

日本陸水学会 第86回大会
兵庫大会（オンライン開催）

要 旨 集

JSLIM86 Conference in Hyogo
Abstract

2022 年 9 月 16-19 日
16-19 Sep. 2022

大会概要

期日： 2022 年 9 月 16 日（金）～ 19 日（月・祝） *17 日（土）は行事なし
場所： オンライン（Online only）

オンライン大会会場

A 会場： Zoom ID: 917 6664 1264 Passcode: rikusui
<https://zoom.us/j/91766641264?pwd=d3hVbVBRUHU3Qm43eUt0Z0Jha1BDZz09>

B 会場： Zoom ID: 987 8416 2102 Passcode: rikusui
<https://zoom.us/j/98784162102?pwd=MHUrb0QxS2FoYWdidkppQmNwR0NEZz09>

C 会場： Zoom ID: 843 7096 7266 Passcode: 040923
<https://us06web.zoom.us/j/84370967266?pwd=MTM2T0RqaTNNOEIRWlFnQnAwMGdrdz09>

D（ウェビナー）会場： ID: 920 8001 9712 Passcode: watershed
<https://zoom.us/j/92080019712?pwd=bUJ5YVE1RGh0ZnpkeVBxVFdtTVl5Zz09>

総会会場： Zoom ID: 946 3227 4709 Passcode: 804163
<https://shinshu-u-ac-jp.zoom.us/j/94632274709?pwd=eVM1dE92T1dhMGZvRDZ4ZEVCNnNSdz09>

自由集会：（変更） Zoom ID: 989 0114 8407 Passcode: rikusui
<https://zoom.us/j/98901148407?pwd=enR1TjBPbDd4Sk12YWV3RWR4b3hvQT09>

oVice(懇親会・オンライン交流会) 会場： <https://jslim86.ovice.in/> ID: jslim86

ポスター会場（LINC Biz）： LINC Biz から別途登録メールが送付されますので、そちらに従って登録してご参加ください。

大会日程

	時間	行事	会場
9月16日 (金)	10:30	開会挨拶	A 会場
	10:35～ 11:35	ポスター発表フラッシュトーク	
	13:00～ 16:00	ポスター発表コアタイム 13:00～14:30 (奇数番号のポスター) 14:30～16:00 (偶数番号のポスター)	LINC Biz 会場
	16:00～ 18:00	日本陸水学会 総会	総会会場
	18:30～ 20:00	自由集会 「オンライン大会を語ろう」	A 会場
9月18日 (日)	09:00～ 12:00	口頭発表 一般講演 課題講演「高地・寒冷地生態系の陸 水学-長期陸水生態系研究として の第4次尾瀬総合学術調査-」 オンライン交流会	A,B 会場 C 会場 oVice 会場
	12:00～ 13:30	小中高生ポスターフラッシュトーク コアタイム	A 会場 LINC Biz 会場
	13:30～ 16:45	口頭発表 一般講演 課題講演「気候変動下におけるダ ム湖とダム下流生態系の構造と機 能」	A,B 会場 C 会場

	17:00～ 18:00	学会賞授賞式・受賞講演	A 会場
	18:00～ 20:00	懇親会（oVice）（口頭・ポスター・ 小中高生ポスター発表賞表彰式を含む）	oVice 会場
9 月 19 日 （月・祝）	09:00～ 11 : 30	口頭発表 一般講演 課題講演「湖沼深水層生態学 （Hypolimnion ecology）の幕開け」	A,B 会場 C 会場
	13:30～ 16:30	オンライン交流会 公開講演会 「全国における流域治水に関わる水 辺再生の取り組みと展望」	oVice 会場 D(ウェビナー)会 場

授賞式・受賞講演（9 月 18 日（日））

17:00～17:15	授与式 2022 年度吉村賞、日本陸水学会論文賞 2021 年度国際交流奨励賞
17:15～17:35	2022 年度吉村賞受賞記念講演 岡崎 友輔 会員 （京都大学）
17:35～17:40	お祝いの言葉 （占部 城太郎 会長）

口頭発表セッション講演・聴講

参加者共通

・大会プログラム（P1 他）に発表会場の URL が記載されています。会場には当日のプログラム開始の約 15 分前から入室できます。

・会場に入室する際は、名前を入力欄に以下のようにご記入ください。名前を入力欄が表示されずに会場に入室できた場合は、Zoom アカウントにサインインしたままと考えられます。

演者の方：発表番号 氏名（所属）

<例> O-A01 陸水太郎（兵庫県大） もしくは O-A01 Taro Rikusui (U.Hyogo)

聴講者の方： 氏名（所属）

<例> 陸水太郎（兵庫県大） もしくは Taro Rikusui (U.Hyogo)

・退室する際は、Zoom の画面右下にある「退出」をクリックし、さらに「ミーティングから退出」をクリックします。

聴講者

注意事項

・演者が発表している間は、必ずマイクをミュート（無音）にしてください（会場に入室した状態ではデフォルトでミュートになっています）。ミュートになっていない場合は、Zoom の画面左下にある「ミュート」を押してください（ミュートになっていればマイクのイラストに赤い斜線が入る）。発表の進行に支障があると判断される場合には、実行委員会によってミュート操作を行ったり、接続を切断したりする事があります。

・ネットワークの負荷を軽減するため、演者が発表している間はビデオ（顔出し）を停止してください。ビデオの停止は、Zoom の画面左下にある「ビデオの停止」ボタンを押して下さい。

・受信映像や発表資料の保存（画面キャプチャを含む）、録画・録音、再配布を禁止します。

質疑応答の方法

1) チャットでの質疑応答

1. Zoom アプリの画面下部にある「チャット」ボタンを押してチャットを開始します。
2. チャットの送信先は「全員」として下さい。
3. チャット上の質問に関して、座長が投稿者を指名しますので、指名されたらミュートを解除して詳しく質問をしてください。

2) 口頭での質疑応答

質問がある場合には、「手を挙げる」ボタンを押して挙手して下さい。「手を挙げる」ボタンは、画面下にある、ツールバーの「リアクション」ボタン中にあります。座長から質問者として指名されたときは、ミュートを解除して、発表者に対して質問して下さい。質問が終わったら、ミュートして下さい。

講演者

注意事項

- ・できるだけ安定したネット環境から発表を行ってください。事前に、研究室の同僚などと本番の発表環境でテストを行い、問題なく発表ができるかどうか確認しておいてください（Zoom の利用に慣れていない方で不安をお持ちの方は、事前に大会実行委員会までお問合せください。）
- ・オンライン発表は著作権法上の公衆送信にあたりますので、スライドのコンテンツは、引用物の出典を明確にする等、著作権上の問題のないものに限るようご留意下さい。
- ・Zoom の録画機能は、管理者権限で使用できないように設定します。

発表の手順

- ・大会プログラムに記載の URL にアクセスし、該当するセッション開始の 10 分前までに入室して下さい（事務局スタッフが、発表者を Zoom の参加者リストの一番上に配置する作業を行います）。入室する際、名前の記入欄に発表番号 氏名(所属)を記入して下さい。

- ・ 「コンピュータオーディオに参加する」という画面が表示されたらボタンを押して下さい。マイク・スピーカーを使えるようになります。

- ・ 発表時間は演者交代を含めて12分です。質疑応答は3分です。

- ・ 待機中はミュートにして、スライドを開いた状態にしておいて下さい。

- ・ 座長の案内がありましたら、「ミュートの解除」「ビデオの開始」を選択し、発表ファイルの画面共有をして下さい。発表ファイルの共有は、Zoom 画面下の「画面を共有」を押し、スライドのウィンドウを選択して下さい。

- ・ パワーポイントの発表者ツールは使えないのでご注意ください。パワーポイントを使用される場合は、「スライドショー」タブを開き「モニター」項の中にある「発表者ツールを使用する」のチェックボックスをオフにしてください。

- ・ ディスプレイの上部に「画面を共有しています」と緑色で表示されていれば、画面共有されている状態になっています。

- ・ 実行委員が計時を行います。ビデオ画面中のタイマー表示でご確認ください。

- ・ 参加者からの質問は発表中にチャットに書き込まれます。座長が投稿者を指名し、指名された投稿者が改めて口頭で質問するので、質問にお答えください。チャットでの質問が多く、質問時間中に回答ができなかったものについては、発表終了後にチャットにてご回答をお願いします(チャットの送信先を質問者のみにする回答でも構いません)。

口頭発表について注意事項：

- ・ 通信不具合などで発表ができなかった場合は、C会場の空き時間での発表に振り替える場合があります。

- ・ 本年度は各会場で座長を指名し、司会していただきます。前の演者が座長をすることはありません。講演が終わりましたらそのまま聴講、また退出して他の会場を聴講いただいても構いません。

ポスター発表セッション聴講・講演

大会前から 9 月 23 日（金） LINC Biz にてポスター閲覧とチャットが可能です。

・ LINC Biz へのアクセスは、LINC Biz から届く招待メールに従って、登録の手続きをしてください。事前申し込みの方で、9 月 8 日になっても招待メールが届かない場合は、大会問い合わせ（rikusui86@gmail.com）までご連絡ください。

・フラッシュトーク、懇親会の Zoom へのアクセスは、大会プログラムに掲載されています。

・ LINC Biz のサービスの詳細については、大会ウェブサイトから LINC Biz のパンフレットをダウンロードしてご参考ください

（<https://sites.google.com/view/jslim86/発表参加方法?authuser=0>）。

・ポスター発表方法の詳細については大会ウェブサイト

（<https://sites.google.com/view/jslim86/発表参加方法?authuser=0>）をご参照ください。

oVice 会場（懇親会、オンライン交流会）

<https://jslim86.ovice.in/>

ドメイン：jslim86

- ・ oVice 会場 は、大会期間中はオンライン交流会として開放しています。各発表後の議論の続き、交流にお使いください。
- ・ 懇親会中はログインしますと、スタッフが待機している場所があります。操作方法が不明な場合は、スタッフに話しかけてお尋ねください。
- ・ 懇親会行事(挨拶やスピーチ)中も参加者同士で歓談が可能な会場です。気軽にお話をしながら、ご参加いただけます。

oVice（オヴィス）利用案内

懇親会と休憩室で oVice を利用します。懇親会を十分楽しんでいただくためにも、事前に休憩室で動作確認をしていただくことをお勧めします。

oVice に関する注意点（要点）

- ・ PC からの **Google Chrome** によるご参加を強く推奨します。その他ブラウザやスマートフォン等によるご参加の場合は使用できなくなる機能があります。
- ・ 入場に oVice のアカウント（会員登録）は不要です。「名前を入力してください」に名前（所属）を入力し、「入場」をクリックしてください。その際、マイクやカメラの使用を許可してください。
- ・ 入場すると会場左上隅付近にご自身のアバターが現れます。マイクやカメラの操作は画面の下中央のメニューバーで行ってください。
- ・ 会場内の近距離にいる方々との音声会話だけでなく、Meeting で繋がればビデオ会話や画面共有を始めることもできます。
- ・ 基本的な操作などを YouTube の使い方動画および公式ガイドページの説明文でご確認ください。

<https://www.youtube.com/watch?v=C8r02gYDA50&t=1s> (Youtube 動画)

<https://ovice.in/ja/magazine/2022/03/31/howtouse1/> (マニュアル)

上級編

- ・リアクション：「clap」「hand」「okay」「good」 直接タイプする
- ・画面共有：ミーティングでは画面共有でスライドやポスターを共有することも可能です。
- ・左上のツール：虫眼鏡ツールで参加者の中から特定の人探しに使えます

トラブルシューティング (マイクが使えない, 声が聞こえない, など)

<https://ja.ovice.wiki/1d573b8bc27b4c05a05a3c953b85e11b>

(English) oVice: <https://jslim86.ovice.in/> ドメイン: jslim86

We will use the tool (oVice) for social gatherings. URL will be open for whole period (24 hours) during the meeting.

*Notes on oVice

- ・ We strongly recommend that you use **Google Chrome** from your PC. Some functions cannot be used if you use other browsers or a smartphone.
- ・ You do not need to have an oVice account (member registration) to enter the social gathering venue. Enter the display name in "Enter your name" according to the example "Taro Seitai XX Univ." that you and click "Enter". At that time, please allow the use of a microphone and camera.
- ・ You can start a video or voice conversation with people at a short distance in the venue. You can control microphone and video on the menu bar at the bottom of the screen
- ・ Please check the YouTube video on the official guide page for basic operations.
https://www.youtube.com/watch?v=uWvffaCR_nk&feature=emb_logo

9月16日（金）

下綴付き講演番号：審査対象。リンクからZoomに入れない場合は、プログラム1ページ目のID、パスコードを入力ください。

開始時刻	A会場
	https://zoom.us/j/91766641264?pwd=d3hVbVBRUHU3Qm43eUt0Z0Jha1BDZz09
	一般 ポスター発表 フラッシュトーク
10:30	開会挨拶
10:35	P-01 夜間の光は魚の生態に影響を及ぼすのか？ー環境DNA技術を用いた種組成調査よりー *大敷 愛紗（神戸大）・源 利文（神戸大）
	P-02 環境DNAを用いた放流によるニホンウナギの生物量の増加の推定 *山下 尚希（愛媛大学大学院）・畑 啓生（愛媛大学大学院）
	P-03 陸水および海水中における環境DNA動態のシミュレーションとモデリング *青藤 達也（兵庫県立大学）・土居 秀幸（兵庫県立大学）
	P-04 堆積物DNAに基づくカイアシ類の長期変動に関する研究 *中根 快（愛媛大）・刈 森（滋賀県立大）・土居 秀幸（兵庫県立大）・伴 修平（滋賀県立大）・Gaël Dur（静岡大）・加 三千宣（愛媛大）・槻木 玲美（松山大）
	P-05 ハリガネムシの寄生が宿主形態に与える影響 *谷 聖太郎・河合 幸一郎（広島大院）
10:45	P-06 劇的に変化する河川流程ごとに適応する水生昆虫間の遺伝構造の比較 *竹中 將起・岡本 聖矢・上木岳・鈴木 啓久・吉田 匠・東城 幸治（信州大）
	P-07 琵琶湖における <i>Microasterias</i> および <i>Staurastrum</i> の鉛直分布とツボカビとの関係 *橋爪 達郎（横浜国立大学）・伴 修平（滋賀県立大学）・大塚 泰介（滋賀県立琵琶湖博物館）・瀬戸 健介（横浜国立大学）・三木 健（龍谷大学）・鏡味 麻衣子（横浜国立大学）
	P-08 ため池表層水における二酸化炭素濃度の日変動特性 *宮下 直也（兵庫県立大・姫路科学館）・伊藤 雅之（兵庫県立大）・坂部 綾香（京都市大）
	P-09 猪苗代湖における水質予測モデルの構築 *篠崎 真希（福島県環創セ）・林 曉嵐（福島県環創セ）・佐藤 貴之（福島県環創セ）・畑 恭子（いであ(株)）・荒居 博之（いであ(株)）・石川 泰助（いであ(株)）・竹内 一浩（いであ(株)）
	P-10 物理的障壁を考慮した河川システムにおける水質の時空間平滑化モデリング *西本 誠（東京大）・宮下直（東京大）・深澤圭太（東京大）
10:55	P-11 汽水湖の湖底堆積物における間隙液中の溶解ケイ酸の分布様相 *朴 紫瑛（島根大院）・菅原 庄吾（島根大院）・早川 隼也（島根大院）・古川 京介（島根大院）・杉山 雅人（京都大）・清家 泰（島根大 EsRec）
	P-12 漏相関法を用いたため池からのメタン放出の測定 *森口 大世（京都大）・坂部 綾香（京都大）・小杉 緑子（京都大）・伊藤 雅之（兵庫県立大）
	P-13 利根河における有機物汚濁の現状 *坂本 洸也（東京理科大院）・関 陽児（東京理科大院）
	P-14 農業水路の和無田まんぼにおける低pHとその考察 *大八木 麻希・劉 文博・佐藤 暁磨（四日市大）
	P-15 三方湖におけるヒシ大葉茂前後の水質の変化 *保月 勇志（福井県衛生環境研究センター）
11:05	P-16 賞栄養湖への栄養塩投入に伴う湖沼生態系の変化について（文献レビュー） 大久保 卓也（滋賀県立大学）
	P-17 陸水中メチルホスホン酸の極微量定量法開発と動態 *山本 知季（滋賀県大院・環境）・辻 一真（滋賀県大院・環境）・山中 裕貴（滋賀県大院・環境）・小畑 元（東大気海洋研）・丸尾 雅晴（滋賀県大院・環境）
	P-18 環境DNA分析結果からみえてきたアフリカツメガエル分布拡散の特徴 *日野 淳郎・横田 雅弘・藤井 俊樹・世良 篤弘・阿部 由克・飯塚 徹谷・金谷 智・牧野 健一（公益財団法人ひょうご環境創造協会）
	P-19 尾端試料に基づく底生淡水魚類8種の炭素・窒素安定同位体比の有効性の検証 *栗田 孝晴（茨城大）・中川 恵（国環研）・松崎 慎一郎（国環研）
	P-20 Response of fish community to weir gate operation in large regulated river: changes in local and regional scale community diversity and heterogeneity after weir gate opening *Hyun-joon Kim (Kyung Hee University)・Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee University)・Jeong-Hui Kim (EcoResearch Incorporated)・Min-ho Jang (Kongju National University)・Kyu-jin Kim (Kongju National University)・Jun-Wan Kim (Kongju National University)・Hye-Ji Oh (Kyung Hee University)

開始時刻	A会場
	https://zoom.us/j/91766641264?pwd=d3hVbVBRUHU3Qm43eUt0Z0Jha1BDZz09
	一般 ポスター発表 フラッシュトーク
11:15	P-21 日本に出現するマルミジンコ (<i>Chydorus sphaericus</i>) の分類学的再検討 牧野 渡（東北大）・鈴木 碩通（東北大）・大竹 裕里恵（東北大）・伴 修平（滋賀県大）・占部 誠太郎（東北大）
	P-22 ミジンコ個体群を形成する2系統の移入順と集団遺伝動態：湖沼堆積物を用いた湖沼間比較（予報） *大竹 裕里恵（東北大）・大槻 朝（東北大）・占部 誠太郎（東北大）・吉田 丈人（RIHN, 東大）
	P-23 Application of zooplankton index to environmental assessment: verification community index for lake assessment using multi-metric *Yerim Choi (Kyung Hee University)・Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee University)・Min-Ho Jang (Kongju National University)・Kyu-Jin Kim (Kongju National University)・Jun-Wan Kim (Kongju National University)・Hye-Ji Oh (Kyung Hee University)
	P-24 Cladoceran biomass based on length-weight relationships; applicability, species-specific variances, and gap between laboratory and lakes *Dae-Hee Lee (Kyung Hee University)・Hye-Ji Oh (Kyung Hee University)・Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee University)
	P-25 Multivariate analysis of zooplankton community and environmental factors using time series analysis; separating seasonality and trend from seasonal data *Geun-Hyeok Hong (Kyung Hee University)・Hye-Ji Oh (Kyung Hee University)・Hyun-Gi Jeong (Environmental Researcher)・Han Sa Rang (Geum-River Environmental research Cental, National institute of Environmental research)・Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee University)
11:25	P-26 Validation of zooplankton enumeration method for species diversity study using rarefaction and extrapolation *Hye-Ji Oh (Kyung Hee University)・Yerim Choi (Kyung Hee University)・Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee University)・Yong-Jae Kim (Daejin University)
	P-27 陸生藻類 <i>Nostoc commune</i> の輪形成機構の解明 *富山 楓（信州大学）・伊原正喜（信州大学）
	P-28 陸生藻類 <i>Nostoc commune</i> の輪形成は多糖分解菌によって阻害される *美齊津 青空（信州大学）・伊原 正喜（信州大学）
	※フラッシュトークの時間は目安ですので、前後することがあります。発表者、参加者の方々は、お気を付けください。
13:00~16:00	ポスター発表 コアタイム (LINC Biz)
	※発表者が、他の発表を少しでも聴講できるよう、下記のように、一部重複する形でコアタイムをずらして設定しています。 奇数講演番号：13:00~14:30 偶数講演番号：14:30~16:00
16:00~18:00	日本陸水学会 総会
	https://shinshu-u-ac.jp.zoom.us/j/94632274709?pwd=eVM1dE92T1dMGZyRDZ4ZEVCMnN5d09
18:30~20:00	自由集会 「オンライン大会を語ろう」 代表：鍾内宏光
変更	https://zoom.us/j/98901148407?pwd=enR1TiBPbDd4SkI2YWY3RWR4b3hvOT09
変更	ミーティングID: 989 0114 8407 パスコード: rikusui

9月18日（日）午前

下線付き講演番号：審査対象。リンクからZoomに入れない場合は、プログラム1 ページ目のID、パスコードを入力ください。

開始時刻	A会場	B会場	C会場
	https://zoom.us/j/91766641264?pwd=d3hVbVB RUHU3Qm43eUt0Z0Jha1BDZz09	https://zoom.us/j/98784162102?pwd=MHUrbOQ xS2FoYWdidkpnQmNwR0NEZz09	https://us06web.zoom.us/j/84370967266?pwd= MTM2T0RqaTNNQElRWlFnQnAwMGdrdz09
	一般講演	一般講演	課題講演： 高地・寒冷地生態系の陸水学 -長期 陸水生態系研究としての第4次尾瀬総合学術調査-
9:00	<u>Q-A01</u> ナベパタムシの空間分布を決定する微生物場環境とパッチ景観 *山崎 駿（東京大学）・加賀谷 隆（東京大学）	<u>Q-B01</u> 環境DNAを用いた霞ヶ浦流入河川におけるイシガイの分布 *小室隆（港湾空港技術研究所）・後藤益滋（リクチコンサルティング）・杉野史弥（東京大学大学院）	O-C01 長期陸水生態系研究・尾瀬総合学術調査 *野原精一（国立環境研究所）
9:15	<u>Q-A02</u> 微生物場における食物連鎖長の溪流内変異 *太刀掛 脩平（東京大学）・加賀谷 隆（東京大学）・則定 真利子（東京大学）	<u>Q-B02</u> Visualization of zinc uptake and tissue distribution in Orthocladinae (Diptera) larvae using the zinc ion probe *Ashok Kumar Shrestha, Takeshi Fujino, Kousuke Nagaoka (Saitama University), Masayori Hagimori (Mukogawa Women's University)	O-C02 尾瀬地域内外における降水量の空間相関と長期変化 *岩熊敏夫(北海道大学)
9:30	<u>Q-A03</u> キタガミトビケラの生活環、微生物場、流下 *板倉拓人（東京農業大学）・加賀谷隆（東京大学）・田中幸一（東京農業大学）	<u>Q-B03</u> Toxicity of triclosan, an antibacterial agent, to a not-target freshwater zooplankton species <i>Moina macrocopa</i> *Thilomi Samarakoon (Saitama University), Takeshi Fujino (Saitama University)	O-C03 尾瀬ヶ原における池塘の拡大と拡大速度推定の試み *福原晴夫（河北潟湖沼研究所）
9:45	<u>Q-A04</u> 湿地性希少種ヒメタイコウチ(<i>Nepa hoffmanni</i>)の奈良県内生息域における飼育と行動観察 *牛尾菜花（奈良女子大学理学部）・土居秀幸（兵庫県立大学）・窪田敏（五條のヒメタイコウチを守る会）・片野泉(奈良女子大学研究院自然科学系)	<u>Q-B04</u> Improving understanding and prediction of cyanobacteria blooms in freshwater reservoirs through data-driven modelling and fluorescence sensors *BERTONE Edoardo・ROUSSO Benny	O-C04 尾瀬ヶ原湿原における動きの田代（ゆるぎのたしろ）の構造 *永坂正夫（金沢星稜大学）
10:00	<u>Q-A05</u> 伝統的河川工法・聖牛により創出された一時的水域の環境特性と生物群集 *中村 萌（奈良女子大学大学院人間文化総合科学研究科）・田中 亜季（大阪公立大学）・石田 裕子（摂南大学理工学部都市環境工学科）・竹門 康弘（京都大学防災研究所）・土居 秀幸（兵庫県立大学大学院情報科学研究科）・片野 泉（奈良女子大学研究院自然科学系）	<u>Q-B05</u> 餌の質によるミジンコの生活史特性とろ過スクリーン面積への影響 *米山貴将（富山県立大学）・大島功基（富山県立大学）・坂本正樹（富山県立大学）	O-C05 尾瀬ヶ原池塘における溶存有機物の太陽光分解から発生する温室効果ガス *千賀有希子（東邦大学）
10:15	<u>Q-A06</u> 再導入コウノトリにおける水田ビオトープの採餌利用の季節変化－タイムラプスカメラを活用したモニタリング－ *田和 康太（国立環境研究所）・佐川 志朗（兵庫県立大/兵庫県立コウノトリの郷公園）	<u>Q-B06</u> 谷津干潟におけるレジームシフトが水質に与える影響 *松原 優士・小林諒磨・千賀有希子（東邦大学理）	O-C06 尾瀬ヶ原の動物プランクトン相と洪水影響 *帆刈 信（新潟県立新潟翠江高校）
10:30	休憩	休憩	O-C07 尾瀬のアカシガ現象と微生物 *福井 学（北海道大学）
10:45	<u>Q-A07</u> 農業と水温上昇が水田生物群集に与える複合的な影響と捕食－被食を介した間接効果の可能性 *石若 直人（近畿大・院・農）・橋本流哉（国立環境研）・平岩将良（近畿大・農）・角谷拓（国立環境研）・早坂大亮（近畿大・農）	<u>Q-B07</u> 谷津干潟における栄養塩収支 *小林諒磨・松原優士・加藤元輝・真田祐樹・千賀有希子（東邦大・理）	休憩 ※ 臨時で発表が入ることもあります。
11:00	<u>Q-A08</u> 現在の諏訪湖における冬季のオクチバスの食性 *龍野 紘明（信州大）・笠原 里恵（信州大）	<u>Q-B08</u> 湖沼中のプラスチックによるPAHs収着の変動要因 *吉田 曉人（信州大学大学院）・宮原裕一（信州大学）	
11:15	<u>Q-A09</u> Phenotypic and genetic diversity within a freshwater diatom species, <i>Aulacoseira ambigua</i> *寿 瑠（横浜国立大学）・石井 直浩（横浜国立大学）・瀬戸 健介（横浜国立大学）・鏡味 麻衣子（横浜国立大学）	<u>Q-B09</u> 諏訪湖におけるリン動態とホスファターゼ活性に関する研究 *市川雄貴（信州大学大学院）・宮原裕一（信州大学・理学）	
11:30	<u>Q-A10</u> 積雪生態系における雪氷藻類に寄生する新規ツボカビの発見 *中西 博亮（横浜国立大）・瀬戸 健介（横浜国立大）・植竹 淳（北海道大）・小野 誠仁（千葉大）・竹内 望（千葉大）・鏡味 麻衣子（横浜国立大）	<u>Q-B10</u> 波長分散型蛍光X分析法を用いた琵琶湖北湖深層域における懸濁態物質中化学成分の動態解析 *藤原菜那（京都工芸繊維大院・工芸科学）・布施泰明（京都工芸繊維大学・分子化学系）・早川和秀（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）・山口保彦（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）	
11:45	<u>Q-A11</u> 動物プランクトン画像データベースの構築と機械学習による自動鑑別精度評価 *吉田 凌太郎（東北大）・三浦 幹太（東北大）・伊藤 康一（東北大）・青木 孝文（東北大）・大曾根 葵（東北大）・大竹 裕里恵（東北大）・牧野 渡（東北大）・占部 城太郎（東北大）	<u>Q-B11</u> 発生ガスMS法及び熱分解GCMS法による湖内有機成分解析 *百合藤桃加（京都工芸繊維大）・鶴野心歌（京都工芸繊維大）・山口保彦（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）・早川和秀（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）・布施泰明（京都工芸繊維大）	
オンライン交流会（oVice）		https://islim86.ovice.in	

9月18日（日）午後

下線付き講演番号：審査対象。リンクからZoomに入れない場合は、プログラム1ページ目のID、パスコードを入力ください。

開始時刻	A会場	B会場	C会場
	https://zoom.us/j/91766641264?pwd=d3hVbVBRUHU3Om43eU07OJha1RDZz09	https://zoom.us/j/98784162102?pwd=MHUrb0QxS2FoYWdldkpnQmNmR0NEZz09	https://us06web.zoom.us/j/84370967266?pwd=MTM2T0RnaTNNQ0RlRWlFbnQnAwMGdrcj09
	一般講演・小中高生ポスター	一般講演	課題講演：気候変動下におけるダム湖とダム下流生態系の構造と機能
12:00	小中高生ポスターフラッシュトーク コアタイム（LINC Biz）		
13:30	<u>O-A12</u> 環境DNA分析の普及に向けたエンドポイントPCR法の高度化 *石井良典（香川大学）・Teeranai Poti（愛媛大学大学院）・秋光和也（香川大学）・鳴海貴子（香川大学）・山田佳裕（香川大学）	<u>O-B12</u> 江の川浜原ダム下流における底生動物量の空間分布予測モデルの構築 *花岡 拓身（山口大学大学院・創成科学研究科）・宮園 誠二（山口大学大学院・創成科学研究科）・赤松 良久（山口大学大学院・創成科学研究科）・齋藤 稔（国際農林水産業研究センター）	O-C08 気候変動下におけるダム湖とダム下流生態系の構造と機能（イントロダクション） *岩田智也（山梨大）・鏡味麻衣子（横浜国立大）・土居秀幸（兵庫県立大）・占部城太郎（東北大）
13:45	<u>O-A13</u> 堆積物環境DNAによる琵琶湖魚類の過去復元 *坂田雅之（北海道大）・槻木 玲美（松山大）・加 三千宣（愛媛大）・土居 秀幸（兵庫県大）・源 利文（神戸大）	<u>O-B13</u> 山岳域の低・高水期の流出における山体地下水の役割 金井 杏樹（信州大学総合理工学研究科）・横原 厚一（信州大学理学部理学科）・鈴木 啓助（信州大学理学部理学科）	O-C09 ダム湖における動物プランクトン群集の広域パターン *鈴木 碩通（東北大学大学院・生命科学研究所）・一柳英隆（水源地環境センター）・占部城太郎（東北大学大学院・生命科学研究所）
14:00	<u>O-A14</u> なぜ、南極大陸の湿地でヒルガタワムシは大発生できるのか？ 南極産ヒルガタワムシの生活史戦略に関して *和田 智竹（総研大）・工藤 栄（総研大、極地研）	<u>O-B14</u> 医薬品類等の人為起源物質に基づく都市の浅層地下水の起源についての検討 *伊東 優希（立正大・院）・安原 正也（立正大）・李 盛源（立正大）・林 武司（秋田大）・小西 千絵（ムラタ計測器サービス株式会社）	O-C10 全国ダム湖比較からみえる生物群集プロセス：菌類と魚類を例に *鏡味麻衣子（横浜国立大）・土居秀幸（兵庫県大）・松岡俊将（京都大）・瀬戸健介（横浜国立大）・望月学（横浜国立大）・斉藤達也（兵庫県大）・一柳英隆(WEC)・大杉幸功(WEC)・占部城太郎（東北大）
14:15	<u>O-A15</u> 琵琶湖における原生生物タイヨウチュウの季節動態および生物地理的分布 *吉田 潤哉（京都大）・中野 伸一（京都大）	<u>O-B15</u> 河川物質循環と生産性に影響を与えるワンドの生態系機能の解明 *上羽 涼太郎（東京農工大学）・梅澤 有（東京農工大学）	O-C11 Anaerobic microbial redox processes in an iron-rich and meromictic dam lake *TSUIJ Jackson（北海道大学）・渡邊 友浩（北海道大学）・小島 久弥（北海道大学）・岩田 智也（山梨大学）・福井 学（北海道大学）
14:30	<u>O-A16</u> A description of a novel swimming behavior in a dioecious population of <i>Craspedacusta sowerbii</i> , the rediscovery of the elusive <i>Astrohydra japonica</i> and the first genetic analysis of freshwater jellyfish in Japan Peterson Miles（信州大学）	<u>O-B16</u> 生息地提供と洪水リスク軽減を両立させる空間利用のあり方 *山田由美（慶應義塾大学大学院総合地球環境学研究所）・佐川志朗（兵庫県立大学大学院）・吉田文人（総合地球環境学研究所, 東京大学）・ノ瀬友博（慶應義塾大学, 総合地球環境学研究所）	<u>O-C12</u> ダム湖における全循環の有無と水温の植物プランクトン群集構造に対する異なる影響：現存量と多様性の変動に着目して *片寄涼介(農工大)・角谷拓(国環研)・松崎慎一郎(国環研)・高津文人(国環研)・赤坂宗光(農工大)
14:45	<u>O-A17</u> Epibiosis in cyclopoid copepods in Lake Biwa: Taxonomic study and ecological aspect *Tuhin T. Rahman・Anny F. A.・Xin Liu・Syuhei Ban（滋賀県立大）	<u>O-B17</u> 富士五湖・仁科三湖・真磐梯三湖における微量元素濃度分布と微生物量および群集組成の関係 *平山耕太郎（東京大）・砂村倫成（東京大）・石水浩喜（東京大）・高橋嘉夫（東京大）・板井啓明（東京大）	O-C13 ダム湖におけるリン負荷と植物プランクトンの関係：湖内水質対策の効果予測に向けた解析とモデル化 *吉村 千洋（東京工業大学）・張 彼宣（東京工業大学）
15:00	休憩	休憩	O-C14 ダム湖の水温動態と曝気式循環装置の性能評価 *梅田信（日本大学）
15:15	<u>O-A18</u> ミジンコにおける宿主系統間での共生細菌叢の伝播の検証 *市毛峻太郎（東北大院・生命）・占部城太郎（東北大院・生命）	O-B18 富士五湖・仁科三湖・真磐梯三湖における溶存ケイ素の鉛直分布と季節変化 *田柳 紗英（東大）・石水 浩喜（東大）・高橋嘉夫（東大）・板井啓明（東大）	O-C15 熱帯火山湖と亜熱帯ダム湖の溶存メタン濃度の季節変動と支配要因 *伊藤雅之（兵庫県大）・小林由紀（山口大）・Mendoza MU（Ateneo de Manila Univ.）・藤林恵（九州大）・福井学（北大）・奥田昇（神戸大）・Shiah FK（Academia Sinica）
15:30	O-A19 カイアシ類 <i>Eodiaptomus japonicus</i> の成長に与える酸性化影響の評価 *刘鑫（滋賀県大）・高梓楠（滋賀県大）・伴修平（滋賀県大）	O-B19 御嶽山南麓王滝川における河川流量の地理的分布と流量観測 *谷口智雅（三重大・人文）・宇佐見亜希子（名古屋大・減災セ）・松本嘉孝（豊田高専・環境都市）・江端一徳（豊田高専・環境都市）	O-C16 土砂還元がダム下流環境とベントス群集に及ぼす影響：支川流入との比較 *片野 泉（奈良大）・原直子（奈良大）・土居秀幸（兵庫県大）板岸淳二郎（北大）・皆川朋子（熊大）・宣場祐一（名工大）
15:45	O-A20 琵琶湖湖辺における住民参加による二枚貝等の生息環境改善活動の実践 *井上 栄壮・古田 世子・藤原 直樹・宮下 康雄・萩原 裕規・大柳 まどか・岩本 健也・木村 道徳（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）	O-B20 印旛沼における放射性セシウム濃度の経年変化 *石井 伸昌（量研機構）・風呂田 利夫（東邦大）・田上 恵子（量研機構）・村上 正志（千葉大）・大手 信人（京都大）	<u>O-C17</u> 河川自浄作用として発揮される濾過食者の生態機能 *原 直子（奈良女子大学）・坂本 菜々子（奈良女子大学）・田代 喬（名古屋大学減災連携研究セ）・土居 秀幸（兵庫県立大学）・竹門 康弘（京都大学防災研究所）・片野 泉（奈良女子大学）
16:00	O-A21 古代湖・琵琶湖のベントス多様性に及ぼす温暖化影響 *奥田 昇（神戸大・内海域センター）・岡本紘奈（神戸大・理）・伊藤雅之（兵庫県大・環境人間）・大高明史（弘前大・教育）・藤林恵（九州大院・工学研究院）・小林由紀（山口大院・医学系）	O-B21 鉄剤散布による堆積物からの硫化水素溶出抑制に関する室内実験 *井上 徹教（港空研）・萩野 裕基（（株）東京久栄）	O-C18 ダムが淡水魚類に及ぼす影響 *福島路生（国環研）
16:15			O-C19 ダム河川における生態系代謝量 *中野 大助（電中研）・鈴木 準平（電中研）・野田 晃平（電中研）
16:30			総合討論
17:00	学会賞授賞式・受賞講演		
18:00	懇親会（oVice）（口頭・ポスター・小中高生ポスター発表賞表彰式 他を含む）		https://islam86.ovice.in

9月18日（日）12:00-13:30 小中高生ポスター

下線付き講演番号：審査対象

開始時刻		A会場
		https://zoom.us/j/91766641264?pwd=d3hVbVBRUHU3Qm43eUt0Z0JhZ01BZDZz09
		小中高生ポスター発表 フラッシュトーク
12:00		P-29 メダカの「め」 道下 遥香（京都先端科学大学附属高等学校）・熊谷 道夫（びわ湖トラスト） P-30 びわ湖の全循環とピワマスの増減 高橋 朋晃（京田辺市立大住中学校）・桑原 雅之（びわ湖トラスト） P-31 2021年にびわ湖の一部の水鳥が増えたのは、なぜか？ 田原 瑠衣斗（大津市立瀬田北中学校）・熊谷 道夫（びわ湖トラスト） P-32 カワニナの食性について 岡 友葉（大津市立瀬田北中学校）・熊谷 道夫（びわ湖トラスト） P-33 アフリカにおける農業の総合施策～ジュンサイを利用したオカバンゴデルタ流域の農業モデルの検討～ 樽見 荘子（土浦日本大学高等学校）
12:10		P-34 名古屋市・隼人池における夏季の一次生産量の天候による差異と溶存酸素の長期的変動 柴田 優月（南山高校女子部）・向田 結愛（南山高校女子部）・伊藤 沙夏（南山高校女子部）・大矢 梓莉（南山高校女子部）・鍋島 理緒（南山高校女子部） P-35 びわ湖に流れ込む水で琵琶湖の水温を下げる 愛宕 真（大阪市立南大江小学校）・熊谷 道夫（びわ湖トラスト） P-36 ぺん毛モーターの仕組みを参考にしたロボットを作る 浅川 透真（洛南高等学校）・熊谷 道夫（びわ湖トラスト）
12:20-13:30		小中高生ポスター発表 コアタイム（LINC Biz）

9月19日（月・祝）午前

下線付き講演番号：審査対象。リンクからZoomに入れない場合は、プログラム1ページ目のID、パスコードを入力ください。

開始時刻		A会場	B会場	C会場
		https://zoom.us/j/91766641264?pwd=d3hVbVBURUHU3Om43eUt0Z0Jha1BDZz09	https://zoom.us/j/98784162102?pwd=MHUrb0QxS2FoYWdldkppOmNwR0NEZz09	https://us06web.zoom.us/j/84370967266?pwd=MTM2T0RqaTNNOEIRWIFnQnAwMGdrdz09
		一般講演	一般講演	課題講演：湖沼深水層生態学（Hypolimnion ecology）の幕開け
9:00	O-A22	濁水が付着藻類におよぼす影響とその回復過程に関する研究 安部行博（中部電力パワーグリッド株式会社）・ *萱場祐一（名古屋工業大学）	O-B22 2021年に実施された東日本14湖沼の地球化学的比較調査の結果概要 *板井 啓明（東大）・石水 浩喜（東大）・砂村 倫成（東大）	O-C20 趣旨説明 *中野伸一（京都大）
9:15	O-A23	河川における溶存メタン濃度の流れ変動 *土屋 健司，高津 文人，三浦 真吾，松崎 慎一郎，渡辺 未来（国立環境研究所）	O-B23 湖底深部へのマンガン濃集層形成機構に関する比較湖沼学的アプローチ *佐藤 佑磨（東京大）・石水 浩喜（東京大）・高橋 嘉夫（東京大）・板井 啓明（東京大）	O-C21 膜ろ過法による湖沼における溶存有機物の分画の新たな展開 *早川和秀（琵琶研）・山口保彦（琵琶研）・中野伸一（京大生態研）・霜島孝一（国環研）・今井章雄（国環研）・武井直子（東レテクノ）・Renhui Li (Wenzhou大) ・Fuhong Sun （Chinese Research Academy of Environmental Sciences）・Fengchang Wu (Chinese Research Academy of Environmental Sciences)
9:30	O-A24	琵琶湖底層におけるメタン栄養食物網の空間パターン *藤林恵（九州大院・工学研究院）・岡本紘奈（神戸大・理）・伊藤雅之（兵庫県大・環境人間）・大高明史（弘前大・教育）・小林由紀（山口大院・医学系）・奥田 昇（神戸大・内海域センター）	O-B24 全日射量増加は植物プランクトンの光合成速度増加にも寄与しているのか？ *篠原隆一郎（国立環境研究所）・松崎慎一郎（国立環境研究所）・中川恵（国立環境研究所）・土屋健司（国立環境研究所）・高津文人（国立環境研究所）	O-C22 湖深水層における高分子溶存有機物の隠れた循環の可能性 *山口 保彦（琵琶研）・岡崎 友輔（京大）・霜島 孝一（国環研）・今井 章雄（国環研）・早川 和秀（琵琶研）
9:45	O-A25	亜熱帯地方のダム湖におけるメタン酸化細菌の長期観測 *小林 由紀（山口大）・伊藤 雅之（兵庫県立大）・藤林 恵（九州大）・小島 久弥（北海道大）・福井 学（北海道大）・奥田 昇（神戸大）・Shiah FK (Academia Sinica)	O-B25 琵琶湖周辺内湖における可分解性溶存有機態リン動態と現場分解活性 *池谷透（京都大）・易容（Gannan Normal Univ）・伴修平（滋賀県大）・丸尾雅啓（滋賀県大）・石田卓也（広島大）・奥田昇（神戸大）	O-C23 性質の異なる有機炭素に対する微生物群集による分解応答ダイナミクス：バイオログ培養実験と微生物群集モデル *三木 健・徳島 生大（龍谷大）
10:00	O-A26	気候変動下でトビケラ類の水系内標高分布は変化している *加賀谷 隆・高村 耕介（東京大）・板倉 拓人（東京農大）	O-B26 琵琶湖における内部栄養塩負荷測定: 任意の溶存酸素濃度による湖底堆積物カラム培養法の検討 *堀坂兼一(滋賀県立大学)、横山黎(滋賀県立大学)、石橋孝晃(京都大学)、後藤直成(滋賀県立大学)	O-C24 湖沼深水層の細菌の生態学 *岡崎友輔(京都大)
10:15	O-A27	冬季湛水の二面性：生物多様性保全と外来種侵入の影響 *吉岡 裕生（神戸大学）・浅野 悟史（京都大学）・奥田 昇（神戸大学）	O-B27 琵琶湖北湖におけるリン酸イオンと溶存反応性リン（SRP）濃度の季節変化とその要因 *藤山信太郎（滋賀県大院）・辻一真（滋賀県大院）・山中裕貴（滋賀県大院）・小畑元（東大大気海洋研）・*丸尾雅啓（滋賀県大）	O-C25 湖深水層の細菌・ウイルス群集構造における鉛直混合の影響 *沈尚（国環研）・富永賢人（東京大）・土屋健司（国環研）・松田知成（京都大）・吉田天士（京都大）・清水芳久（京都大）
10:30		休憩	休憩	総説討論
10:45	O-A28	環境DNA分析による入間川支流のホトケドジョウの生息地調査 *石黒 直哉・加藤優斗・中澤秀道（城西大）	O-B28 富栄養湖沼手賀沼の一酸化二窒素 *時枝 隆之（気象大学校）・木持 謙（埼玉県環境科学国際センター）・清水 歩（気象大学校・現新千歳航空地方気象台）・牧野 隆平（気象大学校）・関根 希一（気象大学校）	休憩 ※ 臨時で発表が入ることもあります。
11:00	O-A29	環境DNAを用いた希少種個体群の健全性評価の可能性 脇村 圭・*内井 喜美子（大阪大谷大）	O-B29 2000年有珠山噴火後の洞爺湖・壮瞥温泉の源泉群における遊離二酸化炭素濃度と泉温およびpHの複合関係の変化 *高野 敬志（北海道立衛生研究所）・青柳 直樹（北海道立衛生研究所）・市橋 大山（北海道立衛生研究所）・内野 栄治（北海道立衛生研究所）	
11:15	O-A30	堆積物記録から復元された琵琶湖の動・植物プランクトン動態：水位管理・気象と栄養塩変化の影響 *槻木玲美（松山大）・Eric Caporin（Swedish University of Agricultural Sciences）・越智梨月（愛媛大）・鏡味麻衣子（横浜国立大）・土居 秀幸（兵庫県立大）・早川 和秀（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）・加 三千宣（愛媛大）	O-B30 自然の恵みと災いからとらえる土地利用総合評価（J-ADRES）の紹介と展望 *吉田 丈人（地球研・東京大）	
		オンライン交流会（oVice）		https://jslim86.ovice.in

9月19日（月・祝）午後

開始時刻

D（ウェビナー）会場

<https://zoom.us/j/92080019712?pwd=bUJ5YVE1RGh0ZnpkeVBxVFdtTVI5Zz09>

パスコード：watershed

ID: 92080019712 Pass: watershed

公開講演会 全国における流域治水に関わる
水辺再生の取り組みと展望

- | | | |
|-------|-----|--|
| 13:30 | S-1 | 趣旨説明、流域治水について
*萱場祐一（名古屋工業大） |
| 13:35 | S-2 | 北海道における治水メニューと環境保全の関わり
*根岸淳二郎（北大） |
| 13:50 | S-3 | 流域の水収支と熱収支を考慮して、生物の生息環境を評価する
*長谷川雅美（東邦大学） |
| 14:05 | S-4 | 生態系を活用した気候変動適応：印旛沼流域における“里山グリーンインフラ”の取り組み
*西廣淳(国環研) |
| 14:20 | S-5 | 自然との共生に向けた流域治水の課題－滋賀県の事例から－
*瀧健太郎（滋賀県立大） |
| 14:35 | | 休憩 |
| 14:45 | S-6 | 兵庫県円山川流域におけるコウノトリのための水辺再生効果と遊水地計画への応用
*佐川志朗（兵庫県立大） |
| 15:00 | S-7 | 吉野川氾濫原における治水と環境一体の取り組み：コウノトリが繋ぐ人の輪の可能性
*河口洋一（徳島大） |
| 15:15 | S-8 | 生物多様性の保全×流出抑制：球磨川流域における緑の流域治水の取り組み
*皆川朋子（熊本大） |
| 15:30 | | パネルディスカッション
コンビナー 萱場祐一（名古屋工業大） |
| 16:15 | | 挨拶
占部城太郎（両）学会長） |

日本陸水学会第 86 回兵庫大会 公開講演会（日本陸水学会・応用生態工学会 共催）

全国における流域治水に関わる水辺再生の取り組みと展望

企画者：萱場祐一（名古屋工業大）・佐川志朗（兵庫県立大）

主旨

近年、甚大な水災害が頻発している。このような中、あらゆる関係者が協働して流域治水への転換を推進することが令和 2 年 7 月に示された。流域治水では①氾濫をできるだけ防ぐための対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減・早期復旧・復興のための対策、に分けることができ、これらの対策を総合的、多層的に取り組むことが重要とされている。この中で、①氾濫をできるだけ防ぐための対策としては「ためる」「流す」「氾濫水を減らす」があるが、この中の「ためる」は流域の湿地化に繋がる可能性がある。また、「流す」についても「ゆっくり水を流す」思想を根幹とした多自然川づくりの推進に繋がる可能性がある。本シンポジウムでは日本全国の流域、河川の水辺再生に焦点を当て、これらを流域治水との係りの中で捉えることにより、自然との共生という視点、すなわち、治水と環境の両立という観点から国土管理を考える。

日時：2022 年 9 月 19 日(月・祝) 13:30-16:30

演題

- 13:30- 趣旨説明、流域治水について（萱場祐一：名古屋工業大）
- 13:35- 北海道における治水メニューと環境保全の関わり （根岸淳二郎：北大）
- 13:50- 流域の水収支と熱収支を考慮して、生物の生息環境を評価する
（長谷川雅美：東邦大学）
- 14:05- 生態系を活用した気候変動適応：印旛沼流域における“里山グリーンインフラ”
の取り組み （西廣淳：国環研）
- 14:20- 自然との共生に向けた流域治水の課題 － 滋賀県の事例から －
（瀧健太郎：滋賀県立大）
- 14:35- 休憩
- 14:45- 兵庫県円山川流域におけるコウノトリのための水辺再生効果と遊水地計画への応用
（佐川志朗：兵庫県立大）
- 15:00- 吉野川氾濫原における治水と環境一体の取り組み：
コウノトリが繋ぐ人の輪の可能性 （河口洋一：徳島大）
- 15:15- 生物多様性の保全×流出抑制：球磨川流域における緑の流域治水の取り組み
（皆川朋子：熊本大）
- 15:30- パネルディスカッション（コンビナー 萱場祐一：名古屋工業大）
- 16:15- 挨拶（占部城太郎（両）学会長）

萱場祐一（名古屋工業大学・工学研究科）

1. 主旨

令和2年7月、国土交通省は従来の河川、ダム等の貯留施設のみに依存した治水方式から流域全体を視野に入れた治水、すなわち、流域治水へと大きく舵を切った。流域治水には①氾濫をできるだけ防ぐための対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減・早期復旧・復興のための対策、の3つの施策があるが、この中で、①、②については、流域治水関連法案の中で、水辺環境の再生と親和性が高い施策が打ち出されている。例えば、浸水の拡大を抑制する効用をもつ河川沿いの低地や農地等を貯留機能保全区域に指定し、その土地が有する貯留機能を保全することもその一つであり、このような貯留機能保全区域では、生物の生息・生育環境の創出等の環境整備を念頭に置くことが示されている。一方、環境省においても、30by30目標の達成に向けて、OECMの取り組みが進みつつあり、流域の各所において自然環境の保全、再生が進む可能性が高まってきている。もとより、日本における氾濫原の環境の劣化は深刻度を増し、自然再生の必要が認識されていたが、実効性の高い取り組みを考えることは難しかった。流域治水そのものは気候変動に伴う外力増大が引き金になっているとは言え、流域、特に、堤内地の氾濫原において治水と環境の接点が生まれたことは歓迎すべきことであろう。しかし、取り組みは始まったばかりであり、治水、環境の双方の始点に立ってその効果や課題を幅広く捉える機会は未だ多くない。

本公開講演会では、治水・環境の双方に視点に立って水辺再生に取り組み事例を日本全国から発信して頂き、それらの情報を共有することを目的として、以下に示す7編の話題提供を企画した。いずれも興味深い取り組みであり、水辺再生の取り組みの現状と今後の展望を考える貴重な機会になるだろう。本集会がこれからの流域治水、生物多様性の保全に資することを期待している。

2. 話題提供

- ① 北海道における治水メニューと環境保全の関わり 根岸淳二郎（北大）
- ② 流域の水収支と熱収支を考慮して、生物の生息環境を評価する 長谷川雅美（東邦大学）
- ③ 生態系を活用した気候変動適応：印旛沼流域における“里山グリーンインフラ”の取組 西廣淳（国総研）
- ④ 自然との共生に向けた流域治水の課題 - 滋賀県の事例から - 瀧健太郎（滋賀県立大学）
- ⑤ 兵庫県円山川流域におけるコウノトリのための水辺再生効果と遊水地計画への応用 佐川志朗（兵庫県立大学）
- ⑥ 吉野川氾濫原における治水と環境一体の取り組み：コウノトリが繋ぐ人の輪の可能性 河口洋一（徳島大）
- ⑦ 生物多様性の保全×流出抑制：球磨川流域における緑の流域治水の取り組み 皆川明子（熊本大）

*根岸淳二郎（北海道大学・地球環境）

1. 変わりゆく治水

北海道は、2016年の連続台風上陸あるいは接近により東部を中心に計画規模以上の流量・水位が観測された。一部、堤防の決壊や居住地の浸水、社会インフラの破壊などの大きな被害を受けた。この事象は変わりゆく降雨パターンや起因する洪水リスクの増大を身近な課題として浮かび上がらせた。現在、道内河川も治水事業の根幹を成す河川整備方針の変更が具体化され、具体的な河川整備計画の変更が各水系で進んでいる。例えば、十勝川では、北海道で初めて、下流基準点において最大流量（基本高水流量）として20,000 m³/秒超が想定された変更が議論されている。早晩、道内他河川も同様の治水想定流量増加を伴う変更を行っていくことになるだろう。この変更に対応して、流域のどの箇所 で増加分に対してどのように分担対応していくのが具体的に決定されていく。河川管理区間内外で治水能力を最大化する必要性が高まっている。

2. 既存の治水メニューと環境保全

北海道では、これまでも、治水能力を向上させ整備計画の目標値に近づけるための各種事業の中で、環境配慮型の様々な先進事例が行われてきた。この点で、河川管理区間内での事例は非常に多い。代表的な一つとして、河道沿いに遊水地を配置する事業が挙げられる。好事例としては、千歳川沿いの水域群がある。おおむね、好適な湿地生態系の創出が見られるようである。現在、石狩川本川沿いで進行中の遊水地群整備事業も、類似の事業である。また、釧路川の再蛇行・湿地再生事業も、ピーク流量低減効果という観点からは、治水能力向上につながる自然環境保全・再生型事業として重要な事例である。これらは、世界的に進行が懸念される湿地環境の劣化と減少に歯止めをかける側面を有した治水メニューとして期待が持てる。堤内地（堤防に守られた

住居や農地のある側）に残存する旧河道では、現在も定常的な底泥由来の水質劣化とそれに伴う在来水生生物の生息環境劣化が懸念されており、通水と底泥の浚渫のメニューを組み合わせることでより有効性の高い事業となると期待できる。また、堤外地（堤防に挟まれた河川および河畔のエリア）の樹林伐採・掘削も非常に広範に行われている治水メニューである。堤内地での対応に限界がある人口密集地では、選択肢として重要性が今後も高いと思われる。これにより、砂州が露出し、土砂が流動性を増し、砂州や流動的な土砂に依存している生物種の生息環境は質・量ともに増加することが期待できる。

3. 今後の課題

このように流域治水に関わる事業は環境保全と調和的に実施できる可能性は多くあるが、課題もある。その一つは、一級水系直轄河川以外の関連事業である。道内においては、二級河川や農林地についても、行政から流域治水に関わる情報整理と対策立案の詳細な情報発信をしている。例えば、ため池の管理や田畑の有効活用など、潜在的な選択肢として多くが挙げられている。前述した一級河川の計画変更の多くも同様だが、方針変更説明の資料中には自然環境保全とのかかわりを具体的に明記したものは少ない。環境保全は現状維持で、治水能力向上に重きを置いた説明である、という理解ができる。しかし、流域治水では環境面への配慮と調和する可能性が推奨されていることから、今後洪水調節流量の分担対応を議論する中で環境面との調和点をより具体化させることで事業の効果の重要性および効率性がより良く理解されるのではないだろうか。例えば、雨水流出抑制と水温上昇緩和効果に着目した水循環の再生を念頭に山林を整備する、などといった考え方は、温暖化する北方河川環境保全に大きな可能性・必要性を感じる。

長谷川雅美（東邦大学理学部）

1. はじめに

気候変動による環境の変化には、気温の上昇や降水量だけでなく、地表面の熱収支や水収支を変化させることで生物の生息環境を高温・乾燥化させるリスクが含まれる。熱収支と水収支は、地表に供給され、地表から放出される太陽エネルギーと水分の収支であり、これらの収支が変化することで、風の吹き方など微気象にも影響を及ぼす。しかし、任意のグリッドではなく、流域単位で熱収支と水収支を計算し、生物の生息環境を評価する試みは、実際に検討された事例を知らない。

水収支は地図ベースで治水対策を考える上で必須の配慮項目である。アスファルト舗装等による浸透面の減少は、表面流出量を増し、都市化された流域における都市型洪水の主要因となってきた。流域治水に先立つ総合治水政策は、都市型洪水への対策として、流域に降った降雨を保水するエリアを確保し、氾濫を抑制する機能を持たせようとしてきた。したがって、保水エリアを流域のグリーンインフラとして確保し、生物多様性の拠点としての機能を持たせることができれば、今日的な意義を先取りした計画として評価される。鶴見川流域の総合治水対策では、流域内のグリーンインフラに多機能・多自然化を加味した自然環境マネジメントを含む水マスタープランが実施されている。

保水エリアには熱収支の適正化という生態系機能もある。アスファルトで覆われた不浸透地は、実蒸発散量を減らし、潜熱輸送を減らす。熱せられた地表面からは温度の4乗に比例する長波放射が大気に放出され（Longwave radiation forcing）、都市におけるヒートアイランドの主因となる。関東平野の大半が都市化された現在、流域治水の重要な要素であり、かつ潜熱輸送による冷却装置でもある緑地は、ヒートオーシャンに浮かぶクールアイランド状態にあると言ってもよい。

流域に降った降雨が不浸透地から表面流出しても、河道から氾濫させずに、適切に海に排出されれば、治水対策として機能しているといえるかもしれない。しかし、流域規模での水循環、水収支、熱収支が大きく改変され、その負荷が生態系機能に何を

もたらすのか、無関心ではいられない。

2. 水収支と熱収支を流域単位で考察する

地表面における熱収支と水収支の変化は、乾燥化と高温化に脆弱な生物に深刻な負荷を与えかねない。気温とともに可能蒸発散量が増加すると、ヒートオーシャンに浮かぶクールアイランドは、水循環の過剰な機能を負わされ、周囲の不浸透域から水蒸気を奪われ、乾燥化が進んでしまう。

変温動物である両生類は、運動などの生理的活性を左右する体温を周辺環境の温度に依存することから、温度条件が重要な生息要因になっていると考えられる。地表面を主な生息環境とする成体は、腹側の皮膚から素早く水分を吸収し、吸収した水が皮膚から蒸発する際に伴って奪われる気化熱で体温の過熱を防止している。その結果、両生類は常に乾燥の危険にさらされている。土地利用の変化に伴う地表面の水収支や熱収支の変化は、ローカルなレベルでも世界的なレベルでも両生類減少を説明するメカニズムとして議論する意義があるといえる。

水収支と熱収支を流域内で計算可能と仮定すれば、水文学的手法により地表面の温度と水分量を推定可能である。生物の生息適地を流域単位で評価する簡易なアルゴリズムを整えれば、降水量と太陽放射量、および土地被覆から小流域ごとの地表面の水分量及び熱量を求め、両生類各種の有無との関係を解析する手法は、両生類に限定せずとも、広く一般性を持つ妥当なアプローチとなる可能性がある。

3. 人の生息適地を流域単位で考察する

こうして、流域ごとに水収支と熱収支を評価する手法が得られれば、流域内に住まう人々が住環境（室内気温）の調節に費やす電力コストを見積もることも可能なはずだ。さらに、長波放射量の増加が地域によっては、脱炭素政策による気候変動緩和策を相殺するほど強力かどうかを検討されたならば、流域治水対策としての保水エリアには、気候変動適応策と生物多様性保全の多機能性を持つことを評価され、人の生息環境改善を目途として共促進させる科学的根拠になるであろう。

生態系を活用した気候変動適応： 印旛沼流域における“里山グリーンインフラ”の取り組み

西廣 淳（国立環境研究所）

1. はじめに

気候変動には、気温の上昇のような一方向的な変化だけでなく、水害と渇水のような逆方向のリスクの両方が高まるという側面がある。このような変動性に対して頑健な社会への転換は、気候変動への適応における本質的な課題である。

都市化に伴う不浸透面の増加、農地排水路の整備、河川の直線化は、地下水涵養量の減少と、流域の陸地から河川下流部や湖沼への水の到達時間の短縮をもたらした。この「速い水循環」は、防災と食糧生産に大きな恩恵をもたらした一方、想定を超えた規模の環境変動やエネルギー不足に対する脆弱性をもつことが指摘されている。

これに対し、地下への水の浸透、小規模なため池や土水路を活用した灌漑、蛇行する河川といった要素がつくり出す「遅い水循環」は、効率性の面で弱点がある一方で、環境変動に対する頑健性を持つ。気候変動に適応した社会の構築のためには、「速い水循環」をもたらす既存のインフラと「遅い水循環」をもたらす流域のグリーンインフラを相互補完させることが重要であろう。

2. グリーンインフラ活用の課題と戦略

樹林、草原、農地・耕作放棄地は、雨水の浸透・貯留に寄与するグリーンインフラとしてとらえることができる。これらは水防災に貢献するという点では堤防やダムといった河川区域内の防災施設と共通するものの、社会に実装する上では多くの相違がある。特に土地所有の課題は大きい。河川の防災施設とは異なり、これらのグリーンインフラの多くは私有地に該当するため、グリーンインフラとして機能の維持にコストが生じる場合、土地所有者に十分なメリットがない限り長期的な維持は困難であろう。

グリーンインフラは多機能性が特徴であり、防災以外にも複数の機能をもつことが期待できる。しかしそれらの機能の多くは所有者個人ではなく、公共に恩恵をもたらす機能である。グリーンインフラの持続的な活用のためには、公的な支援や企業との連

携なども視野に入れた、新しい制度・メカニズムが必要になる。またそもそも機能の科学的・定量的な評価が不十分であり、そのことも社会実装の妨げとなっている。グリーンインフラの機能に関する生態工学的な評価と、社会的・経済学的な制度・メカニズム開発の両方を実践的に進める必要がある。

3. 印旛沼流域での取り組み

本講演では、印旛沼流域で報告者らが進めている「里山グリーンインフラ」の取り組みと、関連して実施している研究を紹介する。里山グリーンインフラとは、かつて農業を中心とした社会を支えていた樹林・草原・湿地・河川などの「里山の自然」を、気候変動と人口減少が進む現在～未来の社会を支えるインフラとして再評価・活用しようという考えに基づく造語である。

印旛沼が存在する千葉県北部は、平坦な台地と平野、そして台地に刻まれた小規模な谷（谷津）の存在が地形的な特徴である。台地に降った雨は地下水となり、谷津で湧出し、平野に流出する。

谷津とその周辺域に湿地や樹林が存在することで、それらが都市化された場合に比べ、10倍近い流出遅延が生じることが示唆された。また樹林や湿地が存在する谷津での流出係数は、都市化された場所の半分以下であることが示唆された。

台地上に農地が多いと谷津の湧水における窒素濃度（硝酸イオン濃度）が高くなる傾向が認められ、場所によっては80mg/Lを超える高濃度が記録された。しかし、谷津の谷底部を湿地化し、そこを通過させることで大幅な濃度低下が確認された。

このように水害リスクの軽減や水質浄化の機能が評価されたことで、「谷津をグリーンインフラとして活用する」という選択肢が、水循環基本法に基づく流域水循環健全化計画の行動計画や、湖沼水質保全特別措置法に基づく水質保全計画に反映された。しかし、行政計画に組み込まただけでは私有地を対象にした取り組みの展開はむづかしい。講演では、社会実装が実現しつつある例に基づき、そのための条件や今後の展開上の課題を議論する。

*瀧健太郎（滋賀県立大学環境科学部）

1. はじめに - 滋賀県版流域治水

滋賀県では、2012年に流域治水基本方針を議決、2014年に流域治水条例を制定し、先行して流域治水を進めている。滋賀県版流域治水では、超過洪水も含むあらゆる規模の洪水に対して人命保護を最優先に、①河川区域で洪水を安全に流下させる対策（ながす）に加え、②流域貯留対策（ためる）、③氾濫原減災対策（とどめる）、④地域防災力向上対策（そなえる）を多層的に実施することとした。

河川区域での対策は、河川法に定める責務に基づき河川管理者が着実に計画・実施できる。一方、河川区域外（集水域・氾濫域）は、都市計画法や農振法な洪水防御を一義的責務としない法律が所管しており、そこには人々の生活・生業がある。元来、河川計画上は防御の対象である。そのため、集水域・氾濫域での対策は技術的・政策的不確実性を伴う。こういった中で、集水域・氾濫域の関係者の参画を得るには、①河川区域でどこまでの対応がやり切れるのか、②どのようなリスクが残されるのか、③集水域・氾濫域の対策の効果と負担はどれほどかを示すことが求められる。そこで、本発表では、リスク評価に係る滋賀県の取り組みを紹介するとともに、流域治水メニューの一つとしても注目される霞堤を巡る議論から流域治水の課題を考える。

2. 地先の安全度

滋賀県では、河川区域のみならず、集水域・氾濫域での取り組みを一体的に進めるため、流域治水の基礎情報となる「地先の安全度」を公表している。これは、内外水を同時に考慮した水害リスクマップ（多段階浸水想定図）に相当する。この情報をもとに土地利用規制や耐水建築の義務化を行う範囲を設定するとともに、（超過洪水対策としての）堤防強化の優先度の設定や、連続盛土規制、二線堤の保全、避難計画などに活用している。

3. 霞堤遊水地（堤内遊水地）の各種機能

霞堤の治水機能としては、主に、①河川水位の上

昇を抑える効果（前後・対岸の堤防決壊を防ぐ効果）と、②内水・氾濫流を河道に誘導する効果がみられる。また、ほとんどの場合、霞堤遊水地から小河川・水路が本川に接続しており、出水時・渇水時には魚類の一時避難場所となる。また、本支川の行き来があるために氾濫原生態系が維持されやすい。

4. 霞堤から読み解く課題

霞堤遊水地は堤内遊水地とも言われ、その多くは河川計画上位位置付けられる遊水地（計画遊水地）とは異なり、河川区域に編入していない（ただし、控堤（二番堤・二線堤）のみ河川区域に編入されている例は散見される）。県内に現存する霞堤は、河川勾配が1/400以上の範囲に多く、外水の一時貯留よりも内水排除の目的で維持されてきた。また、霞堤遊水地を対岸・直下流の集落が共有地として耕作するなど、便益（治水効果）を受ける主体と負担（被害）を受ける主体が、一致するあるいは近い関係である場合が多い。上下流問題が先鋭化せず、受益と負担が包摂される緩やかな保護区となっている。

2022年8月には、滋賀県長浜市を縦断する高時川で出水し、現存する霞堤のうち2つが機能した。マスコミは浸水被害として速報した一方、SNS上では「見事な治水」と話題になった。また、空撮映像からは冠水範囲に数多くのサギが飛来している様子が確認できた。激流・濁流となった本川からアユ等の魚類が一時避難していたと推察される。

ただし、農地は後半に冠水しており、農家は洪水後には消毒・ごみの後片付けに追われた。畑作のダメージも大きい。農業共済の収量補償は100%ではなく、また、消毒・ごみの後片付けに対する公的支援の仕組みがない。霞堤が機能し水位が低減する範囲（便益の範囲）は限定的であり、堤防決壊は免れ周辺の被害は最小化されたと言える。霞堤の受益と負担の関係は地域史に応じて多様である。そういったことを前提に、河川区域外での被害軽減を如何に実情に合わせ柔軟に取り組むのが試されている。

霞堤遊水地を巡る議論は、我々が流域治水の社会実装を考えるうえで重要な示唆を与えてくれる。

兵庫県円山川流域におけるコウノトリのための水辺再生効果と

遊水地計画への応用

*佐川志朗（兵庫県立大学大学院・地域資源マネジメント研究科）

兵庫県豊岡市の円山川流域は、1971年に我が国では一度絶滅したコウノトリの再導入が初めて行われた地である。2005年に試験放鳥という形でスタートしたこの野生復帰事業は、2007年における野外での初繁殖を皮切りに営巣地が全国に拡大し、2022年現在の野外個体数は300個体を越える（兵庫県立コウノトリの郷公園 2022）。

再導入にあたり、円山川流域で2003年から行われてきた採餌環境の整備（水辺再生）は大きく3つに区分される。1つ目は河積確保のための河道掘削形状を工夫して造成した河道内湿地（図1）、2つ目は休耕田を活用した水田ビオトープ等の河道外湿地（図2）、そしてそれらの連続性を確保するための水域エコロジカルネットワークの確保である（図3）。

本発表では、これらの水辺再生の事例と生態的効果について御紹介し、現在、円山川水系自然再生委員会等で検討されている、中ノ郷遊水地の環境面での保全計画（平水時における水域環境の維持方策）について御紹介する。

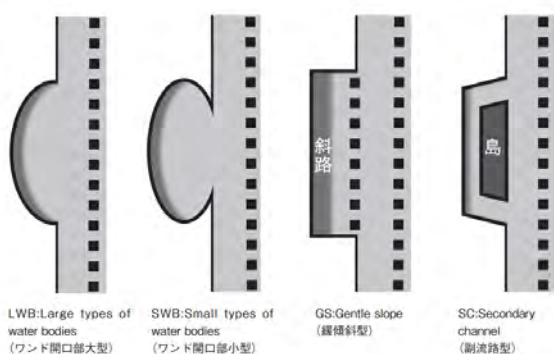


図1. 河道掘削部における4タイプの水辺再生地と対照地。薄い塗りつぶしは水域を、■は捨石を示す。どのタイプにおいても魚介類の種数および個体数は増加したものの、コウノトリに対してはタイプの選択性はみられなかった（植木・佐川 2022）。



図2. 水田ビオトープの一例。豊岡盆地にはこのようなビオトープが50枚以上存在する。各所で形状的な工夫もされており、ここでは、渇水期に水域が維持されるように深場（10m×1m×0.8m 水深）を造成した。夏季の魚類（写真）の生息場として機能するようになった（西村ほか 未発表）



図3. 水田魚道の一例、左は全国でみられる千鳥X型。右はその弱点を改良・開発した土嚢型。両タイプとも多くの魚介類の遡上がみられるが、土嚢型の方が設置や管理が簡単である（立川ほか 未発表）。

：コウノトリが繋ぐ人の輪の可能性

*河口洋一（徳島大・理工）

1. はじめに

コウノトリの野生復帰は、兵庫県豊岡市を中心に取組みられ、コウノトリの郷公園をはじめ豊岡市や国の関係機関、そして地元農家やNPOの活動により、豊岡市を含む但馬地域一体でコウノトリの定着が進んできた。しかし、コウノトリの安定した個体群構造としては、メタ個体群構造の形成が必要で、但馬地域だけでなく他地域における定着が求められた。コウノトリを呼びたいと願う自治体は多く、農薬や化学肥料を減らした米づくりや餌場となるビオトープ整備も進められ、コウノトリの飛来は確認されたが、最初の頃は定着まで至らなかった。そのような中、コウノトリのための取り組みが特にない、徳島県鳴門市のレンコン田にコウノトリが舞い降り、ペアが形成され、豊岡周辺以外で初めてとなるコウノトリの雛が2017年春に誕生した。コウノトリはなぜ鳴門に飛来したのか、コウノトリが繋ぐ人の輪と活動について、河川管理者、NPO、学の活動について紹介したい。

2. 国の取り組み

吉野川河川国道事務所が主催する、吉野川流域コウノトリ・ツルの舞う生態系ネットワーク推進協議会では、治水と環境の両立を目指す「生息環境づくりWG」と、その活動が地域の人々に受け入れられるよう「人づくりWG」の2つが連動している。生息環境づくりWGでは、治水目的で計画されていた旧吉野川の河道掘削に、湿地環境の再生も目的として加え、旧吉野川と支川が合流している地点から下流の約3haの用地を対象に検討が進められている。タナゴ類や二枚貝、トンボ類や昆虫類、鳥類など、旧吉野川や氾濫原湿地に生息する生物の生息場を再生すること、そしてコウノトリや大型水禽類による利用も含まれている。

それに加え、地域の人たちにコウノトリが飛来した環境を知ってもらうよう、親子向けに「コウノト

リレンコン教室」を開催し、農薬や化学肥料の使用を抑えたレンコンづくり、レンコン田における生き物を紹介している。また、地域外の人にも興味をもってもらえるよう鳴門でのエコツアーの検討も試行され、コウノトリが暮らすレンコン田や吉野川との接点、地域の歴史や文化も体験するAdventure Tourismの検討が進められている。

3. NPOの取り組み

上記の取り組みにおいては、NPO法人コウノトリ基金のサポートが大きい。NPOは、コウノトリの餌場づくりとして、耕作放棄地をビオトープに変える活動や、コウノトリレンコンによる農産物のブランド化と販売促進、他地域との交流や人材育成を目的と活動している。昨年からは、米国The Coca-Cola Foundationの活動支援をうけ、Nature Based Solutionの考えから、農地を活用した水環境の創造に取り組み、グリーンインフラの導入、農業と人のにぎわいづくり、コウノトリを軸とした生物多様性の再生と環境学習に着手している。

4. 学の取り組み

徳島大学はNPOコウノトリ基金と連携し、学生実習で耕作放棄地の課題と対策について座学と野外体験の両方から学んでいる。また、NPOはビオトープや魚道づくりといった活動を行うが、その評価については大学が担っている。例えば、新たにつくられたビオトープで、在来植物と外来植物の侵入状況を調べたり、ビオトープの生物量を調べ、過去にコウノトリが利用したレンコン田の生物量と比較し、コウノトリの餌環境としての評価を行っている。ビオトープにおいて植物と外来種の管理は大きな課題であり、他地域との比較や最近の研究もふくめ管理方法についての検討や、ビオトープが水を貯める機能の評価が求められている。

：球磨川流域における緑の流域治水の取り組み

*皆川朋子（熊本大・大学院先端科学研究部）

令和2年7月豪雨で甚大な被害が生じた球磨川流域では、自然環境との共生を図りながら流域全体で治水を行っていく緑の流域治水が進められている。筆者らは、JST 共創の場形成プログラム「2021年度より、流域治水を核とした復興を起点とする持続社会」研究において、緑の流域治水を実装するため、生物多様性を高める流域抑制要素技術に関する研究を行っている。具体的には、迫を活用した流出抑制手法や多自然川づくりによる流出抑制効果の評価と手法の検討等である。本報告では前者について紹介する。

迫とは本地域の方言で、低い丘陵地の谷を示し、全国的には谷津田・谷戸田・谷地田と呼ばれている場所を表す。迫の周りは森林に囲まれ湧水が存在することが多く、湿地が形成されやすい。球磨盆地を囲む丘陵地には迫地形が多く分布している。迫田はかつて、多くの水生生物の生育・生息場であった。しかし、迫田の多くは耕作放棄され、陸化が進行している。一柳らは、放棄された迫田を湿地に復元し、重要種を含め多くの生物を確認している。迫田は、水田等人が手を加えることで開放水面をもつ湿地が維持されてきたこと、森林に囲まれていること、自家用米が多く栽培されているため、比較的農薬の使用が抑制されたこと可能性があり、迫の湿地の復元は、生物多様性を保全する上で優先順位が高いと考えられる。そこで、著者らは、迫湿地を田んぼダムのように流出抑制対策の場として、かつ、生物生物

の生息場として機能し、持続的に湿地が存続できる整備のあり方やしくみを模索している。

現在、その第一歩として、耕作放棄された迫、約60ヶ所を抽出し、環境特性や生物の生息状況等の把握、流出抑制効果の評価、維持管理手法の検討を行っている。迫の面積は平均11,580m²程度であり、出口の形状が狭まっているタイプは約20ヶ所確認でき、これらは自然の状態であっても雨水貯留機能を有し、かつ低コストで整備ができる可能性がある。生物に関しては、ドジョウやミナミメダカ、マルタニシ、イチョウウキゴケ等が確認されているが、確認できる迫は数少なかった。迫田の生物ポテンシャルは、環境要因の他、放棄からの経過年数、耕作期間中の農薬の使用状況等の履歴が関与すると考えられる。放棄からの経過年数40年以上が20%、30年以上が40%、20年以上が70%であり、比較的早い時期に放棄されていた。個々の湿地の環境要因に加え、農薬の使用状況や土壌シードバンクについて、今後調査を行っていく予定である。

また、迫湿地の復元やその持続のためには、営農や草刈り等の維持管理のしくみづくりが必須である。そこで着目しているのが30by30に賛同する民間企業との連携やOECD認定である。一方で、参画者が増加すると、生物に関する情報の流出やそれに伴う乱獲、外来種の持ち込みなどの問題の発生が懸念される。これらを踏まえ、体制づくりを早急に進めていきたいと考えている。

*山崎駿・加賀谷隆（東大院・農学生命科学）

1. はじめに

パッチ状環境における生物の空間分布は、生息場パッチ自体の好適性に加え、周辺パッチの構成と空間配置に左右される。局所的な好適性が同一であっても、周囲に多数の好適なパッチが近接する生息場パッチほど、生物の生息密度は高まりうる。河川リーチは、明瞭なパッチ状環境を呈する場合が多い。河川底生動物のリーチ内空間分布を決定するうえで、このようなパッチ景観の効果は重要と考えられるが、ほとんどの生息場評価研究では、微生物場自体の局所的な物理環境のみに着目している。

ナベブタムシは、成虫の体長が 8.5~10 mm のカメムシ目の底生動物捕食者である。千葉県の上流では、本種の生息は岩盤河床に点在する砂礫パッチ (0.1~30 m²) 内にほぼ局限され、河川底生動物の空間分布に対するパッチ景観効果を探求するうえで、好適な系が成立している。本研究では、養老川のナベブタムシについて、①砂礫パッチ内の微生物場の局所的な物理的好適性と、②パッチ景観効果を生じうるパッチ間移動を明らかにしたうえで、③空間分布に対するパッチ景観効果を検証する。

2. 材料と方法

2021 年 8 月と 2022 年 5 月に、養老川の 120 m 区間において調査を行った。本要旨では、前者の結果に基づいた内容を示す。

調査区間に存在する砂礫パッチ 81 か所において、30×30 cm 方形枠を 1 または 2 個設定し、これらを「微生物場」と定義した。各微生物場において、物理環境の計測とナベブタムシ成虫の採集を行うとともに、簡易測量により調査区間内における砂礫パッチの空間配置を明らかにした (図)。各微生物場の物理的好適性を評価するために、昆虫の生息密度を微生物場の物理環境変数から予測するモデルを構築した。対象パッチ i の生息密度に対するパッチ景観効果 L_i は、対象パッチとの距離 d_{ij} にある周辺パッチ j の好適性 Q_j により生じる。本要旨では、実際の昆虫の生息密度 N_j により Q_j を評価し、 $L_i = \sum N_j \exp(-cd_{ij})$ (c は定数) とした場合の結果を報告する。

ナベブタムシのパッチ間移動を調べるために、調査区間中央に位置する 20 m 区間の砂礫パッチ 20 か所において標識個体を放逐し、翌日に調査区間内のすべてのパッチでナベブタムシの捕獲調査を行い、標識個体の移動を評価した。

3. 結果

ナベブタムシの生息密度が高い微生物場は、水深が 15 cm、流速が 20 cm s⁻¹ に近く、優占底質が粒径 16 mm 以下の小砂利や砂で、岩盤に接するパッチ境界域であると評価された。微生物場の生息密度に対して、微生物場の物理的好適性とパッチ景観効果を説明変数とした回帰モデルにより、正のパッチ景観効果が検出された。ナベブタムシの再捕率は 31% で、47% の再捕個体に 1 日あたり 0.9~14.3 m のパッチ間移動が認められた (平均 $\pm$ SD = 5.7 $\pm$ 3.7 m day⁻¹)。パッチ間移動の 94% は、上流方向であった。

4. 考察

養老川のナベブタムシについて、好適性が高い微生物場の局所的物理環境とともに、空間分布に対するパッチ景観効果が示された。周囲に多数の生息密度が高いパッチが近接するパッチほど、パッチ内の微生物場における本種の生息密度は、局所的な好適性が同一であっても高いといえる。本種は、昼間は砂礫内に堀潜し夜間に採餌や繁殖を行う。標識再捕調査により、本種はパッチ間を高頻度で移動することが明らかにされた。好適な微生物場を有するパッチが集中する場所では、採餌や休息、繁殖に適した局所的環境が多数存在し、かつパッチ間移動のコストは低いと、採餌や繁殖の効率は高いと考えられる。大会では、パッチ景観効果のモデルを複数検討し、パッチ間移動との関係を考察する予定である。

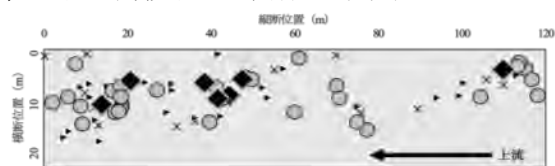


図. パッチの空間分布とナベブタムシの生息密度 (◆ : >150 m⁻², ○ : 50~150 m⁻², ▴ : 20~50 m⁻², × : <20 m⁻²).

*太刀掛脩平, 加賀谷隆, 則定真利子 (東大院・農学生命科学)

1. はじめに

群集の食物連鎖長(基礎資源から最上位捕食者までの栄養段階数)を決定する要因として、近年では生態系サイズと生産性が注目されている。河川生態系では、河川リーチ間の食物連鎖長の比較によりこれらの要因の重要性が検討されてきた。河川リーチは不均質な微生物場で構成されており、微生物場の食物網はそれ自体の環境により制限されるとともに、微生物場間で生物や物質の移動が生じると考えられる。そのため、食物連鎖長の河川リーチ間の相違を理解するには、微生物場スケールでの相違を明らかにする必要がある。

森林溪流では、溪畔植生由来のリターは河床に局所的に堆積し、様々なサイズのリターパッチが形成される。リターパッチには底生動物を構成種とする局所的な食物網と、微小生態系が成立している。演者らは、前回の大会でリターパッチ群集の構成種は、基礎資源としてパッチ外で生産される付着藻類に対する依存性が高いことを示した。したがって、個々のリターパッチ群集の食物連鎖長を決定するうえで、パッチサイズとともに、微小生態系の生産性を担う付着藻類由来の系外資源流入が重要である可能性がある。

本研究では、リターパッチ群集の食物連鎖長の同一リーチ内における空間変異の決定要因を明らかにするために、生態系サイズ仮説、生産性仮説に基づく以下の予測を検証した; ①リターパッチ群集の食物連鎖長はパッチ面積と正の相関を示す, ②リターパッチ群集の食物連鎖長は最上位捕食者への付着藻類寄与率と正の相関を示す。

2. 材料と方法

多摩川水系の光環境が異なる熊倉沢と水ノ戸沢において、2021年3~4月に野外調査を行った。水ノ戸沢は側方斜面の勾配が急であり、熊倉沢に比べて日射量が小さい。淵のリターパッチ26または21か所にリターバッグを設置し、パッチ面積を計測して、バッグに定着した底生動物の個体

数と種数を計数した。各パッチの底生動物捕食者個体について、淵のリターと付着藻類の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ から付着藻類寄与率と栄養段階を推定し、リターパッチ群集の食物連鎖長を求めた。

3. 結果

リターパッチ群集において、捕食者個体の占める割合は両溪流とも13%であった。捕食者の食物資源となる一次消費者のうち、付着藻類食者の占める割合は、熊倉沢は33%であるのに対し水ノ戸沢は6%であった。水ノ戸沢では、付着藻類食者の割合は大きなパッチほど低いことが認められた。リターパッチ群集の食物連鎖長は、熊倉沢で3.9~5.3、水ノ戸沢で4.4~5.0の範囲を示した。食物連鎖長とパッチ面積との正の相関は、熊倉沢では認められたのに対し、水ノ戸沢では認められなかった。食物連鎖長と最上位捕食者への付着藻類寄与率との正の相関は、熊倉沢では認められなかったのに対し、水ノ戸沢では認められた。

4. 考察

食物連鎖長の決定要因に関する予測は、いずれかの溪流で支持された。生産性仮説に基づく予測②は、水ノ戸沢でのみ支持された。日射量の小さい水ノ戸沢では、熊倉沢と比べて藻類生産の光制限は強いと考えられ、これは一次消費者の群集組成の相違からも支持される。熊倉沢では、付着藻類由来の系外資源流入量が、一定レベル以上であるリターパッチがほとんどを占め、流入量は食物連鎖長を左右する効果を生じなかったと推測される。生態系サイズ仮説に基づく予測①は、熊倉沢でのみ支持された。水ノ戸沢では、群集の付着藻類食者割合とパッチ面積の負の関係から、生態系サイズの効果が系外資源流入の効果により打ち消されたと推測される。

リーチスケールの食物網の特性は、河川リーチ自体の環境に加え、微生物場の環境を介しても左右されることを、本研究の結果は示唆している。

*板倉拓人（東京農業大学）、加賀谷隆（東京大学）
田中幸一（東京農業大学）

1. はじめに

河川に生息する水生昆虫であるキタガミトビケラは、筒巢を紐状の柄により石礫に固着させ、昆虫などの流下有機物を濾過摂食する。この生活様式はエグリトビケラ亜目の中では特異的なものである。本種には、筒巢を針葉樹リター由来の有機物で装飾する個体が少なくない。本種の筒巢形状の変異や適応的意義を探究するには、生活環や微生息場分布、移動行動といった生態情報が不可欠であるが、本種の基礎的な生態に関する知見は乏しい。

本研究は、野外調査によりキタガミトビケラの生活環、幼虫期における微生息場分布、流下頻度を明らかにすることを目的とする。

2. 材料と方法

2020年11月から2021年10月に、栃木県日光市の渡良瀬川水系に属する行川に200mの調査区間を設定し、基本的に1か月間隔で幼虫の定量的な採集を行った。調査区間の微生息場を、河床底質から水面に突出した巨礫（長径256mm以上）、水中に沈んだ巨礫、はまり礫（64～256mm）、浮き礫、砂利（2～64mm）、砂（2mm）、リターに区分した。各調査回に、それぞれの微生息場から、4または10か所の30×30cm区画をランダムに選定して、幼虫を採集した。採集にはサーバーネットを用い、得られた幼虫は0.01mm単位で頭幅を測定し齢期を推定した。調査区間において、各微生息場が占める面積割合を計測し、各微生息場の底生密度をそれらに乘じることで、調査区間全体の底生密度を算出した。

採集調査と同時期に、幼虫の流下調査を行った。調査区間の中央位置に流下ネットを24時間にわたって設置し、3時間ごとに回収した。各時間帯の流下頻度を、（流下個体数／調査区間全体の底生密度）×（河川流量／ネット濾過流量）として求めた。

3. 結果

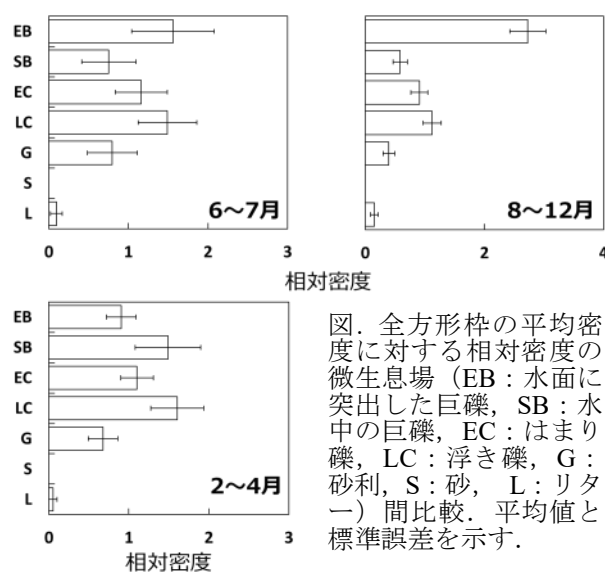
本種の初齢幼虫は6～7月に出現し、8月には終齢

幼虫が出現したが、11月までは3以上の齢が同時に認められた。越冬個体はほぼ終齢幼虫のみで4～5月に蛹化し、リター堆積において卵塊が観察された各微生息場における底生密度は巨礫と礫で高かったが、砂利やリターでも同等の密度を示すことがあった（図）。8～12月は、水面から突き出た巨礫において、特に高密度で生息することが多かった。

幼虫の流下頻度は、各齢とも6～8月に最大となり、蛹化がはじまる4月にも小ピークが認められた。幼虫の流下は、日出・日没時を含む夜間よりも、昼間に偏る日周性を示す場合が多かった。

4. 考察

本種の生活環は、年一化であることが示されるとともに、夏季の発育は速いことが明らかにされた。幼虫は幅広い底質環境に出現したが、水面から突き出た巨礫の周囲で高密度となることが多かった。巨礫は河道を強く狭窄することで、幼虫の食物となる流下有機物が滞留するよどみを生じさせる可能性がある。本種の幼虫は、夏季および昼間に移動が活発となることが明らかにされた。今後は、季節や齢、微生息場環境による筒巢形状の変異を評価する予定である。



*牛尾菜花 (奈良女子大・理・化学生物環境学),
土居秀幸 (兵庫県立大・院・情報科学),
窪田敏 (五條のヒメタイコウチを守る会),
片野泉 (奈良女子大・研究院自然科学系)

1. はじめに

湿地は生物多様性が非常に高く、水生・陸生生物ともに生息場・餌場として重要な役割を持つといわれている。他の水域との連続性が小さいため、環境の多様性も高く、固有種も多い貴重な環境である (Takamura 2016)。しかし、人為攪乱には脆弱であり (Biggs et al. 2016)、近年は増加する人為攪乱の影響を受け、この貴重な環境は損失の脅威にさらされている (Oertli 2018)。本研究の対象生物であるヒメタイコウチ *Nepa hoffmanni* は、湿地環境に強く依存した半翅目の種である。飛ぶことも泳ぐこともできず、移動距離に制限があるため、湿地の改変に対して特に脆弱な生物である。今日では、生息が確認できる全ての県で絶滅危惧種に指定されており、保全が急がれる種であるものの、生態情報に関する詳細な情報は少ない。そこで本研究では、ヒメタイコウチの保全のため、安定した系外飼育に必要な知見の獲得を目的に、その生態学的基礎データの収集を行った。

2. 材料と方法

(1) 幼虫の飼育

幼虫の飼育は、2021 年 5 月 12 日から 8 月 30 日まで (卵から成虫になるまでの期間) 行った。幼虫は孵化した段階で、共食いを防ぐため、1 匹ずつ紙コップに入れた。紙コップには水草と幼虫全体が被るほどの水を入れた。餌としてユスリカ幼虫、カ幼虫 (ボウフラ)、コカゲロウ幼虫などを 2、3 日に一度、ヒメタイコウチ 1 匹に対して 2 匹ずつ与え、餌の摂食量を記録した。各齢期の日数、体ネも併せて記録した。

(2) 成虫の行動観察

本種は夜行性であるといわれているため、成虫の夜間の行動を暗視野撮影が可能なビデオカメラを用いて撮影・観察した。撮影は 2022 年 3 月 10 日か

ら 3 ヶ月間、2 回/週の頻度で行った。日の入り前から日の入り後までの約 16 時間、メス 3 匹、オス 3 匹の計 6 匹を入れた水槽を真上から撮影した。撮影は自然光のみが入る屋内環境で行い、撮影された動画は移動、捕食、交尾の 3 つの行動に着目し、任意の 30 分ごとで各行動の継続時間を測定した。データの解析には GLMM を用い、各行動の特徴や行動間での類似点を多重比較した。

3. 結果と考察

(1) 幼虫の飼育

卵から孵化したヒメタイコウチ 33 匹のうち、15 匹を成虫まで育てあげることができ、飼育下の本種は水生昆虫としては高い生存率をもつことが示された。ヒメタイコウチは気温の上昇とともに 5 齢幼虫まで成長し、気温のピークを迎える 7 月下旬から 8 月下旬にかけて成虫へとなること、1 日あたりに必要な餌量は成長とともに増加するが、4 齢で最大となり、6 月下旬から 8 月下旬にかけて多くの餌を必要とすることが示された。

(2) 成虫の行動観察

ヒメタイコウチは日の入り後から日の出までの間に行動すること、交尾は 3 月下旬から 4 月下旬にかけて起こることが明らかとなった。GLMM の結果、各行動の分布型は日間、行動間ともに有意に異なっていた。移動行動は日間に有意差があったが規則性は見られなかった。捕食、交尾行動は日間の有意差はなく、調査期間を通して分布型は類似していた。行動間の比較からは、ほぼ全ての日で捕食行動と交尾行動の間に有意差が見られず、同じ時間に起こっていることが明らかとなった。捕食と交尾が同じ時間に起こる理由として、本種の捕食行動が待ち伏せ型であり、捕食中は動きが少ないため、そのようなメス個体に、オス個体が交尾しやすいことが考えられた。

伝統的河川工法・聖牛により創出された

一時的水域の環境特性と生物群集

*中村 萌（奈良女子大・院・人間文化総合科学）、田中 亜季（大阪公立大学）、
石田 裕子（摂南大・理工・都市環境工学）、竹門 康弘（京都大・防災研）、
土居 秀幸（兵庫県立大・院・情報科学）、片野 泉（奈良女子大・研究院自然科学系）

1. はじめに

今日、多くの河川では、流量調節や河道の固定化・直線化などの人為的影響により、自然河川とは異なる単調な環境となっていることが多い。木津川中流域（京都府南部、淀川水系）では、砂州環境の回復を目的として伝統的河川工法である聖牛を用いた河床地形管理が行われており、これにより単調な河道内に多様な環境が生まれている。例えば、季節的な水位変動の結果、聖牛周辺の砂州（低水敷）にワンドやタマリといった一時的水域の創出が確認されている（図1）。これら一時的水域の多くは、小規模な増水でもすぐに本川と接続してしまう、寿命の短い水域である。しかしながら、止水環境を好む生物の生息場やレフュジア（避難場）として機能することが予想され、河川中流域における生物多様性を高めている可能性がある。このように一時的水域の価値は高いと考えられるが、高水敷に位置する一時的水域とは異なり、低水敷に位置する一時的水域の環境や生物の知見はほとんどない。そこで本研究では、聖牛により創出されたワンドや低水敷タマリの環境と生物群集の特性を季節的に明らかにすることを目的とした。

2. 方法

聖牛が設置されている木津川右岸砂州上に存在する全ワンド・タマリを調査地点とし、2020年6月3日から2021年6月1日までの約1年間、計5回の野外調査を行った。各地点で環境要因（最大水深、水温、pH、EC）の測定に加え、表層水の採水、プランクトンネットを用いた有機物採集、タモ網を用いた底生動物の時間単位定量採集を行った。実験室では、水質（ NO_3 、 PO_4 ）、クロロフィルa量、微細有機物量を測定した。底生動物は実体顕微鏡下で可

能な限り下位分類群まで同定・計数し、群集解析を行った。

3. 結果

タマリやワンドに生息する底生動物群集の *Shannon-Wiener* 多様性指数 H' は、概ね本川と同等レベルの値を示し、本川よりもタマリやワンドで高い値を示す季節や地点も確認された。NMDSの結果では、調査を行ったすべての季節で、タマリやワンドが本川とは異なる群集構成をもつことが示された。また、群集組成を詳しくみたところ、タマリやワンドに生息する分類群（タクサ）の約半数は本川では確認されなかったタクサで構成されており、本川ではみられない止水・半止水環境に生息するタクサが多く確認された。

4. 考察

タマリやワンドは生物にとって少なくとも本川と同等レベルの生息地であり、本川とは異なる群集構成を持つこと、その内訳として本川ではほとんどみられない止水性タクサが一時的水域の群集を特徴づけていると考えられる。以上より、聖牛の設置により創出されたワンドや低水敷タマリは、河川内・河川周辺の生物に対して、流水域とは異なる新たな生息地を提供しており、河川中流域における生物多様性の向上に寄与している可能性が示された。



図1 聖牛周辺に創出されたタマリ

*田和康太（国立環境研究所），

佐川志朗（兵庫県大院・地域資源/兵庫県立コウノトリの郷公園）

1. はじめに

コウノトリの野生復帰の一大拠点である但馬地域では、生物多様性の高い湿地環境を創出し、高次捕食者であるコウノトリの餌となる水生動物の生息環境を維持・再生するため、休耕田を周年湛水して湿地化する取り組みが進められている。これらは水田ビオトープ事業と呼称され、2019年時点で豊岡市内の約30か所に水田ビオトープが創出されている。再導入コウノトリが水田ビオトープを採餌場所として利用することは定性的な野外観察によって示されているものの、その利用実態については未解明な点が多い。この理由の一つとして、継続的なモニタリングの実施が難しいことが挙げられる。

そこで筆者らは、タイムラプスカメラを活用した定量的な観察により、水田ビオトープにおける再導入コウノトリの採餌利用状況およびその季節変化の把握を試みた。また、近隣の冬期湛水田との非作付期の採餌利用状況を比較することにより、コウノトリに対する採餌環境としての水田ビオトープの効果を明らかにすることを目指した。

2. 材料と方法

兵庫県豊岡市祥雲寺地区の兵庫県立コウノトリの郷公園が管理する水田ビオトープ（通称、祥雲寺ビオトープ）を調査対象とした。タイムラプス撮影には、Brinno TLC200を使用した。1280×720画素に設定し、毎日6時から18時まで5分間隔で定点から撮影した。後日、撮影された写真からPC上で調査日ごとのコウノトリの飛来状況を確認した。その際、内藤・大迫（2011）のコウノトリの行動に関する類型化に従い、採餌と推察される行動を抽出した。また、休息および歩行についても、写真からは採餌との区別がつきにくいいため、本研究ではこれらも採餌行動に含めた。撮影期間は2018年10月3日から2019年9月30日までとした（総観察日数359日）。観察記録を月ごとに整理し、各月の採餌利用日数を

総観察日数で除して採餌利用率（％）を求めた。

水田ビオトープに隣接する冬期湛水田において、入水が完了した2018年10月31日から2019年1月13日まで（総観察日数72日間）、水田ビオトープと同様の写真撮影を行い、コウノトリの採餌利用率を同時期における水田ビオトープの結果と比較した。

3. 結果

水田ビオトープでは、359日のうち、コウノトリが観察されたのは247日（68％）だった。各月の採餌利用率について、最も高かったのは8月の100％であり、その次に9月の93％、1月の79％と続いた。最低値は2月の46％であった。その他の月については、すべて50％以上の採餌利用率を示した。

採餌利用率を隣接する冬期湛水田と比較した結果、水田ビオトープでは60％であったのに対し、冬期湛水田では21％にとどまった。両群の値には有意差が検出された（Fisher's exact test, $p < 0.001$ ）。

4. 考察

本研究により、水田ビオトープの採餌利用割合は特に8月と9月に高い値を示した。この時期、調査地周辺の水田では中干し期以降に該当し、田面に安定した水域が維持されにくい。また、水稻の生長によりコウノトリの田面への進入が困難となる。コウノトリにとって水田の採餌環境としての重要性が低下する時期、水田ビオトープの採餌利用率が上昇すると考えられる。その一方で2月を除くすべての季節において50％以上の採餌利用率が示され、また、非作付期には近隣の冬期湛水田に比べ、高い採餌利用率を示した。このことから、調査地の水田ビオトープがコウノトリの周年の採餌場所として機能していることが示唆される。

捕食 - 被食を介した間接効果の可能性

*石若直人（近畿大・院・農），橋本洸哉（国立環境研），平岩将良（近畿大・農）
角谷拓（国立環境研），早坂太亮（近畿大・農）

1. はじめに

生物多様性のホットスポットである水田生態系の保全を考えるうえで、農薬による生態影響の精確な把握・理解は欠かせない。さらに、気候変動（温暖化）による生物の生息環境や出現時期への影響も顕在化しつつあり（IPCC 2013）、水田生態系の多様性保全に向けて、気候変動下における農薬の生態影響の予測および対応策の検討は喫緊の課題である。農薬と温暖化による温度上昇が生物に与える複合影響については、実験室の管理条件下で、水温上昇下で農薬の毒性が変化すると知見が累積されつつある（Noyes et al. 2009）、「生物間相互作用」を考慮し、野外における生物群集を対象に影響評価を行った事例は未だ乏しい。本発表では、温暖化シナリオ下において農薬が水田の生物群集に及ぼす複合影響の実態について、模擬生態系（メソコスム）を用いて実験的に評価した結果について議論する。

2. 材料と方法

近畿大学農学部実験圃場内に設置した 16 基の模擬水田を用いて、農薬処理の有無と加温処理の有無を組み合わせた 2×2 要因実験 (C:無処理、P:農薬単独処理、W:加温単独処理、PW:農薬・加温の複合処理)を行った。農薬処理は殺虫剤フィプロニルの施用、加温処理はヒーターを用い、リアルタイムで 4℃ (IPCC 2013) の水温上昇を行った。両要因が水田内の生物群集におよぼす影響について評価するため、フィッシュネットを用いた掬い取りにより得られた水生生物 (水生昆虫類、貝類、イトミミズ類、センチュウ類) と、動物プランクトン類の個体群密度調査を行った (試験前、試験開始 7 日後、28 日後、以降 1 か月おき)。なお、試験期間は、調査地周辺の農事暦を参考に、6 月初旬から 10 月中旬にかけての約 5 ヶ月とした。

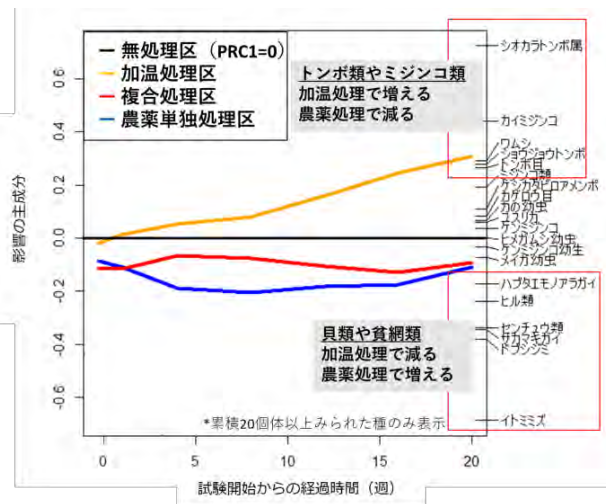
3. 結果

農薬曝露と温度上昇が水田生物の群集組成におよぼす影響、ならびに組成の変化に寄与した分類群を抽出するため、PRC 解析（無処理区 - 処理区の群

集組成の差異を検討する、主成分分析をもとにした解析手法)をおこなった。その結果、PW 処理では、P、W 処理における影響が混在したような傾向がみられた。たとえば、組成の変化に寄与した分類群を示す種のスコア (PRC 右縦軸) に着目すると、処理に反応して増減する分類群や機能群が、要因ごとに明確に異なることが明らかとなった。とくに、W 処理ではシオカラトンボ属の増加とイトミミズ的大幅な減少傾向がみられ、逆に、農薬処理 (P, PW) では、シオカラトンボ属を含む水田の中の~上位捕食者であるトンボ類幼虫の減少に呼応するようにイトミミズ類や貝類が増加した。

4. 考察

上記で着目した分類群の微生物環境が、ともに水田の底泥付近であることを考慮すると、W 処理区では、増加したシオカラトンボ属により捕食圧が強化され、イトミミズ類の減少につながった可能性が考えられる。逆に、P, PW 処理では、トンボ類などの捕食者減少にともなう”predator release”が、貝類やイトミミズ類などの被食者を増加させた可能性が考えられる。このことから、農薬と温度上昇の複合影響プロセスには、各要因に対する各生物種の感受性差だけでは説明できない、捕食-被食関係をとまなう間接影響が関与していることが示唆された。



1. 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る。捕食や競争を通じて様々な在来生物に影響するため、移入先での食物の把握は重要である。長野県の中心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ており（武居 2006）、諏訪湖に生息する魚類、とくに主要な商用魚であるワカサギへの影響が懸念されている。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、実際にワカサギが検出されており（武居 2006）、またヨシノボリやエビ類が主要な食物であったと報告されている。現在、諏訪湖ではオオクチバスの駆除がすすめられているが、武居（2006）以降、その食性に関する情報はほとんどない。本研究では、冬季のみではあるものの、2020年秋–21年春の諏訪湖のオオクチバスの胃内容物を調査する機会を得た。そこで、近年の食性を明らかにし、過去と比較することでその変化の有無を検討した。

2. 材料と方法

胃内容物を調査したオオクチバスの試料はすべて諏訪湖漁業協同組合から提供いただいた。2020年10月は刺網にかかった個体、2020年11–12月および2021年3月は電気ショッカーによる外来魚駆除事業で捕獲された個体である。試料は標準体長と湿重量を計測し、胃内容物の直接観察を行った。検出された食物は、動物プランクトン、昆虫類、エビ・ヨコエビ類、魚類に分けて記録した。さらに魚類については可能な限り種レベルで同定を行い、消化が進んで同定ができなかったものについては一部DNAメタバーコーディングによって種の同定を行った。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（空胃ではなかった）オオクチバスの総個体数として算出した。また、1つの個体から複数の食物種が検出されることもあったため、魚類については、検出されたある食物魚種の個体数/検出された食物魚種の総個体数、を併せて算出した。

3. 結果

本研究で胃内容物の観察を行ったオオクチバスの空胃率は、2020年10月は50%（観察総数 $n=24$ ）、11月は39%（ $n=23$ ）、12月は59%（ $n=39$ ）、2021年3月は31%（ $n=29$ ）であった。胃内容物観察の結果、標準体長が50–99 mmの個体からはヨコエビやテナ

ガエビ、昆虫類などが検出された一方、100 mm以上の個体からは主に魚類が検出された。100 mm以上のオオクチバス1個体あたりの魚類の検出率は、ワカサギが7–42%、モロコが17–57%、モツゴが7–29%、オオクチバスが0–8%であった（図）。また、胃内容物が観察できたオオクチバス62個体から検出された56個体の魚類のうち、ワカサギは11個体（20%）であり、モロコが23個体（41%）、モツゴが12個体（21%）、オオクチバスが1個体（2%）であった。残り9個体は種の同定ができなかった。

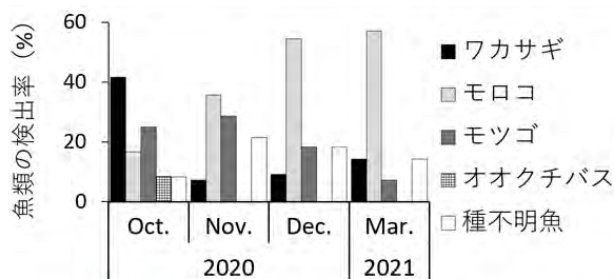


図. 100 mm以上のオオクチバス1個体あたりの魚類の検出率

4. 考察

2001–03年に実施されたオオクチバスの食性調査では、本研究と同時期のワカサギの検出率は0–35%程度であり（武居 2006）、最大値は本研究と類似していた。現在の諏訪湖におけるワカサギの漁獲量は先行研究から大きく減少していることを考えると、オオクチバスの捕食のワカサギへの影響は相対的に大きくなっている可能性がある。しかし、先行研究においてワカサギの検出率は月変動が大きく、近年におけるオオクチバスの捕食の影響を評価するには、先行研究同様に年間を通した調査が必要であろう。

ワカサギ以外に検出された魚類には過去からの変化がみられた。先行研究で検出率が相対的に低かったモロコやモツゴは、本研究では半数以上を占めた。一方、先行研究で主要な食物と考えられたヨシノボリは本研究では検出されなかった。一般にオオクチバスは待ち伏せ型の捕食行動をとり、食物に対する選択性が低いとされる。食物の利用の程度は被食生物との遭遇率や存在量を反映すると考えられ、本研究で得られたオオクチバスの食物の変化は、諏訪湖の魚類相の変化と関連している可能性がある。

参考文献

武居薫（2006）：諏訪湖のオオクチバスの定着初期における生態。長野県水産試験場研究報告, 8号：22–31。

*Lu Shou, Naohiro Ishi, Kensuke Seto, Maiko Kagami (Yokohama National University)

1. Introduction

Diatom species possess asexual and sexual reproduction, which not only contribute to morphological transformation but also genetic combination. High genetic diversity of diatom species has been clarified on *Asterionella formosa* even in a single lake (Wyngaert et al., 2015). However, the extent of the correlation between genetic diversity and phenotypic variability is controversial, and the correlation among phenotypic traits remains unclear. We focused on the intraspecific diversity of *Aulacoseira ambigua*, which is one of the cosmopolitan diatoms widely distributed in eutrophic lakes. Morphological variation of *A. ambigua*, such as spiral or straight colony forms, were known. In addition, susceptibility of *A. ambigua* to parasitic fungi might be strain specific.

In this study, we aim to clarify (i) phenotypic and genetic variations, (ii) correlations between phenotypic traits, (iii) correlations between phenotypes and genotypes within *A. ambigua*.

2. Methods and Materials

The strains *A. ambigua* were isolated from four lakes : five each for Lake Inba and Lake Kasumigaura, and four each for Lake Biwa and Lake Sagami. All strains were established in October 2021, except for the strains from Lake Sagami which were obtained one year earlier. Genetic structures were examined based on single nucleotide polymorphisms (SNPs) detected by double-digested restriction site -associated DNA -sequencing (ddRAD-seq). We quantified morphological traits based on valve width, colony length and diameter, and spiral numbers under microscope. Growth rates were examined by incubation experiments with 24 -well plates, in which cell numbers of each strain were counted after 3, 6, and 9 days . To examine susceptibilities to chytrid infection, C1 strain (*Zygothlyctis melosirae*) from Lake Inba was used for cross inoculation experiments . We calculated the prevalence of infection after 8 days, and a colony with chytrid sporangia regarded as 1 infected colony.

3. Results and Discussion

All strains were genetically different, and totally 17976 SNPs

were detected (Figure 1). High phenotypic variations were confirmed in all traits , and some phenotypic traits were correlated; The growth rate and susceptibilities to parasite were both correlated with morphological traits. The strain with wider valve width performed higher growth rate and the strain with longer colony were more susceptible to parasitic fungi. The db-RDA model based neutral SNPs showed that genetic similarity was not significantly related to phenotypic similarity. Non-significant correlations between morphological similarity and genetic similarity might be due to the phenotypic plasticity or gene-for-gene coevolution between host and parasites. Using ddRAD-seq, twenty-six SNPs were associated with phenotypes. Among them, five SNPs were in DNA fragments with matching amino acid expression sequences that could explain the phenotypic variation.

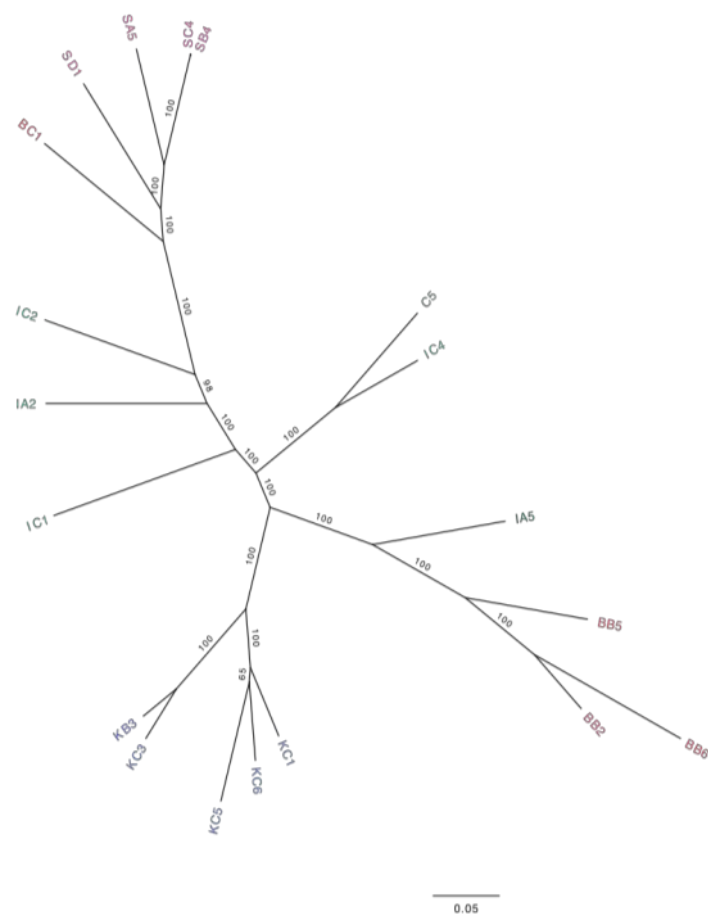


Figure 1 Maximum likelihood phylogenetic tree of *A. ambigua* strains.

*中西博亮（横浜国立大院・環境情報），瀬戸健介（横浜国立大院・環境情報），植竹淳（北海道大・北方生物圏フィールド科学センター），小野誠仁（千葉大院・理工），竹内望（千葉大院・理），鏡味麻衣子（横浜国立大院・環境情報）

1. はじめに

氷河や積雪には，寒冷環境に適応した藻類が生息しており，雪氷藻類と呼ばれる。特に積雪が季節的な高山では，春の融雪期に，雪氷藻類が大繁殖し，積雪表面を赤（赤雪）や緑（緑雪）に着色する彩雪現象が見られる。彩雪現象は太陽光の一部を吸収するため融雪を加速するとともに，太陽光の反射（アルベド）を低下させ温暖化を加速する恐れがある。しかし，もしツボカビが雪氷藻類に寄生し，宿主の大量死を引き起こすのであれば，融雪速度や温暖化の進行を緩和しうる。

雪氷藻類に寄生するツボカビは 1942 年に観察された報告があり，さらに近年の DNA 解析によって世界各地の積雪上に分布する可能性が浮かび上がっている。中でも Snow Clade と呼ばれる系統群は，世界各地の高山などの寒冷な環境で特異的に検出されたツボカビの環境 DNA 配列のみで構成されている。しかしいまだ実態は未解明で，雪氷藻類との関係も未解明である。

本研究では山形県月山に生息する雪氷藻類に寄生するツボカビに対し，形態観察と分子系統解析をリンクさせた Single spore PCR 法を適用し実態解明を試みた。さらに得られた DNA 配列を，複数地点の積雪を用いた DNA メタバーコーディング解析で得られた結果と比較し，それらの地理的分布の特徴を考察した。

2. 材料と方法

2021 年 5 月および 2022 年 5 月に，山形県月山の志津野営場付近のブナ樹林帯（標高 770 m）と，スキー場（標高 1100 m）において，緑雪表面を採取した。試料の一部は DNA 解析用に冷凍（-80℃）し，一部は，インキュベーター内（3℃）で培養した。それらの試料を顕微鏡観察し，観察できた雪氷藻類に寄生するツボカビを宿主 1 細胞ごとに単離し，DNA を抽出した。真菌特異的なプライマーを用いて 18S rDNA 領域を PCR 増幅し，ツボカビの塩基配列

を取得し，最尤法分子系統解析を行った（Single spore PCR 法）。国内 5 か所の高山（月山，立山，伊吹山，妙高，苗場）における複数地点で採取された積雪を用いた DNA メタバーコーディング解析結果との照合により，Single spore PCR で得られた配列と 100%一致する ASV を特定し，その分布を検討した。

3. 結果と考察

Single spore PCR 法により，山形県月山の緑雪から，緑藻 *Chloromonas* spp. に寄生する新規の 3 系統のツボカビを検出した（図 1 A-C）。いずれのツボカビも Mesochytriales 内の Snow Clade 1 に属した。このことから世界各地の高山に 3 系統と近縁なツボカビが存在しており，Snow Clade 1 は藻類に寄生するツボカビである可能性が高い。また，培養時間の経過に伴い休眠孢子段階のツボカビ（図 1 D）の細胞数が増加するとともに，Single spore PCR の成功率が低下した。休眠孢子段階のツボカビは固い細胞壁を形成するため，DNA 抽出が困難である可能性がある。DNA メタバーコーディング解析結果との比較により，Sp3 は日本各地の高山に分散し存在しているが，Sp1 および Sp2 は月山のみ検出される系統であった。これらのことから雪氷藻類に寄生するツボカビは融雪後に土壤中で休眠することにより，それぞれの環境や宿主に適応している可能性がある。

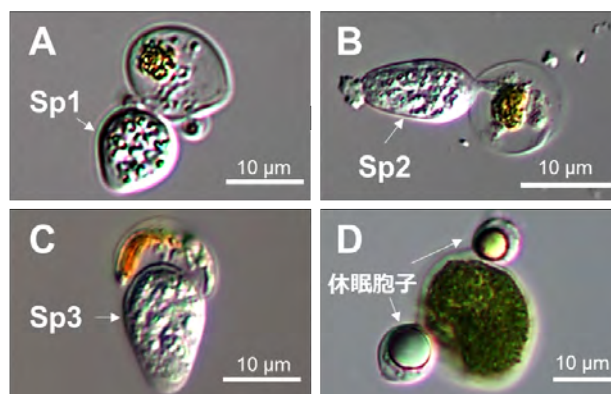


図 1. 緑藻 *Chloromonas* spp. に寄生するツボカビの顕微鏡画像。A-C：検出した 3 系統，D：休眠孢子。

と機械学習による自動種判別の精度評価

*吉田凌太郎¹，大曾根葵²，三浦幹太¹，大竹裕里恵²，伊藤康一¹，牧野渡²，青木孝文¹，占部城太郎²

¹ 東北大・情報科学研究科，² 東北大・生命科学研究科

1. はじめに

動物プランクトンは、水圏生態系において低次生産と高次生産を繋ぐ重要な役割を果たす。また、環境変動に対する感受性が高いことから、環境状態を示す有効な指標となる。このため、国内の指定湖沼やダム湖では定期的なプランクトン調査が行われている。一方で、調査精度や時間的コストなどに課題がある。これらの課題を解決し、高品質なプランクトンデータを高頻度で取得するために、プランクトン調査の自動化が検討されている。画像解析および機械学習技術を利用したプランクトン画像の自動種判別の研究が進められているが、淡水プランクトンを対象とした研究は少ない。また、既存公開データベースは画像解像度が低く、同定形質が十分に観察できないため、種レベルでの判別を行っている研究は少ない。本研究では、淡水動物プランクトンの高解像度画像データベースを構築するとともに、機械学習による自動種判別の精度評価を行った。

2. 材料と方法

国内の湖沼・ダム湖 26 地点でサンプルを採集した。正立型インテリジェント顕微鏡 BX63 (Olympus) を用いて、計数用の 1ml チャンバーの観察視野全体を 1 枚に合成したプランクトン群集画像を撮影した。Z 方向に 30 点で焦点を合わせて合成することで高解像度画像とした。Computer Vision Annotation Tool を用いて、主要動物プランクトンであるカイアシ類・枝角類・ワムシ類を対象に、一個体の検出枠および綱・目・科・属・種のラベルを付与した。これにより、一個体画像は 22,646 枚、タクサ数は 76 となった。機械学習手法として、判別に有効な画像領域に注目する仕組みを備えた畳み込みニューラルネットワークを用いた。この手法は、まず、属の判別を行い、その結果に応じて判別に有効な注目領域を算出し、その領域を強調した上で種判別を行う。

機械学習モデルの判別精度を評価するために、層化 5 分割交差検証を行なった。また、学習データに含まれない新地点データに対する機械学習モデルの判別性能を評価した。具体的には、26 地点のうち、22 地点のデータで学習し、残りの 4 地点を新地点データとして判別性能を評価した。

3. 結果

層化 5 分割交差検証の結果、全体正解率は 94.9% であった。新地点データによる検証の結果、全体正解率は 59.2% であった。特に、学習画像が 10 枚以下である 7 タクサについては、正解率が全て 0% であった。また、特定の 5 タクサは、学習画像が 100 枚以上あるにもかかわらず、正解率が 20% 以下であった。一方で、上位分類階級における正解率を評価すると、属 71.5%、科 80.0%、目 91.3%、綱 95.1% であった。

4. 考察

学習データに含まれる地点のデータに対しては十分な精度で種判別できるが、新地点データに対する種判別の精度は低い。学習データが少ないタクサの判別精度が低いため、学習データを増やすことは正解率の改善に有効であると見込まれる。しかし、学習データが十分あるタクサでも正解率が低いことから、データ量の他にも問題があると考えられる。低正解率 5 タクサの画像外観を比較したところ、学習データの背景は明るく、テストデータの背景は暗いという傾向が見られた。また、機械学習モデルが算出した注目領域を可視化したところ、背景に注目していることが確認された。このことから、背景の影響を排除する画像処理が有効であると考えられる。また、上位分類階級における正解率は高いことから、信頼性の高い分類階級までで同定を止める手法も有効であると考えられる。

*石井良典（香川大・農）・Teeranai Poti（愛媛大院・連農）
・秋光和也・鳴海貴子・山田佳裕（香川大・農）

1. はじめに

環境 DNA 分析に基づく生物モニタリング手法は、従来の捕獲や目視による調査に比べ、感度が高く、低侵襲的で、標準化可能な手法である。このため、近年では、希少生物や侵略的生物を対象とした生態系調査だけでなく、水産資源管理や感染症対策など、幅広い分野で応用されている。環境 DNA 分析の更なる普及のためには、低コストで多くの研究者がアクセスしやすい分析技術の開発が有効である。環境 DNA から対象種 1 種類を検出する種特異的検出法では高額なリアルタイム PCR 装置を必要とする。一方で、一般的な PCR 装置と電気泳動法で対象種を検出する環境 DNA エンドポイント PCR は安価で解析可能という利点を有しつつも検出の特異性や感度はリアルタイム PCR 法に劣る。

本研究では侵略的外来魚のオオクチバス (*Micropterus salmoides*) を材料に、ミスマッチ塩基を導入するプライマー設計手法と、2 段階の nested PCR を組み合わせたエンドポイント PCR 法による高感度な環境 DNA 分析技術を検討した。併せて、リアルタイム PCR (q-PCR) による既存の種特異的環境 DNA 分析手法と比較した。

2. 材料と方法

プライマーの開発：オオクチバスおよび近縁各種の *cytb* 遺伝子塩基配列を GenBank から取得した。塩基配列の特徴からオオクチバス特異的なプライマーを設計した。特異性を高めるため、フォワードプライマーの 3' 末端近傍で近縁各種と変異がない塩基をミスマッチ塩基に改変したプライマーも設計した。同様に nested PCR に用いるプライマーも、ミスマッチのないプライマーとミスマッチのあるプライマーを設計した。

種特異性の確認：1st PCR の鋳型 DNA にはオオクチバスのほか、コクチバス、ブルーギル、スズキから粗抽出した全 DNA を用い、変性、アニーリング、伸長を 55 サイクル行った。Nested PCR の鋳型には 10 倍希釈した 1st PCR の反応液を用い、PCR 条件は 1st PCR に従ったが、伸長とサイクル数は一部改

変した。各 PCR 後の反応液は、2%アガロースゲルを用いて電気泳動を行い、増幅の有無を確認した。

検出能力の比較：既知コピー数の標準 DNA 溶液 ($3.0 \times 10^1 - 3.0 \times 10^5$ コピー) を鋳型として q-PCR、および上述のエンドポイント PCR を行い、検出能力を比較した。

水試料からの DNA 検出：オオクチバスの生息地、非生息地の採水し、各水試料をろ過した後のフィルターから DNA を回収した。その DNA を鋳型として、各 PCR を行い、増幅の有無を電気泳動で確認した。

3. 結果・考察

プライマーの開発・種特異性の確認：設計した各プライマーセットで PCR を行ったところ、ミスマッチを持つプライマーではオオクチバスのみで増幅産物が認められた。一方で、ミスマッチを持たないプライマーを使用した PCR では非対象種も増幅が確認された。

検出能力の比較：q-PCR では各希釈段階で増幅が認められた。エンドポイント PCR では 1st PCR において、 3.0×10^4 コピー以上の希釈段階でのみ増幅が認められた一方、nested PCR では全ての希釈段階で増幅が確認され、q-PCR とエンドポイント PCR の両者での最終的な検出能力に差は認められなかった。

水試料からの DNA 検出：オオクチバスの生息地・非生息地から回収した DNA を鋳型としてエンドポイント PCR を行ったところ、生息地では予想されたサイズの増幅産物が認められ、非生息地では増幅産物が認められなかった。

以上の結果から、ミスマッチを導入するプライマー設計法と nested PCR の組み合わせは、現行の q-PCR による環境 DNA 分析と比較し低コストであり、検出能力、種特異性にも差は認められないことから、普及的な環境 DNA 分析手法であるといえる。

一連の手法を遺伝的な近縁種が多い淡水魚のタナゴ類にも適用したところ、対象のイチモンジタナゴ (*Acheilognathus cyanostigma*) を特異的に検出することに成功しており、普遍的な生物種に適応可能であると考えられる。

*坂田雅之（北大・院・農），槻木玲美（松山大・法）加三千宣（愛媛大・CMES）
土居秀幸（兵庫県大・院・シミュ），源利文（神戸大・院・発達）

1. はじめに

海底や湖底の堆積物は、過去の生物情報を蓄積する天然のアーカイブである。これまで、過去の動物相の復元は、堆積物中に残された遺物や遺物由来の DNA を用いて、様々な分類群に対して行われてきた。しかし、湖沼生態系の高次捕食者である魚類の復元については、遺物が残らないため困難であったが近年、環境 DNA（環境中に放出されたマクロ生物の個体外 DNA）を利用することでこの課題を克服できる可能性があり、高緯度・低温のような特殊な環境下でのみ過去の在・不在の検出が行われている。しかし、多様性の比較的高い温帯域の湖沼については行われていない。また、生態系における魚類の過去の量的情報は、過去の動物相を復元する上でギャップとなっており、魚類の量的な変動を復元することは、湖沼生態系における生物相全体の復元にとって重要な要素である。本研究では、日本最大の湖である琵琶湖の堆積物コアを採取し、堆積物に蓄積された環境 DNA を用いた魚類の検出を試み、温帯域の過去の湖底堆積物から魚類情報を復元できるかを検討した。

2. 材料と方法

湖底堆積物から過去の魚類量的情報を得るために、2019 年 8 月に琵琶湖において安曇川沖水深約 71.5m の地点で重力コアラを用いて水中堆積物約 30cm を採取した。堆積物コアは表層より 1cm ずつスライスし、各スライスから 10g の堆積物を 3 サンプル分取し、それぞれから環境 DNA を抽出した（合計 90 サンプル）。また、堆積物の各スライスについて、在来種および漁業対象種であるアユ

（*Plecoglossus altivelis*）とイサザ（*Gymnogobius isaza*）の eDNA 濃度の時間変動を測定した。堆積物コアの各スライスについてクロロフィルと帯磁率を測定し、放射性同位体を用いて年代推定がされた堆積物コア（Tsugeki et al. 2021）と対比させることで年代を推定した。

3. 結果

堆積物の年代測定により、琵琶湖で採取された

堆積物から過去 100 年以上にわたる情報を得ることができた。環境 DNA が検出された最も深い深さは、アユについては表面から 30cm、イサザについては 13cm であり、それぞれ約 100 年前、30 年前に相当する（図 1 a, b）。

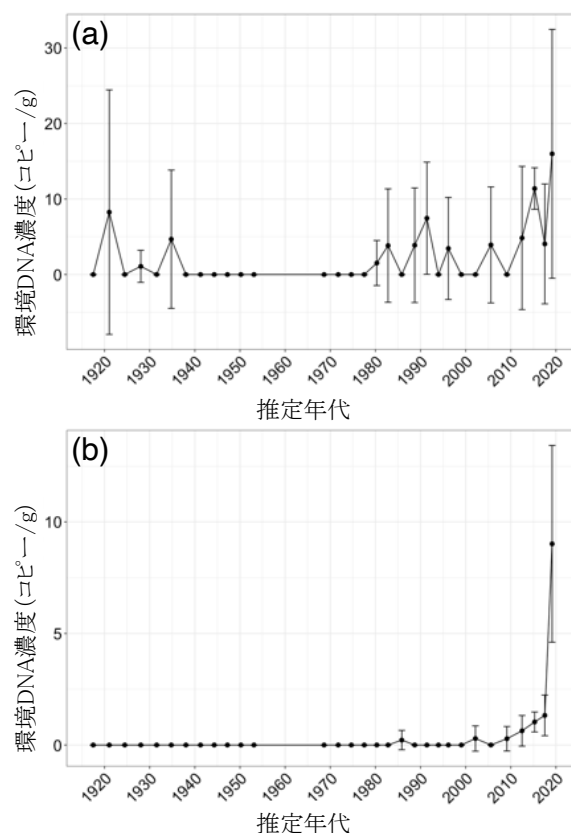


図 1. 環境 DNA の検出と変動

(a)はアユ、(b)はイサザの結果を示している。

4. 考察

堆積物中の環境 DNA を用いることで温帯湖においても過去の魚類情報の復元に成功した。今回の研究成果は、湖沼生態系における過去の動物相を復元するために不可欠な情報を提供する。また、アユでは環境 DNA の変動は主な餌である動物プランクトンの変動による資源量の変動を反映している可能性がある。このような魚類の定量的な情報が加わることで、個体群動態や生物間相互作用の解明などに貢献できるだろう。

南極産ヒルガタワムシの生活史戦略に関して

*和田智竹（総研大・極域）、工藤栄（総研大・極域、国立極地研究所）

1. はじめに

極限環境である南極には限られた生物種のみが生息し、ヒルガタワムシは優占分類群の一つとして知られる。南極に生息するヒルガタワムシの1種である *Philodina gregaria* Murray, 1910 は、南極固有種として知られ、南極の短い夏期間に融雪などによって形成される季節性湿地において大発生することが報告されている。しかし、凍結や乾燥といった環境の攪乱が大きい南極の湿地において、なぜ大発生できるのかは分かっておらず、南極産ヒルガタワムシの生活史や生態に関する情報は不足しているため、大発生のメカニズムに関する議論には至っていない。そこで、本研究では、昭和基地周辺の季節性湿地で採取した南極産ヒルガタワムシ2種 (*P. gregaria* と *Adineta grandis* Murray, 1910) の培養実験を行い、南極産ヒルガタワムシの生活史を解明し、大発生のメカニズムの一端を明らかにすることを試みた。

2. 材料と方法

2019年1月に、日本の南極研究の拠点である昭和基地周辺の季節性湿地においてヒルガタワムシを採取した。また、調査期間中（2019年1月4日～10日）、サンプルを採取した湿地内の水温変動を温度ロガー（UTBI-001 TidbiTv2, HOBO）を用いて記録した。採取したヒルガタワムシは、ボルヴィック水2.5mlとクロレラ培養液0.5ml培地で培養を行った。南極の夏期間における生活史と水温への応答を調べるために、*P. gregaria* は、3°C、6°C、9°C、12°C、15°C、20°C、30°C、*A. grandis* は3°C、6°C、9°C、20°Cに設定したインキュベーター内でそれぞれ24個体ずつ培養を行った。本研究では、両種でそれぞれ3世代（F0、F1、F2）まで培養を行い、①成熟日数（子供を初めて体外へ排出した日）、②出産数、③寿命を調べた。F0は野外で採取した個体を示す。

3. 結果

P. gregaria は3°Cから20°Cの温度で増殖が可能で、30°Cでは増殖できず死滅した。成熟日数は、増殖できたすべての温度帯でF0がF1およびF2よりも約2倍短かった。20°Cで最も短く（ 9.3 ± 9.4 日）、3°Cで最も長かった（ 22.6 ± 15.1 日）。出産数は増殖できたすべての温度帯でF1が最も多く、F0が最も少ない傾向があり、F1は15°Cで最も出産数が多く（ 14.8 ± 3.7 個体）、3°Cで最も少なかった（ 3.3 ± 3.2 個体）。*A. grandis* は3°Cから9°Cで増殖できたが、20°Cでは増殖できず死滅した。成熟日数は3°Cと6°CではF0がF1とF2よりも約5-15日早く、9°Cでは世代間の差はなかった。出産数は世代間よりも各温度で差があり、F1は6°C（ 4.0 ± 1.5 個体）、9°C（ 4.2 ± 1.2 個体）で最も多くの個体を出産する傾向があった。

4. 考察

本研究の2種は南極において周極的に普遍的に分布が知られる種であるが、*P. gregaria* はより幅広い水温で増殖可能で早く成熟し多産である一方、*A. grandis* はゆっくり活動し少産といった増殖特性の違いがあることが分かった。今回の研究結果から、液体の水が増殖可能な水温（3-9°C）で約33日存在すれば、両種が南極の夏期間で世代を1世代回すことができると推測できる。さらに、調査地の夏期間が約3ヶ月で平均水温が5.8°Cであることから、両種の6°C下での増殖特性を用いて野外における増殖活動を推察すると、*P. gregaria* は3世代、*A. grandis* は2世代まで増殖が可能であると考えられる。*P. gregaria* は他の南極産ヒルガタワムシと比べて、活動可能な温度幅が広く、成熟に要する日数が短く、生涯の産子数が多いことから、液体の水が供給されるとすぐに応答し増殖を行うことができると考えられる。このような増殖特性が南極の短い夏で *P. gregaria* が大発生を可能とする一つの要因であると本研究結果から推察された。

および生物地理的分布

*吉田潤哉（京都大・理），中野伸一（京都大・生態研）

1. はじめに

タイヨウチュウは、世界中の湖沼や海洋などの水圏に生息する単細胞の原生生物である。大きさ数十ミクロンの球形の細胞体から多数の軸足を放射状に伸ばしており、その形態が太陽のようであることからタイヨウチュウ(太陽虫)と呼ばれている。タイヨウチュウは、自ら積極的に動いて餌生物を能動的に捕獲するのではなく、軸足に捕捉された餌生物を軸足の収縮によって細胞体へと運搬して取り込む待ち伏せ型の戦略をとる。このような待ち伏せ型の戦略をとる生物はプランクトンとしては珍しく、タイヨウチュウを研究することで、プランクトンの新たな生存戦略の解明に繋がる可能性がある。

水域生態系の原生生物の生態学的研究は、繊毛虫や鞭毛虫といった現存量が高いものが主であり、タイヨウチュウのような現存量が低い生物に関してはほとんど研究が行われていない。

本研究において、我々は琵琶湖におけるタイヨウチュウの季節動態と鉛直分布、生物地理的分布の調査を行った。

2. 材料と方法

琵琶湖の北湖と南湖の定点それぞれ1地点において、2020年8月から2021年12月まで、毎月2回以上の頻度でサンプリングを行った。CTDプロファイラーを用いて水温、クロロフィル a 濃度などを測定した。北湖では二つの異なる水深からニスキン採水器で採水し、南湖では表層からバケツによって採水した。10ミクロンメッシュのプランクトンネットによって試水を濃縮して持ち帰った。持ち帰った生サンプルは、血球計数板を用いて光学顕微鏡で観察し、タイヨウチュウの細胞数を計数した。

鉛直分布の調査は、タイヨウチュウが比較的多く見られた10月、11月に行った。琵琶湖の北湖において、上記と同様に水質を測定し、複数の水深(0, 4, 8, 12, 16, 20, 25, 30, 50 m)から試水を採取し、濃縮した。濃縮した試水は、酸性ルゴール液で固定して持

ち帰り、沈殿による濃縮後、顕微鏡で観察し、タイヨウチュウ細胞数を計数した。

生物地理的分布の調査は、タイヨウチュウが比較的多く見られた2021年11月に行った。試水は、琵琶湖の北湖と南湖の沖帯と沿岸帯の計10地点の表層からバケツによって採水した。鉛直分布調査と同様に処理し、タイヨウチュウ細胞数を計数した。

3. 結果

調査期間中、クロロフィル a 濃度は北湖において、2020年と2021年の秋や初夏に高くなり、それぞれ珪藻と緑藻の増殖が見られた。南湖においては、同時期にクロロフィル a 濃度が高まったが、珪藻や緑藻に加えて黄色鞭毛藻が多く見られた。タイヨウチュウの個体密度は、数週間といった短期間で急激に変動した。個体密度のピークは、北湖と南湖ともに10-12月と4-5月に見られ、それ以外の期間にはタイヨウチュウはほとんど見られなかった。南湖において、タイヨウチュウの個体密度と二週間前のクロロフィル a 濃度との間に有意な正の相関関係が見られた(Spearman, $r = 0.574$, $p < 0.0001$)。

鉛直分布調査の結果、クロロフィル a 濃度のピークとなる水深付近にタイヨウチュウが多く存在した。

生物地理的分布調査の結果、タイヨウチュウ個体密度が1000 ind./Lを超えた地点は全て南湖であった。

4. 考察

タイヨウチュウの高い個体密度は、珪藻や緑藻の増殖と一致し、南湖においてはクロロフィル a 濃度と有意な正の相関関係が見られた。このことは、琵琶湖において、タイヨウチュウ個体密度がボトムアップの影響を受けていることを示唆する。北湖に比べて南湖において、タイヨウチュウ個体密度が高くなったのは、タイヨウチュウの生息場である水草が繁茂していたことや、湖底堆積物からのタイヨウチュウの加入が要因であると考えられる。

Freshwater jellyfish in Japan: Unique swimming behavior, rare sexual reproduction and the first genetic analysis in Japan

*Miles I Peterson (信州大学・総合医理工学研究科)

1. はじめに

Freshwater jellyfish comprising the genus *Craspedacusta* are thought to have originated in the Yangtze River, China and have since spread to all continents except Antarctica. In Japan, Mamizu-kurage (*Craspedacusta sowerbii*) have been reported throughout the country, but little is known about their distribution, reproduction, and genetic diversity.

2. 材料と方法

In this study, jellyfish were collected from Haruta-ike, an artificial pond in Chikuma City, Nagano (Japan). Medusae were identified as *Craspedacusta sowerbii* using morphological and molecular techniques. Despite the existence of Haruta-ike since prior to the Edo era (ca.1603), this work represents the first published record of freshwater jellyfish in this pond.

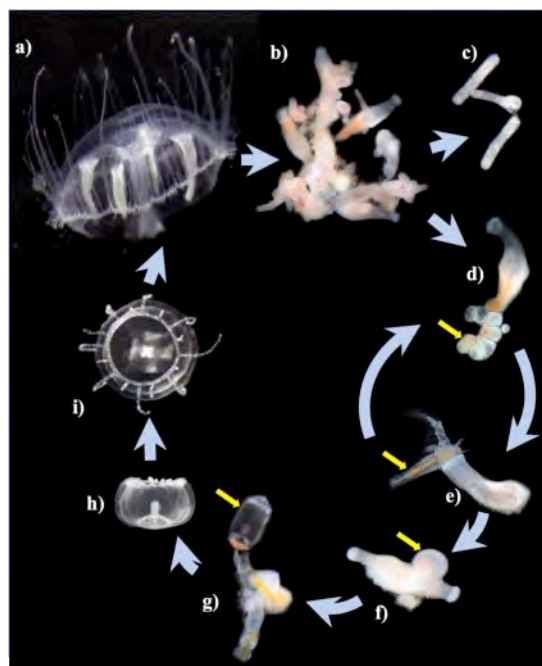
3. 結果

Herein, we report on the novel swimming behavior documented in this population, which includes both male and female *C. sowerbii* medusae. Additionally, we discuss the life cycle of polyps reared in culture from Machikane-ike, a pond in Osaka for which we have published the first complete mitochondrial genome of *C. sowerbii* from Japan. Finally, we report on the morphology and life cycle of the rare Japanese

freshwater jellyfish *Astrohydra japonica* in Lake Biwa (Shiga), documented only a few times in the 40 years since its original discovery in Japan. The results of our robust phylogenetic analysis using the 16S rRNA gene and COI markers of *C. sowerbii* and *A. japonica* in this study and for *C. sowerbii* material from Singapore, together with all publicly available sequences for these markers for the two species worldwide, revealed two major *C. sowerbii* clades suggesting the Nagano and Osaka populations originated from two distinct introduction events.

4. 考察

This collaborative research was made possible through international collaborations among multiple research facilities, museums and one wildlife reserve.



Images from Peterson et al. 2022

Plankton and Benthos Research

*T. R. Tuhin, *M.F.A. Anny, *X. Liu, and *S. Ban

*School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture,
2500 Hassaka-Cho, Hikone, Shiga 522-8533, Japan. Email: of56ttuhin@ec.usp.ac.jp

1. Introduction

The crustacean zooplankton in Lake Biwa play a vital role in the lake food web and maintain the lake environment. Epibiosis is a facultative association between the epibiont and their host, and its biological implications may play an important role in the lake ecosystem. In this study, we reported the episymbiotic infection on cyclopoid copepods during the stagnation period of 2018 – 2022 in Lake Biwa.

2. Materials and Methods

Zooplankton samples were collected monthly with a vertical net haul (diameter, 30 cm; mesh size, 0.1 mm) from the bottom to the surface at a pelagic site in the north basin of Lake Biwa from January 2018 to August 2022. Temperature, dissolved oxygen (DO), and Chlorophyll-*a* were measured throughout the water column at the same time. Crustacean zooplankton species and episymbionts were identified and counted. This study focused on the relationship between episymbionts and their host, i.e., cyclopoids, and investigated the morphological characteristics and identification of the episymbionts and year-to-year and seasonal variations of their infection rates on cyclopoids.

3. Results

Lake water was stratified from June to October every year. And an oxygen-minimum layer was formed just below the thermocline from July, just after the massive phytoplankton bloom in June, to September. Epibionts were found on just cyclopoids from June to November in 2018, 2019, and 2021, while July to December in 2020, depending on the strength of the oxygen-minimum layer. Based on the morphological

characteristics of epibionts, we identified that they were epizoidic flagellate *Colacium vesiculosum* (Ehrenberg 1853), and peritrich ciliate *Epistylis anastatica* (Linnaeus 1767). The most prominent peak of the infection rates (% of infected copepods) in each year was observed in November 2018 (18%), October 2019 (36%), September 2020 (41%), and October 2021 (71%). We have found these infections in just the adult stage, but not in both naupliar and copepodite stages except in July and August 2022. No such infection was found in other crustacean zooplankton, including calanoid copepod *Eodiaptomus japonicus*, probably depending on the different vertical distributions among the zooplankton taxa; most zooplankton in Lake Biwa are distributed above 20 m, while cyclopoids can be distributed below 20 m.

The minimum oxygen-containing water layer might be associated with microbial activities related to depositing organic materials from phytoplankton blooms. Epizoidic ciliates such as *Epistylis* mainly feed on microbial components, including free-living bacteria and detritus, while flagellate *Colacium* are mixotroph and may feed on particulate organic matter and bacteria. The stratified lake water in the early summer of each year may therefore induce favorable conditions around the thermocline for epiphytic ciliates and flagellate.

4. Conclusion

We concluded that the infestation rate was associated with the vertical structure of the water column. An intensive stratification induced tight stratification and more favorable conditions for the episymbionts around the thermocline through the microbial food chain.

での共在細菌叢の伝播の検証

*市毛 峻太郎（東北大院・生命）、占部 城太郎（東北大院・生命）

1. はじめに

共在細菌叢は宿主体表や体内に生存する細菌群集である。その組成や種類などによっては、宿主の適応度に有意な影響を及ぼすことが知られている。共在細菌叢の形成にあたって、代謝産物など宿主の生理的要因がその生息環境要因となるが、宿主の生理的要因は宿主自身の生息環境や遺伝的要因に支配されると考えられる。しかし、共在細菌叢に及ぼす宿主の遺伝的要因の相対的重要性は必ずしも明らかではない。日本には、遺伝的に異なる複数系統の *Daphnia cf. pulex sensu* Hebert (以下 *D. pulex*) が生息しており、そのうちの 2 系統 (JPN1 および JPN2) では侵入後に複数の遺伝子型が分化 (進化) している。両系統とも絶対単為生殖型であり、共在細菌叢に対する宿主の遺伝的影響を調べるうえで理想的な生物である。そこで本研究では、これら 2 系統の遺伝子型を宿主として用い、異なる系統の遺伝子型が混在した場合としない場合とでの細菌叢を比較することで、共在細菌叢に及ぼす遺伝的要因の影響評価を行った。

2. 材料と方法

日本に生息する *D. pulex* のうち、広範囲に分布する JPN1 系統から A1, A5 遺伝子型、東日本以北に主に分布する JPN2 系統から C, G 遺伝子型を使用した。これらの遺伝子型から、異なる系統の 2 遺伝子型を 2 個体ずつ同一容器で、一定の餌・温度条件下で飼育する混合区と、同じ遺伝子型の 4 個体を同一容器で同様に飼育する単独区を設けた。飼育 7 日後に、各個体を採取して DNA を抽出し、混合区の個体については PCR-RFLP 法を用いて遺伝子型を判別した。抽出した DNA は、細菌 16s rRNA 遺伝子 V3-V4 領域のユニバーサルプライマーによる PCR と MiSeq を用いたアンプリコンシーケンスを行ってメタゲノムデータを得た。データ処理は Qiime2 を使用し、DADA2 を用いたシーケンスのフィルタリングとノイズ除去の後、ASV (塩基配列変異体) を確定した。

3. 結果

混合区・単独区合わせて 40 個体の *D. pulex* 個体からメタゲノムデータが得られ、計 1222 ASVs を得ることができた。このうち、リード数が最も多かったのは Comamonadaceae 科の細菌で、その中には *Limnohabitans* 属や *Aquabacterium* 属細菌が多く含まれていた。Holosporaceae 科の細菌も、リード数の多い ASV であったが、それら殆どは JPN2 系統の遺伝子型から検出された。この細菌は、JPN1 系統遺伝子型の場合、単独区では全く検出されず、混合区の個体から稀に検出される程度であった。リード数が全体の 0.1% 以上を占める ASV を対象にした場合、JPN1 系統遺伝子型のみに見られる ASV は 11 配列 (タクサ)、JPN2 系統遺伝子型にのみ見られる ASV は 2 配列であり、両方から検出された ASV は 23 配列であった。これら ASV のリード数を元にした量的組成は、系統間・遺伝子型間で異なっていた。しかし、いずれの系統・遺伝子型でも、細菌叢には単独区と混合区では顕著な差はなかった。ただし、両系統に共通に出現する ASV については、単独区と混合区で相対量に差が見られるものもあったが、全体に占める量的割合はごく僅であった。

4. 考察

以上のように、いずれの系統・遺伝子型でも単独区と混合区との間で共在細菌叢に大きな変化はみられなかった。この結果は、共在細菌叢を形成する多くの細菌は、7 日程度の短期間では水平伝播されにくいことを意味している。特に、JPN2 系統の細菌叢で量的に多い Holosporaceae 科細菌が JPN1 系統にほとんど伝播しなかったことは、細菌にとって、同じ宿主種内であっても遺伝子型によって生息環境が異なることを示している。このように、本研究から、共在細菌叢の形成にあたっては、宿主の遺伝的背景が強固な影響を与えていることが示唆された。

カイアシ類 *Eodiaptomus japonicus* の成長に与える酸性化 影響の評価

*刘鑫（滋賀県大・環境），高樺楠（滋賀県大・環境），伴修平（滋賀県大・環境）

1. はじめに

高度経済発展に伴う化石燃料の燃焼は SO_x や NO_x など酸性雨原因物質排出量の増加をもたらし、これが世界各地の河川や湖沼、その周辺土壌を酸性化しつつあるとの報告がある（EANET, 2019）。従って、酸性化が生物生産に与える影響を評価することは危急の課題である。動物プランクトンは、魚類などの高次栄養段階生物の主な餌資源として水圏生態系において重要な役割を担っている。それらは環境変化に極めて敏感であり、環境変動の指標生物として用いられる。我々は、これまでに湖沼の酸性化が生物生産に与える影響を評価するために、酸性条件における動物プランクトンの生存率および代謝に与える急性影響を調べた（Gao et al. 2022）。本研究では、琵琶湖で最も優占するカイアシ類 *Eodiaptomus japonicus* について、異なる pH 条件における体成長を測定することで、酸性化が動物プランクトン生産に与える慢性影響の評価を試みた。

2. 材料と方法

2021 年 6 月 17 日に、琵琶湖北湖の観測ブイ付近（N35°18.683, E136°08.617）で、プランクトンネット（直径：45 cm、孔径：200 μm ）の鉛直曳にて、動物プランクトンを採集し、速やかに実験室に持ち帰った。実験室にて、*E. japonicus* の抱卵雌をソートし、ストックカルチャーを作成した。餌として *Chlamydomonas reinhardtii* と *Cryptomonas tetrapyrenoidosa* を 1:1 の混合比で、密度が $5 \times 10^4 \text{ cells ml}^{-1}$ となるように与え、20°C、12L:12D で飼育した。実験には、ストックカルチャーで3世代目以降の雌から生まれた N1 幼生を用いた。12 時間以内に生まれた N1 幼生 30 個体について、それぞれ pH6、7、8 に調整した飼育水を満した 16-mL の培養プレート（IWAKI,

1810-006-MYP）に移し、ストックカルチャーと同じ藻類を与えて飼育した。12~24 時間間隔でそれぞれの個体を観察し、成長段階、体サイズおよび生死を記録した。各成長段階の体重と成長時間より、各 pH 条件における体成長率を求めた

3. 結果と考察

E. japonicus の後胚発生時間は、雄と雌で、それぞれ 18.8-20.0 日と 19.6-21.4 日であり、異なる pH 処理区間に有意差はなかった（Kruskal-Wallis test, $P > 0.05$ ）。成体の体サイズは、雄と雌で、それぞれ 796-817 μm と 907-939 μm であり、雄と雌のいずれも異なる pH 処理区間で有意差はなかった（Kruskal-Wallis test, $P > 0.05$ ）。体成長率にも、pH の違いによる有為差はなく（ANCOVA, $df = 2 \text{ and } 32, P > 0.05$ ）、0.17-0.19 day^{-1} だった。これらのことは、本種の体成長が、pH 低下に対する慢性影響を受けないことを示す。

一方、本種成体までの生残率は、pH 低下に伴って著しく低下し、pH8 では、65.5%に対して、pH6 と 7 では 20%程度だった。ほとんどの個体は、N3-N6 の後期ノープリウス幼生で死亡したことから、この発育段階が酸性に対して最も弱いことが分かる。加えて、本種成体の性比（female/male）も生存率と同様の傾向が見られ、pH 低下に伴って顕著に低下した。これらのことは、酸性条件がカイアシ類の個体群増加に悪影響をもたらすことを意味する。今後、pH 低下が本種の卵生産に与える影響を明らかにすることで、将来的な酸性化が、動物プランクトン生産に与える影響が評価できるようになる。

引用文献：

EANET (2019) Acid Deposition Monitoring Network in East Asia, Report of the Inter-laboratory Comparison Project

住民参加による二枚貝等の生息環境改善活動の実践

*井上栄壮，古田世子，藤原直樹，宮下康雄，萩原裕規，大柳まどか，
岩本健也，木村道徳（滋賀県・琵琶湖研セ）

1. はじめに

湖沼の生態系保全において重要な場の1つとして、大部分の生物が生息する湖辺があげられる。琵琶湖湖辺、特に南湖では沈水植物（水草）の過剰繁茂等による泥質の堆積が指摘されており、二枚貝等の底生動物の生息環境の観点から、良好な砂地環境の確保に向けた対策が求められている。そこで演者らは、湖辺の生息環境改善手法を検討するため、住民・漁業者の参加による活動として、琵琶湖南湖湖辺において過剰に繁茂した沈水植物（水草）の除去や湖底耕耘とともに、その効果を検証するための底生動物等の調査を継続している。本講演では、現時点の状況について報告する。

2. 材料と方法

2017年7月から、琵琶湖南湖の湖辺（滋賀県大津市柳が崎）に設定した試験地において、水草伸長期の7月～9月は毎月2回、その他の月は毎月1回、住民・漁業者との協働による生息環境改善活動として、人力・貝曳き漁具曳航による湖底耕耘・水草除去を継続している。

上記の活動を実施した耕耘区と、隣接する未実施の対照区において、底質・底生動物・貝類調査を2017年7月から3か月毎に継続している。底質は、エクマン・バージ採泥器で底質を採取し、表層1cmの粒度分布、強熱減量、クロロフィルa濃度を測定した。底生動物は、エクマン・バージ採泥器（底口部15cm×15cm）で底質を3回採取し、目合250μmのネットでふるった残渣を10%ホルマリンで固定した後、選別・計数した。貝類は、湖底に50cm四方の方形枠を設置し、枠内の底質を表層5cm程度まで1回採取した後、目合2mmのふるいでふるった残渣から貝類を選別・計数した。貝類調査で採取されたシジミ類は、全個体の殻長をノギスで測定した。

3. 結果と考察

底質は、耕耘区では対照区より粒径が大きく、強

熱減量が小さい状態がおおむね持続したことから、耕耘区では湖底耕耘により泥質の堆積が抑制されたと考えられた。底生動物の生息密度は、ミミズ類とセンチュウ類では耕耘区で対照区より低かったが、シジミ類では耕耘区と対照区でおおむね同様に変動した。本活動が底生動物の生息状況に及ぼす影響は分類群ごとに異なり、ミミズ類、センチュウ類等の小型の分類群は、定期的な湖底耕耘等により増加が抑制されたことが示唆された。

活動開始時の2017年7月におけるシジミ類の殻長分布は、耕耘区・対照区ともに大部分が殻長10mm以下であった。その後、活動開始から1年後までの4回の調査で採取されたシジミ類の殻長分布は、耕耘区では対照区より10mm以上の個体が多かった（図1）。本活動により、耕耘区ではシジミ類稚貝の生残率が上昇した、または殻長10mm以上の個体の定着を促進した可能性がある。しかし、2018年9月に大津市での観測史上最大風速を記録した台風が通過した後、耕耘区・対照区ともに破壊的な攪乱を受け、シジミ類の採取個体数が大幅に減少した。その後現在まで、シジミ類は徐々に増加しているが、上記台風通過前の水準に至っていない。シジミ類の生息状況回復を待ちつつ、今後も本活動の効果検証を継続する予定である。

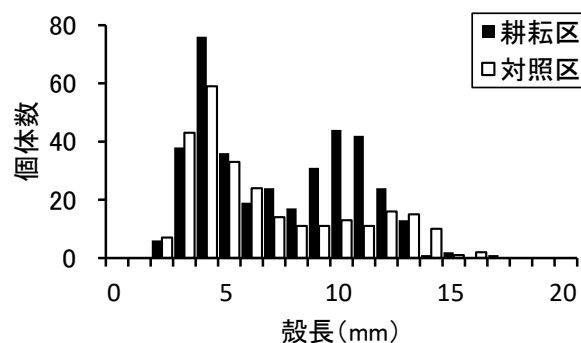


図1 琵琶湖南湖湖辺の耕耘区・対照区において生息環境改善活動開始後1年間（2017年10月～2018年7月累計）で採取されたシジミ類の殻長分布。

*奥田 昇（神戸大・内海域センター）・岡本紘奈（神戸大・理）
伊藤雅之（兵庫県大・環境人間）・大高明史（弘前大・教育）・
藤林恵（九州大院・工学研究院）・小林由紀（山口大院・医学系）

1. はじめに

世界中の湖沼で温暖化傾向を報告する研究は増加の一途をたどるが、湖沼の生物多様性に及ぼす温暖化影響に対する理解は十分に深まっていない。気候変動シナリオ下で冷水種の個体群絶滅や冷水種から温水種への群集遷移を予測するために、水温モデルが用いられてきた。しかし、そのようなモデルは、深い湖沼で底生動物群集の温暖化影響を評価するには単純すぎる。何故なら、かれらの生息環境は水温上昇より気候変動に起因する貧酸素化の影響を受けやすいからである。今日まで、深い湖沼に生息する底生動物の多様性が温暖化によって減少傾向にあることを示す証拠は限られている。

高い生物多様性と固有性を誇る古代湖・琵琶湖は、1965年に開始された長期観測を通して、深水層に生息する底生動物群集の温暖化影響を評価する稀有な機会を提供する。沖合定点における長期観測データを解析した先行研究では、気候レジームシフトが起こる1980年代後半に底生動物の種数や多様度指数が劇的に低下することを明らかにした（環境省環境研究総合推進費終了研究等成果報告書：陸水生態系における生物多様性損失の定量的評価に関する研究S-9-4, 2016年）。しかし、興味深いことに、その後、温暖化傾向が続くにも関わらず、多様性指標は速やかに回復した。この回復過程は、温暖で富栄養環境にある沿岸帯に生息する貧酸素耐性の高い温水種による深水域への移動・定着で説明可能である。長期データによると、多様度指数と湖底の溶存酸素濃度（DO）の間に弱い負の相関がみられたものの、種数と有意な関係は検出されなかった。この不明瞭な相関は、調査初期の観測手法で底生動物の微小生息環境を正確に評価するのが技術的に困難であったことが一因と考えられる。

そこで、本研究は、暖冬による琵琶湖の循環不全と湖底の貧酸素化が発生した2019年後の湖底環境が底生動物群集の多様性に及ぼす影響を評価することを目的とした。特に、深い湖底ほど循環不全による貧酸素化の影響を受けやすいという仮説の下、

湖盆全域の深度勾配に沿って湖底環境が底生動物の多様性に及ぼす影響を面的に調査した。

2. 材料と方法

2021年10月に北湖・南湖盆に設置した15定点（水深3.6-91.2m）で湖底環境観測と底生無脊椎動物の採集調査を実施した。南湖盆の1地点は浚渫窪地（水深11.6m）に設定された。CTD計測器を用いて、各地点の湖底着底時の水温とDOを計測後、不攪乱柱状コア採泥器で採集した湖底泥表層の酸化還元電位（ORP）をORP計で測定した。さらに、エックマン採泥器で底生動物を定量採集後、標本の同定と計数を行って種数とシャノン-ウィナーの多様度指数を計算した。

3. 結果と考察

湖底DOは最浅部の8.3mgO₂/Lから浚渫窪地の0.1mgO₂/Lまで変異した。浚渫窪地の例外を除けば、湖底DOは深度と強い相関を示した。表層底泥のORPは、富栄養化した南湖の浅水域で低い値を示し有機物負荷の影響で還元化することが示唆された。各地点の種数は3-10種、多様度指数は0.06-1.63の範囲で変異した。貧酸素化した最深地点と浚渫窪地では、貧毛類が卓越したが、前者は冷水種、後者は温水種によって特徴づけられた。種数および多様度指数は、湖底DOと有意な負の相関を示したが、水温やORPとは無関係であった。

琵琶湖全域を対象とした面的調査によって、底生動物の多様性が湖底の貧酸素化の影響を受けやすいことが実証された。近い将来、貧酸素耐性に乏しい冷水種の生息環境が狭まることで個体群絶滅の可能性が懸念される。今後の課題として、湖底の水温やDOを予測する3次元流動場モデルを用いて、気候変動シナリオ下で底生動物の多様性消失リスクを湖盆全域で可視化する研究を展開したい。

4. 謝辞

本研究は、二国間交流事業共同研究JPJSBP120208602に支援された。船上調査は、京大生態研センターの共同利用施設を利用して実施した。底生動物の種同定で向山創一朗氏に協力いただいた。

*萱場祐一（名古屋工業大学・工学研究科）

安部行博（中部電力パワーグリッド株式会社）

1. はじめに

河川においては様々な人為的要因により濁水が発生し、河床に繁茂する底生性付着藻類（以下、付着藻類）に影響を及ぼす。付着藻類の無機物量の増大、光合成活性の低下はよく知られた付着藻類の応答であり、その結果、アユやヤマトビケラ等付着藻類を餌とする藻類食者への間接的な影響が生じる。一方、濁水の発生が収束し、濁度が低下した通常の河川水に戻ると、付着藻類の性状はどのような経過を辿るのだろうか。付着藻類に絡みとられた無機物が河川水によって洗い出され、付着藻類の無機物量が低下して、性状が回復する可能性もあるが、その詳細は明らかにされていない。そこで本研究では、河川水に濁質を加えて人工的に調整した濁水に付着藻類を暴露した後、濁質を加えない河川水に暴露することにより、付着藻類が経時的変化過程を実験的に観察したので、報告する。

2. 材料と方法

実験水路は岐阜県にある自然共生研究センターに設置した。本水路は長さ 4m、幅 0.15m、河床勾配 1/1000 の開水路を有し、貯水量 200L の下流端タンクから最大吐出量 5.9L/s のラインポンプで揚水して開水路に水を供給し、流下した水は再度タンクに戻る仕組みとなっている。実験水は自然共生研究センター内の実験河川水にカオリンを加えて SS 濃度を 1000mg/L に調整して用いた。実験中は開水路の流速 0.1m/s～0.3m/s、水深 10 cm 程度に調整した。実験では、付着藻類を繁茂させる基盤としてセラミックスタイル（45mm×45mm）を準備し、これを実験河川に沈水し 18 日間養生した。次に、付着藻類が十分繁茂したことを確認した上でタイルを取り上げ、実験水路の開水路に固定して実験を開始し、48 時間開水路内で濁水に暴露した（濁水暴露実験）。その後、タイルを開水路から取り出し、これを実験河川の河床に固定して 8 日間実験河川水に暴露した（回復過程実験）。付着藻類の採取と分析は濁水暴露実験では 0 時間、12 時間、24 時間、48 時間後に、回復過程実験では 1 日、2 日、4 日、8 日後にタイルを開水路から取り出し、付着藻類をブラシで剥ぎ取って分析に用いた。分析項目は無機物量、有機物量、クロロフィル a 量である。

3. 実験結果

濁水暴露実験中の無機物量は時間の経過と共に上昇し続け、48 時間後でも上昇する傾向は継続していた。その後の回復過程実験では、日数の経過に伴い無機物量が徐々に減少した。しかし、8 日後においても、濁水暴露実験の 0 時間と同程度のレベルまで低下することはなかった。一方、クロロフィル a 量は濁水暴露実験、実験河川暴露実験から 4 日後までは低下しなかったが 8 日後で顕著に低下した。

4. 考察

濁水暴露実験では無機物量は継続して増加し、48 時間経過後も上昇する傾向は継続していた。本実験では 48 時間で濁水暴露を停止したが、より長期間実験を継続した場合には、無機物量が増大した可能性もある。付着藻類に捕捉される無機物量は濁水の濃度と粒子径によって決まる単位時間当たりの沈降量、摩擦速度に支配される無機物粒子の単位時間当たりの巻き上がり量、付着藻類の立体構造や粘着性等に支配され、そのメカニズムは複雑である。濁水に暴露した際に捕捉される最大無機物量については詳細な検討が必要である。

実験河川水に暴露した回復過程実験では、徐々に無機物量が低下した。しかし、濁水暴露実験で無機物量が増加する時間変化に対して、低下する時間変化は小さく、24 時間で捕捉された無機物量と同程度の量が低下するのに 4 日程度の時間を要した。また、8 日後の無機物量は濁水暴露実験 0 時間、すなわち、濁水に暴露する前のレベルまでには回復することはなく、一旦高濃度の濁水に晒されると、短期間で暴露前の状態に戻ることはなかった。この間のクロロフィル a の推移を見ると、4 日目までは大きな変化が無いが、8 日目には顕著な減少が見られた。この結果を踏まえると、4 日目までは付着藻類の構造は維持され、立体構造内部に捕捉されていた無機物粒子が流水によって流出し無機物量が減少したのに対して、4 日後～8 日後では、上記「流出」に加えて付着藻類そのものが剥離し、現存量そのものの減少によって無機物量が減少したと推察された。本実験の流速のレンジは 0.1m/s～0.3m/s であり、実河川中流部の流心部の流速のレンジと比べて大きくない。より高流速のレンジで同様の実験を行った場合には、結果が異なる可能性が高く、現象を一般化するにはより幅広い条件下での実験と現象の物理的機構に基づきモデルを構築する等の検討が必要である。

*土屋健司, 高津文人, 三浦真吾, 松崎慎一郎, 渡辺未来 (国立環境研究所)

1. はじめに

強い温暖化ガスである大気中メタン濃度は継続して増加しており, COP26 において 2030 年までに 2020 年比 30%削減する目標を掲げ, 全世界で削減の取り組みが行われている. 淡水 (湖沼・ダム・河川) からのメタン排出量は, 全球における排出量の 25%, 水圏からの 50%を占め, 淡水は重要なメタン発生源である (Rosentreter et al. 2021). 欧米の河川の 98%以上の地点で溶存メタンは過飽和で存在しており, 河川はメタン放出のホットスポットとして注目され, その排出量は湖沼・ダムの合計値に匹敵することが報告されている (e.g. Stanley et al. 2016).

我々は予備調査として利根川流域においてメタン放出フラックスを見積もったところ, 霞ヶ浦と同等以上の値を示し, 農業河川では約 3 倍の値を示した. 海外の報告と同様に, 河川からのメタン放出フラックスは無視できないほど大きい可能性がある. しかし, 多くの研究が水田, 湿地, 湖からのメタン放出に着目しており, 河川からの放出フラックスについては知見が乏しい. まずは, 河川内の溶存メタン濃度のレベル, 空間的なパターンや不均一性を明らかにし, メタン排出を増加あるいは抑制する要因を解明することが第一歩である.

本発表では, ①川から湖までの溶存メタン濃度の動態を調べるために霞ヶ浦に流入する茨城県小野川河口付近で, ②土地利用変化による溶存メタン濃度動態を調べるために埼玉県見沼田んぼを流れる加田屋川において, 溶存メタン濃度を測定したので報告する.

2. 材料と方法

小野川はつくば市小野崎に源を発し, 霞ヶ浦に注ぐ一級河川である. 調査は 2022 年 5 月に小野川河口で実施し, 湖水への攪乱影響を最小限にとどめるためドローンによる採水を行った. 水温, 電気伝導度, クロロフィル *a* 濃度などは多項目水質計を用いて測定した. 試水を実験室に持ち帰り, オートアナライザーで窒素, リン濃度を, 全有機体炭素計で溶存態有機炭素濃度を測定した. 溶存メタン測定用に試水を 20mL バイアルに採取し, KOH で固定した.

ヘッドスペース法でガスを採取後, メタンを GC-FID で定量し, 溶存メタン濃度を見積もった.

加田屋川はさいたま市見沼区堀崎町に源を発し, 荒川の支流である芝川に合流する準用河川である. 本河川は上流部に都市があり, 下流部に農地が広がっている. 調査は 2022 年 4 月に実施し, 上流~下流の流程に沿った地点に加えて, 支流や用水路でも採水を行った. 水質や溶存メタン濃度は上述したものと同様の方法で測定した.

3. 結果と考察

小野川河口における電気伝導度は, 川から霞ヶ浦にかけて増加傾向が見られ, 河川水と湖水の混合域が確認された. 溶存メタン濃度は河川側で最も高い 386 nM を示し, 湖水側へ向かって単調減少し, 70 nM まで減少した. 霞ヶ浦において河川水はメタンソースの一つであり, 溶存メタンは霞ヶ浦へ流入後, メタン酸化, 大気中への放出, 希釈を通して減少していくことが示唆された. 同月に観測された霞ヶ浦における溶存メタン濃度は桜川が流入する土浦入り, 恋瀬川が流入する高浜入りで高く, 湖心, 湖尻に向かって減少する傾向を示し, 河口で溶存メタン濃度が高いことと整合的であった.

加田屋川では最上流部で 3270 nM と高い溶存メタン濃度を示した後, 都市部では比較的低濃度で推移した (927~1204 nM). その後, 農地部で再度増加し, 最大値 3275 nM を示した. 都市部では硝酸濃度が比較的高く, 下流部にかけてクロロフィル *a* 濃度が高くなる傾向が見られた. 都市などから排出される栄養塩が下流での藻類生産や堆積, メタン生成に寄与していた可能性が示唆された. 一方, 畑地を流れる用水路の溶存メタン濃度は 4565 nM と非常に高い値を示した. 見沼田んぼには地下部 (>0.6 m) にスクモ層と呼ばれる泥炭層が存在し, 泥炭層の間隙水と用水路の溶存メタン濃度は比較的近い値を示したことから, 用水路を通じて泥炭層に含まれる溶存メタンが流出していた可能性が考えられた.

以上のことから, 河川は湖沼と比較して高いメタン濃度を示し放出源として重要であり, 農業などの人間活動によるメタン濃度の増加が示唆された.

*藤林恵（九州大院・工）、岡本紘奈（神戸大・理）、
伊藤雅之（兵庫県大・環境人間）、大高明史（弘前大・教育）、
小林由紀（山口大院・医学系）、奥田 昇（神戸大・内海域センター）

1. はじめに

温暖化が進行すると湖沼の水温が上昇し、成層化が強まるため、底層で嫌気化が進行すると考えられている。温室効果ガスのメタンは主に嫌気条件下における有機物分解によって生成することから、湖沼からのメタン放出量は温暖化によって増加する恐れがある。そのため、湖沼のメタン動態に関する理解は今後ますます重要な課題となる。

メタン栄養食物網とは、好気条件下でメタンを酸化するメタン酸化細菌（MOB）を出発点とする食物網のことであり、湖沼から発生するメタンのリサイクルシステムとして注目されている。しかし、メタン栄養食物網についての検討は、生食連鎖、腐食連鎖、微生物ループなどと比較して少なく、湖沼生態系の食物網に対する寄与や、環境要因との関連性など不明な点が多い。

そこで、本研究では琵琶湖を対象として面的調査を行い、メタン栄養食物網の寄与を脂肪酸および炭素・窒素安定同位体比を指標として調べるとともに、メタン栄養食物網の寄与に影響を与える環境要因について考察した。

2. 材料と方法

2021年10月に琵琶湖の15地点において、底泥コアサンプルおよびエクマンバージ採泥器によって底生動物を採取した。また、多項目水質計によって底泥直上付近の水質データ（水温、溶存酸素濃度、pH、ORP）を取得した。

コアサンプルの0~1, 2~3, 4~5 cm層を脂肪酸分析およびメタン分析に供試した。また、底生動物は個体数、湿重量を計測後、脂肪酸分析および炭素・窒素安定同位体比分析に供試した。

本研究においてメタン栄養食物網の寄与は、動物に含まれる炭素に占める MOB 由来炭素の割合と定義し、同位体混合モデルによって算出した（MOB 寄与率）。同位体混合モデルでは MOB の炭素・窒素安定同位体比が、植物プランクトンなどの主要な生産者と比較して著しく低い点を利用している。

3. 結果

同位体によって計算された MOB 寄与率と MOB 由来脂肪酸の含有率との間には有意な正の相関が検出され（ $r = 0.739$, $p < 0.01$, $n = 26$ ）、脂肪酸を利用することでメタン栄養食物網の寄与を推定できることが示された。各地点で採取された底生動物バイオマス全体に対する MOB 寄与率は0~32.2%であり、地点により異なった。ユスリカ類では MOB 寄与率と、底質中に含まれる珪藻由来脂肪酸との間に有意な負の相関が認められた（ $r = 0.776$, $p < 0.05$, $n = 8$ ）。貧毛類では MOB 寄与率と底質中のメタン濃度との間に有意な正の相関が見られた（ $r = 0.871$, $p < 0.001$, $n = 14$ ）。

4. 考察

メタン酸化細菌は必須脂肪酸やステロールなどが欠如しているため、動物に対する餌としての栄養的価値は低いとされている（Taipale et al. 2014）。底生動物の餌源となる底質中の珪藻由来の脂肪酸とユスリカ類の MOB 寄与率との間に負の相関が見られたのは、餌として利用可能な珪藻が少ない状況下で、餌を MOB で代替していたためと推察された。ただし、貧毛類では珪藻由来脂肪酸との関係性が見られていないことから、MOB 寄与率に影響する環境要因は、対象とする動物種によっても異なることが示唆された。

貧毛類では底質中のメタン濃度と MOB 寄与率との間に有意な負の相関が見られたことから、MOB 寄与率は温暖化によって高まることが示唆された。しかし、底層の嫌気化が進行すると貧酸素耐性を有する動物種しか生残できず、底生動物全体のバイオマスが減少するため（奥田ら, 2022）、食物網に組み込まれるメタン由来の炭素の総量は低下する可能性があり、今後も情報を蓄積していくことが望ましい。

参考文献

奥田ら（2022）、日本陸水学会第86回兵庫大会
Taipale, S. (2014), *Ecology* 95, 563-567.

*小林由紀（山口大院・医）、伊藤雅之（兵庫県立大・環境人間）・藤林恵（九州大院・工）・小島久弥（北海道大・低温研）・福井学（北海道大・低温研）・奥田昇（神戸大・内海域センター）・

Shiah FK (Academia Sinica)

1. はじめに

メタンは二酸化炭素に次いで地球温暖化に及ぼす影響が大きい温室効果ガスであり、その効果は二酸化炭素の25倍ともいわれている。メタンの発生源として湿地や湖沼から放出されるメタンガスの総量は海洋全体の放出量を凌ぐとも試算されており、メタン発生の抑制対策を講じる上でも、淡水でのメタンガス発生のメカニズムとその現状を把握することは非常に重要である。メタンガスを減少させる要因としてメタン酸化細菌が注目されており、その湖内の動態について研究し始められているものの、その多くは寒帯および温帯であり、メタン酸化細菌の種が異なるといわれる熱帯、亜熱帯地方でのメタン酸化細菌の動態の知見は非常に乏しい。加えて近年、嫌気的環境下でメタン酸化を行う

Candidatus Methyloirabilis (*Ca. Methyloirabilis*) という分類群に属する細菌が報告されており、その生態学的特性、動態については知見が非常に乏しい。

そこで本研究では、亜熱帯地方である台湾において、メタン酸化細菌を分子学的手法である CARD-FISH (catalyzed reporter deposition fluorescence *in situ* hybridization) 法を用い、メタン濃度とメタン酸化細菌の各分類群の変動を解析することを目的とした。

2. 材料と方法

調査地は台北市のダム湖である翡翠水庫とし、2012年から2014年までは1-2週間毎、2015年以降は3-6か月毎調査を実施した。沖合観測定点において、鉛直的(0, 10, 30, 50, 70, 90, 100m)に自動昇降機付環境計測装置および採水により、物理的(水温、電気伝導度)、化学的(pH、溶存酸素濃度、各栄養塩濃度等)環境要因を計測した。メタン酸化細菌の計数はCARD-FISH法によって行った。採水器により採取された各水深地点での水を、パラホルムアルデヒド(最終濃度2%)で固定後、冷蔵保存し、0.2 μ m コアサイズのポリカーボネイトフィルタ

ー上にろ過し、冷凍保存した。0.1% agarose で細菌をフィルター上に接着させた後、10mg ml⁻¹ ライソザイムで細胞壁処理を行った。各メタン酸化細菌(Type I, Type II および *Ca. Methyloirabilis*)を標識するプローブを用いてCARD-FISH法によって染色した。

3. 結果

2012年からの計測により、Type I, II, *Ca. Methyloirabilis* の分類群全てが検出され、表層を含む有酸素環境でかつメタンが存在する地点においては、Type I, II が、深層、特に循環が起こる冬季(12-1月)までの成層期においては、嫌気的条件下で *Ca. Methyloirabilis* が優占する傾向が見られた。Type I と II の分布の違いについては、表層(0-10m)のメタン濃度は0もしくは極微量であるにも関わらず、両者は少数ではあるが検出され、Type IIの方が多く検出された(2012年12月: Type II 1.0 x 10⁵ cells ml⁻¹)。 *Ca. Methyloirabilis* については、2013年12月の90m地点では水温17°Cメタン濃度249 μ Mで *Ca. Methyloirabilis* が1.1 x 10⁵ cells ml⁻¹と多く検出されたが、その後循環により2014年2月には、Type II が表層で0.3 x 10⁵ cells ml⁻¹と検出されたものの、 *Ca. Methyloirabilis* を含め殆ど他の分類群は検出されなかった。2016年3月には強い循環により、深層の *Ca. Methyloirabilis* は殆ど検出されなかったが、循環が不完全であった2017年9月には水深100m地点で *Ca. Methyloirabilis* が4.0 x 10⁵ cells ml⁻¹と高値を示した。

4. 考察

亜熱帯地方のダム湖において、3つの分類群のメタン酸化細菌が全て検出され、季節的鉛直的変動が認められた。また冬期の循環の強度により、その分類群に変動がみられることから、気温上昇とメタン濃度、メタン酸化細菌が大きく関与することが示唆された。

*加賀谷隆・高村耕介（東京大・農学生命科学）

板倉拓人（東京農大・農）

1. はじめに

気候変動による気温や水温の上昇は、生物の空間分布を改変しうると予測されており、実際に生物種の標高分布が上昇したことを示す研究も少なくない。しかしながら、河川の水生昆虫類については、標高分布の変化を示す信頼性の高い証拠はほとんどない。河川昆虫は、特定の流程の物理環境に適応しているため、水温が上昇しても分布を上流方向にシフトすることは困難である可能性が指摘されている。さらに、河川水温は標高だけでなく河川規模にも支配される。これらのことから、河川昆虫の標高分布の変化を明らかにするには、河川の流程軸に沿って調べるだけでなく、水系内の標高と河川規模が異なる多数の地点で追跡する必要がある。

加賀谷ら（1997）は、1989～91年に多摩川水系におけるトビケラ類各種の分布を、各地点の水温とともに明らかにしている。本研究は、多摩川水系の溪流、小河川地点において同様の方法で調査を行うことで、トビケラ類各種について標高分布の長期的変化を明らかにすることを目的とする。あわせて、多摩川水系においてこの期間に生じた河川水温変化についても検討する。

2. 材料と方法

多摩川水系の53地点において、2019、2021年にトビケラ類の幼虫や蛹の採集調査と水温計測を行った。加賀谷ら（1997）と同様に、各種の在・不在を一定努力以上の集中調査により評価した。解析対象種は、分類学的問題が少なく、出現時期が調査時期と確実に重複する29種に限定した。対象種全種における平均的な標高分布の変化を検証するために、各種の過去と現在の在地点について標高の平均値、上位値、下位値をWilcoxonの符号順位検定により比較した。過去または現在の在地点が10以上である22種について、地点ごとの在・不在を目的変数、地点の標高、流域面積、調査期を説明変数としたロジスティック回帰分析を行い、標高×調査期の交互作用により標高分布の変化を検定した。

3. 結果

対象種全種を比較した場合、在地点標高の平均値中央値、最大値は、平均するといずれも過去よりも現在のほうが大であった（それぞれ20 m, 22 m, 78 m）。回帰分析の対象種のうち、73%の種において標高×調査期の交互作用が認められた。このうち44%の種は、河川規模分布も同時に変化していた。12種は標高分布の上昇を示したが、その一方で4種は低下を示した。年一化性で春季に羽化する種など、出水攪乱を受けやすい夏季に、高齢幼虫が河床での生活を送らない生活環を有する種（夏季退避型）は、そうでない種（夏季存在型）に比べて分布標高の上昇は大であった。

調査地点における現在の夏季最高水温は、過去のそれよりも平均で2°C以上高かった。調査域近辺の3地点の気温、および多摩川水系大河川の2地点の水温の年平均値は、過去30年間で1～1.5°Cの増加を示し、特に2009年以降の上昇は顕著であった。

4. 考察

水温変化の検討より、多摩川水系の溪流や小河川の多くの地点では、過去30年間で水温が上昇したと推定される。トビケラ類各種の現在の標高分布は平均すると同期間に上昇していることが明らかとなった。既往研究の総説では、様々な分類群や環境における生物種の温暖化に伴う分布標高の変化は、10年で平均10～15 mと評価されており、本研究の評価（7～26 m）はそれとほぼ同等であるといえる。

種レベルで標高分布の上昇が認められたのは、夏季退避型の種が多かった。ムラサキトビケラなどの淵のリター堆積に生息する種では、標高分布の低下が認められた。調査域近辺の冬季の降水量は近年減少傾向にあり、淵のリター堆積に対する出水攪乱の頻度や強度は低下していると考えられる。これらの種は、分布下限付近の地点において、生存率が高まった可能性がある。気候変動による各種の水系内標高分布変化を予測するには、水温変化とともに流況変化と各種の生活史を考慮する必要がある。

*吉岡裕生（神戸大・理），浅野悟史（京都大・理）
奥田昇（神戸大・理）

1. はじめに

灌漑が行き届かず水はけの悪い谷津田では、古来、冬季に田面に水を張る冬季湛水（冬水田んぼ）が営まれてきた。このような谷津田は、里山に生息する湿地生物に代替的な生息地を提供してきた。ところが、生産効率の向上を目的とした圃場整備によって、里山の生物多様性は減少の一途をたどっている。圃場整備の施された慣行水田は、冬季に圃場を乾田化するため、冬場に水辺を利用する湿地生物の生息機会を奪う。本研究の調査地である滋賀県甲賀市小佐治では、伝統的に冬季湛水田が営まれてきたが、圃場整備以降、ほとんどの水田が乾田化した。しかし、近年、滋賀県が主導する環境保全型農業の一環として、冬季湛水田が注目を集めている。先行研究によると、冬季湛水田には、代掻き時のリン排出を抑制する効果（Ishida et al. 2020）や冬季に水辺で産卵するニホンアカガエルやカスミサンショウウオなど湿地生物に生息場所を提供する機能（浅野ほか 2018）を有することが報告されている。しかし、冬季湛水が水田生物群集の多様性や底生藻類による栄養取込、食物網を通じた栄養転送など生態系機能にどのような効果を与えるのかはよく分かっていない。そこで、本研究は、慣行水田と冬季湛水田の生物多様性を比較する野外操作実験を実施する。

2. 材料と方法

2022 年 5 月から 6 月に、滋賀県甲賀市小佐治にある 5 つの谷筋（中川敷、大平、水穴、安原、須川）で慣行水田と冬季湛水の生物調査を前期（代掻き 3 週間後）と後期（代掻き 6 週間後）の計 2 回行い、生物多様性（種数、個体数、シャノンウィナーの多様度指数）を時期と農法で比較した。また、栄養塩と底生藻類についても経時的に採取し、同様に比較を行った。食物網解析には安定同位体分析を用い、栄養転送機能は統合的栄養位置（*i*TP）で評価する。

作業仮説として、冬季湛水を行うことで生物多様性、底生藻類の現存量、*i*TP が高くなり、栄養塩の

量が減少するといったことが推定される。

尚、栄養塩、食物網、*i*TP については現在解析中であるため、今回は生物多様性を比較した結果について発表する。

3. 結果

生物多様性（種数、個体数、シャノンウィナーの多様度指数）は時期、農法ともに有意な差が見られなかった。

4. 考察

2017 年度に行った調査では、冬季湛水により生物多様性が増加するという結果が得られた。しかし、本実験では、冬水田んぼが生物多様性を増加させるという仮説は証明されなかった。この原因として、アメリカザリガニ（*Procambarus clarkii*）による水田生態系の攪乱が考えられる。Ohba 2021 et.al が示すように、本種の存在は生物多様性を著しく低下させることが知られている。

2017 年度と、今回の結果を比較すると、2022 年では、在来種の個体数、多様度指数が減少し（それぞれ $p=0.05$ 、 $p=0.01$ ）、種数は減少傾向であることがわかった（ $p=0.057$ ）。一方で、ザリガニの個体数は 2017 年に比べ増加していた（ $p=0.003$ ）。実際、調査を行った 10 筆の水田のうち 8 筆でザリガニが確認され、特に水田の管理が行き届いていなかった大平では 2017 年度に比べ個体数が顕著に増加していた。

これらの結果は、ザリガニにより冬季湛水の利点が打ち消されたことを示している。冬季湛水は水生生物に生息地を周年提供することで、多様性を向上させる効果がある。しかしながら、水が常に存在するという環境はアメリカザリガニにとっても好都合であり、本種の個体数増加に拍車をかけることになる。そのため、冬季湛水を行う際はザリガニの駆除や泥さらいなどの適切に管理を行うこと必要あると言える。

*石黒直哉・加藤優斗・中澤秀道（城西大・理）

1. はじめに

ホトケドジョウ (*Lefua echigonia*) はコイ目フクドジョウ科ホトケドジョウ属に分類される日本固有の淡水魚である。東北地方から近畿地方にかけての河川上・中流域や農業用水路、丘陵地細流、池沼など様々な場所に生息しており、水質が良好で植生が豊富な緩やかな流れのある場所を好むが、その生息地および個体数が減少しており、2020 年度環境省レッドリストでは絶滅危惧IB 類に、2018 年度埼玉県レッドリストでは絶滅危惧IA 類に指定されている。本研究で調査対象としたのは坂戸市とその周辺地域である。外秩父/奥武蔵の山と入間川の支流である高麗川的作用によって形成された扇状地性台地であり、毛呂山台地や坂戸台地の武蔵野面、立川面等の河岸段丘から湧水が生じている。坂戸台地舌端部でも湧水が流れ込んでいると思われる水域があり、これらの河川・水路などには本種が生息している可能性がある。近年、水圏生物のモニタリング手法として、環境 DNA 分析が注目されている。水を汲むだけで生物の DNA を採取することが可能であるため、生物の発見に時間や労力がかからないことや、調査時の対象生物の生息環境への影響が少ないことなど多くの利点がある。本研究は、入間川水系の高麗川および越辺川の支流や水路において、ホトケドジョウ由来の環境 DNA の検出を試みた。また、現地採集調査の結果とも比較し、本種の生息状況を調べることを目的とした。

2. 材料と方法

入間川の支流である高麗川や葛川、越辺川に注ぐ湧水起源と考えられる小川や水路など 20 ヶ所を選定した。各採水地点で 1 L 採水し、DNA の分解を抑制するために 10%塩化ベンザルコニウムを 1 mL 添加し、保冷して研究室に持ち帰った。サンプル水のろ過および DNA 抽出は、環境 DNA 調査・実験マニュアル ver.2.1 に従った。

ホトケドジョウのみを種特異的に増幅させるプライマー・プローブセットを設計するために、

DDBJ からホトケドジョウ属のホトケドジョウ、ナガレホトケドジョウ、エゾホトケドジョウ、ヒメドジョウと同じフクドジョウ科のフクドジョウ、ドジョウ科から 6 種のミトコンドリアゲノムの調節領域の塩基配列を入手し比較した。ホトケドジョウ属内の変異が少なく、種特異的なプライマー・プローブセットが設計できなかったが、当該地域ではホトケドジョウ以外の生息が確認されていないため、属特異的なプライマー・プローブセットとして作製した PCR は、熱変性 95°C 15 秒、アニーリングと伸長反応 57°C 1 分を 55 サイクルとし、各採水地点 3 反復あるいは 8 反復行ったうちの 1 つでも増幅が確認された場合陽性として扱った。

捕獲には 30cm×32cm の網目 3mm のタモ網を用いた。調査人数は、1 つの地点に対して最低 2 人以上で行い、採水同日の調査では採水地点から上流に遡って行った。環境 DNA 分析で陽性と判定された地点の後日調査では、採水地点上流の生息可能性の高そうな領域を上流に遡って行った。しかし、採捕調査が危険である場所では調査を行わなかった。

3. 結果と考察

環境 DNA 分析では、20 地点中 10 地点で陽性と判定された。そのうちの 8 地点で当日あるいは後日捕獲調査を行い、7 地点では生息を確認できたが 1 地点では捕獲できなかった。この地点周辺ではまだ踏査していない小さな支流や水路が多数存在する。今後それらの捕獲調査を行っていく必要がある。一方採捕調査による本種の確認はできたが、環境 DNA 分析では検出されなかった地点も 1 つあった。そこはかなり広範囲を踏査して 1 尾のみ捕獲できた地点であり、本種の環境 DNA 濃度が検出限界以下だった可能性が考えられる。本研究により、坂戸市および周辺地域の自然豊かな水域には本種のような希少種が未だ生息していることが分かった。湧水を起源とする河川・水路は本種以外にも様々な生物が生息しており、多様性保全のためにもこの環境を守っていく必要があり、早急な調査が求められる。

脇村 圭, *内井 喜美子 (大阪大谷大・薬)

1. はじめに

環境DNA分析はDNA塩基配列情報に基づき種を判別する。この原理をもってすれば、当然ながら種だけではなく種内変異を捉えることもできる。近年のシーケンシング技術の発達、大量の塩基配列情報に基づく種内変異解析法発達への後押しとなっている。そこで我々は、超並列シーケンシングを用いた環境DNA分析により、希少種個体群の遺伝的多様性を推定し、それらを保全へ活用することを目指している。本研究では、希少種のモデルとして環境省により絶滅危惧IA類に指定されているホンモロコ (*Gnathopogon caerulescens*) を用い、その地域個体群の遺伝的多様性を評価した。

2. 材料と方法

先行研究によりハプロタイプ多型の報告されているミトコンドリアDNAシトクロム*b*遺伝子の部分配列(127 bp)を遺伝的多様性評価のためのマーカーとして用いた。環境DNA試料の採取は、2021年および2022年の本種産卵期(3月-6月)に、琵琶湖一円の産卵生息地13地点において、地点につき少なくとも2回以上実施した。各地点で1-2 Lの水を採取し、そのうち0.3-1 Lをステリベクス-HVフィルター(孔径0.45 μm)を用いてろ過することにより環境DNAを捕集した。フィルターからのDNA抽出は、DNeasy Blood & Tissue Kitを用いて行なった。得られた環境DNA試料を用い、マーカー領域をPCR増幅した後、iSeq 100 システム

(illumina)を用い、2 x 150 bp ペアエンド解析を行なった。シーケンスデータはDADA2パイプラインを用いて解析し、ハプロタイプ多様性データを得た。得られたハプロタイプ多様性データより、地点ごとにハプロタイプネットワーク解析を行なった。

3. 結果

環境DNA分析により、琵琶湖ホンモロコ個体群において36個のハプロタイプが検出され、そのうち16個は本研究により新たに得られた配列であった。ハプロタイプネットワーク解析より、ほとんど全ての地点において同一の2個のハプロタイプが優占しており、これらのハプロタイプから1塩基から数塩基の変異のあるハプロタイプが低頻度で複数個存在していることが明らかとなった。ハプロタイプ組成に地域間での明瞭な違いは検出されなかったが、検出ハプロタイプ数やハプロタイプ多様度(*h*)は、琵琶湖南部および東部集団に比べ、北部集団において低い傾向が認められた。

4. 考察

環境DNA分析により、絶滅危惧種個体群の遺伝的多様性を広域にわたり評価することに成功した。琵琶湖の各地点について得られたハプロタイプネットワークは、2個の祖先型ハプロタイプを中心とした星型の形状を示した。このような星型ハプロタイプネットワークは、一般に過去に急激な個体群拡大が起こったことを示す。ホンモロコは1990年代中頃より漁獲量が激減したが、今回、低頻度のハプロタイプが比較的多く検出されたことから、1990年代中頃の個体群縮小は、低頻度ハプロタイプを排除するほど強いボトルネック効果を及ぼさなかったことが示唆された。しかし北部個体群は、南部や東部に比べ遺伝的多様性が低い傾向が見られた。産卵が遅く始まる北部の方が、琵琶湖の水位操作に伴う卵の干出等の影響を受けやすく、より大きな個体群縮小を経験したことが示唆された。本研究で提示したような環境DNA分析を用いた迅速かつ簡便な遺伝的多様性モニタリングは、本種をはじめとした絶滅危惧種個体群の健全性評価において有用であると考えられる。

：水位管理・気象と栄養塩変化の影響

*槻木 玲美（松山大），Eric Capo（Swedish University of Agricultural Sciences），
越智 梨月（愛媛大），鏡味 麻衣子（横浜国立大），土居 秀幸（兵庫県立大），
早川 和秀（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター），加 三千宣（愛媛大）

1. はじめに

湖沼は地球温暖化による気温上昇や極端な大雨の増加により(IPCC 2022)、大きな影響を受けることが懸念されているが、豪雨による洪水リスクを軽減するための水位操作は喫緊の課題となっている(Klijn et al. 2012)。水位操作は、湖岸帯や浅瀬に生息する生き物だけでなく(Zohary and Ostrovsky 2011)、浅瀬に卵を産む沖合の魚類にも大きな影響を与え(Yamamoto et al. 2006)、その変化は食う一食われる関係を通じて餌となる沖合のプランクトンに影響が及んでいる可能性がある。しかし、このような湖岸域の環境変化が沖合の生物相にどのような影響を与えるのかは、まだよく判っていない。一方、プランクトンは気温以外の気象条件や栄養塩環境、さらにツボカビなど寄生生物の影響も受ける(Kagami et al. 2007)。そこで本研究は古代湖、琵琶湖を対象に湖底堆積物を用いた解析により、プランクトンとツボカビ類の過去100年にわたる動態を復元することで、近年の環境変化や1992年から施行された水位操作が琵琶湖生態系に及ぼした影響を解明することを目的とする。

2. 材料と方法

動・植物プランクトンは湖底堆積物の生物遺骸分析により長期動態を復元した。堆積物は京都大学、生態学研究センターの調査船「はす」により重力式コーラーを用いて、2017年に琵琶湖北湖中央部（安曇川沖）の水深約70m地点で採取した(Tsugeki et al. 2021)。採取した堆積物コアは、1cm間隔に切り分け、年代測定は2017LB7コアを対象に、愛媛大学のγ線検出器により測定し、得られた過剰 ^{210}Pb に基づくCRS年代モデルに従って年代決定を行った。プランクトン・ツボカビ類の観察試料は、年代測定を行った2017LB7コアを用いた。ツボカビ類は堆積試料に残る大型植物プランクトン *Micrasterias hardyi* の殻に付着する遊走子を蛍光顕微鏡下で一定の殻数に達するまで観察を行い、遊走子の付着率を算出した。またプランクトンの変動要因や群集構造の違いを評

価するため、一般化加法モデルを用いた解析やBray-Curtis指数を算出した。

3. 結果と考察

堆積物に残る生物遺骸の分析とその結果に基づく解析から、過去100年間での琵琶湖のプランクトン動態は主に以下の3つの時期に大きな変化が生じ、現在は大型サイズのプランクトン増加に特徴づけられることが判明した。主な変化の時期は1) 1960年代～1970年代の緑藻類と動物プランクトンのミジンコ類の急速な増加（富栄養化）2) 1990年代後半以降の出現種の変化、特に大型種（動物プランクトン外来種のプリカリアミジンコ *D. pulicaria*）の顕著な増加、3) 2010年代後半以降の緑藻類 *Micrasterias hardyi* の急増である。またツボカビ類の *M. hardyi* への付着率は分析した1990年代後半以降、5%程度でほぼ変化せず推移していた。

一方、プランクトンの変動要因について、現在の琵琶湖を特徴づける大型緑藻類 *M. hardyi* や *Staurostrum dorsidentiferum* は主にプリカリアミジンコと栄養塩（硝酸）が主要な説明変数として、プリカリアミジンコは水位変化とプランクトン食魚類が有意な説明変数として抽出された。

以上の結果は、琵琶湖では水位操作などの影響による魚類資源の低迷が動物プランクトンへの捕食圧低下につながったため、大型ミジンコは定着拡大が可能となったが、この大型ミジンコの拡大が大型植物プランクトンの繁茂につながったことを示唆している。どのようなメカニズムで大型植物プランクトンの繁茂が可能になっているかは今後、他の主要な動物プランクトン、カイアシ類や寄生生物を含めてさらなる解析を進めていく予定である。

参考文献：Kagami et al. (2007) Proc R Soc B Biol Sci 274: 1561–1566. Klijn et al. (2012) Ambio 41: 180–192. Tsugeki et al. (2021) Limnol. 22: 197–207. Yamamoto et al. (2006) Limnol. 7: 75–82. Zohary and Ostrovsky (2011) Inland Waters 1: 47–59.

環境 DNA を用いた霞ヶ浦流入河川における イシガイの分布

*小室隆（港湾空港技術研究所），後藤益滋（リクチコンサルタント）
杉野史弥（東京大学大学院・新領域）

1. はじめに

二枚貝のイシガイ目 Unionoida は世界各地の河川、湖沼に生息し、全世界に 6 科 165 属、約 1000 種が生息している (Bauer, 2001)。日本国内では 18 種の生息が報告され、そのうち 13 種は絶滅危惧種である (Kondo, 2018)。イシガイ類の再生産には寄生宿主として適正な魚類が多数生息している必要があることや、コイ科魚類のタナゴ類およびヒガイ類はイシガイ類に産卵するため、これらの魚類の繁殖に不可欠であることなどから、環境指標生物としての重要性も有している。

霞ヶ浦と周辺流入河川で確認されているイシガイ科の二枚貝は、1993 年以降では 9 種確認されているが、近年では急速に減少している (鈴木, 2018)。従来の二枚貝の調査方法は、鋤簾などを用いた直接的な方法しかなかった。しかし、近年では環境 DNA (以下、eDNA) を用いることで、従来法に比べて広範囲を短時間で調査を行えることや、貝を掘り起こすなどで引き起こされる人為的攪乱などを限りなく低減させることが可能となる。本研究では、eDNA を用いて霞ヶ浦の流入河川を対象にイシガイの分布を明らかにした。

2. 材料と方法

調査は、霞ヶ浦に流入する河川 6 河川、全 18 地点を対象に、2022 年 5 月に行った。サンプルは、1 L を採水し、塩化ベンザルコニウム溶液を添加したのちに、クーラーで保冷して実験室に運搬した。サンプルは、GF/F を用いて濾過を行った後、100 μ L の DNA を抽出した。採水から抽出までの操作は、環境 DNA 学会が発行する環境 DNA 調査・分析マニュアルに準拠した。なお、本研究では、PCR を行う前に抽出物を AMPure XP を用いて精製を行った。解析用プライマーは、CO I 領域をイシガイの DNA のみを増幅させるように設計した。作成したプライマーはイシガイ、マツカサガイ、ドブガイ、ヨコハマシジラガイから抽出した DNA を用いて交差反応試験を行い、イシガイのみ増幅することを確認してから使用した。採水時には採水地点の周囲にイシガイが分布していないか、直接確認を行った。

3. 結果

6 河川を対象として、環境 DNA を用いたイシガイの検出を行ったところ、4 河川 11 地点でイシガイの DNA の増幅を確認した。増幅を確認した後、定量 PCR を行ったところ、最小で 0.36 copies/L、最大で

4227.1 copies/L の濃度を検出した (Fig. 1)。

また、採水時にイシガイの生息が確認できなかった地点でもイシガイの DNA を検出することができた。

4. 考察

本研究で設計したイシガイのプライマーセットは実河川の環境水にも適用可能であることが分かった。また、これまでの調査方法に比べて、eDNA 調査法は短時間で広範囲での生息状況を確認することができた。河川 KM の最下流の KM6 でもイシガイの eDNA が検出されたが、この地点は流れも緩く濁りも強いいため、上流から流下してきた土粒子や表層を浮遊していた DNA を捉えた可能性が高いことが推察される。また、copy 数をみると、今回の採水時期がイシガイの産卵期と重なっていることから、平常時よりも多量の DNA が水中に散布されていた可能性がある。そのため、今後は定期的に採水を行い、産卵期以外における eDNA の挙動を追跡する予定である。

参考文献

- Bauer, G. (2001): Characterization of the Unionoida, In: Ecology and Evolution of the freshwater mussels Unionoida. Ecological Studies. Vol.145, pp.3-4.
Kondo, T. (2008): Monograph of Unionoida in Japan (Mollusca:Bivalvia). Special Publication of the Malacological Society of Japan. No.3. 68pp.
鈴木興道 (2018): 霞ヶ浦における淡水二枚貝類の生息状況と遷移. 第 17 回世界湖沼会議. 192-194.

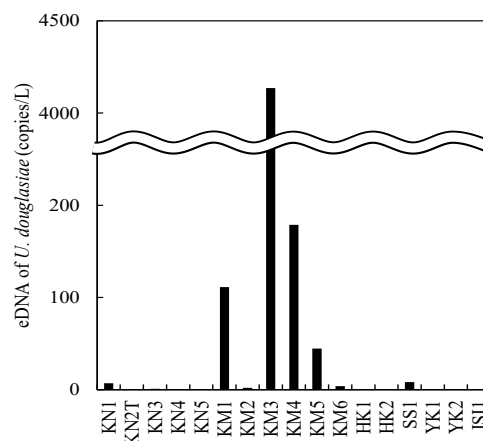


Fig. 1 各地点のイシガイの eDNA (copies/L)

Visualization of zinc ion uptake and tissue distribution in Orthocladiinae (Diptera) larvae using ion probe

*Ashok Kumar Shrestha, Takeshi Fujino, Kosuke Nagaoka (Saitama University)
Masayori Hagimori (Mukogawa Women's University)

1. Introduction

– Zinc is widely distributed throughout the natural environment and is an essential element for living organisms. Biological imaging using a fluorescence probe is a robust tool for detecting and quantifying metal ions in the target molecules of living organisms. However, previous studies are not prioritized its application in the field of aquatic insects. This study aimed to visualize the uptake of Zn ions and accumulation and distribution in the tissue of aquatic larvae, i.e., Orthocladiinae larvae of the Chironomidae family. Chironomidae larvae are commonly used to know the indicator of the freshwater ecosystem.

2. Materials and Methods

– Chironomidae larvae were collected from Yanasegawa River, Shiki, Saitama. Collected larvae were acclimatized under a 16:8 h light: dark photoperiod at 20 ± 1 °C for 4-6 days. The larva was exposed to two treatments, i.e., Zn concentration in water only (Treatment 1) and Zn concentration in water and solid particles (i.e., cellulose; Treatment 2) in three concentrations, i.e., 30, 100 and 500 $\mu\text{g Zn/L}$. Each treatment had three replication and 16 individual larvae were exposed in each replication.

The low molecular weight bipyridine Zn probe ($\text{C}_{18}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_3\text{S}$; extract mass is 338.0725) was used to visualize Zn ions inside the larvae body¹⁾. Fluorescence image was taken every 12 h of uptake up to 48 h using a DAPI fluorescence microscope. Phosphate buffer saline was used to wash the body surface Zn ion and probe before taking the fluorescence image. Furthermore, total Zn concentration in the body of the organism was measured after 48 h ion uptake process using the ICP-OES.

3. Result

– The 3rd and 4th instar Chironomidae larvae were

collected from a non-polluted flowing river, whereas Zn concentration in water was observed $2.89 \pm 0.69 \mu\text{g Zn/L}$. However, Zn in bottom sediment was significantly higher, i.e., $84.35 \pm 1.43 \text{ mg/kg dry weight}$. The fluorescence intensity was observed high intensity in the larvae exposed to Zn treatment with solid particles than only exposed to contaminated water. However, fluorescence intensity was not significant change after 24 h in those larvae exposed to Zn-tainted water with cellulose ($p > 0.05$, two-way ANOVA) in 100 and 500 $\mu\text{g Zn/L}$. Furthermore, total Zn concentration in the organisms body of 2nd treatment was observed 0.16 ± 0.05 , 1.42 ± 0.22 , and $1.62 \pm 0.31 \mu\text{g Zn/mg}$ in 30, 100, and 500 $\mu\text{g Zn/L}$, respectively, and 0.16 ± 0.07 , 0.6 ± 0.25 , and $1.12 \pm 0.35 \mu\text{g Zn/mg}$ in larvae of 1st treatment.

4. Discussion

– The Zn ion in the larvae body was mostly visualized in the mid-gut region of the digestive system. The presences of gut content in the digestive tract have more fluorescence intensity than in the empty gut-content larvae body. The larvae of Chironomidae family use bottom sediment to construct the tube around their body which serves to generate respiratory current and inhalation of metal ion from water. However, metal accumulation in aquatic larvae is depending on the feeding strategies²⁾. The low molecular weight fluorescence probe can successfully visualize Zn ion in the aquatic larvae body.

References

- 1) Hagimori M et al. (2022) *Molecules*. doi: [10.3390/molecules27041287](https://doi.org/10.3390/molecules27041287)
- 2) Loureiro R C et al. (2018) *Environmental Science & Pollution Research*. doi: [10.1007/s11356-018-1971-9](https://doi.org/10.1007/s11356-018-1971-9)

Toxicity of Triclosan, an Antimicrobial Agent, to a Non-target Freshwater Zooplankton Species, *Moina macrocopa*

*Thilomi Samarakoon (Saitama University, University of Kelaniya),
Takeshi Fujino (Saitama University)

1. Introduction

Triclosan [TCS, 5-chloro-2-(2,4-dichlorophenoxy) phenol] is a broad-spectrum antimicrobial agent widely used in several personal care products and consumer goods such as toothpaste, soap, shampoo, deodorants, hand sanitizers, cooking utensils, etc. Due to its extensive use and incomplete removal by wastewater treatment plants, TCS has been detected in surface waters in various parts of the world. There is a knowledge gap on the toxicity of TCS to the most sensitive organisms in aquatic ecosystems and the mechanism of toxicity in those organisms. Therefore, this study is aimed at assessing the lethal-, reproductive-, and geno-toxicity of TCS in one of the commonly occurring, pollutant-sensitive, non-target freshwater zooplankton species, *Moina macrocopa*.

2. Materials and Methods

All experiments were conducted with *M. macrocopa* neonates ≤ 24 h old under semi-static conditions. The acute exposure experiment was conducted by exposing the neonates to different TCS concentrations (0–2000 $\mu\text{g/L}$) for 48 h (3 replicates per control/treatment, $n=10$ per replicate). 24 and 48 h- survival and immobilization data were collected and used to estimate the 24 and 48 h- LC_{50} values, respectively. The reproductive toxicity test was conducted by exposing the neonates to different sub-lethal TCS concentrations (0–100 $\mu\text{g/L}$) for 7 days (10 replicates per control/treatment, $n=1$ per replicate). Survival and daily reproduction in the parent organisms were monitored to determine several reproductive toxicity endpoints. The genotoxicity test was conducted by exposing the neonates to the same sub-lethal TCS concentrations for 48 h (3 replicates per control/treatment, $n=60$ per replicate). Genomic DNA was extracted, and a randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) assay was carried out to detect changes in RAPD profiles in the treated groups compared to the control group.

3. Results

The 24- and 48-h LC_{50} values of TCS with 95% confidence intervals were estimated as 705 (609–814) and 543 (466–622) $\mu\text{g/L}$, respectively based on nominal TCS concentrations. Survival of the parent organisms in the reproductive toxicity test was not affected by the tested sub-lethal TCS concentrations. However, higher sub-lethal TCS concentrations clearly delayed the first reproduction (sexual maturity) and reduced the number of offspring in the first brood. These parameters were statistically significant at 100 $\mu\text{g/L}$ TCS. The total number of broods generated within 7 days was not significantly affected by TCS. But interestingly the total reproductive output of *M. macrocopa* in 7 days was increased by lower sub-lethal TCS concentrations (statistically significant at 10 $\mu\text{g/L}$ TCS) and decreased by higher sub-lethal TCS concentrations (statistically significant at ≥ 50 $\mu\text{g/L}$ TCS). The RAPD profiles of the neonates exposed to ≥ 50 $\mu\text{g/L}$ TCS showed a noticeable change compared to the control group.

4. Discussion

The results of our study clearly indicated that TCS affects the reproduction in *M. macrocopa* at very low concentrations. This signals that TCS can be a potential endocrine disrupter in aquatic organisms. Moreover, our genotoxicity study revealed that TCS can also be a potential genotoxicant to aquatic invertebrates. Further studies are recommended to confirm our findings and to investigate the mechanism of toxicity of TCS in aquatic organisms with the use of other biomarkers. Furthermore regulations are required to control the use and release of TCS into aquatic environments.

References

- Dar et al. (2022). Environ. Technol. Innov., 25: 102122
Gonzalez-Doncel et al. (2020). Environ. Pollut. 263: 114604

Improving understanding and management of cyanobacteria blooms in freshwater reservoirs through data-driven modelling and fluorescence sensors

*BERTONE, Edoardo (Griffith University); ROUSSO, Benny Zuse (Deakin University)

1. Introduction

Cyanobacteria harmful blooms (CyanoHABs) in freshwater reservoirs are temporally and spatially dynamic; this, combined with species-specific traits that support cyanobacteria dominance during changing conditions, further complicates CyanoHAB prediction and management. In-situ fluorescence sensors allow rapid, remote estimation of total phytoplankton and cyanobacteria concentration by measuring key pigments such as chl-a and phycocyanin (PC). Despite the benefits, such sensors are affected by site-specific interferences, hindering accurate measurements, and cannot directly provide indication of dominant genera/species. Data-driven modelling is an opportunity to overcome this challenges as they are being increasingly used to understand and predict complex patterns in ecological monitoring data.

2. Materials and Methods

First, historical data collection and analysis was performed in three Australian drinking water reservoirs to understand the dynamics of the local cyanobacteria population. Correlations between environmental drivers and dominance of key cyanobacteria genera were determined. Second, three sets of controlled laboratory experiments were performed. The first two experiments assessed the fluorescence characteristics and interferences throughout the growth phases of different relevant cyanobacteria genera, often dominant in the assessed drinking water reservoirs. The third experiment analysed light-induced quenching in a cyanobacterium and a green alga by simulating diel light variability under controlled temperature and stratification conditions. Lastly, a framework combining methodological procedures from the observational data analysis and fluorescence calibration experiments was established with the aim to automate fluorescence sensors compensation using data-driven models. An integrated data-driven model based on the framework

was developed and tested in Myponga reservoir, South Australia. Moreover, a continuous improvement process for CyanoHABs models, and a set of best practice guidelines for fluorescence sensors deployment, calibration and operation were developed.

3. Results

Key findings include: (1) Fluorescence per unit biomass is consistent among most genera despite variable cell size and morphology; (2) Diel light variability reduced fluorescence for both cyanobacterium and green alga up to 79% under the assessed conditions; (3) Fluorescence sensors were more precise than traditional methods; readings were also affected by e.g. organic matter and turbidity but could be compensated; (4) Water temperature and nutrients were the two key predictors of the dominant cyanobacteria species for both the subtropical and temperate Australian drinking reservoirs analysed; (5) Out of the models developed to predict the dominant taxon at Myponga reservoir, the Gradient Boosting Machine had the highest testing accuracy (>75% true positives) and AUC values (>0.7) and resulted in highest correlation ($R^2 = 0.81$) between compensated fluorescence estimates and traditional laboratory-based (i.e., microscopy) biovolume measurements.

4. Discussion

Altogether, findings indicate that CyanoHABs management could be optimised through the combination of fluorescence sensors and forecasting models based on data-driven approaches, provided that comprehensive compensation models for their readings, and appropriate data analysis procedures for all available historical data are undertaken. Importantly, findings highlight that even though generalisable patterns exist, site-specific analyses are still required.

ろ過スクリーン面積への影響

*米山貴将, 大島功基, 坂本正樹 (富山県立大・工)

1. はじめに

琵琶湖の水質は、富栄養化による淡水赤潮などの問題が顕在化した 1970 年代と比べて大きく改善している。一方で、貧栄養化による一次生産力の低下や、アユ等の在来魚の漁獲量の減少が問題視されるようになってきた。琵琶湖産アユの主な餌は、カブトミジンコ (*Daphnia galeata*) などの動物プランクトンである。藻類細胞中のリン含有量は水質に依存して大きく変化し、動物プランクトンの餌としての質も変化する。アユの漁獲量を回復させるためには、生息・産卵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、餌が不足した環境では摂餌器官 (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、繁殖率の低下を抑えることが出来る。しかし、餌質とろ過スクリーン面積の関係は不明である。

本研究では、餌の質と量の低下によるカブトミジンコのろ過スクリーン面積と、生活史特性 (繁殖率) への影響を明らかにすること目的として実験的解析を行った。

2. 材料と方法

使用したカブトミジンコは野外から単離・培養した 3 つのクローン系統で、それぞれ、琵琶湖の北湖 (BN) と南湖 (BS), 諏訪湖 (S) 由来のものである。餌としてイカダモ (*Desmodesmus subspicatus* NISE-805 株) を与えながら、餌量 (0.4, 0.7, 1.2, 2.0 mg C/L) と餌質 (Low P, Middle P, High P; 餌量は 2.0 mg C/L) の異なる環境で 14 日間 (0 日齢から 14 日齢まで) 飼育した。餌質の異なるイカダモは、COMBO 培地中のリン濃度を 50, 100, 200 $\mu\text{mol/L}$ のそれぞれに変えて培養することで得た。実験個体の生存数と産仔数は毎日確認し、純繁殖率を算出した。また、実験期間中に無作為に採取・固定したサンプルの体長とろ過スクリーン面積を測定した。

3. 結果

S 系統の純繁殖率は、餌量 (0.4, 0.7, 1.2, 2.0 mg C/L) の異なる全ての処理区で、琵琶湖由来の BS 系統と BN 系統より高くなる傾向があった。しかし、BN 系統は、0.4 mg C L⁻¹ の処理区でも 2.0 mg C L⁻¹ の処理区と同程度の純繁殖率を示した。低餌条件下でのろ過スクリーンの拡大は体サイズの大きな個体で顕著であり、BN 系統で大きな変化があった。

S 系統と BS 系統では、LowP 処理区で繁殖率が低下したが、BN 系統では、LowP 処理区でも HighP 処理区と同程度の値となった。餌質の低下によるろ過スクリーン面積への影響は、どの系統においても認められなかった。

4. 考察

諏訪湖由来の S 系統と琵琶湖南湖由来の BS 系統では、餌量と餌質の低下によって純繁殖率が低下したが、琵琶湖北湖由来の BN 系統では、純繁殖率の低下が認められなかった。これらの結果は、BN 系統が他の 2 系統と比較して、餌資源の不足に対して耐性が高いことを示唆する。諏訪湖と琵琶湖南湖は琵琶湖北湖に比べて富栄養であることから、系統間の違いは生息場所における餌環境の違いを反映していると解釈できる。また、特に BN 系統はろ過スクリーン面積が顕著に変化したことから、低餌環境下での摂餌効率も高い可能性がある。一方で、餌質の低下によるろ過スクリーンの拡大が誘導されなかったことから、これは餌量の低下のみに起因する現象であることが分かった。

一般に、湖沼の富栄養化や貧栄養化が生態系構造に及ぼす影響は、生物の現存量の変化に着目して評価される。しかし、本研究により、水質の変化に伴う藻類の質の変化がミジンコの動態に影響を及ぼしうることや、その影響の程度がミジンコの遺伝的系統に依存して異なることが明らかになった。

*松原優士, 小林諒磨, 千賀有希子 (東邦大・理)

1. はじめに

谷津干潟は東京湾の埋め立てによって取り残された約 40 ha の干潟である。これまで谷津干潟では富栄養化の進行によりアオサ (緑藻類) のブルームが形成され、谷津干潟の生態系や周辺住民に大きな影響を与えてきた。しかしながら、2018 年頃、突然アオサが衰退し、オゴノリ (紅藻類) が優占するレジームシフトが起きた。本研究では、アオサからオゴノリへ優占種が変わるレジームシフトが谷津干潟の水質に与える影響を明らかにするために、レジームシフト前後の水質について比較した。また、アオサとオゴノリの培養実験から NH_4^+ 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} の取り込み速度を測定し比較した。さらに、それぞれの海藻体に含まれる N と P 量からアオサのブルーム時とオゴノリ出現時における N と P の固定量を算出し比較した。

2. 方法

水質調査 月に 1 回大潮または中潮時に谷津干潟において pH、水温、EC、DO をセンサーで測定した。その後、海水のサンプリングを行った。海水の NH_4^+ 濃度をインドフェノール青法、 NO_2^- 濃度をナフチルエチレンジアミン吸光光度法、 NO_3^- 濃度を銅カドミウム還元法、 PO_4^{3-} 濃度をモリブデン青法で測定した。また、無作為に設置したコドラート (33.5 cm×33.5 cm) 内の海藻を採取し、海藻の種類を分けて乾燥重量 (バイオマス) を測定した。

培養実験 海水 1 L を三角フラスコに入れ、全ての三角フラスコに NH_4Cl と KNO_3 をそれぞれ 10 mgN/L、 KH_2PO_4 を 10 mgP/L になるように加えた。その後、海藻を 1.8 g DW になるように三角フラスコに加え、明:暗=12 h:12 h 条件下で培養を行った。0, (0.5), 1, 3, 5, 7 日目に採水を行い NH_4^+ 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 濃度の変化を測定した。

3. 結果と考察

水質調査 2012 年 6 月~2017 年 12 月までをレジームシフト前、2020 年 7 月~2022 年 7 月をレジームシフト後とした。

レジームシフト前のアオサのバイオマスは $\text{ND} \sim 1.12 \text{ t DW/m}^2$ (2015 年 11 月~2017 年 12 月) で変動した。レジームシフト後のオゴノリのバイオマスは $\text{ND} \sim 0.28 \text{ t DW/m}^2$ (2021 年 4 月~2022 年 7 月) で変動した。レジームシフト後もアオサは春と夏に時々出現した。pH、水温、 NO_2^- はレジームシフト前後で有意な差はなかった。EC、DO はレジームシフト後の方がレジームシフト前より有意に低かった (EC, $p < 0.05$, DO, $p < 0.01$)。 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} ではレジームシフト後の方がレジームシフト前よりも有意に高かった (NH_4^+ 、 NO_3^- , $p < 0.001$, PO_4^{3-} , $p < 0.05$)。

培養実験 アオサとオゴノリの NH_4^+ 取り込み速度はそれぞれ 5.00 mgN/gdry/day、5.44 mgN/gdry/day、 NO_3^- 取り込み速度はそれぞれ 0.40 mgN/gdry/day、0.31 mgN/gdry/day だった。 PO_4^{3-} 取り込み速度はそれぞれ 1.52 mgP/gdry/day、1.51 mgP/gdry/day だった。アオサとオゴノリの NH_4^+ 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 取り込み速度は有意な差はなかった。アオサとオゴノリの NH_4^+ 取り込み速度は NO_3^- 取り込み速度よりも大きかった ($p < 0.001$)。したがって、両海藻は NH_4^+ を NO_3^- よりも優先して取り込むと考えられた。

N と P 量 アオサとオゴノリの N 含有率はそれぞれ 4.00%、3.32%、P 含有率はそれぞれ 0.20%、0.30% だった。アオサの最大バイオマス時 (2016 年 6 月 22 日) における谷津干潟全域でアオサ体に固定された N 量は 17.87 tN、P 量は 0.89 tP だった。オゴノリの最大バイオマス時 (2021 年 4 月 14 日) におけるオゴノリ体に固定された N 量は 3.61 tN、P 量は 0.34 tP だった。アオサのブルーム時の方がオゴノリ出現時に比べてバイオマスが高いため、アオサのブルーム時の方が谷津干潟に固定される N と P 量は高かった。一方、オゴノリ出現時には谷津干潟に占めるバイオマスが低いため、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} はアオサほどオゴノリに固定されず、海水に NH_4^+ 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} が残る傾向にあることが分かった。

*小林諒磨, 松原優士

加藤元輝, 真田祐樹, 千賀有希子 (東邦大・理)

1. はじめに

谷津干潟は、東京都と千葉県にまたがる大きな前浜干潟が都市開発により埋め立てられ、周囲をコンクリートで囲まれてできた長方形の干潟である。2本の人工的な水路である谷津川と高瀬川のみで東京湾と繋がっており、海水は潮汐による東京湾からの流入、東京湾への流出がある。谷津干潟における海水中の栄養塩濃度は非常に高く、富栄養化が進行していると報告されている (Senga et al., 2021)。

本研究では、谷津干潟と東京湾との間で栄養塩 (NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-}) の収支を明らかにするため、谷津川と高瀬川において春と夏の大潮時に1日程度、海水のサンプリングを1時間毎に行い、谷津干潟への栄養塩の流入・流出を観測した。

2. 方法

春季 (2022年3月31日 11:00~4月1日 11:00)、夏季 (8月11日 18:00~12日 19:00) に、谷津川と高瀬川において、1時間毎に海水の採水及び、流速、水位を測定した。海水の採水は自動採水機 (3700 Sampler, ISCO) で行った。流速は直方体に切った大根を一定距離流し、その時間を測定した。水位の変化は目盛付きのロープを沈めて測定した。また降水は東邦大学屋上で採取した。

採水した試料を 450°C で2時間加熱したガラス繊維ろ紙 (GF/F, 有効保持粒子径 $0.7\ \mu\text{m}$) でろ過し、 NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 濃度を測定した。流量は水位と流速から算出し、NとPの流入・流出量は流量と濃度から算出した。また、降水によるNとPの負荷量は、谷津干潟と両水路の面積、降水量、各栄養塩濃度から算出した。

3. 結果と考察

春季において、下潮 (谷津干潟から東京湾へ) は31日 10:30~13:30、17:30~1日 2:30、6:30~11:30、上潮 (東京湾から谷津干潟へ) は31日 13:30~17:30、1日 2:30~6:30 とした。また、3月31日 22:00 頃から4月1日 8:00 頃まで降水が確認された。

両水路において、下潮時の NH_4^+ と PO_4^{3-} 濃度は上潮時と比較して高い傾向がみられた。したがって、

東京湾の海水の NH_4^+ と PO_4^{3-} 濃度は谷津干潟に流入することで増加することが分かった。また、 NO_2^- と NO_3^- 濃度は下潮から上潮へ移行する時に増加する特徴がみられた。この結果は、干潮時に干潟堆積物が干出することで堆積物表面に好気的環境が形成され、活発な硝化が進行するためと考えられた。

Fig.1 と 2 は、上潮 (17:30~2:30) と下潮 (2:30~6:30) の各水路における栄養塩の流入・流出量を示している。全ての栄養塩の流出量は流入量より 1.1 倍~4.2 倍高かった。栄養塩は谷津干潟で増加し、東京湾へ流出することが分かった。谷津干潟は栄養塩のシンクとして機能していると予測していたが、逆に谷津干潟は栄養塩のソースであることが分かった。谷津干潟から東京湾への栄養塩負荷は、東京湾沿岸の富栄養化に影響している可能性がある。

降水中の NH_4^+ 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} の谷津干潟への負荷量は、それぞれ 2.20 kgN、1.94 kgN、0.02 kgP となり、流出量から流入量を差し引いた増加量の 26.3 %、31.1 %、1.4 % を占めた。降水からの栄養塩の負荷は特に窒素に関して重要であることが分かった。

夏季については、現在解析中である。

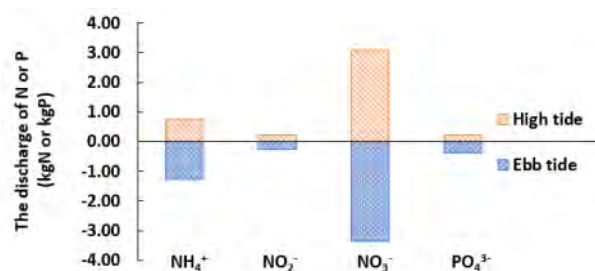


Fig.1 Nutrient budget in Yatsu channel

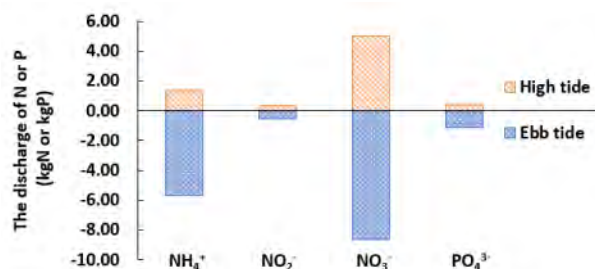


Fig.2 Nutrient budget in Takase channel

湖沼中のプラスチックによる PAHs 収着の変動要因

*吉田暁人（信州大学大学院）・宮原裕一（信州大学）

1. はじめに

プラスチックはPCBs, PAHs, DDTなどの有機汚染物質をその表面上に吸着および内部へ吸収(収着)する。そのため、プラスチックは非汚染地域への汚染物質の輸送や細分化し摂取されることで生体への汚染物質の取り込み等が懸念されている。PAHsは発がん性、変異原性などの毒性を有しているが、PCBs, DDTとは異なり日本国内では排出が規制されていない。そのため現在でも測定可能な濃度で湖水中にも存在しており、多くの研究者によって環境中プラスチックのPAHs収着量の測定が行われている。一方で、環境中のプラスチックへのPAHs収着挙動に関しては不明な点が多い。

湖沼中プラスチックへの汚染物質の収着挙動を明らかにすることは、プラスチックの湖沼生態系に及ぼす影響を評価するうえで重要である。そこでフィールド試験、室内実験を行い、湖沼中プラスチックによるPAHs収着の変動要因の解明を試みた。

2. 材料と方法

フィールド試験は冬季(2021年11月~12月)と夏季(2022年6月~8月)に行った。ポリエチレン片(2 cm×2 cm×0.1 cm)を、諏訪湖湖心で表層に浮くように設置し湖水に曝し、PAHsの収着を試みた。設置したプラスチックを1週間および2週間ごとに回収しPAHs収着量を測定した。また湖水懸濁態・溶存態PAHsの測定も同時に行った。

PAHs収着量は以下のように測定した。凍結乾燥させたプラスチックをアセトンでソックスレー抽出し、抽出液を、シリカゲルカラムに負荷しアセトン/ヘキササン(1:99)で溶出した。溶出した画分をアセトニトリルに転溶し、高速液体クロマトグラフ/蛍光検出器でPAHs(11種)の定性、定量を行った。

室内実験では水温別のプラスチックへのPAHs収着能の解明を試みた。水温は10℃と25℃で行った。100 µg/LのPAHs混合水溶液(フェナントレン、ア

ントラセン、フルオランテン、ピレンの4種)を100mLガラスビーカーに入れ、さらにそこにポリエチレン片(2 cm×2 cm×0.1 mm)を1個入れた。14日間、ビーカーを遮光、振盪させながら、水溶液のPAHs濃度を随時測定し、ポリエチレン-水分分配比を求めた分配比は以下の式によって算出した。

$$\text{ポリエチレン - 水分分配比 (L/g)} \\ = \frac{\text{プラスチックへのPAHs収着量 (}\mu\text{g/g)}}{\text{水溶液のPAHs濃度 (}\mu\text{g/L)}}$$

3. 結果

フィールド試験によるプラスチックへのPAHs収着量は夏季>冬季であった。プラスチックに収着したPAHs組成は冬季、夏季ともにフェナントレン、フルオランテン、ピレンが優占していたが、その存在割合は異なっており、また夏季はより疎水性の高いPAHsも検出された。

室内実験では10℃よりも25℃の方が高い分配比が得られた。また疎水性の高いPAHsほど高い分配比が得られた。

4. 考察

フィールド試験と室内実験の結果から水温が高いときにより高濃度のPAHsを収着する可能性が示された。これはプラスチックの温度が上がると結晶化度が低下し、より有機汚染物質を収着しやすい分子骨格に変化するためだと考えられる。

また、冬季の収着PAHs組成と夏季の収着PAHs組成は異なっていた。冬季の収着PAHs組成は湖水溶存態と類似していたが、夏季の収着PAHs組成は湖水懸濁態と類似していることが示された。これは、冬季は溶存態PAHsをプラスチックが直接収着したが、夏季は気温や水温の上昇によって他媒体から溶出したPAHsをプラスチックが収着したためだと考えられる。よって水温が上昇すると他媒体からPAHsが溶出することで、プラスチックへのPAHs収着量が増加する可能性も考えられる。

1. はじめに

湖沼におけるリン内部供給はリン（P）が固相から液相へと放出される現象である．その一つとして植物プランクトンやバクテリアが生産するホスファターゼによる有機態 P の分解がある．この反応は、有機物量や P の獲得競合相手である水生植物の存在に促進されることや（Wang ら、2012）、もう一つの主要な P の内部供給経路である無機態 P の溶出と比較して、湖水へ放出や藻類への再利用が容易であるとされている（Hua ら、2000）．

かつての諏訪湖における夏の P 濃度増加は底質からの無機 P 溶出が原因とされているが、当時の底質表層における P の半分を有機態 P が占めていたこと、底層の溶存酸素濃度が現在ほど低くなかったことから、当時の P 内部供給には有機態 P の分解が大きな役割を果たしていた可能性がある．

今回の研究の目的は現在の諏訪湖における有機態 P 動態に関わるアルカリ性ホスファターゼ活性（APA）の季節変動や水草の有無による差異を観察することで、諏訪湖全体の P 動態に有機態 P がどのように寄与しているかを明らかにすることである．

2. 材料・方法

2022 年に諏訪湖の三地点（湖心、ヒシ帯・外縁）にて水深別の湖水及び底質の採取を行い、それぞれについて APA の測定を行った（湖水：田畑ら、1992；底質：Tabatabai, 1994）．湖心では循環期である 6 月（春期）及び成層期である 8 月（夏期）、ヒシ帯では 8 月に観測を行った．現地観測として溶存酸素濃度及び水温を測定した．湖水に関してはホスファターゼがどの粒径画分に存在しているのかを明らかにするため原液湖水、 $1\mu\text{m}$ 及び $0.45\mu\text{m}$ 濾過湖水について測定を行い、 $1\mu\text{m}$ 以上（植物プランクトン及び粒子表面）・ $0.45\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下（細菌表面）・ $0.45\mu\text{m}$ 以下（溶存態）の画分における APA を算出した．また、湖水中の Chl.a 濃度や P 濃度、強熱減量、底質の形態別 P 濃度も測定した．

3. 結果・考察

諏訪湖湖心における春期と夏期の APA 測定結果から、水中 APA はすべての深さで $1\mu\text{m}$ 以上の大きな粒径の画分に偏在しており、その活性値は夏期には春期の 3 倍ほどにまで増加した．植物プランクトンの量を示す Chl.a 濃度の季節変動を見ると、6 月は減少期あるのに対し、8 月は増殖期に当たり、その影響や構成種の変化が APA の増加に影響を与えたと考えられる．また Chl.a 量あたりの APA は、循環期の春期には全層でほとんど変化が無かったのに対して、成層期の夏期には表層（水深 0m 及び 1.5m）で特に高く、以深では低くなる傾向が見られた．特に Chl.a 濃度が最も高かった 3m では表層の半分以下となっていた．3m は水温躍層周辺であるため、表層から沈降してきた粒子が集積し、P 濃度が高くなっていることから、植物プランクトンの各個体はホスファターゼを産生しなくても十分な P を獲得できていた可能性がある．加えて有光層でもあるため、この水深では植物プランクトンが増殖することも可能であると考えられた．一方で、湖表層部では成層期には底質からの P の供給が乏しくなるため、植物プランクトンはよりホスファターゼ活性を高めて P を獲得する必要があったと考えられる．また、4m 以深及び底質ではバクテリアによるホスファターゼ生産が増加している可能性が示唆された．

また、諏訪湖のヒシ帯と外縁部におけるホスファターゼ活性値を比較するとヒシ帯では底質における APA が外縁よりも高かった．ヒシ帯は底質の強熱減量も外縁より大きく、また炭素（C）や窒素（N）の底質含有量が諏訪湖の中で最も高い地点の 1 つである．このような C や N が獲得しやすい環境では P の重要度が相対的に上昇するため、ホスファターゼ活性が高まっていた可能性がある．

波長分散型蛍光 X 分析法による琵琶湖北湖深層域における懸濁態物質中化学成分の動態解析

*藤原茉那（京工繊大院・工学），布施泰朗（京工繊大・分子化学系），早川和秀，山口保彦（琵琶研セ）

1. はじめに

琵琶湖ではリンの流入が規制されており、植物プランクトンの成長制限因子となっているため、成層期の表水層では植物プランクトンが利用しやすい溶解態無機リンなどは枯渇している。そのため、懸濁態リンが実質的な植物プランクトンの成長制限因子であると考えられ、湖内におけるサイズ別及び起源別の懸濁態リンの動態を迅速に把握することが重要である。そこで、本研究では波長分散型蛍光 X 線分析装置（WD-XRF）を用い、迅速に琵琶湖内の懸濁態リンの粒径別の分布を把握し、蛍光 X 線分析法の測定結果を用いたリンの定量方法を検討し、動態解析に適用した。

2. 材料と方法

琵琶湖北湖今津沖中央（st.17B）及び東側に 3 地点（E1-3）で水深別に採水した（2021 年 4 月-2022 年 7 月）。孔径 45, 250 μm の PP メッシュで分画した 45 μm 未満の懸濁態粒子を含む湖水、45-250 μm の懸濁態粒子、250 μm 以上の懸濁態粒子を採取した。得られた試料はそれぞれ孔径 0.45 μm のメンブレンフィルターで濾過後、乾燥させて分析試料とした。フィルター試料を PP フィルムで覆い、WD-XRF で多元素同時測定を行った。既知法との比較のため、モリブデンブルー法でもリン濃度を測定した。

3. 結果と考察

湖水のモリブデンブルー法で得られたリン濃度と蛍光 X 線分析の蛍光強度の関係を Fig. 1 に示す。この決定係数は 0.904 であり、相関性が高い直線関係が確認できた。そのためリン濃度は得られた相関直線から決定した。また、17B 地点の湖水の内、粒径 0.45-45 μm の懸濁態粒子中の全リン濃度を月別、水深別に色分けし Fig. 2 に、多地点で採水した 6 月分の図を Fig. 3 にそれぞれ示す。水深別月変化では植

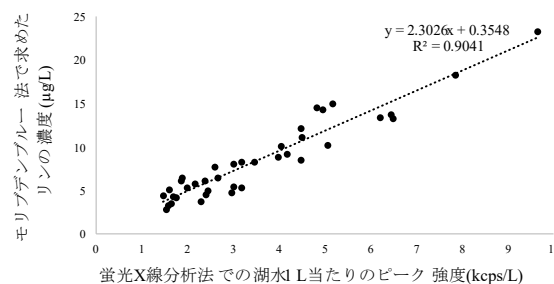


Fig 1 蛍光 X 線分析法のピーク強度とモリブデンブルー法で求めたリンの量の相関直線

物プランクトンの影響により表層から水深 15 m、及び高濁度層の影響と考えられる 85 m 地点でリン濃度が高い傾向が確認された。全循環が確認された 2022 年 2 月はどの水深でも 7-9 $\mu\text{g/L}$ であった。6 月採取試料での地点別懸濁態リンの分布は、流入河川の姉川・田川及び沿岸帯の影響を受ける E3 地点で湖底まで高い濃度（9-13 $\mu\text{g/L}$ ）で存在していた。また、植物プランクトンの影響によりすべての地点の水深 10 m でリン濃度が高くなっていると推測された。また、高濁度層が存在する湖底付近でも懸濁態リンが 5-8 $\mu\text{g/L}$ で存在していた。更に、他元素の存在比を用いた起源推定法について検討した。

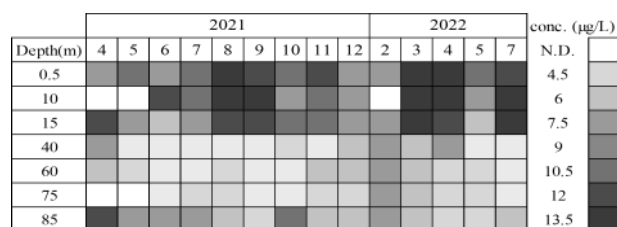


Fig. 2 リンの濃度の水深別月変化

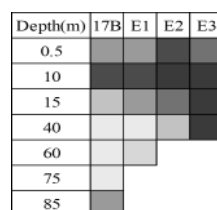


Fig. 3 2021 年 6 月の水深・地点別リンの濃度

*百合藤桃加（京工繊大院・工芸），鶴野心歌（京工繊大・工芸）

早川和秀，山口保彦（滋賀県琵琶湖環研）

布施泰朗（京工繊大・環境科学セ）

1. はじめに

地球温暖化の影響下にある琵琶湖深層水域では、溶存酸素（DO）低下の発生頻度が増加している。DO 濃度の変化は生態系及び物質循環に影響を与えることから、それら物質循環を理解することは重要である。本研究では、酸素消費プロセスの変化の影響を直接受ける溶存有機物（DOM）、及び底質中有機成分の短期的な化学特性の動態情報を得ることを目的とした。

発生ガス分析（EGA）は、高分子などの組成解析の初期情報を得るための有用な方法である。DOM 濃縮試料及び底質乾燥試料中の有機物を迅速に特徴付けする方法として検討した。また、EGA により得られた試料の特徴を多段階熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析法（ms-Py-GC/MS）により熱分解温度領域別に化学特性解析する方法を検討した。

2. 材料と方法

湖水試料は滋賀県の環境基準点今津沖中央地点で水深別（15m, 40m, 85m）に採取し、孔径 0.45 μ m メンブレンフィルターでろ過後、凍結乾燥及び固相抽出（Bond Elute PPL）による前処理により脱塩濃縮処理した試料（DOM 濃縮試料）を調製した。底質試料は、採水と同地点にて不攪乱採泥器を用いて底質コアを堆積層深度別（Layer 1: 0-1 cm, Layer 2: 1-2 cm, Layer 3: 2-4 cm, Layer 4: 4-10 cm, Layer 5: 10-20 cm）に採取した。得られた試料は遠心分離（3000 rpm, 20 min）により間隙水と底質試料を分離した。Multi-Shot Pyrolyzer GC/MS はフロンティアラボ製の EGA/PY-3030D と島津製作所製の GCMS-QP2010Ultra を用いた。

EGA 法では、試料を熱分解炉に挿入し、150 $^{\circ}$ C から 15 $^{\circ}$ C/分の昇温速度で 600 $^{\circ}$ C まで加熱し、発生ガスを直接質量分析計に導入して分析した。ms-Py-GC/MS 法では、各温度領域の昇温中はフロンティアラボ製マイクロジェットクライオトラップ（MJT-1030Ex）を用いて、150-330 $^{\circ}$ C と 330-600 $^{\circ}$ C の二つの温度領域画分（①：熱脱着領域、②：熱分解領域）の発生ガスをカラム入口で濃縮した。キャピラリーカラムはフロンティアラボ製 UA-5+（長さ 30 m, 内径 0.25 mm, 膜厚 0.25 μ m）を用いた。

3. 結果と考察

Fig. 1 に EGA 法で得られた琵琶湖水（7 月：深度 15m）のトータルイオンクロマトグラム（TIC）と主な構成成分を代表する特定のイオン（糖由来：m/z 98、芳香族炭化水素：m/z 91、インドール環由来：m/z 144）のサーモグラムを示した。

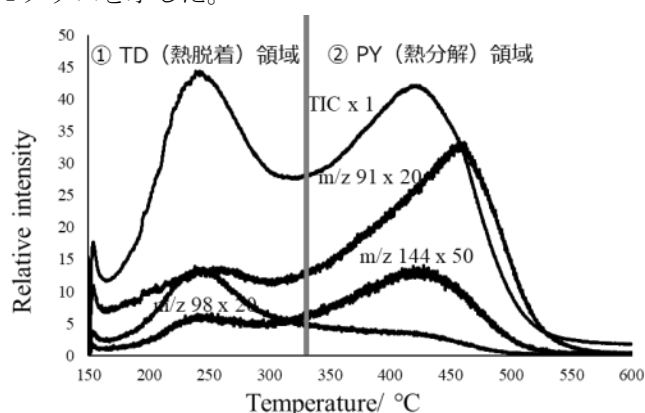


Fig. 1 7月採取試料: 深度 15m の EGA サーモグラム

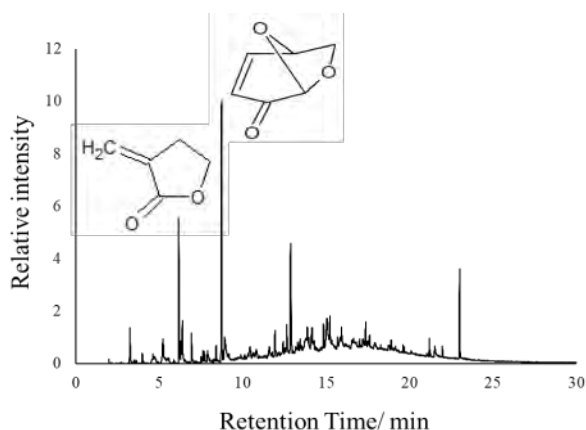


Fig. 2 7月採取試料: 深度 15m TD 領域の m/z 98 のパイログラム

二つの極大値に対応する各温度領域①と②の発生ガスを ms-Py-GC/MS で分析すると、各由来成分を代表すると考えられる m/z が確認された。Fig. 2 に温度領域①における m/z 98 のパイログラムを示す。セルロース、糖類由来の熱分解生成物であるフラノンやレボグルコサンが検出ピーク中最も大きな割合を占めており、熱脱着により湖水に含まれる生体由来物質を検出できているとみられた。

底生動物量の空間分布予測モデルの構築

*花岡拓身（山口大学大学院・創成科学研究科），宮園誠二（山口大学大学院・創成科学研究科），
齋藤稔（国際農林水産業研究センター），赤松良久（山口大学大学院・創成科学研究科）

1. はじめに

ダム下流では，ダム供用に伴う流れの平滑化や土砂動態の改変によって河川生態系が劣化することが知られている．底生動物は，河川生態系において一次生産者と高次の捕食者をつなぐ生態的地位にあるため生物量の把握は，ダムの河川生態系への影響を評価するうえで重要となる．しかし，従来の底生動物調査では，河川区間を通した生物量の推定に多大な時間や労力を要する．そこで，本研究では，底生動物の生物量の季節変動予測が可能なモデルの開発を行い，江の川浜原ダム下流区間の季節的な底生動物の生物量を推定することを目的とする．

2. 材料と方法

江の川は，中国地方に位置する一級河川であり，河口から 55.4 km の位置に浜原ダムが存在する．本研究では，2020 年 12 月，2021 年 4 月，7 月，10 月に浜原ダム下流に 6 地点設け，各地点 3 箇所底生動物採集と水深，流速，河床材料の計測を行った．底生動物は，コドラート付きサーバネットを用いて採集した．底生動物サンプルはトンボ目以外を科レベルで同定し，乾燥させ，乾燥重量を測定した．また ArcGIS (Esri) を用いて各地点の河口からの距離を計測した．生物量予測モデルは，各季節，生物量の 80%以上を占めていた上位 4 分類群で作成した．目的変数に各地点から得られた各分類群の乾燥重量 (g/m^2)，説明変数には水深 (m)，流速 (m/s)，河口からの距離 (km)，砂の被度 (%)，砂利の被度 (%)，礫の被度 (%) 及び各変数の 2 乗項を用いた．また，モデルには一般化線形モデルを用い，赤池情報量基準値の低い上位 10 モデルに，説明変数を代入し予測値を算出した．続いて，実測値と予測値の単回帰分析を行い決定係数 (R^2) の最も高いものを選定した．そして，調査期間の流れ場を iRIC の Nay2D-Flood ソルバーより算出し，生物量予測モデルを外挿して，浜原ダム下流区間の底生動物の生物量を推定した．

3. 結果

江の川浜原ダム下流区間において，8 目 22 科の底生動物が確認された．6 地点の合計生物量は，2020 年 12 月から翌年 10 月にかけて順に， 53.8 g/m^2 ， 22.9 g/m^2 ， 2.5 g/m^2 ， 3.1 g/m^2 ，であった．生物量予測モデルでは，ほとんどの分類群は水理環境に支配されていることが考えられた．流れ場の計算では河床環境の変化は扱えないため，河床環境を考慮していないモデルを流れ場の結果に外挿して生物量を推定した．図 1 に浜原ダム下流の内，減水区間における冬と夏の生物量の分布図を示す．浜原ダム下流区間全体では，冬には区間全体を通して，夏には下流ほど生物量が高い傾向を示した．12 月，7 月の生物量はそれぞれ，約 10,910 kg，約 3,339 kg と推定され，夏は冬の 30%程度の生物量である可能性が明らかとなった．

4. 考察

12 月に区間全体を通して生物量が多い要因として，ダム下流の河床が安定した環境を好むシマトビケラ科が，生物量の多くを占めていたためだと考えられた．一方，7 月に下流ほど生物量が大きかった要因として，比較的速い流れを好むシマトビケラ科やチラカゲロウ科の分布が下流側で大きかったためだと考えられた．また，減水区間では，取水による流量の減少によって，底生動物の生息場所が減少するため生物量が小さくなることが推察された．

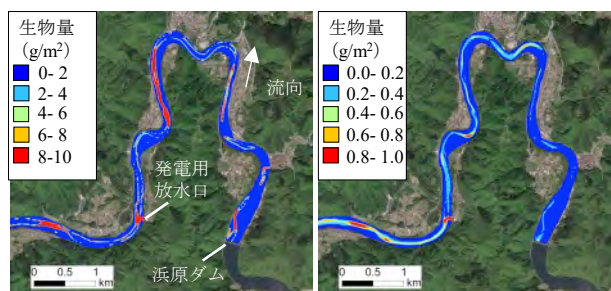


図 1 江の川浜原ダム下流の減水区間における底生動物 4 分類群の合計量の分布．左：12 月；右：7 月．

山岳域の低・高水期の水流出における 山体地下水の役割

*金井杏樹（信州大・総合理工学研究科），榊原厚一，鈴木啓助（信州大・理）

1. はじめに

急峻な山岳地形に特徴づけられる我が国において、陸域水循環の出発点となる山岳域の降雨流出過程を理解することは防災・水資源管理において極めて重要である（e.g., 鈴木, 2019）。また、地下水流出は降雨流出機構における重要な要素として考えられており、特に山体地下水は低地帯水層の主要な涵養源としても知られている（e.g., Liu and Yamanaka, 2012）。しかしながら、山岳域における降雨流出過程は、洪水・土砂災害発生予測に直結する重要な知見であるのにも関わらず、流出現象における高強度降水の影響や、山体地下水の動態など未解明な部分が多いことが現状である。そこで、本研究では、我が国を代表する山岳域である北アルプス・上高地を対象とし、流出形態が異なる2カ所の湧水（山体湧水と氾濫原湧水）に着目して、その流出特性の違いを示すことで、山岳域水循環における山体地下水の役割を明らかにすることを目的とする。

2. 材料と方法

研究対象地は、信濃川水系上流域の1つである上高地（標高約1500 m）における2カ所の湧水である。梓川河畔域の湧水を氾濫原湧水、明神岳（標高2931 m）山麓の湧水を山体湧水と定義した。2019年6月から2021年6月までを研究対象期間とし、湧水温と湧水流量（どちらも10分間隔）の観測を行った。また、降水量データを上高地アメダス（気象庁）から、梓川流量データを梓川観測所より取得した。流量データについては、湧水間で流出量の絶対値が異なるため、単純な比較ができるように標準化を行った。

本研究では、降水時における湧水の流出応答の違いについて議論するために、降水イベントを抽出した。定義は以下のとおりである。(1) 1.0 mm/h以上の降水が存在する。(2) (1)の前後1時間以内に0.5 mm/h以上の降水が存在する場合は一連のイベントとみなす。(3) イベント内の総降水量が4 mm以上ある。また、2つの湧水のうち片方、もしくは両方

で明確なピーク流出が確認できないイベントは除外した。

さらに、土壌乾湿具合の指標として、先行降雨指数（API）を算出した。

3. 結果

湧水温について、氾濫原湧水では季節的な変化が見られたのに対して、山体湧水では豪雨時を除いて通年でほぼ一定であった。算出した標準化流量の比較では、山体湧水は氾濫原湧水よりも標準化基底流量が多いことが分かった。また、山体湧水の流出量の増大量は高強度降水時に大きく、低強度降水時に小さかった。冬季に2つの湧水で流出量の低下がみられ、特に氾濫原湧水で大きな流出量の低下が確認された。

4. 考察

湧水温にみられた変化傾向の違いは、湧水の流出過程において長期的な影響もしくは短期的な影響を受けやすいという違いを示していると考えられる。また、湧水間の流出特性の違いをもたらす要因について、山体湧水のピーク流出量は降水量と先行降雨の和と有意な強い正の相関がみられた。このことから、山体湧水の流出量は、直近の降水量に加えて、地中に貯留されている水量によって規定されていると考えられる。山体湧水の水温がほぼ一定であることや、標準化基底流量が氾濫原湧水よりも多いことから、山体内に滞留時間が長いと推測される水が豊富に貯留されている可能性がある。また、①山体地下水が安定的に谷底部へ供給され、山岳河川が形成される。②山岳河川が砂礫層の主要な地下水涵養源となる。③地下水が再び地表面へ流出する。という順序を経て山岳域から下流域へ水が流出していると考えられる。このように山岳域水循環は山体地下水に広く支配される可能性があり、今後その動態を理解することが重要であるといえる。

都市の浅層地下水の起源についての検討

*伊東優希（立正大・院），安原正也，李 盛源（立正大・地球環境）
林 武司（秋田大・教育文化），小西千絵（ムラタ計測器サービス株式会社）

1. はじめに

都市化が進んだ東京都品川区北品川地区および南品川地区の浅層地下水を対象として，都市の浅層地下水の起源と水質形成プロセスの解明を目的とした研究を実施中である。本発表では，医薬品類をはじめとする人為起源物質をトレーサーに用いて，研究地域の浅層地下水の起源について考察する。なお，同地域の現在の地表面被覆率は90%以上，また下水道普及率は1980年代にほぼ100%に達している。

2. 材料と方法

北品川地区の7本（図1（A）），南品川地区の3本の井戸（いずれも深さ約10 m以浅）の浅層地下水を対象に，現地調査と採水を2021年8月の夏季豊水期に行った。現地で水温，EC，pH，DO，ORP，地下水位を測定し，実験室で主要溶存成分，重金属類，水の酸素（ $\delta^{18}\text{O}$ ）・水素（ δD ）安定同位体比，医薬品類，陰イオン界面活性剤，大腸菌・大腸菌群を分析した。

3. 結果・考察

都市の地下水の涵養源と考えられる（1）降水浸透水，（2）水道漏水，（3）下水漏水をエンドメンバーとして，北品川地区における $\delta^{18}\text{O}$ と Cl^- 濃度に基づく3成分混合解析の結果を図1（A）に示す。北品川地区では全地点において下水漏水の混入が認

められ，特に地点N2では地下水中に占める下水漏水の割合が約50%と推定された。

続いて，人為起源物質である医薬品類，陰イオン界面活性剤，大腸菌をトレーサーとして，地下水への下水漏水混入の有無を検証した。医薬品類は，分析を行った北品川地区の地点N2～N4，南品川地区の地点S10の4地点の全てでBezafibrate（高脂血症用剤），Carbamazepine（抗てんかん剤），Crotamiton（鎮痒剤），N,N-diethyl-m-tolamide（昆虫忌避剤）が検出された。地点N2では，Bezafibrate（4000 ng/L）をはじめとする特に高い濃度の医薬品類が検出された（図1（B））。さらに，陰イオン界面活性剤は10地点中8地点で，大腸菌は10地点中5地点で検出され，これらも地点N2でそれぞれ0.25 mg/L，2967 CFU/100 mLと最高濃度を示した（図1（B））。

以上のように，本来地下水中に存在しないはずの生活雑排水や尿尿由来の成分が高濃度で検出されたことで，本研究地域では下水漏水が浅層地下水の重要な涵養源の一つであることが明らかになった。これは図1（A）の3成分混合解析の結果とも整合的である。今後は地下水の水質形成プロセスの解明に向け，上記の結果に加え，地下水水質の季節変化や同地域で発生・進行している脱窒（伊東ほか，2021）について，さらに研究を進めていく予定である。

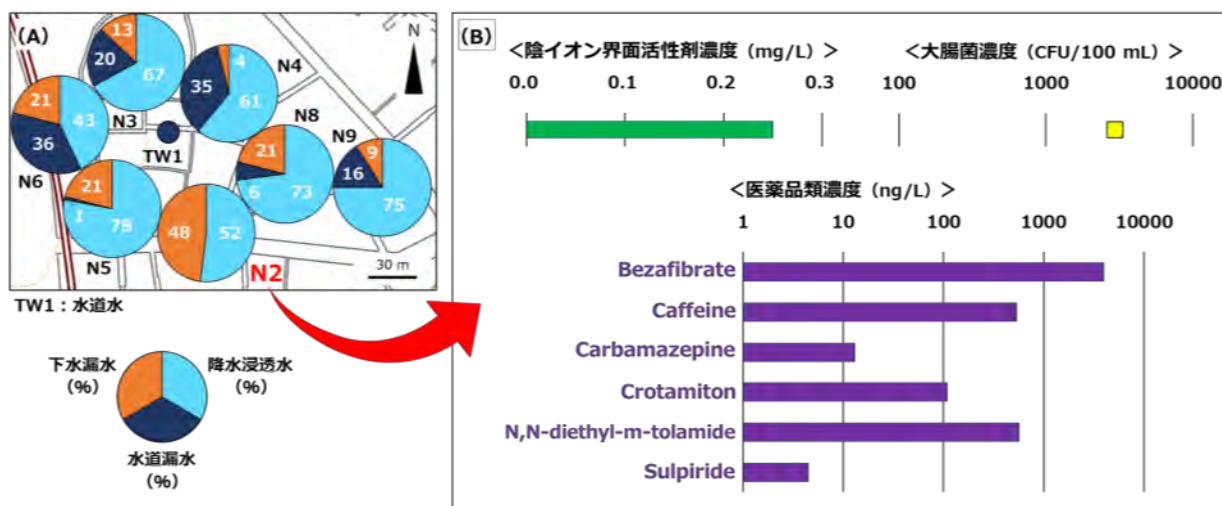


図1 (A)：研究地域（北品川地区）の浅層地下水に占める降水浸透水・水道漏水・下水漏水の割合。
(B)：地点 N2 における医薬品類，陰イオン界面活性剤，大腸菌の分析結果。

ワンドの生態系機能の解明

*上羽 涼太郎（農工大・農）、梅澤 有(農工大・農)

1. はじめに

ワンド（湾処）とは河川に沿って氾濫原に湾入して形成される静水域であり、近年ではダムの造成による河川流量の安定化や、河川環境の修復によりワンドの数は増加している。ワンドは水生生物の生息域として機能することが知られている。一方で、ワンドの化学的な水質とその形成要因については明らかになっておらず、特にリンや窒素といった栄養塩濃度変動を明らかにすることは、河川生態系の一次生産を評価する上で重要である。そこで、本研究ではワンドに供給される水に注目し、ワンド湧水部 ^{222}Rn 濃度や水素・酸素安定同位体比 (δD 、 $\delta^{18}\text{O}$) を用いて、水循環解析を行う共に、各種溶存イオン濃度や栄養塩濃度を測定し、ワンドの生態系機能を水質化学的側面から評価することを目的とした。

2. 材料と方法

調査対象地として多摩川中流域に位置するワンド 3 地点（ワンド①～③）を選定した。測定地点としてワンド内部を上流部、河川へと流れ込む下流部の 2 地点に分けた。また各ワンドと河川の接続部より河川上流をワンドと比較するための河川測定地とした。また、浅層地下水のサンプルとして東京農工大学内で地下水の採水も行った。調査期間は 2022 年 2 月から 8 月であり、調査は月 1 回の頻度で行った。現地では EC、水温、pH、DO の測定及び、採水を行った。試料は未ろ過、ろ過、懸濁物試料に分けて分析をおこなった。ろ過試料ではリン酸(PO_4^{3-})濃度、ケイ酸(DSi)濃度、アンモニウム(NH_4^+)濃度を比色法により測定し、イオンクロマトグラフィーにより各種イオン(F^- , Cl^- , Br^- , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+) を測定した。また懸濁物試料は DMF を用いた抽出でクロロフィル濃度を測定した。また水循環を解析するために静電捕集型ラドンモニタ (Durrig社 RAD7) により ^{222}Rn 濃度、水素・酸素安定同位体比は水同位体分析装置 (Picarro 社 L2140-i) を用いて測定した。

3. 結果

ワンド上流部の水温変動は調査期間において $11.8^\circ\text{C} \sim 23.5^\circ\text{C}$ であり、河川での水温変動の $13.3^\circ\text{C} \sim 28.2^\circ\text{C}$ より小さい変動幅で、冬季には河川より高く、夏季には低い値を示した。 ^{222}Rn 濃度は河川に比べ 3.6 倍～27 倍ほどワンド上流部で高く、ワンド上流部から地下水の湧出が起こっていることが推察された。各ワンド湧出部と各河川の δD 、 $\delta^{18}\text{O}$ は異なっており、ワンド①では最大で δD が 5.9‰ 、 $\delta^{18}\text{O}$ が 0.9‰ 低く、ワンド②では最大で δD が 3.3‰ 、 $\delta^{18}\text{O}$ が 0.7‰ 高く、ワンド③では最大で δD が 5.4‰ 、 $\delta^{18}\text{O}$ が 0.6‰ 低かった。

各ワンドの PO_4^{3-} 濃度は側方の河川と大きく異なっていた。ワンド②では河川の PO_4^{3-} 濃度は $4.2 \sim 10.9 \mu\text{mol}$ で変動したのに対し、ワンド湧出部では $1.3 \sim 2.1 \mu\text{mol}$ で変動し、ワンドにおける PO_4^{3-} 濃度変動が小さかった。これは他のワンドでもおおむね同様の傾向がみられた。硝酸態窒素($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$)濃度は河川の各地点で大きく異なっており、その変動も地点ごとに異なっていた。一方で各ワンド湧出部では濃度に最大で約 $100 \mu\text{mol}$ ほどの差はあるが変動の傾向は一致していた。

4. 考察

ワンド湧出部において ^{222}Rn 濃度が河川と比較して高いことから、地下水の流入が考えられた。また、ワンド湧出部での水素・酸素安定同位体比は河川水と地下水の中間に存在することからワンド湧水は河川伏流水と浅層地下水の混合が考えられた。

河川とワンドの N:P 比は共にレッドフィールド比の $16:1$ より大きく、特にワンドでは平均して N:P 比は $178:1$ であり、強いリン制限下であることが明らかになった。またクロロフィル濃度も河川の方が高い濃度を示しているが、ワンド内には底生藻類の繁茂がみられることから、コドラートや底生藻類の一次生産などにより評価する必要がある。栄養塩濃度と一次生産の関係性や各ワンドにおける水循環特性などについては発表にて議論を展開する。

両立させる空間利用のあり方

*山田由美（慶應義塾大学大学院,総合地球環境学研究所）、佐川志朗（兵庫県立大学大学院）
吉田丈人（総合地球環境学研究所, 東京大学）、一ノ瀬友博（慶應義塾大学, 総合地球環境学研究所）

1. はじめに

近年の水災害の頻発化・激甚化により冠水頻度が高まる低地帯は土地利用の再考が欠かせない。居住を避け、氾濫原生態系として保全することで豊かな生物多様性を保ち、強い降雨時には一時的な貯留をして地域の建物被害軽減を図ることは有効な土地利用のあり方の一つである。

このアイディアは生態系を活用した防災・減災（Ecosystem-based Disaster Risk Reduction : Eco-DRR）として期待されているが、定量的評価が不足している。そこで本研究では日本国内で、この概念を実現させる空間がどこにどれだけあるか分布を調べ、今後の土地利用再編への示唆とした。

2. 材料と方法

生息地提供の期待値は、地域の環境保全に影響力のあるシンボル種としてコウノトリを対象に出現確率を予測し、種の出現しやすさを示した。予測モデルには最大エントロピー法を活用した MaxEnt を使い、在データには福井県が野外放鳥した個体の GPS 追跡位置情報を兵庫県コウノトリの郷公園の協力を得て活用した。流域における水田割合、地形湿潤指数(TWI)、河川密度、景観の多様度指数）から推定した 0-1 の出現確率を最大感度特異度合計の値 0.557 で区切り出現確率の高い方を潜在生息適地（図 1）とした。

一時貯留空間に関しては、広く候補を出すため比較的浅い浸水深を条件とし、0.5m（床上浸水相当）以上の空間（図 2）を抽出した。重ね合わせて両条件に合致する面積量を算出し分布を示す。

3. 結果

コウノトリの出現が期待できる空間は全国の 22.8%、一時貯留が期待できる空間は 8.7%が抽出され、両条件が揃う空間を図 3 に示した。

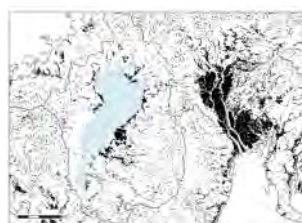
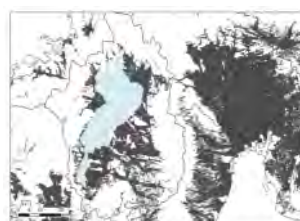


図 1 潜在生息適地 図 2 0.5m 浸水想定区域

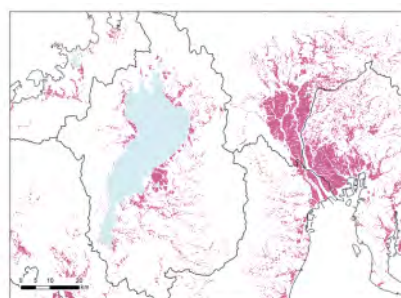


図 3 コウノトリの生息地提供と洪水の一時貯留を両立させる可能性がある空間の分布

4. 考察

図 3 で特定された空間はほぼ水田に占有される。減災と環境を両立できる潜在性を持ち合わせるため保全が望まれるが、洪水の遊水を許容することで生じる土地所有者や地域の負担を顕在化させ支援できる制度作りが次の大きな課題である。

5. 謝辞

本研究は、総合地球環境学研究所のプロジェクト「人口減少時代における気候変動適応としての生態系を活用した防災減災（Eco-DRR）の評価と社会実装（No. 14200103）」、科研費基盤研究(B)コウノトリ野生復帰事業の現状評価と真のワイルドラ

*平山耕太郎¹、砂村倫成¹、石水浩喜¹、高橋嘉夫¹、板井啓明¹
(¹ 東大院理・地惑)

1. はじめに

温帯の湖沼は成層構造を形成し、化学的・生物学的変数は深度に沿って変化する。生物に担持される元素量が環境中濃度に対して大きな割合を占める場合、水塊中の生物群集組成がその元素の動態に影響しうる。海洋学では元素の鉛直プロファイルから生物生産と元素動態の関係について解析する手法が古くから用いられてきた。湖沼は水域ごとに物理・化学・生物学的な個性を有するが、複数の湖沼でプロファイルと比較することで、湖沼の有する物理・化学・生物学的個性と元素循環機構の関係を抽出できる可能性がある。本研究では、夏期に成層構造が形成される国内9か所の湖沼を対象に、(1) 微量元素鉛直プロファイルの季節変動パターン抽出、(2) 細菌数計測による生物担持元素量推定、(3) 16S rRNA 解析による微生物群集組成解析を実施し、各湖沼における微量元素濃度分布と微生物量、および群集組成の関係解析を実施した。

2. 材料と方法

2021年3-4月、6月、8月に長野県の中綱湖・木崎湖、福島県の桧原湖・小野川湖、山梨県の山中湖・河口湖・西湖・精進湖・本栖湖で、深度別に湖水を採取した。微生物細胞分析用試料は、原則的に水温躍層より浅部・深部から一試料ずつを採取し、現場でパラホルムアルデヒド溶液 (f.c. 2%) により細胞固定し、冷蔵にて保存した (1d~4d)。固定した水試料中の微生物細胞は、実験室で、孔径 0.2 μm のポリカーボネートフィルター上に濾過濃縮し、SYBR Green1 (f.c. 20X in 1xTE, RT 15min.) を用いて染色した。蛍光顕微鏡で観察・撮影し、画像解析ソフト (image-J) を用いて細胞数・個別細胞断面積を計測した。湖水化学成分は、石水ほか (2022, 東京大学修士論文) のデータベースを使用した。懸濁態元素濃度 (X_{part}) は、溶存態濃度 (X_{diss}) と総濃度 (X_{total}) との差分として算出した。

湖水中 16S rRNA 解析は、現地でカートリッジフィルター (Sterivex-GP $\phi 0.22 \mu\text{m}$) 上に濾過濃縮した水試料中の粒子を分析に供試した。濾過したサンプルは現場で RNeasy (Thermo Fisher Scientific) を添加後冷蔵して実験室に持ち帰り冷凍保存した。粒子中の DNA をフィルターから抽出 (DNeasy, QIAGEN) し、SSU rRNA の v4,v5 領域を PCR により増幅し、ライブラリーを作成した。PCR 産物は次世代シーケンシング (300PE, MiSeq イルミナ社) により取得し、得られた配列に対し、Qiime2 及び R を用いた解析を実施した。

3. 結果と考察

微量元素の分析結果、その鉛直プロファイルは、(1) 一定型、(2) 生物生産相関型、(3) 表水層上昇型、(4) 湖底付近溶出型の4つに分類された。(2) の生物生産溶出型は、水温躍層上端付近に濃度のピークを有する元素で、P, Fe, Co, Cu, Zn などが分類された。これら元素は、生物に担持される量が多い元素と推定された。全試料の分析結果で、微生物細胞数は $0.25\text{--}3.38 \times 10^6 \text{ cells/mL}$ の範囲で変動し、懸濁態 P (P_{part}) は $9.4\text{--}559 \text{ nM}$ の範囲で変動した。各試料について、細菌1細胞あたりのP濃度の上下限を、先行研究を参考に $0.46\text{--}1.4 \text{ fg}$ とし (Fagerbakke et al., 1996)、微生物細胞由来 P (P_{bact}) を推定した。全湖沼を対象に $P_{\text{bact}}/P_{\text{part}}$ を計算した結果、最大値を用いた場合 $76 \pm 53\%$ 、最小値を用いた場合 $25 \pm 17\%$ と推定された。Fe も同様に、1細胞あたりのFe濃度の上下限を $13\text{--}24 \text{ amol}$ とし (Glass et al., 2018)、 $Fe_{\text{bact}}/Fe_{\text{part}}$ を計算した結果、最大値は $10 \pm 19\%$ 、最小値は $5.9 \pm 10\%$ と推定された。すなわち、水中でのFe保持には生物活動が強く関わっているが、 Fe_{bact} は Fe_{part} の1/10程度であるため、細胞外の寄与が大きいと考察された。SSU rRNA を用いた細菌種の多様性解析では地域間での差異が確認された。また表水層と深水層で属レベルでの異なる細菌素性が認められた。

溶存ケイ素の鉛直分布と季節変化

*田柳 紗英・石水 浩喜・高橋嘉夫・板井啓明（東大）

1. はじめに

ケイ素は地殻を構成する主要元素であり、珪藻などの微生物の硬組織を構成する必須元素である。湖沼は生物性シリカ (BSi) の生成によりケイ素のシンクとして働くため、陸域から海洋へのケイ素フラックスに及ぼす湖沼の役割が注目されている (e.g., Frings et al., 2014; Maavara et al., 2014)。

国内では、琵琶湖や霞ヶ浦などの重点調査湖沼を除くと、ケイ素の動態が系統的に調べられた湖沼は少ない。本研究では、夏期に成層が形成される複数の国内湖沼について、その鉛直分布と季節変化を解析し、ケイ素動態を比較した。

2. 材料と方法

2021 年 3-4 月、6 月、8 月および 10 月に、長野県の中綱湖・木崎湖、山梨県の山中湖・河口湖・西湖・精進湖、福島県の桧原湖・小野川湖の 8 湖沼で湖水を採取した。採水は、各湖沼の最深部付近において、バンドーン採水器で深度別に採取した。水温および pH は採水直後に電極で測定し、溶存酸素は Winkler 滴定法で定量した。溶存総ケイ素 (TDSi)、総リン (TP)、および溶存態リン (TDP) は ICP-MS/MS (Agilent 8800, Agilent Technology) で測定した。その他、19 種の微量元素濃度を ICP-MS (Agilent 7700, Agilent Technology) で定量した。溶存ケイ酸濃度は、モリブデンイエロー吸光光度法で定量した (以下、比色シリカ)。湖沼中の TDSi および TDP の総量 (Standing stock) は、国土地理院発行の湖沼データベースから深度別容積を抽出し、TDSi および TDP プロファイルデータと掛け合わせて算出した。各季節におけるシュミット安定度指数 (SSI) は、水温の鉛直プロファイルを用いて計算した。

3. 結果と考察

湖沼調査の結果、全 8 湖沼の循環期直後 (3-4 月) の TDP (TDP_{mix}) は、17.6-88.4 nM であり、貧〜中栄養湖に相当した。TDSi_{mix} は 142-222 μ M であり、その相対標準偏差は計測した 21 種の元素

群の中で最小 (13.5%) であった。この濃度は小林他 (1960) で報告されている東北地方 (320 μ M)、中部地方 (200 μ M)、関東地方 (430 μ M) の河川中ケイ酸濃度の平均値や、各湖沼に流入する河川水の値よりも低値の傾向であった。TDSi に占める比色シリカの割合は 76-88%であった。このことから、湖沼は流域内での Si のシンクとして働いていると考えられる。TDSi の鉛直分布は、西湖以外の湖沼では、表層から深層にかけておおむね一定の値を示す傾向が認められ、琵琶湖で認められたような Epilimnion での減少は顕著でなかった (Goto et al., 2007)。Epilimnion の年間最小 TDSi 濃度は、全湖沼において、おおむね 150 μ M 付近に収斂するため、珪藻の生成は循環期直後の濃度に依存せず、ケイ素レベルが閾値付近まで低下するまで継続されることが示唆された。TDP は透明度から示唆される生物生産極大深度付近で最大になる傾向が認められた。両者の比較から、P は生物担持態の割合が溶存態に対して高く、生物からの放出と再吸収が短い時間スケールで繰り返されるのに対し、Si は周辺からの流入フラックスが生物要求量に対して十分に高いため、生物生産の影響が明瞭に現れなかったと考えられる。

TDSi の standing stock は、夏期に減少する傾向があり、6 月または 8 月に極小値を示す傾向が認められた。循環期直後の TDSi 総量に対する減少率は、山中湖 25%、河口湖 49%、西湖 11%、精進湖 21%、中綱湖 23%、木崎湖 7%、桧原湖 25%、小野川湖 18%であった。8 月から 10 月にかけて、湖底の TDSi の上昇が認められ、堆積物表層での BSi の溶解が standing stock の回復に寄与していると考えられた。現在、BSi の沈降と再回帰のバランスの推定を目的に堆積物中の BSi の定量とケイ素安定同位体比の分析を進めており、講演では本アプローチの経過についても説明する予定である。

*谷口智雅（三重大・人文），宇佐見亜希子（名古屋大・減災セ）
松本嘉孝（豊田高専・環境都市），江端一徳（豊田高専・環境都市）

1. はじめに

河川環境の質・量の基本的要素として河川流量が挙げられる。行政や水関連機関による水位観測に基づく流量データもあるが、希釈法、河川横断面積と流速による算出、水位・流量曲線など現地観測による流量が求められている。特に小流域の特定時点の質量把握においては、現地観測に基づく流量の把握が重要である。上流域の流量については、河川までのアクセス可能な道路の未整備、整備されている場合でも道路から水面までのアクセスや流量観測できる河川の状態、冬季の路面凍結や積雪などの影響で調査地点までのアクセスが非常に困難になるなど様々な問題もある。さらに、川の中に横断して入るため安全性の確保は非常に重要である。

王滝川において、2014年9月の御嶽山噴火が陸水に与えた影響、火山地域における陸水環境の生態的・化学的な調査・研究を実施し、水収支・物質収支の観点から河川流量の把握も行っている。王滝川は支流で発電のため取水される人工的な水移動があり、取水を考慮した把握も重要となっている。このため、取水による河川流量の地理的分布の調査を行ったので、その結果について報告する。

2. 研究方法

王滝川の行政や水関連機関による水位観測に基づく流量値と現地観測との比較検討を行うため水位観測地点と支流での河川取水施設へのアクセス可能な地点を含む区間の地域を設定した。最下流を水位観測地点（王滝川松原橋）とし、約3km上流の右岸より流入する支流のウグイ川、この区間の王滝川に流入する支流のうちある程度の流量がありアクセスが容易な立間が沢と千沢の本川合流直前の地点で観測を行った。ウグイ川については、本川合流直前と取水量把握のため本川合流から約4km上流の取水施設の前で観測した。調査は2021年8月、11月、2022年2月、5月に実施した。流量観測にあたっては、時間的な効率性と観測結果の再現性を考慮した。まず、乱流による誤差を最小限となるようになるべく

河床が安定している横断測線を取るとともに測線上下流1~2mで大きな礫を事前排除した。そして、アドバンテック社製の電磁流速計AEM1-Dによる60%水深で測流する1点法の流速観測の断面流速法により行い、各地点の水深観測数は、川幅と河床の安定性を考慮して0.05~0.4m間隔で測定した。

3. 結果と考察

ここでは、水力発電用取水が行われている王滝川支流のウグイ川の観測結果を示す。2021年8月の取水前の流量は $4.346606\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ 、取水後は $1.57311\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ で計算上 $2.773496\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ が取水されている。2021年11月と2022年5月の取水前後の流量は、それぞれ $0.747301\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ が $0.002268\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ 、 $1.714717\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ が $0\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ とほぼ全量取水されている。この取水地点の計画最大取水流量は $2.7\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ とされ、これを下回る河川流量の場合には取水堰後は水涸れの状態になると思われる。王滝川合流直前の流量は2021年8月、11月、2022年2月、5月それぞれ $2.70772125\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ 、 $0.22178\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ 、 $0.160549\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ 、 $0.605703\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ で観測だけでは必ずしも水量が少ないようには見られないが取水による減水が顕著であり、ウグイ川による王滝川への希釈効果に影響があると言える。

4. おわりに

王滝川流域では発電による取水が行われているが、全ての取水地点の観察や取水量の把握が必ずしもできない。取水後の河川流量によっては、河川水質や生態系などの陸水環境に大きな影響をもたらす場合もあり、現地調査と合わせて、各支流間の比較検討などにより、各支流の量的把握と特徴の理解も必要と言える。また、河川流量の観測には危険がともなうため、安全性の確保は当然として、より効果的な流量観測方法を検討することも大切と言える。

本研究はJSPS科研費・基盤研究(B)『自然災害／資源開発を受容する火山山麓地域の自然共生に向けた水文水質・生態機構の解明、研究代表者；田代喬（課題番号19H04318）』の一部として実施した。