

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 49 号

2023 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49号

Bulletin of the Limnological Society of Ko-Shin-Etsu District No. 49

(December 2023, Matsumoto)

目次

第49回研究発表会プログラム	1
講演要旨（口頭発表）	5
講演要旨（ポスター発表）	32
第49回研究発表会 参加者名簿	48
日本陸水学会甲信越支部会規約	49
論文投稿規程	50

日本陸水学会甲信越支部会

第49回研究発表会プログラム

2023年12月2日(土)～3日(日)

発表会場:信州大学理学部C棟2階大会議室(松本キャンパス)

懇親会会場:旭会館2階ライジングサン(松本キャンパス)

〒390-8621 長野県松本市旭3-1-1

URL: <https://www.shinshu-u.ac.jp/guidance/guide/matsumoto/>

大会実行委員長:朴虎東

要旨集作成(庶務幹事):芹澤如比古

会長:朴虎東

日 程

月 日	時間	行事等
12月2日(土)	13:00-13:10	開会挨拶 (副会長:志賀先生)
	13:10-14:06	口頭発表4題(1)O-01～O-04 ¹⁾
	14:06-14:16	休憩
	14:16-15:12	口頭発表4題(2)O-05～O-08 ¹⁾
	15:12-15:22	休憩
	15:22-16:04	口頭発表3題(3)O-09～O-11 ¹⁾
	16:10-16:35	ポスターセッション前半奇数番号 P-01, 03, 05, 07, 09 ²⁾
	16:35-17:00	ポスターセッション後半偶数番号 P-02, 04, 06, 08, 10 ²⁾
	17:00-17:05	休憩
	17:05-17:45	幹事会・総会
	18:00-20:00	懇親会
12月3日(日)	9:00- 9:56	口頭発表4題(4)O-12～O-15 ¹⁾
	9:56-10:06	休憩
	10:06-11:16	口頭発表5題(5)O-16～O-20 ¹⁾
	11:16-11:40	休憩・発表賞審査
	11:40-12:00	閉会挨拶・優秀発表賞表彰 (会長:朴先生)
	12:00	写真撮影・解散

参 加 費: 一般 1,000 円, 学生 500 円

懇親会費: 一般 5,000 円, 学生 3,500 円

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

名札はこちらでは用意しませんので、各自でご準備ください。

1)口頭発表は、1人発表時間10分、質疑3分、交代時間1分の合計14分です。時間厳守でお願いします。

2)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鉛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25分、偶数の方は後半25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。

発表プログラム

開始時間	12月2日(土) 13:00-17:45
13:00	開会の言葉: 志賀隆 副会長 口頭発表4題(1) 座長:佐藤秀美
13:10 O-01	2023年高温が2種シマトビケラ科幼虫の世代数に与えた影響 ～千曲川中流域における常田地区と岩野地区に注目して～ ○降幡信我・岡田隆佑・武田昌昭・平林公男 (○:信州大学纖維学部4年)
13:24 O-02*	脱皮殻によるユスリカ相把握の試みと日本産ユスリカ類脱皮殻検索表の作成 ○平林公男・山本直 (○:信州大学纖維学部)
13:38 O-03	琵琶湖における餌環境とカブトミジンコのろ過スクリーン面積の関係 ○土屋寛恭・米山貴将・永田貴丸・岡本高弘・坂本正樹 (○:富山県立大学4年)
13:52 O-04	簡易的なクロレラの大量培養方法の開発 ○利根川蒼・宮本泰行・坂本正樹 (○:富山県立大学4年)
14:06	休憩 口頭発表4題(2) 座長: 斎藤諒
14:16 O-05	富山県氷見市のオニバス再生に向けた流水シミュレーション －流路拡幅の影響評価－ ○藤下龍澄・中田成星・川本朋慶・呉修一 (○:富山県立大学大学院修士課程1年)
14:30 O-06	五十公野丘陵および升潟(新潟県新発田市)における植物相と絶滅危惧種の分布 ○小池真裕・志賀隆 (○:新潟大学教育学部4年)
14:44 O-07	青森県つがる市で発見されたヒルムシロ属新雑種ツガルミズヒキモ ○三浦克仁・内藤芳香・志賀隆 (○:新潟大学教育学部4年)
14:58 O-08	諏訪湖の植物プランクトン増殖における栄養塩制限の解明 ○輿石庸行・宮原裕一 (○:信州大学理学部4年)
15:12	休憩 口頭発表4題(3) 座長: 内藤芳香
15:22 O-09	諏訪湖におけるワカサギ、オオクチバス、ブルーギルの耳石径と標準体長の関係式 ○加藤浩之・笠原里恵 (○:信州大学理学部4年)
15:36 O-10	諏訪湖におけるササゴイの基礎的な繁殖生態の解明 ○田嶋樹・笠原里恵 (○:信州大学理学部4年)

- 15:50 O-11 カメラトラップ法を用いたブドウ園における加害鳥獣の把握
 ○末石萌乃・笠原里恵・川田和輝・尾関竣哉・佐藤寛之
 (○:信州大学理学部 4年)
- 16:04 休憩
 ポスターセッション前半奇数番号(P-01, P-03, P-05, P-07, P-09)
- 16:10 P-01 植物プランクトンのリン獲得と湖水中アルカリホスファターゼ
 ○市川雄貴・宮原裕一
 (○:信州大学大学院博士課程 3年)
- P-03 日本で繁殖するチドリ類 2種のミトコンドリア DNA を用いた
 遺伝的多様性と集団間の関係
 ○中嶋瑞美・笠原里恵・西海功・榮村奈緒子・今野美和・
 今野怜・今西貞夫・東信行・中村太士・森本元
 (○:信州大学大学院修士課程 2年)
- P-05 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 修士課程 1年)
- P-07 地球温暖化が富山県河川の極端洪水に与える影響評価
 ○柄澤志寿・吳修一
 (○:富山県立大学 4年)
- P-09* 環境保全型桃園と慣行型桃園の下草植物相
 ○芹澤如比古・芹澤(松山)和世・佐藤幸恵・片岡良太
 (○:山梨大学教育学部)
 ポスターセッション後半偶数番号(P-02, P-04, P-06, P-08, P-10)
- 16:35 P-02 諏訪湖に生息するオオクチバスの秋～冬季の食性と年比較
 ○龍野紘明・笠原里恵
 (○:信州大学大学院博士課程 2年)
- P-04 2023 年の諏訪湖におけるカブトミジンコと植物プランクトンの出現状況
 ○佐藤秀美・笠原里恵
 (○:信州大学大学院修士課程 1年)
- P-06 時系列データから読み解く諏訪湖のプランクトン群集
 ○米山貴将・宮原裕一・坂本正樹
 (○:富山県立大学)
- P-08* 水草生育時期の野尻湖における水温の連続測定 ①沈水植物の生育環境の検討
 ○樋口澄男・近藤洋一・北野聰・酒井昌幸・山川篤行・小平由美子・
 新津雅美・酒井今朝重・深瀬英夫・峰村忠
 (○:野尻湖水草復元研究会)
- P-10* 緩速ろ過でなく生物浄化法－応用陸水生態学への招待
 中本信忠
 (元信州大纖維学部)
- 17:00 休憩
- 17:05 幹事会・総会
- 17:45 解散(懇親会参加者は会場に移動)
- 18:00 懇親会

開始時間	12月3日(日) 9:00-12:00
	口頭発表4題(4) 座長:市川雄貴
9:00 O-12	2020年夏期における諏訪湖上および湖周に吹く風に関する時空間特性の分析 林美佑・○飯室遼・豊田政史 (○:信州大学工学部4年)
9:14 O-13	野尻湖周辺に吹く風の時空間特性と成層破壊期の流動特性把握 ○重松直樹・豊田政史・小松一弘 (○:信州大学大学院修士課程2年)
9:28 O-14	河道内の土砂動態と流路形態に着目した千曲川中流域における河道変遷 井土貴斗・○吉村芽唯・豊田政史 (○:信州大学工学部4年)
9:42 O-15	諏訪湖産水草マツモのアレロパシー物質の特定 ○岸田龍大・朴虎東 (○:信州大学大学院修士課程2年)
9:56	休憩
	口頭発表5題(5) 座長: 龍野紘明
10:06 O-16	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 ○宇佐川輝・永峯亮弥・二木功子・朴虎東 (○:信州大学理学部4年)
10:20 O-17	セルリー <i>Apium graveolens</i> L.による ラン藻 <i>Microcystis aeruginosa</i> 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4年)
10:34 O-18	陸生シアノバクテリア <i>Nostoc commune</i> の紫外線吸収物質の探索 ○齋藤彩乃・二木功子・朴虎東 (○:信州大学理学部4年)
10:48 O-19	糸状藍藻 <i>Candida issatschenkoi</i> RM4株における 神経毒 anatoxin-a の生産に影響する要因 ○杉山大悟・二木功子・朴虎東 (○:信州大学大学院修士課程2年)
11:02 O-20	有機リン添加による藍藻のメタン生成機構の解明 ○金馬直也・岩田拓記・浦井暖史・朴虎東 (○:信州大学大学院修士課程2年)
11:16	休憩・発表賞審査
11:40	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
12:00	写真撮影・解散

注) 講演番号右肩の星印: 発表賞選考の対象外

O-01

2023 年高温が 2 種シマトビケラ科幼虫の世代数に与えた影響 ～千曲川中流域における常田地区と岩野地区に注目して～

○降幡信我¹・岡田隆佑¹・武田昌昭¹・平林公男¹¹信州大学繊維学部

はじめに

河川の瀬では造網型トビケラ類が優占種の群集となることが多い(津田, 1959)。また、トビケラ類では小型な種ほど生活史が短いことが報告されており(Mackay, 1979)、孵化や成長、蛹化などを含む生活史は主に温度によって制御されている(御勢, 1970)。さらに同じ河川でも一般的に水が下るほど水温が高くなるため、下流側に生息するトビケラ類の世代数が増加することが知られている(御勢, 1970)。千曲川中流域における 2023 年の年平均水温は 2010 年から 2012 年の年平均水温よりも 0.43°C 高く(1~10 月)、それに伴い小型種であるシマトビケラ科の世代数も増加するのではないかと推定された。

そこで本研究では、2023 年の高温がナカハラシマトビケラ(*Hydropsyche setensis*)とエチゴシマトビケラ(*Hydropsyche echigoensis*)の世代数に与えた影響を明らかにするため、千曲川中流域の上田市常田地点と長野市岩野地点において調査を行った。

調査方法

2023 年 1 月から 10 月の間、各月 1 回で計 10 回、千曲川中流域の常田地点と岩野地点の瀬において調査を行った。幼虫と蛹の採取にはサーバーネット(30×30cm²、メッシュサイズ 450 μm)を用い、各地点で 3 サンプルずつの採集を行った。試料は現場で 70% アルコールを用いて固定した。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、個体数を計測し、頭長を測定して齢期分析を行った。

結果と考察

調査期間中に採集されたナカハラシマトビケラは常田地点で 3947 個体(全トビケラの 48.2% を占めた。以下同様)、岩野地点で 942 個体(12.0%)、エチゴシマトビケラは常田地点で 1021 個体(12.5%)、岩野地点で 5625 個体(71.6%) であった。近縁種であるウルマーシマトビケラでは、室内実験で発育零点が 9.4°C であることが報告されており(柴田, 1975)、谷田(1980)によると本種の有効積算温量が越冬世代では 450 日・°C、非越冬世代では 880 日・°C であることが報告されている。本報告では夏期の非越冬世代についてその世代数を検討した。齢期分析の結果、常田地点では両種の若齢個体(1, 2 齢)が 6 月に確認され、岩野地点では 5 月に確認された。発育零点を用いて常田地点では 6 月から、岩野地点では 5 月から 10 月までの積算温量を計算すると、前者で 1297 日・°C、後者で 1916 日・°C となった。各地点の積算温量を非越冬世代の有効積算温量で割ると、常田地点で 1.47 世代、岩野地点で 2.18 世代となった。一昨年の同期間の河川水温から一昨年の積算温量を計算すると、常田で 1219 日・°C、岩野で 1823 日・°C となり、今年の高温による影響で、常田では 78 日・°C、岩野地点では 93 日・°C 高かったことが明らかとなった。幼虫の成長量で考えると、昨年に比べて、およそ 1 割程度早く成長した計算となった。

O-02

脱皮殻によるユスリカ相把握の試みと日本産ユスリカ類脱皮殻検索表の作成

○平林公男¹・山本直²¹信州大学繊維学部・²株式会社総合水研究所

はじめに

河川や湖沼、ダム湖などに生息するユスリカ類は、その種多様性の観点から環境指標生物としてよく利用され、河川水辺の国勢調査などでも水生昆虫類の優占種の一つとして重要な位置を占めている。しかし、ユスリカ相を把握するためには、採泥器やサーバーネットなどを利用して幼虫を捕獲し、プレパラート標本を作製して、属レベルまで、同定することが現在は可能である。さらに種名を知るために、採集してきた幼虫を室内で飼育し、雄が出てくれば、検索キーに従って、種のレベルまで同定することができるが、雌が羽化してきた場合には、検索キーが無いために、種までの同定が難しい。また、飼育環境下で、成虫まで成長しやすいグループと、そうでないグループとが存在するため、羽化してきたもの(約 20%程度しか羽化していないという報告もある)が、どれだけ生息場所のユスリカ相を反映しているかは、極めて難しい判断となっている。

本報告では

演者らは、近年、世界各地で一般的に用いられている蛹の羽化殻を利用した環境モニタリング調査法を国内に紹介しようと試みている。本報告では、日本における蛹の脱皮殻の検索表がないところで、脱皮殻が環境中にいつ存在し、どの程度把握できるのかなどを、菅平ダムのダム湖を例に 2022 年 5 月から調査を始めた。2023 年度が 2 年目である。ダム湖沿岸に吹き寄せられたユスリカ類の蛹の脱皮殻を堤体中央部で 1 ヶ月に 1 度、採集している。ダム湖を利用したのは、人工的に水位変動が頻繁に起こるため、自然湖沼で多くのユスリカ類が生息し羽化する沿岸帯が発達しにくく、発生ユスリカ種数が相対的に少ないと予想されたからである。

これまでの報告

ダム湖に生息するユスリカ類を把握するためには、どこで脱皮殻を定期的に採集するのが妥当であるのかについては、2022 年の環境動物昆虫学会で報告した。また、2022 年の 5 月から 11 月までの蛹脱皮殻の季節変化については同年の日本ペストロジー学会で報告をした。

本邦の検索キーの作成

本報告では、以上の結果とあわせて、Wilson(1999) がイギリスにおいて作成した検索キーをベースにして、本邦のユスリカ類蛹脱皮殻の検索キー作成の状況について報告する。ダム湖においては。5 月には 150 個体(以下単位は 730cm^2 あたりの個体数) の脱皮殻が記録され、モンユスリカ亜科(以下モン) で 4 属、ヤマユスリカ亜科(ヤマ) で 2 属、エリユスリカ亜科(エリ) で 7 属、ユスリカ亜科(ユス) で 1 属が記録された(合計 14 属)。6 月には 23 個体が記録され、エリが 5 属、ユスが 2 属で合計 7 属が記載できた。7 月には 26 個体が記録され、エリが 3 属、ユスが 2 属で合計 5 属であった。3 か月合計で 199 個体からモン 4 属、ヤマ 2 属、エリ 8 属、ユス 3 属が記録できた。現在は、属レベルまでの同定にとどめているが、今後、情報が集まれば、種レベルまで同定が可能であると予想される。また、ユスリカ以外の水生昆虫類との選別ができる検索表も必要であり、現在検討作業に入っている。また、環境 DNA との整合などに付いても検討を進めていく必要もある。

謝辞

本研究は、一般財団法人水源地環境センターからの応用生態研究助成を受けて行われている。ここに深謝申し上げる。

O-03

琵琶湖における餌環境とカブトミジンコのろ過スクリーン面積の関係

○土屋寛恭¹・米山貴将²・永田貴丸³・岡本高弘³・坂本正樹²¹富山県立大学 4 年・²富山県立大学工学部・³滋賀県琵琶湖環境科学研究所センター

はじめに

1970 年代の琵琶湖では、富栄養化による淡水赤潮等の問題が顕在化していた。これに対し、1979 年に施行された「琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例」をはじめ、様々な水質改善の取り組みがなされた。近年、琵琶湖では徐々に貧栄養化が進行しており、アユ

(*Plecoglossus altivelis*) 等の漁獲量の減少が問題とされるようになってきた。琵琶湖産アユの主な餌は、優占種であるカブトミジンコ (*Daphnia galeata*) などの動物プランクトンである。漁獲量を回復させるためには、餌環境の改善とともに餌であるカブトミジンコの現存量が高い状態を維持する必要がある。

Daphnia 属のミジンコは、餌が不足する環境では摂餌器官（第三胸脚のろ過スクリーン）が拡大する。これにより摂食速度が上昇し、餌不足の環境であっても繁殖率の低下を抑えることができる。本研究では、琵琶湖における餌環境とカブトミジンコのろ過スクリーン面積の関係を明らかにすることを目的として、野外サンプルの顕鏡とモニタリングデータの解析を行っている。



図 1. カブトミジンコ(*Daphnia galeata*)の全体図
(左) とろ過スクリーン (右)

方法

使用したカブトミジンコのサンプルは滋賀県琵琶湖環境科学研究所センターの定期調査で 2020 年と 2021 年に採集された北湖 2 地点ものである

(南比良沖 : 12B, 今津沖 : 17B)。各採集日のホルマリン固定サンプルからカブトミジンコ 15 個体を拾い出し、それぞれ光学顕微鏡下で全体像を撮影した。その後、個体ごとに解剖して、第三胸脚を取り出し、ろ過スクリーンを撮影した。カブトミジンコの体長とろ過スクリーン面積の測定は ImageJ ver. 1.54f を用いて行った。

解析対象期間における各地点の餌量 (Chl. a 濃度) と餌質 (TN : TP 比) の値を「滋賀の環境 2021 (令和 3 年度版環境白書)」および「滋賀の環境 2022 (令和 4 年度版環境白書)」から抽出し、一般化線形モデルによりろ過スクリーン面積への影響を調べた。

結果と考察

一般化線形モデルを用いた解析の結果、琵琶湖のカブトミジンコのろ過スクリーン面積は餌量 (Chl. a 濃度) のみに依存して季節的に変化しており、採集地点の違いや餌質 (TN : TP 比) は影響を与えていないことがわかった。この結果は、米山 (2022) が行った室内実験の結果を支持するものである。

貧栄養化に伴う水質の変化は植物プランクトンの現存量だけでなく、餌質 (C : N : P 比) も同時に変化させる。餌質の変化はカブトミジンコの繁殖率に強く影響すると考えられる。また、今回得られた結果は限られた期間のデータの解析に基づくものである。現在は、解析対象期間を広げるとともに、カブトミジンコの個体群動態を含めた解析を行うために、サンプルの顕鏡とモニタリングデータの整理を進めている。

O-04

簡易的なクロレラの大量培養方法の開発

○利根川蒼¹・宮本泰行²・坂本正樹²

¹富山県立大学 4年・²富山県立大学工学部

1. はじめに

微細藻類は様々な産業で利用されており、国内外で大量培養に関する研究が行われている。屋外での大量培養には水深が浅い培養槽が使用されるため、広い敷地面積が必要となる。また、培地の作製に用いる試薬の量も多くなるため、費用が高額になるという課題がある。

本研究では、狭い敷地で安価かつ簡便にクロレラを大量培養する方法を確立することを目的として、室内実験による培養条件の検討と屋外での実地試験を行った。本発表では主に室内実験の結果について報告する。

2. 材料と方法

実験には、国立環境研究所から分譲されたクロレラ (*Chlorella vulgaris* NIES 2170 株) を使用した。

実験 1. N:P 比の検討

予備実験の結果から、汎用肥料のハイポネックスを脱塩素水道水に 10 mg L^{-1} になるよう溶かした培地を用いることで、十分なクロレラの増殖が見込めることがわかった。ただし、藻類の成長に最適なレッドフィールド比（重量比で N:P = 7:1）と比較すると窒素が大幅に足りておらず、窒素肥料の追加を検討した。

先行研究で効果が確かめられている炭酸水素アンモニウム 400 mg L^{-1} を添加する条件のほか、農業用窒素肥料である硫安と窒素追肥を N:P=7:1 となるようにハイポネックス溶液に添加（硫安 10 mg L^{-1} 、窒素追肥 20 mg L^{-1} ）して、クロレラの増殖率への影響を調べた。

実験 2. 有機物の添加

クロレラは、光合成に必要な光が得られない条件では溶存態有機物を炭素源として取り込み、炭酸同化を行う（混合栄養）。先行研究から、米ぬか抽出物が、クロレラの生育に適していることがわかっているため、本研究でもその効果を確かめた。

文献を参考に、最終濃度が米ぬか 1 g L^{-1} 相当となるよう抽出液を培地に添加し、無添加の場合と増殖率を比較した。

3. 結果と考察

実験 1 では、炭酸水素アンモニウムか追肥を加えた培地でクロレラの増殖率が汎用の COMBO 培地を使用した場合に近い値を示した。一方で、硫安を加えた培地ではほとんど増殖がみられなかった。また、どの処理区においても、培養開始から 6 日目以降は増殖率が低下していた。これらの結果から、窒素肥料には硫安が適さないこと、効率的な培養のためには週に 1 回培地の入れ替えを行う必要があることがわかった。

実験 2 では、米ぬか抽出液添加による明確な増殖率の上昇が確認できなかった。先行研究と異なる結果が得られた原因として、実験開始時のクロレラの細胞密度と光周期の違いが影響していると考えた。本研究では、実験開始時の細胞密度が低く、光周期 (Light:Dark) は 12-h L:12-h D であった。そのため、クロレラは十分な光を受けることができ、光合成による炭酸同化が卓越していた可能性があった。また、暗条件での実験を追加で行ったところ、米ぬか抽出液を添加しなかった処理区では細胞密度が低下し、添加した処理区では実験開始時と終了時の細胞密度が同程度だった。これらの結果から、米ぬかがクロレラの増殖に及ぼす影響は小さいと考えられる。

屋外での実地試験については、夏季に水温が高くなりすぎたため、実験を中断していた。10月からは室内実験から得られた知見を踏まえて実地試験を再開している。

O-05

富山県氷見市のオニバス再生に向けた流水シミュレーション －流路拡幅の影響評価－

○藤下龍澄¹・中田成星²・川本朋慶³・呉修一²¹富山県立大学大学院 M1・²富山県立大学工学部・³自然環境研究センター

はじめに

オニバスという水草は国指定の天然記念物であり、富山県では氷見市が唯一の自生地である。しかし現状は氷見市十二町潟の天然記念物指定地ではない場所に自生している。天然記念物指定地で自生が進まないと、十二町潟は天然記念物指定から除外されてしまう。氷見市の地域復興・発展に活用するためにも、指定地でオニバスを自生させる必要がある。指定地で自生できない要因は様々あるが、富栄養化と流水が一部要因として考えられている。一部要因として富栄養化によるアオコの発生、流水・底泥環境からオニバスの根の抜けやすさが考えられる。特に十二町潟の下流部には水門があり、その開閉によって流速の変化が生まれやすいといった特殊な環境である。そのため本研究では、指定地の富栄養化などの水質や地質の観点、および水門開閉時の流水シミュレーションからオニバスの有無との関係について検討を行う。

方法

水質、底泥調査および流水シミュレーションより研究を行った。水質調査では氷見市のオニバス池、イタセンバラ保護池、十二町潟内の自生地である再生地と指定地である流心部の水質を調査した。これらの地域の水質調査結果は BOD、COD、全窒素、クロロフィル *a*、DO、濁度、浮遊物質があるが、本研究では富栄養化の観点などから全窒素とクロロフィル *a* に着目する。底泥調査では泥深を再生地側と流心部で 8 地点ずつ測定を行った。加えて、底泥の強熱減量を再生地と流心部で 2 地点ずつ測定した。流水シミュレーションでは十二町潟を対象に iRIC Nays2DH を用いた二次元不定流計算を行う。また衛星画像を参考にマニングの粗度係数分布

表-1 自生地と流心部の水質調査結果の一例

調査地点	全窒素(mg/L) 2021/10/8	クロロフィル <i>a</i> ($\mu\text{g}/\text{L}$) 2021/10/8	オニバス 自生の有無
イタセンバラ保護池	0.38	97	○
オニバス池	0.77	26	○
十二町潟流心部	0.86	8.2	×
十二町潟再生地	1.8	180	○

を作成した。植生部分のマニングの粗度係数を 0.10、その他を 0.02 として計算を行った。オニバスは流れが速い場所では根が抜けてしまうと考えられるため、水門開放時の流速を計算する。開放時の水位変化を見るために、2022 年 10 月より水位計を設置し、急激な水位変化が見られた期間を計算対象とした。シミュレーションでは対象期間の水位変化を表現するために下流端水位を 0.64 m から 0.14 m に 2280 秒間で下げ、上流からの流量を 0.1 m^3/s とした。

結果

泥深調査結果を図-1 に、強熱減量を図-2 に示す。図-1 より主に再生地の泥深の方が大きい結果となった。よって、再生地の方がオニバスの根が流出しやすいと考える。しかし、再生地でオニバスが自生していることから泥深や流速・水深が関係して流心部で自生できないと考える。図-2 では再生地で一部高い値が見られたため有機物の分解による底質の還元化でオニバスに被害が生じかねないことが分かった。次に水質調査結果を表-1 に示す。全窒素とクロロフィル *a* とともに流心部より再生地の値が高いことから再生地の方が富栄養化しているといえる。そのため、再生地では富栄養化がこれ以上進行すればアオコが発生する可能性がある。流心部に関しては再生地でオニバスが自生していることから、現状では流心部で富栄養化の進行により、アオコは発生しないと考える。次に



図-1 再生地と流心部の泥深



図-2 再生地と流心部の強熱減量

流水シミュレーションの結果の一例を図-3に示す。また再生地と流心部で平均流速を算出した。図-3より流心部の流速が大きいため、流心部でオニバスの根が流出する可能性がある。

浚渫・ヨシ狩りの検討

再生地では浚渫や自生範囲を拡大するためヨシ狩りが行われている。これは治水上の観点がメインではあるが、再生地側でのオニバスの繁茂を拡大することも一つの狙いである。しかし、この浚渫・ヨシ狩りが流水環境、特に流速場に与える影響を評価する必要がある。そのため地形データを浚渫後のものに変更し、さらにヨシ刈りを行った区間のマニングの粗度係数を0.02とした。なお、下流端水位などは同条件で計算した。図-4に浚渫・ヨシ刈り後の計算結果を示す。図-3と比較してヨシ刈りを行った場所の流速が上昇し、それに伴って、再生地の流速も上昇している。この0.06 m/s程度の上昇が悪影響をおよぼすかは今後慎重に検討する

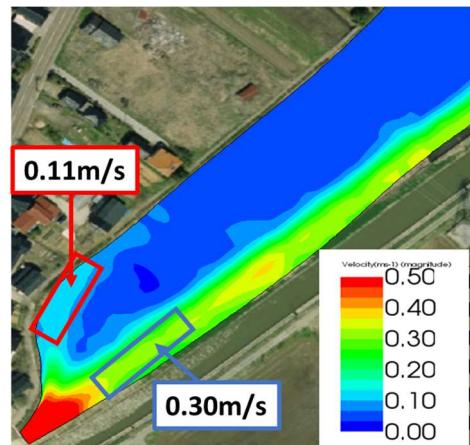


図-3 流水シミュレーション結果

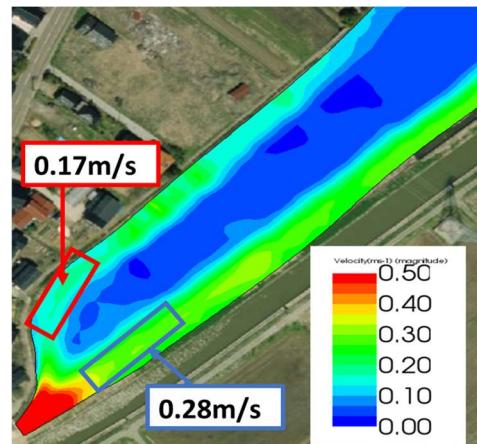


図-4 浚渫・ヨシ狩り後の流速の変化

必要がある。

まとめ

再生地は全窒素、クロロフィルaとともに値が高いため、再生地は富栄養化が非常に進行していると考えられる。さらに強熱減量が一部高い値が見られるため、富栄養化がこれ以上進行すればアオコが発生し、再生地のオニバスが消滅する可能性がある。流心部は再生地よりも流速が大きく、泥深による影響からオニバスの根が流出する恐れがある。そこで流心部での再生よりは、再生地側での繁茂拡大を狙っていくのが現状は適しているように思われる。その狙いの一環で浚渫・ヨシ刈りを行ったところでは、流速の多少の上昇が見られたため、今後も根の流失には注意が必要である。また、その他要因の考察としてアカミミガメやアメリカザリガニの現状などに關しても、口頭発表では報告する予定である。

O-06

五十公野丘陵および升潟（新潟県新発田市）における 植物相と絶滅危惧種の分布

○小池真裕・志賀 隆

新潟大学教育学部

はじめに

五十公野丘陵は新潟県新発田市に位置する孤立丘陵である。丘陵内にはため池が点在し、北面には升潟（図 1）が位置する。新潟県内には、福島潟（新潟市北区、新発田市）より北部には大きな止水域はほとんど存在せず、升潟を含む五十公野丘陵は新潟県北部における重要な湿地帯である。

升潟および周辺の湿地では、様々な水生・湿生植物が確認されており、これまで 51 種の絶滅危惧種（新潟県 RL）が記録されている（高橋 1998）。中でも県内では 9 市町村に限られるミズドクサ（トクサ科；新潟県 2001）と、県内唯一の生育地とされているムジナスゲ（カヤツリグサ科）が特筆すべき種として知られる（笹川 1987）。

現在、升潟の湿原内はハンノキの樹林化が進み（新発田市 私信）、環境の変化が懸念されている。しかし、2006 年以降植物の分布調査はなされておらず、升潟周辺の湿原を含めて五十公野丘陵の現状は不明である。したがって、これらの把握は喫緊の課題と言える。

そこで本研究では、五十公野丘陵において踏査および植生調査を行うとともに、過去の記録（笹川 1987、高橋 1998、新発田市 2007）と比較することで、現在の植物相を評価した。また、これに加えて升潟に生育する希少種の保全に向けて、これらの分布と光環境（日照、開空度）の関係を調査した。

材料と方法

2023 年 4 月から 11 月にかけて丘陵調査を 10 回、湿原調査を 12 回（5 回は植生調査）行った。踏査では、丘陵内は林道を、湿原内は全域を網羅するようにルートを設定した。

植生調査は、 25 m^2 の調査区を湿原内に 25 地点設置して行った。調査区を 6 つの小区分に等分し、各小区分内で出現した種を記録した。ムジナスゲについては 5 つの調査区を追加で設定し、個体数、花茎数を記録した。また、湿原内の植物群集を分類するために、ウォード法によるクラスター分析を行った。

湿原内の光環境を調べるために、各調査区において相対照度および樹冠開空度を測定した。相対照度は調査区内の照度と同じ時間の群落外の照度との比率とした。樹冠開空度は調査区の中心で全天空写真を撮影し、解析ソフト CanopOn2 を用いて算出した。

結果

植物相調査

108 科 442 種を確認した（未同定標本は 11 月末現在で約 90 枚あり、今後 20 種以上増える可能性がある）。絶滅危惧種は 22 種（湿原内 14 種）、外来種は 52 種（うち特定外来 1 種）であった。ミズトラノオ、ヒメミクリはそれぞれ 47 年、17 年ぶりの確認となった。升潟の開放水面域では沈水性の水生植物は確認されず、湖岸にはアオコのブルームがみられた。過去の記録と比較すると、五十公野丘陵全体において 28 種の絶滅危惧種が確認されず、そのうち 9 種は湿生植物、8 種は水生植物であった。また、陸生植物、湿生植物、水生植物の減少率は、それぞれ 17%，35%，40% であった。

湿原調査

相対照度および樹冠開空度と出現種数の間には正の関係がみられた（単回帰分析、ともに $p < 0.05$ ）。絶滅危惧種数と光環境の間に

関係は認められなかった。

また、光環境とのムジナスゲの個体数の間に正の関係がみられた(図2)。同種の分布範囲は0.31haであり、過去(0.62ha;高橋 1998)と比較すると約半分に縮小していた。ムジナスゲの生育していた調査区の相対照度は $34.8 \pm 5.51\%$ であり、過去から縮小した分布範囲の調査区の相対照度は $6.84 \pm 1.23\%$ であった。

植生調査を行った調査区は、5つのクラスター(I~V)に分かれ(図1)、開放水面近くの湿原部(II, III, V)と谷部(I, IV)の2つに分かれた(図1)。

開放水面付近のクラスターVは、サワギキョウ、カキツバタ、ムジナスゲの3種を含み、ムジナスゲはこのクラスターのみに確認された。クラスターIIIにおいて絶滅危惧種はカキツバタのみであり、クラスターに含まれる調査区に生育する種数は 16.3 ± 3.23 種と最も少なかった。クラスターIIではヒメミクリとミズトラノオが確認された。谷部のIとIVではオオニガナの分布量が多くかった。また、谷部の1調査区でヒツジグサが確認された。

考察

植物相調査

今回確認された湿生・水生植物の高い減少率は、過去と比較して湿原周辺の環境が大きく変化していることを示している。水生植物の減少率は顕著であり、水質を含む水環境の劣化によるものと予想される。しかし、水質に関する過去のデータはほとんど無く、過去と比較することは難しい。開放水面の水環境の詳細な調査は、今後、升潟の開放水面における水生植物の復元を検討する上で必要となるだろう。

湿原調査

光環境は湿原内の種多様性に影響を与えていることが示唆された。湿原内の種多様性

を高めるためには、林冠を覆っているハンノキの除伐を行う必要があるだろう。しかし、実際の除伐の頻度と範囲を決定するためには今後更なる検討が必要と思われる。

また、ムジナスゲの生育に対しても光環境は大きく影響していた。過去の分布範囲(高橋 1998, 2001)には現在ハンノキが侵入し、相対照度がムジナスゲの生育していた調査区よりも非常に低い数値を示した。光環境の劣化がムジナスゲの分布範囲を狭めた一因と考えられる。

本調査において升潟の湿原部の植生は開放水面付近と谷部で分かれており、一方にしか生育していない種も確認された。升潟内の湿原植生の保全を考える際、これらを区別して異なる湿原内の除伐頻度や絶滅危惧種の保全策を検討する必要があるだろう。

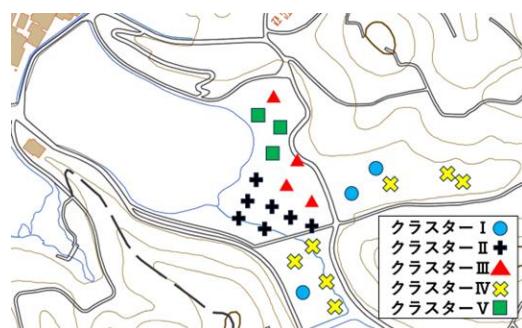


図1. 升潟と植生調査で得られた5つの植生グループの位置。

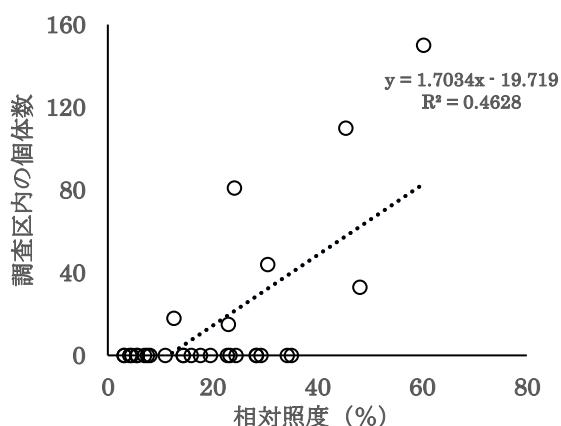


図2. 相対照度とムジナスゲの個体数の関係。

O-07

青森県つがる市で発見されたヒルムシロ属新雑種ツガルミズヒキモ

○三浦克仁¹・内藤芳香²・志賀隆^{1,2}¹新潟大学教育学部・²新潟大学大学院自然科学研究科

はじめに

1 つ以上の遺伝的特性の形質に基づいて識別される 2 集団の個体間の交配を交雑と呼ぶ (Harrison 1993)。植物において、種間交雫は普遍的に生じており (Nolte and Tautz 2010)，主要な種分化プロセスの 1 つと考えられている。また、一度分化した種同士が複雫に交雫を繰り返すことによって、網状進化をもたらすことも知られている (Marhold and Lihová 2006)。

ヒルムシロ属 *Potamogeton* は、様々な種間交雫が生じ、雑種種分化した種が多数存在する (Wieglob and Kaplan 1998)，沈水～浮葉性の水生植物である。同属では種分化プロセスに種間交雫が深く関わっていると考えられている (角野・飯田 2021)。ヒルムシロ属の進化とその多様性を理解するためには、属内の種間交雫の実態を明らかにする必要がある。

ヒルムシロ属植物は、線形の細長い葉を持つ狭葉性の種群と、橢円形～披針形の幅広い葉をもつ広葉性の種群に大きく分かれる (角野・飯田 2021)。これらの種の同定には、葉の形状やサイズ、花序や果実の特徴、殖芽の形態などが識別形質として用いられる。狭葉性の種群は葉を含む栄養器官はよく似ており、繁殖器官を欠く植物体の同定は極めて難しい。そのため、狭葉性の種群が関係する交雫の実態については不明なものが多い (福岡・早川 2016, 角野・飯田 2021)。

志賀 (未発表) は、青森県つがる市で狭葉性ヒルムシロ属の 1 種と広葉性のエゾヒルムシロ *P. gramineus* の交雫由来と思われる集団を見た (これ以降、この推定雑種をツガルミズヒキモと呼ぶ)。そこで本研究では、推定雑種ツガルミズヒキモの実体、すなわち両親種と交雫方向性、雑種化状態を明らかにすることを目的に、親種候補のヒルムシロ属植物

を収集し、形態および DNA 塩基配列の比較、系統解析を行った。

材料と方法

親種候補のヒルムシロ属植物 8 種 (エゾヒルムシロ、コバノヒルムシロ、ホソバミズヒキモ、イトモ、ツツイトモ、イヌイトモ、ヤナギモ、エゾヤナギモ)，合計 27 集団を日本各地において採集し、各集団 1 個体を DNA 解析に供した。ツガルミズヒキモは、2019 年に採集し、新潟市において系統保存している株と新潟大学植物標本庫 (NGU) に収蔵されているさく葉標本を用いた。塩基配列決定は、核 ITS 領域と葉緑体 DNA の *trnL-trnF* 遺伝子間領域について行った。

また、形態形質はエゾヒルムシロ、コバノヒルムシロ、ホソバミズヒキモ 3 種 15 集団で、それぞれ 6 個体以上を対象に 21 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、種差が明らかであった 9 形質に基づいて、主成分分析を行った。

結果

ITS 領域では 9 分類群 28 個体において 644bp の塩基配列を決定し、合計 9 種類のリボタイプを確認した。ホソバミズヒキモでは種固有のリボタイプ (nr-4) を持つ個体 (ホソバミズヒキモ B) とコバノヒルムシロと同じリボタイプ (nr-3) を持つ個体 (ホソバミズヒキモ A) が認められた。ツガルミズヒキモは 8 力所でヘテロピークが確認され、固有の置換部位は認められなかった。このヘテロピークの位置は、エゾヒルムシロのリボタイプ nr-1 とコバノヒルムシロ・ホソバミズヒキモ A の nr-2 の置換部位と一致した (表 1)。

trnL-trnF 遺伝子間領域では、390bp の塩基配

列を決定し、合計 7 種類のハプロタイプを得た。ツガルミズヒキモは、コバノヒルムシロとホソバミズヒキモ A と同じハプロタイプ cp-2 を持っていた（表 2）。

表 1. ITS 領域の塩基配列。

種名	リボタイプ (サンプル数)	置換部位									
		13	43	86	167	190	209	230	404	410	
エゾヒルムシロ	nr-1(7)	T	T	T	T	T	A	G	G	A	
ツガルミズヒキモ	nr-2(2)	T	T/A	T/C	T/G	T/C	A/G	G/A/G/C/A/C			
コバノヒルムシロ	nr-3(2)	T	A	C	G	C	G	A	C	C	
ホソバミズヒキモA	nr-3(7)	T	A	C	G	C	G	A	C	C	
ホソバミズヒキモB	nr-4(2)	A	T	C	G	T	A	A	T	C	
ツツイトモ	nr-5(3)	T	T	C	G	T	A	A	T	C	
イトモ	nr-6(5)	T	T	C	G	C	A	A	C	C	
ヤナギモ	nr-7(2)	T	A	C	G	T	A	A	C	C	
エゾヤナギモ	nr-8(4)	T	T	C	G	T	A	A	C	T	
イヌイトモ	nr-9(1)	T	T	C	G	T	A	A	T	C	

表 2. *trnL-trnF* 遺伝子間領域の塩基配列。

種名	ハプロタイプ (サンプル数)	置換部位						
		60-63	96	111	226	230	347	
エゾヒルムシロ	cp-1(7)	----	T	A	T	T	C	
ツガルミズヒキモ	cp-2(2)	AAAT	C	G	C	T	A	
コバノヒルムシロ	cp-2(2)	AAAT	C	G	C	T	A	
ホソバミズヒキモA	cp-2(7)	AAAT	C	G	C	T	A	
ホソバミズヒキモB	cp-3(2)	AAAT	T	G	C	G	A	

ツガルミズヒキモは 9 形質（浮葉の長さ・幅・葉柄長・葉脈数、沈水葉の幅、葉脈数、水中茎の直径、花の数、花序の段数）において、エゾヒルムシロと狭葉性種群の中間的な形質を示した。また、果実以外にコバノヒルムシロとホソバミズヒキモ A, B との間に形質差はみられなかった。ツガルミズヒキモは系統保存株と標本において、果実は確認されなかつた。また、狭葉性種群のような腋生の殖芽も確認されなかつた。

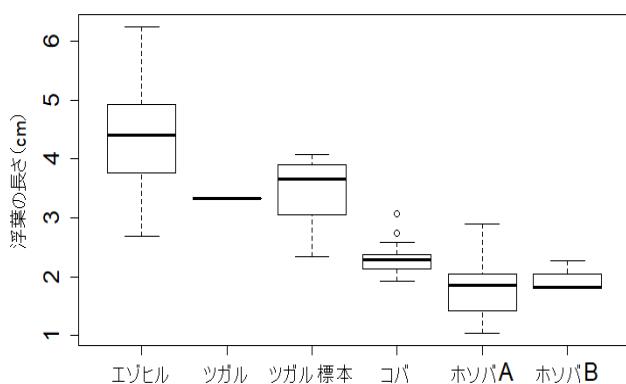


図 1. 浮葉の長さ。

考察

DNA 解析および形態質の比較から、ツガルミズヒキモは、コバノヒルムシロもしくはホソバミズヒキモ A を母親種、エゾヒルムシロを父親種とする交雑由来であることが明らかになった。コバノヒルムシロとホソバミズヒキモ A は果実の形態以外では識別点がみられなかつた。今後、両者の関係を明らかにするために、核 DNA や葉緑体 DNA の複数領域において、塩基配列を比較する必要がある。

また、ホソバミズヒキモ A と B との間にには、核 ITS 領域で 13 塩基置換と 1 カ所の挿入欠失、*trnL-trnF* 遺伝子間領域で、2 塩基置換が確認された。系統解析においても異なるクレードに位置したことから、これらは異なる分類群として認識すべきと考えられる。今後、本研究では形態計測を行わなかつた托葉や殖芽も含め、より詳細な形質比較を行い、分類群の実体を明らかにする必要があるだろう。

本研究ではツガルミズヒキモの花粉稔性を確認することはできていないが、果実の形成は認められなかつた。腋生の殖芽も形成されなかつたため、野外における散布能力それほど高くないと思われる。ツガルミズヒキモが生育するため池は、土砂採掘によって生じた人工的な環境である。両親種とは異なる人工的な環境、攪乱環境において雑種個体群が成立することは様々な種間交雑において知られており、ツガルミズヒキモも同様に埋土種子から一時的に生じたものが維持されているのかもしれない。今後、同種の花粉稔性や染色体数、個体群動態についても更に調査を進めて行きたい。

引用文献

- Harrison R. G, 1993. Hybrid zones and the evolutionary process 3-12.
 角野 康郎・飯田 聰子, 2021. 植物地理・分類研究 69(1) : 67-80.
 Marhold K, Lihová J, 2006. Plant systematics and evolution 259:143-174.
 Wiegleit G, Kaplan Z, 1998. Folia Geobotanica 33:241-316.

諏訪湖の植物プランクトン増殖における栄養塩制限の解明

○輿石庸行・宮原裕一

信州大学理学部

はじめに

過去、富栄養化による環境問題が発生していた諏訪湖は、下水道の整備などの水質浄化対策により、近年はアオコの減少、水草の増加といった生態系の変化が生じている。そのような状況で、富栄養化対策を行っていくには、湖沼生態系のしくみを把握、解明することが重要である。

諏訪湖の生態系の基礎を担う植物プランクトンは、栄養塩濃度や水温など様々な環境要因によって、増殖に影響を受けている。中でも栄養塩は植物プランクトンの現存量を制限しているため、栄養塩制限の把握は重要である。栄養塩制限を解明する方法として、現場データの統計解析と、操作実験の二つが挙げられる。しかし、植物プランクトン量が栄養塩濃度以外にも様々な影響に受けて変動していることや、植物プランクトンがリンを細胞内に貯蓄することができる(e.g., Eixler et al., 2006)ため、湖水中の栄養塩濃度と制限要因が一致しない場合があることなどから、野外データの統計解析による栄養塩制限の解明は難しい。

そこで本研究では、栄養塩添加実験を行うことで、諏訪湖での植物プランクトンの増殖における栄養塩制限を解明することを目的とした。

方法

栄養塩添加実験は、Kagami et al. (2013)を参考に 2023 年 5 月から 10 月まで計 7 回行った。実験では、諏訪湖湖心で採水した全層水を用いた。

$75 \mu\text{m}$ のふるいで大型の動物プランクトンを除去した湖水と、 $0.45 \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターで微生物を取り除いた湖水を 1 : 1 で混合し、捕食圧と栄養塩の枯渇を防ぐため

の処理を行った湖水を用意した。そこに栄養塩を添加し、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)を設けて、インキュベーターを用いて培養を行った。

培養前後でクロロフィル濃度を測定し植物プランクトンの増殖速度を求めた。加えて、培養前後の栄養塩の分析($\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, SiO_2)を行い、栄養塩の消費を把握した。

結果

無添加区とリン添加区の 2 添加区で実験を行った 5 月から 6 月は、リン添加区で増殖速度が有意に高く、リン制限であることが示された(図 1)。

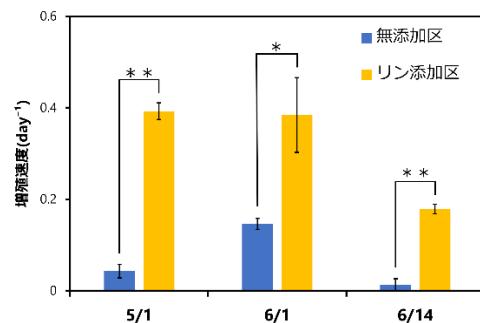


図 1. 栄養塩添加実験における植物プランクトンの増殖速度(5–6 月)(n=3 平均±SD)
(*: p<0.05 **: p<0.01)

5 添加区で実験を行った 7 月以降、7 月はリン添加区と混合添加区で、8 月から 10 月は混合添加区で増殖速度が有意に高く、7 月はリン制限、8 月から 10 月では複数の栄養塩による共制限が示された(図 2)。また、8 月から 10 月の混合添加区において、培養後にリン酸態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)と溶存態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$)の減少が見られ、共制限がリンと窒素によるものであることが示された。

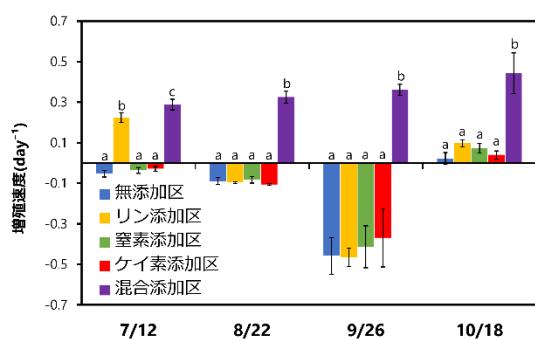


図 2. 栄養塩添加実験における植物プランクトンの増殖速度 (7-10 月) ($n=3$ 平均±SD) ($p<0.05$ abc:各実験日 abc 間に有意差)

考察

栄養塩添加実験から、諏訪湖での植物プランクトンの増殖は、5 月から 10 月の間、常にリン制限を受けていて、8 月から 10 月は窒素制限が加わって共制限状態にあったと示された。5 月から 6 月のリン以外の制限は不明であるが、少なくとも 7 月はリン単独の制限であった。

諏訪湖全層のクロロフィル a 濃度(諏訪臨湖実験所定期観測データ, 2023)と、栄養塩制限の変化を比較したところ、リンと窒素の共制限がみられた 8 月から 10 月にかけて、植物プランクトン量が大きく増加していた(図 3)。

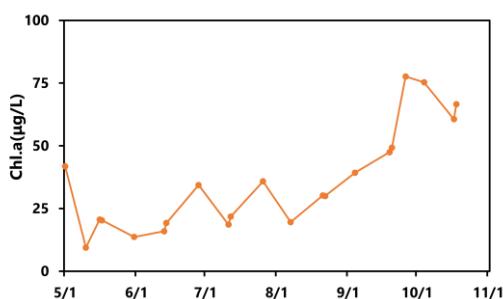


図 3. 諏訪湖全層のクロロフィル a 濃度
(諏訪臨湖実験所定期観測データ, 2023)

このことから、諏訪湖では、8 月以降、底質、水草の枯死、河川といった供給源からの栄養塩供給に大きな変化があったと考えられる。

2023 年の諏訪湖では 8 月あたりから水草、主にヒシの枯死が見られていた。諏訪湖の水草の現存量と栄養塩量(武居, 2010), ヒシが枯死した際のリン、窒素の溶脱率(渡辺ら, 2010)より試算した、諏訪湖の水草が枯死することによって湖水に溶脱するリン、窒素の影響は、昨年 7 月の諏訪湖全層の全リン、全窒素濃度(諏訪臨湖実験所定期観測データ, 2022)の、それぞれ 80% と 20% にもなるため、水草の枯死が、8 月以降の栄養塩供給を大きく増加させていたと考えられる。

また、試算に用いた、水草から溶脱する窒素、リンの N/P 比は 10 であり、レッドフィールド比の 16 と比較すると、リンと比較して相対的に窒素が少ない。水草の枯死によりリンが供給されたことで、植物プランクトン量が増加し、それに伴い植物プランクトンが吸収する窒素の量も増加したが、リンと比較して窒素の供給量が相対的に少なかったため、8 月中旬には湖水中の窒素が枯渇し、窒素制限が生じ、リンと窒素の共制限が発生したと考えられる。

今年の諏訪湖においては、夏季の降水量が少なく、水草の枯死が大きく関わって栄養塩制限の変化が発生したと考えられる。しかし、年によって河川からの流入量や水草の枯死時期といった、栄養塩供給の量や時期は異なるため、栄養塩制限も年によって異なるものと考えられる。

引用文献

- Sebastian Eixler, Ulf Karsten, Uwe Selig (2006) Phosphorus storage in *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta) cells and its dependence on phosphate supply. *Phycologia* 45 : 53-60
- Maiko Kagami, Yutaka Hirose, Hisako Ogura (2012) Phosphorus and nitrogen limitation of phytoplankton growth in eutrophic Lake Inba, Japan. *Limnology* 14 : 51-58
- 武居薰 (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
- 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

O-09

諏訪湖におけるワカサギ、オオクチバス、ブルーギルの耳石径と標準体長の関係式

○加藤浩之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

魚類の内耳には耳石と呼ばれる、聴覚や平衡感覚に関与する組織が存在する。魚類の耳石の特徴として、①魚種ごとに形状が異なるため、種判別に利用可能であること、②耳石径と魚類の体長には、多くの場合比例関係があり、線形回帰式が作成可能であること (Dehghani et al. 2016)、③耳石の主成分は炭酸カルシウムで、摩耗・溶解への耐性が強いこと、などが挙げられる。ただし、耳石径と魚類の体長の関係を表す線形回帰式は、同一種でも生息する環境ごとに異なる場合がある (Yodo & Kimura 1996)。また、約 1 年で生活史を終える、いわゆる「年魚」であるワカサギなどでは、各世代で生息環境や成長度が異なる可能性があり、線形回帰式に影響しうると考えられる。そこで、本研究の目的は諏訪湖に生息するいくつかの魚類について、耳石径から魚類の標準体長を推定する線形回帰式を作成することとした。対象魚種は、諏訪湖において動物プランクトンを捕食するワカサギと、ワカサギ等の小型の動物を捕食するオオクチバス、ブルーギルとした。

方法

線形回帰式の作成のため、2020 年と 2021 年に諏訪湖で捕獲された当歳のワカサギ（各年 108 個体と 101 個体）、オオクチバス 66 個体、ブルーギル 83 個体の標準体長を計測し、その後に耳石を取り出して、その最も長い部分を長径、原則として長径に対して直角な向きの最長の部分を短径として計測した。その値を用いて、標準体長を目的変数、耳石長径と耳石短径をそれぞれ説明変数とした線形回帰分析を各魚種について実施した。

結果

オオクチバスとブルーギルの線形回帰式は長径・短径のどちらについても決定係数 0.93 以上と高い値を示し、耳石径を回帰直線に当てはめることで推定した体長の平均および 95% 信頼区間は、オオクチバスで実際の標準体長の 1.01 ± 0.001 倍、ブルーギルでは 1.01 ± 0.01 倍であり、耳石長径・短径を用いて作成した線形回帰式による体長推定はかなり正確に行える可能性が示唆された。また、ワカサギの線形回帰式は長径・短径のどちらについても決定係数は 0.83 以上であり、推定体長の 95% 信頼区間は実際の標準体長の 1.001 ± 0.004 倍であった。加えて、2020 年と 2021 年で、それぞれ当歳魚のワカサギを用いて作成した線形回帰式は切片が異なるということも明らかとなった。

考察

今回作成したオオクチバスとブルーギルの線形回帰式は、各魚種の標準体長を推定するにあたり有用であると考えられた。また、ワカサギの線形回帰式の切片が年ごとに異なる要因の 1 つには、ワカサギの成長（成長の停滞の有無や成熟時の標準体長）が年ごとに異なることが考えられた。また、2021 年の 6、7 月と 8、9 月に採取されたワカサギそれぞれを用いて回帰分析を行った結果、2 つの線形回帰式の傾きは有意ではないものの若干異なっており、切片の値も異なった。ワカサギの捕獲時期が年で異なることも、年間で回帰式の切片が異なった要因の一つと考えられる。

引用文献

- 大浜秀規 (1989) 山梨県魚苗センター事業報告書 17 号 : 28-34
- Dehghani M et al. (2016) Marine Biodiversity Records 9:44
- Yodo T & Kimura S (1996) Fisheries Science 62 : 524-528

O-10

諏訪湖におけるササゴイの基礎的な繁殖生態の解明

○田嶋樹¹ 笠原里恵²¹信州大学理学部 B4・²信州大学理学部

はじめに

ササゴイ(全長 52cm、体重 135–300g)は小型の魚食性鳥類であり、春に本州に渡来て繁殖し、秋に小笠原諸島以南に渡去する夏鳥である。国や自然保護団体が主導して 1990 年代と 2010 年代に行った全国規模の繁殖鳥類調査から、国内での本種の分布が大きく縮少したことが明らかになった。長野県版のレッドリストでも絶滅危惧種Ⅱ類に指定され、個体数の減少が懸念されている。一方で、本種の具体的な減少要因はわかっておらず、利用環境や基礎生態の情報も限られている。本種の個体数の維持や回復にはそれらの情報収集が喫緊の課題である。本研究では、ササゴイの繁殖がみられる、長野県中南部に位置する諏訪湖に着目した。そして、本種の基礎的な生態を把握することを目的に、渡来・渡去時期・営巣場所・利用環境について調査を行った。

方法

渡来と渡去時期、繁殖状況を把握するためには、諏訪湖東岸から南岸まで延長約 6km の範囲に、およそ 200m—400m の間隔で 19 地点を、また南岸に接する水田地帯におよそ 250m の間隔で 4 点、計 23 点を設置し、2023 年 4 月–8 月に、月 1–2 回の頻度で、各地点 10 分間の定点センサスを行い、半径 100m 以内に出現した種と個体数、環境、行動を記録した。また、育雛に関わる利用環境や行動範囲を明らかにするために、巣内雛の確認後に、成鳥を 1 回 1.5~2 時間追跡する調査を 6 回実施し、記録位置・環境・行動を記録した。ただし、個体識別はしていない。

結果

定点センサス調査から、2023 年の諏訪湖におけるササゴイの渡来確認は 4 月 21 日で、6 月 20 日には巣立ち近いヒナが観察された。ま

た、8 月 27 日の追跡調査以降、ササゴイは観察されなかった。巣が確認できた営巣場所と、巣は確認できなかつたが、つがいが見られた場所は、諏訪市側に 2 か所・岡谷市側に 2 か所の計 4 か所であった。とくに諏訪市側の沖に浮かぶ小島では、営巣樹種は不明だが、島内に少なくとも 4 つがいの同所的な繁殖がみられた。岡谷市側で確認された 2 巣はヤナギ類に造られていた。成鳥やつがいの観察数から、2023 年の諏訪湖への渡来数は約 18 個体と推定された。定点調査による個体の記録環境には、例数は少ないが季節変化がみられた。渡来後から 6 月上旬までは、おもに水辺の木本で記録され、浮葉植物であるヒシが繁茂して水上を覆った 6 月中旬以降は、ヒシ群落内で滞留した流木など、湖上での記録が増加した。調査期間中、大型のサギ類であるアオサギも記録されたが、ササゴイとの間に追い払いなどの競合は確認できなかつた。行動追跡では、一度の飛行で 1km 以上の移動も観察された。

考察

本調査から、諏訪湖でのササゴイの渡来時期は 4 月下旬、渡去時期は 8 月下旬であり、巣立ち近いヒナの確認時期から、一般的な育雛期間 (14–30 日) と抱卵期間 (21–23 日) を考慮すると、5 月下旬には造巣が開始されたと考えられる。巣は哺乳類などの天敵からの捕食を避けるような環境にあり、主な利用場所は水辺の樹木や岩場であることが示唆された。ヒシの繁茂後に湖上での観察が増えたのは、滞留した木材などが水面へのアクセス性の高い採食場所を提供したと考えられるが、採食効率の増減は本調査では不明であった。移動範囲は広く、沿岸環境を広く利用している可能性がある。

O-11

カメラトラップ法を用いたブドウ園における加害鳥獣の把握

○末石萌乃¹・笠原里恵¹・川田和輝²・尾関竣哉²・佐藤寛之²¹信州大学理学部・²マリモ電子工業

はじめに

人の手で管理された草地や低木で構成される果樹園は、林縁や草地を好む生き物の生息地となる可能性を持つ（葉山 1992）。一方で、一部の種は果樹を加害することから、人間との軋轢が生じている。果樹園を利用する生き物の生物多様性に配慮しつつ加害対策を行うには、果樹を加害する種を把握する必要がある (Lamelas-López & Marco 2021)。本研究の目的はワイン用ブドウ園を対象に、果実を加害する鳥獣種を把握することである。

方法

調査地は、長野県上田市に位置する、シャトー・メルシャン椀子ワイナリーで 2022 年 9-11 月に実施した。加害鳥獣種の把握のため、センサー カメラ (ハイクカム SP2、Hyke 社) を園内に合計 11ヶ所設置し、検知後 60 秒間動画撮影するよう設定した。撮影データの分析では、検出された鳥獣の種ごとに、カメラ設置日数 100 日あたりの検出個体数の指標として RAI (O'Brien et al. 2003) を算出した。これにより種ごとの検出数の増減を収穫前後で比較し、果実の有無が検出数の多寡に影響するか、すなわち収穫前の出現が果実に対する加害を目的としたものか否かを検討した。

結果

検出された鳥獣はホオジロなどの鳥類 10 種と、シカなどの哺乳類 5 種であり、鳥類ではキジ、ムクドリ、ハシボソガラスの 3 種、哺乳類ではハクビシン、タヌキの 2 種の計 5 種で加害が確認された。加害が見られた種の加害率は、キジが 100%、ハクビシンが 91% と、他の 3 種と比べて高い傾向にあり、加害時の滞在時間も同様に、これら 2 種が比較的長い

傾向にあった。鳥類は主に朝を中心とした日中に、哺乳類は夜間に記録された。果樹の収穫前後で、加害が確認された種の検出個体数を比較したところ、タヌキを除き、収穫後に検出個体数が少なくなる傾向が見られた。

考察

本研究で加害が確認された種のうち、ムクドリやカラス類、ハクビシンは、果樹に対する害獣として一般に知られている（農林水産省 2021；高橋・菊池 2020）。また、鳥類と哺乳類の主な検出された時間帯は、それぞれの昼行性・夜行性の生態と一致していた。

ハクビシンは、果実が存在する時期に比較的検出個体数が多かったこと、加害時の滞在時間が長かったことから、本調査地における主要な加害生物と考えられ、また加害を目的に果樹園を訪れている可能性が示唆された。一方、検出時期や滞在時間でハクビシンと類似した傾向を示したのがキジであった。キジは果樹加害に関する報告は少ないが、本研究の結果を鑑みると果樹加害について過小評価されている可能性が考えられる。また、ムクドリとカラス類は検出数が少なかったが、加害鳥獣の多寡は年変動する可能性があり、同調査地で複数年の調査・分析が必要と思われた。

引用文献

- Lamelas-López L & Marco F (2021) Journal of Pest Science, 94:585-590.
 O'Brien TG, Kinnaird MF & Wibisono HT (2003) Animal Conservation Forum 6:131-139.
 高橋俊守 & 菊池紅音 (2020) 環境情報科学論文集 34:180-185.
 農林水産省 (2021) 全野生鳥獣による農作物被害状況 (令和 3 年度) オンライン：
https://www.maff.go.jp/seisan/tyozu/higai/hogai_zyoukyo/u/attach/pdf/index-18.pdf (参照：2023 年 11 月 20 日)
 葉山嘉一 (1992) 農村計画学会誌, 10:30-34.

O-12

2020年夏期における諏訪湖上および湖周に吹く風に関する時空間特性の分析

林美佑¹・○飯室遼¹・豊田政史²¹信州大学工学部 B4・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⁾と報告されている。貧酸素状態の解消のためには、潮流に関する研究が不可欠である。そこで、諏訪湖のような浅い湖において、潮流形成の大きな支配要因である風の場について把握することは重要である。

諏訪湖では、風の時空間特性についてさまざまな研究が行われてきた。しかし、既往研究は10日以内の短期間における観測値を用いた研究であり、典型的な風の場を把握するためには、データ数が不十分である。そこで本研究では、長期間における湖上および湖周に吹く風の観測結果をもとに、風の時間特性および空間特性について検討した。

方法

2020年7月13日から9月17日の間に、諏訪湖上および湖周の計6地点で観測された風速・風向の結果から、時間特性を把握するために、強風と弱風にわけて、4つの時間帯ごとの風向割合を分析した。また、強風時の空間特性を把握するために、諏訪特別地域観測所の卓越風向ごとの各地点における風向頻度および最多風向頻度時の風速を算定した。

結果と考察

諏訪湖上および湖周における観測地点を図1に示す。本研究では、強風時を3.0m/s以上、弱風時を3.0m/s未満とした。また、諏訪特別地域観測所を以降、アメダス諏訪

とする。

まず、風の時間特性について述べる。

図2より、13:00~18:00に強風が吹く頻度が多いことがわかった。



図1 諏訪湖上および湖周における観測地点(国土地理院²⁾に一部加筆)

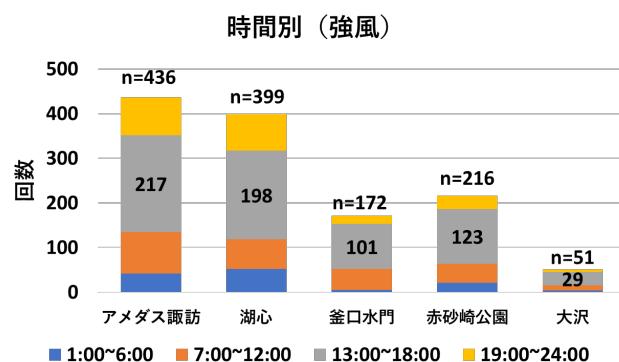


図2 各観測地点における強風時の時間別頻度分布

図 3 より、弱風時において、19:00～6:00 は陸風、7:00～18:00 は湖風が吹いていたことから、湖陸風の存在が予想された。次に、強風時における空間特性に関して述べる。図 4 より、アメダス諏訪では、南東と西北西からの強風が吹くことがわかった。以降、アメダス諏訪を基準に、上記 2 つの風向について着目する。図 5 より、南東の場合、一様風がみられた。図 6 より、西北西の場合、一様風と非一様風(大沢で北東寄りの風)がみられた。非一様風がみられる原因として、諏訪湖北東に位置する霧ヶ峰火山地からの吹きおろしの影響によるものであると考えられる。また、各地点における最多風向頻度時の風速を算定した。アメダス諏訪の風速を基準にすると、南東のときの風速は、湖心で 1.34 倍、釜口水門で 1.27 倍(東南東)，赤砂崎公園で 0.83 倍、大沢で 0.61 倍(南南東)であり、西北西のときの風速は、湖心で 0.93 倍、釜口水門で 0.49 倍、赤砂崎公園で 0.57 倍、大沢で 0.16 倍であった。

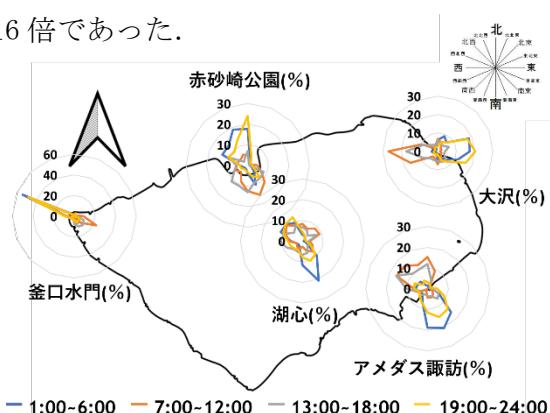


図 3 各観測地点における弱風時の風向割合図

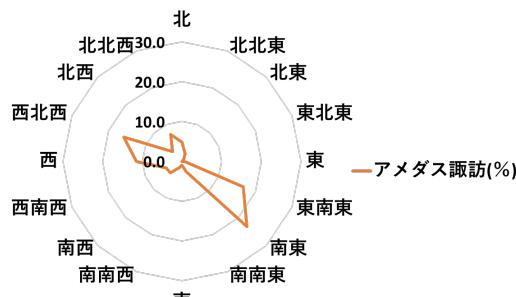


図 4 強風時におけるアメダス諏訪の風向割合図

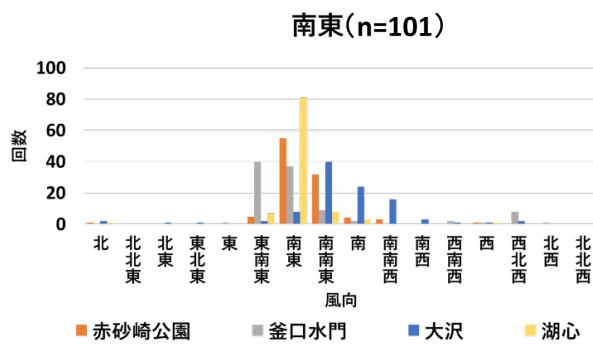


図 5 アメダス諏訪で南東の強風が吹く場合の風向頻度分布

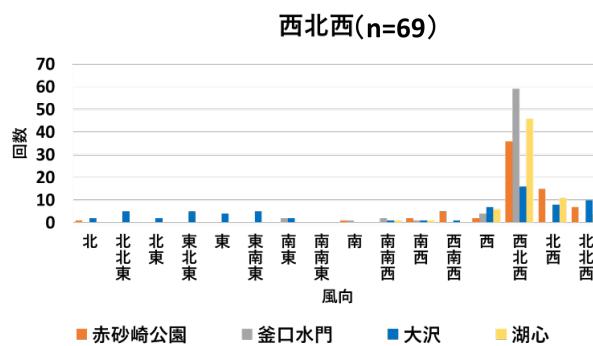


図 6 アメダス諏訪で西北西の強風が吹く場合の風向頻度分布

おわりに

諏訪湖上および湖周の風の時間特性および強風時における空間特性について把握することができた。

今後の展望として、2020 年夏期のみを対象としているため、他期間でも同様の結果が得られるか検討する。また、アメダス諏訪の西北西の強風時の風速において、一様風の場合のみを分析しているため、非一様風の場合も検討する。

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 43:12-27.
- 国土地理院ホームページ: 地理院地図 <https://maps.gsi.go.jp/> (2023 年 11 月 7 日確認)

O-13

野尻湖周辺に吹く風の時空間特性と成層破壊期の流動特性把握

○重松直樹¹・豊田政史²・小松一弘²¹信州大学大学院 M2 · ²信州大学工学部

はじめに

野尻湖では過去に淡水赤潮が発生しており、近年では底層の貧酸素化が懸念されている。このような現象を把握するためには、潮流に関する研究が不可欠である。野尻湖の流動特性については、富所ら¹⁾により数値解析を用いたセイシュの固有振動周期が求められ、水表面セイシュ・内部セイシュの固有周期が示された。しかし、野尻湖を対象とした風に関する周辺地域の時間的変動や、潮流の特性についての研究はなされていない。

そこで本研究では、現地観測および気象庁 AMEDAS の風データを用い、野尻湖ならびに周辺地域の風に関する時間的・空間的特性と、数値シミュレーションによる野尻湖成層破壊期の流動特性把握を行った。なお、流動特性については紙面の都合上、省略する。

方法

野尻湖北東部の湖畔に風速計を設置し、風の観測を行った（この結果を野尻湖の風とよぶ）。また、野尻湖周辺地域である信濃町、さらに新潟県にある高田・関山の 3 地点の気象庁 AMEDAS²⁾より、風速・風向値を取得した。観測データは 10 分間隔、期間は 2023 年 8 月 25 日～11 月 8 日であり、AMEDAS データは 1 時間間隔、取得期間は 2017～2021 年である。これらのデータを整理・比較し、時間的变化と地形的要因を検討した。

結果と考察

野尻湖および周辺地形の位置関係を図 1 に示す。本研究では、強風時を 3.0 m/s 以上、弱風時を 3.0 m/s 未満とした。



図 1 野尻湖および周辺地形の位置関係
(国土地理院³⁾より引用)

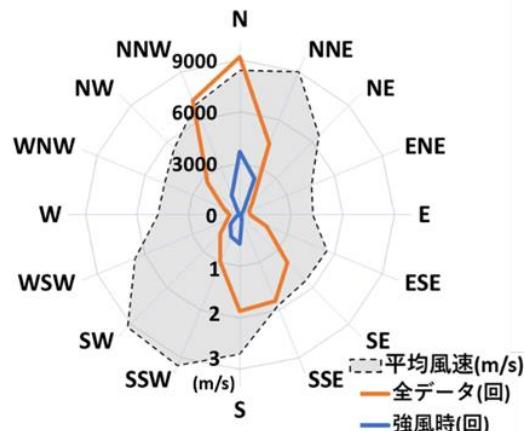


図 2 信濃町の風向頻度・風速分布図
(2017 年～2021 年)

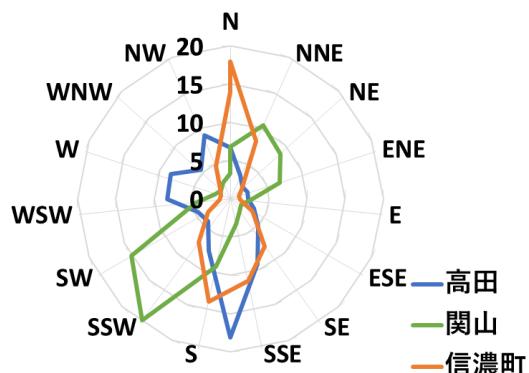


図 3 信濃町・関山・高田の風向割合図
(2021 年)

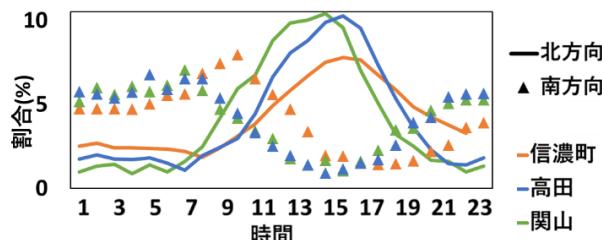


図 4 南方向・北方向における信濃町・関山・高田の時間別頻度分布図（2021 年）

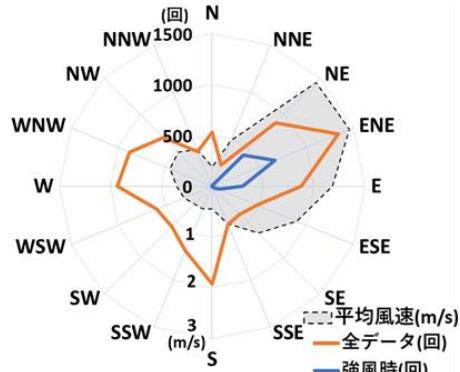


図 5 野尻湖の風向頻度・風速分布図
(2023 年 8 月 25 日～11 月 8 日)

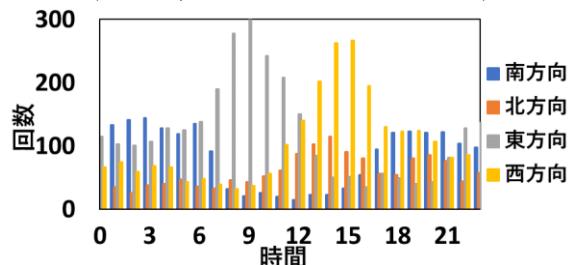


図 6 野尻湖の風の時間別頻度分布図

・AMEDAS 信濃町の風

図 2 より、信濃町の風は強弱に関係なく南一北方向に卓越することがわかった。また、平均風速をみると南一北方向に大きな値を示すことが明らかとなった。図 3 より、信濃町と同様に関山・高田の風もおおむね南一北方向に卓越することを確認した。図 4 より、3 地点に共通して、南一北方向の風は日中に北風、夜間に南風の割合が高いことから、海陸風の影響を受ける可能性が考えられた。

・野尻湖の風

図 5 より、野尻湖では東方向の風が最も卓越し、南・西方向の風もよくみられ、北方向の風はあまりみられないことが明らかとなつた。強風に着目すると、東方向の風がほと

んどであり、各風向の平均風速をみると、多方向に比べて東方向の風が極めて大きく、3 m/s 弱を示すことがわかった。図 6 より、東方向の風は一般的に午前中に吹き、夜間から徐々に頻度が多くなり 9 時台にピークを迎えることが明らかとなつた。また、西北西の風が北方向の風の分布と一致しており、図 3 で示した信濃町の北方向の風も同様の分布を示していることが確認できた。

・野尻湖と信濃町

両者の風の場は大きく異なり、特に野尻湖の強風時はほとんどが東方向からである。両者ともに北西一南東の風が少ないことから、湖陸風による影響は大きくなれない可能性が考えられた。北方向と西方向の風の関係性について、観測地点北部の標高差 100m ほどの丘陵地の影響により北風が受け止められ、その周囲に沿って吹くことにより西方向の風が多くなる可能性がある。

おわりに

信濃町の風特性について、海陸風の影響を受ける可能性があることを把握した。野尻湖の風特性について、信濃町の風特性と大きく異なり、地形の影響により局地風が吹く可能性が考えられた。また、信濃町・野尻湖とともに湖陸風による影響はみられなかった。

今後の展望として、風のシミュレーションを活用し、野尻湖の風のパターンおよび地形による影響を把握することが望ましい。

流動特性については当日発表予定である。

引用文献

- 富所五郎、赤堀安宏 (1991), 諏訪湖と野尻湖のセイシュの固有周期とその数値モデル. 水工学論文集 35 : 615-620
- 気象庁ホームページ：過去の気象データ
<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obstdl/> (2022 年 11 月 20 日確認)
- 国土地理院ホームページ：地理院地図
<https://maps.gsi.go.jp/> (2023 年 11 月 20 日確認)

O-14

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

井土貴斗¹・○吉村芽唯²・豊田政史³¹長野県・²信州大学 B4・³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を生じ、河道内の地形に影響を与えた。実際に発生した千曲川橋梁の落橋は洗掘による堤防の欠損が原因であると推測され、欠損地点周辺における砂州の移動が確認されており、台風 19 号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。しかしながら、流路形態の変化に着目した地形変遷に関する研究がなされているものの、土砂動態に着目した千曲川流域の河道変遷に関する研究はなされていない。また、千曲川流域全体についての河道内の土砂動態は明らかにされていない。

そこで本研究では、信濃川水系の千曲川中流域を対象とし、主に過去の横断測量データと航空写真を用いて、河道内の土砂動態と流路形態に着目し、約 45 年の河道地形の変遷を把握する。さらに、台風 19 号の発生前後における地形変化を明らかにし、出水が千曲川の河道地形に及ぼした影響について検討を行う。

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、そのうちの中流域の距離標 109km～22km を対象区間としている。千曲川中流域の地形図を図 1 に、川幅縦断図を図 2 に示す。

2) 研究方法

昭和 51（1976）年～令和 2（2020）年に

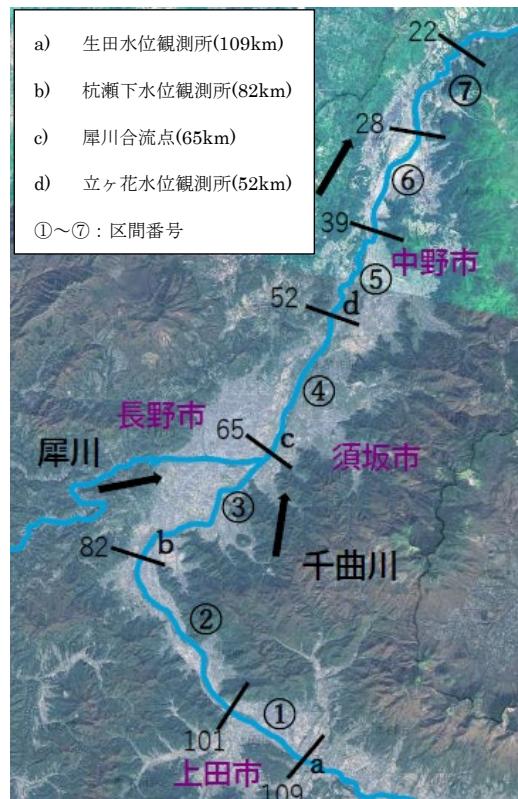


図 1：千曲川中流域（図中の数字は距離標:km）

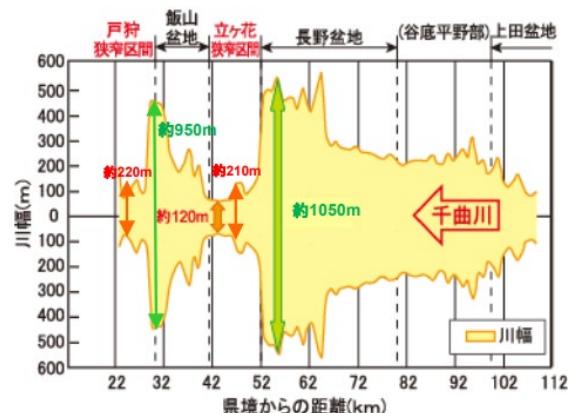


図 2：川幅縦断図
(国土交通省北陸地方整備局提供)

における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。千曲川中流域を 7 つの区間に分け、求めた値を区間別にまとめ、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、河川水理量の変化を把握した。

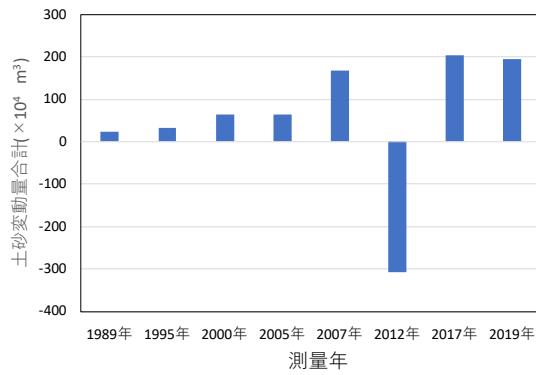


図 3: 全区間の土砂変動量

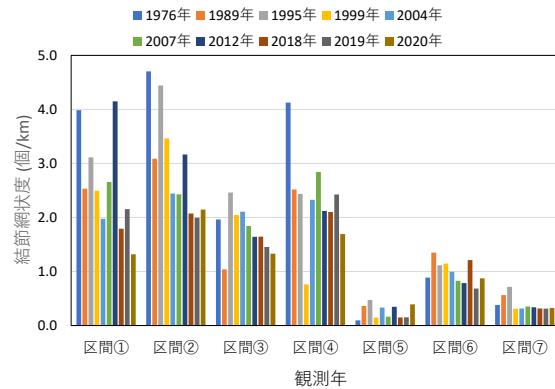


図 4: 結節網状度

結果と考察

1) 長期的な河道地形の変遷

昭和 51 (1976) 年～令和 2 (2020) 年の河道の地形変遷を検討した結果、千曲川中流域全体における河道内土砂量の変動幅は経年的に大きくなっている。この期間全体でみると土砂量は増加していた(図 3)。流路形態に大きな変化はみられなかったものの、結節網状度は減少し、直線的な流路を形成する傾向にあった(図 4)。

2) 台風 19 号の発生前後に着目した河道地形の変化

台風 19 号の発生前後において、河道内土砂量は、特に区間①では減少、区間④では増加傾向にあり、千曲川中流域全体でみると土砂量は増加していた(図 5)。区間①を含む距離標 100km 付近より上流では結節網状度が減少していたことから、分合流は減少し、流路に与えた変化は大きかったと推測できる(図 6)。流路の変化や中州の減少など、上田市において流路形態の変化が顕著にみられ

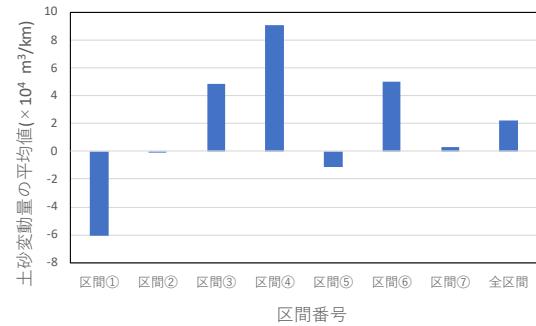


図 5: 土砂変動量の区間別平均値

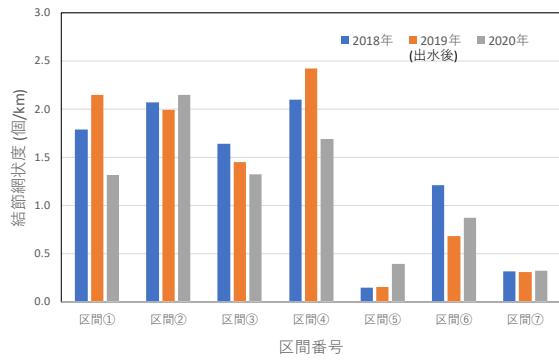


図 6: 結節網状度

た。したがって出水の影響を大きく受けたと推測できる。区間⑤～⑦における下流側においては、流路形態の変化は小さかったものの、砂州は大きくなる傾向にあった。このような変化から、千曲川中流域の河道全体で土砂の流入出が活発に行われたと推測できる。

以上のことから、本研究で対象とした区間において、台風 19 号の出水が河道地形に最も影響を及ぼしたのは、上田市であったといえる。

引用文献

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

浅野ら (2004) 横断測量データおよび航空写真を用いた千曲川中流域における河道の縦横断形状の変化に関する研究。応用測量論文集 15 : 109-115.

O-15

諏訪湖産水草マツモのアレロパシー物質の特定

○岸田龍大・朴虎東

信州大学大学院総合理工学研究科

はじめに

多くの淡水生態系が急速な工業化や都市化により富栄養化し、生態系や経済に深刻なダメージを与えている。*Microcystis*属などの植物プランクトンによる有毒藍藻のブルーム（アオコ）の制御策を見つけるため多くの研究が行われてきた。

長野県諏訪市にある諏訪湖において、大型水生植物（水草）と植物プランクトンは競争関係にある。水草による植物プランクトンの抑制はよく知られており、アレロパシーや栄養塩競合など様々なメカニズムが示唆されている。

諏訪湖に生育する水草の1種であるマツモ (*Ceratophyllum demersum*) の細胞内には(+) -Catechin (CAT) などの有毒藍藻の成長を抑制する化学物質（アレロパシー物質）が存在することが先行研究により示されている（岸田 2022）。しかし、植物プランクトンおよび水草の室内培養実験は行われているが、野外において水草によるアレロパシーを検証している研究は少ないので現状である。さらに、野外実験において水草由来の化学物質滲出現象を成分分析の観点から実証している研究はない。

本研究では諏訪湖において生育するマツモ由来の滲出物回収法を確立するとともに、マツモから滲出している化学物質を特定することを目的とする。

材料と方法

調査は長野県の諏訪臨湖実験所付近において 2023 年 8 月 9 日および 9 月 15 日に行われた。採取されたマツモは水道水で洗浄されたのちに実験に用いた。洗浄したマツモをポリカーボネート製のボトルに添加し、20μm のふるいに通した湖水を 2L 加え、現地において 2 時間インキュベートされた。同様に濾過した

湖水のみを添加した区を対照区とした。インキュベート後のボトルを回収したのちに、湖水サンプルを直ちに 20μm のふるいに通してさらにガラス纖維濾紙 (GF/C) で吸引濾過を行った。濾過した湖水サンプル 1L と事前に 100% メタノールおよび蒸留水で活性化させた SPE-C18 フィルター (3M Empore Disk, 47 mm φ) を用いて固相抽出を行った。湖水サンプルを通した Empore Disk は 100% メタノールで溶出させ、サンプルを蒸発・乾固させたのちに遠心分離を行い、上澄み液を LC-MS (LC-MS2020, Shimadzu) で分析した。

結果と考察

LC-MS による成分分析の結果、湖水にマツモを添加した区では *m/z* 307(+) の化学物質が検出された。対照区ではこの物質は検出されなかった。2 回の調査について 3 サンプル同様の手順で前処理・分析を行ったが、水草を添加した湖水サンプルすべてにおいてこの化学物質が検出された。加えて、検出された化学物質はマツモの細胞内抽出物にも含まれていることから、マツモの細胞内化学物質が細胞外へ滲出していることが示唆された。

また、検出された物質は 260nm, 280nm で UV 吸収スペクトラルをもつことが分かった。分子量およびマツモに含まれる CAT の生合成経路も考慮すると、検出された化学物質は (-)-Epigallocatechin (EGC, MW : 306) であることが推察された。この物質が諏訪湖に生育するマツモのアレロパシー現象に関与する主要な化学物質であることが示唆された。

以上より、野外において水草由来の化学物質滲出現象が実証された。本研究で用いたマツモは野外においてアレロパシー物質を滲出させている可能性がある。

O-16

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

○宇佐川輝・永峯亮弥・二木功子・朴 虎東
信州大学大学理学部

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及びダム湖などの水源地に悪影響を誘発するため、抑制することが望ましい。現在実施されている多くの制御の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

成長制御実験にはアクリルチャンバー (320 × 180 × 150mm) の中に 6L の培養した藍藻 *Microcystis aeruginosa* (NIES3349 株) の懸濁液及び野外試料を入れて行った。培地には MA 培地を用いた。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 (1-40Hz) を接続したもの用いた。*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。また、培養株のみ細胞内毒素 (Microcystin) の動態を LC/MS を用いて計測した。

結果と考察

水中スピーカーを用いることで 4 日目以降から対照区 (磁気攪拌機による下部攪拌) に対して、Chlorophyll a, 細胞濁度、細胞内毒素の減少がしており成長阻害が確認された。5.4, 20, 40Hz では成長阻害が確認された。また、野外試料においても効果を示した。

Han et al. (2018) の実験では回転式振動発生装置の振動波により藍藻を成長抑制することができた。その際に藍藻が沈んでおり、細胞内のガス胞が破裂していることを報告した。本研究で使用した水中スピーカーによる低周波でも同様に、藍藻の成長を抑制し、細胞が沈殿することを確認している。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制御することが示唆された。さらにこの低周波振動装置は藍藻の細胞膜を破壊しないので、水中への毒素 MC の流出を抑えることが可能な制御方法であり、今後有毒アオコの発生しているため池やダム湖への実験を計画している。

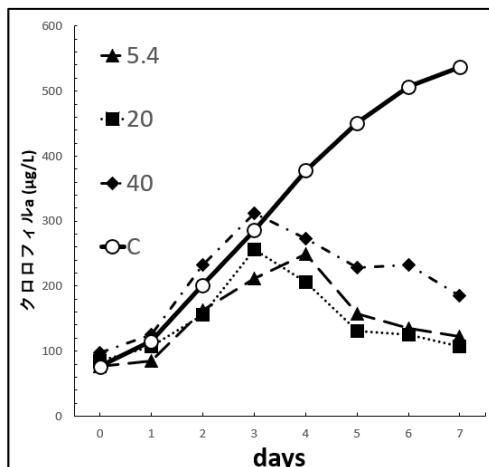


図 1 培養株に低周波を与えた際の各周波数 (5.4, 20, 40Hz) と対照区 (C:コントロール) の Chlorophyll a 濃度の変化

O-17

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、セルリーの葉と茎のアオコの抑制効果と抑制物質を明らかにする。

方法

セルリーは松本市の市場から購入し (諏訪産), 外側から1枚ずつ外した後に、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、20日間観察を行った。

プレートアッセイは葉と茎の凍結乾燥粉末 0.2g を蒸留水、80%メタノール、100%エタノー

ル各 4ml に 24 時間浸水させたものを遠心分離 (15,000rpm, 20 分, 4°C) し、エタノールのみエバポレータで蒸発乾固後に蒸留水で再度溶解した。96 穴プレートにラン藻 150μL、各抽出物 100μL を添加した。なお、試料の希釈は MA 培地を用いた。

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 で一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。

結果と考察

寒天重層では、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た。凍結試料では葉よりも茎の方が早く阻止円が観察されたが、凍結乾燥粉末ではほぼ同時に見られた。プレートアッセイでは、全ての抽出物で抑制効果が見られたが、影響した濃度範囲やラン藻の溶藻色 (緑、褐色、青、透明など) の変化に違いが生じた。セルリーの成分分析では、葉のメタノール抽出物では 263nm, 338nm に吸収が確認された。この結果を受けて UV を 338nm に設定し再測定した結果、葉のメタノール抽出物では、 m/z 443, 447, 579, 604 ([M-H]⁻) の 4 つのピークを検出した。

バイオアッセイの結果より阻止円が見られたことから、セルリーの葉と茎はラン藻の抑制効果をもつ水溶性物質が含まれている可能性が示された。プレートアッセイの結果、葉よりも茎の方が、エタノール抽出物より水抽出物の方に抑制効果が強いことが示された。LC/MS の結果から m/z 447 ([M-H]⁻) は Quercetin 3-rhamnoside だと推測できるが、その他の物質に関しては現在解析を進めている。

O-18

陸生シアノバクテリア *Nostoc commune* の紫外線吸収物質の探索

○齋藤彩乃・二木功子・朴虎東

信州大学理学部

はじめに

Nostoc commune (以下*N. commune*) はイシクラゲという和名で知られている陸生シアノバクテリアである。窒素固定を行うヘテロシストを持ち、湿潤状態でも乾燥状態でも生息可能である。

*N. commune*の二次代謝産物であるマイコスボリン様アミノ酸 (Mycosporine-like amino acids:MAAs) は、水溶性の紫外線吸収物質であり、60種類以上の構造が報告されている。この物質は、菌類、藻類、シアノバクテリア、地衣類などの多様な生物が自身を紫外線 (UV) 照射から保護するために生合成される。UVは可視光線よりも波長が短く、UV-A (320–400nm), UV-B (280–320nm), UV-C (200–280nm) の3種類がある。MAAの構造によって吸収極大は大きく異なるが、多くのMAAsはUV-AおよびUV-Bを効率的に吸収する。

本研究では、長野県内の標高の異なる3地点の野外環境において*N. commune*を採取し、その二次代謝産物である紫外線吸収物質MAAsを同定することを目的としている。

材料と方法

紫外線吸収物質の分析に用いた試料は長野県飯田市松尾清水（標高380m）、松本市桐（標高615m）、大町市平（標高760m）から採取して洗浄した後、自然乾燥させて重量の変化を観察し、含水率を求めた。

紫外線吸収物質の成分分析用の試料は、洗浄後に凍結乾燥させた試料を粉碎して乾燥粉末にしてから行った。乾燥粉末を80%MeOHで12時間攪拌して抽出した後、遠心分離(3500rpm, 15分)を行って上澄みをとり、分光分析計で200~800nmの分光分析を行った。沈殿には再び80%MeOHを加え、12時間抽出し、遠心分離

(3500rpm, 15分)を5回行った。最後に、回収した上澄みの一部を遠心分離(15000rpm, 20分)し、その上澄みを、HPLCおよび液体クロマトグラフ質量分析計(LC/MS)を用いて定性分析を行った。

結果と考察

長野県内の3地点のイシクラゲ試料の吸収スペクトルは、分光分析によって、200~800nmの範囲で、341nm, 436nm, 474nm, 666nmの4カ所で吸収ピークが確認できる。吸収ピークの大きさは341nm, 666nm, 474nm, 436nmの順で、300~360nmに幅広い範囲の紫外線吸収ピークが確認できた。

HPLCクロマトグラムからはすべての野外イシクラゲサンプルで334nmに吸収極大を持つことが確認できた。LCの保持時間は1.95分であった。

LC/MSを用いた結果は、ポジティブモードで246, 333, 545 m/zのピークが確認できた。分光分析で300~360nmに紫外線吸収ピークが確認できたことから、*N. commune*によってMAAsの合成が誘導されたことが確認できた。

今回、標高の異なる3地点のサンプルを用いて分光分析、HPLC、LC/MSを用いた分析を行ったが、標高の違いによる紫外線吸収物質MAAsの成分の変化は見られず、含有量の変化はあるのでMAAsの標準物質を用いた定量分析を行う予定である。また、すべてのイシクラゲサンプルで、紫外線吸収物質MAAsの一種であるMycosporine-glycine(分子量245), shinorine(334)とMAAsではない紫外線吸収物質のScytonemin(544)が検出された。Mycosporine-glycineとshinorineは抗酸化作用を持つ物質である。Scytoneminはシアノバクテリアによって合成される色素である。

O-19

糸状藍藻 *Cupidothrix issatschenkoi* RM4 株における 神経毒 anatoxin-a の生産に影響する要因

○杉山大悟・二木功子・朴虎東

信州大学大学院総合理工学研究科

はじめに

近年の温暖化や農地からの窒素やリンの流出により、湖沼にてアオコの発生が頻繁に起こるようになっている。アオコはmicrocystin(MC)やanatoxin-a(ATX)などといったシアノトキシンを放出し、水系生態系や水利用において重大なリスクとなっている。一方で、シアノトキシンの内のATXはMCに比べ、毒性や生産特性の解明が遅れている現状がある(Osswald et al., 2008)。ATXの生産特性の解明は水系生態系の保全や水利用上の安全確保において重要な課題であると考える。

本研究では、ATX生産藍藻 *Cupidothrix issatschenkoi* RM4 株を用いて、光波長や他の藍藻の存在といった条件が、*Cupidothrix issatschenkoi* RM4 株の成長やATX生産にどのような影響を与えるのかを調べた。

実験方法

琵琶湖から分離されたATX生産藍藻 *Cupidothrix issatschenkoi* RM4 株とCB培地を用いて、恒温器にて 25°C, 7·8 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 24 時間点灯の条件で培養実験を行った。波長に関する実験では、光源部分に青色、赤色及び透明のセロハンを貼り、波長の違いを作った。

成長は、吸光度計を用いて、算出したクロロフィル a(Chl.a)量を評価基準とした。算出には、クロロフィル a 濃度($\mu\text{g mL}^{-1}$) = $14.97 \times 678\text{nm}$ 吸光度 - $0.615 \times 620\text{nm}$ 吸光度という式を用いた。

また、*Cupidothrix issatschenkoi* RM4 株とMC生産藍藻 *Microcystis aeruginosa* NIES3349 株をCB培地にて共培養し、成長や各株の細胞数、シアノトキシンの量を求めた。シアノトキシンはサンプルを凍結融解後、LCMSにて分析し、求め

た。

結果と考察

Cupidothrix issatschenkoi RM4 株は赤色のセロハンを付けた処理区において成長が最大となり、続いて透明のセロハン、成長が最小となつたのは青色のセロハンを付けた処理区であった。また、赤色のセロハンを付けた処理区でATXの生産が最大となった。640-770nmの赤色光は主に富栄養湖で優占する波長であり(Alexander and Charles, 1999)，*Cupidothrix issatschenkoi* RM4 株は富栄養湖での生育に適応している可能性がある。実際、*Cupidothrix issatschenkoi* RM4 株は富栄養湖で多く確認される傾向にあり(Hodoki et al., 2013)，本見解と合致する。ATXが赤色のセロハンを付けた処理区で最大となつた理由としては、楊(2019)よりATXは対数増殖期に生産が最大化することが解明されており、本実験区で対数増殖期の状態が長く維持されたためと考えられる。

Cupidothrix issatschenkoi RM4 株と *Microcystis aeruginosa* NIES3349 株を共培養させた場合、各株の細胞数は減少した。これは、種間で光や培地中の養分といった資源を奪い合つたり、MCやATXを放出して他の株に生理ストレスを与えたりしたためと考えられる。また、*Microcystis aeruginosa* NIES3349 株の細胞あたりのMC生産が共培養時に低下したが、これは、*Cupidothrix issatschenkoi* RM4 株との種間競争の影響で、光合成に必要な光や培地中の養分が減少し、光合成速度が低下し、MC生産に必要な資源が分配されにくくなつたためと考えられる。

O-20

有機リン添加による藍藻のメタン生成機構の解明

○金馬直也・岩田拓記・浦井暖史・朴虎東

信州大学大学院総合理工学研究科

はじめに

湖沼におけるメタン生成は一般的には湖底などの嫌気環境中で起こると考えられているが、酸素濃度の高い表層水においてもメタン生成が起こっており、この現象はメタンパラドックスと呼ばれている (Bizi et al, 2020)。本研究では、好気環境下におけるメタン生成の理由として、藍藻による有機リン分解に伴う放出と予想し、培養株および有機リンを用いた室内実験による検証を試みた。

方法

(i) 藍藻の培養株によるメタン生成実験：藍藻の培養株として、*Microcystis aeruginosa* (NIES3349)，および*Cuspidothrix issatschenkoi* (RM4) を選定し、MA 培地に 2 週間培養したものを実験に用いた。分光光度計(V-630, 日本分光)で測定した細胞密度 ($OD_{405}=0.325$) を基準に、 $4.0 \times 10^5 \text{ cells/ml}$, $20 \times 10^5 \text{ cells/ml}$ となるように培養液を調整し、60mL バイアルに 30mL ずつ加えた。リン源として、メチルホスホン酸(MP), ホスホン酸ジメチル, β -グリセロリン酸, リン酸水素二カリウム(各 $500 \mu \text{M}$)を実験に用いた。ヘッドスペースの気体 0.5 ml をシリングで取り、ガスクロマトグラフ(GC-14B, 島津製作所)を用いて、24 時間毎に合計 72 時間のメタン濃度を測定した。また、分光光度計を用いて細胞密度の測定を行なった。

(ii) 野外試料のメタン生成実験：諏訪湖(下諏訪町)にて表層水 10L を採取した。採取後 24 時間曝気し、溶存メタンを除いた後、30ml ずつバイアルに入れた。その後 MP を $500 \mu \text{M}$ 添加し、(i)と同条件でメタン濃度を測定した。

結果と考察

(i) NIES3349 株での MP 添加実験において、 CH_4 生成量は明条件で 4.1 nmol/L/h ，暗条件で 1.8 nmol/L/h であり、添加なしの場合

(0.28 nmol/L/h) と比べて有意な差がみられた (図 1)。その他の添加実験の結果は明条件でホスホン酸ジメチル (0.25 nmol/L/h)， β -グリセロリン酸 (0.38 nmol/L/h) のメタン生成が確認された。また、RM4 株でも同様の結果が得られた。

(ii) 諏訪湖で採取した藍藻への MP 添加実験では、 CH_4 生成量が明条件で 2.8 nmol/L/h ，暗条件で 0.77 nmol/L/h であり、MP を添加していない場合と比べて有意な差がみられた。

以上より、MP 添加でのメタン生成は、ホスホン酸の脱メチル化の副産物であることが示唆された (Khatun et al, 2019)。野外試料への添加実験では、 1 mM の MP を添加すると成長阻害を受け、メタン生成が見られなかったことから、藍藻がメタンを生成する最適な条件が存在することが示唆された。添加実験において、明条件の方が暗条件よりもメタンを生成しやすいことから、藍藻からのメタン生成は光合成が関係していると考えられる。

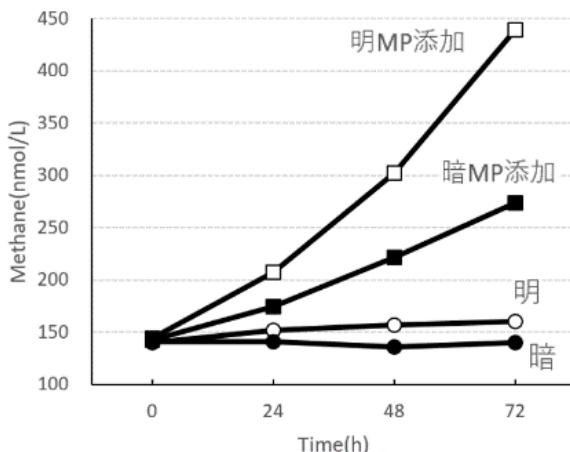


図 1. 培養株(NIES3349)の MP 添加実験結果

P-01

植物プランクトンのリン獲得とホスファターゼ活性

○市川雄貴¹・宮原裕一²¹信州大学・大学院、²信州大学・理学部

はじめに

諏訪湖は長野県中部にある湖沼である。富栄養化対策の結果、近年（2019年）では植物プランクトンが直接利用可能な湖水中のリン酸態リン（RP）濃度は1977年の1/7にまで低下し、植物プランクトンの量を示すChl.a濃度も1/4まで低下している（沖野・花里 1997；信州大 未発表データ）。結果として、Chl.a濃度とRP濃度の比は1977年の1/3まで減少し、植物プランクトンが利用できるRPは大きく制限されている。また諏訪湖では、湖水中RP濃度の低下に伴い、藍藻類の*Microcystis*属が発生しにくくなっている（本間・朴 2005）。一方、緑藻類・珪藻類が優占しており（二木ら 2018）、植物プランクトンの種傾向にも変化が見られる。

一方で、植物プランクトンは加水分解酵素であるアルカリ性ホスファターゼ（AP）を分泌して、溶存態有機リン（DOP）からRPを獲得することができる。しかしながら湖沼におけるAPの測定事例は少なく、APに影響を与える要因も不明瞭である。

本研究では湖沼における植物プランクトンが生産するAPと湖水中リン濃度との関係を解明するために、諏訪湖を含む、栄養状態の異なる4つの水域のAP活性値（APA）を測定し、APAとリンとの関係を植物プランクトンの種傾向別に解析した。

方法

諏訪湖、木崎湖（大町市）、高島城のお堀およびビオトープ池（ともに諏訪市）にて、6月から11月の間に調査・測定を行った。採水は有光層を対象に行い、湖水原液および1.2μmガラス濾紙で濾過した濾液を測定に供した。APA測定は田畠ら（1992）を参考に行

い、結果から1.2μm以上の画分におけるAPAを算出し解析に用いた。他にも各形態別リン（全リン、懸濁態リン、RP、DOP）濃度をモリブデン青吸光光度法で、Chl.a（全ての植物プランクトンに含まれる）・Chl.b（緑藻類に含まれる）・Chl.c（珪藻類に含まれる）の濃度をユネスコ法で測定した。

結果・考察

各水域における測定結果を表1に示す。リン濃度は木崎湖、諏訪湖、高島城のお堀、ビオトープ池の順で高くなった。植物プランクトンあたりの APA として APA/Chl.a を算出すると、木崎湖、諏訪湖、高島城のお堀、ビオトープ池の順で低くなつた。諏訪湖や木崎湖では、リン濃度が高い水域よりも APA/Chl.a が高く、リン濃度が低い水域では植物プランクトンがリン獲得のために AP を生産していることが示された。

表1. 各水域における測定結果の平均値。

	木崎湖 (n=18)	諏訪湖 (n=29)	高島城 (n=8)	ビオトープ池 (n=5)
全リン (μg/L)	13.1(±1.4)	37.3(±2.1)	97.4(±9.1)	161.3(±25.6)
Chl.a (μg/L)	5.3(±1.4)	34.4(±3.2)	60.6(±8.1)	48.1(±13.6)
APA (μmol/L/hr)	0.8(±0.1)	5.6(±0.5)	3.6(±0.9)	1.9(±0.6)
APA/Chl.a (μmol/μg/hr)	0.27(±0.07)	0.20(±0.02)	0.07(±0.02)	0.04(±0.01)

本研究では Chl.a/Chl.b、Chl.a/Chl.c の値によって、各試水における植物プランクトンの種傾向を相対的に区分した（0 < Chl.a/Chl.b < 10：緑藻類優占、0 < Chl.a/Chl.c < 5：珪藻類優占、それ以外：藍藻類優占と定義）。

APA/Chl.a と湖水中のリン濃度との相関関係を植物プランクトンの種傾向別に比較し

たところ、APA/Chl. a は、緑藻類優占時ではすべてのリンと、珪藻類優占時では TP と PP との間に有意な負の相関 ($p < 0.05$) が見られた。藍藻類優占時では有意な関係は見られなかった。これから緑藻類・珪藻類はリン資源が少ない環境では AP によって DOP から RP を得ることで対応していることが示唆された。

近年の諏訪湖や木崎湖では緑藻類と珪藻類が優占種となっている (Ito 2013; 二木ら 2018)。この 2 水域における比較的高い APA/Chl. a は、緑藻類・珪藻類がリン獲得のために生産した AP によるものであることが確認された。

一方で、高島城のお堀やビオトープ池における低い APA/Chl. a は、湖水中に直接利用できるリンが豊富に存在していたため、植物プランクトンにとって AP 生産を積極的に行わなかつたことを反映していると考えられた。

引用文献

- 二木功子ら (2018) 諏訪湖における夏季に優占する植物プランクトン種と富栄養化指数の変遷、水環境学会誌 41(3) : 43-54
- 本間隆満、朴虎東 (2005) 諏訪湖における *Microcystis* 種組成および藍藻毒素 microcystin 濃度に及ぼす硝酸態窒素・リン酸態リン濃度の影響、水環境学会誌 28(6) : 373-378
- Ito, T. (2013) Preservation potential of seasonal laminated deposits as a useful tool for environmental analysis in mesotrophic Lake Kizaki, central Japan, Journal of Asian Earth Sciences 73: 139-148
- 沖野外輝夫、花里孝幸 (1997) 諏訪湖定期調査：20 年間の結果、信州大学理学部附属諏訪臨湖実験所報告 10
- 田畠真佐子、長岡寛明、鈴木静夫 (1992) 震生湖のホスファターゼ産生菌の分布と単離菌の生理的性状、陸水学雑誌 53(3) : 223-230

P-02

諏訪湖に生息するオオクチバスの秋～冬季の食性と年比較

○龍野紘明¹・笠原里恵²¹信州大学大学院 D2・²信州大学理学部

はじめに

オオクチバスは日本において特定外来生物に指定されている北米原産の肉食性魚類であり、捕食や競争を通じて様々な在来生物に影響する。長野県の中南部に位置する諏訪湖では、1999 年に定着が確認されて以降急増し、定着初期の 2001–03 年に行われた年間を通した胃内容物調査では、ワカサギやヨシノボリ、エビ類が検出された（武居 2006）。現在まで、オオクチバスの駆除が進められているが、武居（2006）以降、近年の食性の情報はほとんどない。そこで本研究の目的は、主要な漁業対象種であるワカサギが捕食される可能性が高く、かつ産卵に備え栄養を蓄える時期でもある秋～冬季を対象に、近年の諏訪湖のオオクチバスの食性を明らかにすることとした。

方法

胃内容物分析は、2020 年 10–12 月と 21 年 3 月、2021 年 11–12 月、2022 年 11–12 月に、諏訪湖で諏訪湖漁業協同組合によって、刺網または電気ショッカーで捕獲された個体を提供いただき実施した。胃内容物から検出された食物は、動物プランクトン、昆虫類、ヨコエビ、テナガエビ、その他エビ類、魚類に分けて記録した。魚類では、可能な限り種レベルまで同定した。オオクチバス 1 個体あたりの各食物の検出率は、その食物が検出されたオオクチバスの個体数／食物が検出された（空胃でない）オオクチバスの総個体数として算出した。

結果

3 年間で胃内容物を観察したオオクチバスは 219 個体で、うち 98 個体から食物が検出できた。標準体長が 50–99 mm の個体からは、2020 年は魚類が検出されずヨコエビや

テナガエビ、昆虫類などが検出された一方、2021 年はエビ類の、2022 年は魚類の検出率が高かった。100 mm 以上の個体からは調査期間を通して主に魚類が検出されたが、2021 年はエビ類の検出率も相対的に高かった。また、1 個体あたりのワカサギの検出率は 0–42% であり、多く検出された魚種は調査年により異なる傾向が見られた。

考察

調査期間中、標準体長 50–99 mm のオオクチバスでは、魚類が検出される年とされない年があった。本種は、生息環境の食物利用可能性に応じて、より栄養単価が高く大型の、一度の捕食で多くの栄養が得られる高効率の食物へ移行するとされる（例えば、Azuma and Motomura 1998）。すなわち、魚類が検出された年は、小型のオオクチバスでも捕食可能な大きさの魚類の利用性が高かった可能性がある。また、検出される魚類の種も年によって異なる傾向が見られた。2020 年はワカサギやモツゴ、モロコ類が多かったが、2021–22 年ではワカサギの検出が減少し、オオクチバス（共食い）やブルーギル、ハゼ類の検出が見られた。本種が主に待ち伏せ採食型であること、食物の選好性が低いことから、調査年による検出魚類の違いは、各年の諏訪湖の魚類相を反映している可能性がある。武居（2006）の結果と比較すると、本研究の分析数は少ないが、同時期のワカサギの検出率は類似した。オオクチバスによる捕食圧等、影響評価へつなげるには、今後、本種の湖内存在量の推定が求められる。

引用文献

- Azuma, M. and Y. Motomura (1998) Environmental Biology of Fishes 52: 379–389.
武居薰(2006) 長野県水産試験場事業報告 8 号 22–31

日本で繁殖するチドリ類 2 種のミトコンドリア DNA を用いた 遺伝的多様性と集団間の関係

P-03

○中嶋瑞美¹・笠原里恵¹・西海功²・榎村奈緒子³・今野美和⁴・今野怜⁴・

今西貞夫⁵・内田博⁶・東信行⁷・中村太士⁸・森本元⁹

¹信州大学大学院・²国立科学博物館・³鹿児島大学・⁴北海道帯広市・⁵長野県諏訪市・

⁶比企野生生物研究所・⁷弘前大学・⁸北海道大学・⁹山階鳥類研究所

はじめに

日本で繁殖するシギ・チドリ類のうち、コチドリとイカルチドリは、それぞれ渡り鳥と留鳥とされており、河川などの砂礫地の地上に営巣する。一方で全国的に河川の砂礫地は減少傾向にあり、2種の将来的な個体数減少が懸念されている。個体数の減少は遺伝的多様性の低下を引き起こす可能性があり、気候変動などによる環境の変化への適応力や近交弱勢の生じやすさなどにも影響する。そのため、現存集団の遺伝的多様性を把握することは、将来的な集団の状況評価や保全の優先度を検討する上で重要な基礎資料となる。しかし、効果的な保全や生息地回復を行ううえで不可欠な、各種の生態や遺伝に関する基礎的な研究は多くなく、知見も限られている。本研究では、コチドリとイカルチドリの遺伝的多様性および遺伝的構造を、ミトコンドリア DNA (mtDNA) の Cytochrome b (Cytb) 領域から明らかにすることを目的とした。

方法

2015 年–23 年の繁殖期に、日本国内の 6 地域（北海道、青森県、東京都、長野県、和歌山県、鹿児島県）で、2種の繁殖集団から血液試料を採取し、DNA を抽出した。そして mtDNA の Cytb 領域の塩基配列（約 1100 bp）を読み取り、ハプロタイプを決定した。加えて、集団内の遺伝的多様性を示すハプロタイプ多様度と集団間の遺伝的分化の程度を示す遺伝的距離を算出した。

結果

コチドリでは、33 のハプロタイプが確認され、ハプロタイプ多様度は 0.5~0.8 度である。

り、北海道や鹿児島県で高く、長野県でやや低い傾向が見られた。分析した 163 個体のうち 81 個体が同一のハプロタイプをもち、このハプロタイプは分析した 6 地域の繁殖集団のすべてで見られた。この他にも全国規模で共有されるハプロタイプが複数あった。一方でイカルチドリでは、22 のハプロタイプが確認され、ハプロタイプ多様度は 0.3~0.5 度であり、長野県や和歌山県で高く、北海道や鹿児島県では低い傾向が見られた。コチドリ同様に、特定のハプロタイプが 6 地域の繁殖集団すべてで優占しており、集団間で共有するハプロタイプも複数あった。2種ともに、繁殖集団間の遺伝的距離は 0.05 以下であり、集団間の遺伝的分化は検出されなかった。

考察

ハプロタイプ数はコチドリでより多く、遺伝的多様性も高かった。この要因の 1 つとして、コチドリが渡り鳥で、アジアでの繁殖分布域も広いことが考えられる。同時にこの結果は、生息地の環境改変などの影響が、コチドリよりもイカルチドリでより大きい可能性を示唆している。2種ともに全国の集団間で遺伝的分化が見られない一方で、ハプロタイプ多様度が相対的に高かった地域が種間で異なった。これは、コチドリでは大陸で繁殖する集団が偶発的に渡来・繁殖している可能性を、イカルチドリでは留鳥とされながらも、国内、とくに本州内では、広範囲に個体の移動や交流がある可能性が考えられる。今後、より詳細な地域間の遺伝的交流や分化を検討するためには、核 DNA などを対象とした分析が必要であろう。

P-04

2023 年の諏訪湖におけるカブトミジンコと 植物プランクトンの出現状況

○佐藤秀美¹・笠原里恵²¹信州大学大学院 M1 · 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に摂食するため、互いに出現や存在量に影響しあう。長野県の中南部に位置する諏訪湖では、2007 年にカブトミジンコが初確認され、2020 年以降は、毎年初夏に出現し、2022 年には、5 月と 6 月の優占種となった。同時期の植物プランクトンの優占種は珪藻であり、6 月末に減少して以降は、カブトミジンコも検出されなかった。カブトミジンコはろ過食であり、1~40μm の微生物を摂食する（花里 2006）ため、該当する大きさの珪藻の存在がカブトミジンコの出現と消失に影響している可能性がある。本研究の目的は、諏訪湖におけるカブトミジンコの食物を明らかにし、同時期の植物プランクトン種の出現状況との対応を検討することである。

方法

調査は、諏訪湖に 3 地点：湖心、北東部、南西部を設置し、2023 年 4 月 19 日～7 月 13 日まで概ね週 1 回（計 13 回）行った。調査地点では、溶存酸素量と透明度を測定し、全層水（9~11L）をカラムサンプラーで採水した。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て中性ルゴール液で固定、植物プランクトン試料は全層水の 40μm 以下のろ液を中性ホルマリンで固定した。プランクトン類は、光学顕微鏡で観察し（40~400 倍）、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、密度を計算した。カブトミジンコの生体は、実験室で生物顕微鏡を用いて速やかに腸を観察した。クロロフィル a 濃度は全層水を GF/C フィルターで吸引ろ過し、Marker 法で濃度を求めた。

結果

カブトミジンコは 4 月 29 日～6 月 29 日まで観察された。密度は 5 月中旬にいったん高くなり、減少した後、6 月中旬に再び高まった後減少した。調査期間中における 40μm 以下の植物プランクトンの優占種は、4 月から 5 月中旬までは、10~30μm 円盤状単独性細胞をもつ珪藻の一種 *Cyclotella meneghiniana*（以下 C.m）であった。この種は全国の淡水中で大増殖することがある（一瀬 2005）。6 月の優占種は、約 20~40μm の球状群体を作る緑藻の *Coelastrum sp.*, *Sphaerocystis sp.*, および *Oocyst sp.* だったが、月末には確認できなくなった。クロロフィル a 濃度（湖水全量）は 4 月下旬に増加した以降低下し、6 月下旬に再度増加した。強熱減量はクロロフィル a 濃度と類似した傾向を示した。カブトミジンコ生体の腸内観察では、5 月の個体から、約 15μm 程度の円盤状細胞が多数確認された。6 月の個体には寒天質に包まれた球状細胞の群体（約 15~30μm）が認められた。

考察

諏訪湖におけるカブトミジンコの密度の増減時期は、湖水中の小型珪藻類や、緑藻類 3 属の密度の増減時期と類似していた。また、同時期の本種の腸には、これらの藻類に類似した細胞が見られた。以上から、諏訪湖のカブトミジンコが主として摂食している植物プランクトンはこれら 4 種（属）と考えられ、本種の出現に影響している可能性が高い。

引用文献

- 花里孝幸ら（2001）陸水学雑誌 62:151-167.
- 花里孝幸（2006）ミジンコ先生の水環境ゼミ. 地人書館.
- 長野県（2022）諏訪湖のプランクトン調査の状況. オンライン
(参照: 2023 年 11 月 20 日) :
<https://www.pref.nagano.lg.jp/mizutaiki/kurashi/shizen/suishitsu/suwako-do-shokubutsu/syokubutsu.html>

P-05

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・²信州大学理学部

はじめに

沈水植物は、植物体が水中に沈んで成長する植物である（角野 2018）。湖沼での分布に影響する要因には、光・栄養塩・底質などがあるが、その相互関係は複雑であり、植物種や場所で異なる（Schmid et al. 2022）。

長野県中部に位置する諏訪湖は、過去に水質悪化により沈水植物の分布面積が縮小したが、近年は水質改善により、沿岸部に分布が回復しつつある（古郡 2021 修論）。その分布を決める要因を明らかにできれば、効果的な生態系の維持や回復に貢献できると考えられるが、先行研究は少ない。本研究の目的は、諏訪湖における沈水植物の分布に影響を与える要因を解明することである。

方法

調査は 2023 年 7 月と 10 月に、それぞれ諏訪湖内に設定した 30 地点と 15 地点で行った（水深：約 0.5–4.0m）。各地点で、水深・透明度と底質直上の水温・溶存酸素濃度および光量子密度（10 月のみ）を測定し、湖底の相対光量を算出した。また、エクマンバージ採泥器で沈水植物・底質を採取し、バンドーン採水器で底質直上の湖水を採取した。実験室で水草の種を同定し、底質は、遠心分離をして、間隙水と固形物に分離し、底質の性状を知るため、固形物から含水率と強熱減量を測定した。湖水と間隙水は、栄養塩と SO_4^{2-} の濃度を測定した。 SO_4^{2-} は、嫌気環境下で植物毒である H_2S に還元される（Horne and Goldman 1999）ため、その指標とした。

全調査地点のデータを用い、沈水植物各種の有無に影響する要因の分析を、現地及び実験室で計測した環境変数から、Bray-Curtis 非類似度を用いた NMDS（非計量多次元尺度

法）で分析した。分析には R（version 4.2.2）を用いた。

結果

7 月の調査では 30 地点中 17 地点で沈水植物が確認された。このうち 11 地点でクロモ、3 地点でマツモ、2 地点でセキショウモ、イトモ、1 地点でヒロハノエビモが確認された。10 月の調査では 15 地点中 11 地点で沈水植物が確認された。このうち 9 地点でクロモ、7 地点でマツモ、2 地点でセキショウモ、1 地点でコカナダモもしくはヒロハノエビモが確認された。7 月の NMDS 分析結果では、間隙水中 SO_4^{2-} 濃度がセキショウモやヒロハノエビモの有無に、またヒシの有無がセキショウモやヒロハノエビモの有無に影響することが示唆された。10 月の結果では、隙水中 SO_4^{2-} 濃度が 7 月の 2 種に加えてマツモの有無にも影響することが示唆された。加えてセキショウモやヒロハノエビモには SO_4^{2-} 濃度のほか湖底の相対光量も影響することが示唆された。

考察

本研究から、間隙水中の SO_4^{2-} 濃度が高い場所に特定の種が分布する傾向が見られた。嫌気的な底質中において、 SO_4^{2-} は H_2S に還元されるため、 SO_4^{2-} 濃度が高い場所は好気的かつ H_2S 濃度が低い地点であると考えられる。 H_2S 濃度は沈水植物の成長を抑制する働きがあり、 H_2S 濃度に対する耐性は種によって異なる（Parveen 2017）。したがって、セキショウモ・ヒロハノエビモは H_2S 耐性が低く、好気的な地点に分布する可能性が示唆された。また、これらの種はヒシが分布しておらず湖底の相対光量が高い地点に分布す

る傾向も見られた。ヒシは水面に浮く葉を展開させる浮葉植物であるため（角野 2018），その水面下は光環境に乏しいと考えられる。先行研究でも光環境は沈水植物群落分布の規定要因とされ（天野・大石 2009），本研究の結果から，セキショウモとヒロハノエビモは複数の要因からその分布が決定されている可能性が示唆された。

引用文献

- A. J. Horne, C. R. Goldman (1999) 陸水学（原著第 2 版），京都大学学術出版会
Mahfuza Parveen, Takashi Asaeda, Md H. Rashid(2017) Hydrogen sulfide induced growth, photosynthesis and biochemical responses in three submerged macrophytes, Flora, 230, 1-11
Samuel A. Schmid, Ryan M. Wersal, Jonathan P. Fleming(2022) Abiotic factors that affect the distribution of aquatic macrophytes in shallow north temperate Minnesota lakes: a spatial modeling approach, Aquat Ecol, 56, 917-935
古郡千紘(2021)諏訪湖における水草の成長と栄養塩利用. 信州大学大学院総合理工学研究科 理学専攻修士論文
天野邦彦, 大石哲也 (2009) 霞ヶ浦における沈水植物群落の消長と環境変遷の関連性解析に基づく修復候補地の抽出, 水工学論文集, 第 53 卷, 1369-1374
角野康郎 (2018) ネイチャーガイド 日本の水草 (初版第 2 刷), 株式会社文一総合出版

P-06

時系列データから読み解く諏訪湖のプランクトン群集

○米山貴将¹・宮原裕一²・坂本正樹¹¹富山県立大学工学部・²信州大学理学部

はじめに

捕食者—被食者間相互作用は、湖沼の生物群集構造を決定する主要な要因となりうる。例えば、諏訪湖に生息する 2 種のゾウミジンコ（春と秋に優占する *Bosmina longirostris* と夏に優占する *B. fatalis*）の遷移は、出現時期の異なる 2 種の捕食者（ケンミジンコと捕食性ミジンコ *Leptodora*）に対する種特異的な誘導防衛（形態変化）と密に関係していることが先行研究によって示唆されてきた。しかし、先行研究から得られた知見は主に実験に基づくものであり、長期モニタリングデータの解析による検証は十分に行われていない。

Empirical Dynamic Modeling (EDM) は、時系列データにおける各パラメータの変動に内在する因果関係を推定する強力なツールである。本研究では、諏訪湖の栄養塩、植物プランクトン、2 種の *Bosmina*、2 種の捕食者の動態における各パラメータ間の因果を明らかにすることを目的とし、EDM の 1 つである Convergent Cross Mapping (CCM) を用いて解析を行った。

方法

信州大学による隔週の諏訪湖湖心調査で得られた 1996 年 3 月から 2018 年 8 月までの時系列データを隔月データに整理し直してから使用した（同月内に複数のデータがある場合は算術平均値）。解析に用いたデータは PO₄-P 濃度、NO₃-N 濃度、Chl. a 濃度、各動物プランクトンの密度であり、それらは信州大学山地水環境教育研究センター研究報告第 1 号から第 11 号、Sakamoto et al. (2018), Oh et al. (2019) にまとめられている。統計ソフト R (ver. 4.3.2) の rEDM パッケージ (ver. 1.5.0) を使用し、CCM によって図 1 のパラメータ間

のリンクにおける因果関係の有無を調べた。

結果と考察

CCM による解析の結果を図 1 にまとめた。栄養塩濃度と Chl. a 濃度の動態には因果関係が認められなかった。これは、植物プランクトンの現存量は環境収容力に達しておらず、動物プランクトンによる摂食により制御されていることを示唆する。

Chl. a 濃度は *B. longirostris* の密度に対して、*B. fatalis* は Chl. a 濃度に対して影響を与えるなど、植物プランクトン現存量との関係は *Bosmina* 2 種間で異なることがわかった。また、*B. fatalis* は *B. longirostris* に対して影響を与えることから、前者が資源競争において優位であることが示唆された。

B. fatalis と *Leptodora* は互いに影響を与えていたことがわかった。これは、*Leptodora* による捕食は *B. fatalis* の密度に影響するほど大きなものだが、防御形態を有する *B. fatalis* は *Leptodora* にとって良い餌ではないこと、もしくは *B. fatalis* が増えることで他の餌が減ることを示唆する。一方で、ケンミジンコ

(cyclopoids) と 2 種の *Bosmina* の動態には因果関係が無いことがわかった。これまで、ケンミジンコと *Leptodora* による選択的な捕食が *Bosmina* 2 種の季節的な遷移を引き起こす要因と考えられてきたが、CCM による解析結果は必ずしも先行研究の結果を支持するものではなかった。

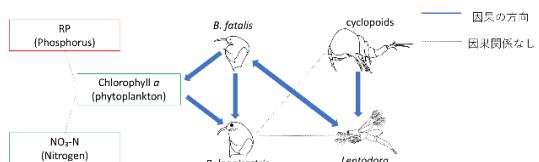


図 1. CCM により示唆された因果関係。

P-07

地球温暖化が富山県河川の極端洪水に与える影響評価

○柄澤志寿¹・呉修一¹¹富山県立大学工学部

はじめに

近年、地球温暖化による記録的な豪雨や洪水被害が増加している。富山県でも、今年の7月に、初めて線状降水帯が発生し、多くの被害をもたらした。よって、本研究では、地球温暖化が富山県河川の大規模出水に与える影響評価を行うことを目的とする。対象河川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、黒部川とした。評価には、d4PDF の 5km メッシュを用いるとともに、従来の降雨流出モデルに、新たに都市部と地下水水流を考慮することで、より詳細な流出計算を行う。加えて、極端気象現象の再現に適した新たなバイアス補正の手法を検討する。

方法

1. 将来雨量の算出

将来気候の評価に d4PDF の降雨量データを用いる。d4PDF のデータのバイアス補正を行い、将来雨量を算出する。また、5km と 20km で、将来の総降雨量、ピーク降雨強度、降雨継続時間などを解析し、降雨の変化特性を調べる。本研究では、20km メッシュには過去実験、2°C 上昇実験、4°C 上昇実験それぞれ 3000 年分、5km メッシュには過去実験、2°C 上昇実験、4°C 上昇実験それぞれ 372 年分の降雨量データを用いた。

2. 降雨流出計算

従来の降雨流出モデルに新たに都市部と地下水水流を考慮した流出モデルを用いることでより詳細な流量の算出を行う。また、河道部の洪水追跡計算には、一次元不定流計算を用いている。

結果

1. モデルパラメータのキャリブレーション

新たな降雨流出モデルを用いて、流量を算出した。新たなモデルでは地下水水流を考慮し、流出係数を使用しないため、従来のモデルと比較して流量が大きくなる傾向であった。一例として富山県河川での結果を図-1、2 に示す。これらの結果は速報値であり、今後更に詳細なキャリブレーション・モデル改良を実施していく予定である。

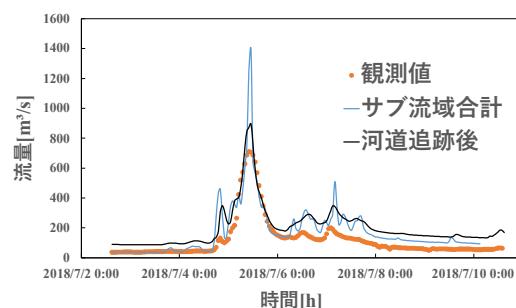


図-1 流量比較(小矢部川長江地点)

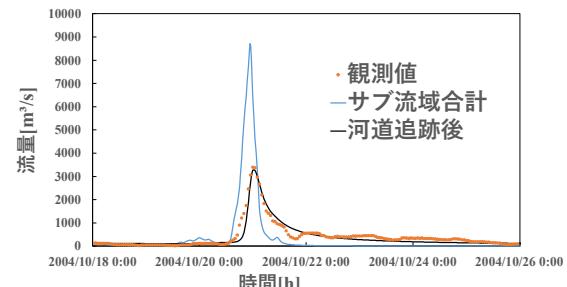


図-2 流量比較(庄川大門地点)

2. 20km メッシュでの降雨の変化

20km メッシュの d4PDF データを用いた気温上昇に伴う黒部川での総降雨量、ピーク降雨強度、降雨継続時間の変化を図 3~11 に示す。表-1 に結果をまとめると、気温上昇に伴い、総降雨量とピーク降雨強度は増加し、降雨継続時間は変化していないこと

が分かる。

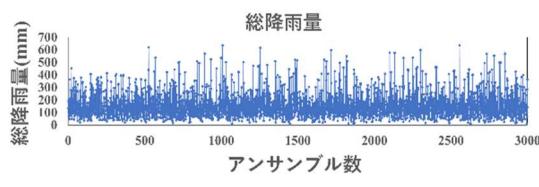


図-3 総降雨量(過去実験)

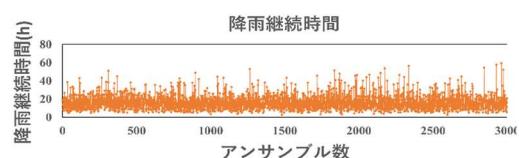


図-10 降雨継続時間(2°C上昇実験)

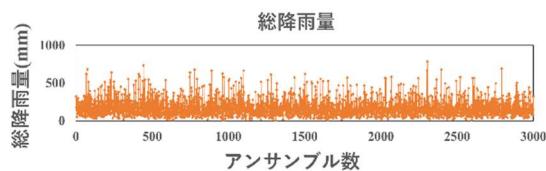


図-4 総降雨量(2°C上昇実験)

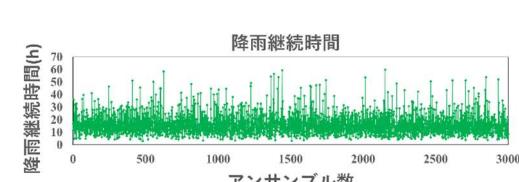


図-11 降雨継続時間(4°C上昇実験)

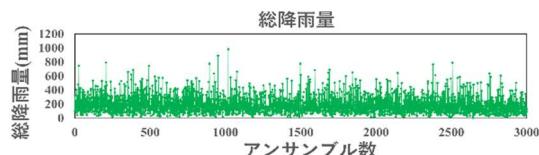


図-5 総降雨量(4°C上昇実験)

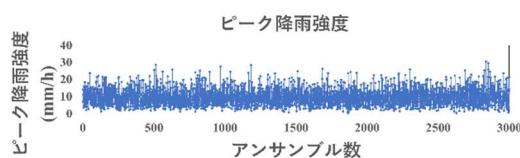


図-6 ピーク降雨強度(過去実験)

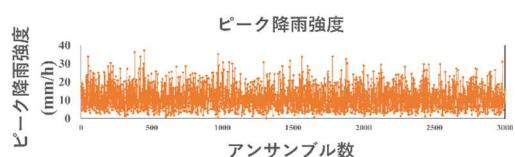


図-7 ピーク降雨強度(2°C上昇実験)

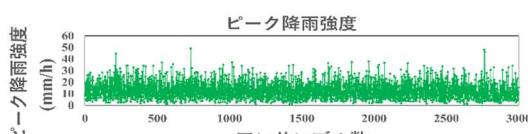


図-8 ピーク降雨強度(4°C上昇実験)

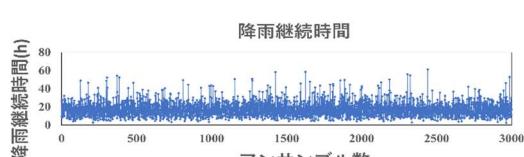


図-9 降雨継続時間(過去実験)

表-1 各気温上昇による総降雨量・ピーク

降雨強度・降雨継続時間の平均値

	過去 実験	2°C 上昇	4°C 上昇
総降雨量(mm)	155	169	190
ピーク降雨強 (mm/h)	10	11	13
降雨継続時間(h)	16	16	16

まとめ

降雨流出モデルより算出された流量を用いた一次元不定流計算の結果はより観測値に近い値となった。今後は表層土層厚や有効空隙率などのパラメータを変更し、キャリブレーションの精度を向上させ、より再現性の高い流量を算出する。加えて、キャリブレーションされたモデルを用いて、極端洪水の将来予測に取り組む予定である。

20km メッシュの d4PDF データの気温上昇に伴う降雨形態の比較において、総降雨量とピーク降雨強度が増加し、降雨継続時間に変化は見られなかったという結果が得られた。今後は 5km メッシュの d4PDF データを用いて各河川流域における気温上昇に伴う降雨形態の解析を行っていく。

P-08

水草生育時期の野尻湖における水温の連続測定 ①沈水植物の生育環境の検討○樋口澄男¹・近藤洋一^{1,2}・北野聰^{1,3}・酒井昌幸¹・山川篤行¹・小平由美子³・新津雅美³・酒井今朝重¹・深瀬英夫¹・峰村忠¹¹野尻湖水草復元研究会・²野尻湖ナウマンゾウ博物館・³長野県環境保全研究所**はじめに**

野尻湖では増え過ぎた水草の除去を目的に1978年に放流したソウギョにより、水草は全滅した。1988年の*Uroglena*を主体とする淡水赤潮の発生を機に水草復元の機運が高まった。野尻湖水草復元研究会は野尻湖産野生絶滅（当時）シャジクモ類ホシツリモの復元を象徴に水草帶の復元活動を行うこととし、1996年から湖内に復元実験区を設置して復元実験を開始したが難航した。その原因を調べるために、2001年に旧ホシツリモ分布地（シャジクモ帶）に実験区を設置し、生物相互関係の変化と共にホシツリモの生育環境の調査を並行して実施した。まず水温データロガーを実験区や湖心に設置して水温連続測定を行い、他の機器観測等のデータも併せて検討し、得られた結果を復元実験の手法改善に還元した。更に2018年の水草復元開始以降に優占したクロモについて、水温上昇の影響を検討した。これらの事例を報告する。

方法**1. 調査地点(満水時水深)**

野尻湖心水深0.5~15m間の7水深、北岸（芙蓉荘沖実験区（以下 芙蓉荘沖）水深4.5m）、南岸（旧ホシツリモ分布地：砂間沖実験区（以下 砂間沖）水深5~12m間の4水深）、水穴沖（水深2.5m~11m間の3水深）

2. 地点毎の調査期間

野尻湖心：2000~2022年の5~11月、必要に応じて延長、芙蓉荘沖・砂間沖・水穴沖：2000~2007年、必要に応じ設置。

3. 調査項目・機器

- ・**水温連続測定**：全調査地点で実施、自作水中ハウジングに収納のT&D社TR-52温度データロガーにより30分（一部60分）間隔で測定
- ・**水温垂直分布**：湖心においてYSI 6820多項

目水質計により測定（調査期間1999~2011）

- ・**画像による水流の観測**：湖底に設置した水中ビデオカメラで水中浮遊物をコマ撮り撮影
- ・**コカナダモ・クロモ水槽**：室内の45cm水槽に野尻湖底質を敷き、2020年にコカナダモ・クロモ各6本ずつ植栽、冬期は凍結防止装置作動、2022年3月から観察

結果および考察**1. 野尻湖心における水温の変動**

- ・**水温の垂直分布の季節変動**：2003年は5~10月に水温成層が形成され、6~9月には水深8~10m前後に明確な水温躍層が位置していた。
- ・**水温連続測定**：測定期間が最長の2019年には4月初旬に全水深で6°C付近、同月中旬に成層形成開始、8月初旬には最高水温が29°Cを超えた。以後水温低下と共に表層から混合が始まり、11月中旬には水深15mまで混合した。

2022年6月下旬は高い気温が続き、表層付近とそれ以下の水深では一部混合しながら、水温層が分離する過程が明確に観察された。2004年の9月には表層と10m水深の混合に長期間を要し、高い気温や台風の豪雨等の影響を受けた2019年秋期とは、混合のパターンが異なった。

水温連続測定結果および水温垂直分布測定結果を用い、気象データ等を参照し複数年のデータの比較を行うことにより、野尻湖内の幾つかの現象の把握が容易になった。

2. 水草復元実験区における水草の生育環境

- ・**実験区の経緯**：芙蓉荘沖実験区は1996年に水深4.5mに設置。ホシツリモ復元実験は、生物相互関係の変化の影響や、主軸が巨大な1細胞のホシツリモは折れ易く、水位低下時に波動等の影響を受け、小群落は倒伏・消滅した。
- 砂間沖実験区は旧ホシツリモ分布地点付近の水深7mに2001年に設置された。

- ・日平均水温・透明度：両実験区の夏期の日平均水温は15~25°C付近。夏期の透明度（湖心）は7mを超える。ホシツリモの生育可能範囲
- ・水温日変動：春～秋の晴天日の午後に芙蓉荘沖で水温が低下し、同時刻に砂間沖では水温が上昇する日が多く、この状態は夜半まで続いた。野尻湖では春～秋の晴天日に、長野盆地に吹き込む北風により吹送流が発生し、砂間沖に温かい表面水が偏るため生じる現象であった。
- ・砂間沖各水深の水温変動：北風による吹送流の発生時に、砂間沖では水深5, 7, 9mで時間がずれた水温変動がみられ、北風に起因する波動流等によると考えられる。水深9mでは1時間に最大約8°Cの水温低下があり、低温の底層水の湧昇（速度1mm/秒以下）と考えられる。
- ・静振：水穴沖の水深11mで一定周期（1日約8回）の水温変動が観察され、これは内部静振の可能性がある。このような動きが西隣の砂間沖へ影響を与えることが考えられる。

- ・画像による水流の観察：砂間沖湖底で昼間撮影されたビデオ画像では、水中の浮遊物の動きから10mm/秒程度の緩やかな水の動きがあつた。14時頃には最大で100mm/秒を超えた。

- ・ホシツリモの生育環境：現在の野尻湖砂間沖は水温、透明度はホシツリモ生育に適し、湖水は停滞だけではなく、底層側等から緩やかな速度で新鮮な湖水の流入がある環境である。

3. 湖水温上昇とクロモの増加に関する検討

2018年の水草復元開始以後、かつてのコカナダモに代わりクロモが優占したが、水温上昇の影響との指摘があったので検討した。

- ・湖水温の中期的変動：全調査年でデータが揃う6~10月の水温平均値により、水深別の経年変化を求めた（図）。直線近似式の傾きは水深0.5m, 15mで0.0417°C/年, 0.0374°C/年、水深0.5~15m平均値は0.0309°C/年であった。年間最高水温の経年変化の傾きは0.0667°C/年と高い値であった。

- ・クロモ殖芽の発芽（発根）時期の変化：まずクロモ殖芽の発芽（発根）水温を指標とした。室内水槽で急激に発芽率が増加（約80%）した水

温の移動平均値19°Cを湖内の発芽時期とする、23年間で約11日早まり6月初旬となった。一方、今回、コカナダモの水槽での伸長開始水温は12.9°C以下で、屋外では10°Cでの伸長の報告があり、伸長開始は現在の野尻湖でクロモ発芽時期より約1ヶ月早い時期に相当する。従って両者の入れ替わりを論じるには、水位低下時の野尻湖内で広く観察されるクロモの有性生殖等を含む広範な検討が必要である。

まとめ

野尻湖の水草生育時期の水温連続測定等により旧ホシツリモ分布地点の生育環境の一部が示された。また湖心の水深0.5mで0.0417°C/年の中期的水温上昇が認められ、現在のクロモ優占に対する水温上昇の影響を検討した。
※本報告の一部は第31回長野県環境科学研究発表会（2004）で報告した。

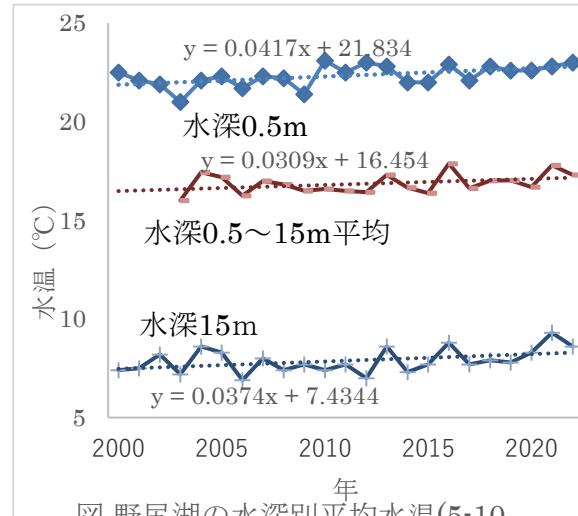


図 野尻湖の水深別平均水温(5-10月)の推移 (水深2~12.5m非表示)

主な引用文献

- Kasaki H. (1964) Charophyta from the lakes of Japan. Jour. Hattori Bot. Lab. 27:217-314
 中野治房(1926)植物生態. 田中阿歌麿著「野尻湖の研究」: 437-455
 樋口澄男ほか(2013)野尻湖水草復元研究会活動報告(2012). 野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告. 21:1-7
 樋口澄男ほか(2004)野尻湖における水温の連続測定. 第31回長野県環境科学研究発表会要旨集: 15-16
 井上和也ほか(1990)第4章湖水位の変動 第5章湖流. 岩佐義郎編著「湖沼工学」: 96-140
 国井秀伸(1982)コカナダモの生活環. 水草研究会報 No. 8 : 3-5

P-09

環境保全型桃園と慣行型桃園の下草植物相

○芹澤如比古¹・芹澤(松山)和世¹・佐藤幸恵²・片岡良太³¹ 山梨大学教育学部・² 筑波大学山岳科学センター・³ 山梨大学生命環境学部

はじめに

山梨県は桃の生産量で日本一を誇るが、高い生産量を維持できる背景には生産者の多大な努力に加えて、化学農薬を大量に使用する栽培体系に依存するところが大きい。一般に高品質な桃の生産を維持したまま農薬を削減することは難しいと考えられているが、化学農薬の使用を80%以上削減しているにも関わらず、高い品質の桃を出荷している生産者が山梨県内にいる。この桃園では下草植物は年に数回しか刈らず、堆肥や化学肥料による施肥を行わない環境保全型の農地管理を30年以上実施している。桃園内は不耕起であり、下草植物が生い茂ることでクモやダニなどの小型～大型土壤動物が豊富に存在し、「食う一食われる」の関係が展開され、害虫であるハダニが好む下草植物もあるためモモの木へのハダニの寄生が少ないなど下草植物のある環境下で複雑な生態系が構築されていると考えられる。さらに、殺菌剤などの農薬散布を削減することでモモの活力や土壤中の菌相の多様性を高め、病害を抑えることにも繋がっていると考えられる。しかし、化学農薬の使用を大幅に削減し、下草植物刈りの頻度も少なく、施肥も全く行わないにも関わらず、高い品質の桃を生産できるメカニズムについては明らかにされていない。そこで本研究では環境保全型の農地管理で構築される複雑な生態系を紐解き、それを可能にする生態系機能に下草植物がどのように関わっているのかを解明するため、今回は環境保全型桃園と慣行型桃園の下草植物相について明らかにすることを目的とした。

方法

2023年1～11月に月1回程度、環境保全型桃園(以降、環保型)と慣行型桃園において、モモの木3本の樹冠の下に生育する下草植物と桃園全体に生育する下草植物、およびその優占種を調べた。確認された種については既存の資料を元に一年生か多年生か、在来種か帰化種かを判別した。また環境要因として、それぞれの桃園で1本のモモの木の根元付近の地中10cmと、地上1.5mの高さのモモの木の枝に温度ロガーを設置し、1時間ごとの気温と地温を測定した。

結果

調査期間中に両桃園で確認された下草植物の合計は99種(在来61種、帰化38種、一年生55種、多年生44種)であった。環保型で確認された下草植物は80種、慣行型では67種であり、環保型で13種多かった。両桃園で共通して確認された種は48種、環保型でのみ確認された種は32種、慣行型でのみ確認された種は19種であり(図1)、環保型でのみ確認された種が13種多かった。多年生種は環保型では36種で確認種の45.0%、慣行型では21種、31.3%、帰化種は環保型では29種、36.3%、慣行型では27種、40.3%であり(図2)、多年生種は環保型で14種多く、その割合も13.7%高く、帰化種は環保型で2種多いものの、その割合は4%低かった。

桃園全体における毎月の確認種数は環保型では22種(1月)～50種(5～6月)、慣行型では20種(1月)～36種(7月)で、環保型では4月以後40種以上、慣行型では6月以後30種以上を推移し、月種数は環保型で2～25種多かった。慣行型に比べて環保型では毎月の多年生種は2～14種、毎月の在来種は1～20種多かった(図3)。毎月に確認されたモモ1本あたりの平均種数は環保型が11.7種(2月)～22.3種(10月)、年平均16.7種、慣行型が10.0種(1月)～16.7種(10月)、年平均12.8種であり、2月と11月を除き環保型で多く、年平均は3.9種多かった。

調査期間中の桃園全体の優占種について、環保型でのみ優占した種は多年生のオニウシノケグサ、ナガバギシギシ、ノビル、スギナ、一年生のオオイヌノフグリ、カラスノエンドウ、オオブタクサ、カナムグラ、慣行型でのみ優占した種は多年生のオ

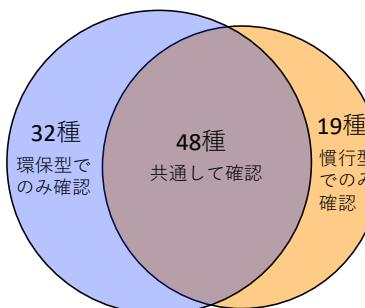


図1. 調査期間中に環保型と慣行型で確認された下草植物の種数

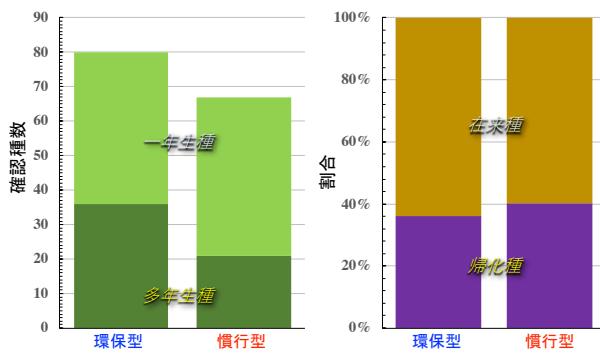


図 2. 調査期間中に環保型と慣行型で確認された下草植物の多年生種と一年生種の種数(左)と在来種と外来種の割合(右)。

オバコ、一年生のオヒシバ、イヌムギ、イヌビエ、キンエノコロ、どちらの桃園でも優占した種は多年生のシロツメクサ、一年生のコハコベ、メヒシバであった。環保型では多様な種が優占し、多年生種が比較的多かった。

調査期間中の気温は環保型で-6.9~39.2°C、慣行型で-7.2~40.9°C、地温は環保型で1.5~26.3°C、慣行型で0.6~28.1°Cと、慣行型で気温、地温とも最小は低く、最大は高かった。1日の温度差の最大は気温が環保型で26.7°C、慣行型で26.6°Cとほぼ同じであったが、地温では環保型で4.0°C、慣行型で7.4°Cと、慣行型で大きかった。日平均温度の最大は気温が環保型で28.8°C、慣行型で29.8°C、地温が環保型で25.6°C、慣行型で26.9°Cと、慣行型で高かった。

考察

環保型で下草植物の多様性が高く、多年生種が多く、帰化種の割合が小さかったのは、下草刈りの頻度の違いによる影響が大きいと推察された。また環保型でも桃の収穫期前には樹下に光反射シートを敷き、下草刈りが行われており、逆に慣行型でも桃の収穫以降は下草刈りがあまり行われないなどの管理がなされており、このことも両園での下草植物の生育状況に影響したと考えられた。

植生調査と同時に行ったハダニ調査ではモモの葉上のハダニ密度は慣行型で高く、著しい集中分布が認められ、環保型ではモモの葉よりも下草上でハダニ密度が高いことがわかった(佐藤ら2023)。下草植物が豊富に茂ることで、環保型ではモモの葉に移動するハダニが少なく、モモの葉上で著しい集中分布が生じないのかも知れない。

モモの木の根元の1日の地温差の最大値は環保型で小さかったが、これは土壤中に周年を通して根茎を張る多年生種がより多いことで地温環境にも影響している可能性がある。George & David

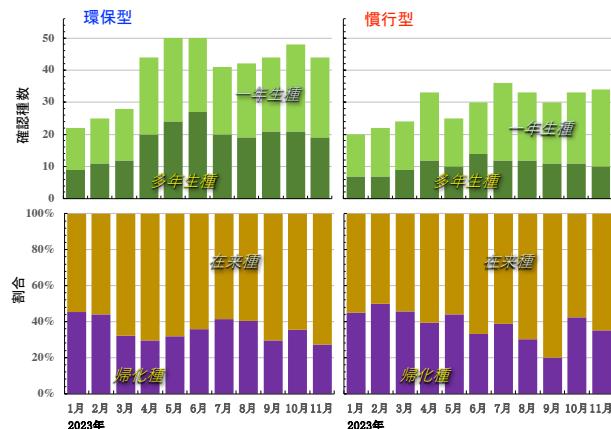


図3. 月毎に環保型(左)と慣行型(右)で確認された下草植物の一年生種と多年生種の種数(上段)および在来種と外来種の割合(下段)。

(2021) は植物の多様性が高い土壤ほど肥沃であることを示しており、環保型の豊富な下草植物が枯死して形成される有機質の土壤もモモの根や土壤中の菌類などにより良い影響を与え、下草植物の多様性の高さが環保型における無肥料・減農薬でも高品質の桃を生産できることに貢献しているのかも知れない。実際に環保型の土壤からは植物の成長を促進する効果や抵抗性を誘導する効果が認められているトリコデルマ属菌(片岡 2022)が慣行型桃園より多く検出されている(片岡ら 2023)。

謝辞

本研究は山梨大学「学術・社会変革研究プロジェクト」の助成を受けて行われた。

引用文献

George N. Fureya, David Tilman (2021) Plant biodiversity and the regeneration of soil fertility. PNAS 118(49):e2111321118
DOI:10.1073/pnas.2111321118

片岡良太(2022)多彩な機能を有する土壤糸状菌 Trichoderma 属菌の農業利用. 日本農薬学会誌 47(2):121-123
DOI:10.1584/jpestics.W22-10

片岡良太, 芹澤如比古, 佐藤幸恵, 植田邦夫, 青木是直, 鈴木俊二(2023)減農薬を可能にする桃栽培—土壤調査から明らかになった圃場特性ー. 第 40 回農薬環境科学研究会

佐藤幸恵, 佐野泰斗, 松本尚樹, 塚越優喜, 大木雅, 谷野彩奈, 古川顕充, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古, 片岡良太(2023)甲府盆地の環境保全型桃園における害虫ハダニと天敵の実態. 第 32 回日本ダニ学会札幌大会

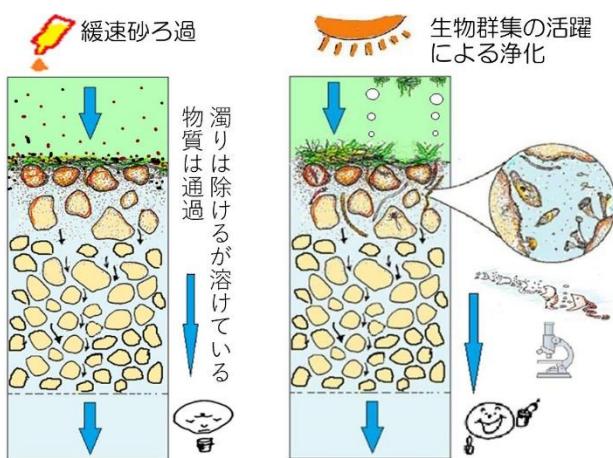
P-10

緩速ろ過でなく生物浄化法 一応用陸水生態学への招待一

中本信忠、元信州大学纖維学部

はじめに

緩速(砂)ろ過 Slow Sand Filter は 200 年前の英国で開発された。当時は細かな砂でゆっくりと砂ろ過をすると病原菌が除ける水ができると思われた。浄化の仕組みは砂層上部で活躍する生物による食物連鎖で、緩速ろ過の名前では生物の活躍をイメージできず誤解されてきた。



筆者は信州大学纖維学部でろ過池で繁殖する糸状藻類の役割を研究した。2004 年に浄化の仕組みの誤解を正すために生物浄化法 Ecological Purification System という名前を提案した。

機械的ろ過から生物群集の活躍の視点

1：汚れは砂層上部だけ、深い所は汚れない



生物は餌がくる砂面で活躍。砂面近くで入ってくる汚れは生物に捕捉される。ろ過を長く続けると、砂層深くの砂は生物の活躍できれいになる。

砂面の削り取りをする際に水を抜く。絡みついていた汚れが砂層内へ入り汚れる。

2：細かな砂のろ過⇒微小生物の捕捉分解



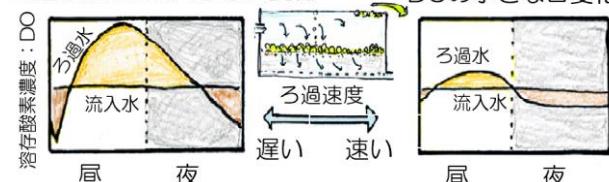
砂層上部の砂粒表面と砂の間で活躍する生物群集による食物連鎖で細菌などが除かれる。

3：生物活躍層の通過時間は数分

緩速ろ過の速度は砂面上の速度 $4.8\text{m/d} = 20\text{cm/h} = 0.33\text{cm/min}$ 。砂層内は砂の隙間を流れ約倍 0.67cm/min 。大部分の生物が活躍している厚みは 1cm 以下。つまり流入してくる細かな濁りも 1 分程度で捕捉される瞬間浄化だった。砂層が 1 m とは、砂層上部で生物が活躍できず、濁りなどが通過しても砂層内の砂の表面に吸着するための保険の層だった。

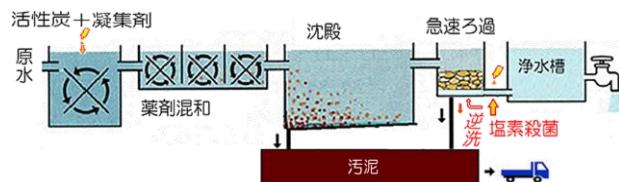
4：早いろ過速度が生物群集に良かった

ろ過水はDOの大きな日変化



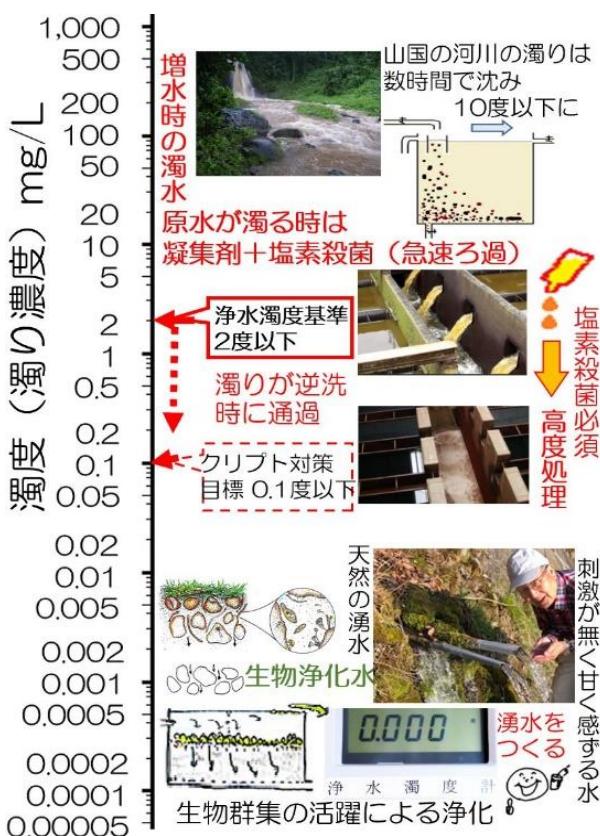
緩速ろ過池では砂面上で藻が光合成をし砂層上部で細菌や微小動物が活躍する。ろ過池流入水とろ過水の溶存酸素濃度の日変化を調べると、ろ過速度が遅いと夜明けに酸素不足になり、生物群集が嫌がる。ろ過速度が速いと酸素不足にならない。200 年前は 2m/d 、日本に伝わった時は 3m/d 、世界標準は 4.8m/d 、現在のロンドンのテムス水道は、 9.6m/d と速くした。

5：薬剤処理⇒急速ろ過（コマーシャル名）

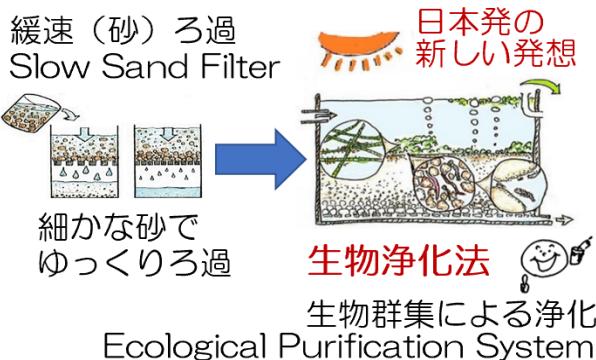


逆洗で細菌が通過し殺菌が必須。塩素で殺せない休眠シストによる集団下痢事故で大問題。

6：スーパークリーンの湧水を人工的につくる



緩速ろ過から生物浄化法



緩速 Slow とは速度ではなく、生物群集にやさしいという意味だった。機械的篩いろ過から生物群集による食物連鎖による浄化。

日本政府が海外へ宣伝した生物浄化法



信州大纖維での成果が世界へ広まりだした



人間のために自然界での現象を賢い活用。生物浄化法で安全でおいしい飲み水、私達の技術。

応用生態学の大事な3つの事

- 1 : 知っているから、何か有用な事へ応用を。
- 2 : 活動したいなら、計画し動かないと。
- 3 : 計画し活動しだし、結果をださないと。

日本で唯一の技術解説冊子

デジタルでは改造される。印刷した物は修正できない。普通の本屋では高価になる技術解説書を信大纖維の同窓会「千曲会」から2021年に出版。160ページ、全ページカラーで写真豊富、70以上のQRコードで参考文献、動画解説に飛び。ラーメン2杯分の値段で買える。



From Slow Sand Filter to Ecological Purification System -Invitation to Applied Limnology-
NAKAMOTO Nobutada cwsckmt@yahoo.co.jp
Prof. Emeritus of Shinshu University

日本陸水学会甲信越支部会 第49回研究発表会 参加者名簿 (2023.12.2-3)

懇親会			懇親会		
信大・諏訪臨湖実験所			信大・平林研		
1 宮原 裕一	信州大学理学部 教授	◎	40 平林 公男	信州大学 教授	
2 笠原 里恵	信州大学理学部 助教	◎	41 降幡 信我	信州大学繊維学部4年	
3 市川 雄貴	信州大学大学院 博士課程3年		42 武田 昌昭	信州大学 技術職員	
4 龍野 紘明	信州大学大学院 博士課程2年		43 西村 優太朗	信州大学繊維学部3年	
5 中嶋 瑞美	信州大学大学院 修士課程2年		44 笹田 悠真	信州大学繊維学部3年	
6 佐藤 秀美	信州大学大学院 修士課程1年		45 藤栄 遼利	信州大学繊維学部3年	
7 斎藤 謙	信州大学大学院 修士課程1年		新潟大・志賀研		
8 塔川 岳大	信州大学大学院 修士課程1年		46 志賀 隆	新潟大学教育学部 准教授	◎
9 末石 萌乃	信州大学理学部4年		47 内藤芳香	新潟大学大学 博士後期課程2年	○
10 加藤 浩之	信州大学理学部4年		48 小池 真裕	新潟大学教育学部4年	○
11 興石 康行	信州大学理学部4年		49 三浦 克仁	新潟大学教育学部4年	○
12 田嶋 樹	信州大学理学部4年		富山県大		
13 藤原 彩夏	信州大学理学部3年		50 坂本 正樹	富山県立大学 准教授	◎
14 山田 図南	信州大学理学部3年		51 米山 貴将	富山県立大学嘱託職員(M進学予定)	○
15 中尾 陸哉	信州大学理学部3年		52 利根川 蒼	富山県立大学4年	
16 三村 瑠奈	信州大学理学部3年		53 土屋 寛恭	富山県立大学4年	
17 森田 瑛斗	信州大学理学部3年		54 吳 修一	富山県立大学 准教授	
18	信大・朴研		55 藤下 龍澄	富山県立大学大学院 修士課程1年	
朴 虎東	信州大学理学部 教授	◎	56 栃澤 志寿	富山県立大学4年	
19 二木 功子	信州大学理学部 研究員	◎	梨大・芹研		
20 岸田 龍大	信州大学大学院 修士課程2年	○	57 芹澤如比古	山梨大学教育学部 准教授	
21 小野慎平	信州大学大学院 修士課程2年	○	58 浦野快生	山梨大学教育学部3年	
22 杉山大悟	信州大学大学院 修士課程2年	○	59 武山遙奈	山梨大学教育学部3年	
23 金馬直也	信州大学大学院 修士課程2年	○	60 芦澤優希	山梨大学教育学部2年	
24 宇佐川 輝	信州大学理学部4年	○	61 五味実優	山梨大学教育学部2年	
25 小野ひなた	信州大学理学部4年	○	梨大・亀井研		
26 斎藤彩乃	信州大学理学部4年	○	62 亀井 樹	山梨大学国際流域環境研究センター 助教	◎
27 杉村真衣	信州大学理学部4年	○	63 奥村 大河	山梨大学大学院 修士課程2年	○
28 佐藤雅敏	信州大学理学部3年	○	64 William Odela	山梨大学大学院 修士課程1年	○
29 清水千春	信州大学理学部3年	○	野尻湖水草復元研		
30 小泉雄也	信州大学理学部3年	○	65 梶口澄男	野尻湖水草復元研究会	
31	信大・豊田研		66 北野 啓	長野県環境保全研究所	
豊田 政史	信州大学 准教授	◎	67 帆苅 信	新潟河川生態研究グループ	◎
32 重松 直樹	信州大学大学院 修士課程2年	○	68 中本信忠	元信州大繊維学部	
33 木下 智暉	信州大学工学部 4年	○	69 清沢弘志	(株) 日本海洋生物研究所	◎
34 林 美佑	信州大学工学部 4年	○	70 高沢茂喜		
35 飯室 遼	信州大学工学部 4年	○	参加者 70		
36 坂田 陽紀	信州大学工学部 4年	○	一般 17		
37 鈴木 稔太	信州大学工学部 4年	○	学生 52		
38 瀧上 翔也	信州大学工学部 4年	○	懇親会 35		
39 吉村 芽唯	信州大学工学部 4年	○	一般 10		
			学生 25		

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ヵ年とする。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（2022年12月3日改正）

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 2021 年 11 月から 2023 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>
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)

2021 年 12 月総会にて選出

2022 年 12 月総会にて幹事に亀井氏を追加選出

2023 年 12 月総会にて改選予定

日本陸水学会甲信越支部会事務局

〒400-8510 山梨県甲府市武田 4-4-37
山梨大学教育学部 芹澤如比古
E-mail : yserisawa@yamanashi.ac.jp
TEL/FAX : 055-220-8212

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>