*, 平均 1.01 ± 0.14 mm, n=30) や果実の花柱の長さ(*tenuicaulis*, 平均 0.73 ± 0.14 mm, n=26; *octandrus*, 平均 0.52 ± 0.07 mm, n=10) を含む 16 形質で有意な差がみられた(図 1)。

また、*P. tenuicaulis* とコバノヒルムシロの間には、果実の形質以外に、浮葉の幅(*tenuicaulis*, 平均 0.54 ± 0.14 cm, n=62; コバノヒルムシロ, 平均 0.74 ± 0.12 cm, n=20) を含む 9 形質で有意な差がみられた。

3 種の果実を観察したところ、*P. octandrus* の背稜は平滑で突起が無かったが(n=10)、*P. tenuicaulis* には数個の低い突起(n=26)、コバノヒルムシロでは著しい突起がみられた(n=20)(図 2)。

さく葉標本について、分子種同定した結果、*P. tenuicaulis* (53 集団; 北海道～広島県)、*P. octandrus* (46 集団; 北海道～福岡県) とともに、広く分布していることが明らかになった(図 3)。コバノヒルムシロは 9 集団(北海道～京都府) であった。DNA 解析を行うことができた最も古い標本は、前

者は2002年、後者は2003年であった。

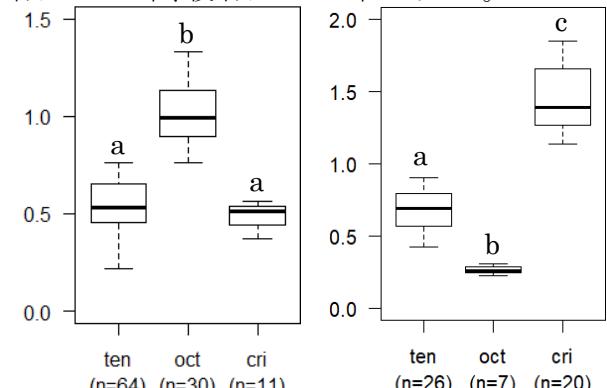


図 1. *Potamogeton tenuicaulis* (ten), *P. octandrus* (oct), コバノヒルムシロ (cri)の形態的差異。左:沈水葉の幅(mm), 右:果実の花柱の長さ(mm)。



図 2. 3種の果実. *Potamogeton tenuicaulis* (左), *P. octandrus* (中), コバノヒルムシロ (右). 黒線は2mm.



図 3. 3種の分布. *Potamogeton tenuicaulis* (○), *P. octandrus* (●), コバノヒルムシロ (×).

考察

本研究より、*P. octandrus* は沈水葉などの栄養器官の形態のみでも他の 2 種から区別できることが明らかになった。特に、*P. tenuicaulis* と *P. octandrus* は沈水葉の幅と花柱の長さで明確に区別でき、これらは種同定に有用な形質と言える。また果実背稜の突起の形状も種間で異なるため、有用な形質

になり得るだろう。形態的に区別できないとした Fehrer ら(2022)は、約 900 標本について形態学的調査を行ったが、すべての標本について分子種同定を行った訳ではなかった。本研究では、分子種同定を行ったうえで形態解析を行ったため、種間の形態差を明らかにすることができた。

また、果実を観察することができれば、3 種それぞれを識別できることも明らかになった。その一方で、*P. tenuicaulis* とコバノヒルムシロの間では、有意な差がみられる形質はあったものの、区別点である果実以外は、すべての形質値が重複していた。今後、維管束の配列や種子などの内部形態も観察を行い、3 種間の形態差について検討を行う予定である。また、交配試験や、より解像度の高い分子マーカーを用いて種間の遺伝子流動を推定することにより、この 2 種の関係を明らかにすることができるだろう。

Potamogeton tenuicaulis と *P. octandrus* がそれぞれ、いつごろから国内に生育しているのか不明である。しかし、大阪市立自然史博物館(OSA)に収蔵されているホソバミズヒキモと同定された標本の中には、果実の背稜が平滑で、沈水葉の幅が広いタイプ(1934 年 6 月京都府巨椋池で採集)と果実に小突起があり、幅が狭い(細い)タイプ(1934 年 6 月和歌山県たけ池で採集)の両方が含まれていた。少なくとも 1930 年代には両種とも国内に生育していたと思われる。*Potamogeton tenuicaulis* は、これまで南半球に生育すると考えられてきたが(Fehrer et al. 2022)、元々日本の自生種なのかもしれない。今後、より広く標本調査を行うことにより、正確な 3 種の分布、定着年代を知ることができると思われる。

Potamogeton tenuicaulis は、これまで日本で認識されてこなかったため、和名を提唱する必要がある。日本ではホソバミズヒキモという和名のほかにミズヒキモも使用してきた。三木(1937)は、果実背稜に小突起があり花柱が長いものをホソバミズヒキモ、突起がなく花柱が短いものをミズヒキモとした。そのため、*P. tenuicaulis* にホソバミズヒキモ、*P. octandrus* に対してミズヒキモの和名をあてることを提案したい。

P-07

生食食物連鎖と微生物ループを考慮した化学物質の生態影響評価

○米山貴将¹・横山透子²・黒田啓介²・端昭彦²・坂本正樹²¹富山県立大学大学院 M1 · ²富山県大学工学部

はじめに

人間活動由来の汚染物質の生態影響を評価する際、日本では標準試験生物を対象とした種レベルの試験で得られた毒性値を指標としている。しかし、この方法では様々な種によって構成される生物群集への影響を評価することは困難である。水圏の生物群集全体に及ぼす化学物質の影響を評価するためには、生食食物連鎖や微生物ループなどを考慮に入れた食物網を対象とする必要がある。

農薬や医薬品類は物質ごとに作用機序が異なるため、影響を強く受ける生物群の栄養段階は異なる。例えば、枝角類は殺虫剤（神経系阻害剤）に対しての感受性が高く、殺菌剤（抗生素質）は細菌類に強く影響を与える。本研究では、作用機序の異なる化学物質による湖沼の食物網構造への影響を明らかにすることを目的として、マイクロコズム実験を行った。

方法

実験は温度・光周期が一定に保たれた恒温室内で行った。マイクロコズムの容量は 20 L で、モデル群集は長野県諏訪湖の底泥に含まれる動物プランクトンと微生物から構築した。処理区は①対照区、②～④殺虫剤ピリミカーブ（PIR : 0.8, 4.0, 20 µg/L）、⑤～⑦抗菌剤オキシテトラサイクリン（OTC : 0.04, 0.2, 1.0 mg/L）の 7 つで、繰り返し数は 3 とした。実験開始 12 日後から 4 日に 1 回、処理区②～⑦に PIR もしくは OTC を添加した。32 日間の実験期間中、動物プランクトンの餌として *Chlorella vulgaris* を 2 日に 1 回与え、試水と生物のサンプリングは 4 日に 1 回行った。動物プランクトンは顕微鏡下で同定・計数し、DNA 量と微生物相（原生動物と細菌類）は qPCR と環境 DNA のメタバーコーディングにより解析した。

結果

動物プランクトン群集構造への影響は PIR が OTC より顕著であった（図 1）。特に、PIR を 20 µg/L となるよう添加した処理区では、実験開始 12 日後から枝角類 (*Daphnia* と *Bosmina*) の密度が低下し、ワムシ類 (*Hexarthra* など) が増加した。一方、OTC による影響はほとんどなかった。細菌相は、薬剤が添加された処理区において、優占種が対照区と比べて変化することがわかった。

考察

殺虫剤に対しての感受性が高い大型のミジンコは、個体数が減少した。そのため、競争関係にあり、感受性の低いワムシ類が増加した。また、それに伴って、捕食性ケンミジンコが増加したと考えられる。また、抗菌剤を添加した処理区では、細菌相が変化していた。しかし、細菌 DNA の検出量は低く、また、本実験では *Chlorella* を添加していたことから、食物網における微生物ループの寄与が小さかった可能性がある。

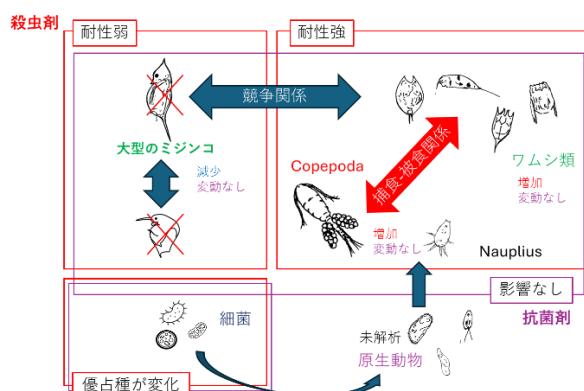


図 1、マイクロコズム内の生物群集に対する殺虫剤と抗菌剤の影響。殺虫剤処理区では種間競争の緩和によってワムシ類が増加した。抗菌剤処理区では細菌相が変化したが、食物網への影響は限定的だった。

P-08

生物間相互作用を考慮した簡便な試験法の開発

○彦坂亮太¹・坂本正樹²¹富山県立大学大学院 M1・²富山県立大学

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。近年、種の感受性分布による評価も重要視されているが、これも種レベル試験の結果に基づく評価のため、生物間相互作用を考慮した評価はできない。生物間相互作用を考慮した試験法では、マイクロコズムやメソコズムの試験法が OECD などから提案されている¹⁾。しかし、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。

個体群・群集レベルでの生態影響を評価する上で、従来の試験法に欠けている要因は種内競争に起因する密度効果、捕食者が放出する情報化学物質、摂食・捕食行動の環境ストレスである。

本研究では個体群・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。

方法

本研究で使用した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 (NIES-35) とオオミジンコ (NIES-IV-2) を用いた。

ムレミカヅキモの試験では、細胞密度を公比 5 で 5 段階に設定した。培地の条件として MOPS と EDTA の有無を設定した。光量子束密度の条件を 110、130 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ と設定した。前培養期間は 3 日または 5 日とした。サンプル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。

オオミジンコの試験ではオオミジンコの混雑物質を用いて、混雑物質濃度を公比 2 で 5 段階に設定した。培地の条件は EDTA なし、MOPS

ありと設定した。試験開始時と 6 日目と試験終了時に pH と DO を測定した。親ミジンコの生死と産仔数を毎日観察し、内的自然増加率を算出した。混雑物質濃度による内的自然増加率への影響については、べき関数モデルを用いて解析した。

結果と考察

ムレミカヅキモの試験より増加率が 0.5 になる密度と最低細胞密度の増殖倍率は EDTA なし、MOPS あり、光量子束密度 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、3 日前培養の条件下では 5.7×10^6 cells/mL、6.7 倍、EDTA あり、MOPS なし、光量子束密度 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、3 日前培養の条件下では 4.6×10^6 cells/mL、13 倍、EDTA あり、MOPS あり、光量子束密度 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、3 日前培養の条件下では 3.6×10^6 cells/mL、13 倍、EDTA なし、MOPS あり、光量子束密度 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、5 日前培養の条件下では 3.4×10^6 cells/mL、14 倍であった。

光量子束密度が 130 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の条件下の試験とオオミジンコの試験については現在、実験結果の解析を行っている。

全ての条件下で増殖倍率は妥当性基準の 16 倍を超えるなかった。光量が足りないと仮定し、光量子束密度 130 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の条件下で試験を行うと増殖倍率が 16 倍以上になり、増加率が 0.5 になる細胞密度が変化する可能性がある。

引用文献

- 環境省. 「生態系保全等に係る化学物質審査規制検討会（第 3 回）」
<<https://www.env.go.jp/chemi/seitai-kento/h13/03.html>> (2024 年 11 月 22 日閲覧)

P-09

海洋性水素酸化脱窒細菌群の集積培養と脱窒能力の評価

○熱田穂歌¹, 亀井樹²¹山梨大学大学院 M1, ²山梨大学国際流域環境研究センター

はじめに

閉鎖循環式陸上養殖は環境汚染を低減した新しい養殖技術とし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成長に悪影響を与えるため、定期的な除去が必要であり、現在はメタノールなどを利用する方法が確立されているが、生体毒性の懸念とそれを防ぐ装置に煩雑な制御を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、この反応の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が乏しいことから、本研究にて明らかにすることを目的とした。

これまでの検討から、淡水環境下で集積培養した水素酸化脱窒汚泥は、海水環境でも脱窒能力を示すものの、時間経過により脱窒能力が低下することが分かっている。そこで、新たに海水環境下から水素酸化脱窒細菌群を獲得し、脱窒能力評価を試みた。

方法

静岡県沿岸部の海岸から海岸底泥を採取し、容積 0.5L の円筒状容器に不織布 ($6 \text{ cm}^3 \times 4$) とともに投入した。そこへ、硝酸性窒素を 10 mg/L 含んだ模擬海水を水理学的滞留時間が 10 時間となるように連続的に通水し、また、水素ガスを 50 ml/min で散気玉を用いて通気した。所定時間の集積培養後に装置内部の微生物量を測定し、集積培養汚泥の窒素除去能力を評価した。なお、対象区として甲府市下水処理場の活性汚泥についても同一条件で培養を行った。

結果と考察

脱窒速度が安定した時点での微生物量を算出し、直後の脱窒性能をもとに窒素除去速度を算出した（図 1）。平均窒素除去走度は海岸底泥で $13.0 \pm 2.2 \text{ mg/g-VSS/日}$ 、活性汚泥で $8.4 \pm 1.7 \text{ mg/g-VSS/日}$ だった。海岸底泥は培養により活性汚泥よりも約 1.5 倍高い脱窒速度を示し ($n=6, p=0.0019, t$ 検定)、さらにこのとき流入水中の無機態窒素の 70% が除去されており、良好な脱窒能力示した。

次に、培養前後の微生物量の変化を調べた。海岸底泥では揮発性有機物量あたり $0.23 \pm 0.02 \text{ g}$ の底泥を投入して培養を開始し、118 日後には $0.72 \pm 0.22 \text{ g}$ と約 3 倍増加した。一方で、活性汚泥の初期微生物量は $1.75 \pm 0.02 \text{ g}$ であり、118 日後には $1.31 \pm 0.32 \text{ g}$ まで減少していたことが分かった。以上の結果より、海岸底泥については良好な脱窒能力が確認されており、脱窒能力を持つ微生物群が増加したことが伺えた。一方で、活性汚泥では微生物量が減少したことから、汚泥内の有機物を自己分解する嫌気呼吸が進んでいたと考えられた

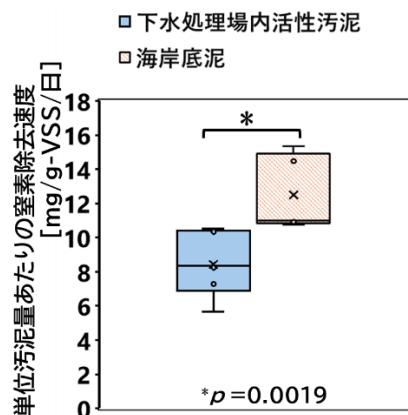


図 1 培養汚泥が示した窒素除去速度の比較

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-10

諏訪湖の植物プランクトン増殖と栄養塩制限

○輿石庸行¹・宮原裕一²¹信州大学大学院 M1 · 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、その増減が生態系に大きな影響を及ぼす。また、一般的に湖沼における植物プランクトンの増殖は栄養塩（リン、窒素）によって最も強く制限されている（Hecky・Kilgarn, 1988; Elser et al., 1990）。そのため、植物プランクトンの増殖における栄養塩制限を把握、解明することは湖沼生態系理解へ向けた重要な情報となる。

そこで本研究では、現在の諏訪湖の植物プランクトン増殖における栄養塩制限の季節変動を把握し、それを決定する要因とその影響を明らかにすることを目的とし、調査、実験を行った。

方法

栄養塩制限を把握するための実験として、栄養塩添加実験（Kagami et al., 2013 を参考）を 2023 年 7 月から 2024 年 11 月まで計 17 回実施した。諏訪湖湖心で全層水を採水し、その全層水に大型の動物プランクトンによる捕食圧と、培養中の栄養塩の枯渇を防ぐ処理を行った。処理を行った全層水に栄養塩を添加し、無添加区、リン添加区、窒素添加区、ケイ素添加区、リン・窒素・ケイ素を添加した混合添加区（計 5 添加区）を 3 つずつ用意し、インキュベーターを用いて温度、光条件を揃えた上で培養を行った。培養前後でクロロフィル a 濃度の測定を行い、植物プランクトンの増殖速度を求め、栄養塩添加区間の増殖速度を比較した。それに加えて、培養前後の栄養塩（PO₄-P、NH₄-N、NO₃-N、SiO₂）の定量を行い、各添加区における培養中の栄養塩吸収を把握した。

変動要因を明らかにするために、諏訪湖湖水と主要な流入河川 4 つの水質調査（PO₄-P、DIN、

Chl. a）を同時期に実施した。また河川からの流入量把握のため、流出水量（長野県諏訪建設事務所より入手）、降水量（気象庁諏訪特別地域気象観測所観測データ）を取得した。

また 2024 年の実験では、栄養塩制限が植物プランクトン種に与える影響を明らかにするため、上記の調査、実験と同時に諏訪湖全層水を採水し、ルゴール液で固定後、顕微鏡観察を実施した。

結果・考察

2023 年 8 月-10 月、2024 年 8 月以外の栄養塩添加実験において、リン添加区で有意な増殖速度の増大がみられた。それに対し、2023 年 8 月-10 月、2024 年 8 月の実験では混合添加区のみ有意な増殖速度の増大がみられた。また、同期間の混合添加区において、溶存無機態リン（PO₄-P）と溶存無機態窒素（NH₄-N, NO₃-N）の消費が認められた。これらの結果から、諏訪湖の植物プランクトン増殖は主にリン制限を受けしており、8 月-10 月頃のみリン・窒素の共制限を受けていると考えられる。

諏訪湖の植物プランクトン増殖がリン制限を受けている要因としては、諏訪湖の主な栄養塩供給源（沖野、1990）である流入河川の N/P 比が考えられる。水質調査で得られた諏訪湖の主な流入河川 4 つの N/P 比（DIN/RP）と諏訪湖植物プランクトンの平均 N/P 比（輿石・宮原、2024）を比較すると、流入河川は 74-180 : 1 であるのに対し植物プランクトンは 21:1 であり、流入河川からの栄養塩供給は植物プランクトンにとって N/P 比が低く、リン制限になりやすいと考えられるためである。

諏訪湖で 8 月-10 月頃にリン・窒素の共制限が生じた要因としては、ヒシの枯死が考えられる。水質調査と流入量把握の結果、8 月-10 月頃

の諏訪湖では栄養塩制限の変化と同時に植物プランクトン量が大きく増加していた。一方、流入河川では水質や水量に大きな変化が確認されなかった。このことから、この植物プランクトン量の増加は湖内部での栄養塩負荷が要因であると推測される。この時期は諏訪湖に大量繁茂しているヒシが枯死しヒシ帯が消失していく時期であり、枯死したヒシからは栄養塩が供給される（渡辺ら、2010）。その供給される栄養塩の N/P 比を先行研究（武居、2010；渡辺ら、2010）から試算すると 10:1 であり、ヒシが枯死することで、湖全体に供給される栄養塩の N/P 比が低下し、植物プランクトンの N/P 比に近づいたため、リン・窒素の共制限が発生したと考えられる。

また、栄養塩制限の変動と同時に植物プランクトン種組成にも変化がみられ、リン・窒素の共制限が生じた次の月である 2024 年 9 月に窒素固定を行う植物プランクトンである *Dolichosppennum* sp. と *Aphamizomenon* sp. の細胞密度が大幅に増加した。このことから、枯死したヒシからの栄養塩供給は、秋季の諏訪湖における窒素固定型ラン藻の増殖に対して有利な環境を作り出していることが考えられる。

- 武居薫（2010）水草、ヒシ除去の試験施工が湖沼沿岸生態系および水質に及ぼす影響 報告書:3-9
- 沖野外輝夫（1990）諏訪湖 ミクロコスモスの生物 八坂書房
- 渡辺正弘、小山孝昭、佐々木久雄（2010）伊豆沼のヒシの栄養塩吸収・溶脱特性を利用した栄養塩濃度制御方法の提案。水環境学会 33 : 57-61

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
- Hecky, R. E., P. Kilham (1988). Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: A review of recent evidence on the effects of enrichment. Limnology and Oceanography, 33 (4), 796-822
- Kagami, M., Y. Hirose, H. Ogura (2013). Phosphorus and nitrogen limitation of phytoplankton growth in eutrophic Lake Inba, Japan. Limnology, 14, 51-58
- 輿石庸行、宮原裕一（2024）。諏訪湖における植物プランクトンの増殖と栄養塩制限、信州大学環境科学年報、46、8-17

野尻湖底層における溶存酸素濃度の変動特性

○时任晶央¹・小松一弘¹・豊田政史¹・飯室遼¹

¹信州大学大学院

はじめに

野尻湖は長野県北部、妙高戸隠連山国立公園内に位置する面積 4.55km²、最大水深 38.3m、平均水深 20.8m の貧栄養湖である。

野尻湖では 2011 年を境に湖心底層で冬季に貧酸素状態が突然観測されるようになった。本研究ではその原因解明を目的として、湖水水質の変動特性を解析した。具体的には、野尻湖における長期的な水質変動の把握と DO・水温ロガーによる高頻度現地観測である。

方法

水質データとして長野県環境部水大気環境課が公開している毎月の調査結果を利用した(長野県 2024)。

高頻度現地観測は①2023 年 8 月 25 日～11 月 6 日(秋季)，②2023 年 11 月 28 日～2024 年 2 月 11 日(冬季)，③2024 年 5 月 14 日～7 月 28 日(夏季)の三つの期間に分けて行った。いずれの観測でも、DO ロガーを底層(水深約 30m)に設置し、水温ロガーを水深 5m～35m に 5m 間隔で設置した。測定間隔は DO ロガー、水温ロガーともに 5 分に設定した。なお、野尻湖湖心の水深は 30m～40m であり、年間で大きく変動する。底泥溶出などの影響を受け観測精度が下がってしまう可能性を考慮し、本研究では湖心の底層直上 5m 地点に DO ロガーを設置した。また、ロガーを安定させるため、水深 30m 付近に中間ブイを設けた。

結果

毎月の水質測定の結果より、野尻湖湖心の底層では 2011 年を境に急激な貧酸素化がみられ、特に冬季にはほぼ 0mg/L を記録していることが分かった。また、2011 年以降の冬季には深刻な貧酸素状態が起きていることが分かった(図 1)。

設置した DO ロガーによる観測結果を図 2 に示す。秋季は底層 DO が減少傾向にあったが、一時的に減少が停滞する時期もあった。冬季の底層 DO は 12 月中旬までは減少傾向が続いていたが、12 月下旬から 1 月上旬にかけて 0mg/L～10mg/L の間で大きく増加・減少を繰り返す挙動を示し、1 月中旬には 9mg/L まで回復した。以降は 2 月中旬まで増加傾向を示した。夏季の底層 DO は減少傾向を示した。

考察

湖沼で貧酸素化が進行する要因として、”湖内底層における酸素消費”と”躍層を経由した表層からの酸素供給の阻害”の二つが挙げられる(環境省 2020)。急激に貧酸素化が進行した 2011 年 6 月には底層の COD 値がこれまでの観測データの中で最大値を示しており、同年の底層の窒素濃度は年平均値で 0.15mgN/L から 0.28mgN/L と二倍近くに増加していた(図 3)。そのため 2011 年に突如発生した底層の貧酸素化の要因は、湖内底層において水質が変化したことにより酸素消費量が増加した可能

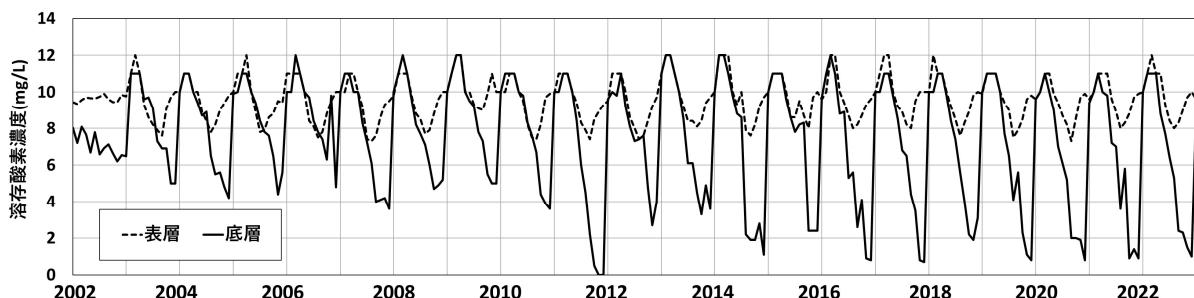


図 1 野尻湖湖心の底層 DO の推移

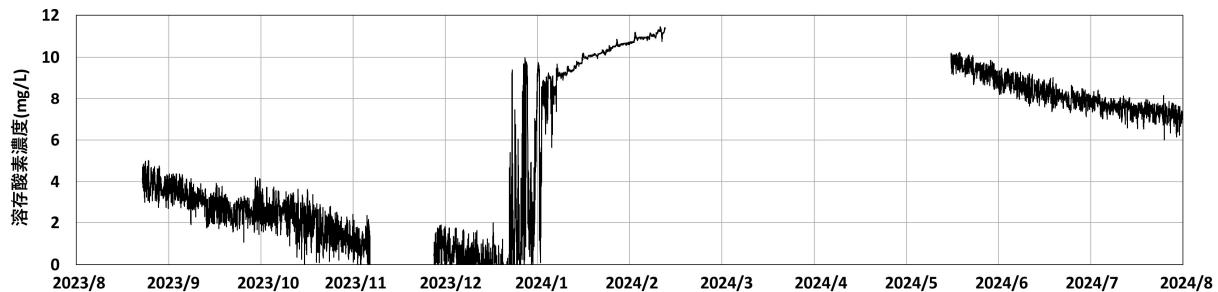


図2 野尻湖湖心の底層DOの高頻度観測結果

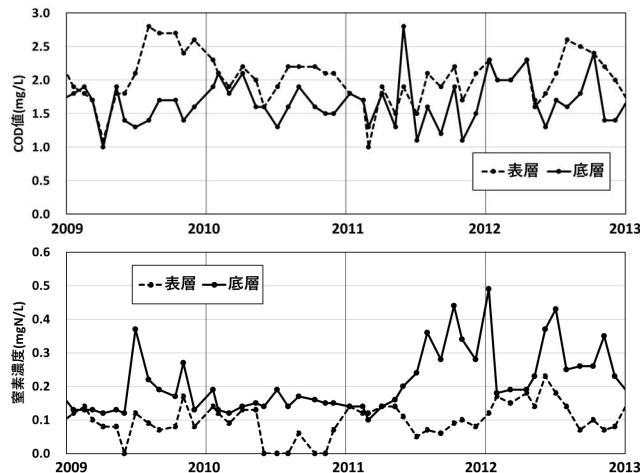


図3 COD値と窒素濃度の推移

性が高い。しかし、他の年度では底層DOの消費と水質の変化に連動関係がみられず、別途測定した有機物特性との間にも連動性がみられることはなかった。一方、設置したDO・水温ロガーによる連続観測の結果から野尻湖湖心では躍層における水温差と貧酸素化の間に連動性があることが明らかとなった。例えば、秋季は底層DOが徐々に減少していく時期であるが、水温躍層の時間変動が大きい時期には、酸素の供給が発生したことで一時的にその減少に歯止めがかかることが分かった。なお、水温躍層の時間変動には水位の変動が強く影響している。2023年秋季に水位が急激に低下した際には、それまで 0.06mg/L/day のペースで減少していた底層DOの減少が停滞していたことが分かった。また、冬季において表層と底層における水温差が概ね 1°C 以下になる時期に底層DOが大きく回復することも分かった(図4)。表層と底層の水深差は25mであることから、 $0.04^{\circ}\text{C}/\text{m}$ の水温勾配が、酸素の鉛直混合を引き起こすための境界だったと言える。以上から、野尻湖湖心の底層における貧

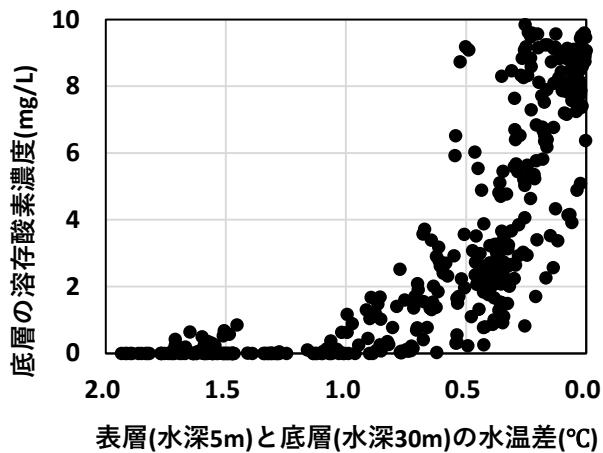


図4 底層DOと水温差の関係

酸素化が進行する要因として、湖内底層における酸素消費による影響よりも、躍層による酸素供給の阻害による影響が強く働くと考えられる。2011年以降、毎年貧酸素状態が観測されるようになった原因は、こうした躍層の挙動に影響を与える水位や温度勾配が、同年を境に大きく変化したためかもしれない。なお、小松ら(2010)によると、霞ヶ浦の貧酸素水塊は湖内底層の酸素消費が強く影響されるとしており、湖沼のタイプによってその要因が異なることが分かった。

引用文献

長野県環境部水大気環境課、河川・湖沼等の水質測定結果、URL.

<https://www.pref.nagano.lg.jp/mizutaiki/kurashi/shizen/suishitsu/kasen/index.html>

環境省(2020)、湖沼の底層溶存酸素量及び沿岸透明度に関する水質保全対策の手引き、URL.

https://www.env.go.jp/water/kosyou/post_87.html

小松伸行、石井裕一、渡邊圭司、本間隆満、北澤大輔(2010)霞ヶ浦における貧酸素水塊の観測と解析。水工学論文集、Vol. 54, pp. 1399-1404

謝辞

本研究はJSPS科研費JP23KK0191の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表する。

P-12

外付け式水質浄化ユニットによる 浄化槽処理水の高度処理に関する検討

○奥村大河¹・William Ode1a¹・亀井樹²¹山梨大学大学院・²山梨大学国際流域環境研究センター

はじめに

気候変動および災害による水不足や水質悪化が深刻化しており、新たな水源として安定して水量を確保できる下水処理水の高度処理と再生水利用に注目が集まっている。すでに下水処理場を中心に実施されており、再生水化に成功し実用化が進む。一方、同じ下水処理水でも浄化槽処理水の再生水化は進んでいない。浄化槽利用地域は農村も含まれるため灌漑用水等への利用が期待され、浄化槽処理水の高度処理と再生水化の方法確立は有効である。しかし、多くの浄化槽が既設であり、設備の機能改変は認められていない。そこで浄化槽本体の改良を必要とせずに、外付け式の浄化ユニットを使い再生水利用を可能にする高度処理が可能か、処理方法とともに効果を明らかにすることを本研究の目的とした。

方法

山梨県甲州市に設置されている 5 人槽の合併浄化槽(使用人数 2 人)を実験に使用した。浄化ユニットは維持管理や設置の容易さを考慮し、人工湿地、砂ろ過、酸化池を選定した。すべての装置の有効容積は 70L とし、水理学的滞留時間が 12 時間となるように浄化槽処理水を間欠的に通水した。人工湿地は先行研究をもとにゼオライトと軽石をろ材に使用する Tidal-flow 式装置¹⁾を使用し、砂ろ過は浄水場で利用される珪砂をろ材に使用して作成した。人工湿地および砂ろ過槽は処理水を装置内部から排出して新たに排水を通水するフィードバッチ運転とし、酸化池は通水時に貯留水が排出される押し流れ式とした。1 週間に 1 度、各装置の処理水を採水し、BOD・全窒素・大腸菌を測定した。

結果と考察

紙面の都合上 BOD の除去効果を示す。浄化槽処理水の平均 BOD は $9 \pm 5 \text{ mg/L}$ だったが、外付けユニットによる浄化を受けその濃度は減少した(図 1)。人工湿地、砂ろ過を経た処理水の平均 BOD は共に $2 \pm 2 \text{ mg/L}$ であり、酸化池は $5 \pm 2 \text{ mg/L}$ だった。平均濃度をもとに算出した BOD 除去率は、人工湿地、砂ろ過、酸化池でそれぞれ、82%、79%、41% だった。下水処理水再生水を生食用作物の灌漑用水に利用する場合の BOD 基準値は 5 mg/L ²⁾ であり、今回調査した浄化槽処理水の直接利用は難しい。しかし、人工湿地および砂ろ過後の処理水は基準値を満たしており、これらの外付けユニットは再生水化を可能にする能力を有することがわかった。人工湿地・砂ろ過は排水時間を設けているため装置内部に好気環境が構築される時間があり、これが好気性微生物による残存有機物分解を促し、BOD 除去率が向上した要因であると考えられた。

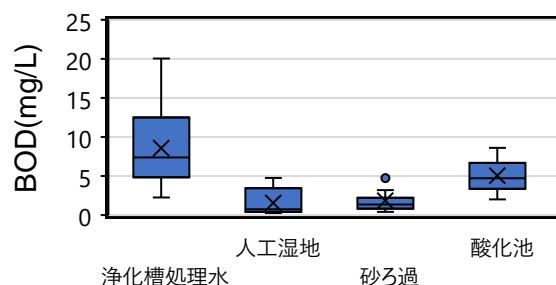


図 1 処理水中の平均 BOD の比較

参考文献

- 三輪耀大、Tidal-flow 人工湿地の下水処理性能の評価、山梨大学大学院修士論文(2022)
 - 農林水産省農村振興局整備部地域整備課、農業集落排水施設の処理水のかんがい利用に関する手引き(案)(最終閲覧日、2024年 11月 15 日)
- 謝辞: 本研究は JST、RISTEX、JPMJRX21I7 の一部支援を受けて行った。

P-13

ウルトラファインバブル発生装置を用いた水素酸化脱窒装置の開発

○西川文野¹, 小寺博也², 山東丈夫², 西田継³, 亀井樹³¹山梨大学大学院 M2, ²三菱ケミカルアクア・ソリューションズ(株), ³山梨大学 国際流域研究センター

はじめに

世界各地で地下水の硝酸性窒素汚染が深刻化している。独立栄養性細菌による水素酸化脱窒反応は、一般的な脱窒反応に比べて余剰汚泥が少ない点や、水素ガスは人体に無害であるため残留しても健康被害を引き起こさない点で、硝酸性窒素汚染地下水の浄化技術に適する。しかし、水素ガスの持つ水への低い溶解性のために脱窒率の向上に大量の水素ガスを要する点が重大な欠点である。

近年の研究では、ウルトラファインバブル(UFB)発生装置の使用により、水素ガス注入量を最大4/5程度に抑制できることが明らかとなっている¹⁾。また、充填式反応槽を用いることで単位容積当たりの微生物保持量が増え、脱窒能力の向上効果が示唆されている²⁾。このように、水素ガス投入量の削減と脱窒向上にはUFBと充填式反応槽の利用が有効であると考えられるが、その有効性や詳細な脱窒性能は明らかとなっていない。そこで本研究では、UFBと充填式反応槽を用いた水素酸化脱窒リアクターを作成し、脱窒性能の向上効果を検証した。

方法

装置容積約1.5Lの円筒状アクリル製リアクターに5mm角スポンジ担体をそれぞれ約40%の充填率で投入した。そこへ本研究室で集積培養した水素酸化脱窒細菌を含む汚泥を揮発性懸濁物質量として約350mgとなるように添加した。水素ガスは装置底部からUFB発生装置を用いて通気した後に、馴化運転後に硝酸性窒素を10mg-N/L含む模擬地下水を通水し、脱窒処理実験を行った。水理学的滞留時間(HRT)を90分、30分、15分となるように段階的に低下させて運転し、脱窒率の変化を調べた。実際の地下水

処理を想定し、装置内部の水温は冷却器を用いて約20°Cに保持した。

結果と考察

HRTを短縮すると脱窒率は低下傾向にあった(図1)。HRTが90分の場合、平均脱窒率は88±14%であった。この時の処理水には硝酸性窒素が0.74±0.69mg-N/L、亜硝酸性窒素が0.41±0.62mg-N/Lであり、亜硝酸性窒素については、飲料水基準値である0.04mg-N/L³⁾を上回った。一方で、HRTの減少により脱窒率は低下し、HRT15分の場合では47±24%まで減少した。この条件では硝酸性窒素と亜硝酸性窒素はそれぞれ2.5±1.3mg-N/L、1.9±1.5mg-N/Lであった。HRTの短縮により脱窒細菌と水素ガスの接触時間が低下したため、脱窒反応が一部阻害されたことが窺えた。最も脱窒率の高いHRT90分の条件では、装置は約146g-N/m³/dの脱窒速度を示し、MBRを利用した水素酸化脱窒装置⁴⁾と同等の脱窒速度を示した。引き続き、水素ガスの利用効率向上のため密閉型の水素酸化脱窒装置を運転し、装置の最適化を行う予定である。

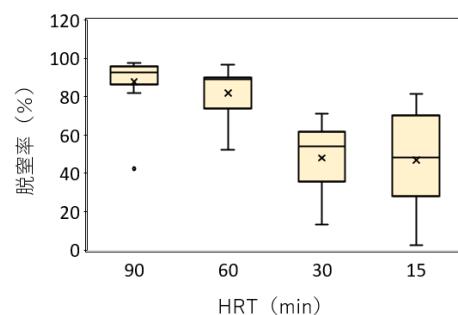


図1. HRTごとの脱窒率の変化

引用文献

- 1)鳴島春奈 (2022) . 山梨大学環境科学科, 卒業論文
- 2)西川文野 (2023) . 山梨大学環境科学科, 卒業論文
- 3)環境省 水質基準項目と基準値 (51項目)
- 4) C. Visvanathan et al. (2008) . Process Biochemistry 43:673-682

諏訪湖における沈水植物の分布に影響を与える環境要因

○斎藤諒¹・宮原裕一²¹信州大学大学院 M2・²信州大学理学部

はじめに

沈水植物は植物体全体が水中に沈んで成長する水草であり、その分布は他の生育形の水草と比べて環境の影響を受けやすい。沈水植物の分布に影響を与える環境要因には、水深や底質、栄養塩など様々な要因があり、その影響の度合いは種によって異なる。長野県中部にある諏訪湖では、現在、主要なものだけでも 7 種の沈水植物が確認されている。しかし、その分布域は種によって異なっており、その要因は未解明である。そこで本研究では、諏訪湖における沈水植物の分布に影響を与える環境要因の解明を種単位で行った。

方法

2024 年 9 月に諏訪湖沿岸 15 地点にて、沈水植物の採取、環境要因の測定・分析を実施した。沈水植物はエクマンバージ採泥器を用いて表層の底質ごと採取した。採取した沈水植物は種別に分け乾燥重量を秤量し、現存量(g/m²)を算出した。環境要因は、光環境に関する水深・相対光量(水深 : 0.5m・底質直上)・浮葉植物ヒシの被度(%)を測定・算出した。また、物理的環境に関する底質の平均粒径と、化学的環境に関する底質間隙水中の溶存態無機窒素(DIN)・反応性リン(RP)濃度、底質窒素(N)・リン(P)含有量を測定した。

結果

沈水植物はクロモ(10)、マツモ(12)、セキショウモ(3)、ヒロハノエビモ(3)、ササバモ(2)、ホソバミズヒキモ(1)の計 6 種が確認された(0 は採取地点数)。

諏訪湖内での分布から、沈水植物は①クロモ・マツモ、②セキショウモ・ヒロハノエビモ・ホソバミズヒキモ、③ササバモの 3 つのグルー

プに分けられた。

グループごとに環境要因との関係を見ると、①のグループは、水深が 0.7-2.4m、水深 0.5m の相対光量は 0.01-25%、底質直上では 0.001-15%，ヒシの被度は 0-64% であった。また、底質の平均粒径は 23-397μm であった。②のグループは、水深が 0.7-1.1m、水深 0.5m の相対光量は 6-70%，底質直上では 1-70%，ヒシの被度は 0-2% であった。また、底質の平均粒径は 120-397μm であった。③のグループは、水深が 1.1-1.6m、水深 0.5m の相対光量は 6-15%，底質直上では 1-3%，ヒシの被度は 0-2% であった。また、底質の平均粒径は 45-261μm であった。

底質の平均粒径と、間隙水 DIN($r = -0.61$, $p < 0.05$)、底質 P($r = -0.83$, $p < 0.001$)、底質 N($r = -0.83$, $p < 0.001$) で有意な負の相関が見られた。また、粒径と水深の間にも有意な負の相関($r = -0.77$, $p < 0.001$) が見られた。

考察

水深・相対光量・ヒシの被度から、①クロモ・マツモは比較的幅広い光環境に、②セキショウモ・ヒロハノエビモ・ホソバミズヒキモは水深が浅く光量が高いところに、③ササバモは②のグループより水深が深く、光量が低いところに分布する傾向が見られた。この原因として、種によって生存・成長限界光量が異なることが考えられる。今本ら(2008)によると、クロモ・ネジレモ(セキショウモの近縁種)・ササバモの成長限界光量が報告されており、それぞれ 3-12・12 μmol/m²/s であった。このことから、沈水植物は種により適応可能な光量が異なり、光環境が諏訪湖の沈水植物の分布にも影響を与えている可能性が示唆された。

底質の粒径から、①クロモ・マツモは比較的幅広い底質に、②セキショウモ・ヒロハノエビ

モ・ホソバミズヒキモは粒径が比較的大きなところに、③ササバモは②のグループより粒径の小さいところに分布する傾向が見られた。この原因として、水深と栄養塩濃度が関係していると考えられる。本研究において、底質の粒径と水深には負の相関がみられた。水深が浅いほど底質へ伝わる波の影響が強くなり、流れの影響が強いほど存在する粒径は大きくなる。また、水深が深い、もしくは浮葉植物などの影響で流れが小さくなる地点においては底質の粒径が小さくなることが知られている(平山ら, 2003)。このことから水深が浅い地点ほど粒径が大きくなったと考えられる。

また、底質・間隙水中の栄養塩濃度と底質の粒径において負の相関が見られた。粒径の小さな底質ほど栄養塩を多く含み、根から栄養塩を取り込む沈水植物の成長を促進させることができている(Barko and Smart, 1986)。したがって、粒径の大きな底質に分布する沈水植物は、根から効率よく栄養塩を取り込むことができる種であると考えられる。特にセキショウモ・ヒロハノエビモは発達した根茎を持つことから、栄養塩が乏しい地点に分布できたと考えられる。

結論

本研究において採取された 6 種の沈水植物が 3 つのグループに分けられた。クロモ・マツモは比較的幅広い環境に適応していることが確認された。セキショウモ・ヒロハノエビモ・ホソバミズヒキモは、光環境が良好で、底質中の栄養塩濃度が比較的低い地点に分布し、ササバモは上記 2 グループの中間的な環境に分布していた。

引用文献

- 平山英雄・辻本剛三・島田富美男・本田尚正
(2003) 海岸工学, 第 1 刷, 株式会社コロナ社,
p128
今本博臣・松本潤・古里栄一・鷺谷いづみ

(2008) 琵琶湖に生息する 6 種の沈水植物の光・水温特性, 応用生態工学, 11 卷, 1 号, p. 1-12

John W. Barko · R Michael Smart (1986) EFFECTS OF SEDIMENT COMPOSITION ON GROWTH OF SUBMERSED AQUATIC VEGETATION, Department of the Army US Army Corps of Engineers Washington, DC, p.1-46

近年諏訪湖に出現するようになった *Daphnia galeata* の消長と食物の関係

P-15

○佐藤秀美¹・二木功子²・朴虎東²・笠原里恵²¹信州大学大学院 M2 · ²信州大学理学部

はじめに

湖水生態系の 2 次生産者であるミジンコ等の動物プランクトンは、1 次生産者である植物プランクトンを主食物としており、その量や組成は動物プランクトン出現に影響する重要な要因の一つとされる。長野県の諏訪湖では、2020 年以降、毎年初夏に *Daphnia galeataga* が出現しており、2022 年には、5 月と 6 月の優占種となった。同時期の湖水中の優占する植物プランクトンは珪藻であるが、ろ過摂食者である *D. galeata* の食物サイズ（1 ~40μm：花里 2006）に相当する具体的な植物プランクトン種は明らかではない。本研究の目的は、諏訪湖の *D. galeata* が出現時期に摂食している植物プランクトン種を明らかにし、両者の出現状況との対応を検討することである。

方法

調査は諏訪湖湖心（水深 5.8m）において、2023 年 3 月から 2024 年 8 月まで実施した。*D. galeata* が出現した 4 月中旬から 7 月初旬まで概ね週 1 回、他の期間は月 1 回の頻度で全層水（9~11L）の採水を行い、併せて溶存酸素量、透明度を測定した。動物プランクトン試料は 40μm のプランクトンネットでろ過濃縮し、植物プランクトン試料は 40μm メッシュによるろ液をそれぞれ中性ルゴール液で固定した。*D. galeata* を含む動物プランクトンの密度は、濃縮液を光学顕微鏡で観察し、日本淡水産動植物プランクトン図鑑（田中 2008）を参考に種を同定し計算した。植物プランクトンは、計算版を使用して種別に計数した湖水中の密度から、体積量を計算した。2024 年の 5 月～6 月には、*D. galeata* の食物摂食直後の腸内容物を確認するため、生体を

湖水から分離採取して曝気水で軽く洗浄し、速やかに実験室で腸を顕微鏡観察した。また、本種の摂食可能な湖水中の植物プランクトン量と有機物量をサイズ別に把握するため、湖水全層水を 40、20、10μm でろ過した試料を GF/C フィルターに吸引し、Marker 法でクロロフィル a 濃度（Ch.a）及び、強熱減量を測定した。

結果

調査を行った 2 年間、*D. galeata* は、2023 年 4 月 29 日～6 月 29 日、2024 年 5 月 10 日～6 月 20 日に出現を確認した。この期間の植物プランクトン (<40μm) の優占種は、2023 年は 4 月、2024 年は 5 月中旬まで珪藻の *Cyclotella meneghiniana* (C.m) だった。両年とも 5 月に *D. galeata* 密度は急増加し C.m は減少した。C.m の体積量減少後の植物プランクトン (<40μm) は、両年とも緑藻類、珪藻類の短片及び、2024 年には鞭毛虫類 (*Cryptomonas*) が確認された。6 月下旬に *D. galeata* は湖水で確認されなくなった。2024 年の Ch.a <40μm の濃度の増減は、同時期の植物プランクトン (<40μm) の体積量と類似した傾向を示した。6 月中旬には Ch.a <40, <20, <10μm 及び、強熱減量 <40, <10μm がさらに減少した。同時期の *D. galeata* は多数が小型で有卵個体が確認できなかった。

生体の腸内観察では、2023 年、2024 年とも 5 月の個体から、約 15μm の円盤状細胞が多数確認され、2023 年 6 月の個体では寒天質に包まれた藻類様細胞、2024 年 5 月下旬の排出時の糞からは *Aulacoseira*、*Fragilaria* 等珪藻類の断片を確認した。

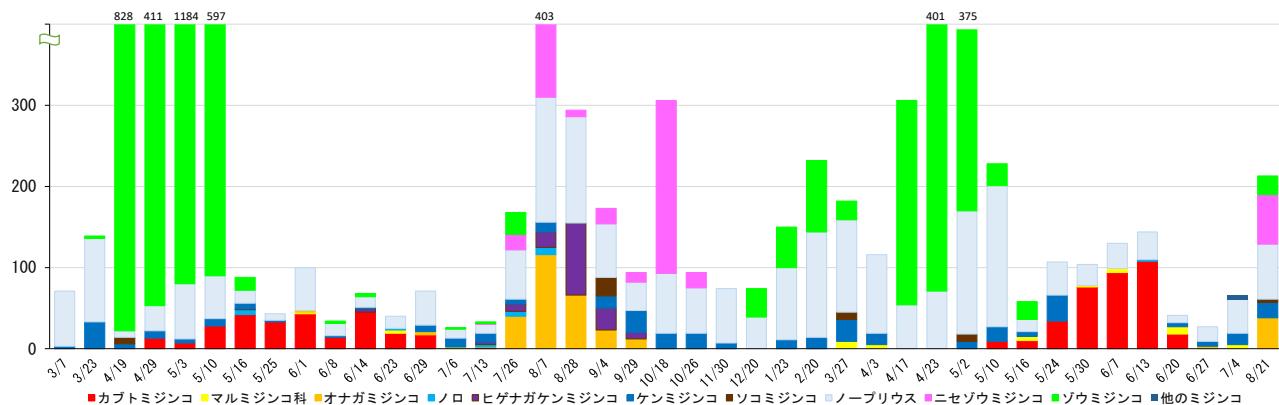


図1 湖水中の動物プランクトン密度 2023年3月～2024年8月（個体数/L）

考察

諏訪湖における *D.galeata* は、湖水中 C.m の体積量の増加直後に出現し、同時期の生体の腸内には C.m と類似した細胞が多数確認された。このため、諏訪湖の *D.galeata* は C.m を主食料としており、初夏の高密度出現は、春の C.m の体積量増加による影響を受けていると考えられた。C.m 減少後は、緑藻、鞭毛虫類、珪藻の断片や湖中の微細有機物を摂食している可能性があるが、これら藻類も 6 月中旬に非常に少なくなり、*D.galeata* は下旬には湖水で確認できなくなった。なお、細菌叢のみでは *Daphnia* 属に必須の脂肪酸が不足する (Anja Wenzel at. al 2012) ため、再生産能力が減衰したこととも考えられる。同時に諏訪湖での本種の出現が一時的である要因の一つだと思われる。

引用文献

- 花里孝幸ら (2001) 陸水学雑誌 62:151-167
 Christer Bronmark & Lars-Anders Hansson (2007) 湖と池の生物学 第5章食物網動態 187-213
 Anja Wenzel et.al (2012) Survival, growth and reproduction of *Daphnia galeata* feeding on single and mixed *Pseudomonas* and *Rhodomonas* diets. Freshwater Biology 57 : 835–846

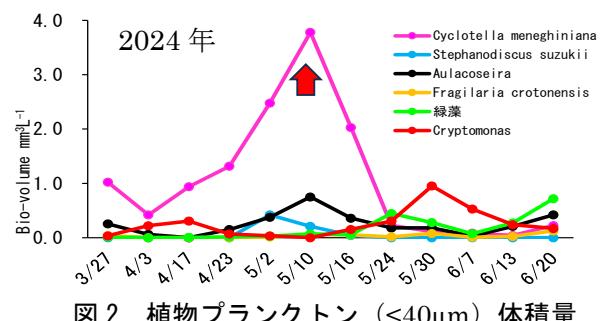


図2 植物プランクトン (<40 μm) 体積量

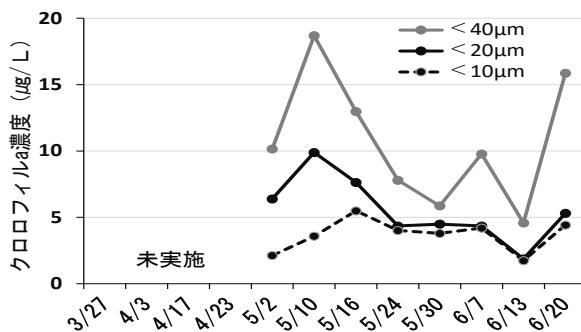


図3 クロロフィル a 濃度 (2024年)

P-16

オニバスの生息環境に関する現地調査および数値解析

○川本朋慶¹²・沼澤蓮音¹・藤下龍澄¹・西尾正輝³・吳修一¹

¹富山県立大学工学部・²Bio クラブ・³氷見市教育委員会

はじめに

オニバス *Euryale ferox* は平地のやや富栄養化した湖沼、ため池、河川などに生育する一年生の浮葉植物である。春に発芽し、夏にかけて成長する。そして秋には、開放花と閉鎖花が結実して、種子を残して枯死する。

富山県氷見市では、かつては十二町潟にオニバスが群生しており、十二町潟の一部の区域が国指定天然記念物オニバス発生地として指定されていた。しかし、1979年を最後にオニバスの生育が確認されなくなった。現在は発生地内的一部区画でオニバスの播種により、人為的にオニバスが維持されている。オニバスはある程度成長して根が充分に発達していない状態では、根が抜けて定着できないことがある。十二町潟では、嫌気的な軟泥が広く堆積しており、この環境が成長期のオニバスの定着に影響している可能性が示唆されている。また、十二町潟の下流の水門を開けることで発生する流水によりオニバスが抜けやすくなることもオニバスが定着できない一因として挙げられている。

本発表では、十二町潟における成長期のオニバスの環境を現地調査で収集し、数値解析することで現在の十二町潟のオニバスの生息環境を評価した。

方法

富山県氷見市の低平地にある十二町潟の国指定天然記念物オニバス発生地内的一部区画において 2021 年 6 月 5 日、2023 年 7 月 24 日、2024 年 7 月 27、28 日に現地調査を行い、成長期のオニバスの環境データを収集した。成長期のオニバスが定着するためには、オニバスが抜けにくくなることとオニバスの成長を促すことが重要になるため、これらに影響

する環境を検討した。オニバスが抜ける要因としては底質の硬さと水流が、オニバスの成長を促す要因としては水温、底質の栄養環境、水中の光環境が要素として挙げられる。底質の硬さとしては、100g の鉄釘を底泥の直上から落として底泥に刺さる深さを泥深として指標にした。底質の栄養環境としては、底質の有機物量が影響するが、十二町潟の底質環境は富栄養であるため、酸化還元電位

(ORP) のみを収集した。オニバスは分解した有機物を栄養として吸収するが、嫌気的な底泥では有機物は分解されにくいため、ORP がオニバスの成長を阻害する指標になるとえた。水中の光環境としては、濁度と水深を収集した。水流については、中田（2023）でシミュレートされた水門を開けた時に発生する流速を使用した。これらのデータを約 1.5m 間隔で整理し、数値解析に使用した。

十二町潟の調査区域において成長期のオニバスの生息環境を評価するために HSI モデル (Habitat Suitability Index, 生息場適性指数モデル) を構築して数値解析した。HSI モデルは、まず対象生物の生息環境を規定する各環境要因で SI 値を算出する式を作成する。そして、これらを統合して HSI を算出し、各地点の生息環境を評価する解析方法である。SI は 0 から 1 の値をとり、値が高いほど生息環境が適していることを示す。各環境要因の SI 値については香川県（2000）を参考に算出式を決定した。SI 値は、水温では単調増加、流速、泥深、水深、濁度では単調減少になる算出式とした。ORP については負の値では嫌気環境、正の値では好気環境を示すため、SI 値は、ORP が 0 までは単調増加、0 以上で 1 になる算出式とした。



図-1 十二町潟の調査区域における成長期のオニバスの生息場適性指数

結果

十二町潟の調査区域における成長期のオニバスの HSI の平均値と標準偏差は、 0.39 ± 0.14 となり、0.5 を超える地点は 8 地点（全体の 3.8%）であった（図-1）。各環境要因の SI の平均値と標準偏差は、流速で 0.85 ± 0.06 、泥深で 0.41 ± 0.27 、ORP で 0.34 ± 0.04 、水深で 0.47 ± 0.28 、濁度で 0.19 ± 0.09 、水温で 0.81 ± 0.07 となり、濁度、ORP、泥深、水深の順に平均値は低くなつた。

考察

十二町潟の調査区域における HSI は 0.5 を超える地点が全体の 3.8% となり、現状の十二町潟は成長期のオニバスの生息環境としてあまり適していないと推察される。各環境要因の SI は濁度、ORP、泥深、水深で平均値が低い値となり、これらの環境要因が成長期のオニバスの制限要因になっている可能性がある。

今後の課題、展望

HSI による数値解析により十二町潟の成長期のオニバスの生息環境がモデル化された。HSI モデルは先行研究から対象生物のハビタットとしての各環境要因の生息条件を SI で評価するシンプルな解析であるが、オニバスではこの条件の情報が非常に粗く、限定的である。今後はこの条件の情報を精査してアップデートし、実際のオニバスの定着、消失と照らし合わせてモデルの精度を評価することでオニバス定着に効果的なツールになると考えられる。

引用文献

- 香川県 (2000) オニバス保護管理マニュアル, 84pp.
- 中田成星 (2023) 氷見市十二町潟でのオニバス再生に向けた水質調査と流水シミュレーション. 富山県立大学工学部環境・社会基盤工学科卒業論文, 40pp.

P-17

野尻湖の水草の回復状況

○小平由美子¹・山下晃子²・大場政哉³・飛澤（館内）知佳⁴・新津雅美⁵

¹長野県諏訪湖環境研究センター・²長野県環境保全研究所・³長野県松本地域振興局・⁴長野県北信保健福祉事務所・⁵長野県環境保全研究所(2024年3月まで)

はじめに

野尻湖は、長野県北部の妙高戸隠連山国立公園内に位置する山間部の湖沼であり、20世紀初頭に行われた調査では豊富な水草が観測されていた。しかし、高度成長期に富栄養化が進行し、水草が著しく増加したため、1978年にソウギョ 5,000 匹が放流され、3 年で湖内の水草帯が喪失してしまった。その後、数十年にわたり、湖内に水生植物はほとんど見られなかつたが、近年になりソウギョの食圧が低下するにつれて水草帯の復活が見られている。

長野県環境保全研究所では、野尻湖の水草帯の復活を見据え長期の観察を行っていたほか、水草帯の分布の把握のため湖周調査と水中ドローンによる調査を行ったので報告する。

方法

1 定点調査

2013 年 5 月から 2022 年 10 月にかけて、野尻湖岸の定点（4 から 6 か所 図 1 の①②⑯⑰⑲⑳）で、年数回程度の頻度で陸上から目視により水草を観測した。水草種の同定は角野（1994 年）に従い属レベルまで行った。

2 湖周調査

2022 年 9 月から 11 月にかけて野尻湖岸の 48 地点（図 1 の数字（丸数字を含む）をマークした地点）および弁天島（湖内島）で目視およびデジタルカメラ、水中ドローンによる水中撮影により水草を観測した。

3 水中ドローン調査

2022 年 5 月から 10 月にかけて、水中ドローン（QYSEA 社製 FIFISH V6）を使い、野尻湖岸の定点（図 1 の①⑯⑲⑳地点）上から沖方

向に約 100m の地点まで約 10m 間隔で湖底の水草を観測した。



図 1 調査地点

（「野尻湖湖沼データ 参考資料」（国土地理院）https://www1.gsi.go.jp/geowww/lake/download/nojiriko/nojiriko-2018_A3.pdf）をもとに加工）

結果・考察

1 定点調査

ソウギョ侵入防止の囲いを設置しているか水深が浅い等の理由でソウギョが侵入しない地点では、毎年春から秋にかけて水草の生育が確認された。

ソウギョの食害を受ける地点では、2016 年までは水草が見られなかつたが、2017 年から生育が見られるようになり、2018 年にはさらに出現頻度が上がりまた量も増えた。2020 年には急激に増加した。

見られた水草は、ホタルイ属、ヒルムシロ属、クロモ属、イバラモ属等であった。

2 湖周調査

観察を行った 49 地点全てで水草が確認された。最も多く見られたのはクロモ属、ヒルムシロ属、イバラモ属、ホタルイ属等も見られた。

3 水中ドローン調査

水穴地点（図 1 の⑲）では、観察を行った 5

月から 10 月まで、水草の生育が確認された。夏にかけて生育量が増え、7 月以降は多いところでは被度 100%になるほどの多量の水草が見られた。7 月から 10 月の間、水深 5m 程度までは豊富な水草が生育しており、それより深くなると水草は減少し、おおむね水深 10m 以深では水草は極めて少なくなった。

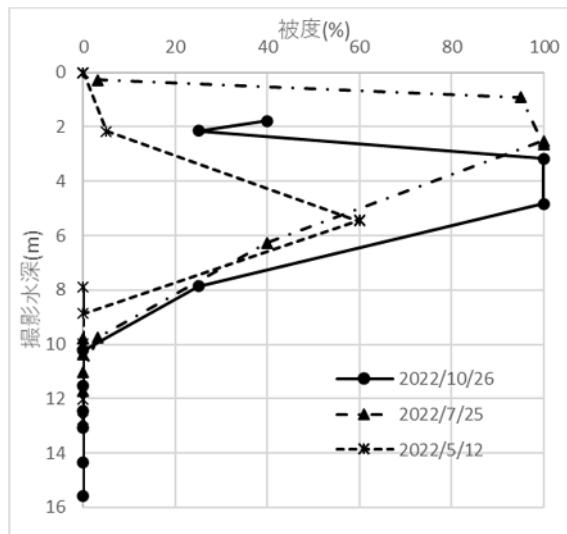


図2 水中ドローン調査結果（水穴地点）

以上より、近年になって野尻湖に水草帯が復活したこと、2022年時点で湖内の広範囲において水草が盛んに生育していることが確認された。

今後の課題として、湖全体の分布および存在量の把握が必要と思われる。

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

樋口澄男, 北野聰, 酒井今朝重, 深瀬英夫, 峰村忠, 山川篤行, 山下晃子, 大場政哉, 近藤洋一 (2019) <速報>急激に増加する野尻湖の水草—ソウギョの食害による全滅から約 40 年ぶりの回復へー. 日本陸水学会甲信越支部会報 45:58-59

角野康郎 (1994) 日本水草図鑑 文一総合出版
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
桜井善雄 (1984) ソウギョ (草魚) の過密放流によ

P-18

諏訪湖におけるトンボ相の変遷

○宮坂真司¹・福本匡志²・谷野宏樹¹・筒井裕文¹・北野聰¹¹長野県諏訪湖環境研究センター・²長野県上伊那農業農村支援センター

はじめに

日本の重要湿地 500 に選定されている諏訪湖は、1960 年代以降の富栄養化によりアオコが異常発生するなど、環境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。

トンボ類は一般に理解されやすく調査もしやすい昆虫であるため¹、指標生物として好適であるが、諏訪湖におけるトンボ類の変遷はほとんど確認されていない。トンボ目全体で年変動や地域ごとの生息種の違いを比較することで、環境による違いと希少種の動態の把握を目指した。

方法

1 羽化殻調査

諏訪湖湖岸の 4か所にモニタリング地点(St. 1-St. 4)を設定し、トンボ目昆虫の羽化殻を採取した。環境省レッドリストの絶滅危惧 II 類に区分され、重要湿地の選定理由にもなっているメガネサナエ *Stylurus oculatus* 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 *Sinictinogomphus clavatus*、オオヤマトンボ *Epophthalmia elegans*、コフキトンボ *Deielia phaon* 及びミヤマサナエ *Anisogomphus maacki* の 5 種について、採取日、採取数、採取地点の様子（水草繁茂状況）等を 2020 年から 2024 年までの 5 年間調査した。

2 メガネサナエ成虫のラインセンサス

諏訪湖流入河川のうちメガネサナエ成虫の繁殖行動が確認されているエリアにおいて、

2019 年から 2024 年までの 6 年間ラインセンサスを実施した。繁殖活動を行う 8 月下旬から 9 月下旬にかけてメガネサナエ成虫の確認数を気象条件等と併せて記録した。

結果

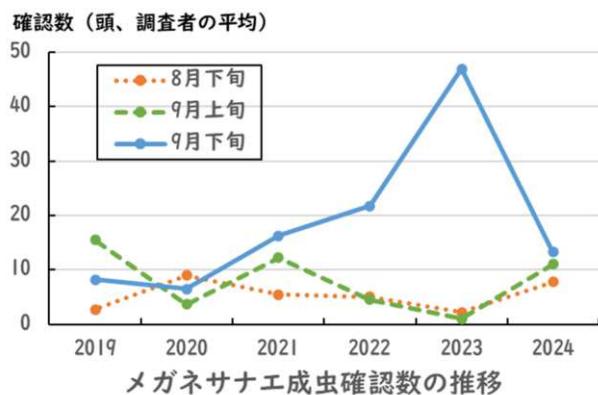
1 羽化殻調査

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



2 メガネサナエ成虫のラインセンサス

確認された成虫の大半がオスで、占有行動をとるものや、護岸壁面に静止するものなどが確認された。調査を行った 6 年間では明瞭な傾向は確認されなかったものの、メガネサナエの繁殖期終盤である 9 月下旬の確認数が、2020 年から 2023 年にかけて毎年増加していることが確認された。



考察

諏訪湖では、大量繁茂が課題となっているヒシ等の分布状況を把握するため、全周を対象として毎年7月下旬から8月上旬の間に水草分布調査が実施されており、本調査で羽化殻が確認された種の生息場所との関連を把握するため、2019年から2022年の水草分布調査結果との比較を行った²。羽化殻の確認数でメガネサナエが優占種となったSt. 3の周辺では、いずれの年もヒシがほとんど繁茂していなかったのに対し、St. 4の周辺では毎年ヒシが繁茂していた。St. 1及びSt. 2ではヒシ繁茂が多い年と少ない年があったが、これらの地点では桟橋から観光船等の船舶が往来しているためヒシが除去されていたと考えられ、いずれの年も羽化殻調査の際に、船舶の往来がない場所ではヒシが密に繁茂していることを確認している。



St. 1 の桟橋付近に繁茂するヒシ

先行研究では、メガネサナエ属の幼虫は粘土の多い砂泥を好む一方、ヘドロが多く堆積する環境は貧酸素等の問題により好まないとさ

れており³、ヒシの枯死体によるヘドロが多く存在すると想定されるヒシ繁茂地域では、減少した可能性がある。

また、羽化殻調査及びメガネサナエ成虫のラインセンサスの結果から、諏訪湖におけるメガネサナエの減少は確認されなかった。メガネサナエは琵琶湖、矢作川など愛知県の一部、諏訪湖のみに分布しているが、琵琶湖の流入河川である姉川や野洲川の下流域における成虫確認地点の減少や⁴、矢作川における羽化殻確認数の激減が報告されるなど⁵、存続が危ぶまれる地域もあり、諏訪湖における動態把握も継続する必要がある。本調査ではトンボ目相とヒシの繁茂状況との関連や、気温と個体数の推移の関連が示唆されたものの、年3回の羽化殻調査及び年3回のラインセンサスのみの限られた調査であり、それに由来する誤差も想定されることから、年変動や地点による変動の要因を究明するために、より詳細な調査が必要である。

引用文献

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. 長野県水産試験場諏訪支場・長野県諏訪地域振興局環境課 (2024) : 第5章. 水生動植物調査. 令和4年度諏訪湖創生ビジョン推進事業調査結果報告書, 長野県環境部水大気環境課 (編著) : 57-58. 長野県環境部水大気環境課, 長野.
3. 吉田雅澄 (2018) : メガネサナエ属の分布はなぜ局地的か? Aeschna 54 : 1-9.
4. 白神宏恵 (2018) : 45. メガネサナエ. 琵琶湖博物館研究調査報告 第30号「滋賀県のトンボ(2010年代)」, 琵琶湖博物館 (編著) : 45. 琵琶湖博物館, 滋賀.
5. 吉田雅澄 (2020) : メガネサナエ. 愛知県の絶滅のおそれのある野生生物 レッドデータブックあいち 2020, 愛知県環境調査センター (編著) : 293. 愛知県環境部自然環境課, 愛知.

P-19

諏訪湖の魚類によるヒシ帯の利用

○北野 聰¹・谷野宏樹¹・筒井裕文¹・宮坂真司¹¹長野県諏訪湖環境研究センター

はじめに

近年の諏訪湖では水質改善に伴いアオコが減少する一方、浮葉植物のヒシ類 *Trapa* spp. が湖岸に過剰繁茂し、観光や漁業、生態系など様々な面に影響を及ぼしている。生態系への影響については、湖の貧酸素化を促進する等のマイナス面と、魚類・エビ類に繁殖・生息場所を提供する等のプラス面が指摘されているものの、諏訪湖の魚類がどのような影響を受けるのかについては具体的知見が乏しいのが現状である。そこで、ヒシ類の繁茂が諏訪湖の生物に与える影響を把握する研究の一環として、かご網を用いた魚類・エビ類の生物調査を行ったので報告する。

方法

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

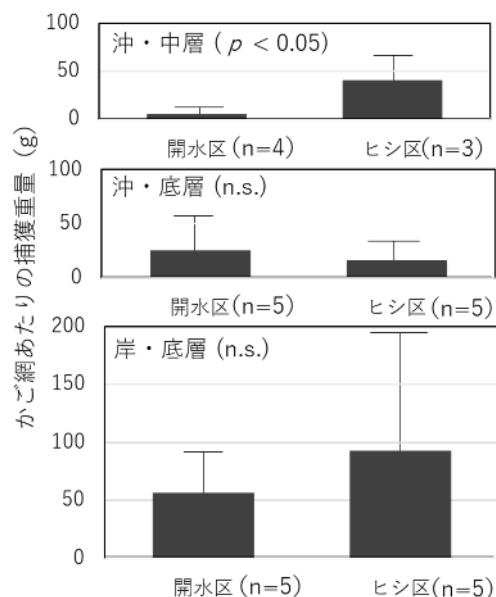
結果及び考察

DO については、沖（平均水深 2.3 m）並びに岸（平均水深 1.5 m）ともヒシ群落内部では低下する傾向が認められ、とくに底層では 1.0 mg/L を下回る低い値となっていた。ただし、水面下 1 m までの表・中層については、ヒシ群落内部であっても 2.0–4.0 mg/L 程度の DO

が確保されていた。

かご網調査により、沖ではモツゴ、ブルーギル、テナガエビの 3 種が、岸ではこれら 3 種に加えてウシガエル幼生が捕獲された。

調査期間中の捕獲個体数を開水面とヒシ群落内とで比較すると、岸や沖・底層では両者に明瞭な差が認められなかったが、沖・中層ではヒシ群落内のほうが 7 倍程度多かった。同様に、重量比較では、沖・中層ではヒシ群落内のほうが有意に重かった（一元配置分散分析、 $p < 0.05$ ）。



ヒシ群落内外の捕獲調査の結果
(エラーバーは標準偏差) .

以上の結果より、ヒシ群落内では DO 濃度が低下するのは確かであるが、開水面と比較して魚類の現存量が低い傾向は得られなかつた。むしろ、溶存酸素濃度が比較的高い表層から中層については、特に重要な生息場所となることが示唆された。ただし、捕獲された魚類の多くが外来魚であったことから、在来魚類や他の動物分類群でも同様の利用パターンを示すのか等について引き続き検討する必要がある。

P-20

湖の静振について —諏訪湖の地震静振の事例

○岩木真穂¹・岩田拓記²¹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²信州大学大学院学術研究院理学系

はじめに

湖の静振は湖沼の形態や大きさ、水深などに依存した固有振動をもつたため、特定の波長の地震動の「增幅器」のような役割をもつと考えられる。一方、諏訪湖の形状は矩形のため、静振(湖の固有振動)の周期を算出しそうく、静振の研究に適した湖である。さらに、諏訪湖は糸魚川-静岡構造線の東側の地溝帯に位置し、中央構造線と交差する場所に位置している。このため、広範囲で発生した地震による地震波の影響を捉えられる可能性がある。

そこで、本研究では諏訪湖にて高時間解像度での水位観測と周波数解析を行い、静振について調べ、地震波と水位変化の関係を明らかにすることを目的とした。本発表では、令和6年能登半島地震前後に観測された地震静振について、特に表面波に着目して考察を行った。なお、本発表では地震波に起因する静振と区別するために、風成による静振を風静振と記した(図1)。

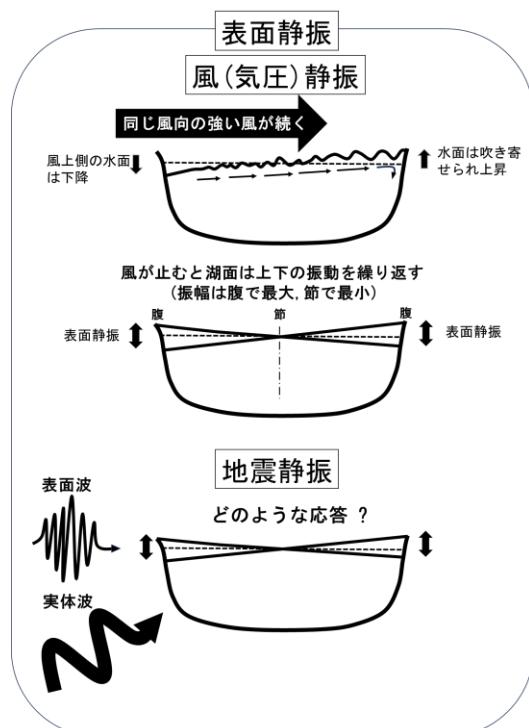


図 1: 風(気圧)静振と地震静振の模式図

方法

長野県諏訪市の諏訪湖湖岸(図 2)において 1 秒間隔で観測された水位データを用いて(観測機器: 水位計, CS451, Campbell Scientific 社製), 令和 6 年東北沖大地震前後(2023/12/24 00:00–1/2 04:00)の水位変化について、高速フーリエ変換(FFT)により周期を算出した。比較のために、非地震時(2023/7/28 0:00–7/29 12:30)の風静振についても調べた。風向・風速データに関しては、同期間中のアメダス諏訪の 1 時間値を参照した。



図 2: 諏訪湖と水位観測地点

結果

令和 6 年東北沖大地震(以下、本震)前後の水位の時間変化を図 3、本震前後の詳細を図 4 に示した。

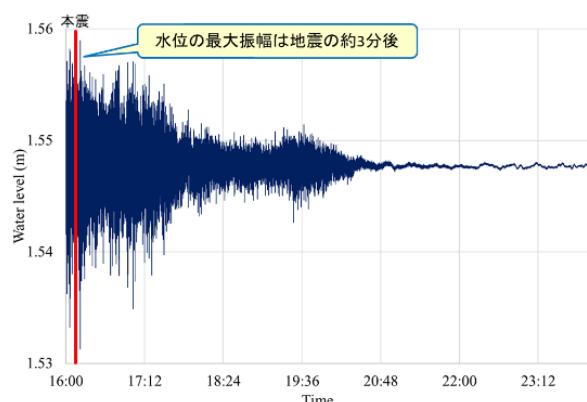


図 3: 令和 6 年東北沖大地震前後の水位時系列

本震後、諏訪湖における最大水位は本震の約 3 分後に観測され、振幅は約 2 cm であった。また、本震の約 3 時間後に弱い振動が確認された。地震動による湖面の振動は 4 時間ほど継続した。

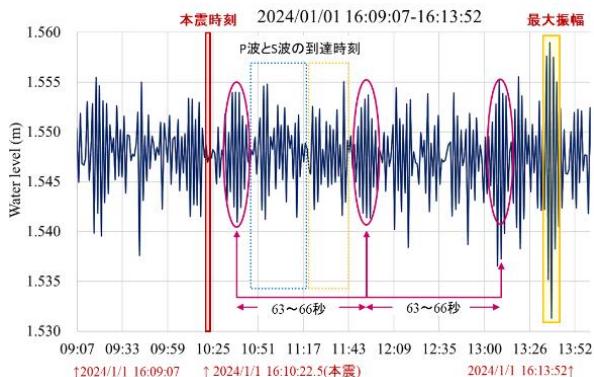


図 4: 本震前後の水位変化の詳細

本震後、最大水位を記録した時刻は実体波の到達推定時刻よりも 3 分ほど遅かった。また、本震発生時刻と P 波の到達推定時刻の間に、10-11 秒程度の周期的な波群のような水位変化が観測され、63-66 秒の間隔で 2 回確認された。

次に、水位の時系列は複雑でいくつもの波が重なっているため、FFT により本震直前・直後の 6 時間の水位のスペクトルを比較した(図 5)。

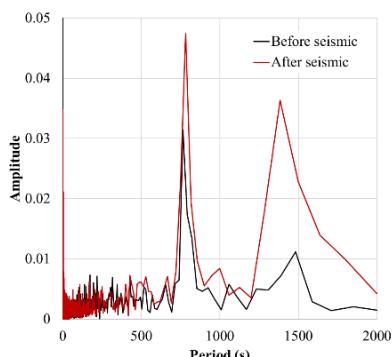


図 5: 本震直前・直後 6 時間のスペクトル

本震直前・直後 6 時間の水位の周波数解析の結果、ほとんどのピークに関して本震後の振幅は本震前よりも強く、特に、静振の第 2 モード(780-800 秒)が強く表れていた。

次に、表面波に着目し、非地震時と本震後の 250 秒付近のスペクトルを比較すると、本震後に 280 秒辺りにピークが確認できた(図 6)。

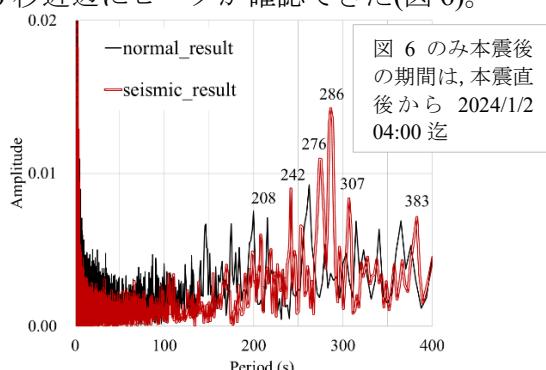


図 6: 非地震時と本震後の 250 秒付近のスペクトル (岩木・岩田 2024 より引用)

しかしながら、本震直後 6 時間の応答は非地震時よりは強かったが、本震直前 6 時間の応答と大きく変わらず、さらに、本震 1 日前の応答が本震直前・直後の 6 時間よりも強く、その傾向は本震 4 日ほど前から見られた(図 7)。

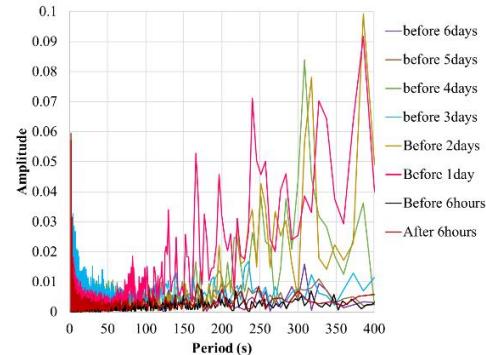


図 7: 本震 6 日前～直後 6 時間のスペクトル

考察

本震後に静振の第 2 モードが卓越したことに関するでは(図 5)，震源方向(諏訪湖の北北西)からの地震波により、南北方向に振動する静振の第 2 モードに共振したためと考えられた。

一方、表面波に関連する 250 秒付近の周期は、本震直前・直後 6 時間よりも 1-4 日前のはうが強い応答がみられた(図 7)。そこで、気象条件を調べたところ、本震 2 日前から 4 日前は無降水、平均風速 1.4-1.7 m/s(最大風速 2.9-5.4 m/s)，卓越風向 W～WNW となり、本震 1 日前は降水有、平均風速 2.6 m/s(最大風速 7.9 m/s)，卓越風向 WNW であり、期間中の風速が特別に強いということは無かった。このことから、本震前に 250 秒付近の応答が強く表れていた原因が風静振であるとは判断できなかった。

また、本震後の約 3 時間後の振動(図 3)は地球を周回する表面波(レイリー波)の強制振動によると考えられ(Iwaki & Toda 2022)，湖の水位は強い地震後には数時間表面波の影響を受けることが示唆された。

まとめ

本震後に静振の第 2 モードの周期が卓越していたことから、地震波が諏訪湖の静振に与える影響を確認した。また、本震前後の表面波に着目し、250 秒付近の周期の変化について考察した。実体波に関しては、今後、地震波と比較しながら解析を行う。

引用文献

- 1) 岩木真穂, 岩田拓記(2024) 諏訪湖の静振. 第 88 回陸水学会要旨集, P25, 138pp.
- 2) Iwaki, M., Toda, T.(2022) Seismic seiche-related oscillations in Lake Biwa, Japan, after the 2011 Tohoku earthquake. Sci Rep. 12, 19357. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23939-7>

日本陸水学会甲信越支部会 第50回研究発表会 参加者名簿 (2024.12.7-8)

信大・臨湖実験所

1 宮原 裕一	信州大学理学部	教授
2 笠原 里恵	信州大学理学部	助教
3 岩木 真穂	信州大学理学部	特任助教
4 市川 雄貴	信州大学大学院	D4
5 龍野 紘明	信州大学大学院	D3
6 斎藤 謙	信州大学大学院	M2
7 佐藤 秀美	信州大学大学院	M2
8 末石 萌乃	信州大学大学院	M1
9 輿石 康行	信州大学大学院	M1
10 三村 瑞奈	信州大学理学部	B4
11 中尾 陸哉	信州大学理学部	B4
12 藤原 彩夏	信州大学理学部	B4
13 森田 瑛斗	信州大学理学部	B4
14 北澤 丞	信州大学理学部	B3
15 小海 晃博	信州大学理学部	B3
16 中島 裕子	信州大学理学部	B3
17 伊藤 雄剛	信州大学理学部	B3
18 鍋田 佳奈	信州大学理学部	B3
19 郡山 千鶴	信州大学理学部	B3
20 栗田 ゆめ	信州大学理学部	B3

信大・朴研

21 朴 虎東	信州大学理学部	教授
22 二木 功子	信州大学理学部	研究員
23 小野 ひなた	信州大学大学院	M1
24 原 光平	信州大学大学院	M1
25 小泉 雄也	信州大学理学部	B4
26 佐藤 雅敏	信州大学理学部	B4
27 清水 千春	信州大学理学部	B4

信大・浦井研

28 浦井 暖史	信州大学理学部	助教
29 永尾 弘毅	信州大学理学部	B4
30 小山 拓也	信州大学理学部	B4
31 小川 耕平	信州大学理学部	B4
32 大野 泰誠	信州大学理学部	B3
33 松本 拓也	信州大学理学部	B3

信大・豊田研

34 豊田 政史	信州大学工学部	准教授
35 飯室 遼	信州大学大学院	M1
36 石井 汎一	信州大学大学院	M1
37 北井 裕子	信州大学工学部	B4
38 岩井 楓花	信州大学工学部	B4
39 澤田 光翼	信州大学工学部	B4
40 和地 泰治	信州大学工学部	B4

信大・小松研

41 小松 一弘	信州大学工学部	教授
42 時任 晶央	信州大学大学院	M1

信大・平林研

43 平林 公男	信州大学繊維学部	教授
44 武田 昌昭	信州大学繊維学部	技術専門職員
45 西村 優太朗	信州大学繊維学部	B4

長野県諏訪湖環境研究センター

46 北野 聰	諏訪湖環境研究センター	調査研究部長
47 小平 由美子	諏訪湖環境研究センター	調査研究部
48 宮坂 真司	諏訪湖環境研究センター	調査研究部

新潟大・志賀研

49 志賀 隆	新潟大学教育学部	准教授
50 三浦 克仁	新潟大学大学院	M1
51 板垣 沙也加	新潟大学教育学部	B4

山梨大・芹澤研

52 芹澤 如比古	山梨大学教育学部	准教授
53 浦野 快生	山梨大学教育学部	B4
54 武山 遥奈	山梨大学教育学部	B4
55 芦澤 優希	山梨大学教育学部	B3
56 五味 実優	山梨大学教育学部	B3
57 星野 晴香	山梨大学教育学部	B3
58 市川 大和	山梨大学教育学部	B3
59 田丸 万愛	山梨大学教育学部	B3

山梨大・龜井研

60 龜井 樹	山梨大学大学院	助教
61 奥村 大河	山梨大学大学院	M2
62 西川 文野	山梨大学大学院	M2
63 热田 穂歌	山梨大学大学院	M1

新潟河川生態研究グループ

67 帆苅 信	新潟河川生態研究グループ
---------	--------------

富山県立大

68 吳 修一	富山県立大学工学部	教授
69 坂本 正樹	富山県立大学工学部	准教授
70 中澤 曜	富山県立大学工学部	講師
71 川本 朋慶	富山県立大学大学院	D1
72 藤下 龍澄	富山県立大学大学院	M2
73 米山 貴将	富山県立大学大学院	M1
74 彦坂 亮太	富山県立大学大学院	M1
75 沼澤 蓮音	富山県立大学大学院	M1
76 吉田 充輝	富山県立大学工学部	B4

富山県立大学

77 山本 彩人	富山県立大学工学部	B4
78 横山 透子	富山県立大学工学部	B4
79 中尾 哲也	富山県立大学工学部	B4
80 千田 儒也	富山県立大学工学部	B4
81 大納 涼雅	富山県立大学工学部	B4
82 山崎 雄太	富山県立大学工学部	B4
83 森 智晴	富山県立大学工学部	B4
84 赤井 貴征	富山県立大学工学部	B4
85 米田 英俊	富山県立大学工学部	B4
86 内田 智也	富山県立大学工学部	B4

参加者 86

一般 20

学生 66

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. 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。
7. この規定は 2022 年 12 月 3 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)
　　坂本 正樹 (富山県立大学・工学部)
　　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>