

# 日本陸水学会 第87回

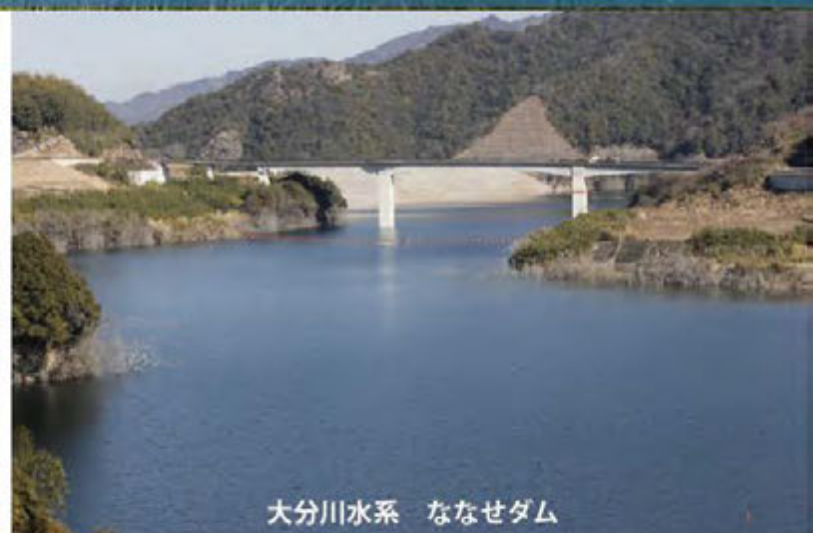
## 大分大会

### 講演要旨集

## JSLIM87 Conference in Oita Program



大分温泉 CITY SPA てんこう



大分川水系 ななせダム



国立公園 高崎山自然動物園



府内城



あたみ温泉

2023年10月12-15日  
12-15 Oct. 2023

# 日本陸水学会第 87 回大分大会アウトライン

## 【公開講演会】

10月12日(木) 15:00-19:00 3F 大会議室

## 【各種委員会】

10月13日(金) 13:00-15:00 和文誌編集委員会 302 会議室

10月13日(金) 13:00-15:30 将来計画ワーキング 303 会議室

## 【評議員会】

10月13日(金) 15:30-18:30 302 会議室

## 【一般講演】

10月14日(土) 9:30-12:30 302、303、403 会議室

10月15日(日) 9:30-12:30 302、303、403 会議室

## 【ポスター展示】

10月14日(土) 9:00-15:30 404、405、410 会議室

10月15日(日) 9:00-11:00 404、405、410 会議室

※ポスター審査・コアタイム:

10月14日(土) 13:30-14:30 404、405、410 会議室

## 【総会・表彰式】

10月14日(土) 15:30-18:30 302・303 会議室

## 【自由集会 (E 会)】

10月13日(金) 16:00- 303 会議室

## 【懇親会】

10月14日(土) 19:00-21:00 3F ホルトガーデン

## 【企業展示】

10月14日(土) 9:00-17:00 1F エントランス

10月15日(日) 9:00-12:00 1F エントランス

# 会場アクセス



専用駐車場利用時間： 午前 8 時 00 分～午後 11 時

最初の 30 分無料、以降 30 分毎に 100 円

23 時以降の出庫はできません。

翌日出庫までの駐車料金が加算されます。



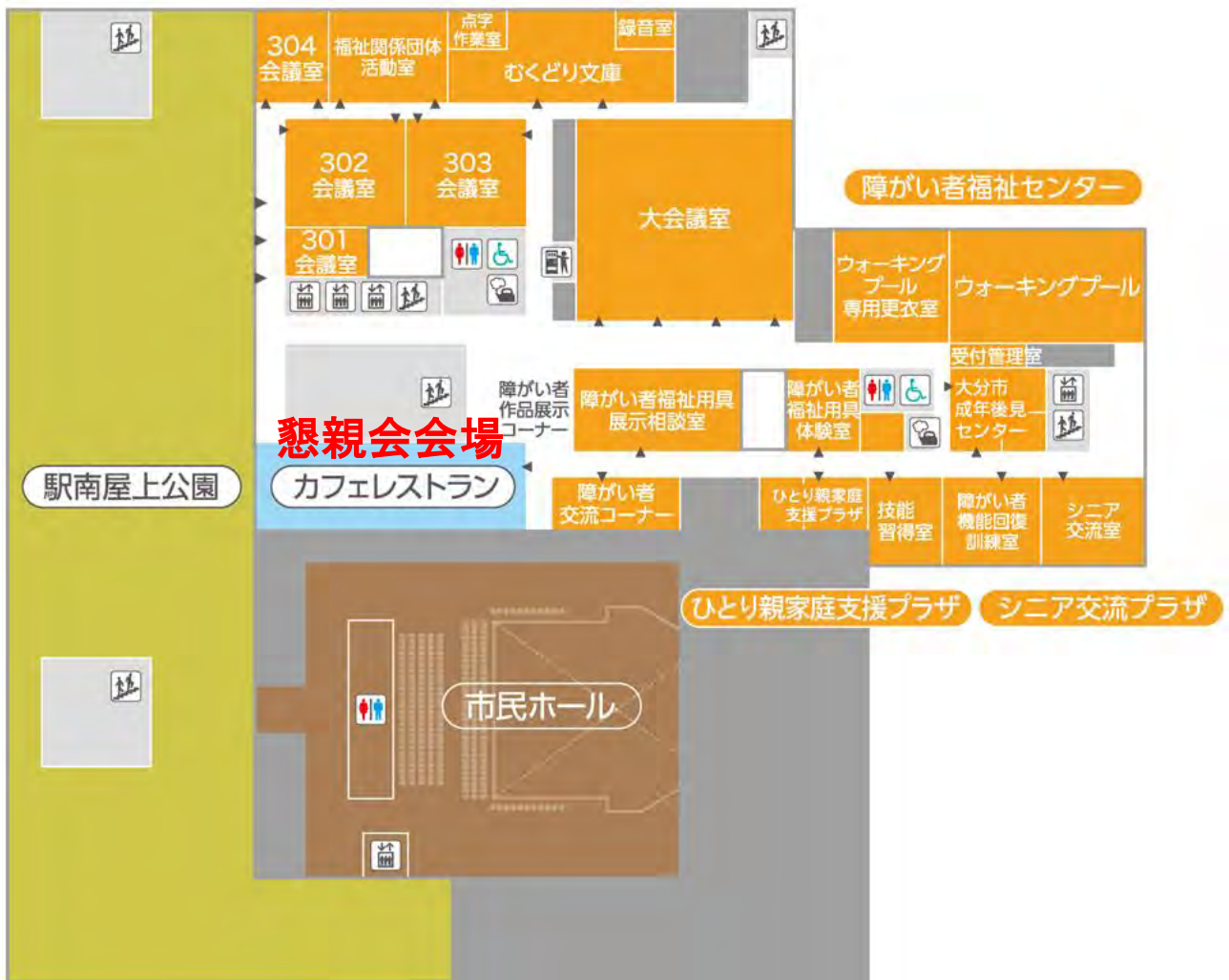
# 会場案内図

1 F





# 3F



301 会議室：クローク

302 会議室：和文誌編集委員会、一般講演、総会

303 会議室：将来計画ワーキング、自由集会、一般講演、総会

304 会議室：大会本部

## 4 F



403 会議室：幹事会、一般講演

404 会議室：ポスター発表

405 会議室：ポスター発表

410 会議室：ポスター発表

## 【発表者の方へ】

### (1)口頭発表

- ・一般講演での口頭発表時間は、発表 12 分、質疑応答 3 分の合計 15 分です。
- ・口頭発表では、液晶プロジェクターをご利用いただきます。
- ・本大会ではあらかじめ発表スライドを集めることはしません。
- ・基本は発表者が自らのパソコンを接続して使用することとします。
- ・各セッションの開始前に、問題なく映写されるかを確認されることをお勧めします。
- ・円滑な運営へのご協力をお願いいたします。

### (2)ポスター発表

- ・ポスターのサイズはポスター貼付位置（縦 160cm×横 90cm）に収まるサイズにしてください。
- ・当日は、プログラムでご自身の発表番号を確認し、自分の割り当てられたパネルにポスターを掲示してください。
- ・本大会では、ポスター発表をコアタイム制としますので、発表者は、コアタイム中は掲示ポスターの前で待機してください。

※コアタイムは 10 月 14 日（土）の 13 時 30 分～14 時 30 分です。この時間帯は、ご自分のポスターの場所に居るようにして下さい。

- ・10/14 に掲示いただいたポスターは、10/15 の 11 時まで撤収していただきますようご協力をお願いいたします。

## 【懇親会のご案内】

10 月 14 日（土）19 時～21 時

ホルトホール大分 3 階のカフェレストラン「ホルトガーデン」で懇親会を行います。懇親会に申し込まれた方はご出席下さい。

## 【昼食のご案内】

お弁当の販売等は、大会実行委員会では行いません。ホルトホール大分周辺のコンビニエンスストア、大分駅およびアミュプラザ大分内のレストラン等をご利用下さい。各会議室は飲食可能ですが、ゴミ等はお持ち帰りに頂くようお願いいたします。

## 【公開講演会】

日本陸水学会第 87 回大分大会シンポジウム

「大分の陸水環境の現状と課題・将来」

### 開催主旨

「おんせん県おおいた」を謳う大分県は、温泉の形成には欠かせない水が豊富な地域でもあります。したがって、大分では、温泉に限らず、多種多様な水をいかした様々な視点からの研究が行われ、その成果は環境保全、水資源保護、教育などに活用されてきました。本シンポジウムでは、地元の研究者や行政関係者から大分の陸水環境に関する話題を提供いただき、講演に続くパネルディスカッションで、大分の陸水環境の現状と課題について共通の認識の醸成（涵養）をめざし、将来の研究や諸活動への展望について意見交換します。

このシンポジウムにより、参加者の知見が広がり、また、大分の陸水環境への関心が深まればと考えて大会実行委員会の地元メンバーで企画しました。大勢の方の参加をお待ちしています。



日時： 10月12日（木） 15:00～19:00  
会場： ホルトホール大分・3階大会議室  
対象： 一般市民、陸水学会員  
参加費： 無料

主催：日本陸水学会第87回大分大会  
共催：おおいた水フォーラム

### プログラム

15:00 開会（受付開始 14:00）

15:00-15:05 開会挨拶 大沢信二（日本陸水学会大分大会会長）

15:10-18:00 各パネリストからの講演・報告

西垣 肇（大分大学理工学部）  
「大分県の地域の気象」

永野 昌弘（大分大学理工学部）  
「レッドデータブックからみえる大分の陸水環境の現状と課題」

川野 智美（九重ふるさと自然学校）  
「上流域の責任として～ふるさとの自然を守る・伝える・つなぐ～」

高瀬 智（大分河川国道事務所流域治水課）  
「流域治水の推進 ～これからは流域のみんな～」

大沢信二（京都大学理学研究科附属地球熱学研究施設）  
「大分市の温泉科学の歩み」

18:10-18:55 パネルディスカッション「大分の陸水環境の現状・課題・将来への展望（仮）」  
司会 大上和敏（大分大学教育学部）

18:55-19:00 閉会挨拶 占部 城太郎（陸水学会会長）

19:00 閉会



# 日本陸水学会第87回大分大会シンポジウム 大分の陸水環境の 現状と課題・将来

入場  
無料

会場：ホルトホール大分 3F 大会議室

日時：2023年10月12日（木） 15:00～19:00

## 講演・報告

西垣 肇（大分大学工学部）

「大分県の地域の気象」

永野 昌博（大分大学工学部）

「レッドデータブックからみえる大分の陸水環境の現状と課題」

川野 智美（一般財団法人セブン-イレブン記念財団 九重ふるさと自然学校）

「上流域の責任として—ふるさとの自然を守る・伝える・つなぐ—」

高瀬 智（国土交通省 大分河川国道事務所流域治水課）

「流域治水の推進—これからは流域のみんなで—」

大沢 信二（京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設）

「大分市の温泉科学の歩み」

## パネルディスカッション

コーディネーター：大上 和敏（大分大学教育学部）

主催：日本陸水学会第87回大分大会  
共催：NPO 法人 おおいた水フォーラム

ホームページ

JSLIM87



10月14日(土) 午前

下線付き講演番号：審査対象

開始時刻	302会議室	開始時刻	303会議室	開始時刻	403会議室
	<b>一般講演(午時前)</b>		<b>一般講演(午時前)</b>		<b>一般講演</b>
9:30	<u>O-A01</u> 地下水中のマイクロプラスチックに関する検討 —東京都品川区の浅層地下水を例に— *伊東 優希(立正大学院)・安原 正也(立正大) *李 盛源(立正大)・関根 一希(立正大) *向高 新(立正大)・林 武司(秋田大)	9:30	<u>O-B01</u> 堆積物DNAを用いた阿寒湖における魚類個体群動態の復元 *坂田雅之(北海道大学)・加三千宣(愛媛大学) *大槻朝(東北大学)・若菜勇(創路国際ウェットランドセンター)・源利文(神戸大学) *占部城太郎(東北大学)	9:30	<u>O-C01</u> 秋田県折戸川のイオンフラックスを用いた岩石風化由来成分量の推定 *網田和宏(秋田大学)・大場裕那(秋田大学)
9:45	<u>O-A02</u> ウニ殻を用いたミクロンサイズのマイクロプラスチックサンプルの成型とその損傷評価 *田口俊次(静岡大学)・大前隆(静岡大学)・戸田三津夫(静岡大学)	9:45	<u>O-B02</u> 実験水中の環境DNA濃度と及ぼす流れと堆積物の影響 *辻 恵実(奈良女子大・院)・土居 秀幸(京大)・片野 泉(奈良女子大)	9:45	<u>O-C02</u> 破碎した軽石の覆砂材としての効果 *井上 徹教(港空研)
10:00	<u>O-A03</u> 諏訪湖水および流入河川水中の微細なマイクロプラスチックの検出・定量 *増川 岳大(信州大)・宮原 裕一(信州大)	10:00	<u>O-B03</u> 環境DNAと階層ベイズモデルを用いた河川魚類分布推定の精緻化 *伊藤 青葉(東北大学)・香川 裕之(東北緑化環境保全株式会社)・成田 勝(東北緑化環境保全株式会社)・近藤 倫生(東北大学)	10:00	<u>O-C03</u> 富栄養湖沼の炭素循環へのカルシウムの影響評価 *時枝 隆之(気大校)・牧野 隆平(気大校)・木持 謙(埼玉県環境科学国際センター)・関根 希一(気大校)
10:15	<u>O-A04</u> 現場観測型フルスペクトル蛍光センサーの開発と琵琶湖での応用 *矢次 美貴(京工繊大院・工学系)・布施 泰明(京工繊大院・分子化学系)・初 雪(京工繊大院・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)	10:15	<u>O-B04</u> 河床間隙生物群集の調査方法の検討：採捕法と環境DNAメタバーコーディング法の比較 *大川 晴菜(奈良女子大)・中村 萌(奈良女子大)・田中 亜季(大阪公立大)・土居 秀幸(京大)・片野 泉(奈良女子大)	10:15	<u>O-C04</u> 大分川河口付近における塩分・水温・流速の観測 *西垣 肇(大分大)
10:30	<u>O-A05</u> 各種天然水中のフルボ酸の抗酸化能—化学構造特性による評価 *千古 晴菜(名大院・生命農)・兒玉 宏樹(佐賀大・総合分析実験センター)・今飯田 枝里・古川 宗志郎・渡邊 彰(名大院・生命農)	10:30	<u>O-B05</u> 昆虫類汎用プライマーMtInsects-16Sを用いた環境DNA解析の有効性 *竹中 将起(信州大)・長谷部 勇太(神奈川県環境科学センター)・谷野 宏樹(基生研)・岡本 聖矢(土木研)・東城 幸治(信州大)	10:30	<u>O-C05</u> 貯水池底質からの放射性セシウムの再溶出 *舟本 泰智(日本原子力研究開発機構)・辻 英樹(国立環境研究所)・中西 貴宏(日本原子力研究開発機構)・吉村 和也(日本原子力研究開発機構)・佐久間 一幸(日本原子力研究開発機構)・林 誠二(国立環境研究所)
10:45	<u>O-A06</u> 大分県東半島沿岸におけるラドン・塩分・航観測による海底地下水湧出地域の推定 *齋藤 圭(京大院・地熱)・三島 壮智(京大院・地熱)・大沢 信二(京大院・地熱)	10:45	<u>O-B06</u> コサナエTrigomphus melampus種特異的プライマーの開発と生息地調査への適用 *藤田 杏優(奈良女子大)・古山 暁(森と水の源流館)・内井 喜美子(大阪大谷大)・土居 秀幸(京大)・片野 泉(奈良女子大)	10:45	<u>O-C06</u> 下水道の整備によって都市の地下水水質はどのまで改善されたか？ *安原 正也(立正大)・稲村 明彦(産総研)・伊東 優希(立正大・院)・李 盛源(立正大)
11:00	<u>O-A07</u> 冬水田んぼが水田生態系の栄養循環機能に及ぼす効果 *吉岡 裕生(神戸大)・浅野 悟史(京大)・奥田 昇(神戸大)	11:00	<u>O-B07</u> 日本各地の積雪生態系で繁茂する雪氷藻類とツボカビの宿主—寄生者関係 *中西 博亮(横浜国立大)・瀬戸 健介(横浜国立大)・松崎 令(国立環境研)・植村 淳(北海道大)・竹内 望(千葉大)・鏡味 麻衣子(横浜国立大)	11:00	<u>O-C07</u> Burrowing mayfly幼虫の観察用ロボットの開発 *蓮田 裕一(帝京大・理工)・飯田 雅裕((株)ラック)・和地 延東(帝京大・理工)・角 濱 侑平(帝京大・理工)
11:15	<u>O-A08</u> 泥炭湿原における溶存有機物分解による温室効果ガス放出速度の比較 *小島 久明(東邦大院)・野原 精一(国環研)・千賀 有希子(東邦大院)	11:15	<u>O-B08</u> 河川水中微生物の細胞サイズが溶存有機物分解に与える影響 *高木 悠司(北大)・鈴木 光次(北大)・山下 洋平(北大)	11:15	<u>O-C08</u> オオシロカゲロウ幼虫のU字型巣穴の流体工学的解析 *蓮田 裕一(帝京大・理工)・飯田 雅裕((株)ラック)・濱崎 圭亮((株)ブルボン)・角 濱 侑平(帝京大・理工)・和地 延東(帝京大・理工)・杉山 均(宇都宮大・工)
11:30	<u>O-A09</u> 河川におけるナベバタムシ成虫の生息場パッチ間移動：性、成熟段階、季節による相違 *山崎 駿・加賀 谷 隆(東京大学)	11:30	<u>O-B09</u> 河川低水敷一時的水域におけるプランクトン群集の季節変化 *宇留賀 千佳(奈良女子大)・中村 萌(奈良女子大)・Kwang-Hyeon Chang(慶熙大学校)・石田 裕子(摂南大学)・土居 秀幸(京大)・竹門 康弘(京大)・片野 泉(奈良女子大)	11:30	<u>O-C09</u> オオシロカゲロウ幼虫の生息に適した河川底質 *蓮田 裕一(帝京大・理工)・和地 延東(帝京大・理工)・*角 濱 侑平(帝京大・理工)・飯田 雅裕((株)ラック)
11:45	<u>O-A10</u> 河川低水敷一時的水域における底生動物群集の変化：出水擾乱に着目して *中村 萌(奈良女子大)・石田 裕子(摂南大)・竹門 康弘(大阪公立大)・土居 秀幸(京大)・片野 泉(奈良女子大)	11:45	<u>O-B10</u> 植物プランクトン群集を対象とした動的結合ネットワークのアグリゲーション *立原 剛樹(東北大)・近藤 倫生(東北大)	11:45	
12:00	<u>O-A11</u> 温暖化由来の分布拡大種が干渉型競争を介して在来種の網獲能力におよぼす影響の評価 *長野 光希(近畿大・院・農)・平岩 将良(近畿大・農)・早坂 大亮(近畿大・農)	12:00	<u>O-B11</u> 淡水性カイアシ類Thermocyclops taihokuensisはスカベンジャーか？—行動実験による検証— *鈴木 碩通(東北大院・生命)・占部 城太郎(東北大院・生命)	12:00	
12:15	<u>O-A12</u> 裝飾を纏うトビケラ幼虫が示す筒巢形状の時空間変異 *板倉 拓人(東大院・農学生命科学・森林動物)・加賀 谷 隆(東大院・農学生命科学・森林動物)	12:15	<u>O-B12</u> 河川濾過食者はダム湖由来の流下プランクトンを減衰させるか：濾過様式による比較 *原 直子(奈良女子大)・土居 秀幸(京大)・片野 泉(奈良女子大)	12:15	



10月15日(日) 午前

開始時刻	302会議室	開始時刻	303会議室	開始時刻	403会議室
	<b>一般講演 化学・物理</b>		<b>一般講演 生物</b>		<b>一般講演 化学・物理</b>
9:30	<b>O-A13</b> 猛暑によって底層黄酸素が拡大する可能性 *篠原隆一郎(国立環境研究所)・松崎慎一郎(国立環境研究所)・渡邊未来(国立環境研究所)・中川恵(国立環境研究所)・吉田基(ゼニライトブイ株式会社)・高津文人(国立環境研究所)	9:30	<b>O-B13</b> 日本におけるツボワムシ <i>Brachionus calyciflorus</i> の分類学的再検討 *大竹裕里恵(東北大)・黒川麻伊(東北大)・丸岡奈津美(宇都宮大)・中川恵(国環研)・牧野渡(東北大)・占部城太郎(東北大)	9:30	<b>O-C10</b> 静岡県三島市における水辺空間と水環境 *谷口智雅(三重大)・山下亜紀郎(筑波大)・渡来靖(立正大)・坂本優紀(東京都立大)
9:45	<b>O-A14</b> PY-GC/MS及びFECA-MSによる琵琶湖北湖底質の化学特性解析 *初 雪(京工繊大)・木村 元幹(京工繊大)・山口 保彦(琵琶研セ)・早川 和秀(琵琶研セ)・布施 泰朗(京工繊大)	9:45	<b>O-B14</b> 気候変動下における古代湖・琵琶湖のベントス多様性の運命 *奥田 昇(神戸大)・岡本結奈(神戸大)・周金森(東京大)・北澤大輔(東京大)・伊藤雅之(兵庫大)・大高明史(弘前大)・藤林恵(九州大)・小林由紀(山口大)	9:45	<b>O-C11</b> 御嶽山南麓の無機酸性河川における糸状緑藻 <i>Klebsormidium</i> ( <i>Klebsormidiophyceae</i> ) 群落の繁茂 *野崎健太郎(福山女学園大学)・松本高孝(豊田工業高等専門学校)・田代喬(名古屋大学)
10:00	<b>O-A15</b> 児島湖水から抽出された有機配位子のFT-MSによる分析 *杉山裕子(岡山理大)・Mary Rodgers(Wayne States University)	10:00	<b>O-B15</b> カワシジュガイの環境DNA検出特性と個体群管理の可能性 *後藤益滋(株式会社リクテコンサルタント)・川崎真由美(株式会社リクテコンサルタント)	10:00	<b>O-C12</b> 透水路を用いた河川の一次生産量の計測 *内田 朝子(豊田市矢作川研究所)・山田 佳裕(香川県)
10:15	<b>O-A16</b> ナノ濾過膜を用いた湖水中の溶存有機態窒素の分子重量分析法の開発 *早川和秀、山口保彦(琵琶研)、布施泰朗(京工繊大)、中野伸一(京大生態研)	10:15	<b>O-B16</b> Cell size variation of the seasonally dominant diatom species in Lake Biwa, Japan *Deb Soumya (The University of Shiga Prefecture), Weilhoefer Christine L. (University of Portland), Fukushima Keitaro (Fukushima University), Yukiko Goda (Kyoto University), Tetsuji Akatsuka (Kyoto University), Shin-ichi Nakano (Kyoto University)	10:15	<b>O-C13</b> 屋久島溪流水質の湿性沈着物負荷に対する応答 *海老瀬 潜一(元、摂南大学)・永瀬 修(福岡工大)・川村 裕紀(キョーワ株)
10:30	<b>O-A17</b> 琵琶湖流入河川の溶存メタンの時空間変動 *土屋 健司(国環研)・霜島 孝一(国環研)・高津文人(国環研)・末吉 正尚(国環研)・沈 尚(立命館大)	10:45	<b>O-B17</b> Nutritional constraints of <i>Arthrospira platensis</i> for <i>Daphnia magna</i> : a limitation by sterols *Amare Mezgebu (Univ Shiga Pref), Xin Liu (Univ Shiga Pref, Guangxi Academy Sci), Minwyelet Mingiest (Bahir Dar Univ), Syuhei Ban (Univ Shiga Pref)	10:45	<b>O-C14</b> 都市河川における冷水性魚類の生息環境推定 *根岸淳二郎(北海道大学)
10:45	<b>O-A18</b> 南極湖沼における微生物由来溶存有機物の分子的多様性の規定要因 木田森丸(神戸大院農)	11:00	<b>O-B18</b> Sulfur-based microbial nutrient cycling in a brackish meromictic lake *TSUJI Jackson M. (海洋研究開発機構)・渡邊友浩(北海道大学)・福井 学(北海道大学)	11:00	<b>O-C15</b> 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) *吉田 丈人(東京大・地球研)
11:00		11:15	<b>O-B19</b> 放射性セシウム吸収抑制に関わる淡水魚腸内細菌の探査 *石井 伸昌(豊研機構)・風呂田 利夫(東邦大)	11:15	
11:15		11:30	<b>O-B20</b> 琵琶湖南湖における夏季の沈水植物と底生動物の変動(2011~2022年) *井上 栄社・石川 可奈子(滋賀県琵琶湖環境科学研究中心)	11:30	
11:45		11:45		11:45	

## ポスター発表 10月14日（土）～10月15日（日）

（コアタイム：10月14日（土）13：30～14：30）

下線付き講演番号：審査対象

### **P01** 都市の浅層地下水の起源について - 東京都世田谷区北烏山地区を例に -

\*伊東 優希（立正大大学院）・安原 正也（立正大）・李 盛源（立正大）・高橋 正明（産総研）・福井 弘樹（晃株式会社）

### **P02** 半閉鎖性水域谷津干潟における底質環境の違いが栄養塩動態に与える影響

\*小林 諒磨・松原 優士・加藤 元輝（東邦大・院）・長谷川 大輔・深堀 一霸（東邦大）・千賀有希子（東邦大・院）

### **P03** 蛍光X線分析による琵琶湖北湖における懸濁物質の動態解析

\*藤原 茉那（京都工芸繊維大院・工学科学）・布施 泰朗（京都工芸繊維大学・分子科学系）・初 雪（京都工芸繊維大学・分子科学系）・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）

### **P04** ため池の溶存炭素動態と二酸化炭素放出・吸収機構

\*宮下 直也（兵庫県立大・姫路科学館）・伊藤 雅之（京都市大）・坂部綾香（京都市大）・山本彦（京都市大）

### **P05** 谷津干潟における溶存態有機窒素（DON）の挙動

\*加藤元輝・小林諒磨・松原優士（東邦大院）・野原精一（国環研）・千賀有希子（東邦大院）

### **P06** 湖沼における溶存有機物の内部負荷は、考えられているよりも大きい可能性がある

\*仲才 香鈴（北里大、横浜国立大）・眞家 永光（北里大）・樽屋 啓之（北里大）

### **P07** 淀川および大和川の河川水中におけるマイクロプラスチック汚染実態

\*相子 伸之・近藤 美麻（大阪環農水研）

### **P08** 農業流域における湿地の分布は河川窒素濃度にどう影響するか？

\*木塚 俊和（道総研・エネ環地研）・三上 英敏（道総研・エネ環地研）・長谷川 祥樹（道総研・エネ環地研）・山口 高志（道総研・エネ環地研）・真里谷 隆（別寒辺牛川・ホマカイ川流域環境保全協議会）・吉田 直史（別寒辺牛川・ホマカイ川流域環境保全協議会）

### **P09** 利根運河の有機物汚濁に対する底質の寄与

\*坂本 光也（東京理科大院・理）・関 陽児（東京理科大院・理）

### **P10** 汽水湖と淡水湖における溶存有機物の分子サイズ分布

\*霜鳥 孝一・今井 章雄（国環研）

### **P11** MIMSによるN<sub>2</sub>/Ar測定を利用した内湖での脱窒量推定

\*富岡知玄（滋賀県立大学大学院） 尾坂兼一（滋賀県立大学） 木庭啓介（京都大学） 中村高志（山梨大学）

### **P12** 関東・甲信越・南東北地域の温度成層型湖沼を対象とした生物地球化学的特性の比較

\*板井 啓明（東京大）・石水浩喜（東京大）・平山耕太郎（東京大）・佐藤佑磨（東京大）・田柳紗英（東京大）・大音周平（東京大）・砂村倫成（東京大）

### **P13** 福島県浜通りにおける森林域からの放射性セシウム流出について

\*樊 少艶（福島県環創セ）

### **P14** 淡水湖におけるメチルホスホン酸の定量と分布

\*丸尾雅啓（滋賀県立大）・山本知季（滋賀県立大院）・小畑元（東大大気海洋研）・岩田智也（山梨大）

### **P15** 諏訪湖におけるネオニコチノイド農薬の季節変動

\*宮原 裕一（信州大学）・塔川岳大（信州大学）・池中良徳（北海道大学）

## ポスター発表 10月14日（土）～10月15日（日）

（コアタイム：10月14日（土）13：30～14：30）

下線付き講演番号：審査対象

**P16** 降海型および河川型ウグイの系統関係について

\*池尾僚太・河合幸一郎・斉藤英俊（広島大学大学院）

**P17** 温暖化下において殺虫剤はどの栄養段階の生物群集に影響するか

\*石若直人（近畿大・院・農）・平岩将良（近畿大・農）・橋本洗哉（弘前大・農生）・土屋健司（NIES）・角谷拓（NIES）・早坂大亮（近畿大・農）

**P18** 環境DNA分析を用いたニホンウナギのハビタット推定

\*國政祐太（神戸大学大学院）・橋本渚（神戸大学大学院）・源利文（神戸大学大学院）

**P19** 青森県八甲田山における彩雪現象：緑雪や赤雪の色の違いは何の違い？

\*高階真丈（横浜国立大）・中西博亮（横浜国立大）・松崎令（国立環境研）・鏡味麻衣子（横浜国立大）

**P20** 淡水生ハリガネムシの集団遺伝学的特性

\*谷聖太郎・河合幸一郎（広島大院）

**P21** Role of saprotrophic chytrids on two large desmids (*Staurostrum* and *Micrasterias*) in Lake Biwa

\*Duangmany Phongsa (Yokohama National University), \*Tatsuro Hashizume (Yokohama National University), \*Kensuke Seto (Yokohama National University), \*Syuhei Ban (University of Shiga Prefecture), \*Maiko Kagami (Yokohama National University)

**P22** 播磨地域のため池が流下する有機物と栄養塩に与える影響

\*山本彦（京都大学大学院農学研究科）・坂部綾香（京都大学大学院農学研究科）・宮下直也（兵庫県立大学/姫路科学館）・勝山正則（京都府立大学大学院生命環境科学研究科）・小杉緑子（京都大学大学院農学研究科）・伊藤雅之（京大生存研 RISH, Kyoto Univ.）

**P23** 餌環境の違いによるカブトミジンコのろ過スクリーン面積への影響

\*米山貴将（富山県立大）・永田貴丸（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）・坂本正樹（富山県立大）

**P24** 諏訪湖における湖面カメラを用いたアオコ・花粉モニタリング手法の検討

\*田中駿（横浜国立大学）・宮原裕一（信州大学）・小熊宏之（国立環境研究所）・鏡味麻衣子（横浜国立大院）

**P25** セルロース分解能に注目した底生動物の摂食機能評価

\*石川俊之（滋賀大学）・堀本涼香（滋賀大学卒）・田代和也（滋賀大学卒）

**P26** 尾瀬ヶ原湿原に現れる鉄酸化物堆積物（アカシボ残存物）とメタンフラックスの関係

\*梅澤和寛（静岡県立大）・福井学（北海道大）・Jackson Thuji (JAMSTEC)・野原精一（国立環境研究所）・谷幸則（静岡県立大）

**P27** 大水深淡水湖を対象とした微生物網羅的環境ゲノムデータベースの構築

\*岡崎友輔（京都大）・大八木英夫（南山大）・程木義邦（中部大）・知北和久（北海道大）・齋藤圭（京都大）・中野伸一（京都大）

**P28** 時系列データを用いた琵琶湖の新参ツヅミモ (*M.hardy*) と古参ツヅミモ (*S.dorsidentiferum*) の競争関係の解析

\*笠田実（東北大）橋爪達郎（横浜国立大）、Alex Duangmany Phongsa（横浜国立大）、鏡味麻衣子（横浜国立大）

**P29** 日向湖で実施した海水完全循環湖における細菌群集構造の時空間的分布解析

\*片岡剛文（福井県大）・中村雄浩（福井県大）・三木一平（福井県大）・近藤竜二（福井県大）

**P30** 牛久沼の懸濁態・溶存態有機物の変動状況

\*木村夏紀・長濱祐美・福田聡（茨城県霞ヶ浦環境科学センター）



## ポスター発表 10月14日（土）～10月15日（日）

（コアタイム：10月14日（土）13：30～14：30）

下線付き講演番号：審査対象

- P31** 銅によるミジンコの形態変化の抑制と個体群動態への影響  
\*坂本 正樹（富山県立大）・神戸一喜（富山県立大）・田中涼介（富山県立大）
- P32** 貧栄養湖としての猪苗代湖の特徴  
\*篠崎真希（福島県環創セ）・林暁嵐（茨城大・農学部）
- P33** Ecological role of artificial water channel in fish diversity and food web structure  
\*Yerim Choi (Kyung Hee University)
- P34** 木曾三川の特性を生かした管理変更で天然アユを殖やす提案  
\*戸田 三津夫（静岡大）
- P35** 日本における双翅目ケヨソイカ科の分布について  
直井 義博（無所属）・\*永野 真理子（京都先端科学大）
- P36** 霞ヶ浦における過去と現在の生物現存量の比較  
\*長濱祐美・大槻和弘・大内孝雄・福田聡（茨城県霞ヶ浦環境科学センター）
- P37** 地下水の河畔動植物への波及  
\*根岸淳二郎（北海道大学），Song Yuen Yuen（北海道大学），松原一平（北海道大学），森崎夏輝（北海道大学）
- P38** 低周波振動を用いたアオコ制御方法の試み  
\*永峯 亮弥（信州大学理）・二木 功子（信州大学理）・朴 虎東（信州大学理）
- P39** 環境DNA分析を用いたイシガイ科淡水二枚貝の生息状況調査  
\*日野 淳郎・横田 雅弘・藤井 俊樹・阿部 由克・前田 傑・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）
- P40** シマトビケラ科若齢幼虫の室内飼育の試み  
\*横山淳史・稲生圭哉（農研機構）
- P41** 環境DNA解析に用いるステリベクスフィルター抽出時にける注意点とその改善策について  
\*後藤益滋（株式会社リクチコンサルタント）・川崎真由美（株式会社リクチコンサルタント）・小室隆（関東学院大学）
- P42** 碗洗いの風習とハス葉面の朝露との関係  
\*河野 忠（立正大）・松田真歩（東京ガスネットワーク）
- P43** 理数を中心とした探究活動に対する中高生の意識調査  
\*広谷 博史（大阪教育大学）
- P44** 産卵環境が固有種"ビワマス"へ与える影響  
\*高橋朋晃（大住中学校）・桑原雅之（びわ湖トラスト）・熊谷道夫（びわ湖トラスト）
- P45** オオカナダモの成長を抑える刺激とは  
\*園田悠陽，井上一輝，森 海晴（日田高校）
- P46** 効率の良い種イモの使用法  
\*鳩石栞菜 \*御手洗初音 \*八木彩子 \*石田愛理（大分県立佐伯鶴城高等学校）

一般講演

# 302 会議室

O-A01 ~ O-A18

日時：10月14日（土）9時30分～12時30分

10月15日（日）9時30分～11時00分

\*伊東優希 (立正大・院), 安原正也, 李 盛源, 関根一希,  
向高 新 (立正大・地球環境), 林 武司 (秋田大・教育)

## 1. はじめに

都市の浅層地下水の起源や水質形成プロセスの解明を目的とした研究を東京都内で実施している。その過程において、日本有数の人口密集地である品川区北品川地区の浅層地下水中にマイクロプラスチック (以下, MPs) が確認されたので速報として報告する。

## 2. 材料と方法

2021年8月 (豊水期) と2022年2月 (渇水期) の北品川地区の7地点の井戸 (深度約12 m, 図1) を対象に、都市の浅層地下水の涵養源と考えられる降水浸透水, 水道漏水, 下水漏水の寄与率を $\delta^{18}\text{O}$ と $\text{Cl}^-$ 濃度に基づく3成分混合解析により算出した。その結果、下水漏水の寄与率は、地点N2, N4でそれぞれ豊水期には48%, 4%, 渇水期には49%, 26%という高い値が得られた。また、両地点では陰イオン界面活性剤や大腸菌, 医薬品類も検出された (伊東ほか, 2022)。

下水漏水に由来すると考えられる人為起源物質を含む地点N2, N4において、MPsの検出有無の確認を目的に採水を実施した (2022年8月)。採水にはテフロン製のベラーを使用し、地下水試料は260 mLのステンレス容器に保存した。地下水試料は実験室においてステンレスメッシュ (目開き26  $\mu\text{m}$ ) でろ過した。ろ過量は地点N2が260 mL, 地点N4が780 mL (260 mL $\times$ 3) である。有機物を分解するため、ろ過後の残渣に $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%) を滴下し、その後恒温器に入れ60 $^\circ\text{C}$ で一晩加熱した。

## 3. 結果・考察

以上の前処理の結果、地点N2では29本, 地点N4で

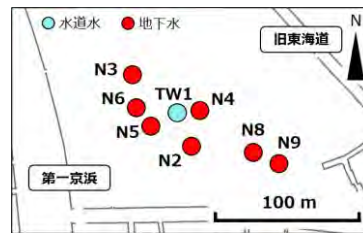


図1 東京都品川区北品川地区の調査地点 (基図は国土地理院地図)。

は7本の繊維状の残渣が確認された。これらのうち、地点N2の繊維状の2本 (図2 (A)) と地点N4の繊維状の3本をフーリエ変換赤外分光光度計 (以下, FT-IR) を用いた透過法で分析し、繊維状の残渣の同定を行った。

FT-IR で得られた波数から、5本とも MPs であることが明らかとなった。地点N2の2本はいずれも Acrylonitrile (図2 (A, B)), また地点N4の3本はそれぞれ Teflon, Polyester および Acrylonitrile と同定された。河川水や海水中からの MPs の検出例はこれまで内外で多数報告されているが、本研究の結果から、地下水にも相当量の MPs が存在していることが明らかとなった。前述の通り、地点N2, N4の地下水には豊水期, 渇水期とも下水漏水の混入が推定されることから、今回検出された MPs も下水漏水由来であることが強く示唆される。一方、研究地域は東京湾に近いことから、MPs が地下水経由で海洋にもたらされる可能性もある。環境保全の面からも、地下水中の MPs の密度や空間分布, 帯水層中での移動特性について、今後検討を進めてゆく必要がある。併せて、地下水試料の採取や前処理法の検討を通じ、地下水中の MPs の調査・分析手法の確立と高精度化を課題としたい。

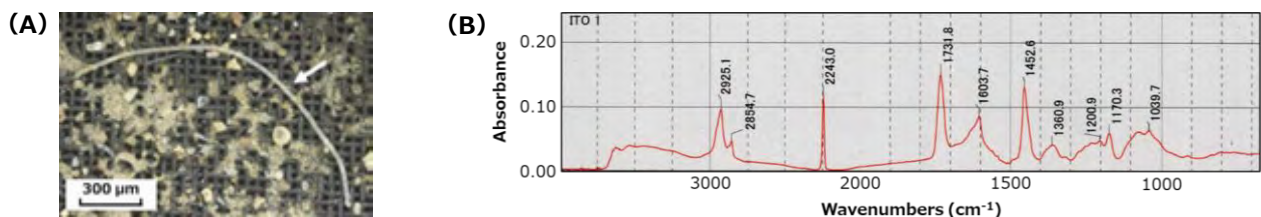


図2 (A) 地点N2の地下水中のMPs (材質はAcrylonitrile)。2023年7月撮影 (伊東優希)。  
(B) FTIRを用いた透過法による (A) の波数の分析結果。



## ウニ殻を用いたミクロンサイズの マイクロプラスチックサンプルの成型とその損傷評価

\*田口俊汰（静岡大学），大前陸（静岡大学），戸田三津夫（静岡大学）

### 1. はじめに

大きさ5 mm以下のプラスチック粒子(マイクロプラスチック (MPs))は環境中に膨大に漏出しており、重量あたりの表面積が大きいことから、汚染物質を吸着しやすく、多くの生物に取り込まれる。そして、食物連鎖によって、ヒトにも害を及ぼす可能性が示唆されている。

環境中のMPsの実態を掴むために、様々な方法で調査が行われている。例えば海洋では、海水からプランクトンネットで採取 → 夾雑有機物除去 → ピッキング → 素材分析といった手順で行われている。しかし、0.3 mm以下のMPsについては、現在の調査方法が妥当である確証がない。

本研究ではその問題を解決するべく、ウニ殻内側の微小空隙を鋳型として各種プラスチックを成型することで、ミクロンサイズのMPs標品を作製した。標品により、同一構造のミクロンサイズMPsの取り扱い方法の評価が可能になる。

### 2. 材料と方法

初めに、ウニ殻を用いてプラスチックを溶融成型するための装置を作成した (Figure 1)。熱電対温度センサーを持つ温度調節器を用いて、はんだごてに装着した外径4 mmのCu棒を加熱し、ポリエチレン(PE)とポリプロピレン(PP)を溶融させてウニ殻に押し当て成型した。その後、1 M HClで処理してウニ殻を溶解除去し、表面にミクロな突起構造を持つMPsサンプルを得た。

次に、MPsサンプルをマイクロチューブに入れ、夾雑有機物除去で用いられる酸(60~61% HNO<sub>3</sub>)、塩基(10% KOH)、酸化剤(5 mmol/L KMnO<sub>4</sub>、5 mmol/L K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)、30~35.5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>をそれぞれ2 mLずつ加えて、60 °C、処理時間は1時間と24時間とした。損傷評価は、カメラ付光学顕微鏡で、処理前と処理後の同一部分の表面の状態を撮影し、形状の変化を比較した。

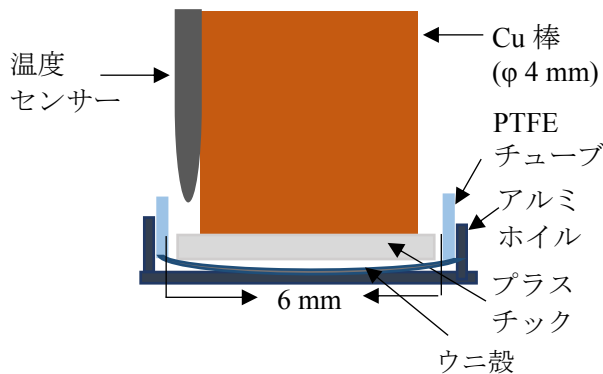


Figure 1. 溶融成型装置の概要

### 3. 結果

PEを、184~203 °CのCu棒を用いて、1時間、ウニ殻に融着したあと、冷却固化させ、1 M HClでウニ殻を除去すると、目的とするサンプルが得られた (Figure 2)。PPも、同様に2時間融着し、目的とするサンプルを得た。

また、Cu棒をホールドするはんだごての上部におもりを乗せて、圧力を調節しながらプラスチックを溶融させると、圧力を加えなかった場合に比べて、ウニ殻の微小空隙のより奥の方までプラスチックが流入することが、SEM観察によって示された。

MPsサンプルを各溶液で処理した際の損傷評価では、倍率を60倍と150倍にして観察を行ったが、形状の変化を、光学顕微鏡で撮影した画像によって判断することは困難であった。特に、ミクロンサイズの突起構造の変化を判断することは困難であった。

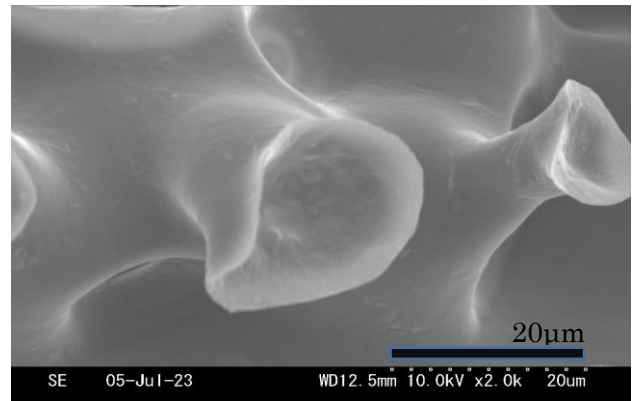


Figure 2. ウニ殻で成型したPEのSEM画像

### 4. 考察

ウニ殻の微小空隙に対応する構造の凸部を持つMPsサンプルを作成した。

MPsサンプルの損傷評価として、光学顕微鏡を用いて処理前と処理後のMPsサンプルの形状の変化を観察したが、ミクロな部分の観察と評価が困難であった。今後は、SEMの使用を検討する。

現在は、PEとPPを用いて実験を行っているが、今後はポリアミドやポリエステルなど他のプラスチックポリマーについても検討する。

### 5. 文献

Meng X et al. (2023) : Hierarchical structure design of sea urchin Shell-Based evaporator for efficient omnidirectional Solar-Driven steam generation. *Journal of Colloid Interface Science*, 643: 247-255.

\*埜川岳大（信州大・院），宮原裕一（信州大・院）

## 1. はじめに

プラスチックは世界中で使用されているが、環境中へ放出されると長期間残存し、生態系に悪影響を与える恐れがあるため、プラスチック汚染は世界的な問題となっている。中でも、マイクロプラスチック（以下、MPs）は一般的に直径 5 mm 以下のプラスチック片と定義され、微細なものほど容易に生物体内へ取り込まれ、より生物に悪影響を与えることが指摘されている。しかし、調査対象となる環境中の主な MPs は粒径 1 mm 以上のものであり、1 mm 未満の MPs の環境中での調査数は少ない。また、本研究の調査地である諏訪湖などの陸水域における MPs の調査数も海洋と比較して少ない。本研究では、諏訪湖水と流入河川水中の 1 mm 未満の微細な MPs の存在実態を明らかにし、環境中 MPs の分布に影響を与える要因を解明することを目的とした。

## 2. 材料と方法

2022 年 10 月と 11 月、2023 年 4 月の 3 回、諏訪湖表層水（湖心）と流入河川表層水（主要 4 河川の河口付近）を金属製のジョッキを使用して採水した。また、2023 年 4 月は、ハイロート採水器を使用して、諏訪湖湖心で水深 0m・3m・5m の水も採水した。採水した水はニトロセルロースフィルターを用いて吸引る過することで MPs を含んだ懸濁物質を捕集後、強力な酸化分解法であるフェントン反応によって懸濁物質に含まれる天然有機物を分解した。（プラスチックは化学的に安定な物質であるため、この反応では分解されにくい。）分解した試料は、疎水性環境下で蛍光を発する Nile Red で染色して GF/C 上に捕集し、プレパラートを作成して蛍光顕微鏡下で MPs の蛍光検出を行った。検出には ImageJ を使用し、MPs 数密度、蛍光面積（MPs 量）、MPs 粒径組成を算出した。ブランク試験は GF/C でろ過した蒸留水を対象に上記の方法で（繰り返し 5 回）行った。MPs 数密度と蛍光面積は実際に得られたデータから、ブランク試験によって得られた値を差し引いて補正した値である。補正値が 0 以下となったものについては定量下限以下とした。

## 3. 結果

今回採水した全ての試料から粒径 4  $\mu\text{m}$  以上の MPs が検出され、諏訪湖表層水では、1.34~3.28 個/100 mL ( $n=3$ )、流入河川表層水では、0.07~0.43 個/100 mL ( $n=8$ ) の MPs が検出された。また、蛍光面積（MPs 量）は諏訪湖表層水よりも流入河川表層水の方が多かった。諏訪湖表層水と流入河川表層水に含まれていた 1 mm 以下の MPs の粒径組成を比較すると、河川水中の MPs の方が、湖水中の MPs よりも粒径が大きいものの割合が高かった。

諏訪湖湖心の MPs 数密度（鉛直分布）は、表層水中（3.28 個/100 mL）が最も多かった（3m : 0.21 個/100 mL, 5m : 0.39 個/100 mL）。蛍光面積（MPs 量 : 鉛直方向）は 5m（7177  $\mu\text{m}^2$ /100 mL）が最も多く（0m : 952  $\mu\text{m}^2$ /100 mL, 3m : 909  $\mu\text{m}^2$ /100 mL）、各水深の MPs 粒径組成の比較では、3m・5m の MPs は 0m の MPs と比較して粒径が大きいものの割合が高かった。また、水深 5m の水からは長さ 1mm 程度の繊維状の MPs が検出された。

## 4. 考察

諏訪湖水と流入河川水に含まれている MPs 数密度や、粒径組成比較、諏訪湖水中の MPs 数密度・粒径組成（鉛直分布）比較から、表層水中の MPs は紫外線や波の影響によって細分化していると考えられる。先行研究では、紫外線や波によるプラスチックの劣化が報告されており、諏訪湖表層でも同様に MPs が細分化する現象が生じたと考えられる。

水深による MPs 量・粒径組成の違いは MPs の比重の違いが考えられる。先行研究では植物プランクトンの付着による MPs の比重の増加が報告されており、諏訪湖でも同様に植物プランクトンが MPs に付着し、比重が増加することで水深 5m（底層水）に MPs が沈降したと考えられる。また、水深 5m の水から採取された繊維状 MPs の発生源は一般的に衣服や漁具の劣化が知られており、材質は 1 より比重の大きい PET や Nylon が主に使われるため、繊維状の MPs は諏訪湖底層に沈降したと考えられる。

# O-A04

## 現場観測型フルボ酸様蛍光センサーの開発と

### 琵琶湖での応用

\*矢次 美貴（京工織大院・工芸科学）、布施 泰朗（京工織大院・分子化学系）、初 雪（京工織大院・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）

#### 1. はじめに

琵琶湖では湖底付近に晩秋にかけて周辺よりも濁度が高く貧酸素化が進行した貧酸素水塊が形成される。この水塊内には未解明な物質動態が存在し、比較的豊富に存在するフルボ酸の、物質変化における電子伝達の消費と促進に際して変化する蛍光特性との関連性に注目した。水環境における溶存有機物質(DOM)の特性評価法としては蛍光法がよく用いられている。その中でも、三次元励起蛍光マトリックス法(3DEEM法)はDOMの一次特性評価に有効な手法である。近年、現場観測型蛍光センサーの開発がLEDや光センサーの性能の飛躍的な向上により進んでいるが、さらに最適化が必要な状況であった。そこで琵琶湖のような低DOM濃度の水中でも選択的にフルボ酸様蛍光を感知し、モニタリングできる、現場観測型フルボ酸様蛍光センサー(FDOMセンサー)を開発し、琵琶湖北湖深水層域に応用した。

#### 2. 方法

FDOMセンサーはJFEアドバンテック(株)の蛍光濁度センサーの高濁度センサー部分をFDOMセンサーに置き換えて制作した。励起光は発光ダイオードを用いて $365 \pm 5 \text{ nm}$ になるように設定した。光センサー部分には波長カットフィルターを組み合わせることで受光波長を調整した。また、濁度計と水温計も同個体に装備した。2022年10月から2023年8月にかけて琵琶湖北湖今津沖中央(St. 17B, 水深約90m)にて、2022年11月にはSt. 17Bに加えて東に3地点(St. E1, E2, E3)にてFDOMセンサーで測定を行った。また、湖水試料は多筒採水器AWS(JFEアドバンテック(株))を用いて水深別に採取した。湖水は実験室に持ち帰り、孔径 $0.22 \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターで吸引る過後、三次元蛍光スペクトルを蛍光分光光度計(RF-6000: (株)島津製作所)で分析した。

#### 3. 結果

琵琶湖北湖底質から簡易抽出したフルボ酸を用いて検量線を作成したところ、良い直線性を示し、低濃度のフルボ酸に対して高感度に応答していることが確認できた。開発したFDOMセンサーは温度変化と負の相関を示したため、現場水温によりセンサー値を補正する必要があった。測定の結果、センサー補正值から計算されたフルボ酸濃度は、蛍光分光光度計と同様の精度で観測できることが確認できた(Fig. 1)。

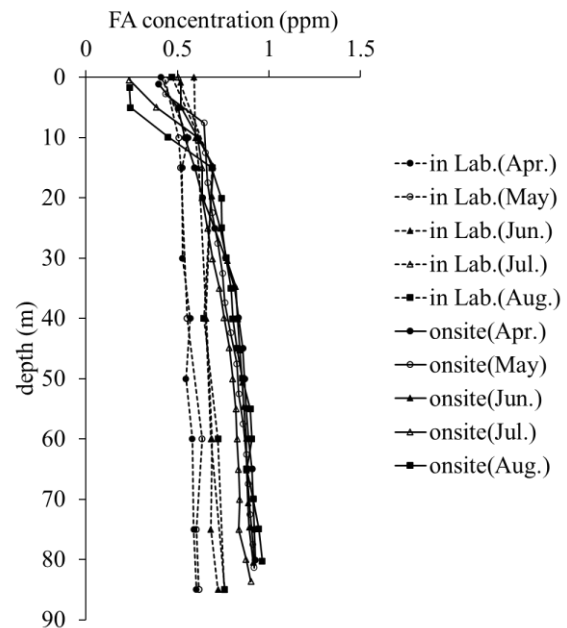


Fig. 1 Measurements taken by field and laboratory methods (St. 17B, Apr. - Aug. 2023)

#### 4. 考察

開発したFDOMセンサーは感度および応答性は良好であり、低濃度のフルボ酸様蛍光強度でも高い時間解像度で高感度モニタリングが可能である。しかし、FDOMセンサー値と採水試料の蛍光分光光度計による蛍光強度の測定値と一部で解離したことから現場環境と実験室環境でFDOMの蛍光特性に違いがあることが推測された。

## 各種天然水中のフルボ酸の抗酸化能 —化学構造特性による評価

\*千古 晴菜 (名大院・生命農), 兒玉 宏樹 (佐賀大・総合分析実験センター),  
今飯田 枝里, 古川 宗志郎, 渡邊 彰 (名大院・生命農)

### 1. はじめに

土壌、陸水、海水および堆積物中には生物の遺体や代謝産物に由来する水溶性あるいはコロイド状の暗色有機物が存在し、腐植物質と総称される。それらのうち、酸・アルカリのいずれにも可溶なものはフルボ酸と呼ばれ、天然水中の溶存有機物の10~90%を占める。フルボ酸は構造中にフェノール部位、キノン部位を持ち、物質の酸化還元や抗酸化活性による生物のストレス軽減に関わっていると考えられている。しかし、各種天然水中に含まれるフルボ酸について、抗酸化能の比較や化学構造特性との関係を調べた例はない。本研究では、河川水、海水、湖水および泥炭湿地地下水から調製したフルボ酸21試料について抗酸化活性の測定と各種構造分析を行い、得られた化学構造特性に基づいてフルボ酸の抗酸化能の差異を評価した。

### 2. 材料と方法

試料には、十勝川河川水2試料、筑後川水系河川水9試料、泥炭湿地河川水5試料、熱帯泥炭湿地地下水2試料、表層海水・深層海水各1試料からIHSS法に準じて調製したフルボ酸および琵琶湖湖水フルボ酸標準試料を用いた。

各フルボ酸を5段階の濃度で水-エタノール(1:1)に溶解し、DPPHラジカル消去活性を測定してEC<sub>50</sub>( $\mu\text{g C assay}^{-1}$ )を求めた。また、フェノール性水酸基(OH)含量( $\text{mmol g}^{-1}$ )をフォリン・チオカルト法、有機フリーラジカル含量( $\text{spin g}^{-1}$ )を固体電子スピン共鳴法、各種構造成分を熱的支援加水分解およびメチル化(Thermally-assisted hydrolysis and methylation; THM)-GC/MSによりそれぞれ測定した。THM-GC/MSでは、ノナデカン酸を内部標準、ステアリン酸、バニリン等を外部標準として用いて各化合物の収量を求めた。

### 3. 結果

フルボ酸のDPPHラジカル消去活性は試料間で有意に異なり、EC<sub>50</sub>(67~375  $\mu\text{g C assay}^{-1}$ )として5倍

以上の差が認められた。EC<sub>50</sub>は、泥炭湿地河川水フルボ酸で低い傾向があり、一方、深層海水フルボ酸および琵琶湖湖水フルボ酸で高かった。また、有機フリーラジカル含量( $4.7 \times 10^{16} \sim 24.5 \times 10^{16} \text{ spin g}^{-1}$ )にも5倍、フェノール性OH含量(0.015~2.91  $\text{mmol g}^{-1}$ )には最大200倍の差が認められた。THM-GC/MSでは、延べ48のフェノール化合物が検出され、そのうち28種が半数以上の試料で共通して検出された。フルボ酸のEC<sub>50</sub>は、有機フリーラジカル含量およびフェノール性OH含量との間に有意な負の相関を示し、有機フリーラジカル含量とフェノール性OH含量との間には有意な正の相関が存在した。また、THM-GC/MSで半数以上の試料で共通して検出されたフェノール化合物のうち10種の収量は、有機フリーラジカル含量と有意な正の相関を示し、さらに、その中で2-ヒドロキシトルエン、3,4-ジヒドロキシベンゾフェノン、ピロガロール(1,2,3-トリヒドロキシベンゼン)の収量はEC<sub>50</sub>の間にも有意な負の相関を示した。

### 4. 考察

各種分析の結果より、フルボ酸の抗酸化能には、フェノール成分に由来する有機フリーラジカルが大きく寄与していることが示唆された。その中でも、抗酸化活性への寄与が大きいと考えられた2-ヒドロキシトルエン、3,4-ジヒドロキシベンゾフェノン、ピロガロールの3化合物は、いずれもオルト位またはパラ位に置換基を持つことから、比較的容易に酸化し、プロトンを放出することによってラジカルを捕捉しうると推察された。

また、3,4-ジヒドロキシベンゾフェノンおよびピロガロールは、それぞれリグニン、タンニンに由来すると推察され、泥炭湿地の地下水や河川水中のフルボ酸のように、植物に由来するフェノール成分を多く含むフルボ酸は高い抗酸化能をもち、一方、陸性の物質の影響が少ない湖水フルボ酸や海水フルボ酸は、フェノール成分が少なく、抗酸化能が低いと考えられた。



# 大分県国東半島沿岸における 曳航観測による海底地下水湧出地域の推定

\*齋藤 圭, 三島壮智, 大沢信二 (京都大院・地熱)

## 1. はじめに

地下水の水質組成や駆動力に関係なく、大陸や島の縁辺部を通じて海底から沿岸域へと湧出する水は海底地下水湧出 (Submarine Groundwater Discharge: SGD) と定義される。SGD の流入量は河川水の海へのそれと比較して僅か 1%以下程度であると見積もられているが、溶存濃度は河川水よりも何倍も高いとされる。局所的な湧出であっても、沿岸域に与える影響力は高く、SGD の実態把握とそれに関する研究を進めていくためにも、SGD の分布とその地域特性を理解する必要がある。本研究では、沿岸域における SGD の広域探査とそれに関連する地理情報の整理を目的とし、国東半島沿岸を対象に  $^{222}\text{Rn}$  と塩分の曳航観測と「ミキシング・ダイアグラム」(例えば、杉本ほか, 2014 など) による SGD 分布域の推定を行なった。また、周辺の地質や地形に関する情報を整理し、SGD が分布する地域の地理的特徴について考察した。

## 2. 材料と方法

曳航観測は国東半島沿岸域 (観測距離 104.7km) を 9 分割し、2022 年の秋と 2023 年の春に各観測ルートにつき半日もしくは 1 日かけて行った。測定項目は、大沢ほか (2022) に記載の観測装置により、溶存ラドン ( $^{222}\text{Rn}$ ) 濃度および気液平衡装置内の温度、水温、電気伝導度 (EC: Electric Conductivity; 解析では塩分 (PSU) に換算して用いた) である。

## 3. 結果

PSU と  $^{222}\text{Rn}$  濃度の関係から地下水の影響の有無を把握する解析法として、「ミキシング・ダイアグラム」を適応させた結果、当地域における SGD は広範囲に渡り認められるが、特に国東半島南部と北西部を中心において、河川水の流出と相まって海水の塩分低下を及ぼしていることが示された。また、北部や南東部においては河川水の影響の小ささに対して、混合率の割合が比較的高い傾向にあることから、SGD の影響を強く反映させている。

## 4. 考察

SGD が形成、出現する原因として、陸や海に限らず湧水は地下水の露頭であることから、SGD が存在する地域には陸域にも湧水が存在する可能性がある。断層、地質、陸域の湧水地点 (河野, 2004) の分布と SGD 推定域を重ねてみると (図 1)、南部では日出沖断層群の存在が認められており、当地域における SGD 形成の背景の一因として、地殻運動の影響が示唆された。北西部から北部一帯にかけてはリアス式海岸の内湾部に湧水が複数あることから、その延長として沈水部でも SGD が存在していると考えられる。南東部では地質境界に湧水が多く現れる新第三期安山岩帯の延長に属することから、地質境界と SGD の関係が示唆された。

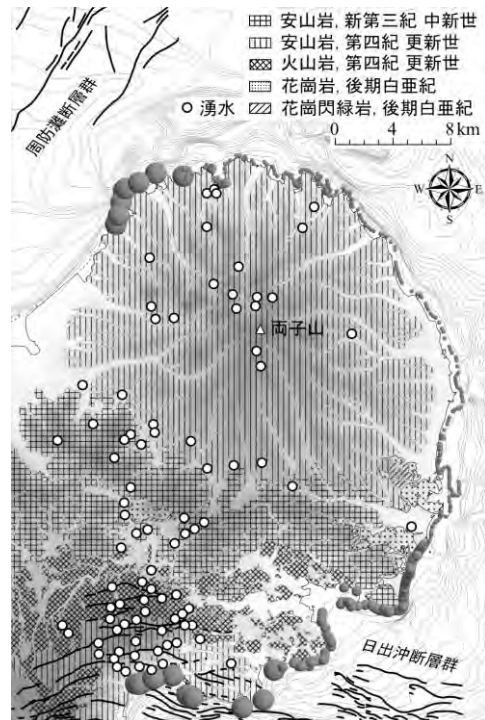


図 1 SGD 推定域と地質・湧水情報の比較  
沿岸の黒球は SGD の推定地点を表し、大きさは  
陸水の混合率 (1.5 ~ 35%) を示す。

### 参考文献

- 大沢信二・岸田立・本田尚美・三島壮智・杉本亮・谷口真人 2022. ラドン曳航調査でみた別府湾沿岸の海底温泉湧出. 陸水物理学会誌 4(1): 3-13.  
河野忠 2004. 大分県における湧水・地下水の水文学的研究. 大分県温泉調査研究会報告 55: 53-67.  
杉本亮・本田尚美・鈴木智代・落合伸也・谷口真人・長尾誠也 2014. 夏季の七尾湾西湾における地下水流出が底層水中の栄養塩濃度に及ぼす影響. 水産海洋研究 78: 114-119.

## 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地区では、伝統的に冬水田んぼが営まれてきたが、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、冬水田んぼが注目を集めている。先行研究によると、当地の冬水田んぼには、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両生類など湿地生物に生息場所を提供する機能 (浅野ほか 2018) がある。また、浅野ほか (未発表) は、集落内に冬水田んぼが広く普及した 2017 年に冬水田んぼと慣行水田の生物相の比較調査を実施し、冬水田んぼに湿地生物の多様性を増加する効果があることを明らかにした。

しかし、冬季湛水によって、微細藻類による栄養塩類の取込や底生動物群集による食物網を通じた栄養転送などの生態系機能がどのように向上するかよく分かっていない。本研究は、冬水田んぼが湿地生物の多様性と生態系機能に及ぼす効果を定量的に評価することを目的として、2022 年に実施した。本講演では、底生藻類による栄養取込機能、および、底生動物群集による栄養転送機能を冬水田んぼと慣行水田で比較した調査結果について報告する。

## 2. 材料と方法

2022 年 5-6 月に、小佐治地区の 5 つの谷筋から慣行水田と冬水田んぼをそれぞれ 1 筆ずつ選定した。底生藻類の採集には、人工基質としてガラスビーズを充填した培養装置の底面にメッシュを張り、底生藻類が底泥から自由に移入・増殖できる環境を施し、代掻き直後の田面に設置した。装置は 3、5、7、14 日後に回収し、クロロフィル濃度に基づいて藻類の現存量を計測した。また、田面

水を GF/F でろ過した後、イオンクロマトグラフィーで無機栄養塩類の濃度を測定した。表在性大型底生動物と埋在性底生動物の採集は、代掻き 3 週間後 (灌漑前期) と代掻き 6 週間後から中干し前 (灌漑後期) に 2 回実施した。水田内に 5 か所のライントランセクトを設置し、たも網を用いて定量採集後、底生動物の群集特性 (種数、多様度指数  $H'$ 、個体群密度、バイオマス) を数値化した。これらの指標群を目的変数、農法 (慣行・冬水田んぼ)・季節 (灌漑前期・後期) を固定因子、生息環境 (水田内水路の有無、水深、灌漑様式) やアメリカザリガニ (以下ザリガニ) の個体群密度・バイオマスを共変量、谷筋をランダム効果として、一般化線形モデル (GLMM) を用いて解析した。また、底生動物各種と遍在性デトリタス食者であるミミズ類の  $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$  を測定し、相対栄養位置 (TP) を算出後、食物連鎖長 (FCL)、群集全体におけるバイオマス割合で加重平均した統合的栄養位置 ( $i\text{TP}$ ) を求め、栄養転送機能の指標とした。FCL と  $i\text{TP}$  の水田間変異を説明するために、農法・季節を固定因子、生息環境、ザリガニの個体群密度・バイオマス、群集指標を共変量、谷筋をランダム効果として GLMM で解析した。

## 3. 結果・考察

底生藻類の現存量は冬水田んぼで有意に高く、周年湛水することで藻類による栄養塩取込が増加する可能性が示唆されたが、栄養塩類濃度は水田間のばらつきが大きかったため、農法間の差は検出されなかった。冬水田んぼには、水生生物のバイオマスや FCL を増加する効果があり、高次消費者への栄養転送機能が向上することが示唆されたが、 $i\text{TP}$  には農法間で違いがみられなかった。ザリガニが増えると半水生動物のバイオマスが低下し、ザリガニ自身は雑食によって栄養位置を下げる効果と、他の底生動物に食べられにくいことで高次消費者への栄養転送を阻害する効果をもつため、冬水田んぼが  $i\text{TP}$  を増加する効果を打ち消した可能性が示唆された。

## 4. 謝辞

本研究は、公益信託エスプレック地球環境研究・技術基金の支援、京都大学生態学研究センター・小佐治保全部会・学生ボランティアの協力により実施した。

\*小島 久明（東邦大院）・野原 精一（国環研）・千賀 有希子（東邦大院）

## 1. はじめに

泥炭湿原における溶存有機物（DOM）は、他の陸水域と比べると濃度が高い傾向にあり、重要な役割を担うと考えられている。泥炭湿原の DOM の大きな割合を占めるのが水系腐植物質（AHS）である。AHS は太陽光をよく吸収し分解するため、泥炭湿原の DOM および AHS の動態は、太陽光による化学的分解に大きく支配されると報告されている（千賀ら, 2021, 2022）。これらの光分解では揮発性化合物が放出し、その中には温室効果ガスである  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$  が含まれる。しかしながら、湿原において DOM の光分解から放出される  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$  を定量した例は少ない。本研究では、尾瀬ヶ原及び釧路湿原の池沼における表層水および直上水を対象に、人工太陽光ライトを用いて DOM の光分解から放出する  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$  を測定した。また、尾瀬ヶ原の池沼水を用いて光強度が  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$  の放出に与える影響を検討した。

## 2. 材料と方法

両湿原における池沼の表層水および直上水をガラス繊維ろ紙でろ過し、石英三角フラスコに 80 mL ずつ分取しゴム栓で密閉した。人工太陽光ライト（約  $1700 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ）によって露光した系とフラスコをアルミホイルで遮光した系の 2 つを調製し、14~21 日間静置した。両系とも時間を追って気体を真空バイアル瓶に採取した。また、尾瀬ヶ原の池沼水については、約  $1100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  の光強度でも露光し、 $1700 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  の場合と比較した。 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$  濃度は、メタナイザーを装備した GC-FID で測定した。また実験前後の DOC 濃度は TOC 計で、AHS 炭素濃度は樹脂吸着-炭素測定法（Tsuda et al. 2012）、DOM の質の検出は EEM-PARAFAC 法で測定した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 尾瀬ヶ原における光分解由来 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$

露光系において、表層および直上水の DOC 濃度は実験終了時に約 45 %減少し、AHS 炭素濃度は、

表層水で 55 %、直上水で 72 %減少した。したがって、DOM の約半分、また AHS については半分以上が光分解し揮発性物質に変化したと考えられた。一方、遮光系において、表層および直上水における実験前後の DOC、AHS 濃度には大きな変化が見られなかった。したがって、DOM の分解に対する微生物の寄与はほとんどないと推察された。

EEM-PARAFAC ( $n=348$ ) によって 3 種類の AHS 様成分、Oze-1, -2, -3 ( $\text{Ex/Em} = <252 \text{ nm}, 327 \text{ nm}/435 \text{ nm}$ ) ( $\text{Ex/Em} = <252 \text{ nm}, 345 \text{ nm}/508 \text{ nm}$ ) ( $\text{Ex/Em} = <252 \text{ nm}/396 \text{ nm}$ ) が検出された。露光系において、実験終了時における表層および直上水の Oze-1, 2 の蛍光強度 (FI) は大きく減少し (表層水: Oze-1; 48 %, Oze-2; 80 %, 直上水: Oze-1; 85 %, Oze-2; 95 %) 光分解性の高い成分であることがわかった。一方、Oze-3 の FI は直上水では減少したが (57 %)、表層水では増加した (125 %)。Oze-3 は光分解するが、光によって合成されうる成分でもあると推察された。一方、遮光系の 3 成分の FI は、実験終了時に若干増加する傾向が見られたため、これらの成分は微生物によって生成される成分であると考えられた。

露光系における表層水と直上水の  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$  濃度は 14 日間まで増加した。一方、遮光系のこれらの濃度は増加しなかった。露光系の 7 日目までの放出速度は、 $\text{CO}_2 > \text{CO} > \text{CH}_4$  の順となった。直上水の  $\text{CO}_2$  と  $\text{CH}_4$  の放出速度は、表層水よりも有意に高かった ( $p < 0.05$ )。太陽光が届かない直上水に光が照射されると  $\text{CO}_2$  と  $\text{CH}_4$  が大きく放出されることがわかった。

### 3.2 光強度が $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ に与える影響

尾瀬ヶ原池沼水において、0~7 日間の  $\text{CO}_2$  放出速度は、光量子が強い方が有意に高かった ( $p < 0.05$ )。しかしながら、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$  の放出速度には有意差は見られず、日射強度の季節的な変化は  $\text{CO}_2$  の放出のみに影響を与えると推察された。

### 3.3 釧路湿原における光分解由来 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ 現在検討中である。

## 1. はじめに

河川は、明瞭なパッチ状環境を呈する場合が多い。底生動物は生息場パッチ間を頻繁に移動するため、各パッチにおける生息密度は、そのパッチの適合性とともにも他のパッチとの連結性に左右される。パッチの生息密度に対する連結性の効果は、パッチとマトリックス（パッチ以外の区域）からなる景観構造と、動物個体のパッチ間移動によって決定される。

ナベブタムシは、河川に生息する肉食性底生動物であり、岩盤底が卓越する千葉県養老川では、生息は砂礫パッチに局限される。演者らは、2022年8月に養老川の1区間において、パッチの生息密度に対する連結性の効果と、ナベブタムシ個体のパッチ間移動を調べた。その結果、連結性の効果はパッチ間の距離が3~7 mの範囲で生じており、上流側のパッチの寄与は下流側のそれの4倍であった。これらは、ナベブタムシの短期間におけるパッチ間移動の様式（移動の頻度、距離、方向）と整合していた。

動物の移動様式は、個体の属性や時期によって異なることが多い。そのため、連結性の効果はこれらの要因で異なる可能性がある。ナベブタムシも、性、成熟度、季節によりパッチ間移動の需要やコストは異なると推測されるが、これらによるパッチ間移動様式の相違は未検討である。本研究は、ナベブタムシ成虫の生息場パッチ間の移動について、性、成熟度、季節による相違を明らかにすることを目的とし、以下の仮説を検討する。①移動の需要が異なるオスとメスで移動様式は異なる。②体の硬化が進んでいない未成熟個体は、成熟個体と比べて移動頻度は低く、移動距離は短く、下流移動の割合は高い。③水温や水位が異なる季節の間で移動様式は異なる。

## 2. 材料と方法

養老川の約100個の砂礫パッチを含む120 m区間において、2023年6, 7, 8月に調査を行った。各季節とも6日間の標識再捕獲を行い、ナベブタムシ個体のパッチ間移動を明らかにした。標識個体の性と

成熟度（体の硬化の有無により判定）を識別後、調査区間の下流、中央、上流に位置する10 m区間の砂礫パッチにおいて放逐し、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った。本種のパッチ間移動は、高頻度の短距離(<15 m)移動と低頻度の長距離(>15 m)移動の2つに明確に区別される。パッチの生息密度に対して連結性の効果を生じる移動は短距離移動であるため、本研究では短距離移動のみを解析の対象とした。

## 3. 結果

本要旨では、解析の終了している6月と7月の結果について報告する。メスはオスよりも、概して移動頻度と下流移動の割合は高かった。未成熟個体は成熟個体よりも、概して移動頻度と下流移動の割合は低く、移動距離は短かった。7月は6月に比べて、移動頻度と下流移動の割合は低かった。

## 4. 考察

ナベブタムシの成虫の生息場パッチ間移動の様式は、性、成熟度、季節により異なることが示された。仮説②の一部を除き、仮説のすべては支持された。調査時期は、本種の繁殖期に相当する。メスは卵成熟のための採餌や産卵場所の探索のうえで、オスよりも低コストかつ頻繁に移動を行う必要があり、移動頻度と下流移動の割合は高いと推測される。体が十分に硬化していない未成熟個体は、成熟個体よりも移動能力が低く移動のコストが大きいいため、移動頻度は低く、移動距離は短いと考えられる。7月は6月に比べて水温が高く、水位は低下していた。そのため、ナベブタムシの活動性は高く、流速の低下により移動コストは低かった可能性がある。

本研究の結果は、ナベブタムシ成虫において、パッチの生息密度に対する連結性の効果の重要性は、性、成熟度、季節によって異なることに加え、連結性の効果が生じるスケールは、成熟度によって異なることを示唆するものである。

## 河川低水敷一時的水域における底生動物群集の変化： 出水攪乱に着目して

\*中村萌（奈良女子大・院・人間文化総合科学），石田裕子（摂南大・理工）  
竹門康弘（大阪府立大），土居秀幸（京都大），片野泉（奈良女子大）

### 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河道環境となっていることが多い。木津川中流域では、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、聖牛周辺の低水敷（砂州）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。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する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、流水環境を好む生物に対してもレフュジア（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示唆される。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明らかにすることを目的とし、特に出水攪乱により本川と接続してから群集がどのように変化するのかに着目した。

### 2. 材料と方法

聖牛が設置されている木津川右岸 15kP 砂州上に存在するワンド2地点、タマリ3地点を調査地点とした（京都府綴喜郡井手町）。2021年5月24日から8月10日まで週に1回、その後間隔をあけて3回の計15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( $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ )、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・考察

環境要因を比較した結果、砂州上の位置によって水温が異なり、砂州の下流側のワンドやタマリで水温が低く、湧水環境となっていることが示唆された。またほとんどの環境要因は攪乱直後では本川と同様の値を示したものの、攪乱後数週間で本川とは異なる地点ごとの特徴を示すようになった。

底生動物を比較した結果、出水攪乱直後は個体数・分類群数ともに減少したものの、その後数週間で回復傾向を示した。回復期間で群集の組成も変化し、攪乱直後では本川にも生息する流水性のコカゲロウ科が優占していたが、時間が経つと携巢性のヒゲナガトビケラ科やユスリカ科、またコカゲロウ科の中でも止水性のフタバカゲロウ属の割合が増加した。またこの群集の変化様式は砂州上の位置およびタマリとワンドの別によって異なっていた。

これら結果から、聖牛の設置により創出されたワンドや低水敷タマリは、河川生物や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。また、これらの一時的水域が1つの砂洲上に接続性や位置の違いで多数存在することが生物多様性向上につながることも示唆された。



## 1. はじめに

温暖化は加速度的に進行しており（IPCC 2021）、さまざまな生態影響が顕在化されつつある（Hughes 2000）。なかでも淡水域は、温暖化に対して特に脆弱であると知られている（Woodward et al. 2010）。

温暖化が生物にもたらす側面のひとつとして、温暖化に由来して侵入している生物（分布拡大種）の存在についても懸念されはじめている（e.g., Parmesan et al. 1999）。生物侵入の理解はこれまで、人為によってもたらされる外来種の脅威に主眼が置かれてきたが、温暖化由来の生物侵入も侵入地における生物間の相互作用に影響をおよぼす可能性は否定できないことから、影響の理解は欠かせない。それにも関わらず、気候変動下で新たに生まれる競争的相互作用の実態を検証した事例は、これまでほとんど知られていない（Fadrique et al. 2016）。

温暖化由来の侵入生物のなかでも、比較的長距離を移動し（Khelifa 2019）、生活史を通して淡水域を利用するトンボ類は注目すべき分類群のひとつである。代表的な種にベニトンボが挙げられ、近年わが国で急速に分布が北上している（倉品ら 2007）。本種と同じトンボ科に属し、特に幼虫期において、餌資源や生息環境が重複する種にシオカラトンボがおり（e.g., Kadoya et al. 2009）、侵入各地でベニトンボとの資源をめぐる競合の可能性が危惧される。

そこで本研究では温暖化に由来する生物侵入がもたらす生態影響の解明に向け、在来種（シオカラトンボ）の餌資源獲得能力が分布拡大種（ベニトンボ）と対峙したときの変化を評価する。試験では、ベニトンボが既に定着している地域（鹿児島県）と侵入はしているが未定着の地域（奈良県）の個体を使用した。

## 2. 材料と方法

各地で採集されたベニトンボとシオカラトンボの雌成虫が産生した卵から孵化した幼虫（孵化後約2ヶ月）を供試した。採餌試験は、各種の本来の採餌量を調べる単独条件と競合相手の有無によ

る採餌量の変化を調べるための対峙条件（同一環境下で2個体が存在）の2条件とし、各種の採餌量のほか、対峙試験では2個体間の攻撃回数や攻撃の方向について、2時間にわたり記録した。餌生物にはブラインシュリンプのノープリウス幼生を用いた。温度処理は、各地域の現在の最暖月平均気温を基準として、IPCCによる温暖化シナリオを参考に（IPCC 2021）、+2℃、+4℃上昇させた計3温度で実施した。

## 3. 結果

既定着地域におけるシオカラトンボの採餌量は、単独試験では温度による差はなく、ベニトンボが存在しても同様の採餌量であった（ $p=0.2863$ ）。

未定着地域におけるシオカラトンボの採餌量は、単独試験では温度による差はなかったが、ベニトンボが存在すると、温度の上昇とともに有意に減少した（ $p=0.021$ ）。また、ベニトンボによるシオカラトンボへの攻撃回数は温度の上昇とともに有意に増加した（ $p<0.001$ ）。

## 4. 考察

既定着地域のシオカラトンボはベニトンボから負の影響を受けなかったが、未定着地域のシオカラトンボはベニトンボが侵入し、気温が上昇するにつれて採餌量が有意に減少した。これは、少なくとも現在ベニトンボが未定着の地域のシオカラトンボは、今後の温暖化進行によって、ベニトンボから餌の獲得を通じて悪影響を被る可能性を示している。

また、ベニトンボからシオカラトンボへの攻撃回数は、既定着地域での結果と異なり、未定着地域では温度上昇とともに増加し、それにともないシオカラトンボの採餌数も減少した。したがって、攻撃の受け方の違いにより、地域によって結果の違いが生じた可能性が示唆される。今後、地域によってこのような結果の違いが生じた原因を検証する予定である。

本研究は、これまでほとんど議論されてこなかった温暖化由来の生物侵入による在来種への脅威について、新たな視点を提供した。

## 1. はじめに

河川は物理環境がさまざまな微生物場から構成されている。河川の底生動物は微生物場間を頻繁に移動する種が多いが、それぞれの微生物場における適応的な形態形質は、物理環境によって異なると考えられる。底生動物には形状や体色に生息環境に応じた可塑性を示す種が知られているものの、それらの形質の変化は時間を要することが多く、移動のたびに好適な形態を呈することは困難である。水生昆虫にはトビケラ類をはじめ、植物片や砂粒を用いて巣を構築する種が存在する。巣は動物自身よりも形状を短期間で変化させることができるため、水生昆虫の巣の形状は微生物場の物理環境に応じた変異を示す可能性がある。

溪流昆虫のキタガミトビケラ幼虫は、筒巢を紐状の柄により石礫に固着させ、流下有機物を濾過摂食する。本種は幅広い物理環境を示す微生物場に出現し、個体は頻繁に流下移動を行う。本種には、筒巢を植物片で装飾する個体が存在し、固着場所の水流を変化させると装飾片を取り外す行動が観察されている。本研究は、キタガミトビケラ幼虫の筒巢形状について、生息場の物理環境や季節による変異を明らかにすることを目的とする。

## 2. 材料と方法

栃木県日光市の渡良瀬川水系に属する行川において、2022年7月、8月、10月、12月および2023年2月に調査を行った。さまざまな物理環境の微生物場から幼虫の採集を行うとともに、固着場所とその周辺の環境変数（流速、水深、底質サイズなど）を評価した。採集個体の筒巢をスキャナーで撮影し、筒巢本体、装飾片、支持柄の形状に関わる変数を、画像編集ソフトにより評価した。2022年7月は若齢個体、その他の季節は4齢以上の個体で占められていたため、解析はそれぞれ別に行った。筒巢の形状変数は、体サイズの影響を排除するため、筒巢長とのアロメトリー式からの残差を解析に用いた。

## 3. 結果

筒巢形状には、微生物場の水流環境や河床底質に応じた変異が認められた。装飾量（装飾片合計長）は、ほぼ全季節を通して、生息場の流速が低く、水深が小さく、底質が小さい個体ほど多かった。支持柄長は、全季節を通して生息場の水深が小さい個体ほど長かった。筒巢本体は、ほぼ全季節を通して、生息場の流速が高く、水深が大きく、底質が安定的である個体ほど、曲率が高く細長い形状を示した。装飾量と生息場の流速、筒巢本体の曲率と生息場の水深の関係は、検出されない季節が存在した。

## 4. 考察

動物の装飾の機能としては、カモフラージュや物理的防御による捕食回避が知られている。それにくわえ、濾過摂食者である本種の装飾は、筒巢近辺の水流を採餌に好適なものに改変する機能を有する可能性がある。流速が低く、水深が小さく、河床粗度の小さい生息場ほど層流環境が生成されやすい。そのため、底生魚類の接近は容易であり、本種の捕食リスクは高い可能性がある。それにくわえ、そのような生息場ほど、流下餌の供給速度は低く、装飾による微視的な乱流生成が採餌効率向上に有利に作用する。これらのことから、流速が低く、水深が小さく、底質が小さい生息場では、本種個体は装飾を増やすことが適応的と推測される。

支持柄の長さは、固着場所からの距離を介して、採餌効率や筒巢本体の定位の安定性を左右しうる。筒巢本体の曲率や細長さは、水流抵抗を介して定位の安定性を左右しうる。生息場の物理環境とこれらの筒巢形質や装飾量との間に認められた関係は、キタガミトビケラが筒巢の形状に可塑性を有することを強く示唆するものである。

\*篠原隆一郎（国立環境研究所），松崎慎一郎（国立環境研究所），  
渡邊未来（国立環境研究所），中川恵（国立環境研究所），  
吉田基（株式会社ゼニライトブイ），高津文人（国立環境研究所）

## 1. はじめに

気候変動は，世界中で観測されている最も重要な環境変動の一つである．我が国においても，春季の日射量増加に伴う水温上昇が霞ヶ浦において観測されており，また夏季においては，熱波の発生が世界中で観測されている．日本においては，2022年に強烈な熱波が観測され，日射量の増加や気温の著しい上昇が観測された．気象観測では比較的一般的に熱波が観測されている一方で，熱波による，水環境への影響に関する研究はさほど多くない．

我々の研究グループは，霞ヶ浦において，10分に1度の水温鉛直分布，表層・中層・底層の溶存酸素濃度，表層のクロロフィル濃度を観測している．また，気象データについては，5分に1度の高頻度で観測を行っており，2022年の熱波発生時もそれらのデータの取得に成功した．そこで，本研究では以下の research question について検証した：

- 熱波発生時において，どのような気象項目が貧酸素水塊の形成にもっとも影響を与えているのか？
- それらの気象プロセスが，どのようなプロセスを経て貧酸素水塊の形成・消滅に寄与しているのか？

霞ヶ浦のような浅い湖沼では，風による攪乱が底層溶存酸素濃度に影響を与えていると考えられ，底層溶存酸素濃度は朝9時に最低値を取るなどの特徴がある．また，深い湖沼と異なり，季節的な成層ではなく，日成層が形成されるためセンサーを用いた高頻度観測が必要となる．

## 2. 材料と方法

本研究では株式会社ゼニライトブイと共同開発したブイを用いて水質観測を行った．水温については50cm毎に水温センサーを設置し，10分毎に鉛直分布を測定した．溶存酸素については，表層(約60cm)，350cm，底泥から30cm上，底泥から10cm上の4点で計測を行った．

また，風による応力及び，熱対流がどの程度底層溶存酸素濃度に影響を与えるかを解析するため，鉛直次元の数値計算モデルを用いて解析した．基礎方程式は以下の通りである：

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{Q}{\rho_w c_p} \right) \quad (1)$$

ここで  $T$  は水温( $^{\circ}\text{C}$ )， $t$  は時間(s)， $K_z$  は渦拡散係数( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ )， $z$  は水深(m)， $Q$  は熱収支( $\text{W m}^{-2}$ )， $\rho_w$  は水の密度( $\text{kg m}^{-3}$ )， $c_p$  は水の比熱( $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ )である．ここで鉛直渦拡散係数  $K_z$  は以下のように示した：

$$K_z = \kappa z w_{s*} \exp(-k_* z) \frac{1.0}{(1.0 + \alpha Ri)^\beta} \quad (2)$$

ここで  $\kappa$  はカルマン係数， $z$  は水深， $w_{s*}$  は水面における摩擦速度， $k$  は摩擦速度の鉛直方向の減衰係数， $Ri$  はリチャードソン数， $\alpha (=10/3)$  および  $\beta (=3/2)$  は係数である．

## 3. 結果と考察

2022年6月～7月に発生した熱波によって，底層溶存酸素濃度は  $2\text{mg L}^{-1}$  未満となり，貧酸素水塊が発生していた．数値計算を行った結果，熱波発生時，風速が弱く，それが底層貧酸素発生に最も重要なファクターであると考えられたが，日射量・気温を平年並みにして計算した場合には，弱風であったとしても貧酸素水塊が形成されなかった．つまり，熱波の発生時に弱風であったことが底層貧酸素発生の要因であったが，その一方で，日射量・気温の上昇によって水温が上昇し，底泥の酸素消費速度が上昇したことで，底層溶存酸素濃度低下・貧酸素水塊が発生したのと考えられた．

[参考文献] Ryuichiro Shinohara, Shin-Ichiro S. Matsuzaki, Mirai

Watanabe, Megumi Nakagawa, Hajime Yoshida, and Ayato Kohzu (2023) Heat Waves Can Cause Hypoxia in Shallow Lakes, Geophysical Research Letters, 10.1029/2023GL102967

[謝辞]本研究は、知的研究基盤整備費「GEMS/Water 湖沼長期モニタリング事業」ならびに環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20215R03)により実施した。

\*初 雪 (京工織大・分子化学系), 木村 元幹 (京工織大・工芸)、  
山口 保彦 (琵琶研セ)、早川 和秀 (琵琶研セ)、布施 泰朗 (京工織大・分子化学系)

## 1. はじめに

琵琶湖は深い閉鎖性水域であり、2019年と2020年に琵琶湖では湖水の全循環が未完で、深層水への酸素供給が不十分のため、湖底での低酸素化が進行している。この低酸素化により、底生生物の生存が困難になり、また好気性菌による有機物の分解も遅れ、底質に沈殿する有機物が増加している。同時に、底質中の有機物が酸素消費を駆動し、底質水の低酸素化を促進する可能性がある。そのため、底質中の有機物の組成及びその化学特性を解明し、長期的に有機物の変化をモニタリングする手法が必要である。本研究では、簡便且つ迅速に有機物の量と組成の概要を分析できる EGA-MS 法(発生ガス-質量分析法)と、詳細な有機物の組成を分析できる ms/Py-GC/MS 法(多段階熱分解-ガスクロマトグラフィー質量分析法)を組み合わせ、底質中の有機物の動態解析法を開発した。

## 2. 材料と方法

琵琶湖北湖の今津沖中央で底質コアを採取し、堆積層別に分離して乾燥させ、表層底質試料(Layer 1: 0-1 cm)を使用した。EGA-MS 法では、5.0 mg の表層底質試料を 150 °C から 600 °C まで 15 °C/min で昇温して分析を行った。ms/Py-GC/MS 法では、同じ底質粉末試料を 15 °C/min の昇温条件で以下の3つの温度分画で分析した：(1) 225-330 °C、(2) 330-398 °C、(3) 398-525 °C。GC/MS の分析条件は、線速度 48.1 cm/s (線速度一定制御モード)、スプリット比 1: 15 であり、Ultra Alloy 5 カラムを使用した。

## 3. 結果と考察

2023年3月と4月に採集した底質表層試料を EGA-MS 法で分析した結果、類似したサーモグラムが得られた。図1には、3月の試料を3回連続分析した際のサーモグラム (TIC) を示している。

338 °C と 424 °C に主となる2つのピークが検出されたが、TIC の強度に大きく寄与する m/z 64、95、109、110 が約 270 °C 付近でピークが検出された。この EGA-MS の結果から、ms/Py-GC/MS 法の温度を(1) 225-330 °C、(2) 330-398 °C、(3) 398-525 °C の3つに分画し、詳細な化合物情報を調査した。

2023年4月の表層底質試料を ms/Py-GC/MS 法で5回連続分析したクロマトグラム(TIC)の結果を図2に示した。タンパク質/アミノ酸起源物質 (Pyrrole、Indole、Pyridine)、リグニン起源物質 (Phenol)、糖起源物質 (Furfural)、ポリフェノール/リグニン起源物質 (Benzene、Toluene)、炭水化物起源物質 (Furan)、及び脂肪酸起源物質 (Alkanes) が多く検出された。

EGA-MS 法と ms/Py-GC/MS 法を組み合わせ、底質試料を分析した結果、底質中の主要な有機成分を検出することができた。この手法を用いて底質中の有機物をモニタリングすることで、その変化を捉えることが可能と考えられる。

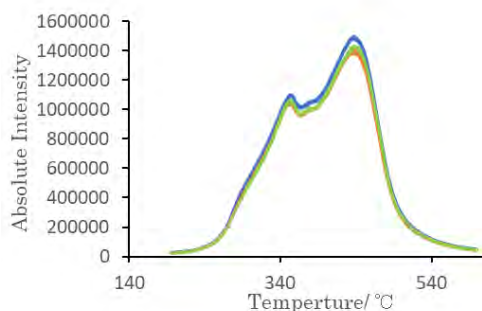


図1 表層試料のサーモグラム(TIC)

2023年3月試料、n=3

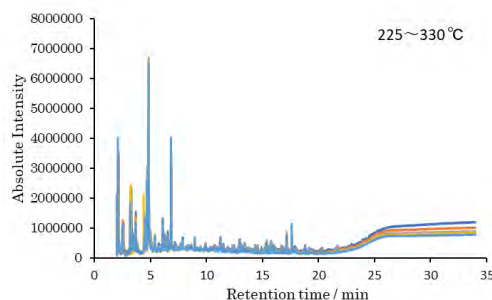


図2 表層試料のクロマトグラム(TIC)

2023年4月試料、n=5

# O-A15

## 児島湖水から抽出された有機配位子の FT-MS による分析

\*杉山 裕子 (岡山理大・理), Mary Rodgers (Wayne States University)

### 1. はじめに

海洋や湖沼などの水域における生物生産が、リン酸塩や硝酸塩などの栄養塩だけでなく、鉄などの微量元素元素に制限されていることが知られるようになって久しい。Fe, Cu, Co, Mo, Cr, Zn, Mg など、さまざまな金属元素が生命活動に必須の金属酵素として働くことが知られており、それらの湖沼や海水における植物プランクトンなどへの濃縮係数は数百から数百万に達する(Yamamoto, 1983 など)。Fe や Cu は、実際の河川水・湖沼水・海洋水などにおいては、ほとんどが炭酸イオン・水酸化物イオン・そして有機物などと錯体を生成していることがわかっている。陸水中においては特に有機物の寄与が大きく(Maruo and Obata, 2013 など)、錯形成能を有する溶存有機物は間接的に生物生産の制御を行っている。しかしながら天然水中での有機物錯体の化学構造は分かっておらず、有機配位子の起源や運命についての知見も限られている。

本研究は、天然水中の有機配位子の構造解析を目的とし、Cu 固定化金属アフィニティクロマトグラフィー (Immobilized Metal Affinity Chromatography : IMAC) を用いて、岡山県児島湖の水中に溶存する有機配位子を分離濃縮し、FT-ICR MS/MS による分析を試みた。

### 2. 材料と方法

2018年12月11日に採取した児島湖樋門(34°58.53' N, 133°95.36' E)の試料水をGF/Fろ紙によりろ過し、HiTrap™ Chelating HP Columns (GE Healthcare社)を用いて有機配位子の分離を行った。カラムを超純水50 mLで洗浄した後、0.1 M CuSO<sub>4</sub>水溶液50 mLをカラム内を通し、カラム内のイミノ二酢酸にCu<sup>2+</sup>を配位させた。その後、試料水(pH8.5)を500 mL注入した。超純水に濃塩酸を加えpH3.0に調整した溶離液を注入して配位子を溶離した。溶離液試料は10 mLごとに分取した。アルミホイルで遮光したポリカーボネート製

容器に入れ、5°C以下で保存した。ブランク実験として、試料水の代わりに超純水500 mLを注入し、同様の操作を行った。溶離試料の三次元励起蛍光スペクトル(Excitation Emission Matrix Spectroscopy: EEM)測定には、Aqualog (HORIBA)を使用した。EEM測定試料はアンモニア溶液を用いてpHを7-8に調整した。蛍光強度は、ラマン補正により規格化した。

FT-ICR MS分析は、Bruker 7T Solarix Hybrid FTMSを用いて行った。試料は80% MeOH/H<sub>2</sub>O溶液としてinfusion分析を行った。イオン源および検出にはESI-positiveモードを用い、in-source CIDとIn Cell MS/MSを試みた。

### 3. 結果と考察

溶離試料のEEMスペクトルより、Ex/Em = 325/406 nm付近(ピーク1)とEx/Em = 250/436 nm付近(ピーク2)に蛍光ピークが観測された。

溶離試料のマススペクトルを図1に示す。

IMAC溶離試料に、m/z=954.075, 798.082, 642.082, 302.298, 274.268の5つの特徴的な分子イオンピークが検出された。これらの有機配位分子イオンピークは衝突エネルギー10 eV以下で消滅し、容易に解離することが示唆された。イオントラップによるIn Cell MS/MSの結果については現在解析中である。

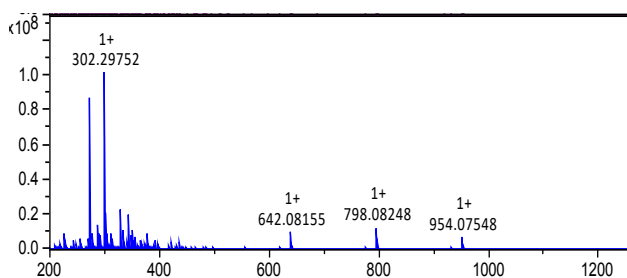


図1 IMACにより分離された児島湖に溶存する有機配位子の質量スペクトル



## ナノ濾過膜を用いた湖水中の溶存有機態窒素の 分子量分画法の開発

\*早川和秀, 山口保彦 (琵琶湖環研), 布施泰朗 (京都工繊大),  
中野伸一 (京大生態研)

### 1. はじめに

富栄養化対策が進む湖沼（琵琶湖等）や閉鎖性水域（瀬戸内海等）では、貧栄養化が進行して生物生産の維持が課題となっている。これらの水域では窒素栄養塩（ $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ ）は低濃度となる一方、比較的豊富に存在する溶存有機窒素（DON）が生物生産を支える栄養源として注目されている。生物に利用可能な DON には遊離アミノ酸や尿素があることが古くから知られるが、それらは DON のごく一部にすぎない。琵琶湖や海洋水中の溶存有機物の生分解試験では主に微生物準易分解性であることが分かっており、DON の生物利用性を実用的に把握する手法が求められている。

溶存有機物の分子量分布は、有機炭素計を接続したサイズ排除クロマトグラフィーの発展によって、10 万 Da 以上の高分子量と数千 Da の低分子量の存在やその生分解性の違いなどが分かってきた。ただし、同機の窒素検出は窒素が低濃度ゆえ実現が難しい。そこで、本研究では限外ろ過法を用いた DON の分画と検出を目標とした。特に近年、技術開発が進むナノ膜を導入することで、低分子量溶存有機物および DON の効率的な濃縮と分画を行うことを目的とした。

### 2. 材料と方法

限外ろ過システムは、クロスフロー型のシステムとして、メンブレンソルテック製平膜セル C10-T とマスターフレックス製ポンプを組み合わせた小流量システムを作成した。平膜には数種類の製品を試験した。試水は琵琶湖水を採取して、 $0.2 \mu\text{m}$ （または  $0.1 \mu\text{m}$ ）メンブレンフィルターでろ過したものを用いた。試水の有機炭素、窒素の計測は島津 TOC-L によった。

### 3. 結果と考察

まず初めに、10 万 Da 以上の高分子量を分画するための平膜を選定した。限外ろ過膜は平膜の数種

類を、市販の試薬および琵琶湖水にて分離することで試験した。メーカー公称の孔径と実際の保持率は一致しなかった。小型サイズのスパイラル膜への展開も考慮して、Synder 社の MK 膜で十分に分画できることを確認した。

次に、数千 Da の低分子量を分画するためのナノ膜を選定した。数個の平膜について琵琶湖水の分画により比較したところ、1k Da 膜で分画するよりも 21-43% 高い保持率を得た。メーカー公称の孔径の小さなものを選べば、高い回収率を得られるが、ろ過時間や  $\text{NO}_3^-$  の保持率から膜を選定した。

限外ろ過における膜透過は、孔径より小さな分子量の物質であっても膜近傍に濃度分極が起こって物質移動を抑えてしまう。そのため、膜の保持水側でも低分子量の濃縮が起こることから、高分子量分画の濃度定量の過大評価につながっていた。そこで本研究では、Logan & Jiang (1990) の Permeation model を用いて、琵琶湖水の限外ろ過について画分濃度を推定する試験をした。結果、湖水を限外ろ過した透過水の DOC 濃度分布はモデルによくあてはまり、高分子量画分の濃度を推定できることが明らかとなった（図）。ただし、上の透過水を用いたモデル推定では、分画した透過水を濃度推定のために消費することや、高濃縮時の操作上の不都合（液量が少ないなど）が問題となった。そこで、高分子量画分をダイアフィルトレーションし、その操作を上記モデルに当てはめた。以上により、新たな限外ろ過法が確立され、分子量分画・濃縮した DON の計測が可能となった。

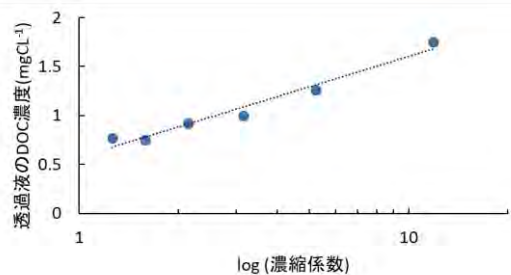


図 限外ろ過による濃縮係数と透過液の関係

## 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いる (IPCC AR6). COP26 において 2030 年までに 2020 年比 30%削減する目標を掲げ、全世界でメタン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大気平衡濃度より高濃度で存在しており、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).

これまでメタン放出については多くの研究が水田, 湿地, 湖沼に集中しており、河川からの放出フラックスについては知見が乏しいのが現状である. 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、琵琶湖流域の 12 河川について溶存メタン濃度の季節・河川間変動を調べ、時空間変動の特徴や土地利用との関連について考察を行ったので報告する.

## 2. 材料と方法

調査は 2022 年 5 月から 2023 年 4 月まで、毎月 1 回実施した. 調査河川は、琵琶湖南湖に流入する葉山川, 法竜川, 大宮川, 琵琶湖北湖東岸より流入する野洲川, 家棟川, 日野川, 長命寺川, 愛知川, 宇曾川, 姉川, 琵琶湖北湖西岸より流入する石田川, 安曇川の合計 12 河川でサンプリングを実施した. 橋の上からバケツを用いて採水し、水温, クロロフィル *a* 濃度等を測定した. 溶存メタン測定用に試水を 20-mL ガラスバイアルに採取し、水酸化カリウム溶液で固定した. ヘッドスペース法でガスを採取後、ガスクロマトグラフィー・水素炎イオン検出器 (GC-FID) によってメタンを定量し、気液平衡時の水温から Bunsen 吸収係数を用いて溶存メタン濃度を見積もった.

## 3. 結果と考察

水温は 2 月に最低水温 3.1°C (日野川), 8 月に最高水温 31.2°C (長命寺川) を示した. 溶存メタン濃度は家棟川で最大値  $2.4 \times 10^3$  nM を、大宮川で最低値 4.1 nM を示し、流域河川内ではおよそ  $10^3$  オーダーでの変動が見られた. 同一河川内の季節変動について着目してみると、姉川は 18 nM ~  $1.9 \times 10^3$  nM で変動し、変動係数 (標準偏差/平均値, CV) は 1.6 と、調査河川中で最も大きな季節変動を示した. 一方、安曇川や大宮川における溶存メタン濃度はそれぞれ 6.7 ~ 14 nM, 4.1 ~ 10 nM を示し、CV は最も低い 0.23, 0.28 であり、最も小さい季節変動を示した.

河川間変動 (空間変動) に着目してみると、家棟川, 法竜川, 宇曾川の溶存メタン濃度の年間平均値はそれぞれ  $1.6 \pm 0.6 \times 10^3$  nM,  $7.7 \pm 2.9 \times 10^2$  nM,  $6.2 \pm 3.5 \times 10^2$  nM と、調査河川中で最も高い平均値を示した. 一方、溶存メタン濃度の年間平均値が最も低かった河川は安曇川, 大宮川で、それぞれ  $14 \pm 7$  nM,  $10 \pm 4$  nM であった. 溶存メタン濃度の平均値が高かった河川の土地利用の特徴として、田畑や都市の割合が高い傾向が見られた. 一方、溶存メタン濃度の平均値が低かった河川では、森林の割合が高い傾向にあった.

調査河川において、季節変動と河川間変動のどちらが卓越するのかを調べるため二元配置分散分析を行った. その結果、河川間変動にのみ有意差が得られた. 姉川のように大きな季節変動を示す河川も存在するものの、大局的に見れば土地利用などの河川間の環境の差異が溶存メタン濃度の変動に最も寄与していたことが示唆された.

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 JP23K11412 及び滋賀県デジタル田園都市国家構想交付 (OS2020RR1) の助成を受けたものです.

## 1. はじめに

溶存有機物 (dissolved organic matter, DOM) を構成する各成分は極めて希薄だが、総体として全球の植物バイオマスよりも大きな炭素プールを形成している。多様な起源と変質を反映して DOM の組成が複雑であること自体は古くから知られていたが、その多様性の解析は十分ではなかった。近年、生態学の Biodiversity を解析する手法が DOM の Chemodiversity 解析に適用され、Chemodiversity は海洋における DOM の長期スケールの残存性の原因であることや、細菌群集と相互に影響することで湖の生態系機能を制御することなどが明らかになりつつある。しかし、天然水中の DOM の Chemodiversity を規定する要因はほとんど解明されていない。とりわけ、農業のような人間の土地利用は環境変数としばしば共変動を示すため、環境要因から人為活動の影響を切り離すことは困難であった。ひとつの方策として、考慮すべき影響要因を限定することで、結果の解釈を容易にすることが期待される。本発表では、気候がほぼ一様で人為的な影響が小さく、集水域土壌由来の有機物流入も限定的な南極の露岩域（東南極・宗谷海岸）の湖沼群における微生物由来溶存有機物の多様性を規定する環境要因について発表する。

## 2. 材料と方法

第 58 次日本南極地域観測隊に同行し、4 つの露岩域から計 43 湖沼において湖水を採取した。塩湖においては躍層が観察されたため異なる深度から採水した。湖水は採水後数時間以内にろ過 ( $<0.3 \mu\text{m}$ ) をし、一部は吸収・蛍光スペクトルを測定した。日本に持ち帰った湖水は塩酸を用いて酸性化後、固相抽出処理 (PPL 樹脂) に供し DOM を濃縮した。これをフーリエ変換型の超高分解能質量分析 (15 T FT-ICR MS) で測定し、各 DOM 試料に検出された数千の質量ピークについて、オンライン解析パイプライン (ICBM-OCEAN) を用いて分子式を決定した。分

子式およびその相対ピーク強度を用い、各湖沼の DOM 分子組成の多様性 ( $\alpha$  多様性) およびその湖沼間差 ( $\beta$  多様性) とそれらの支配要因を解析した。 $\alpha$  多様性には分子式数 ( $D_R$ )、シンプソンの多様度指数 ( $D_A$ )、H/C 比・N/C 比に基づく機能的多様性 ( $D_F$ ) を、 $\beta$  多様性には分子式の相対含量に基づく Bray-Curtis dissimilarity と分子式の芳香族性指標に基づく Jensen-Shannon divergence を用いた。

## 3. 結果と考察

雪氷融水の流入と蒸発濃縮とのバランスにより湖水の電気伝導率は大きな幅を示し、淡水湖から超塩湖 ( $>22 \text{ S m}^{-1}$ ) までが認められた。また、電気伝導率の高い湖ほど湖水の滞留時間が遅く DOM がより多くの光分解作用を受けていることが吸収・蛍光分析により示唆された。pH は塩基 (Ca, Mg) を含む母岩 (輝石, ざくろ石・黒雲母片麻岩) の風化程度の違いを反映して比較的広い幅を示し、7.15~8.86 の範囲であった。各湖の固相抽出 DOM からは FT-ICR MS 分析によって 2121~6338 の分子式が検出され、43 湖沼の合計で 9910 の分子式が同定された。

南極湖沼の DOM の  $\alpha$ ・ $\beta$  多様性は共に、主に滞留時間と光分解の程度の違いを表す電気伝導率、塩湖下層の還元的な環境における非生物的硫化反応、および母岩の風化程度の違いを表す pH によって決定された。電気伝導率と pH の上昇に伴い全ての  $\alpha$  多様性は低下した一方で、 $\beta$  多様性は上昇した。つまり、電気伝導率または pH の上昇に伴い、各湖は DOM の特異性を深化させていた。河川 DOM と深海 DOM との間の非類似性にも匹敵する  $\beta$  多様性が確認され、これは湖沼間の地理的距離の違いではなく水質の非類似性によってもたらされた。これらの結果は、南極のような地球上で最も手付かずで有機物起源が限られている環境においても DOM の分子レベルでの多様性が大きく発達しうることを示しており、同時に DOM 組成は環境変数と湖沼内での諸過程によって予測可能なことも意味する。

一般講演

# 303 会議室

O-B01 ~ O-B20

日時：10月14日（土）9時30分～12時30分

10月15日（日）9時30分～11時45分

## 堆積物 DNA を用いた阿寒湖における 魚類個体群動態の復元

坂田雅之\* (北海道大学)、加三千宣 (愛媛大学)

大槻朝 (東北大学)、若菜勇 (釧路国際ウェットランドセンター)

源利文 (神戸大学)、占部城太郎 (東北大学)

### 1. はじめに

淡水生態系において、過去から現在までの群集変動とその要因を解析することは、健全な生態系の維持・保全に不可欠である。これまで、過去の動物相の復元は、堆積物中の遺物や遺物由来の DNA を用いて、様々な分類群に対して行われてきたが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。本研究では、湖沼堆積物に保存された環境 DNA を用いて、従来手法では解析が困難であった魚類の個体群動態を過去から現在に至るまで復元し、その変動要因を明らかにすることを目的とした。

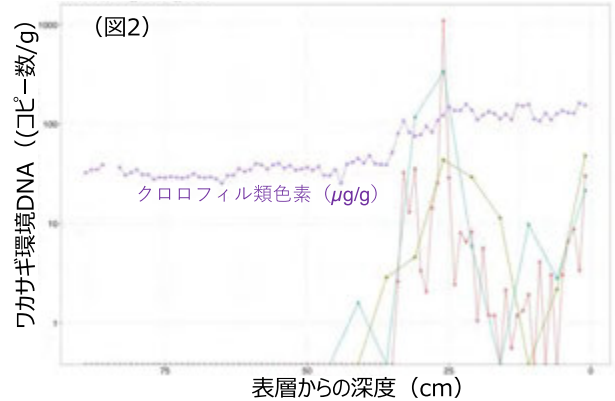
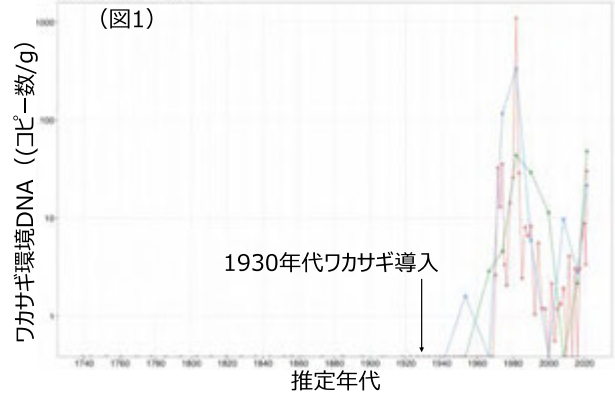
### 2. 材料と方法

北海道阿寒湖において環境 DNA を用いた過去復元を試みた。阿寒湖は、漁獲量やプランクトン群集に関する長期的なデータが得られており、魚類環境 DNA 情報の有用性を評価するのに理想的な場所である。湖底堆積物から魚類の環境 DNA を得るために、2021 年 7 月に阿寒湖の湖心、水深約 37m の地点で水中堆積物約 90cm を 3 本採取した (AK-1~3)。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 の堆積物を分取し、環境 DNA を抽出した (AK-1 は全スライス、AK-2, 3 は 1cm スライスを 5cm 間隔で用いた)。阿寒湖に 1930 年代に導入され、水産有用種として用いられているワカサギ (*Hypomesus nipponensis*) を対象に、環境 DNA 濃度を測定し、その時間変動の復元を試みた。また、堆積物コアの各スライスについては放射性同位体を用いて年代を推定した。

### 3. 結果

堆積物から得られた DNA サンプルを分析した結果、1930 年代のワカサギ導入後に相当するサンプルからは安定的にワカサギの環境 DNA が検出されたのに対し、導入以前のサンプルからは全く検出がされなかった (図 1)。また、観測されたワカサギ環境 DNA 濃度の時間的変化において、そのピー

クは一次生産量指標であるクロロフィル類色素の急激な上昇のタイミングと一致していた (図 2)。



### 4. 考察

□堆積物中に含まれるワカサギ環境 DNA の検出がワカサギの導入タイミングを反映していたことから、堆積物中の魚類環境 DNA の過去復元における有効性が示された。また、ワカサギの環境 DNA 濃度のピークはクロロフィル色素の上昇と対応しており、これは、阿寒湖が富栄養化した時期とも一致する。つまり、この時期に阿寒湖が富栄養化し一次生産量 (植物プランクトン) が増え、それ餌とする動物プランクトンの量も増加し (占部 2017) その結果、それらを餌とするワカサギが増加した、というボトムアップ効果によるワカサギ個体群の変動を反映していると考えられる。



# O-B02

## 実験水中の環境 DNA 減衰に及ぼす流れと堆積物の影響

辻恵実 (奈良女子大・院・人間文化総合科学), 土居秀幸 (京都大),  
片野泉 (奈良女子大)

### 1. はじめに

近年, 希少生物や外来生物の分布調査に環境 DNA (eDNA) 技術がよく用いられるようになってきている。しかし, 野外での eDNA 検出量には, 様々な環境要因が影響を及ぼすことが知られており, この影響を加味しない限り, eDNA 技術による正確な生物量把握は難しい。実際の eDNA 検出量は, 生物からの eDNA 放出量と, 分解者や物理化学的要因などの外部要因による eDNA 阻害や分解といった減衰量がそれぞれ影響し合い, この両者のつり合いにより決定されると考えられる。しかし eDNA の減衰における外部要因の影響についての知見は多くはない。そこで本研究では, 水中に懸濁する泥, および水の流れという野外環境においてよくみられる外部要因 2 つが eDNA の減衰過程に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし, 室内実験を行なった。

### 2. 材料と方法

野外における泥は, 無機物・有機物・細菌類をはじめとする生物など様々な物質により構成されている。中でも分解者である細菌は DNA 分解に直接関わることが予想される。そのため本実験では, 細菌量を段階的に変えるため, 燃焼処理を行った「泥 (燃焼)」, 冷凍・乾燥処理を行った「泥 (冷凍)・泥 (乾燥)」, 何も手を加えない「泥 (そのまま)」という 4 種類の泥を準備した。各実験では, ポリ瓶に 1L の汲み置き水とゼブラフィッシュ *Danio rerio* 3 匹 (以下ゼブラ) を入れて飼育して得た水サンプルの eDNA 量を測定し比較した (写真 1)。

**実験 1:** eDNA の放出過程を調べるため, ゼブラをポリ瓶内で 1-5 日間飼育し eDNA 量を比較した。また eDNA の減衰過程を調べるため, ゼブラを 3 日間飼育してから除去し, 4-21 日目の eDNA 量を測定・比

較した。

**実験 2:** 水の流れがない状態で, 泥の影響を調べた。上記の泥 4 種類と泥を入れない control の合計 5 種類の実験区を作り, 止水状態でゼブラを 3 日間飼育してから除去した。実験開始から 0, 3, 4, 7, 10, 21 日目の eDNA 量を測定・比較した。

**実験 3:** 水の流れがある状態で, 泥の影響を調べた。回転子とスターラーで流水状態にしたポリ瓶を用いて実験 2 と同じ操作を行い, 同様にした。



写真 1 実験の様子。左：実験 2 (水の流れがない状態), 右：実験 3 (水の流れがある状態)

### 3. 結果と考察

実験 1 で eDNA 検出量は 2 日目以降でほぼ頭打ちとなり, 減衰過程において 4-10 日目までは徐々に減少した。実験 2 (流れなし) では, eDNA は 4 日目にはすでに飽和 eDNA 濃度の 35~10% であり, 7 日目にはほぼ 0% だった。一方, 実験 3 (流れあり) では変動が大きく, 4 日目では 60~12%, 7 日目では 25~ほぼ 0% と, 比較的多くの量が残存していた。実験 2 と 3 のゼブラ除去後の eDNA 減衰率 (%) の統計分析では, 4 日目には有意な影響はなかったことが示された。7 日目以降では流れのみが有意に効果があり, 泥の存在も流れと泥の相互作用も有意ではなかった。つまり, 流れのみが eDNA 減衰に有意に効果があることが示唆された。さらに eDNA 減衰に対する泥の影響を流れの有無で別々に分析したところ, 異なる傾向がみられた。発表では, その結果について詳しく説明していきたい。

## 環境 DNA と階層ベイズモデルを用いた 河川魚類分布推定の精緻化

\*伊藤青葉 (東北大学), 香川裕之 (東北緑化環境保全株式会社),  
成田勝 (東北緑化環境保全株式会社), 近藤倫生 (東北大学)

### 1. はじめに

人間活動による生態系の劣化が懸念される中、生物調査や観測の重要性はますます高まっている。従来では目視や捕獲での調査を行っていたが、多くの時間や人員が必要である等克服すべき課題も多い。

近年、環境 DNA と呼ばれる、生物が生息環境に残した DNA の痕跡から、生態系の種組成や分布を推定する手法が発展してきた。一方で、環境 DNA から生物の分布を正しく推定するには、「環境 DNA の動態」を考慮する事が重要だと考えられている。

本研究では、河川環境における「環境 DNA の動態」を明示的に考慮した階層ベイズモデルを構築することで、多地点環境 DNA 調査の結果から生物の分布を精度よく推定する手法を開発・提案する。

### 2. 材料と方法

本研究では、流下モデルと種分布モデルの2種類のモデルを組み合わせることで魚類の分布推定の精緻化を試み、実データに適用、得られた結果を検証した。

流下モデルとは、河川における環境 DNA の動態を表現するためのモデルである。今回考慮した河川における環境 DNA の主要な動態は次の4つである。

- (i) 流入：上流からの DNA の流入
- (ii) 流出：下流への DNA の流出
- (iii) 放出：注目地点での魚類からの DNA 放出
- (iv) 減衰：注目地点における DNA の分解

種分布モデルとは、環境情報などを用いて生物の分布を推定するためのモデルである。今回は流下

モデルにおける DNA 放出に種分布モデルを適用して、環境 DNA のデータから生物の分布を推定した。

本研究では東北地方にある3河川（北上川・阿武隈川・吉田川）を対象にした。環境 DNA 学会のマニュアルに従って環境 DNA を 2km ごとに採取、メタバーコーディング解析を行い、出力されたデータを使用した。各河川で 17~99 地点・40~50 程度程度のデータがあり、各地点に対して流速などの環境情報を持っていた。

### 3. 結果

3河川において40~50魚種の分布が推定された。河川や種によっては環境情報が分布推定に影響していた。ベイズ P 値を種ごとに算出すると多くの種で 0.05-0.95 の値をとった。下図に阿武隈川に生息するウグイについての推定分布図を示す。

Distance from the mouth (km)

図、阿武隈川のウグイについての推定分布  
縦軸は対数 DNA 量、横軸は河口からの距離、緑線は河川に存在する DNA 量、紫線は生物から放出された DNA 量、黒点是对数 DNA 観測値を表す

### 4. 考察

本研究より、流下を考慮した適切な物理モデルを考慮することで、多地点多種の環境 DNA データから生物の分布推定が可能であると結論づけた。また、環境情報を利用することでさらに推定精度を向上できることが示唆された。ベイズ P 値での評価からモデルとデータの適合が悪いとは言えずモデルに大きな瑕疵がある証拠はなかった。

# O-B04

## 河床間隙生物群集の調査方法の検討：

### 採捕法と環境 DNA メタバーコーディング法の比較

\*大川晴菜, 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・国際基幹教育機構), 土居秀幸 (京都大・院・情報学), 片野泉 (奈良女子大・研究院自然科学系)

#### 1. はじめに

河床間隙水域とは、河道に隣接し河床の下や河畔の下へと広がる、水で飽和する間隙域を指し、河川の連続性において高さ方向の繋がりを担う重要な構成要素である。しかし、直接の観察が困難であるため、生物群集に注目した研究は特定の分類群を対象としたものが多く、包括的に多様性を対象として研究は少ない。そこで、環境 DNA メタバーコーディング法の利用を検討した。環境 DNA とは、水や泥などの環境中に存在する DNA の総称であり、環境 DNA メタバーコーディング法では採水のみで生息する生物の群集解析が可能である。

本研究では、河床間隙水域に生息する生物群集をより簡便に把握できる手法の開発を目的とし、直接採捕法と環境 DNA メタバーコーディング法の比較を行った。また、河床間隙水域の環境要因による生物群集の変化を明らかにすることを目的とし、河川上流域と中流域の河床間隙生物群集を環境 DNA メタバーコーディング法で比較した。

#### 2. 材料と方法

##### 〈採捕と環境 DNA の比較〉

調査は 2022 年 4 月に木津川 (京都府木津川市)で行った。各地点で生物の採捕と採水を行い、採捕サンプルは同定・計数を行った。水サンプルは濾過後、水部分は DNeasy Blood & Tissue Kit (以下 DNeasy)、泥部分は DNeasy PowerSoil Kit (以下 PowerSoil) で DNA を抽出し、COI 領域を対象としたユニバーサルプライマーを使用してメタバーコーディング分析を行った。配列の相同性は 80% とし、得られた OTU 群を解析した。これらの結果を用いて両方法、および PowerSoil と DNeasy の比較を行った。

##### 〈上流域と中流域の比較〉

調査は 2022 年～2023 年に、四郷川 (奈良県吉野郡東吉野村) と木津川 (京都府木津川市) で行った。各地点で生物の採集と採水を行った。水サンプルは

水部分を 2 つに分けて濾過を行い、水部分は DNeasy、PowerSoil を、泥部分は PowerSoil を用いて DNA を抽出し、前記と同様にメタバーコーディング分析を行った。

#### 3. 結果

##### 〈採捕と環境 DNA の比較〉

確認された分類群数は、方法間で有意差がみられなかった (ANOVA,  $P=0.391$ )。分類群の内訳を見ると全サンプルでハエ目が優占していた。PowerSoil と DNeasy の比較では、PowerSoil でリード数が有意に多かった (Welch's t-test,  $P=0.00115$ )。PCoA の結果、サンプル数が少ないため有意差は見られなかったものの、地点間の違いよりも方法間の違いが大きい傾向がみられた。

##### 〈上流域と下流域の比較〉

どちらも前記と比較してリード数が少なく、ばらつきが大きくなっていた。PowerSoil・DNeasy 間でリード数に有意差はなかった (Welch's t-test,  $P=0.817$ )。分類群の内訳ではハエ目が優占していた。

#### 4. 考察

##### 〈採捕と環境 DNA の比較〉

優占種の大部分が方法間で共通していたことから、環境 DNA メタバーコーディング法は採捕法と同等レベルの観察が可能であること、PowerSoil で DNA リード数が有意に多かったことから、DNA 抽出キットとして PowerSoil が適していることが示唆された。

##### 〈上流域と中流域の比較〉

リード数が極端に少ないサンプルについては分析を失敗した可能性が考えられるため、現在、再度のメタバーコーディング解析を行なっている。現時点では PowerSoil の方が DNA を検出しやすいということはないが、データが揃い次第、詳しく比較を行う予定である。

# O-B05

## 昆虫類汎用プライマーMtInsects-16Sを用いた 環境 DNA 解析の有効性

\*竹中將起 (信州大)・長谷部勇太 (神奈川県環境科学センター)  
谷野宏樹 (基生研)・岡本聖矢 (土木研)・東城幸治 (信州大)

### 1. はじめに

生物多様性が失われつつある現状において、生物多様性の保全対策は急務の課題である。効果的な生物の保全対策には、生物多様性を評価する長期的なモニタリングが不可欠である。また、水資源の保全と管理は、人間の快適で豊かな生活を維持するために不可欠である。淡水に対する人間の影響は驚くべきもので、人類は利用可能なすべての淡水の半分以上を使用しており、その使用量は増加し続けている。

水生昆虫は、古くから水質の指標生物として利用されており、生息している水生昆虫を調べることで、河川の健全性について評価することができる。そのため、水生昆虫の生物多様性の長期モニタリングは、淡水生態系の保全対策に欠かせない基礎情報の蓄積だけでなく、水資源の保全と管理にもつながる。しかし、長期的なモニタリングには、多大な労力と費用がかかる。そんな中で、注目されているのが環境 DNA 解析である。水を汲むだけで、その水中に生息している水生昆虫を把握することができる画期的な手法である。

環境 DNA 解析は、簡便で強力な遺伝子モニタリングツールであり、これまでに魚類や、両生類、哺乳類、鳥類、甲殻類における各分類群の汎用プライマーが設計されたことで急速に進展している。しかし、地球上で最も種多様性の高い昆虫類では、全ての種を網羅的に解析することのできる手法確立には至っていない。そんな中で、我々の先行研究において、ほぼ全ての昆虫類で汎用でき、種識別可能な DNA バーコーディング領域を増幅する MtInsects-16S プライマーを開発した。本研究は、MtInsects-16S を用いて神奈川県内の相模川水系と酒匂川水系を対象に、環境 DNA 解析を実施した。その結果、これまでの昆虫類を対象とした環境 DNA 研究と比べて、良好な成果が得られたのでここに報告する。

### 2. 材料と方法

神奈川県内の相模川水系と酒匂川水系の6地点から採水と、同一地点において採集調査を実施し、その結果を比較した。環境 DNA 解析に関しては、Takenaka et

al. (2023)において開発した MtInsects-16S プライマーセット (ミトコンドリア遺伝子 16S rRNA 領域) と、従来汎用されている fwhF2-EPTDr2n プライマーセット (ミトコンドリア遺伝子 COI 領域) を用いた。

昆虫類の環境 DNA 研究において課題となっている DNA データベースについては、本研究の対象地域では、水生昆虫 (特にカゲロウ類・カワゲラ類・トビケラ類) の DNA データベースを、先行して独自構築しており、その神奈川県の DNA データベース

(<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/b4f/suigen/edna.html>)と公共データベース GenBank

(<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)を用いた。

### 3. 結果・考察

2つのプライマーセットを用いた環境 DNA 解析の結果と採集調査の結果、MtInsects-16S を使用した環境 DNA 解析では、捕獲された種のほぼすべてが検出されただけでなく、より多くの種を検出することに成功した。また、従来の問題となっていた非標的分類群の増幅もほとんどなく、検出した DNA リードの9割が昆虫類であった。この高い検出率は先行研究と比べて高いものであるといえる。

しかし、実際に同一サンプルにおいて比較した研究はないため、同一サンプルからの解析を実施した。その結果、fwhF2 - EPTDr2n を用いた環境 DNA 解析では、先行研究と同様に採集した約半数の種を検出することができなかった。これらの結果から、昆虫類の環境 DNA 解析において MtInsects-16S の高い有用性を示すことに成功した。しかし、本研究では、充実したデータベースを用いることができたために得られた結果であるため、今後のミトコンドリア遺伝子 16S rRNA 領域のデータベースの充実は日本各地で急務の課題であると言える。

本研究の結果を通して、将来的な昆虫類の DNA バーコーディング領域やメタバーコーディング解析において、ミトコンドリア遺伝子 16S rRNA 領域が最適であることを提案する。

## コサナエ *Trigomphus melampus* 種特異的プライマーの開発と生息地調査への適用

\*藤田杏優 (奈良女子大・院・人間文化総合科学), 古山暁 (森と水の源流館),  
内井喜美子 (大阪大谷大・薬), 土居秀幸 (京都大・院・情報),  
片野泉 (奈良女子大・研究院自然科学系)

### 1. はじめに

コサナエ *Trigomphus melampus* はトンボ目サナエトンボ科コサナエ属の日本固有種であり、平地・丘陵地・高地の池沼、水田、湿地に生息している。北海道から関東では広く生息するが、近畿・中国地方では日本海側・高地に局地的な分布を示す。一方、紀伊半島の中南部にも隔離した生息地が存在し、奈良県では下北山村でのみ存在が確認されたことから、奈良県はコサナエを特定希少野生動植物として保護してきた。その中で、2021年6月に奈良市の山あいでもコサナエ雄一頭が発見された。Web データベース National Center for Biotechnology Information (NCBI) 上で、奈良市近傍の京都府宇治田原市における採集記録が存在する事実も踏まえると、奈良県内をはじめ近畿地方には、他にもコサナエの生息地が存在する可能性がある。そこで、非侵襲的な環境 DNA (eDNA) 法による分布調査を行いたいと考えた。その実施には対象種の種特異的プライマーを必要とするが、コサナエではまだ開発が行われていない。そこで本研究では、コサナエ種特異的プライマーの開発および、その生息地調査での適用を目指した。

### 2. 材料と方法

プライマー設計の対象領域として、DNA コピー数の多いミトコンドリアの CO1, 16S 領域を第一候補とし、核 ITS 領域を第二候補とした。

プライマーを設計するため、まず *In silico* で、日本国内で登録されたコサナエ属 4 種 (コサナエ、オグマサナエ、フタスジサナエ、タバサナエ) の塩基配列を NCBI で検索した。さらに *In vivo* で、奈良県近辺で採集されたコサナエ属成虫数個体の筋肉組織を採取し、抽出した DNA からシーケンスを行った。このようにして得られた、日本国内及び奈良県近辺のコサナエ属各領域の塩基配列をアラインメントし、プライマー作成可能領域において複数のプライマーを設計した。

プライマー種特異性を判定するため、前述のコサナエ属 4 種に外群としてオナガサナエ (サナエトンボ科オナガサナエ属) を加えた 5 種の抽出 DNA に対し、設計したプライマーを用いて PCR・電気泳動を行い、対象とする塩基長のバンドがコサナエ DNA のみに見られるかを確認した。

また野外実践として、奈良県内各地のため池で採水を行い、eDNA 抽出後、設計したプライマーを用いて PCR・電気泳動を行った。

### 3. 結果と考察

配列比較の結果、全国及び奈良近辺のコサナエ属のミトコンドリア CO1, 16S 領域は、種間で非常に類似しておりプライマー設計は困難であった。一方、核 ITS 領域でわずかに有効な変異が見られたため、核 ITS 領域において種特異的プライマーセットを 7 種設計した。

各プライマーセットについて種特異性の判定を行った結果、コサナエ単独のバンドは確認できず、4 種類についてはコサナエ、オグマサナエ、フタスジサナエに対してバンドが発現し、3 種類についてはコサナエ、フタスジサナエに対してバンドが発現した。フタスジサナエとコサナエの判別が難しいことから、試行的にフタスジサナエのプライマーセットを 4 種設計し判定したが、4 種ともフタスジサナエに加えてコサナエに対してもバンドが発現していた。

現時点ではコサナエ DNA の増幅はできたものの、フタスジサナエとの識別はできていない。そのためコサナエとフタスジサナエを検出するプライマーとして、野外実践を行った結果、一部の地点でバンドが確認された。コサナエとフタスジサナエは胸部斑紋から区別が可能のため、eDNA 調査と成虫出現時期の現地観察とを組み合わせることで、コサナエの生息地調査に役立てられると考えている。



# O-B07

## 日本各地の積雪生態系で繁茂する雪氷藻類とツボカビの宿主-寄生者関係

\*中西博亮 (横浜国立大・環境情報), 瀬戸健介 (横浜国立大・環境情報), 松崎令 (国立環境研究所), 植竹淳 (北海道大・北方生物圏フィールド科学センター), 竹内望 (千葉大・理), 鏡味麻衣子 (横浜国立大・環境情報)

### 1. はじめに

ツボカビとは、鞭毛で水中を遊泳する菌類の仲間であり、湖沼や海洋においては様々な藻類がツボカビに寄生されることが知られている。ツボカビは氷河や積雪など雪氷圏においても存在し、雪氷藻類に寄生する様子が観察されている。また近年のDNA解析では、氷河や積雪における雪氷藻類やツボカビには多様な系統が存在することが分かっている。しかし、それらは形態の観察のみでは系統の判別ができず、一方DNA解析のみでは、宿主-寄生者の対応関係はわからない。

本研究は、積雪生態系における寄生性ツボカビと宿主となる雪氷藻類の対応関係を系統レベルで解明することを目的とした。宿主(雪氷藻類)-寄生者(ツボカビ)を1ペアごとに単離し両者のDNA解析を行うことで、日本各地の積雪生態系において出現するツボカビの系統と宿主とする藻類を解析した。また検出できた宿主-寄生者関係を地域ごとに比較することで、ツボカビの宿主特異性と雪氷藻類及びツボカビの地理的分布パターンを考察した。

### 2. 材料と方法

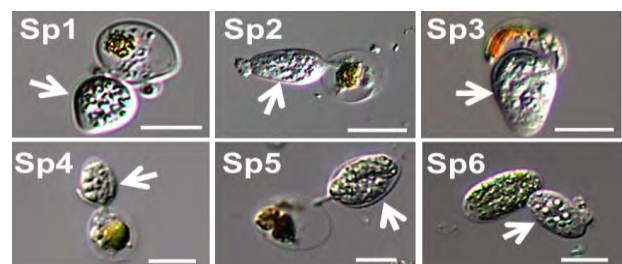
積雪試料は、北海道大学苫小牧研究林、青森県八甲田山、岩手県カヌマ沢溪畔林試験地、山形県月山の積雪域にて採取した。試料を顕微鏡で観察し、検出できた宿主(雪氷藻類)-寄生者(ツボカビ)を1ペアごとに単離しDNAを抽出した。藻類特異的プライマーと菌類特異的プライマーを用いて雪氷藻類およびツボカビの18S rDNA領域をPCR増幅し、塩基配列を同時に決定した。ツボカビは18S rDNA領域を用いた最尤法分子系統解析によって系統的位置を特定し、宿主の雪氷藻類はNCBI BLAST検索により種を同定した。

### 3. 結果と考察

採取した国内4地域の積雪試料において、緑藻 *Chloromonas* (*C.*) 属に寄生する6系統のツボカビを検出した(図1)。月山からは3系統(Sp1, Sp2, Sp3)を、八甲田山から2系統(Sp1, Sp4)、カヌマ沢溪畔林試験地から1系統(Sp5)、苫小牧研究林から1系

統(Sp6)を検出した。6系統のうち5系統(Sp2, Sp3, Sp4, Sp5, Sp6)はそれぞれの地域で固有に検出された系統であった。分子系統解析の結果、いずれも世界各地の高山の積雪域で検出された環境DNA配列のみで構成される系統群(Snow Clade)に位置した。以上の結果から、雪氷藻類に寄生するツボカビはSnow Clade内において多様であり、地域によって固有のツボカビの系統が存在すると考えられた。

ツボカビ各系統の宿主を特定した結果、3つの地域で異なるツボカビが *C. miwae* に寄生していることが明らかとなった(月山: Sp1, Sp2, 八甲田山: Sp4, カヌマ沢溪畔林試験地: Sp5)。つまりツボカビ各系統と宿主である *C. miwae* は地理的分布の範囲が異なることが示唆された。ただし、Sp1は *C. miwae* 以外にも *C. platystigma* も利用していた。さらに *C. miwae* を宿主としないツボカビも存在した。月山で検出されたSp3の宿主は *C. platystigma* であり、苫小牧研究林で検出されたSp6は、*C. kaweckae* と *C. fukushimae* を宿主としていた。以上の結果から、ツボカビの系統によって宿主の種および範囲が異なることが考えられる。しかしツボカビの宿主特異性については、宿主のDNAをさらに検出し検証する必要がある。また各地域における雪氷藻類の種組成と優占度合いを把握したうえで、地域ごとの宿主-寄生者関係の違いをより詳細に明らかにしたい。図1. 雪氷藻類に寄生する6系統のツボカビの写真。矢印がツボカビ、スケールバーは10 μmを示す。



## 河川水中微生物の細胞サイズが 溶存有機物分解に与える影響

\*高木悠司（北大院・環境）、鈴木光次（北大院・地球環境）  
山下洋平（北大院・地球環境）

### 1. はじめに

河川から大気へと放出される CO<sub>2</sub> フラックスは全球で 1.1-1.8 PgC yr<sup>-1</sup> と見積もられており、土壌から河川へ輸送される CO<sub>2</sub> フラックスの 44-72% に相当する。現時点でのフラックスの推定値には幅があり、その大きさを正しく見積り、その変化の将来予測に繋げるには、河川内の有機物分解の制御要因を定量的に理解する事が重要となる。河川における有機物の 50% 以上は溶存有機物

(Dissolved organic matter, DOM) であり、従属栄養微生物により分解される。多くの先行研究における河川の DOM 分解実験では 1.0 μm 未満の微生物が用いられてきた。しかし、近年のいくつかの研究により、細胞サイズが大きい微生物群集によって、難分解性の DOM が選択的に分解されている可能性が示唆された。しかし、このような微生物の細胞サイズの違いによる DOM 分解の異同を評価した培養実験の報告例は少なく、さらに沿岸域を対象にした実験に限られている。そこで、本研究では微生物の細胞サイズの違いが河川中 DOM の分解におよぼす影響を評価することを目的とした。

### 2. 材料と方法

培養実験に用いる DOM 基質は 2022 年 8 月 16 日に忠別川集水域における森林中の小支流、ダム湖、水田地帯の用水路および本流の上流部から採取した。採水日は降水量が多く(日合計降水量: 74 mm)、ダム湖を除くすべての採水地点は高流量であった。採取した水試料はそれぞれ孔径 0.22 μm のメンブレンフィルターを用いて濾過後、分子量 3000 の濾過膜を用いた限外濾過により高分子 DOM 画分と低分子 DOM 画分に分けた。また、接種源として忠別川中流の河川水を採取し、孔径 1.0 μm および 5.0 μm のメンブレンフィルターを用いて、河川水中微生物の細胞サイズを 2 種に分けた。得られた高分子および低分子の DOM 基質と 2 種の接種源を

9:1 の比で混合し、<1.0 μm 区および<5.0 μm 区の 2 試験区を作成した。これらのほかに接種源を加えない対照区を作成し、忠別川中流の河川水温 (20°C)、暗所条件下で 30 日間培養した。培養後の試料は孔径 0.22 μm のメンブレンフィルターを用いて濾過し、溶存有機炭素(DOC)濃度を測定して有機物分解量を評価した。また、三次元励起-蛍光スペクトル分析および紫外-可視吸収スペクトル分析を行い、有機物の質の変化を評価した。さらに、未濾過試料をパラホルムアルデヒドで固定し、SYBR Gold で染色したのちにフローサイトメトリーにより細菌数を測定した。

### 3. 結果と考察

実験の結果、すべての基質の低分子区において、DOC 濃度は減少したが、対照区、<1.0 μm 区および<5.0 μm 区の間で顕著な違いはなかった。また、いずれの対照区および試験区においても微生物細胞数の増加が微小であった。このことから、DOC 濃度の減少は微生物分解によるものではなく、非生物要因による除去の結果と考えられた。一方、すべての基質の高分子区では 0.22 μm 未満の対照区においても、<1.0 μm 区および<5.0 μm 区と同程度に DOC 濃度が減少し、対照区および試験区において微生物細胞数が増加した。このことから、細胞サイズが大きい微生物群集は河川中の高分子 DOM 分解に寄与せず、高分子 DOM の大部分は 0.22 μm 未満の微生物により分解されたことが示唆された。また、0.22 μm 未満の微生物が分解した高分子 DOM について、DOC 変化量とタンパク質様物質の蛍光強度変化量および DOC 変化率と芳香族性の指標の変化が正の相関を示したため、高分子 DOM の中でも、タンパク質のような非芳香族性の有機物を選択的に分解していたことが示唆された。

\*宇留賀 千佳 (奈良女子大・院・人間文化総合科学)・  
 中村萌(奈良女子大・院・人間文化総合科学)・Kwang-Hyeon Chang(慶熙大学校・工)・  
 石田裕子(摂南大・理工)・土居秀幸(京都大・院・情報学)・  
 竹門康弘(京都大・防災研)・片野泉(奈良女子大・研究院自然科学系)

## 1. はじめに

多くの現代河川ではダムの建設や堤防の設置により、河道内の大規模な攪乱が起りにくくなっており、河道周辺では陸域と水域の二極化が進み、生物多様性の低下が問題となっている。

その改善策として、京都府南部を流れる木津川では、伝統的河川工法・聖牛による河床地形管理が行われている(図1)。聖牛にはワンドやタマリといった止水・半止水的な水域を創出する効果があり、これらの水域は寿命が短く、一時的である。これらの水域には、流水域である本川とは異なる生物群集が形成されていることが予想されている。実際に、底生動物群集に関する先行研究では、聖牛周辺と本川を比較し大きく異なる底生動物群集が形成されていることが示されている。底生動物を含む生物群集は食う食われる関係で成り立っており、複雑な食物網を形成している。これらの一時的な水域においては、消費者である底生動物を支える生産者やより小さな消費者群集がどのようなものであるかはわかっていない。そこで本研究では、一時的な水域の食物網基盤となるプランクトン群集について、1年間を通して季節的な調査を行い、その季節的変動を把握することとした。



図1 聖牛の外観

## 2. 方法

木津川中流域 15kp(京都府綴喜郡井手町)地点における右岸側砂州約 300m に存在するすべてのワンドとタマリ(各回 10-13 地点)を調査地点として設定した。加えて本川 1 地点をリファレンスとして設定し、2020 年 6 月、8 月、11 月、2021 年 3 月、6 月の計 5 回採集を行なった。環境要因として水温、

pH、電気伝導度を測定し、採水・プランクトンネットを用いて植物・動物プランクトンの採集を行なった。プランクトンサンプルはそれぞれグルタルアルデヒド、中性緩衝ホルマリンで固定し、実験室に持ち帰った。

実験室に持ち帰ったプランクトンサンプルは静置沈殿させて濃縮後、倒立顕微鏡を用いて検鏡・観察した。植物プランクトンは同定後、個体数に対し、指数的に四段階の評価を行い(+++, ++, +, -)、動物プランクトンは同定後、個体数を計数し、サンプル濃縮率を用いて、各地点における個体数の密度を計算した。

## 3. 結果と考察

全 5 回の調査より、63 地点から植物プランクトン 54 種、植物プランクトン 32 種が確認された。

植物プランクトンには珪藻、藍藻、渦鞭毛藻が含まれており、多くの季節で珪藻が優占していた。本川、タマリ、ワンド間など場所に関して大きな違いを見られなかったが、季節間での違いを観察することができた。特に夏季の 8 月では他の季節と比較して緑藻が多いことが確認された。

動物プランクトンでは、止水環境で多く見られる輪形動物カメノコウワムシ属 *keratella sp.* やウサギワムシ属 *Lepadella sp.* が多く見られた。また本川で見られないもののワンドやタマリのみに見られた種としてハネウデワムシ属 *Polyarthra sp.* やスジワムシ属 *Ploesoma sp.* があった。

またそれぞれの結果に対し NMDS(非計量多次元尺度法)を用いた解析より、どちらも季節や地点ごとに異なる群集構造を持つことが示された。

本研究により、聖牛によって創出されたワンドやタマリには、季節によって異なるプランクトン群集が形成されていることが分かった。

今後は安定同位体比分析など、さらなる分析進め低水敷一時的な水域の食物網の動態を明らかにしていきたい。

## 1. はじめに

生物群集は互いの密度変化に影響し合う、動的に結合 (dynamically coupling) された個体群の集まりとして理解できる。最近になって、観測データから種間の動的結合を検出したり、群集の動的結合ネットワークを推定したりできるようになった。捕食-被食や相利等の群集ネットワーク研究では、大規模なネットワークのノードをまとめることで単純化し、計算量を削減したり見通しをよくしたりするアグリゲーションと呼ばれる方法がとられる。アグリゲーションにはデータや解析の性質に応じて様々な手法があるが、生態学では系統分類に基づくアプローチが取られることが多い。この系統分類に基づくアグリゲーションの背景には、所同じ分類群に属する生物種は相互作用も似ているだろうという想定がある。しかし動的結合ネットワークにおけるアグリゲーション手法はほとんど研究されておらず、この仮定がどれほど成り立つか、またアグリゲート後のネットワーク構造にどう影響するかは不明である。そこで本研究では動的結合ネットワークにおいて、アグリゲーションがネットワーク構造にもたらす影響を検討した。

## 2. 材料と方法

滋賀県琵琶湖環境科学研究センターによって瀬田川で観測された植物プランクトンの生物量に関する 39 年間の時系列データを使用した。このデータでは 317 種、118 属、70 科、37 目の植物プランクトンが観測されている。それぞれの分類階級に対し非線形時系列解析を行い、動的結合ネットワークを推定した。非線形時系列解析には UIC(Osada 2023)を使用した。

推定したネットワークをもとに、複数の種を同じ系統分類群でアグリゲーションしたとき、上位分類階級でのリンクの有無を目的変数、種レベルでのリンクの割合を説明変数としてロジスティック回帰を行った。同様に属・科・目でアグリゲーションしたときと同数になるように種をランダムに入れ替え、同様の解析を行い、系統分類群に従ってアグリゲーションしたものと比較した。

## 3. 結果

属・科・目でのリンクは、種レベルでのリンクの割合が高くなるほど出現しやすいという傾向が見られた。また、まとめる分類階級の解像度が高いほど、種レベルのリンクが低くても上位分類階級でリンクが現れやすかった。

ランダムに種をまとめたものでも同様に、種レベルでのリンクの割合が高くなるほどリンクが出現しやすかった。

種レベルでのリンクの割合と属・科・目でのリンクの出現しやすさは、ランダムに種をまとめたものと有意差が見られなかった。

## 4. 考察

本研究の結果は、群集の動的結合ネットワークではアグリゲーション後のネットワーク構造は、下位分類群でのネットワーク構造と関連性を持つ (リンクが保存される) ことを示唆している。また、リンク出現率は種をアグリゲーションする際の分類解像度が高いほど高くなった。ランダムに種をまとめたときと系統分類に従って種をまとめたときでリンク保存性に差がなかったことから、系統分類によるアグリゲーションでもランダムなアグリゲーションでもリンク保存性に差があるという根拠は見つけられなかった。

\*鈴木碩通（東北大院・生命），占部城太郎（東北大院・生命）

## 1. はじめに

水圏生態系において、動物プランクトンは基礎生産から上位捕食者へのエネルギーフローを担っている。中でも、ケンミジンコ科のカイアシ類は多くの湖沼で卓越的に出現する主要な動物プランクトンである。ケンミジンコ科の多くは雑食性であり、特に体長が1mmを超えるような大型の種は、植食性の枝角類やワムシといったプランクトンを積極的に捕食する。このような捕食行動を示すケンミジンコは、餌生物の存在を水流によって認識しており、一部の被食者はケンミジンコの接近を感知すると、動きを止める擬死行動によって捕食を回避することが知られている。

これら既存の知見に従えば、ケンミジンコは動く獲物には反応するが、生物遺骸のような動かない物体は餌として認識しないと予想される。しかし、日本に広く分布するケンミジンコ科カイアシ類である *Thermocyclops taihokuensis* はミジンコなどの遺骸に複数個体で群がり、摂食している可能性がある。これは、被食者が発する水の動きとは異なる方法でこの種が餌を検知していることを示唆している。一方、水圏生態系では、多くの生物が捕食者や餌の存在を知覚するための情報源として、化学物質（chemical cue）を利用している。*T. taihokuensis* も、餌生物が発する水の動きだけでなく、餌生物が発する化学物質（匂い）を使って餌を探しているのかも知れない。そこで、本研究では *T. taihokuensis* は化学物質を知覚することで、死肉食（スカベンジング）を行っているという仮説を立て、行動実験による検証を行った。

## 2. 材料と方法

東北大学近隣のため池から採集した *T. taihokuensis* の成体を実験に用いた。餌生物としては同じため池に生息していたミジンコ類の *Moina affinis* を使用した。実験にあたっては、シャ

ーレの中心部に直径5mmの目印をつけたものを用意し、そこに飼育水と *T. taihokuensis* の成体を20個体入れた。このシャーレに対して、①針で突いて死亡させた *M. affinis* の遺骸、②炭酸水で傷をつけずに死亡させた遺骸、③ *M. affinis* を破碎して抽出した体液（化学物質）、④ *M. affinis* と同程度の大きさの無機物（擬似餌）、⑤ *M. affinis* の破碎液に侵漬させた擬似餌をそれぞれ目印の中央に置き、それらに対する *T. taihokuensis* の行動を観察した。実験にあたっては、目印に何も置かない状態でまず5分間のビデオ撮影を行い（コントロール）、ついで①～⑤のいずれかの物体を置いた後に、5分間のビデオ撮影を行った。この映像を用い、*T. taihokuensis* が目印に侵入する回数と目印内での滞在時間を記録した。また、実験③以外では、餌または擬似餌に対する *T. taihokuensis* の攻撃行動の有無も記録した。これらの項目に関して、各処理が *T. taihokuensis* の行動に与える影響を線形混合モデル（LMM）と一般化線形混合モデル（GLMM）によって検証した。

## 3. 結果と考察

線形混合モデルによる解析の結果、実験①、②、⑤で *T. taihokuensis* の目印内での滞在時間がコントロールと比べて有意に増加する傾向が見られた。一方、実験③と④（化学物質のみ・擬似餌のみ）では滞在時間の有意な上昇が見られなかった。*T. taihokuensis* の攻撃行動は実験③以外のすべての実験で見られたが、実験④、⑤では実験①、②に比べて攻撃頻度は低く、特に実験④では攻撃した個体もすぐに摂食行動を止めてその場を離れる様子が見られた。これらの結果から、*T. taihokuensis* が生物遺骸から発する化学物質を手がかりに、死肉食行動も行っている可能性について議論する。

# 河川濾過食者はダム湖由来の流下プランクトンを 減衰させるか：濾過様式による比較

\*原 直子（奈良女子大・院・人間文化総合科学），土居 秀幸（京都大）  
片野 泉（奈良女子大）

## 1. はじめに

ダム下流域では、ダム湖由来の流下プランクトン密度は下流にいくにつれ徐々に減衰していく。これは河床への沈殿や砂州による濾過捕捉などの物理学的作用、および濾過食者による捕食などの生物学的作用によるものである。河川水中の流下有機物を濾過摂食する摂食機能群の一つである濾過食者は、様々な濾過様式や生活史を持つ。そのうち二枚貝類の濾過機能については多数の先行研究が行われてきたが、ダム直下で高密度に生息することが知られている造網型濾過食者の濾過機能に着目した研究例は多くはない。さらにこれらの研究は小規模な河川で行われてきたため、ダム下流域のような大規模な河川における濾過機能については不明な点が多い。そこで本研究では、ダム下流域でのプランクトン量の減衰に濾過食者が実際に寄与しているか、また濾過食者のタイプによって濾過機能に差があるかを明らかにすることを目的として、木津川流域の複数のダム河川において、野外調査を行った。

## 2. 調査方法

奈良県と三重県に位置する4つのダム、布目・室生・青蓮寺・比奈知ダムの下流域を調査地とした。河川内で濾過食者の現存量が多いとされる冬季と水生昆虫が羽化し移出した春季の、年に二回の野外調査を行った。ダム直下に上流地点を、さらに約1 km 下流に下流地点の計2地点を設定し、この地点間の約1 kmを調査区間とした。各調査地点で、流下有機物として植物・動物プランクトン密度を、調査区間内の濾過食者密度を推定するためにコドラートを用いた底生動物の定量調査を行った。また物

理的な作用を考慮するため、ドローンを用いた瀬淵構造などの分類、数値標高モデルより勾配や蛇行度の算出を行った。植物・動物プランクトン量それぞれの減衰について、物理学的作用・生物学的作用のどの変数が寄与しているかを調べるために、線形混合モデルで解析を行い、AICが最小であったものを最適モデルとした。

## 3. 結果

濾過食者の内訳は、造網型が大部分を占めており、個体数は冬季から春季にかけて大幅に減少傾向にあった。加えて全てのダム下流域において、シマトビケラ属、コガタシマトビケラ属、オオシマトビケラの3分類群の造網型が出現していた。植物・動物プランクトン量は調査区間内で、有意な減衰傾向を示したダム、およびほとんど変化を示さなかったダムの両方がみられた。AICを比較した結果、植物・動物プランクトンのそれぞれの減衰を説明する最適モデルは、両プランクトンともに「勾配」「淵面積割合」「造網型個体数」「ブユ類の個体数」「カイメン類の個体数」「二枚貝類の個体数」を説明変数とするモデルであり、どちらにおいても造網型個体数の係数は大きかった。

## 4. 考察

本研究は、造網型濾過食者がダム下流域におけるプランクトン量の減衰に寄与していることを新たに示唆するものである。加えて捕獲網のメッシュサイズにおける多様性が存在することで、生態機能がよく作用するようになる、すなわち functional diversity が働いていた可能性も示唆された。



\*大竹裕里恵, 黒川麻伊 (東北大・生命), 丸岡奈津美 (宇都宮大・バイオ, 東北大・生命), 中川恵 (国環研), 牧野渡, 占部城太郎 (東北大・生命)

## 1. はじめに

ワムシ類は淡水動物プランクトン群集を構成する主要な生物の一つである。そのうち、ツボワムシ *Brachionus calyciflorus* 種群は日本を含む世界各所の止水域で見られ、季節と場所により動物プランクトンの優占種になることも多く報告されている。この *B. calyciflorus* は長い間 1 種と認識されてきた。しかし近年の研究により、遺伝的に独立な 4 種: *Brachionus calyciflorus sensu stricto* (s.s.)、*Brachionus dorcas*、*Brachionus elevatus*、*Brachionus fernandoi* に分けられることが示され、繁殖隔離や形態の差異も示唆されている。日本に出現するこれらの *B. calyciflorus* 種群の種構成や分布を再検討することは、淡水生態系のより正確なモニタリングや調査研究に不可欠である。そこで本研究では、日本全国から採集した動物プランクトンサンプルを用い、*B. calyciflorus* 種群の分子系統解析を行うことで、種構成と出現傾向の把握を試みた。更に、形態解析を行うことで、日本における 4 種の形態的特徴とその種間差異を検討した。

## 2. 材料と方法

2004 年-2016 年に、日本全国の 26 湖池沼 (内、4 地点では複数時点の採集) から採集されたエタノール固定動物プランクトンサンプルを試料とした。これらから *B. calyciflorus* 種群を単離し、計 180 個体を分子系統解析の検体とした。分子系統解析は核 ITS-1 領域、ミトコンドリア COI 領域を用い、それぞれについてジェノタイピングと系統樹の作成を行った。

次いで、*B. calyciflorus* 種群の季節動態を統計解析により評価した。まず、主成分分析により各サンプルにおける *B. calyciflorus* 種群の組成を分析し、第一主成分をこの指標とした。これに対する気温の影響を評価した。気温として、アメダスのデータを利用した。各採集地点に最も近い観測地点のデータを用い、採集日の前後 15 日の平均気温を算出した。

更に、分子系統解析の試料とした個体を対象に、形態の分析を行った。具体的には、1 個体ずつ計 180 個体を写真撮影し、体の傾きがない 92 個体

を対象に、ImageJ 上で形態を測定した。測定した形質は、体長・体幅・側突起長である。これらの形態情報を用い、判別分析及び分散分析と多重比較により、*B. calyciflorus* 種群が形態的に分離できるか解析した。

## 3. 結果

分子系統解析の結果、日本に生息する *B. calyciflorus* 種群について、ITS-1 領域について 4 群に分かれ、先行研究で報告された 4 種がいずれも確認された。また、mtCOI は 31 ミトタイプが検出された。*B. fernandoi* については、種間の差異に相当する遺伝的差異が見られる 2 グループを含んでいた。また、8 個体の試料からは、ITS-1 領域がヘテロであるタイプが 4 つ確認された。*B. fernandoi* は冬、その他の 3 種は初夏から晩秋に出現する傾向が見られ、統計解析による群集への気温の影響もこれを支持した。また、季節的に複数の試料がある地点においては、*B. fernandoi* と、他 3 種のいずれかの間に季節的な置き換わりが確認された。形態形質の判別分析の結果、*B. fernandoi* と他の 3 種間に形態形質の差異が見られ、*B. fernandoi* は細長い形態を持つと示唆された。体幅についても、*B. fernandoi* は他の 3 種より有意に小さく、これが支持された。また、側突起長について、*B. fernandoi* は他の 3 種よりも有意に短かった。*B. elevatus*、*B. calyciflorus* s.s. では側突起のない個体は確認されず、ITS-1 ヘテロ接合タイプについても、これら 2 種いずれかの ITS-1 配列を持つ個体には側突起が見られた。

## 4. 考察

日本においても、従来 *B. calyciflorus* と同定されてきた種は 4 種から成ると示された。この内、*B. fernandoi* は出現時期や形態で種判別できることが分かった。先行研究で示されている、前縁突起や前縁部の隆起の違いと共に、4 種を形態情報から判別できる可能性がある。更に、よく知られている *B. calyciflorus* の季節的形態変化は、*B. fernandoi* と他 3 種の置き換わりである可能性があるとして示唆された。

## 気候変動下における古代湖・琵琶湖のベントス多様性の運命

\*奥田 昇 (神戸大・内海域センター)・岡本紘奈 (神戸大・理)  
周金鑫 (東京大・生研)・北澤大輔 (東京大・生研)  
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の進行を報告する研究が増加の一途をたどる。湖沼生物の温暖化影響を評価・予測する従来の研究は、気候変動に伴う水温レジーム変化が生物の空間分布や絶滅確率に及ぼす影響を予測してきた。しかし、深い湖沼における底生動物群集の温暖化影響のプロセスは複雑である。一般に、深い湖沼の湖底環境は、温暖化による水温上昇より成層強化による貧酸素化の影響を強く受ける。にもかかわらず、今後の温暖化の進行が底生動物群集に及ぼす影響を理解するのに十分な知見を我々はまだ持ち合わせていない。

琵琶湖では、深い湖盆が誕生した約 40 万年前から現在まで、安定した湖底環境下で底生動物の固有性と多様性が育まれてきた。ところが、2007 年の暖冬に伴う湖水の全循環停止は、貧酸素化と底生動物の大量死滅を引き起こした。貧酸素化は短期間で解消し、底生動物の個体群は回復傾向にあったが、2019 年に再び暖冬による循環停止と貧酸素化が発生した。今後、貧酸素化の規模と頻度が増加すると、底生動物の多様性が急速に失われると危惧される。

そこで、本研究は、温暖化に伴う湖底環境改変に対する底生動物群集の応答を調べる野外調査を実施し、気候変動下で湖底環境の変化を予測する 3 次元流れ場・生態系結合数値モデルを用いて、底生動物の多様性に及ぼす温暖化の長期影響を評価・予測することを目的とした。

## 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 ロガーを用いて、各地点のクロロフィル濃度の全層平均、湖底着底時の水温、DO、電気伝導度を計測後、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。

これらの環境・群集データセットを除歪対応分析 (DCA) 後に正準対応分析 (CCA) に供試し、底生動物の環境応答を調べるとともに、生物多様性に影響する環境要因を重回帰分析により探索した。さらに、この群集応答モデルを 3 次元流れ場・生態系結合数値モデルと結合することにより、IPCC の社会-気候変動シナリオ下で琵琶湖全域の湖底の生物多様性の空間パターンを 2100 年まで予測した。

## 3. 結果と考察

湖底 DO は最浅部の 8.3mgO<sub>2</sub>/L から浚渫窪地の 0.1 mgO<sub>2</sub>/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。各地点の底生動物種数は 3-10 種、多様度指数は 0.06-1.93 の範囲で変異した。

続いて、DCA を試みたところ、浚渫窪地 (St15) を除く南湖盆と北湖盆で底生動物の群集構造が二分され、CCA の結果、群集構造の空間変異の大部分は生産性の指標となるクロロフィル濃度と水温で説明された。他方、種数および多様度指数の空間変異は、湖底 DO によってのみ説明された。

以上の解析結果に基づいて、湖底 DO に対する群集応答を組み込んだモデルを用いて底生動物の多様性の空間分布を予測したところ、現在の最深部で観察される種数 (4 種) 以下となるエリアは、化石燃料依存型発展シナリオ下 (SSP5-8.5) で 2080-2100 年に湖底面積の平均 37.7%に拡大した。他方、持続可能な発展シナリオ下 (SSP1-2.6) では、生物多様性低下エリアが 26.1%と有意に縮小した。SSP5-8.5 シナリオ下でも流域のリン負荷を 50%削減すると、18.7%まで改善したことから、地域適応策は生物多様性保全の有効な手段となりうる。

## 4. 謝辞

本研究は、二国間交流事業共同研究 JPJSBP 120208602 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。

# O-B15

## カワシンジュガイの環境 DNA 検出特性と

### 個体群管理の可能性

\*後藤益滋 (株式会社リクチコンサルタント), 川崎真由美 (株式会社リクチコンサルタント)

#### 1. はじめに

カワシンジュガイ *Margaritifera laevis* (以下, 本種と示す) は日本国内の寒冷地に生息する冷水性の二枚貝の一種であり, 水中の砂礫中に直立してコロニーを形成している。

調査地の千歳川は, 支笏湖を源とした石狩川の一支流の一級河川である。当河川の特徴として, 水力発電所による流量のコントロールが常にされており, 年間を通じて水位の変動が比較的小さい。また, 大きな横流入も確認されないことから, 環境 DNA の数値挙動が追跡しやすいことが想定される。

本研究では, 本種の保全を進めるにあたり, その検出特性からモニタリングへの適用の有効性や課題点などを検討した。

#### 2. 材料と方法

調査は, 千歳川の 3 地点 (上: 千歳市蘭越, 中: 同市桂木, 下: 同市根志越) を対象に, 2022 年 7 月, 8 月, 10 月及び 2023 年 6 月, 8 月に行った。また, 検出特性を確認するため, 下流の根志越では 4 時間毎のサンプリングを行い, 2023 年 6, 8 月は幼生採取用のパッシブトラップを夜間(18:00~8:00), 昼間(10:00~18:00)に河床へ設置した。また, コロニーの上流端, 下流端でサンプリングを行い, 検出量の差からコロニーからの検出量とした。いずれのサンプリングにおけるサンプル量は, 1L×3 繰返しを採水した。調査のうちで 2022 年 8 月は, 適性なサンプル深度を確認するために水面から 0.1m の表層と河床付近から 0.1m の下層 2 点のサンプリングを行った。

採取したサンプルは, 塩化ベンザルコニウム水溶液を添加せずにセンチーノポンプを用いて GF/F ろ紙で現場ろ過を行った。ろ過後のろ紙はドライアイスで凍結保存を行い実験室まで持ち帰って DNA 抽出を行った。解析用のプライマーセットは, r16S 領域を増幅させるように設計した。プローブは, TaqMan 法とした。

定量分析を行うためのスタンダードは, 増幅領域のアンプリコンを人工的に作成した DNA (人工 DNA 作成は Eurofin 社に依頼) を調整して使用した。定量分析の系列は,  $1.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^0$  の 4 系列とした。

#### 3. 結果

検出状況として, 図 1 に示す 2022 年 8 月は上層よりも下層が大きくなる傾向を示しており, 2022 年 10 月は, 水温の低下に伴って検出量が全体的に小さくなる傾向を示していた。その挙動は, 時間帯で大きく変化し, 2022 年 8 月 4 日 4:00 の数値が大きくなった。2023 年 6 月に設置した幼生トラップには, 18:00~8:00 まで設置したトラップに 162 個体の幼生の付着が確認され, この挙動は幼生の排出によって引き起こされた可能性が示唆された。

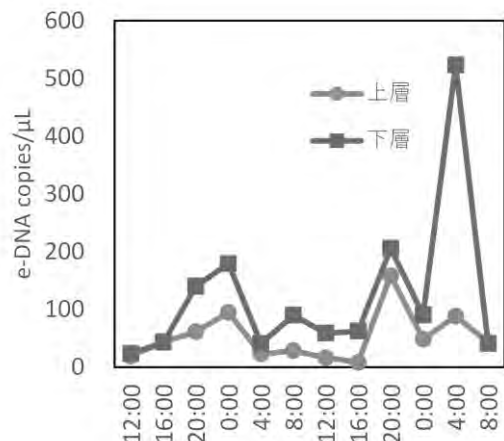


図 1 上層と下層の環境 DNA の挙動

#### 4. 考察

本研究で判明したことは, 水面付近よりも河床付近でのサンプル採取が適しており, 定性的なものを含めて, 環境 DNA で本種の生態をおおむね推定することが可能なことが推察される。また, 産卵期にあたる 8 月は, 昼間よりも夜間の変化が大きく, 産卵期の幼生の排出などと連動していた可能性が推察される。

\*Deb S (Univ. of Shiga Pref.), Wilhoefer CL (Univ. of Portland), Fukushima K (Fukushima Univ.), Yukiko G (Kyoto Univ.) Tetsuji A (Kyoto Univ.), Nakano S (Kyoto Univ.)

## 1. Introduction

Diatoms are known for their complex life cycles as they undergo distinctive life cycle stages; they may also produce resting spores to survive adverse conditions. The diatoms undergo cell size reduction during vegetative reproduction. They undergo sexual reproduction to restore the cell size of the population. Sexual reproduction in diatoms is worth exploring and is an understudied aspect of diatom life cycle dynamics. Studying the life cycle stages of diatoms related to various environmental parameters is thus necessary.

The present study monitored and investigated seasonal changes in cell size, abundance, community structure of diatoms, and environmental factors in a Japanese monomictic mesotrophic lake for one year. We examined how often the dominant diatoms probably restored their cell size via sexual reproduction and the related environmental factors.

## 2. Materials and Methods

We examined the seasonal changes in cell size and abundance of the dominant diatoms, *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira ambigua* f. *japonica*, *Fragilaria crotonensis*, and *Praestephanos suzukii*, together with environmental variables, in the northern basin of Lake Biwa.

The present study was conducted in Lake Biwa, the largest monomictic lake in Japan. A total of 24 bi-monthly water samples were collected. Vertical profiles of water temperature (WT), chlorophyll *a* (Chl *a*), and conductivity (Cond.) were measured with a CTD profiler (SBE911 plus, Sea-Bird Scientific, WA, USA). pH and transparency were also measured. Diatom samples were collected and preserved. Nutrients (nitrate, nitrite, phosphate, and ammonia) were measured by the standard colorimetric method. We expressed nitrate, nitrite, and ammonia as dissolved inorganic nitrogen (DIN). The Molybdenum yellow method was used to

measure silicate using a spectrophotometer.

## 3. Results

The cell size of the diatoms decreased gradually with the increase in cell abundance, indicating that the population underwent vegetative reproduction followed by sexual reproduction. The observation revealed two diatom blooms in a year. The autumn bloom from early October to late November was primarily dominated by *A. granulata*, *A. ambigua* f. *japonica*, and *F. crotonensis*. *P. suzukii* dominated the mixing period. These results suggested that *F. crotonensis* undergoes sexual reproduction twice a year, while the other three diatom species undergo sexual reproduction once a year.

Correlation matrices and redundancy analysis revealed that each diatom species had distinct favorable ecological conditions for staging its life cycle. Water temperature and/or concentration of dissolved inorganic nitrogen are critical environmental variables

## 4. Discussion

When the cells attain a minimal critical size, most diatoms undergo sexual reproduction, which restores size (Drebes 1977; Round et al. 1990; Chepurnov et al. 2004). In addition, light, temperature, and the supply of nutrients would drive the occurrence and frequency of sexual reproduction of diatoms. Our results suggest that the dominant diatoms in Lake Biwa undergo cell size reduction followed by sexual reproduction, which allows them to restore cell size. Our results revealed that water temperature and DIN played crucial roles in promoting growth in *Aulacoseira* spp., Si concentration was also necessary for *A. granulata*. For *F. crotonensis*, P and Si concentrations were more crucial for growth. It demonstrated that each diatom species had distinct favorable environmental conditions for staging its life cycle. Further studies are needed to understand diatom ecology and sexual reproduction, together with their underlying mechanism.



## Nutritional constraints of *Arthrospira platensis* for *Daphnia magna*: a limitation by sterols

\*Amare Mezgebu (Univ Shiga Pref), XinLiu (Univ Shiga Pref, Guangxi Academy Sci), Minwyelet Mingiest (Bahir Dar Univ), Syuhe Ban (Univ Shiga Pref)

### 1. Introduction

In freshwater food webs, the regulation of energy and carbon transfer is a key process towards creating a healthy ecosystem. Cyanobacterial carbon usually poorly transferred to herbivorous zooplankton due to poor ingestibility, toxicity, and essential nutrient limitations. In plant-herbivore interaction understanding the determining factors for the poor assimilation efficiency is crucial.

In our previous study, we showed that *Arthrospira platensis*, a filamentous cyanobacterium, did not support any life history traits of *Daphnia magna* probably due to lack of essential nutrients in which daphnids cannot synthesize. The aim of this study was to assess the potential biochemical limitations of *A. platensis* to rear *D. magna* by supplementing it with sterol (cholesterol) or a polyunsaturated fatty acid (EPA).

### 2. Materials and Methods

*Arthrospira platensis* (NIES-39) and *Chlamydomonas reinhardtii* (NIES-2235) was cultured using SOT medium and C medium, respectively. The trichomes of *A. platensis* were fragmented with a bead crusher for easy of ingestion by daphnids. Cholesterol and EPA were supplemented through an artificial vehicle called liposomes. The liposome stock suspension was prepared by dissolving 3.33 mg of cholesterol or EPA with 3 mg of 1-Palmitoyl-2-oleoyl-phosphatidylglycerol and 7 mg of 1-palmitoyl-2-oleoyl-phosphatidylcholine in an aliquot of ethanol. The resulting solution was dried, resuspended, sonicated, and centrifuged to get the final liposome product.

In *D. magna* growth experiment, five neonates born within 12 h were reared in a 200-ml glass jar filled with aged tap water (ATW) with food supply of a 4 mg C/L in each type of foods. All experiments lasted for 6 days in triplicates. The food treatments were fragmented *A. platensis* supplemented with each 100 µL of control liposomes (neither sterols nor EPA), cholesterol containing liposomes, EPA containing liposomes, or both of cholesterol and EPA containing liposomes. Food

treatments with either *A. platensis* or *C. reinhardtii* alone, and without any foods (starvation) were also conducted. The experimental animals were checked daily when food and ATW were changed. The body weight of the surviving animals was measured at 6 days old. Apart from the growth experiments, sterol profiles of *A. platensis* and *C. reinhardtii* cells was measured using Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS).

### 3. Results

Sterol analysis indicated that there is no sterol in *A. platensis* while Ergosterol and Fungisterol were found in *C. reinhardtii* with a concentration of 3.8 and 0.2 µg C mg<sup>-1</sup> of dry weight, respectively.

Daphnids reared with *A. platensis* alone and with supplementation of control liposome and EPA containing liposome did not survive the whole experimental duration. The animals reared with supplementation of cholesterol liposomes survived 100%, grew well and produced eggs. In the presence of cholesterol, supplementation of EPA showed improved growth of the animals. About ca. 80% of daphnids survived in treatments containing *C. reinhardtii* (quality algal food) alone.

### 4. Discussion

Both survival and growth of the daphnids were possible once *A. platensis* supplemented with cholesterol. In the presence of cholesterol all animals survived during the study period, grew well, and produced eggs better than *C. reinhardtii* (quality algal food). This indicates that dietary sterol limitation is one of the factors for inadequate quality of *A. platensis* to maintain *D. magna*. Additional supply of EPA in cholesterol supplemented *A. platensis* was also important, but sterol is crucial, particularly for early-stages of the daphnids, as they need it for rapid somatic growth, synthesis of ecdysteroids and fast buildup of cell membrane. Once the sterol limitations are relaxed daphnids constrained by availability of PUFA, as it is pertinent for growth and egg production.

## Sulfur-based microbial nutrient cycling in a brackish meromictic lake

\*Jackson M. Tsuji<sup>1,2</sup>, Tomohiro Watanabe<sup>1</sup>, Manabu Fukui<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hokkaido University, <sup>2</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

### Introduction

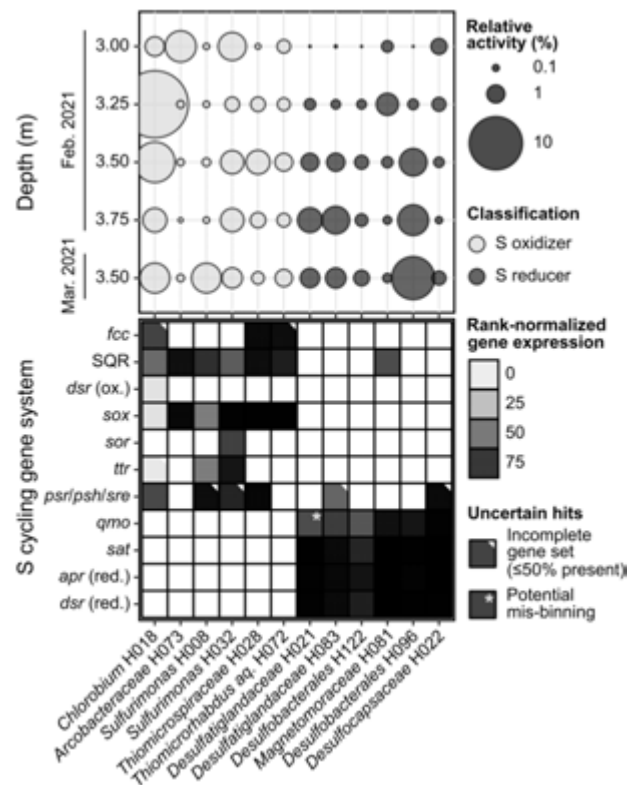
Sulfur (S) cycling is important in aquatic ecosystems because it has a considerable impact on carbon, nitrogen and phosphorus dynamics. Here, we examine the key microorganisms involved in S cycling in the water column of Lake Harutori (Hokkaido), a permanently stratified and brackish lake. Lake Harutori develops high concentrations of sulfide (>10 mM) and methane (>1 mM) in its O<sub>2</sub>-depleted bottom waters, making it an ideal study site for extending the known diversity and ecology of S-cycling microorganisms. With the hypothesis that S cycling is a major driver of ecosystem function in Lake Harutori, we used genome-resolved metatranscriptomics to probe the major microorganisms actively driving S cycling in the water column of this extreme aquatic environment.

### Materials and Methods

Lake Harutori was sampled in winter 2021. We sampled every 25 cm across the ~1 m chemocline of the ~6 m deep lake to collect water ranging from semi-oxygenated freshwater (upper chemocline) to anoxic and brackish water (deep chemocline). Microbial biomass was collected on Sterivex filters via a peristaltic pump, and filters were preserved using DNA/RNA Shield (Zymo). DNA (n=1) and RNA (n=3) samples were extracted and sequenced for each depth. We reconstructed metagenome-assembled genomes (MAGs) from metagenome data and then mapped RNA reads onto the MAGs using the ATLAS pipeline. Genes potentially involved in S cycling were identified using HMSS2.

### Results and Discussion

Across the chemocline, 12 (40%) of the top 30 most active microbial populations could be clearly linked to inorganic S cycling based on RNA data (Fig. 1). Metagenome-assembled genomes (MAGs) for these populations encoded highly expressed genes involved in the oxidative (e.g., SQR and *sox*) or reductive reactions (e.g., *sat-qmo-apr-dsr*) of the dissimilatory S cycle based on HMSS2 analysis. Overlapping occurrence and activity of S-oxidizing and sulfate-reducing microorganisms



**Fig. 1. Potential S-cycling microbial populations in Lake Harutori.** The bubble plot shows the relative activity (% mapped RNA reads) of MAGs, and the heatmap shows the median expression of genes involved in S-cycling gene pathways. Only high-expression MAGs are shown that had S-cycling genomic potential.

across the water column (Fig. 1) suggests that S compounds might be rapidly exchanged among these populations. In some of the S-cycling MAGs, we detected highly expressed genes involved in carbon fixation (via the Calvin cycle, the reverse TCA cycle, or the Wood-Ljungdhal pathway) or denitrification, showing that the microorganisms represented by these MAGs could form important links between the S cycle and carbon/nitrogen cycling. Together, our data suggest that inorganic S cycling is one of the most active microbial processes in Lake Harutori's chemocline and that S might serve as a 'metabolic hub' to drive other biogeochemical processes in this lake. Our results extend understanding of the ecology of S-rich environments and provide a rich dataset for exploring S cycling processes that could be relevant to other freshwater, estuarine, or marine ecosystems.



## 1. はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故により、大量の放射性核種が大気中に放出された。一部は放射性降下物として陸域環境を汚染した。中でも放射性セシウムの一つである $^{137}\text{Cs}$ は放出量が多く物理的半減期も約30年と長いことから、この核種による人や環境生物に対する被ばくが懸念される。

淡水魚によって取り込まれた $^{137}\text{Cs}$ は体外に排出されにくいことが知られている。実際、事故から12年以上経過した現在でも一部の地域で淡水魚の出荷制限や出荷自粛が続いている。このように、淡水魚による $^{137}\text{Cs}$ の汚染は長期にわたる可能性があるため、 $^{137}\text{Cs}$ の低減化は社会的に重要な課題である。

腸内細菌はミネラルの腸管吸収を助ける役を担っていることが報告されている。そこで、本研究は放射性セシウムの体内への取り込み低減化に資する腸内細菌を見つけ出すことを目的として実施した。この目的を達成するために、淡水魚の腸内細菌叢を異種間で比較し、 $^{137}\text{Cs}$ の腸管吸収に関わっている可能性のある細菌の検出を試みたので報告する。

## 2. 材料と方法

淡水魚は千葉県北部に位置する印旛沼において張網漁で採捕した。網は採捕日の前日に仕掛けた。魚は印旛沼漁協組合員により行われた。

実験室に持ち帰った魚は、腸内細菌叢の解析のために糞便を採取し、 $^{137}\text{Cs}$ および窒素安定同位体の分析のために筋肉部位とその他の部位に分けた。分別した試料は凍結乾燥したのち粉碎した。粉碎した筋肉部位の一部は脱脂処理を行い窒素安定同位体比の測定に供した。筋肉部位の $^{137}\text{Cs}$ はゲルマニウム半導体検出器を用いて測定し、乾燥重量当たりの濃度を求めた。

ISOSPIN Fecal DNA kit（NIPPON GENE, 東京）を用いて糞便からDNAを抽出し、16S rRNA 遺伝

子アンプリコンシーケンス解析を行った。解析はAZENTA Life Sciences（東京）に依頼した。

## 3. 結果と考察

食性と $^{137}\text{Cs}$ 蓄積濃度との関係を明らかにするために、筋肉部位における窒素安定同位体比と $^{137}\text{Cs}$ 濃度との関係について調査を行った。その結果、安定同位体比の増加に伴い $^{137}\text{Cs}$ 濃度が増加する傾向が確認できた。つまり、栄養段階の高い魚は筋肉中の $^{137}\text{Cs}$ 濃度が高くなることが分かった。さらに、この増加傾向は15‰を境に2成分の相関に分けることができた。15‰未満の場合、回帰直線の傾きは0.01であったのに対して15‰以上では0.13に増加した。15‰を超える魚には、肉食性のカムルチ、オオクチバスなどに加え、数は少ないが雑食性のコイやフナも含まれていた。

肉食性の魚の $^{137}\text{Cs}$ 濃度が高いことから、採捕した魚を肉食性（オオクチバス、カムルチ）と雑食性（ニホンナマズ、アメリカナマズ、コイ、フナ、ニゴイ）に分け、腸内細菌叢の違いを比較した。その結果、肉食性と雑食性に共通する細菌は26 Operational Taxonomic Unit（OUT）存在し、雑食性の魚に多い細菌は14 OUT存在していた。一方、肉食性の腸内細菌叢にはPlesimona属およびRastonia属の細菌が多いことが明らかとなった。これらの細菌が $^{137}\text{Cs}$ の腸管吸収に関わっているならば、増殖を抑制することで $^{137}\text{Cs}$ の腸管吸収を抑制できるかもしれない。そのため、これらの細菌と $^{137}\text{Cs}$ 腸管吸収との関係について、今後詳細に検討する必要がある。また、雑食性でも $^{137}\text{Cs}$ 濃度が高い個体が存在したことから、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度を指標として同種内間で腸内細菌叢の違いを比較する予定である。

## 4. 謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP21K05758 の助成を受けたものです。

# O-B20

## 琵琶湖南湖における夏季の沈水植物と 底生動物の変動（2011～2022年）

\*井上栄壮, 石川可奈子（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

### 1. はじめに

琵琶湖南湖では、1994年に観測史上最低水位を記録して以降、沈水植物（水草）が夏季に大量に繁茂するようになった。2000年代に入り、過剰に繁茂した水草による船舶の航行障害、漁業障害、景観悪化等が生じるようになったことから、その対策として、滋賀県等による水草除去・刈り取りが進められてきた。本講演では、南湖の生態系管理に資するための現状把握を目的として、2011年から2022年までの夏季に実施した、水草繁茂状況および底生動物生息状況のモニタリング調査の結果について報告する。

### 2. 材料と方法

2011年～2022年の8月下旬に、南湖の9定点で水草および底生動物を採集した。水草は、有刺鉄線を長さ約50cmの金属棒に巻きつけてロープを接続した器具を使用して採集した。各定点において、この器具を湖内に原則3回投げ入れて採集した水草を持ち帰り、種別に分別した後、乾燥重量を測定して相対値として扱った。1回当たりの水草採集量が大量の場合は、1回または2回採集し、3回分相当の重量に換算した。底生動物は、エクマン・バージ採泥器（開口部15cm×15cm）で底質を1回または2回採集し、目合250 $\mu$ mのネットでふるった残渣を10%ホルマリンで固定し、選別・計数した。

### 3. 結果と考察

水草の9定点合計乾燥重量は、2011年から2012年に急減した後、2015年まで急増し、2022年までおおむね減少に転じた（図1）。種別の重量では、2012年までセンニンモが優占した後、2013年から2022年までおおむねクロモまたはコカナダモが優占した。

底生動物の9定点平均生息密度は、水草の年変動とは対照的に、2011年から2012年に急増した後、2015年までおおむね減少し、2022年までおおむね増加に転じた（図2）。種別の生息密度では、2011年

から2018年まではおおむね水生貧毛類（ミミズ類）が優占した後、2019年から2022年まではユスリカ類が優占した。

水草と底生動物の関係については、各年の各定点における水草乾燥重量とミミズ類生息密度の間に有意な負の相関が認められた。水草の増加によって底生動物の生息密度が低下する理由として、密生する水草が鉛直方向の流れを停滞させ、湖底が低酸素化すること等が挙げられる。各年の各定点における水草乾燥重量とユスリカ類生息密度の間に有意な相関は認められなかったが、近年の水草の減少により湖底環境が改善したことがユスリカ類の増加に寄与した可能性がある。

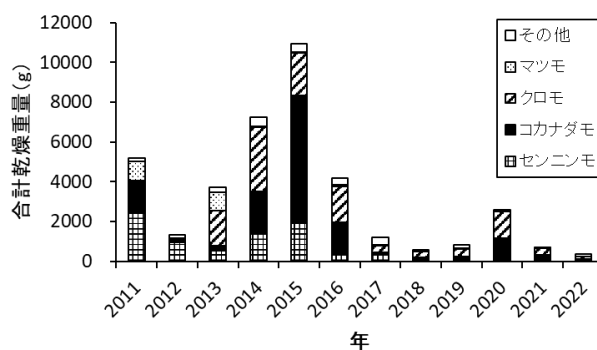


図1 琵琶湖南湖9定点における2011年～2022年の8月下旬に採集された水草の合計乾燥重量

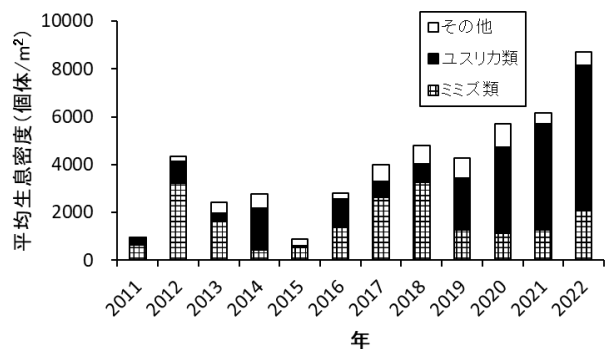


図2 琵琶湖南湖9定点における2011年～2022年の8月下旬に採集された底生動物の平均生息密度

一般講演

# 403 会議室

O-C01 ~ O-B20

日時：10月14日（土）9時30分～11時45分

10月15日（日）9時30分～11時15分

# O-C01

## 秋田県折戸川のイオンフラックスを用いた 岩石風化由来成分量の推定

\*網田和宏（秋田大学・理工）

大場裕那（秋田県北秋田地域振興局建設部）

### 1. はじめに

河川の水質は、溶存成分に乏しい雨水が地下に浸透した後に、土壌や岩石の一部を溶解することで得た成分が加わるにより形成されるものである。そのため、水に含まれる岩石由来成分の濃度は、間接的には周辺地域における地層の風化の程度に関する指標として捉えることができる。例えば、北野ほか（1969）では、六甲山系をはじめとする幾つかの河川流域の水に含まれる岩石由来成分の濃度関係に対する考察を行っており、河川の水質から岩石崩壊の規模をも含む予知ができる可能性について言及している。

著者らは過去、砂岩が広く分布する秋田県雄和地区の河川において、同様の手法の適応可能性に関する検証を行った。しかし、河川の化学成分が低濃度であるなどの問題もあり、水質の変化を通じて岩石風化が進行していると推定されるような領域を特定するには至らなかった。そこで、本研究では採水調査に加えて流量観測も実施し、流域内における物質フラックスの違いを把握することで、成分濃度の低い河川においても岩石風化に関する情報の抽出が可能かどうか検討を行った。

### 2. 研究手法

研究対象地域とした折戸川は、秋田県土砂災害危険箇所マップに記載されている急傾斜地危険箇所および急傾斜面が多く存在するエリアであるが、三

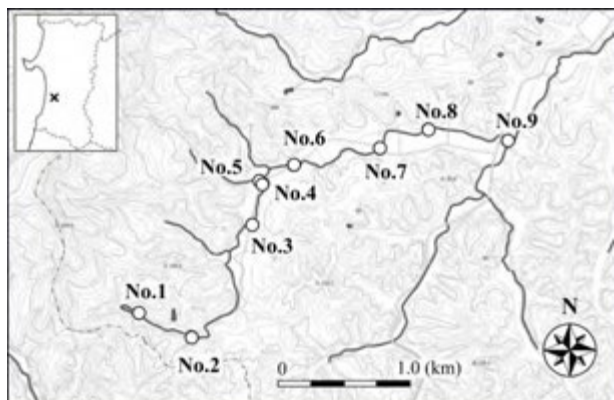


図1：採水地点位置図

面張りのような河川整備が広くは行われておらず自然状態が保たれている場所の多い流域である。地質は、大まかには新第三紀に形成された堆積岩地帯であり、鮮新世の天徳寺層のシルト岩および砂岩が広く分布しているエリアとなる。

現地調査は2022年8月および10月に行った。過去に新波川において採水調査を行った地点と同一地点の5地点に、新たに4地点を加え、計9地点を調査対象とした。現地では水温、pH、電気伝導率（EC）、酸化還元電位（ORP）などの測定を行い、分析用の試料について実験室に持ち帰った。また、河川の流量観測については電磁流速計を用いて流速測定を行ったが、各地点の河床や流れの状況によっては、浮子法によって流量を決定した。

### 3. 結果および考察

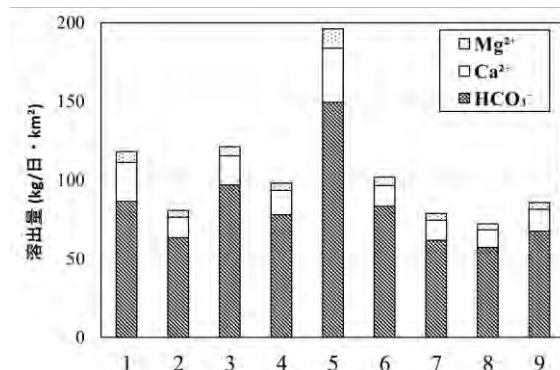


図2：単位集水面積あたりのイオン溶出量

図2に、調査地点毎に求められた集水域1km<sup>2</sup>あたりの溶出量の関係を示す。なお、作図に使用した各イオン濃度については、塩化物イオン濃度を指標として海塩由来成分量を補正した（除いた）値を用いた。図2より、No.5地点におけるMg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の溶出量はいずれも他の地点と比べて1.4~3.0倍程度、高い値を示していることが分かった。この結果は、折戸川流域内においてNo.5の集水エリア（北西方向）が他の地点の集水エリアと比較して単位面積あたりの岩石風化量が大きくなっていることを示唆するものである。

## 1. はじめに

2021年8月13日に、小笠原諸島の福德岡ノ場における海底火山の噴火により、大量の軽石の海面漂流が発生した。軽石は各地の海岸に漂着し、船舶の航行や漁業等に影響を与えたが、漂着した軽石の処分も問題となっている。本稿では、軽石の有効利用の一つとして、富栄養化した堆積物への覆砂材としての利用について検討した。

## 2. 材料と方法

本実験に用いた軽石は、沖縄県安田港に漂着したものを、破碎機を用いて目視により粒径 0.5 mm 以下になっていることを確認して用いた。

次に、大阪港で採取した堆積物を、内径 10 cm、高さ 50 cm のアクリルパイプに、堆積物高さが約 28 cm 程度詰めたものを3本準備した(それぞれ CORE1, 2, 3 とする)。その後、同じ堆積物を 49.07 g 採取し、CORE1 の表面に均一に敷設した(軽石重量比 0%)。CORE2 には、粉碎した軽石 23.03 g と堆積物 26.97 g (湿重量) を良く混合したもの(軽石重量比 46%) を計 50.00 g 調整し、表面に均一に敷設した。CORE3 には、粉碎した軽石のみ 49.38 g 採取し、表面に均一に敷設した(軽石重量比 100%)。その後、人工海水を満たし、23℃に保たれたウォーターバスに設置し、培養実験に供した。実験中は、直上水中の DO 濃度を 10 分毎に測定した(酸素消費実験とする)。

酸素消費実験終了後(酸素濃度低下後)も引き続き培養を 6 日間継続した(栄養塩溶出実験とする)。実験期間中、計 3 回の採水を行い、アンモニア態窒素とリン酸態リンの分析を行った。詳細については、Inoue & Fujita (2023) を参照されたい。

## 3. 結果

CORE1 での酸素消費速度は  $0.57 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  であったのに対し、CORE2 の酸素消費速度は  $0.51 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  と CORE1 と比較して 11% の低減が見られた。さらに、CORE3 の酸素消費速度は  $0.22 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  と CORE1 と比較して 61% の低減が見られた。これは、粉碎した軽石を堆積物表層に敷設することで、表層の有機物量が減少し、堆積物表面近傍での酸素消費速度が減少したためであると考えられる(図 1)。

PO<sub>4</sub>-P の溶出速度について、CORE1 は  $11 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  であったのに対し、CORE2 は  $7 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  と CORE1 と比較して 36% の低減が見られた。さらに、CORE3 は  $2 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  と CORE1 と比較して 82% の低減が見られた。これは、粉碎した軽石を堆積物表層に敷設することで、表層での PO<sub>4</sub>-P 吸着量が増加し、拡散により供給された PO<sub>4</sub>-P を軽石が吸着し溶出速度が減少したためであると考えられる。

## 4. おわりに

粉碎して粒径を小さくし、見かけの比重を大きくすれば、覆砂材として有効利用できることが示された。実際の利用に際しては、軽石の質などについて個別の検討が必要になると考えられる。

### 参考文献

Inoue, T., & Fujita, I. (2023). Application of drifted pumice stone as a sand-capping material. *Water*, 15(5), 942.

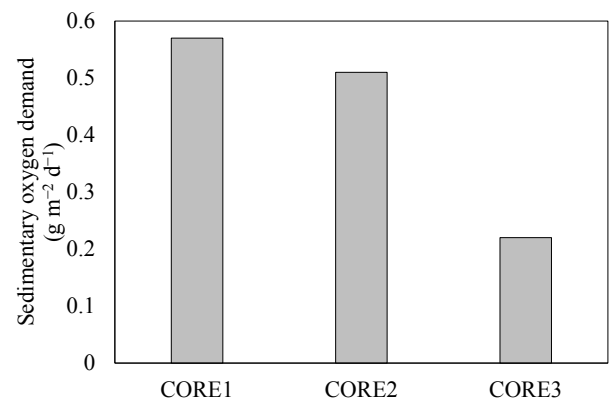


図 1 酸素消費実験の結果

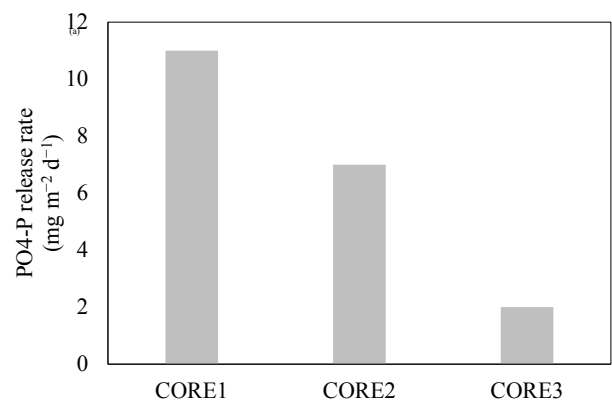


図 2 栄養塩溶出実験の結果

# O-C03

## 富栄養湖沼の炭素循環へのカルシウムの影響評価

● 時枝隆之(気象大学校)、牧野隆平(気象大学校)、  
木持謙(埼玉県環境科学国際センター) 関根希一(気象大学校)

### 1. はじめに

富栄養環境にある水圏では、高い生物生産により無機炭素が大量に消費され、その結果、大気からの二酸化炭素を吸収する二酸化炭素の除去源となることが期待される。しかし Balmer and Downing (2011) は、世界の富栄養湖沼のおよそ半数は大気への二酸化炭素の放出源となっていると報告した。湖沼が大気に二酸化炭素を放出するためには水中の全炭酸濃度が高く保たれることと水の pH が低く保たれることが必要となる。千葉県手賀沼も、富栄養湖沼でありながら大気に二酸化炭素を放出している。そこで本研究では、アルカリ土類金属元素であるカルシウムの挙動が手賀沼湖水の pH、ひいては炭素循環に与える影響について評価を行う。

### 2. 方法

手賀沼を含め湖沼の湖水および河川水はステンレスバケツを、湖底堆積物はアクリルパイプを用いて採取した。採取した試料は、溶存カルシウム濃度分析のため湖水及び間隙水試料に分離した後、定量した。また粒子状カルシウムを存在状態別に分析するため湖水中粒子及び堆積物粒子に分離した後、化学分画抽出法によって可溶性カルシウムを、「イオン交換体カルシウム」「炭酸カルシウム」「リン酸カルシウム」「硫酸カルシウム」に分けて定量した。

### 3. 結果と考察

手賀沼湖水のカルシウム濃度及び pH の間には有意な正の相関が観測され、また両パラメータは周辺湖沼に比べて低い値を有していた。手賀沼に湖水を供給する河川水のうちもっとも多くの水量を供給する北千葉導水路第 2 機場のカルシウム濃度及び pH が低い。北千葉導水路は 20 世紀後半の手賀沼の有機汚濁問題改善のために利根川河川水を手賀沼上流域から手賀沼に注水する施設であるので、手賀沼湖水の低い pH は供給河川水、すなわち利根川水によるものであることが示唆された。北千葉導水の稼働による手賀沼への利根川水の供給は 2000 年に始まった。2000 年以降のカルシウム濃度及び pH の低い水の手賀沼への供給により手賀沼が大気二酸化炭素の除去源から大気への二酸化炭素の供給源となった可能性が示唆された。

湖水中粒子に化学分画法を適用した結果、手賀沼

湖水中の粒子状カルシウムは流入河川水中の粒子状カルシウムに比べ増加していたことが示された(図 1)。また、手賀沼湖水中の溶存カルシウム濃度は流入河川水中の溶存カルシウム濃度よりも低かったため、手賀沼湖内で粒子状カルシウムが生成していると考えられる。特に粒子状カルシウムの中でも pH を下げる効果の大きいイオン交換体カルシウム、炭酸カルシウム、リン酸カルシウムの増加が顕著であり、手賀沼湖内での粒子状カルシウムの生成が手賀沼湖水の pH を押し下げていることが示唆された。

粒子 1g あたりの存在状態別のカルシウム濃度はほぼすべての観測及び存在状態で湖水中粒子より堆積物粒子の方が低いので、堆積物中での粒子状カルシウムの溶解が示唆された。特にリン酸カルシウムと硫酸カルシウムで顕著であったため、手賀沼堆積物中の高度な還元環境でこれらの粒子状カルシウムは堆積物中で溶解し、その結果堆積物間隙水の pH が上昇してイオン交換体カルシウムと炭酸カルシウムの溶出を妨げているものと考えられる。これらにより手賀沼湖水の pH 上昇が抑えられているものと考えられる。

低溶存カルシウム濃度かつ低 pH の利根川河川水の流入と湖内での粒子状カルシウムの生成と堆積物への除去が手賀沼湖水の pH を低く保ち、富栄養湖沼である手賀沼からの大気への二酸化炭素の放出を可能にしているようである。

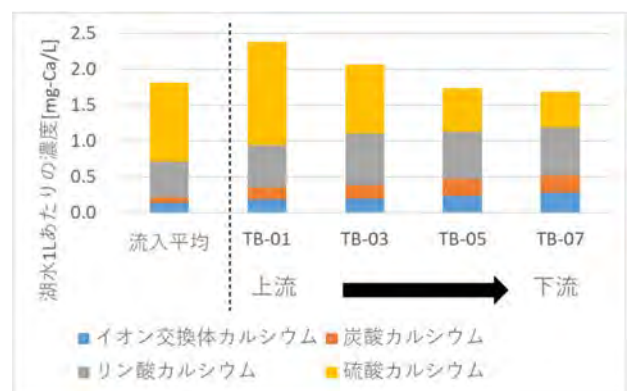


図 1：存在状態別の粒子状カルシウムの湖水 1L あたりの濃度の年平均値



## 1. はじめに

河口域では河川水と海水が衝突し、混合・混在する。その混合形態は河川流と潮汐の強さに依存する。河川流が比較的強い場合、水の鉛直混合は弱く、川底に沿って高塩の海水が遡上する「塩水くさび」が見られる。実際の河口域には河川ごとの特徴があり、状態を知るには現地観測が必要である。

ここでは、図1に示す大分川を対象とする。府内大橋における平均的な流量は  $30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 、その河口周辺の海における潮差は  $1 \sim 2 \text{ m}$  である。

本研究は、対象地での現地観測を数回行い、塩水くさびの詳しい動態を知ることが目的とする。この問題は、物理現象としての興味に加えて、生態系に関わる地域の自然環境としても意義がある。

## 2. 観測

観測は、弁天大橋の橋上から、2019年～2022年の7月中旬～8月上旬に各1回と2023年の5月と7月の、計6回行った。潮汐の条件（満潮干潮、大潮小潮）は日によって異なる。

測定は、橋上の左岸側～右岸側の6点から、CTD (AAQ-1183) と河川用電磁流速計 (AEM1-D) を吊り下げて行った。流速の測定は、数点の深さにおいて、それぞれ約30秒間の平均を取った。流向は、ペーンの向きを目視で判別したが、深さ1.5 m以上では見えないことが多かった。

## 3. 結果と考察

2023年7月11日における塩分・水温・流速を図2に例示する。一連の観測結果に、以下に述べる特徴がみられる。

塩分の鉛直分布は、表層低温層・躍層・海水層の3層構造として理解することができる。表層低温層では塩分が鉛直一様に近く、よく混合されていることが示唆される。躍層では塩分の鉛直勾配が大きい。海水層下部の塩分は海水のものに近い。図2aの場合、深さ約0.7 mと約1.2 mが各層の境界と考えられる。

水温の鉛直分布は、やや複雑な特徴を示し、塩分と連動しない部分がある。特定の層における現地での加熱があることが、示唆される（図2bでは水面～深さ約0.7 m）。



図1 対象地の地図

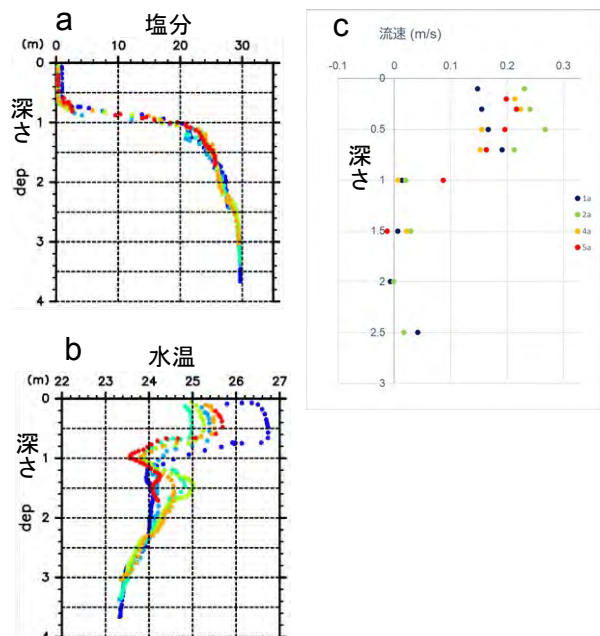


図2 2023年7月11日観測の、a 塩分、b 水温、c 流速の鉛直分布。

流速の鉛直分布は、塩分分布と連動する傾向があり、躍層上部で流速の鉛直勾配が大きい（図2c）。また、上げ潮時の下層上部には川上向きの流れが見られる（図2cには見られない）。河口循環流と潮流の存在がそれぞれ示唆される。

## 謝辞

この観測は、授業科目「地域資源フィールドワーク」の一部として実施した。参加・協力いただいた受講生・学生の皆さんと永野昌博准教授に感謝する。

\*舟木泰智, 中西貴宏, 吉村和也, 佐久間一幸 (原子力機構)  
辻 英樹, 林 誠二 (国立環境研究所)

## 1. はじめに

2011年3月の福島第一原子力発電所(1F)事故から10年以上が経過し、水圏生態系の放射性セシウム( $^{137}\text{Cs}$ )濃度は全体的に大きく低下したものの、福島県内の一部の河川・湖沼では、現在も淡水魚の出荷制限措置が継続している。特に上流域から高濃度の $^{137}\text{Cs}$ を含む土砂の流入が継続している貯水池では、底質から湖水への $^{137}\text{Cs}$ の再溶出、溶出した $^{137}\text{Cs}$ の食物連鎖を介した淡水魚への濃縮の長期化が懸念されている。演者らは、 $^{137}\text{Cs}$ の長期的な発生源のひとつとなり得る貯水池底質に着目し、1F事故以降、長期にわたり現地観測及び室内分析を実施してきた。本発表では、底質から湖水への $^{137}\text{Cs}$ の再溶出メカニズムを中心に、これまでに得られた研究成果の概要を報告する。

## 2. 材料と方法

調査は福島県双葉郡浪江町の大柿ダムで実施した。大柿ダムは請戸川上流に位置する利水ダムであり、約110 km<sup>2</sup>の集水域をもち、集水域の大部分は現在も帰還困難区域に指定されている。流入水・放流水・湖水試料は、多項目水質測定器を用いて水温・濁度・DO等の測定を行い、孔径0.45  $\mu\text{m}$ メンブレンフィルターを用いて懸濁態と溶存態に分離した後、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度をゲルマニウム半導体検出器で測定した。一方、柱状採泥器を用いて採取した底質試料からは、深さ方向に1 cm間隔で間隙水を抽出し、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度に加え、高速液体クロマトグラフを用いて $\text{K}^+$ や $\text{NH}_4^+$ などの陽イオン濃度の測定を実施した。

## 3. 結果と考察

流入水と放流水の溶存態 $^{137}\text{Cs}$ 濃度は、いずれも季節変動を示しながら時間とともに減少するが、流入水よりも放流水のほうが有意に高く、その環境半減期(2014年~2019年)は、流入水の約2.9年に対して、放流水は約3.6年と減少速度が遅かった。溶存態 $^{137}\text{Cs}$ 濃度の時間変化と流入水と放流水の流量から、2018年と2019年の2年間について、貯水池

の溶存態 $^{137}\text{Cs}$ のマスバランスを評価した結果、貯水池の下流へ放出される溶存態 $^{137}\text{Cs}$ の年間総量の約32%~40%が貯水池内部で生成された可能性があることがわかった。

内部負荷の要因を探るために実施した底質間隙水分析の結果、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度(4.6~65.8 Bq/L)は、湖水の溶存態 $^{137}\text{Cs}$ 濃度(0.15~0.83 Bq/L)よりも1~2オーダー高い値を示した。底質と間隙水の間における $^{137}\text{Cs}$ の分配係数( $K_d$ 値)は $2.6 \times 10^3$ ~ $1.2 \times 10^4$  L/kgであり、湖水中の懸濁態と溶存態の間における $^{137}\text{Cs}$ の $K_d$ 値( $1.1 \times 10^4$ ~ $6.1 \times 10^5$  L/kg)よりも低かった。また、 $\text{Cs}^+$ と同じ1価の陽イオンである $\text{K}^+$ と $\text{NH}_4^+$ の間隙水中の濃度はそれぞれ0.04~0.11 mmol/L, 0.24~1.22 mmol/Lであり、 $^{137}\text{Cs}$ と同様に深度が深くなるにつれて上昇した。特筆すべき点は $K_d$ 値と $\text{NH}_4^+$ との関係であり、両者は有意かつ負の相関を示し、 $\text{Cs}^+$ と $\text{NH}_4^+$ とのイオン交換が、底質に吸着した $^{137}\text{Cs}$ の再溶出の主要因と考えられる。大柿ダムは、底質試料を採取した夏場に水温躍層が発達し、湖底付近のDOはほぼ0である。このような還元環境下での有機物の微生物分解による $\text{NH}_4^+$ の生成が、底質からの $^{137}\text{Cs}$ 再溶出のトリガーになったと思われる。

もう一つ興味深いのは、諸外国の先行研究の結果と比較して、大柿ダムの底質は $^{137}\text{Cs}$ を溶出しにくい(同様の $\text{NH}_4^+$ 環境下では、 $K_d$ 値が1オーダー程度高い)点である。大柿ダム集水域は、阿武隈山系の花崗岩を主体とし、流入土砂の主要な構成鉱物はその風化したマサ土を起源とする。別途実施したX線粉末回折分析の結果から、 $^{137}\text{Cs}$ を非常に強く吸着するパーミキュライト等の雲母系鉱物が確認され、これらの鉱物が $^{137}\text{Cs}$ の再溶出を抑制していることが考えられる。すなわち、流域の自然環境そのものが、 $^{137}\text{Cs}$ による環境水汚染の低減に大きく寄与しているものと推察される。

今後、上記のような再溶出メカニズムを、淡水魚の放射能濃度の長期予測評価に反映し、出荷制限措置の解除に向けた対策検討の一助となるように成果を統合していく予定である。

# 下水道の整備によって都市の地下水水質はどこまで改善されたか？

## O-C06

### —東京都杉並浄水場の 80 年間の水質データから—

\*安原正也(立正大)・稲村明彦(産総研)・伊東優希(立正大・院)・李 盛源(立正大)

#### 1. はじめに

武蔵野台地中央部に位置する東京都水道局杉並浄水場(図1)では、2016年12月に取水を終了するまで、深度15m程度の井戸から武蔵野礫層中の浅層地下水を長年にわたり揚水してきた。その地下水については、1935年からの水質データが東京都水道局事業年報や水質年報によって公表されている。本発表では、塩化物(Cl<sup>-</sup>)と硝酸(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)イオン濃度に基づき、武蔵野台地の浅層地下水の80年間(1935~2016年)の水質変化について、集水域の都市化の進行と下水道整備に注目しながら考察する。

#### 2. 地域の概要・背景

杉並浄水場の浅層地下水の集水域は主に武蔵野市と小金井市からなり(面積:約10km<sup>2</sup>)、地下水の平均滞留時間は数年から十数年と考えられている(安原ほか, 2011)。武蔵野・小金井市域では戦後急速に都市化が進み、1947年当時全体の約50%であった農地面積は1970年代初頭には20%程度(Yamanoto and Hida, 1974)、さらに2010年代半ばには5%程度にまで減少した(武蔵野市, 2023など)。下水道整備は1970年代初頭から本格化し、普及率は1980年代後半に100%に達した(武蔵野市, 2018; 小金井市, 2023)。杉並浄水場が浅層地下水の取水を終了した2016年時点では、集水域全域での下水道整備完了後、15年以上が経過していたことになる。ちなみに、下水道が未整備であった時期(あるいは地区では)、生活雑排水は主に“吸い込み(マス)”

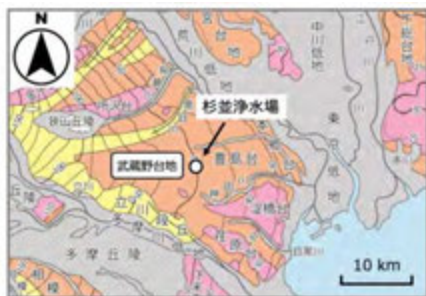


図1 武蔵野台地と杉並浄水場。貝塚(1992)に加筆。

を用いて地下浸透処分されていたため、当時の武蔵野台地の地下水は著しく汚染されていた(対馬ほか, 2008)。一方、伊東ほか(2020, 2023)によれば、近年は老朽化した下水道管渠からの下水漏水が、都区部の浅層地下水水質に深刻な影響を及ぼしている。

#### 3. 結果・考察

過去80年間の浅層地下水のCl<sup>-</sup>濃度をみると、1935年の5.3mg/Lから上昇を続け、1967年前後に23mg/Lのピークに達する。その後は21-23mg/Lで推移し、1990年代後半から減少傾向に転じる。しかし、2000年代初頭以降は15-17mg/Lとほぼ一定濃度を呈する。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は1944年頃(9.0mg/L)から上昇を開始し、1980年から1990年前後にかけて43mg/L程度の最高値を示した後、2016年(27mg/L)までその濃度はコンスタントに低下する。このように、人為的汚染の指標となる両イオンのピーク濃度への到達時期ならびに濃度低下の開始時期にはともに10年程度の差が認められる。さらに、2016年に至るまでの両イオンの濃度低下の傾向にも明瞭な違いがある。ただ、大局的には、下水道整備の進捗とともに武蔵野台地の地下水の水質が改善されたことは明らかである。

ここで注目されるのは、下水道普及率が100%に達してから15年以上経過した2016年の時点でも、浅層地下水の水質は都市化前の状態に戻っていないことである。関東ローム層中の残留汚染物質(地下浸透処分された生活雑排水起源)による“レガシー汚染”の可能性はある。敷設後40年を超えるような老朽化した下水道管渠からの下水道漏水によって新たに汚染物質が付加される結果、汚染物質濃度の低下速度が鈍化しているとも考えられる。地下水の涵養源(降水浸透水、水道漏水、下水漏水)の相対的重要性の時代変遷や地中でのイオンの挙動の検討等を通じて、武蔵野台地の浅層地下水の水質変化プロセスの解明に向けてさらに研究を進めてゆく予定である。

# O-C07

## Burrowing mayfly 幼虫の観察用ロボットの開発

蓮田裕一（帝京大・理工），飯田雅裕（（株）ラック）

\*和地征東（帝京大・理工），角濱侑平（帝京大・理工）

### 1. はじめに

Burrowing mayfly は北アメリカの *Hexagenia limbata* やヨーロッパでの *Ephoron virgo* が大顎を用いて川底に U 字形の巣穴を作って生息する共通点が分かっている(Calvin R. Freming 1989)。日本のオオシロカゲロウも流水の底に U 字形の巣穴を掘り生息しているが(Hasuda Y 1990)、Burrowing mayfly の幼虫の巣穴の作り方や行動等の観察報告は極めて少ない。なぜならば、流水や湖底で一生のほとんどを送るカゲロウ幼虫の飼育自体が困難であり、特に Burrowing mayfly 幼虫は流水の底に巣穴を作り生息しているので、観察が制限されるからである(Patrick C & Landis H 1998)。簡易的な飼育装置も報告されているが(Freming, C.R. 1967)、幼虫の巣穴内での生活が解明されない限り、河川や湖の底で大量に生息している理由は見出されないであろう。

そこで本研究では Burrowing mayfly 幼虫の行動観察を行うために Raspberry Pi の赤外線カメラモジュールを用いた観察ロボットを開発し、オオシロカゲロウ幼虫の造巣行動の観察を行った。

### 2. 観察ロボットの設計とリアルタイム観察システムの開発

Raspberry Pi の赤外線カメラモジュールを使用し、水路内のオオシロカゲロウ幼虫の行動をリアルタイムでブラウザ上にモニタリングできるようにした。撮影ロボットのカメラで複数の幼虫を観察するためにサーボモータでカメラを遠隔操作し、水路内全域の観察を可能にした(図 1 参照)。

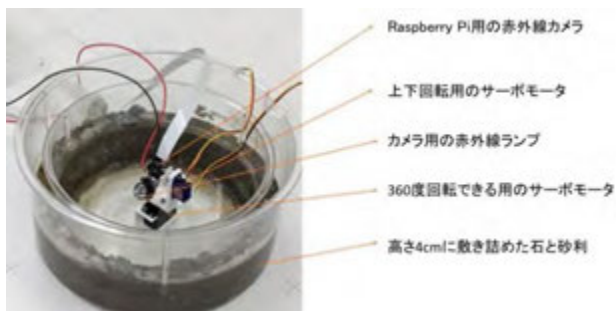


図 1 開発した観察ロボットと円形水路

観察システムの構成図を図 2 に示す。M5Stack マイコンから収集した室温、湿度、照度、水温のデータを InfluxDB に送り Grafana でダッシュボードを作成した。また、FFmpeg からカメラ画像を Nginx に送信することで Grafana 上でのカメラ映像の表示を実現している。観察ロボットのサーボモータの制御や室温、湿度、照度、水温のデータの取得のためにプログラミングを行い、オオシロカゲロウ幼虫が U 字型の巣穴を創成する過程や摂食行動の詳細な観察を可能にした。

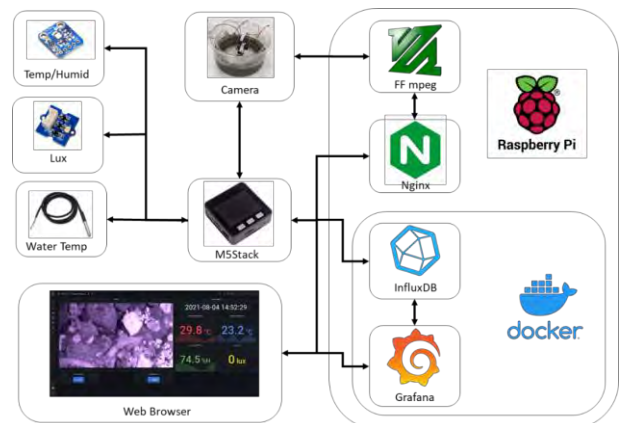


図 2 システム構成図

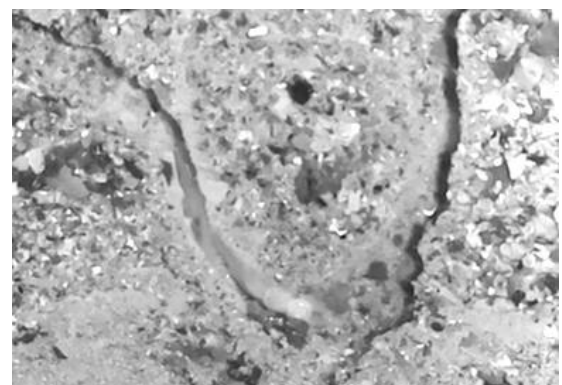


図 3 U 字型の巣穴内のオオシロカゲロウ幼虫

オオシロカゲロウ幼虫が狭い巣穴内で向きを変えること、脱皮をすることなどを詳細に観察記録した(図 3 参照)。



\*蓮田裕一 (帝京大・理工), 飯田雅裕 ((株)ラック)  
濱崎圭亮 ((株)ブルボン), 角濱侑平 (帝京大・理工)  
和地征東 (帝京大・理工)、杉山 均 (宇都宮大・工)

### 1. はじめに

筆者らはオオシロカゲロウ幼虫の行動観察を行うために Raspberry Pi の赤外線カメラモジュールを用いた観察ロボットを開発した。その結果、オオシロカゲロウ幼虫が飼育装置の透明壁面に創成する巣穴とその創成過程を幼虫の姿と共に観察し、既存の巣穴から分岐させながら新たな巣穴を創生していくことを確認している。

本研究では、オオシロカゲロウ幼虫が創成する U 字型巣穴の形状の特徴を流体力学の視点から解析・検討した。

### 2. U 字型巣穴の形状とその変化

Raspberry Pi の赤外線カメラモジュールを使用した撮影ロボットによる U 字型巣穴を図 1 に示す。Ephoron 属幼虫の巣穴の形状は基本的に水底に 2 つの流水出入口口をつないだ U 字型であることが知られており、本研究においても Ephoron shigae 幼虫は U 字型を創成し、幼虫は何度も U 字型巣穴から新たなトンネルを分岐させながら広げていく。



図 1 巣穴の水底との角度

本解析では、主流流れの一部が二種類の曲がり流路に分岐する流れ場を対象とする。図 2 は対象とした流れ場をモデル化した図である。図 2 の上段には 180°曲がり流路を有する 180°U 字流路を、下段には 90°曲がり流路を有する流路と直線流路とで構成される 90°曲がり流路を示している。U 字流路の全長を  $l_1$ 、90°曲がり流路は直線部を  $l_2$ 、曲がり部を U 字流路

の  $1/2$  として  $l_1/2$  とした。流れ場は層流とし、流路断面は円形とし直径を  $d$  とする。

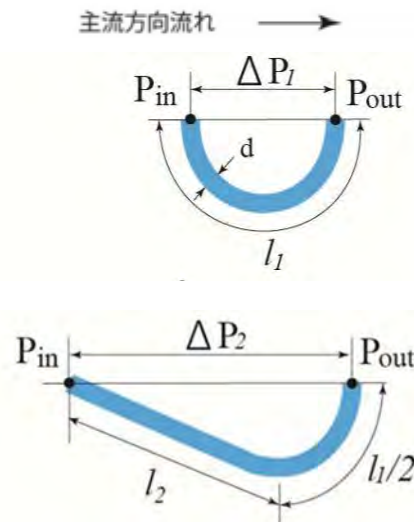


図 2 U 字型の巣穴内のオオシロカゲロウ幼虫解析対象流れのモデル化

$$h = \left( \zeta + \frac{\lambda l}{d} \right) \frac{u^2}{2g} \quad (2.1)$$

ダルシー・ワイスバッハの式 (2) と呼ばれる。式中  $\gamma$  は比重量である。

$$\frac{\Delta P}{\gamma} = \left( \zeta + \frac{\lambda l}{d} \right) \frac{u^2}{2g} \quad \gamma = \rho g \quad (2.3)$$

$$u_2 \geq \left( \frac{1}{2} + \frac{l_2}{l_1} \right) u_1 \quad (2.7)$$

本解析にて提示した二種類の流路モデルにおいては、 $l_2 \geq l_1/2$  が満足されれば、90°曲がり流路の速度  $u_2$  は、180°曲がり流路の速度  $u_1$  と同等、もしくは、それ以上の値をとる。

実際には巣穴内部の摩擦と巣穴内には幼虫がいるので、理論式通りでないこともあり得るが、巣穴を流入口が直線的に流れに対抗している方が流入速度は増加することから、流水を U 字型巣穴に流れこませることに極めて有効な形状であることを解明した。

# O-C09

## オオシロカゲロウ幼虫の生息に適した河川底質

蓮田裕一（帝京大・理工），和地征東（帝京大・理工）  
\*角濱侑平（帝京大・理工），飯田雅裕（(株)ラック）

### 1. はじめに

Burrowing mayfly として知られているオオシロカゲロウは河川の砂礫やはまり石の周囲に U 字型の巣穴を作り生息している。筆者らが調査している鬼怒川中流域では広大な瀬の川底で採集されるが、砂や泥で構成された川底で採取されることは稀である。一方、鬼怒川の下流域に生息する近縁種であるアカツキシロカゲロウは粘土質の川床にヘアピン U 字型の巣穴を作っているが、日本産 Ephoron 属幼虫の造巣に適した川床や巣穴内での行動については知られていない部分が多い。そこで、筆者らはオオシロカゲロウ幼虫の造巣に適した底質・環境の解析並びに造巣行動について調査を進めた。

### 2. 底質の選択と生活環境に関する実験

オオシロカゲロウ幼虫の生息には U 字型巣穴が不可欠である。以下に示すように砂礫や泥、砂などの底質の違いが造巣行動に及ぼす影響について観察実験を試みた。

底質 A—粘土質の泥，底質 B—砂

底質 C—径 2cm の小石と砂泥を 3 層に配置

この 3 種類の底質を直径 26cm と 30cm の円形水槽の間に 7 cm まで配し、水槽面に見られる造巣行動を 5 日間にわたって幼虫の造巣行動を、観察用ロボットを用いて観察・記録した。供試条件として、各水槽とも水温は約 25°C 一定とし、水槽内に水流のある状態を維持した。

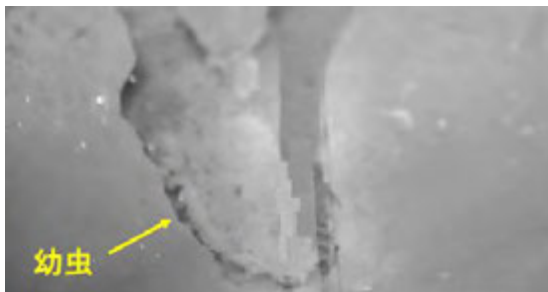


図 1 粘土質の泥での造巣行動

### 3. 実験結果

底質 A—底質の泥はやや粘り気があり、掘り進めて

いく過程で穴がくずれることがほとんどなく、ヘアピン近い独特な U 字型巣穴を作る個体を確認した(図 1 参照)。

底質 B—掘り始めた巣穴はすぐに崩れてしまい、巣穴を完成させた個体は無く、体が隠れる程度に砂利中に潜んでいる個体が確認できた(図 2 参照)。また、穴を全く掘ることが出来なかった個体が含まれるなど、生息には不適と考えられる。

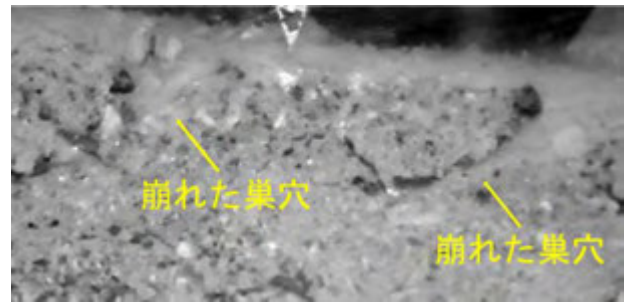


図 2. 砂の底質での造巣行動

底質 C—小石と砂泥の底質では掘り進める穴が崩れることがほとんどなく、巣穴を作れずに底上に滞在する幼虫がいないなど、造巣に適していた。

### 4. 考察

砂で構成される底質は流動的かつ不安定で掘った穴がすぐに崩れ、穴自体を作ることができないなどオオシロカゲロウ幼虫の生息には不適であった。作りかけの巣穴に埋もれて死亡するケースが多く、腹部のエラを動かすことが出来ないことが観察された。小石と砂泥を配置した底質では、巣穴が崩れにくく、オオシロカゲロウ幼虫の造巣には堅固で安定したはまり石質が必要であることが考えられる。

また、アカツキシロカゲロウが多く生息する粘土質の泥(底質 A)でも巣穴を完成させる個体が存在することから、巣穴が崩れない程度の堅さを有する底質であれば、はまり石質でなくても生息できるようなのである。鬼怒川下流域の粘土質の泥ではオオシロカゲロウが採取できない理由については今後の課題とする。



## 1. はじめに

都市の中小河川・水路は、水の流れるあるいは流す流路としてだけではなく、水辺空間としての親水機能やヒートアイランドの低減効果、環境教育の場など様々な役割を有している。安全に流路内に入れ、水に触れることのできる河川や水路は、かつて水質汚濁や水量減少によって、地域の人々から疎遠になってしまっていたが、都市内の自然的・文化的環境への関心の高まりから行政による環境政策や住民主体による環境保全活動などによる環境改善や復元・創造によって現在に至っている所も多い。

本研究は、このような都市の水辺空間の価値を、「人」「水」「熱」「音」の4つの側面から調査・分析して総合的に評価することを目的として行っている。本発表では、そのうちの「水」について調査を行った結果を報告する。

対象地域である富士山山麓に位置する三島は三島溶岩流の末端部に位置し、三島駅南口に位置する市街地には国の天然記念物となっている楽寿園を始め街の各所に湧水池や湧き水が見られる。また、これらの湧水を水源とする源兵衛川、桜川、御殿川などの河川・水路が住宅地内を流れ、水辺空間が身近にある。しかし、かつてはこれらの湧水や河川は地下水位の低下や生活排水の影響などにより、環境が悪化していた。特に地下水位の低下・湧水の枯渇が問題となり、これら課題に対して市や住民が積極的にその対策に取り組み、水辺空間の環境保全・維持を行っている地域である。

## 2. 材料と方法

「水」の調査は市内中心部の湧水を水源とし、市街地を流下する比較的生活する場に隣接している源兵衛川、御殿川、桜川を対象に行った。対象区間は人々により水辺空間として接しられている水源から下流300~500mの限定した範囲とした。

「人」「熱」「音」との関係性も考慮して、水温・電気伝導度（以下EC）・pH・BOD（パルクトレスト）、流量・流速を測定した。さらに、河川形状および河川景観を把握するため、流量を測定するための測線を含む10~20mの区間で、等間隔で10

か所の川幅と河川横断（水深）の計測を実施した。なお、調査は2022年9月25日~26日に予備調査を行い、2023年の冬季と夏季に調査を計画した。今回は2023年2月20日~24日の冬季の結果について報告する。

## 3. 結果

源兵衛川の水温・pH・ECは15.4~15.8°C、7.9~8.4、6.5~12.1mSm<sup>-1</sup>とECの観測値幅があるが、比較的一定している。御殿川は16.6~18.0°C、7.7~8.3、12.57~14.18 mSm<sup>-1</sup>と観測値幅があり、下流の方が高い傾向にある。桜川は16.5~18.2°C、7.4~8.9、9.22~15.08 mSm<sup>-1</sup>といずれも幅が大きい。

源兵衛川は楽寿園内の小浜池が水源であるが、この時の小浜池は水が湛えられていない。しかし、渇水時期には工業用水が放水されており、最上流のいずみ橋の流量は0.143193m<sup>3</sup>S<sup>-1</sup>であった。最下流観測地点の源兵衛橋の流量は0.10386 m<sup>3</sup>S<sup>-1</sup>と約72.5%までに減している。御殿川は桜川から分水された水路であり、分水直後の流量は0.079346 m<sup>3</sup>S<sup>-1</sup>であった。最下流観測地点の上御殿橋の流量は0.152494 m<sup>3</sup>S<sup>-1</sup>と大きく増加し、これは桜川分水後の約60m下流にある湧水を水源とする支流の流入による。桜川は菰池が水源であるが、この時は流出がない。このため、上流の水路には水が流れておらず、菰池から約100m下流から流水が見られるようになり、白滝公園周辺では約0.042 m<sup>3</sup>S<sup>-1</sup>になっている。白滝公園内の湧き水や護岸の隙間から水の湧き出す箇所が見られ、これらの湧水が流入して御殿川分水前の流量は0.081421 m<sup>3</sup>S<sup>-1</sup>になっている。

## 4. 考察

河川・水路の水質や流量は一部負荷物質流入の考えられる地点もあるが、湧水の分布や流入量に大きく影響されており、比較的良好な水環境が維持されていると言える。多くの人々が訪れられるように水辺空間が整備されている一方で、枯渇した湧水池や湧水からの水路などの水景は必ずしも接しやすい環境とはなっていない。

本研究は国土地理協会第22回学術研究助成（2022年度）『人・水・熱・音からみた都市の水辺空間の総合的評価、研究代表者；山下 亜紀郎』を受けて実施した。

## 御嶽山南麓の無機酸性河川における糸状緑藻 *Klebsormidium* (Klebsormidiophyceae) 群落の繁茂

\*野崎健太郎 (椋山女学園大学・教育), 松本嘉孝 (豊田高専)  
田代喬 (名古屋大学・減災連携研究センター)

### 1. はじめに

*Klebsormidium* 属は、広義のシャジクモ藻類 (Charophyta) で、陸上植物と同じ系統であるストレプト植物 (Streptophyta) に含まれている。この属は分岐しない糸状の群体を形成し、土壌や樹皮および建物の壁表面で生育する気生藻として知られている。本属は陸水環境にも広く生息しているが、乾燥や低温への耐性を持ち、植物の上陸過程を考察する研究材料として全ゲノムが解明されている。分類群としてのタイプ種は *K. flaccidum* で、本種は *Klebsormidium* 属の系統において最も古い起源を持つことが報告されている。本属が持つ特徴の1つとして、酸性環境で繁茂する事が知られている。ヨーロッパの鉱山廃水によって酸性化した場所から採集した 18 株の形態、そして *rbcL* 配列および ITS rDNA の比較から、酸性環境への適応は、系統とは独立した地域個体群ごとに生じた可能性が指摘されている。したがって日本の酸性環境に生息する本属を調べることは興味深い課題となる。そこで本研究では、長野県の火山、御嶽山南麓の無機酸性河川で繁茂する本属の形態と生息地の特徴を記載した。

### 2. 方法

現地調査は木曾川水系に属し、御嶽山南麓を流れる濁沢、濁川、王滝川、および伝上川で 2016 年から 2019 年にかけて行った。*Klebsormidium* が繁茂する湧水は濁沢の河道内に位置する。濁沢、濁川、合流後の王滝川は、それぞれ pH がほぼ 6 未満の酸性で、合流前の王滝川と伝上川は、pH が 6.8 ~ 8.1 の中性もしくはややアルカリ性である。調査項目は付着物のクロロフィル *a* 量、水温、pH、電気伝導度、栄養塩、溶存無機態炭素である。

### 3. 結果と考察

*Klebsormidium* は、砂防のために設置された堰堤上部の平面に、密生した長さ 20 cm 程度の糸状体の群落を形成していた (図 1, 2016 年 9 月 16 日)。細胞の幅、長さ、幅と長さの比率、H 型構造の有無、群体の断片化のしやすさ、パケット型の細胞分裂から

この属のタイプ種である *K. flaccidum* と同定した。

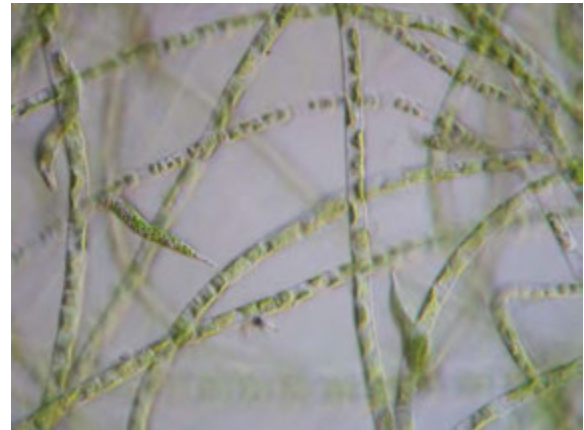


図 1. 濁沢の湧水で繁茂する *Klebsormidium* 属。



図 2. *K. flaccidum* と *E. mutabilis* (400 倍)。

群落のクロロフィル *a* 量は 140~270 mgChl. *a* m<sup>-2</sup> を示し、群落以内には酸性環境を好むミドリムシ *Euglena mutabilis* を含むことが多かった。この湧水の水質を pH 3.2~4.8 の濁沢と比べた結果、*K. flaccidum* が繁茂する湧水は光合成の材料となる溶存無機炭素濃度を 4.1~9.6 mgC L<sup>-1</sup> 含んでおり、酸性河川の 0.2~0.7 mgC L<sup>-1</sup> に比べ高いことが明らかになった。ただし、隣接する中性河川では溶存無機炭素濃度を 9.2~10.4 mgC L<sup>-1</sup> 含むがの繁茂は観察されないことから、物理的かく乱によって繁茂が抑制されていることが考えられた。

## 1. はじめに

河畔が開けた石礫河床において主たる一次生産者は付着藻である。付着藻による一次生産量の推定は、河川生態系のエネルギー流れの理解やアユの餌資源を考える上で重要である。溶存酸素濃度（DO）を用いた河川一次生産量の推定では、明暗瓶法、袋法、マスバランス法が用いられている。明暗瓶法では礫表面からブラシで剥がした付着藻を瓶に詰めて、袋法では礫に付着した状態の付着藻群落を礫ごと袋に封じ込めて測定する。マスバランス法（mbm）は、河川水の溶存酸素濃度を連続的に観測し、一次生産量を推定する方法であり、測定対象区間の一次生産量と生物群集の呼吸量も推定できる（Odum 1956）。この手法で観測された溶存酸素濃度は、生物群集の生産活動のほか、大気との酸素移動の影響も受けている。マスバランス法では、大気からの酸素移動量を見積もるための再曝気係数の推定が重要とされている（岩田 2012; 萱場 2019）。

本研究では、矢作川中流域において、明暗瓶法、袋法、マスバランス法および河川内に設置した大気と酸素移動のない透明水路を用いた4つの手法で一次生産量を推定した。本発表では4手法で推定された一次生産量を比較し、それぞれの手法の特徴を考察する。また、透明水路実験で推定された一次生産量からマスバランス法の回帰式法による再曝気係数の妥当性についても考察する。

## 2. 材料と方法

愛知県中央部を流れる矢作川の中流に位置する越戸ダムの約2.0 km 下流の分流において縦断方向約1.5 m、幅0.7 m 深さ0.2 mの透明水路を設置した。透明水路の入口と出口および水路外にDO ロガーを設置した。水路の入口と出口のDO ロガーデータから水路内の一次生産量を、水路外のロガーデ

ータからマスバランス法による一次生産量を推定した。透明水路実験の観測期間内に、同地点で明暗瓶法および袋法による一次生産量の測定を行った。調査は、2023年2月および8~9月に行った。明暗瓶法はNozaki (2001)、袋法は内田ほか (2021) に従った。

## 3. 結果および考察

各手法で推定された2023年冬の総日生産量は、明暗瓶法  $0.27 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、袋法  $0.38 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、マスバランス法  $0.88 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、透明水路  $1.01 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  であった。総日生産量は、スポット的な範囲を測定する明暗瓶法や袋法手法に対し、広範囲な空間を対象にしたマスバランス法や透明水路で大きな値が示された。純生産量は、明暗瓶法  $0.2 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、袋法  $0.13 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、マスバランス法  $0.15 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、透明水路  $0.12 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  と大きな差がみられなかった。一方、呼吸量は、明暗瓶法  $0.08 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、袋法  $0.25 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  に対し、マスバランス法および透明水路では、 $0.73$  および  $0.89 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  と大きな値が示され、手法による差が顕著であった。

測定対象の生物群集をみると、明暗瓶法では礫表面に生育する付着藻とそれに付着した微生物に留まるが、袋法では礫ごと袋に封じ込めるため、付着藻およびその群落内に生息するユスリカ類などの小動物や礫裏の細菌類が含まれる。一方、マスバランス法や透明水路では、生物群集を閉じ込めないで測定するため、明暗瓶法や袋法で測定対象になっていない礫間の堆積有機物および礫間に生息する微生物・底生動物群集が含まれており、これらの分解による酸素消費や動物群集の呼吸が反映されていると考えられる。

本発表では2023年8~9月に実施する夏のデータも合わせて紹介する。

# O-C13

## 屋久島溪流水質の酸性雨沈着物負荷に対する応答

\*海老瀬潜一(元, 摂南大学・理工), 永淵修(福岡工業大・環境科学研),  
川村裕紀(キョーワ(株))

### 1. はじめに

山地水源部は降水から陸水への水質変換の場であり、流域は河川水質発現の場である。九州一(標高1936m)の高山島で円錐形状の屋久島(面積 505km<sup>2</sup>)は、約 800km 西 方 の 中 国 大 陸 と 対 峙 し、偏西風と冬季北西季節風の長距離輸送による酸性物質に曝されており、1992~2013 年 に 溪 流 水 質 の 定 期 調 査 を 行 っ た。世界自然遺産で国立公園でもあり、1994 年環境省酸性雨測定所が設置された。屋久島での湿性沈着物負荷と溪流水質の長期調査結果から、降水に対する溪流水の水質対応を水文流出過程から検討した。

### 2. 材料と方法



島北端(上図)の酸性雨測定所は最高標高 500m の手宇都川流域(流域面積 0.30km<sup>2</sup>)の標高 250m に位置する。手宇都川は西側の最高標高 1165m の一湊川(同 2.58 km<sup>2</sup>)の支流で、この 2 溪流と東側の日之出川(同 0.42km<sup>2</sup>;最高標高 643m)と、西側の吉田川(同 0.64km<sup>2</sup>;同 560m)の 4 溪流を検討した。湿性沈着物と溪流調査の 20 年間で、島東部の AMeDAS 屋久島地点の降水量は最多が 1999 年の 6294.5mm, 最少が 2013 年の 3126mm だったが、酸性雨測定所では最多が 2004 年度の 5123mm, 最少が 1996 年度の

2062mm であった。溪流調査は晴天継続の安定した低水流出時に行い、通常、7, 9, 11 月の年 4 回で、1999 年のみが 5 月を加えた年 5 回であった。冬季降水量の少なさと植生等の活動を考慮し、歴年降水量の水文条件で豊水年や渇水年の結果を比較した。

### 3. 結果と考察

表 1, 2 に溪流水質の湿性沈着物に対する濃度比を示す。屋久島は急峻で豪雨浸食もあって高標高部ほど土壌層が薄く溪流水濃度が低い。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N は植生等の摂取で比は 1 未満もあって小さい。豊水年は湿性沈着物濃度が低いため比が小さい傾向となった。他のイオンは海塩や岩石起因が大きい。

表 1 湿性沈着物濃度(暦年)に対する溪流水質濃度(暦年)の比(豊水年: 2004)

無機イオン	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Cl <sup>-</sup> Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Mg <sup>2+</sup> Ca <sup>2+</sup>						
	(mg/L)						
湿性沈着物	0.141	2.08	7.68	4.12	0.180	0.507	0.225
日之出川 渓流水	0.298	4.54	14.3	8.99	0.780	2.06	2.05
(標高20m) 比	2.11	2.18	1.86	2.18	4.33	4.06	9.11
手宇都川 渓流水	0.223	4.86	15.8	10.3	0.910	1.94	2.08
(標高10m) 比	1.58	2.34	2.06	2.50	5.06	3.83	9.24
一湊川 渓流水	0.104	3.06	9.22	6.09	0.680	1.31	1.58
(標高50m) 比	0.738	1.47	1.20	1.48	3.78	2.58	7.02
吉田川 渓流水	0.097	3.76	12.1	8.22	0.730	1.45	1.99
(標高60m) 比	0.688	1.81	1.58	2.00	4.06	2.86	8.84

表 2 湿性沈着物濃度(暦年)に対する溪流水質濃度(暦年)の比(渇水年: 2013)

無機イオン	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Cl <sup>-</sup> Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Mg <sup>2+</sup> Ca <sup>2+</sup>						
	(mg/L)						
湿性沈着物	0.126	1.80	4.32	2.77	0.115	0.323	0.152
日之出川 渓流水	0.257	5.46	11.4	8.24	0.680	1.42	1.75
(標高) 比	2.04	3.03	2.64	2.97	5.91	4.40	11.5
手宇都川 渓流水	0.250	3.90	11.9	8.92	0.770	1.44	1.92
(標高10m) 比	1.98	2.17	2.75	3.22	6.7	4.46	12.6
一湊川 渓流水	0.142	4.60	7.34	6.35	0.680	0.840	1.49
(標高50m) 比	1.13	2.56	1.70	2.29	5.91	2.60	9.80
吉田川 渓流水	0.176	4.69	10.8	8.39	0.740	1.18	1.62
(標高60m) 比	1.40	2.61	2.50	3.03	6.43	3.65	10.7

### 4. まとめ

環境省や全国環境研究所により 1 年を通じた酸性雨調査が継続され、流域への沈着物負荷の貴重なデータとして公表される。乾性沈着物負荷にも配慮が必要であるが、湿性・乾性の両沈着物負荷の調査地点は少ない。今後、脱炭素等エネルギーの化石燃料依存からの脱却により、調査の縮小が予測される。

参考文献: 環境省(1994-2013): 酸性雨調査結果.  
全国環境研協議会(2005~): 全国環境研会誌, 30(2).

## 1. はじめに

近年気候変動に起因する河川環境の変化に夏季の高水温が挙げられる。世界的に冷水性魚類（特にサケ科魚類）を対象として水温環境の変化への応答や将来予測が行われている。生息環境推定には水文・流出モデルに熱収支モデルを組み込み、縦断的に水温環境を推定するという枠組みが多く用いられている。一方で、ダム等による水循環の改変が強度に行われている都市環境下では、高水温区間あるいは低水温区間が比較的小さな空間スケールで複雑な分布で形成されており、既往の枠組みに加えて人為的な水文変化を考慮して生息環境の評価をする必要がある。本研究は、発電ダムの放流水が流入する扇状地河川区間を下流に持つ河川を対象に、夏季水温環境が冷水性魚類の生息分布に与える影響、および、放流水の放流スキーム改変がその生息分布に及ぼす影響を推定した。

## 2. 材料と方法

北海道札幌市を流れる一級河川石狩川支流である豊平川（流路延長は 72.5km、流域面積は 902.3km<sup>2</sup>）の約 20 キロの区間を対象にして 2021–2023 年に調査を行った。調査区間下流端より約 8 キロ上流の地点に発電ダム（藻岩ダム）の放流があるが、平水時流量の約 45%が区間上流端（ダム）から本流に流される放流スキーム改変が行われた。2022 年 9 月（スキーム変更直前）に電気ショッカーを用いて魚類調査を区間内数か所で行い、各所におけるハナカジカの生息数を推定した。ハナカジカは夏季平均水温が約 16°Cを超えるとその生息確率が低下し、移動能力が比較的低いため、その分布に対する水温環境の変化の影響が大きいと考えた。区間内および支流約 20 地点で、水温の連続観測、および定期的な流量観測を行った。2022 年から 2023 年 8 月まで、水温データと気

象データを水文熱収支モデルに導入し、対象河川区間の夏季水温環境を推定した。魚類分布データから好適生息環境条件式を取得し、水温環境推定値から、生息環境推定を行った。

## 3. 結果

夏季水温は、本種の成魚の生息数と分布域に影響を与えていた。2022 年の時点では、夏季水温が最も低く 16°Cに近い放流口下流部に個体群が分断されて確認された。特に、放流口上流では夏季最高水温が 27°Cに達し、本種の好適水温環境レンジ範囲外と判断された。2023 年の推定値によると夏季においても流出口による水温環境の分断化は著しく解消されており、一方で、下流区間で水温が微増する傾向があった。好適生息環境条件式と水温環境推定値から、放流スキーム改変後の対象区間の生息環境は面積にして少なくとも 2 倍程度には増加し、上流支流の生息地との生息環境連続性が回復した。

## 4. 考察

本研究から、発電放流が夏季最高水温を規定し、移動性の低い冷水性魚類の分断個体群を形成していることが示唆された。この過程には、放流合流上流部における流量低減による熱容量低下に伴う太陽放射などの影響増加が理由として考えられる。放流水は極めて冷涼で、約 10 キロの区間を地下トンネルで流送されることによる外部からの熱エネルギー移入低下が原因であろう。したがって、発電放流は低地河川に低水温の生息場を創出する側面が認められた。また、維持放流スキームの改変は、本種の上流域への分散移動を可能にすることが予想される。今後、その速度を把握することが水温環境に配慮した河川管理において人為的構造物の機能を検討する上で非常に重要である。



## 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）

\*吉田 丈人（東京大・農、地球研）

### 1. はじめに

温暖化・降水変化・海面上昇など、現在進行中かつ将来の拡大が予測されている気候変動の影響は、さまざまな分野に広がっている。洪水・高潮・土砂災害などの災害リスクに対する持続可能な適応の方策として、生態系を活用した防災減災（Ecosystem-based Disaster Risk Reduction, 以下 Eco-DRR）が注目されている。Eco-DRR は、生態系がもつ防災減災機能を利用しつつ、生物多様性・生態系が提供する多様な生態系サービスを楽しむとすると、多機能性を求めた適応アプローチである。しかし、Eco-DRR の防災減災機能および多様な機能の定量的な分析が十分に進んでいないため、既存の防災減災手法との比較が困難であるなど、実際の社会に実装していくには多くの課題がある。

Eco-DRR の社会実装における主要な課題の一つは土地利用の再編である。災害のハザードに対する曝露を下げるためには、適切な土地利用への再編が必要であるがその実現は難しい。しかし、現在日本の地域社会で進行している人口減少は、集約的土地利用の要求圧力をさげ、Eco-DRR の実装にとって大きなチャンスとなる。世界に先駆けて人口減少している日本でこそ、今後同様に人口減少する多くの国・地域に対して、Eco-DRR の社会実装モデルを示すことができるだろう。

多くの研究者・実務者が参加した本研究プロジェクト（FR: 2018～2022 年度）では、「気候変動による災害リスク増加への人口減少下における適応では、生態系がもつ多機能性を活用する防災減災手法（Eco-DRR）が、地域社会の持続可能性に必要である」との中心理念に立ち、次の研究目標を設定した。目標①防災減災と多様な生態系サービスからなる Eco-DRR の多機能性の評価手法の開発と評価適用。目標②地域社会・行政・保険業界などと連携した超学際的アプローチによる Eco-DRR 社会実装への貢献。

### 2. 研究成果の概要

災害の社会経済的リスクと自然がもたらす生態系サービスの視点から、現在の土地利用を総合的に評価するとともに、人口減少が進む将来についてシナリオ分析を行った。土地の使い方を工夫して災害リスクを回避するとともに自然がもたらす生態系サービスを積極的に活用する将来の「Eco-DRR シナリオ」では、土地利用や人口分布が現状の傾向のまま将来にわたって変化していく「なりゆきシナリオ」に比べて、ほとんどの自治体において災害リスクを減らすことができるが、その程度は自治体によって大きく違った。一方、生態系サービスについては、供給・調節・文化的サービスの種類によって2つのシナリオ間の関係が異なった。人口減少の機会をとらえた災害ハザードへの暴露回避が、災害リスクの低減と生態系サービスの向上をもたらす自治体では、土地の使い方の改善による大きなメリットが期待される。これらの成果を、J-ADRES「自然の恵みと災いからとらえる土地利用総合評価」のウェブサイト（[j-adres.chikyu.ac.jp](http://j-adres.chikyu.ac.jp)）で公表している。

福井・滋賀・千葉の研究対象地域において、地域の多様な関係者と協働し、Eco-DRR の機能評価の研究と地域での実装に取り組んだ。日本の各地で今なお活躍する伝統的な災害対応の事例を収集し、現代社会における意義を分析し、地域での保全や活用の方策を検討した。Eco-DRR を推進するための経済的なインセンティブや法制度などについて検討した。これらの成果を、シリーズ「地域の歴史から学ぶ災害対応」（日本語版・英語版）や「ローカルなグリーンインフラの始め方」のブックレットにまとめ公表している。どちらも地球研ウェブサイト（[www.chikyu.ac.jp](http://www.chikyu.ac.jp)）で一般に公開している。

Eco-DRR の国際的な取組みとの連携も進めた。日本の大学などで活用されることを期待し、Eco-DRR に関する教育プログラムの教材や指導者マニュアルなどを日本語に翻訳して公表した（地球研ウェブサイトで公開）。



ポスター発表

4 0 4 会議室

4 0 5 会議室

4 1 0 会議室

P01 ~ P46

コアタイム：10月14日（土）13時30分～14時30分

## 都市の浅層地下水の起源について

### — 東京都世田谷区北烏山地区を例に —

\*伊東優希（立正大・院），安原正也，李 盛源（立正大・地球環境）  
高橋正明（産業技術総合研究所），福井弘樹（晃株式会社）

#### 1. はじめに

近年，非常・緊急用水として注目されている都市の浅層地下水の水質の実態，水質形成プロセス，起源および利用可能量に関する研究を実施中である。

本発表では，東京都世田谷区北烏山地区の浅層地下水の水質と地下水の起源について考察するとともに，品川区北品川地区の浅層地下水との比較を通じて，下水道の敷設年代が浅層地下水に及ぼす質的・量的な影響を評価した。

#### 2. 材料と方法

武蔵野台地上に位置する世田谷区北烏山地区には住宅や寺院が密集しており（図1），下水道の敷設は1990年代に完了している（東京都下水道局，2023）。また，世田谷区の地表面被覆率は約76%（世田谷区，2022）である。この地域の東西約500 m，南北約400 mの範囲内に位置する17本の井戸（深度6 m以浅，図1）の浅層地下水を研究対象とした。浅層地下水は関東ローム層中に介在する難透水層上に帯水する，いわゆる宙水である（世田谷区，2023）。現地調査・採水は2022年3月の渇水期と同年10月の豊水期に行った。現地では水温，電気伝導度（EC），pH，DO，ORP<sub>SHE</sub>，地下水位を測定し，実験室で主要溶存成分，重金属類，水の $\delta^{18}O$ ， $\delta D$ を分析した。

#### 3. 結果・考察

本地域の浅層地下水の水質は地点・季節によって

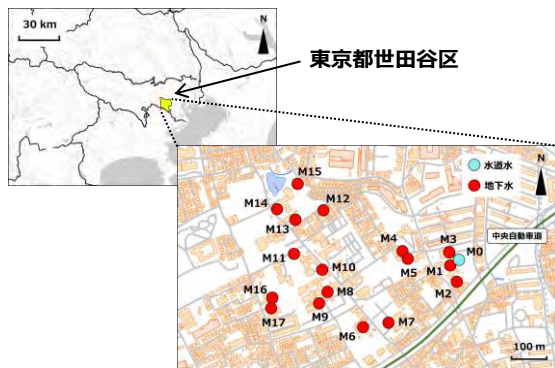


図1 世田谷区北烏山地区の調査地点。基図は国土地理院地図。

異なる（ECの平均は14.0 mS/m）。特に豊水期の地点M8は主要溶存成分濃度が高く，さらに人為汚染の指標となる $Cl^-$ ， $NO_3^-$ 濃度が渇水期の5倍程度となり，水質の季節変化が著しかった。都市の浅層地下水の涵養源と考えられる降水浸透水・水道漏水・下水漏水（Yasuhara，2004）の3成分をエンドメンバーに設定し， $\delta^{18}O$ と $Cl^-$ 濃度に基づく3成分混合解析を行った。その結果，渇水期・豊水期ともに，下水漏水が浅層地下水の起源の一つと考えられる地点が存在することが明らかとなった（図2）。3成分のうち，特に下水漏水の寄与率が地点・季節毎に異なることが，浅層地下水の水質とその季節変化に多大な影響を及ぼしているものと考えられる。地点M8では下水漏水の寄与率が豊水期に39%と特に高いことから（図2），下水漏水発生源がそのごく近傍にあるものと考えられる。本地域よりも下水道の敷設年代が20～30年早い品川区北品川地区（東京都下水道局，2023）では，渇水期・豊水期とも全地点において下水漏水が地下水に混入し，その寄与率は最大で49%（伊東，2023）と，本地域より下水漏水の寄与が明らかに大きい。下水道敷設年代の違いによって下水漏水の発生頻度や程度が異なり，このことが都市の浅層地下水の水質を支配する主たる原因であると推定される。

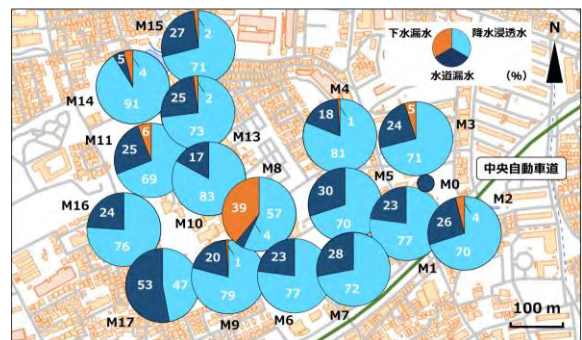


図2 豊水期（2022年10月）における世田谷区北烏山地区の浅層地下水に占める降水浸透水・水道漏水・下水漏水の寄与率。基図は国土地理院地図。

\*小林諒磨，松原優士，加藤元輝（東邦大院・理），長谷川大輔，深堀一霸（東邦大・理），千賀有希子（東邦大院・理）

## 1. はじめに

谷津干潟は東京湾最奥部に位置し、周囲をコンクリートで囲まれてできた独特な地形の干潟である。谷津干潟の東側は谷津川、西側は道路により分断された後、三角干潟を經由して高瀬川と繋がっている。これらの人工的な水路を介して、海水と物質は谷津干潟と東京湾の間を出入りしている。このような半閉鎖性水域である谷津干潟は富栄養水域に区分されている。

昨年度の 86 回大会では、以下の 3 点について報告した。1) 東側では、東京湾から流入した N 量はほぼ変化せず、P 量は増加して流出した。2) 西側では N 量は減少し、P 量はほぼ変化せずに流出した。3) 干潟全体では、N 量は減少し、P 量はほぼ変化せずに流出した。したがって、夏季の谷津干潟は N シンクとして機能していることが分かった。

本研究では、谷津干潟の東西における海水と間隙水の栄養塩の挙動の違いを明らかにするために、栄養塩濃度の季節変化を追った。また、夏季において干潟全域の栄養塩の分布を詳細に明らかにするために、7 地点の海水と間隙水の栄養塩濃度を測定し、栄養塩濃度と環境因子との関係を考察した。

## 2. 材料と方法

### 2.1 定期調査

2022 年 2 月から約 1 か月毎に東西で 1 地点ずつ海水と底質の採取を行った。また、2022 年 6 月 17 日に、三角干潟で同様のサンプリングを行った。強熱したろ紙でろ過した海水と底質を遠心分離して回収した間隙水の栄養塩 ( $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ ) 濃度を測定した。また、底質の ORP、含水率、強熱減量、粒度を測定した。

### 2.2 全域調査

2023 年 8 月 29 日に、谷津干潟で東西、三角干潟で 1 地点ずつ海水の採水を行った。また、東西 3 地点ずつおよび三角干潟の 1 地点で底質の採取を行った。上述した測定に加え、海水と底質の TFe と  $\text{Fe}^{2+}$  濃度、間隙水の  $\text{Fe}^{2+}$  濃度の測定を行った。間隙水の

採水はポーラスカップを用いた。

## 3. 結果と考察

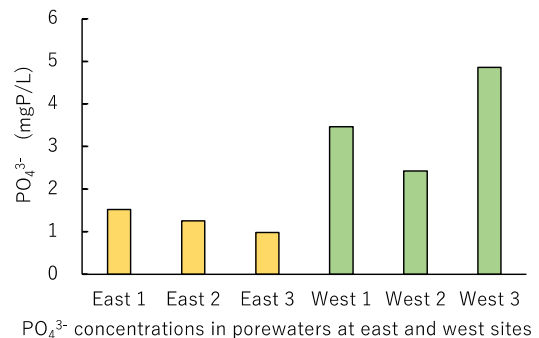
### 3.1 定期調査

海水の栄養塩濃度は地点間で大きな差はなかった。一方、底質環境は地点による特徴がみられた。西側では、東側よりも水位、間隙水の  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  濃度、底質の含水率、強熱減量が有意に高く ( $p < 0.01$ )、ORP は有意に低かった ( $p < 0.01$ )。低い ORP は嫌気環境の形成を示唆している。したがって西側の嫌気環境下で、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  は高濃度で蓄積し、有機物分解が抑制されていると考えられた。また、三角干潟の底質環境の特徴は谷津干潟東側と同じ傾向を示した。東側と三角干潟は潮汐により、底質が干出と冠水を繰り返すことで、西側と比べて物質が除去されやすい環境であると考えられた。全地点において、底質の ORP は夏に低下し、冬に上昇する傾向が見られ、それに伴い、夏の間隙水でより高濃度の  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  の蓄積がみられた。

### 3.2 全域調査

海水の  $\text{PO}_4^{3-}$  濃度に大きな差はなかった。一方で、間隙水中の  $\text{PO}_4^{3-}$  濃度は東側よりも西側の方が有意に高かった ( $p < 0.05$ )。また、底質の含水率と強熱減量が東側より西側の方が高い傾向にあり、底質の ORP は東側より西側の方が低い傾向にあった。したがって、谷津干潟の西側の広い範囲で底質は嫌氣的であり、間隙水中に  $\text{PO}_4^{3-}$  が高濃度で蓄積していることが分かった。

他の測定項目については、現在測定中である。



\*藤原茉那（京工織大院・工学）、布施泰朗（京工織大・分子化学系）、初雪（京工織大・分子化学系）、早川和秀（琵琶研セ）、山口保彦（琵琶研セ）

### 1. はじめに

琵琶湖の表水層では、リン規制によりリン酸態リンは枯渇しており、植物プランクトンが利用するリンは、主に懸濁態リンの微生物分解に由来すると考えられるため、懸濁態リンの量が植物プランクトンの増減に影響を与えている。また、懸濁態リンは、粒子のサイズによって、陸域からの流入、湖底からの巻き上げ、沈降などプロセスの影響が異なる。そのため、リンの起源の解析には、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）を用いて、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 線分析の測定結果を用いてリンの起源を解析する手法を検討した。

### 2. 材料と方法

Fig. 1 に示す、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  $\mu\text{m}$  のナイロンメッシュで分画し、45  $\mu\text{m}$  未満の懸濁態粒子を含む湖水、45-250  $\mu\text{m}$  の懸濁態粒子、250  $\mu\text{m}$  以上の懸濁態粒子を採取した。



Fig. 1 採水地点

得られた試料はそれぞれ孔径 0.45  $\mu\text{m}$  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 P, Mg, Fe, Mn, Ca, Al, S, Si, K の 9 つの元素について多元素同時測定を行った。

また、孔径 0.7  $\mu\text{m}$  の GF/F フィルターで湖水を濾過し、DMF で抽出して、蛍光分光光度計を用い

て Chl-a 濃度の測定を行った。

### 3. 結果と考察

粒径 0.45-45  $\mu\text{m}$  の粒子について、測定で得られた P 以外の蛍光 X 線分析法の X 線強度、水温、降水量、Chl-a 濃度を正規化し、主成分解析した結果を Fig. 2 に示す。第一主成分は、陸域由来の元素である Al, 植物プランクトンにも含まれるが陸域成分の割合が高い Mg や K などが、第二主成分は、琵琶湖底質に多く存在する Mn, 植物プランクトンにも含まれるが陸域成分の割合が高い Ca が強く寄与している。

これらの値を 4 つのグループに分けて、クラスター解析を行った。第一主成分の値は高く、第二主成分の値は低い 1-1 でのクラスター解析の結果、P は植物プランクトンに含まれる Chl-a との距離が近く、このグループに含まれる P は植物プランクトン由来であると考えられた。ほかのグループについても同様の解析を行い、1-2 は陸域または植物プランクトン由来、1-3 は湖底由来、1-4 は植物プランクトン、陸域、湖底のいずれとも関連が見られない中層の粒子であると考えられた。

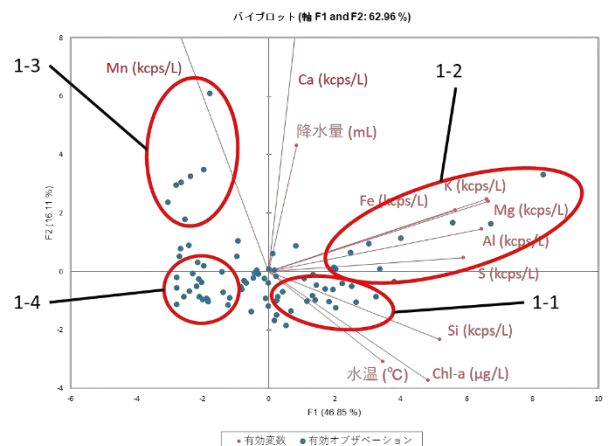


Fig. 2 粒径 0.45-45  $\mu\text{m}$  の粒子の主成分解析結果



\*宮下直也（兵庫県立大院・環境人間，姫路科学館），  
伊藤雅之（京都大・生存研），坂部綾香（京都大・農），山本彦（京都大院・農）

## 1. はじめに

湖沼や貯水池はCO<sub>2</sub>をはじめとする温室効果ガスの放出源として知られている（e.g., Cole et al., 2017; Holgerson et al., 2016）。一方、温室効果ガスの観測は40°N以北の地域に偏っており（Raymond et al., 2013）、放出量推定の不確実性の一因となっている。日本には「ため池」と呼ばれる、規模及び栄養環境の様々な農業用貯水池が約15万箇所存在する（農林水産省, 2023）。農業用貯水池は有機炭素の固定速度が天然湖沼と比べて高いとされ（Downing et al., 2008）、ため池はCO<sub>2</sub>放出のみならず他の炭素循環過程においても重要な機能を持っていると考えられるが、詳細な観測例は皆無である。ため池は農業用水の需要低下と管理コストの高さから改廃が進んでおり、ため池の有する生態系機能の定量的評価が急務と言える。本研究ではため池内部のCO<sub>2</sub>吸収・放出やその他の炭素種の動態を含めた詳細な炭素循環機構を明らかにすることを目的とする。

## 2. 材料と方法

上池（兵庫県姫路市：34.85°N, 134.63°E）は、谷地を堰き止めた谷池型（平地の皿池と比べて一般的に貧栄養）のため池である。水面は約0.45 km<sup>2</sup>で、池内に浮葉・沈水植物は見られない。2022年6月から2023年7月にかけて、森林から上池への流入部と、流入部から約50 m下流側に設置された池内の栈橋（表層及び底層の2深度）において観測を行った。観測項目は、溶存二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）、溶存有機炭素（DOC）、pH、電気伝導度（EC）、溶存酸素（DO）、水温、水位、光合成有効放射量（PAR）、雨量である。溶存CO<sub>2</sub>濃度測定には、CGP-31（TOA-DKK）を用いた。栈橋地点の表層及び底層の2深度の随時測定（223日間・正午ごろ）と、水温やPARについて調査期間を通じた連続測定を行った。また、表層水のCO<sub>2</sub>やpH、EC、DOについては、30分間隔のインターバル測定をのべ4384時間行った。上池への流入部では、月2-3回の随時観測を計40日間行った。

## 3. 結果と考察

上池表層水においてCO<sub>2</sub>分圧（pCO<sub>2</sub>）は顕著な日変化を示し、最大及び最小となる時刻は月毎に異なった。最大となる時刻はいずれも午前中であったが、最小となる時刻は正午過ぎ（2022年6月）から深夜（8月）まで変動があった。両時刻の差は5時間（2022年6月）から13時間（8月）まで変動した。

上池表層水の月平均pCO<sub>2</sub>の範囲は231 - 3307 μatmとなり、2022年8月を除いてCO<sub>2</sub>を大気へ放出（>約400 μatm）していたと考えられた（Fig. 1）。pCO<sub>2</sub>の季節変化については、光合成（水温とPARと共に増加）、呼吸（水温と共に増加）のバランスで説明されると考えられた。晩夏から翌春は、光合成の低下が呼吸の低下を上回るためpCO<sub>2</sub>が緩やかに増加し、春から夏は光合成の増加が呼吸の増加を上回るためpCO<sub>2</sub>が減少したと考えられた。

上池への流入前後の溶存炭素種の動態について、pCO<sub>2</sub>とpHから算出した溶存無機炭素（DIC）は、流入水の方が池水より高濃度であり、平均値で表層水の1.6倍、底層水の1.1倍であった。一方、溶存有機炭素（DOC）は池水の方が流入水より高濃度であり、流入水に対する濃度は平均値で、表層水が1.6倍、底層水が1.5倍であった。このことから上池では渓流水由来のDICの一部が池内で固定されることにより、DOCに変化していると考えられた。

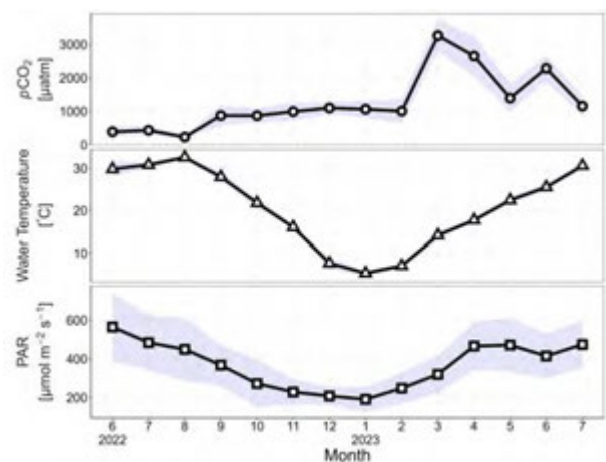


Fig.1 上池表層水のpCO<sub>2</sub>及び水温、PARの季節変化

\*加藤元輝, 小林諒磨, 松原優士 (東邦大院)  
野原精一 (国環研), 千賀有希子 (東邦大院)

1. はじめに

水域における富栄養化に関する窒素の研究の多くは、藻類が  $\text{NH}_4^+$  や  $\text{NO}_3^-$  などの溶存態無機窒素 (DIN) を直接利用することから、DIN を中心に行われている。しかしながら、窒素化学種には溶存態有機窒素 (DON) も存在し、富栄養化に関与している可能性がある。DON の富栄養化への関与として直接および間接的関与が考えられる。直接的関与としては藻類が DON を利用し異常増殖する過程、間接的な関与としては有機物分解過程によって再生される DIN によって藻類が増殖する過程があげられる。

本研究では千葉県習志野市に位置する谷津干潟における溶存態有機窒素 (DON) の富栄養化への影響を見るために、まず月に1度、谷津干潟の海水と間隙水の DON 濃度の測定を行い、その動態を追った。また富栄養化に対する間接的な関与を明らかにするために、海水と間隙水を100日間培養し易分解性 DON の測定を行った。

2. 材料と方法

**定期調査:** 谷津干潟のサンプリングは大潮または中潮時に月に1度行った。海水はタイダルクリークである St.T、堆積物は谷津干潟の中央部付近に位置する St.SC で採取した。また、北西側に位置し海水が滞留する St.M で2か月に1度海水と堆積物の採取を行った。間隙水は堆積物を遠心分離することで得た。採取した海水は PON、DON、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$  濃度、間隙水は DON、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$  濃度の測定を行った。PON と DON 濃度の測定はアルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウム分解法を用いた。また堆積物の TN は元素分析を用いて測定した。

**DON 分解実験:** 6月に採取した海水 (St.T) と間隙水 (St.SC) をろ過し、バクテリア水を加えたものを3つずつ用意しシリコ栓でふたをして  $30^\circ\text{C}$  で100日間好気培養を行った。バクテリア水はろ過した海水に  $100\ \mu\text{gC/L}$ 、 $2\ \mu\text{gN/L}$ 、 $0.2\ \mu\text{gP/L}$  となるようにグルコース、 $\text{NH}_4\text{Cl}$  および  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  を加え、 $30^\circ\text{C}$  でバブリングし調製した。0, 3, 5, 7, 12, 24, 36, 60, 100日目に DON、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  濃度を測定した。

3. 結果と考察

**定期調査:** St.T と St.M の海水および St.SC の間隙水ともに TN に占める DON の割合は、 $>50\%$  を占める月があった。DON の高い割合は富栄養化に影響を与えている可能性がある。また、St.SC の間隙水の DON は地温に負の相関があった ( $p < 0.05$ )。夏期の温度上昇により微生物活性が活発化し、分解が進行したと考えられた。一方、St.M の間隙水の DON は、TN に占める割合が  $<50\%$  の月が半分以上で、St.SC と挙動が異なった。

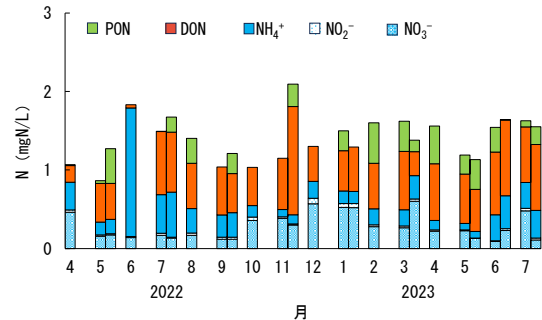


Fig.1 Nitrogen species concentrations in seawater (St.T in the right bar, St.M in the left bar)

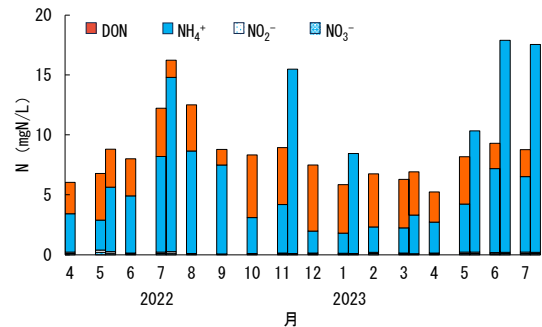


Fig.2 Nitrogen species concentrations in pore water (St.T in the right bar, St.M in the left bar)

**DON 分解実験:** 海水の DON 濃度は 0~36 日目にかけてほとんど変化がなかった。したがって海水における DON の大部分は難分解性の成分であると推察した。一方、間隙水の DON 濃度は 0~36 日目にかけて減少傾向にあり、36 日目の DON 分解率は  $59.4\%$  であった。間隙水の DON の半分以上は易分解性と推察した。このことは DON が間隙水から海水に拡散した時、その多くが分解され谷津干潟の富栄養化に関与する可能性があることを示唆している。60 日目と 100 日目の培養は、現在進行中である。



## 湖沼における溶存有機物の内部負荷は、 考えられているよりも大きい可能性がある

\*仲才香鈴（北里大・獣医，現 横国大院・環境情報），  
眞家永光（北里大・獣医），樽屋啓之（北里大・獣医）

### 1. はじめに

溶存有機物（DOM）は、河川からの流入（外部負荷）、植物プランクトンなどによる湖内での生産、微生物による有機物の分解、底泥からの溶出（内部負荷）などから供給される。富栄養化が進んだ湖沼では底泥の無酸素化による鉄の還元に伴う内部負荷の割合が増加し、水質悪化につながると考えられる。しかし、底泥からの栄養塩の溶出に関する研究は多くあるが、DOMの溶出に関する研究は少ない。そこで本研究では、カラム実験において、効率的に気体を水中に導入できる超微細気泡（ウルトラファインバブル；UFB）を用いて酸素条件の異なる環境をつくり、異なる酸素条件における底泥からのDOMの溶出量や組成の違いを調べることで、富栄養湖沼におけるDOMの内部負荷に関する理解を深めることを目的とした。

### 2. 材料と方法

青森県姉沼の湖心部で湖水と不攪乱底泥（直径5 cm×高さ30 cm）を採取し、アクリル管（直径10 cm×高さ100 cm）に接続して湛水し、2か月間の培養実験を行った。培養に際しては、UFB発生装置（またはエアストーン）、水陸両用ポンプ、ガスボンベ（またはコンプレッサー）を用いて、酸素条件の異なる4つの処理区（エアストーン区、空気UFB区、酸素（O<sub>2</sub>-）UFB区、窒素（N<sub>2</sub>-）UFB区）を用意した。毎週、各実験カラムから採水し、以下の項目の分析を行った。溶存有機態炭素（DOC）濃度は、全有機体炭素計（TOC-V<sub>CPH</sub>, Shimadzu）で、紫外可視吸収スペクトル（UV）は紫外可視分光光度計（UV-1800, Shimadzu）で、三次元蛍光スペクトル（EEM）は、蛍光分光光度計（Aqualog, Horiba）で測定した。得

られたEEMは、PARAFAC解析により挙動の異なる6成分に分離した。また、オートアナライザーを用いて（SwAAt, BLTEC）で栄養塩類濃度を測定した。

### 3. 結果および考察

DOC濃度および254 nmの吸光度（A<sub>254</sub>；主に芳香族成分の量の指標）は、N<sub>2</sub>-UFB区において最も高かった（図1、図2）。A<sub>254</sub>はDOCと高い相関を示したが、N<sub>2</sub>-UFB区におけるA<sub>254</sub>の増加量はDOC濃度に比べて小さかったことから、芳香族成分よりも脂肪族成分が水中に多く付加されたと推察した。

PARAFAC解析の結果、蛍光成分は高分子のタンパク質様（C1）、陸域由来フルボ酸様（C2）、陸域由来フミン酸様（C3）、低分子のペプチド様（C4）、多起源由来フルボ酸様（C5・C6）の6成分に分離された。N<sub>2</sub>-UFB区では、吸光性のDOM成分の組成（蛍光成分組成）は培養期間を通してほとんど変化しなかった。これらの結果から、DOMの着色成分に関する内部負荷は、底泥中の有機物の溶出が主要である一方、微生物分解性が高く通常は検出されない、脂肪族性成分の生産も内部負荷として多く存在すると考えられた。

N<sub>2</sub>-UFB区のDOCの溶出速度を図1の初期の傾きから求めたところ、1.9 gC/m<sup>2</sup>/dayとなった。この値をもとに算出した、姉沼底泥からのDOCの溶出量は、河川からのDOCの流入負荷量よりも10倍以上大きかった。したがって、富栄養湖におけるDOCの内部負荷は、今まで考えられていた量よりもかなり大きい可能性がある。

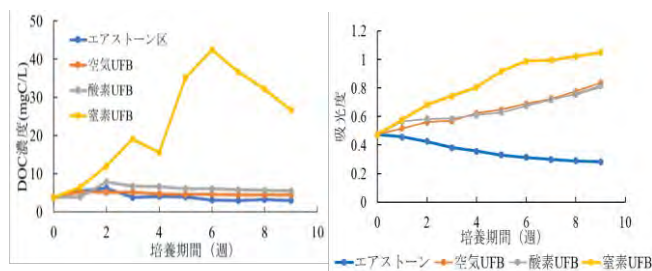


図1 DOC濃度の経時変化

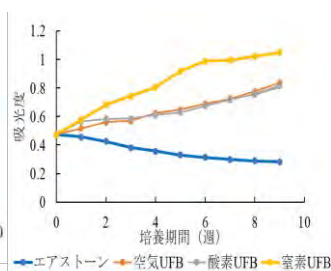


図2 A<sub>254</sub>値の経時変化

## 淀川および大和川の河川水中における マイクロプラスチックの汚染実態

\*相子伸之・近藤美麻（大阪環農水研）

### 1. はじめに

多くの研究者により調査分析が進み、自然界の様々な場所からマイクロプラスチック（以下、MPs）が検出されている。大阪府では、大阪湾内におけるマイクロプラスチックの実態把握を目的として、令和元年から令和2年度にかけて湾内2箇所にて採取調査を実施し、マイクロプラスチックの個数及び個数密度等を調査したところ、大阪湾北部および南部の地点においていずれの調査日にもMPsが確認された<sup>1)</sup>。環境省は、陸域から海域への主な流出経路である河川を対象に、河川水中のMPsの分布実態を把握するため「河川マイクロプラスチック調査ガイドライン」を作成した<sup>2)</sup>。本研究では、大阪湾のMPsの汚染源を把握するため、このガイドライン法により、主要な流入河川である、淀川と大和川においてMPs調査を実施した。

### 2. 材料と方法

淀川の枚方大橋付近の左岸、および大和川の亀の瀬橋の橋梁から、それぞれ2022年10月26日、および2023年3月9日の平水時に、ガイドライン法に従い目開き300 $\mu\text{m}$ のプランクトンネットで10~20 $\text{m}^3$ の河川水を濾水して試料を採取した。この試料に30%過酸化水素水を加えて55 $^{\circ}\text{C}$ で数日間夾雑の有機物を分解した。十分に夾雑の有機物が分解した試料をプランクトンネットで濾過し、残渣を5.3Mヨウ化カリウムで比重分離し、MPsの候補粒子を得た。この粒子は、顕微鏡下で大きさを計測後ATR-FTIR装置を用いて成分分析を行った。

### 3. 結果と考察

淀川（枚方大橋）および大和川（亀の瀬橋）の河川水中に含まれる1mm以上のMPsの個数密度は、それぞれ1.6個/ $\text{m}^3$ および7.5個/ $\text{m}^3$ であった（図1）。工藤らは、国内18河川のMPs調査を実施しており、その範囲は0.0064~2.5個/ $\text{m}^3$ と見積もったが<sup>3)</sup>、今回の調査では値が低かった淀川でも比較的高い密度で検出され、大和川ではその範囲を超える高い密度を示した。加えて、淀川と大和川から大阪湾に流

入する河川流量の割合は、それぞれ約60%と6%である。これらを踏まえると、この2河川の大和川へのMPs負荷は非常に高い

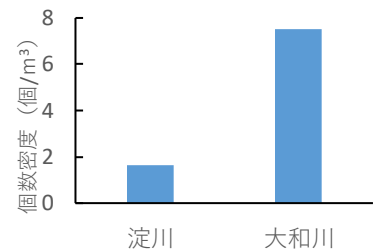


図1 河川水中の1 mm以上のMPsの個数密度

ものと考えられる。また、この2河川から検出されたMPsの組成はポリエチレン（PE）が約半分を占め、次いでポリプロピレン（PP）が多く、比重が1より小さい2成分が大半を占めていた。一方で、大阪府の調査で大阪湾から検出されたMPsの組成では、PPが半分を占め次いでPEが高い値を示しており<sup>1)</sup>、大阪湾へのMPs流入経路を調べるためには、今後この2河川における変動を確認するとともに、他の負荷源も調査する必要があると考えられる。

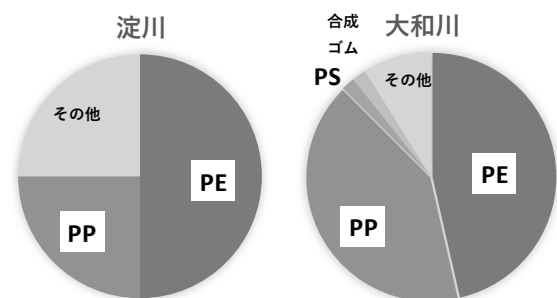


図2 MPsのプラスチック成分組成

### 引用文献

- 1) 大阪府 HP : <https://www.pref.osaka.lg.jp/kankyochozen/osaka-wan/kanenndoumigomi.html>
- 2) 環境省水・大気環境局水環境課（2021）河川マイクロプラスチック調査ガイドライン
- 3) 工藤ら（2017）土木学会論文集B1（水工学）、74（4）、I-1225-I-1230

謝辞 本研究は JST 共創の場形成支援プログラム育成型および JSPS 科研費 22K12471 の助成を受けたものです。

\*木塚俊和, 三上英敏, 長谷川祥樹, 山口高志 (道総研・エネ環地研)  
真里谷隆, 吉田直史 (別寒辺牛川・ホマカイ川流域環境保全協議会)

## 1. はじめに

一般に湿地では脱窒による窒素除去プロセスが働くため、流域における湿地の分布は下流への窒素負荷を低減させると言われている。一方、泥炭が堆積する湿地（泥炭湿地）では、泥炭の分解、無機化によりアンモニア態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）が放出されるため、泥炭湿地が窒素負荷源になるとも言われている。北海道東部の別寒辺牛川流域では河畔域に泥炭湿地が多く分布する。窒素は下流にある厚岸湖の一次生産を支える栄養塩として重要であるほか、高濃度の  $\text{NH}_4\text{-N}$  は水道原水の浄水処理に悪影響を及ぼすため、水利用に応じた窒素の適切な管理が重要である。しかし、河川窒素濃度に対する流域の泥炭湿地の影響はよくわかっていない。本研究では、別寒辺牛川流域を対象に、泥炭湿地による河川窒素濃度の低減・増加作用を統計的に明らかにすることを目的とした。

## 2. 材料と方法

対象流域の土地利用は、流域面積の約半分を森林が占め、牧草地と泥炭湿地がそれぞれ 2 割程度を占める。流域河川 17 地点を対象に、2020～2022 年の 7・10 月の平水時に計 4 回表流水を採水した。成分別の窒素・リン濃度の他、電気伝導度（EC）、溶存酸素（DO）、pH、紫外外部吸光度（UV260）及び主要アニオン・カチオンを分析した。河川水質の特徴を把握するため主成分分析（PCA）を行った。

河川窒素濃度に影響を及ぼし得る環境変数として、集水域面積に対する泥炭湿地、牧草地及び森林の各土地利用の面積率（それぞれ「湿地率」「草地率」「森林率」という）、採水地点の傾斜、集水域の平均傾斜を求めた。統計解析ソフト R version 4.2.2 (R Core Team, 2022) を用いて、硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）、 $\text{NH}_4\text{-N}$  及び溶存有機態窒素（DON）を目的変数、各環境変数を説明変数とする一般化線形モデル（GLM）を作成した。窒素濃度に対する各環境変数の関連性の強さを Akaike parameter

weight ( $W_p$ , MuMIn パッケージの sw 関数により算出) により評価した。さらに、窒素濃度に対する各土地利用の影響範囲を推定するため、河道から多段階の距離に発生させたバッファ領域に対する各土地利用の面積率を算出し、GLM の赤池情報量規準（AIC）を比較した。

## 3. 結果

全採水地点の主な窒素成分の平均濃度は  $\text{NO}_3\text{-N}$  0.47, DON 0.14,  $\text{NH}_4\text{-N}$  0.02  $\text{mg L}^{-1}$  となり、 $\text{NO}_3\text{-N}$  が全窒素の 7 割程度を占めた。PCA により、河川水質は主に酪農の影響と思われる成分（EC,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{K}^+$  など）と泥炭湿地の影響と思われる成分（UV260, DON, 溶存有機態リン（DOP）など）に集約された。 $\text{NH}_4\text{-N}$  は両成分に対し同程度の主成分負荷量を示した。

$\text{NO}_3\text{-N}$  に対しては草地率の  $W_p$  が圧倒的に大きく（正の回帰係数）、湿地率の  $W_p$  は最小であった。また、 $\text{NH}_4\text{-N}$  に対し草地率、湿地率及び集水域平均傾斜が、DON に対し草地率と湿地率がそれぞれ相対的に高い  $W_p$ （いずれも正の回帰係数）を示した。多段階バッファ解析により、湿地率の影響が最も強くなる空間範囲は  $\text{NH}_4\text{-N}$ 、DON とともに集水域全体と推定された。

## 4. 考察

本解析では  $\text{NO}_3\text{-N}$  に対する泥炭湿地の濃度低減作用は見られなかった。この理由として、本流域河川の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は草地率に圧倒的に強く規定されること、湿地率には表れない他の環境条件が窒素低減に影響している可能性があることなどが考えられた。一方、湿地率は  $\text{NH}_4\text{-N}$  と DON に対し相対的に高い  $W_p$  で正の回帰係数を示したことから、本流域における泥炭湿地は  $\text{NH}_4\text{-N}$  と DON の負荷源になっていることが示唆された。本結果は、泥炭湿地が多く分布する流域の窒素管理においては、泥炭湿地からの  $\text{NH}_4\text{-N}$  や DON の流出を考慮することが重要であることを示唆している。

\*坂本 洸也 (東京理科大学・理), 関陽児 (東京理科大学・理)

### 1. はじめに

千葉県北西部、野田市・柏市・流山市を流れる利根運河(以下「運河」)は、利根川と江戸川を連絡する延長約 8 km の人工河川である。運河は「水質汚濁に係る環境基準の水域類型 B」に指定されているが、有機物汚濁の指標である生物化学的酸素要求量 (BOD) が基準値である 3 mg/L を超過した状態が続いている。有機物汚濁の主因として、運河本流に流入する支流・樋管からの生活排水や工業排水の影響が考えられている。また、運河の河床全域には有機物に富む底質が広がっており、汚濁の一因である可能性が示唆されている。先行研究にて本流 7 地点と谷津・池 2 地点の間隙水の水質・水理的特徴の調査が実施された(坂本・関、2022)。その結果、運河の堤防構造における台地開削区間にて間隙水の湧出可能性があり、東京理科大学野田キャンパス 1 号館前(以下「1 号館前」)にて有機物負荷量の増加に寄与する可能性が示唆された。本研究では、1 号館前近傍に調査地点を増やすことで湧出による汚濁プロセスに関する更なる知見を取得すること、間隙水の水質・水理的特徴の経時変化について理解することを目的とした

### 2. 材料と方法

調査地点は千葉県北西部に位置する運河であり、2022 年度新規調査地点の本流 3 地点(図 1)と 2021 年度調査地点の本流 7 地点+谷津・池 2 地点の計 12 地点で実施した。現地調査は 2022 年 9 月から 12 月の間に行った。

各地点の河床下 0.5 m、1 m、2 m、4 m を目的深度とした有孔管を挿入した。有孔管は VP13 塩ビ管の底部約 20 cm を有孔部に加工した。現地調査では各管から間隙水を採水し、水温、電気伝導度 (EC)、pH を携帯水質計により測定するとともに、水頭を測定した。採水した試料はポリ容器で運搬し、当日中に 1/50 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 滴定法により HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> イオン濃度を定量した。また、主要溶存イオン濃度をイオンクロマトグラフにより測定し、波長 254 nm 紫外光の吸光度に基づき、全溶存有機物指標 (TOC\*) を測定した。



図 1. 新規調査地点の土地条件図 (黒丸が新規調査地点)

### 3. 結果と考察

新規調査地点の水質・水頭測定結果を図 2 に示す。

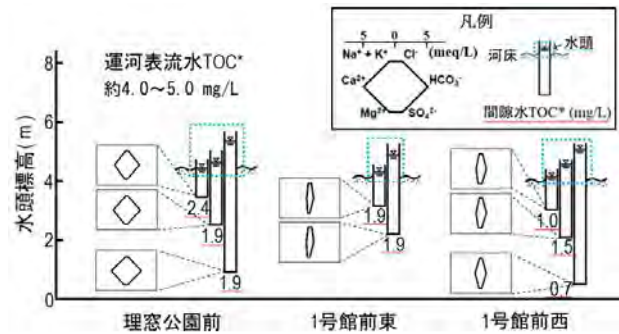


図 2. 新規調査地点の水質・水頭測定結果

(数字は TOC\* (mg/L)、六角形はヘキサダイアグラム)

新規調査地点はいずれも運河の台地開削区間に位置しており、水頭が深部に向けて増加していたことから先行研究と同様の水理的特徴が確認された。しかし、河床直下の間隙水 TOC\* が表流水 TOC\* より小さい値を持ち、かつ有機物負荷量の増加に寄与しない程度の湧出量だと推測でき、汚濁寄与の可能性は少ないと考えられる。1 号館前とその東西 100 m の測定結果より、100 m 間隔でも異なる間隙水 TOC\* の値を示したため、水平距離 100 m の間隔でも底質の性状が異なると推定される。また、2021 年度と 2022 年度の測定結果を比較したところ、間隙水 TOC\* で大きな差分を示した地点がみられなかったため、間隙水の有機物濃度への経時的な変化は少ないと考えられる。

## 1. はじめに

湖沼の炭素循環の基盤である DOM には、易分解性の高分子（十数万ダルトン（Da））と難分解性の低分子（数千 Da）が存在し、その存在比は微生物活動に影響を与える。よって、DOM の生物利用性（質）と量を把握することは重要と考えられる。DOM の分子サイズについて、淡水湖や海洋に比べ汽水湖の DOM における知見は限られている。本研究では DOM の分子サイズを定量的に測定可能な全有機炭素検出サイズ排除クロマトグラフ

（SEC-TOC）と DOM の定量的脱塩技術を組み合わせ、汽水湖の DOM の量と分子サイズを調査した。加えて、淡水湖の結果を加え、湖沼間の DOM の比較を行った。

## 2. 材料と方法

採水は 2019 年と 2020 年にサロマ湖、小川原湖、宍道湖、中海、霞ヶ浦、琵琶湖、八郎湖において複数回実施した。表層および湖底直上 0.5 または 1m から採取した水試料は、孔径 0.2  $\mu\text{m}$  のフィルターを用いてろ過し、これを分子サイズ分布分析試料とした。汽水湖の試料は、塩による分析妨害のため、分子サイズ分布測定前に電気透析によって脱塩を行った。DOM の分子サイズ分布測定は SEC-TOC で測定した。DOM の分子サイズは、ポリスチレンスルホン酸ナトリウム塩の校正曲線から重量平均分子量を算出した。DOM 濃度は、フタル酸水素カリウム溶液を標準液として用いて検量線を作成し、測定試料の DOM 濃度を算出した。

## 3. 結果

調査を行った汽水湖全てで、DOM の分子サイズは、分子サイズ十数万 Da の高分子と分子サイズ数千 Da の低分子の 2 画分に大別された。調査期間における DOM 全体に占める高分子 DOM 割合は、サロマ湖で 2.7~10.9%、小川原湖で 6.5~19.6%、宍道湖で 4.1~14.7%、中海で 5.5~22.3%であった。高分子 DOM の濃度は、夏季に表層で上昇する傾向があった。低分子 DOM については、塩分躍層が発達していた小川原湖湖心（水深約 23m）の湖底で

表層に比べ濃度が顕著に高くなっていた。一方、塩分躍層が見られた中海では同様の傾向は見られず、低分子 DOM についても表層で濃度が高い傾向にあった。これらの結果と淡水湖（琵琶湖、霞ヶ浦、八郎湖）をまとめた、各湖の DOM の分類は図 1 に示した。

## 4. 考察

サロマ湖、小川原湖、宍道湖、中海において DOM の調査を実施し、汽水湖の DOM も淡水湖同様に、2 つの分子サイズから構成されていることを明らかにした。夏季表層において高分子 DOM 濃度が高くなっていたことから、植物プランクトンの光合成産物はその供給源となっている可能性が示された。また、小川原湖の湖底の低分子 DOM 濃度上昇からは底泥溶出の影響も考えられた。しかし、塩分躍層が見られた中海では傾向が異なるため、鉛直混合や滞留時間などを考慮して検討する必要がある。高分子 DOM と低分子 DOM の分析結果を用いて、各湖の DOM の特性を評価すると、DOM の総量評価と比較し、より詳細に湖の特性を分類することができた。以上より、DOM の分子サイズ分布は湖沼環境評価指標として有用であることが示された。

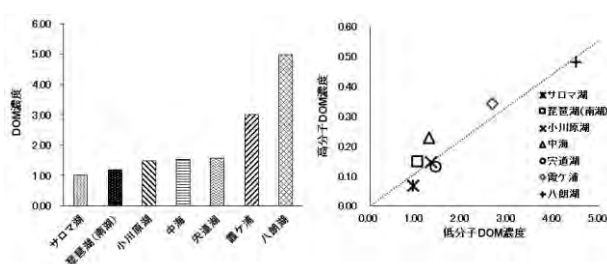


図1 各湖の DOM 平均濃度（左）と DOM 分子量分布に基づく分類（右）

## 5. 謝辞

本研究において、サロマ湖養殖漁業協同組合、北海道立総合研究機構、北里大学眞家永光准教授、島根県保健環境科学研究所にご協力頂きました。ここに感謝の意を表します。



## MIMS による $N_2/Ar$ 測定を利用した 内湖での脱窒量推定

\*富岡知玄 (滋賀県立大学大学院), 尾坂兼一 (滋賀県立大学)

木庭啓介 (京都大学), 中村高志 (山梨大学)

### 1. はじめに

脱窒の定量化には様々な方法が用いられているが、脱窒で生じた  $N_2$  濃度を検出することは困難であるためその多くは間接的な方法にとどまっている。 $N_2/Ar$  測定法は、主に物理的プロセスによって濃度が決まる  $Ar$  と、生物プロセスと物理的プロセスによって濃度が決まる  $N_2$  の比を測定することで、 $N_2$  生成・消費プロセスを議論できる。Membrane Inlet Mass Spectrometer (MIMS) は溶存ガスを高精度で分析できる機器である。MIMS はサンプルのガス抽出作業が不要なため短時間かつ、少量のサンプル量で測定できることが特徴である。しかし、MIMS を用いた国内での研究事例は少ないのが現状である。また、今回研究の対象とする琵琶湖周辺内湖は窒素化合物の沈殿浄化槽としての機能があるとされているが、浄化機能の評価は多くが流入負荷量と流出負荷量の差から求められおり、内部でどのように脱窒が起きているかは明らかになっていない。本研究では MIMS による  $N_2/Ar$  測定と、近年窒素循環解析に用いられている  $NO_3^-$  の窒素・酸素安定同位体比を用いて内湖での脱窒量を測定し、内湖の浄化機能の再評価を行うことを目的とする。

### 2. 方法

2022 年の調査では湖北から湖東に位置する 8 個の内湖を調査した。調査期間は 4 月から 11 月まで各内湖について 2 ヶ月に 1 回調査を行った。2023 年の調査では野田沼 (彦根市) を調査対象とし 2 月から 7 月まで 5 回調査を行った。湖水を 500ml のポリボトルに採取し実験室に持ち帰り、ろ過処理を行った。ろ過したサンプルからは各陰・陽イオン濃度、DOC・DN 濃度、 $NO_3^-$  の窒素・酸素安定同位体比を測定した。MIMS 用のサンプルは 100ml のガラスバイアルに空気が入らないように採取し、ゴム栓で蓋

をした後に実験室に持ち帰った。MIMS 用のスタンダードは恒温水槽によって各設定温度で 2 日以上大気平衡させた超純水を用いた。

### 3. 結果・考察

2022 年の調査では内湖ごとの特徴が明らかになった。野田沼 (彦根市) と神上沼は他の 6 内湖と比較して  $NO_3^-$  濃度が高く 11 月には平均 1.00 mg/L を超える濃度となった。また季節変動を見ると多くの内湖で夏季に濃度が低くなり、冬季に最も高くなる傾向が見られた。 $NH_4^+$  濃度については内湖ごとに大きな差はなく、季節変動をみると同じように冬季にかけて濃度が上昇する傾向が見られた。野田沼 (彦根) について詳しく見てみると採水地点ごとに  $NO_3^-$  濃度に違いがみられた。流入水と比べて内湖の各地点で  $NO_3^-$  濃度が低いことから内部では脱窒により  $NO_3^-$  が消費されていることが考えられる。また、採水地点ごとの  $NO_3^-$  濃度に違いがみられることから内湖内部でも地点によって脱窒の起こりやすい場所があることが考えられる。

$NO_3^-$  の窒素・酸素安定同位体比をみると 4 月から 6 月 8 月にかけて同位体比が大きくなる結果となった。特に 8 月は流入水と比較し内湖水では同位体比が大きくなり、脱窒が起こっている事が示唆された。

MIMS の結果を見ると 4 月では各採水地点で大気平衡濃度との差で正の値をとっていた事から脱窒が起こっていたことが考えられる。しかし、5 月 6 月では負の値であった事から脱窒量より窒素固定量が上回っていた事が考えられる。すべての地点において 4 月は 5 月、6 月より DO 濃度は高く、好气的条件では DO 濃度の変化は脱窒量に大きな影響を与えない事が考えられる。



## 関東・甲信越・南東北地域の温度成層型湖沼を対象とした 生物地球化学的特性の比較

\*板井 啓明・石水浩喜・平山耕太郎・佐藤佑磨・田柳紗英  
大音周平・砂村倫成（東大・院理・地惑）

### 1. はじめに

20世紀序盤から中盤にかけての湖沼学では、少人数の研究者が国内湖沼を自ら横断的に調査し、比較解析により湖沼物質循環の原理的理解を志向する研究が見られた。今日では、各地湖沼での計測は、近隣自治体や研究機関が主体となった枠組みが整えられている。しかし、化学的変数では微量元素濃度・化学形態・安定同位体比、生物学的変数では環境DNAなど、比較的先端性の高い分析は、一般的観測項目に組み込まれない。そのため、これら指標を比較湖沼学的研究に応用する場合には、主体的な横断調査が必要となる。本講演では、我々が2021-2022年に関東・甲信越・南東北地域で実施した温度成層型湖沼の横断調査で取得した、水温・pH・溶存酸素(DO)・主要元素・微量元素の空間分布と季節変動の特徴を示す。また、これらの特徴と、分布地域や湖盆形態との関係に着目した解析を示す。さらに、16S RNA分析により評価した細菌群集の $\alpha$ ,  $\beta$ 多様性と、その支配要因についての解析を示す。

### 2. 材料と方法

湖水試料は、2021年3-4月、6月、8月、10月に富士地域湖沼群(山中湖、河口湖、西湖、精進湖、本栖湖)、仁科地域湖沼群(青木湖、中綱湖、木崎湖)、裏磐梯地域湖沼群(桧原湖、小野川湖、秋元湖)で、2022年の同じ季節に芦ノ湖、野尻湖と木崎湖で、各湖沼の湖心付近で深度別に採取した。現地調査では、水温、pHを計測し、溶存酸素(DO)はWinkler滴定法で定量した。2022年の調査では、野尻湖、木崎湖の両方で、水温、pH、DOの水平方向変化を複数地点での水質プローブ計測(Pro-DSS, Xylem)により評価した。主成分および微量元素はICP質量分析計(Agilent 7700, Agilent Technology)で測定した。16S rRNA遺伝子配列は、現地で水試料中の粒子をカートリッジフィルター(Sterivex-GP  $\phi$ 0.22  $\mu$ m)上に濾過濃縮した試料から、シリカメンブレン法によりDNAを抽出・精製し、SSU rRNA遺伝子のv4, v5領域をPCRにより増幅後、PCR産物の配列を次世代シーケンサー(300PE, MiSeq イルミナ社)により取得した。得られた配列に対し、Qiime2-DADA2パイプラインにより Amplicon

Sequence Variant (ASV)を取得し、Rを用いた解析を実施した。

### 3. 結果

水温とDO分布に着目すると、調査湖沼は4つのタイプに分類された。水深が15mより浅く、夏期における表水層-深水層間の温度差が5°C以内の湖沼では、調査期間を通して無酸素水塊は確認されなかった(山中湖、河口湖)。水深が15mより浅いが、夏期における表水層-深水層間の温度差が8°C以上の湖沼では、夏期に無酸素水塊が確認された(精進湖、中綱湖、小野川湖)。水深が15m以上の湖沼は、変水層厚が厚いタイプ(西湖、芦ノ湖)と薄いタイプ(木崎湖・野尻湖)があり、深水層DOが豊富な前者は、深水層への地下水涵養の寄与が大きいと推察された。芦ノ湖、木崎湖、野尻湖での季節別調査の結果、水温鉛直分布は季節によらず水平平均質性が極めて高いことが確認されたが、pH, DO, 溶存化学成分には勾配が認められた。

各湖沼の細菌を系統分類し、ASVを基に $\alpha$ 多様性指数を計算した結果、Chao1は219.4 $\pm$ 72.7、Shannonは平均3.976 $\pm$ 0.451であった。裏磐梯湖沼群では、各 $\alpha$ 多様性指標値が仁科三湖、富士五湖と有意に高値であった。各 $\alpha$ 多様性指数と化学変数についてピアソン相関係数を計算した結果、Rbと正の相関( $p < 0.01$ )、SbおよびDOと負の相関が認められた( $p < 0.01$ )。湖水化学成分に対する主成分分析の結果、(1) RbとSbは地質の違いを反映すること、(2) 地質の影響と直交する因子はアルカリ度やpHだえること、が明らかになった。ASVを基に各サンプル間での $\beta$ 多様性指数Bray-curtis距離を計算した結果、表層と深層間のBray-curtis距離は、春季は平均で0.323、夏季は平均0.870であり、成層発達に伴う両層間での $\beta$ 多様性増加が示された。湖水化学組成データベースに関して、各パラメーターに関してサンプル間でのユークリッド距離を計算し、両者の間でMantel-testを実施した結果、 $\beta$ 多様性とpHとの間に有意な相関が認められた( $r = 0.18, p = 0.0072, 9999$  runs)。

## 福島県浜通りにおける森林域からの 放射性セシウム流出について

\* 樊 少艶 (福島県環境創造センター)

### 1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故によって放出された放射性セシウム ( $^{137}\text{Cs}$ ) が陸域に沈着した。帰還困難区域以外では 2018 年までに除染作業が完了しているが、未除染である森林域に初期沈着量の約 9 割の  $^{137}\text{Cs}$  が残存していると考えられており [1]、これらの森林域の下流域 (福島県浜通り地域) では、 $^{137}\text{Cs}$  が継続して流出している。森林域から水圏への  $^{137}\text{Cs}$  動態を解明することは  $^{137}\text{Cs}$  移行の研究の上で重要な知見となる。そこで、2017 年に林野火災が発生し、現在も帰還困難区域に指定されている福島県浪江町の十万山に注目した。火災前後の調査結果による沢水への  $^{137}\text{Cs}$  流出の影響はほとんど認められなかった [2] が、火災後の植生変化による沢水への影響を検討するために、主要イオン濃度等の水質情報を把握する必要がある。また、河川域への  $^{137}\text{Cs}$  流出を解明するうえで、森林域の尾根部から谷底部における  $^{137}\text{Cs}$  と各元素の分布調査も重要である。

本研究では、十万山における林野火災延焼地と非延焼地の下流における渓流水の  $^{137}\text{Cs}$  濃度と各種イオン、森林土壌の  $^{137}\text{Cs}$  濃度と各元素の調査結果について報告する。

### 2. 材料と方法

図 1 の各採水地点において、2017 年から年 3~4 回平水時に河川水を 10 ~ 20 L 採取し、孔径  $0.45\ \mu\text{m}$  のフィルターでろ過した。溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度は、リンモリブデン酸アンモニウム (AMP) 法または  $^{137}\text{Cs}$  ラドディスク (3M 社製) を用いてろ液中の  $^{137}\text{Cs}$  を濃縮分離し、その試料を Ge 半導体検出器により測定した (検出下限値  $1\ \text{mBq/L}$ )。各地点の溶存イオンなどの水質も測定した。2022 年 8 月に、⑥の集水域斜面上部、中部、下部で、土壌を 20 cm 深度まで採取し、5 cm ずつ  $^{137}\text{Cs}$  濃度を測定した。0-5、5-10、10-20 cm の土壌抽出液に含まれる陰陽イオン、加圧容器法で前処理した土壌試料に含まれる各元素を ICP-MS で測定した。

### 3. 結果と考察

2017 年 12 月から 2022 年 8 月までの溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度は  $4.7\sim 52.3\ \text{mBq/L}$  であった。これは国が定

める飲料水中の放射性セシウムの基準値 ( $10\ \text{Bq/L}$ ) よりも 2~4 桁程度低い。また、地点ごとの明確な差は見られなかった。火災など攪乱があっても、延焼地と非延焼地の  $^{137}\text{Cs}$  流出は明確な差がなかった。

地点⑤の  $\text{Ca}^{2+}$  濃度は他の地点より高く、⑤の集水域の地質風化が強いと考えられた。地点⑥の  $\text{NO}_3^-$  濃度は年間を通じて明確に高かった。火災後植生変化により、対応する集水域からリーチング (溶脱) が起きていると考えられた。リーチングが確認された場所で溶存態  $^{137}\text{Cs}$  の流出は少なかった。

森林土壌の深度 0-5 cm、5-10 cm、10-20 cm に含まれる  $^{137}\text{Cs}$  量はそれぞれ、20 cm 深度までの  $^{137}\text{Cs}$  総量の 57~80%、16~29%、3~14% を占めていた。事故由来の森林域に沈着した  $^{137}\text{Cs}$  は森林土壌、主に表層土壌に残存していた。土壌表層 (0-5 cm) の  $^{137}\text{Cs}$  濃度分布は元素 Cs、元素 Cu との相関がみられた。

土壌  $^{137}\text{Cs}$  濃度の深度分布のパターンが似ている元素は：斜面上部 As、Cd、T-Cr、Cu、Mo、Ni、T-P、Pb、Rb；斜面中部 T-P；斜面下部 Pb であった。斜面を降下するとともに元素の深度の特徴が見られなくなったが、この原因は炭や灰や土砂などが移動しながら混ざりあっていることが考えられた。

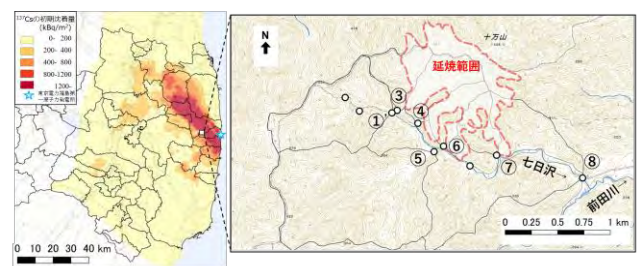


図 1 調査対象地域。○印は採水地点、破線で囲まれた範囲は林野火災の延焼地を示す。背景の色は  $^{137}\text{Cs}$  初期沈着量を示す。

### 引用文献

- [1] Onda et al (2020) Nature Reviews Earth & Environment, 1(12), 644-660.  
[2] 長尾他, JAEA-Research 2019-002.

○丸尾雅啓（滋賀県大・環境科学研究所）・山本知季（滋賀県立大院・環境科学）  
小畑元（東大・大気海洋研），岩田智也（山梨大・生命環境）

## 1. はじめに

ホスホン酸類(Pn)は有機態リンに含まれ、C-P共有結合が化学的に安定で生分解を受けにくい。しかし、近年の研究ではP制限時にPnが水圏におけるP供給源として機能する可能性が示されている。Pnの一つであるメチルホスホン酸(MPn)分解時に副産物として生成するメタンが海洋における「メタンパラドックス」解明の鍵として注目されている。Pnの生物利用に関する知見にはある一方、実際の環境中Pnの定量例は非常に少ない。その理由は、環境中のPnが極低濃度で存在し、従来の測定手法では定量が困難なことである。本研究では極微量Pn定量のため、イオンクロマトグラフィー(IC)と、水酸化鉄(III)による共沈濃縮法を組み合わせたPn定量法を開発し実際の湖沼におけるMPn動態を調査した。

## 2. 材料と方法

ここでの共沈濃縮法は、水酸化鉄(III)が分子内にP-O結合を2つ以上保有するリン酸化合物を定量的に吸着捕集することを利用するものである。PnであるMPnと2-ヒドロキシエチルホスホン酸(2-HEP)、同様にP(III)化合物である亜リン酸を濃縮対象とした。まず、試料水500 mLに対し10 mg-Feの水酸化鉄(III)を捕集剤として添加し、pH 6程度に調整してPnを捕集剤に吸着捕集した。次に、捕集剤のみを吸引濾過(孔径0.4  $\mu$ m)によって回収し、0.01 M アンモニア水溶液(25 mL)を添加してpH 10以上に調整し、捕集剤からPnを遊離させて回収した。再度、吸引濾過(孔径0.2  $\mu$ m)を行って捕集剤を除去した溶液を濃縮回収液として用い、ICによるPnの定量を行った。調査、試料採取は2021年8月に山梨県の西湖最深部で行った。夏期に表水層に出現するメタン極大層とMPnとの関係を調査した。2022年6月~11月、琵琶湖の北湖最深部で調査を実施した。

## 3. 結果と考察

### 共沈濃縮法-ICによる極微量Pn定量法

水酸化鉄(III)によるPnの共沈濃縮に最適なpH条件を検討した。pH 4~10で濃縮を行った結果、Pn回収率はpH 4~7.5の間で50%程度であり、pH 8以上では低下した。回収率は想定されたよりも低いが、pH 6程度が最適であった。回収率が50%程度となる原因として、Pnと捕集剤中鉄(III)との錯体形成が考えられる。錯体の存在割合は配位子

(Pn)濃度によって変化する。錯体形成による回収率への影響を検証した。結果、試料水中のPn濃度が0.05 ~ 0.5 nMでは回収率が50%程度、10 ~ 1000 nMでは回収率が最大80%程度と、濃度によって回収率が変動した。Fe(III)-Pn錯体は正電荷をもつため、生成した場合、陰イオンクロマトグラフィーでは分離定量できない。Fe(III)-Pn錯体形成が回収率の低下要因となる可能性が示されたが、環境水中のPn濃度範囲では回収率は50%程度で一定であった。

本定量法の再現性について検証した結果、同濃度のPn添加試料3本に対し濃縮を実施した時の平均回収率は50%程度で、変動係数も十分に小さく、良好な再現性を確認した。したがって、大きな改良を加えることなく、現条件でも十分に利用可能であった。

実測の結果、西湖では、溶存態と粒子態の試料両方からMPnが検出された。深度10 mで溶存態と粒子態のMPnのピークが出現し、メタン濃度も深度7.5~10 mでピークを示した。西湖のメタン極大層形成をMPn起源のメタンのみで説明できるかは不明であるが、西湖においてMPn起源のメタンが極大層形成に寄与している可能性が高い。琵琶湖では、溶存態MPnのみを検出した。6月はMPnが全深度で検出されていたが、8月以降は水温躍層の下降に伴う形でMPn濃度が深度0~40 mで検出限界以下となった。同時に測定された正リン酸濃度も0~20 mでは検出限界以下(0.5 nM)であるため、琵琶湖表水層において微生物のP源としてMPnが利用された可能性が示唆された。

\*宮原裕一（信州大・理），埜川岳大（信州大・院）  
池中良徳（北大・院）

## 1. はじめに

ネオニコチノイド農薬が水生生態系に及ぼす影響が懸念され、その水中濃度が各地で測定されている。長野県諏訪湖は、集水域の人間活動の影響を受けやすい湖であるが、現在までに、ネオニコチノイド農薬汚染の実態は知られていない。

そこで、諏訪湖におけるネオニコチノイド農薬の水生生物への影響評価を目的とし、1年間にわたり、諏訪湖の湖水・流入河川水・降水中のネオニコチノイド農薬濃度を測定した。

## 2. 材料と方法

諏訪湖・湖心（水深約6m）および諏訪湖流入河川（横河川・砥川・上川・宮川）の河口で、2022年7月より毎月1回、湖水と河川水を採取した。諏訪湖ではカラム採水器を用いて全層水を採取した。降水は、諏訪湖湖畔の諏訪臨湖実験所の屋上で、遮光したロート付容器を用いて採取した。

採取した水試料は、直ちにGF/Cを用いてろ過し、ろ液を褐色ポリビンに入れ-20℃で冷凍保存した。

水中のネオニコチノイド農薬は、試料水50mlに内部標準物質を添加した後、固相（InertSep Pharma FF, GL Science）に通水し、メタノールで溶出した。溶出液は窒素気流下で乾固させ、20%メタノール水に転溶し、LC-MS（Agilent 6495B, 分析カラム：Kinetex Biphenyl (Phenomenex)）で定量を行った。分析対象としたのは、分解物を含む以下の8種である（Acetamiprid, Clothianidin, Dinotefuran, dm-Acetamiprid, Imidacloprid, Nitenpyram, Thiacloprid, Thiamethoxam）。

## 3. 結果

分析対象としたネオニコチノイド農薬8種は、湖水、河川水、降水からの検出のされ方によって、次の3つに分けられた。①dm-AcetamipridとNitenpyramは検出下限以下か、他の農薬に比べ濃度が極めて低かった。②Clothianidin, Dinotefuran, Imidacloprid, Thiamethoxamは、河川水中濃度が最も高かった。③

AcetamipridとThiaclopridは、河川水よりも湖水の濃度が高かった。検出濃度が低かったdm-AcetamipridとNitenpyramを除き、降水中のネオニコチノイド農薬濃度は、湖水や河川水中よりも低かった。

流入河川のなかでは、諏訪湖の北側から流入する横河川や砥川よりも、南側から流入する上川や宮川の農薬濃度が高い傾向が見られた。湖水と河川水中のネオニコチノイド農薬濃度は、いずれも夏から秋にかけて高く、晩秋から春にかけて低くなっていた。

河川水で濃度が高かった農薬は、Dinotefuran（98ng/L, 宮川7月）とThiamethoxam（92ng/L, 宮川7月）であった。一方、湖水で濃度が高かった農薬は、Dinotefuran（31ng/L, 9月）であった。諏訪湖湖水や流入河川水中のDinotefuran濃度は、霞ヶ浦（杉野ら, 2023）よりも低かったが、Thiamethoxam濃度は高かった。

## 4. 考察

降水に比べ河川水中のネオニコチノイド農薬濃度が高かったことと、農薬が散布される季節に河川水中濃度が高かったことから、湖水から検出されたネオニコチノイド農薬は、農地に散布されたものが河川を介し流入したものと考えられた。AcetamipridとThiaclopridは、湖水の方が河川水よりも濃度が高かったが、河川水中の農薬濃度は散布にともない大きく変動するため、これらが今回測定された濃度よりも高濃度で流入した期間があったと考えられた。また、比較的分解しやすいとされるClothianidin, Dinotefuran, Imidaclopridが湖水から他の農薬に比べ高濃度で検出されたことから、これらの散布が長期間にわたることや、諏訪地域で比較的多く使用されていることが示唆された。

本調査によって諏訪湖で検出されたネオニコチノイド農薬は、水域の生活環境動植物の被害防止に係る農薬登録基準（環境省）よりも2桁程度濃度が低かった。一方、諏訪湖の総ネオニコチノイド農薬濃度は、Morrissey et al.(2015)が推奨する生態学的閾値0.035  $\mu\text{g/L}$ を7月から10月の間超過していた。

\*池尾僚太, 河合幸一郎, 斉藤英俊  
(広島大学大学院・統合生命)

## 1. はじめに

ウグイ *Tribolodon hakonensis* (Günther, 1877)は降海性を持つという、コイ科に属する魚類の中では珍しい生態を持つ。しかし、ウグイの海での生活様式については未だに未解明なことが多い。その中でも、回遊行動は本種の分布拡大の歴史を探るうえで重要な要素である。また、河合ら (2021)の研究では海田湾 (広島県) のウグイが太田川 (広島県) のウグイより、四国産のウグイと近縁であることが分かった。これはウグイの回遊性を示唆する結果である。一方で同研究では、日本産のウグイは伊勢湾と若狭湾を結ぶ線を境に大きく2グループに分かれることが分かった。これはウグイの回遊性を否定する結果である。よって本研究ではウグイの回遊性の検証するために江の川 (島根県) と高津川 (島根県) の河口及びその周辺河川のウグイの遺伝子的関係を調査した。加えて、山陰地方を始めとした日本各地に生息するウグイの遺伝子的関係の調査を行った。

## 2. 材料と方法

本研究では17地点で採集した77個体のウグイを用いた。方法は以下のとおりである。

- ①採集したウグイの尾びれを切り、DNAを抽出。
- ②PCR法によりチトクロムB領域遺伝子 (1017bp)を増幅させる。プライマーはL14724 (5'-TGA CTT GAARAA CCA YCG YYG -3') H15195 (5'-ACC TCC GAT CTY CGG ATT ACA AGA C -3') (渡辺 2018)を使用した。また、PCR条件は熱変性 (94°C/15s)、アニーリング (48°C/15s)、伸長 (72°C/60s)。
- ③DNAシーケンスを行う。
- ④DNAシーケンスの結果に基づき、系統樹や遺伝子ネットワーク図を作成し、ウグイの回遊性、河川間や河川内での遺伝子的関係を解明する。

## 3. 結果

山陰地方を始めとした日本各地のウグイの関係について調査した結果、20のハプロタイプが確認された。また、これらのハプロタイプはその遺伝子的な特徴から大きく西日本、東日本、対馬の3グループに分かれた (西日本: 58個体 10ハプロタイプ、東日本: 16個体 9ハプロタイプ、対馬: 3個体 1ハプロタイプ)。グループ内の遺伝子多様度は東日本 0.0135、西日本 0.00162、対馬 0 (Tamura-Nei 1993モデル) であり、東日本において最も多様度が高いことが分かった。

また、山陰地方で採取されたウグイ 54個体においては7つのハプロタイプが確認された。山陰のウグイは祖先型と考えられるハプロタイプを中心として江の川グループと高津川グループに分かれていた。また江の川水系と高津川水系において、河口部で採取されたウグイと淡水域で採取されたウグイの遺伝子を比較した結果、両者間で遺伝子的な差異は確認されず、江の川の河口部では江の川グループ、高津川の河口部では高津川グループのウグイが見られる場合がほとんどであった。しかし、江の川の河口で採取されたウグイのうち3個体が高津川グループと同一の遺伝子を保有していた。

## 4. 考察

江の川の河口部では江の川グループ、高津川の河口部では高津川グループのウグイが見られる場合がほとんどであったという結果から、ウグイは降海後、河口付近に留まり河川をまたぐような回遊行動は行わない傾向が高いと考えられる。また、江の川の河口で採取されたウグイのうち3個体が高津川グループと同一の遺伝子を保有していたという結果から、高津川→江の川という方向での回遊の可能性がうかがえる。このように、降海型ウグイの生活様式には可塑性があると考えられる。

## 温暖化下において殺虫剤は どの栄養段階の生物群集に影響するか

\*石若直人 (近畿大・院・農), 平岩将良 (近畿大・農), 橋本洗哉 (弘前大・農  
生), 土屋健司 (NIES), 角谷拓 (NIES), 早坂大亮 (近畿大・農)

### 1. はじめに

生物多様性のホットスポットとも称される「水田生態系」において、高い農業生産性を維持しつつ、生物多様性を保全することは、資源循環型の農業を実現する上で喫緊の課題である。なかでも、害虫の防除等に用いる殺虫剤は、水田の高い生物資源（特に昆虫類）に対する甚大な脅威となっている。さらに、近年進行する温暖化に付随する温度上昇が、殺虫剤の毒性を強化するという証拠が蓄積され始めており (Noyes et al. 2009)、これらの問題へさらなる複雑性をもたらすことが予想される。しかし、温度上昇下における殺虫剤の生態影響とそのプロセスについては、未だ議論があり、温暖化への適応策を検討する上で障壁となっている。なかでも、温度上昇下における農薬の生態影響評価に関するこれまでの研究は、実験室における単一種レベルで評価したものがほとんどであるため、実際の生態系において、温度上昇と殺虫剤の複合影響がどの栄養段階の生物群集に対してもたらされるかについては依然不明とされている (Polazzo et al. 2021)。本研究では、これらの課題を解決すべく、実生態系に対する農薬の生態影響を評価する際に有効とされる、実験生態系メソコスムを用い、水温上昇と殺虫剤曝露の有無を組み合わせた要因実験を実施し、両要因が水田生物群集に与える影響を評価した。さらに、得られた生物を摂食機能または栄養段階ごとにカテゴリ分けして解析することにより、殺虫剤と温度上昇の複合影響が水田生態系のどのような機能の生物群集に影響するのかを検証した。

### 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（無処理、殺虫剤単独処理、加温単独処理、殺虫剤・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、リアルタイムで対象区に対して 4°C (IPCC 2013) の水温上昇を行った。両要因が水田内の生物群集に及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、センチュウ類など）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）。また、同様の調査頻度で、メソコスム内の動・植

物プランクトンおよび、付着藻類を定量的に調査した。得られた各生物のデータをもとに、殺虫剤と農薬が生物群集の組成や種数におよぼす影響を解析した。さらに、各分類群を餌の種類や採餌方法に基づいた「摂食機能群」（濾過食者: collector-filterer, 堆積物採集食者: collector-gatherer, 捕食者: predator, 剥ぎ取り食者: scraper, 破碎食者: shredder）に分類して解析することで、両要因が生態系機能や栄養構造にどのような影響をおよぼすのかを考察した。なお、試験期間は、調査地周辺の農事暦を参考に、6 月上旬から 10 月中旬にかけての約 5 ヶ月とした。

### 3. 結果および考察

期間全体の水田生物群集の種数や種組成におよぼす殺虫剤と加温の影響を分類群レベルで検証した結果、種数を減少させる殺虫剤処理の効果が、加温との複合影響下では相乗的に大きくなることや、処理間で種組成が明確に異なる実態が明らかとなった。このような種組成の変化にはシオカラトンボ属の関与が大きかった。一方、摂食機能群レベルにカテゴリ分けを行い、各機能群内の生物量におよぼす殺虫剤と加温の影響を解析した場合には、無処理と比べて変化する機能群はみられなかった。これは、多くの摂食機能群において、各処理に対する影響に機能的冗長性がみられた可能性を示唆している。事実、各摂食機能群を、さらに昆虫類とそれ以外の生物でカテゴリ分けして解析を行うと、殺虫剤処理で昆虫類が減少すると、昆虫以外の生物が増加するような機能群の存在も明らかとなった。これらの傾向は、捕食者の機能を有する栄養段階で顕著に検出された。

本研究では、殺虫剤と農薬の複合影響が生物群集に与える影響を評価する際、階層（分類群レベルや機能群レベルなど）を変えると、影響の検出感度が変化する実態を明らかにした。なかでも捕食者の栄養段階では、分類群レベルで見るとトンボ類に対する顕著な影響が検出できたが、その影響は機能群レベルで見るとマスクングされた。今後の課題として、分類群レベルのような検出感度を維持しつつ、生態系機能や栄養構造への影響をより把握しやすい階層の検討が必要である。

### 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 (20K15640, 21K18318, 20H03010) の助成を受けた。



## 1. はじめに

ニホンウナギは、国内の河川に広く分布する回遊性の魚類であるが、近年その個体数は急激に減少している。環境省レッドリストでは絶滅危惧 I B 類に指定されており保全が急務である。ニホンウナギの減少要因はいくつか挙げられているが、陸水域では、河川のコンクリート化による生息適地の減少や堰などの河川横断構造物による遡上阻害の影響があげられている。しかし、コンクリート護岸や河川横断構造物などの環境要因がニホンウナギの分布にどのような影響を及ぼすか多河川で調査・比較した研究はほとんどない。環境 DNA 分析は、現地での調査が採水のみであるため、採捕などの方法に比べて簡便にニホンウナギの分布を推定することができ、多河川を短時間で調査することが可能である。そこで本研究では、兵庫・岡山・高知に位置する 7 河川で採水調査及び環境計測を実施し、各環境要因がニホンウナギの環境 DNA 濃度に及ぼす影響を評価した。

## 2. 材料と方法

**採水及び環境計測**：2023 年の 6-8 月に兵庫・岡山・高知に位置するそれぞれ総延長 10km 程度の 7 つの河川について、各地点で 1L の採水を実施した（計 43 地点）。採水地点から上流 300m の区間を代表する環境要因を算出するため、採水地点・上流 150m・300m 地点の 3 か所で底質・水深など 8 つの環境要因を計測した。さらに、河口から採水地点までの河川横断構造物の設置密度および採水地点から上流 300m 区間の河床勾配を算出した。

**サンプル分析**：採水した水サンプルを濾過し、DNA 抽出の後、16S rRNA 領域に設計されたプライマーセットを使用して定量 PCR によって、ニホンウナギの環境 DNA 濃度を測定した。

**統計解析**：ニホンウナギの環境 DNA 濃度がどの環境要因に影響を受けるのか、一般化線形混合モデル (GLMM) および AIC 値によるモデル選択を用いて解析した。さらに、構造物がニホンウナギの

遡上に与える影響を調べるため、河口から採水地点までの距離・各河川の構造物の設置密度（低・中・高）およびそれらの交互作用項を含んだ GLMM を用いて解析した。

## 3. 結果

環境 DNA 分析の結果、43 地点中 34 地点でニホンウナギの環境 DNA が検出された。環境 DNA 濃度についてモデル選択を行った結果、構造物の設置密度と採水地点から上流 300m の河床勾配が説明変数として含まれるモデルがベストモデルとして選択され、両変数は環境 DNA 濃度に対して負の影響をもたらした。さらに、河口から採水地点までの距離と環境 DNA 濃度の関係を調べた解析では、構造物の設置密度が高い河川で環境 DNA 濃度が急激に減少する傾向が見られた。（図 1）。

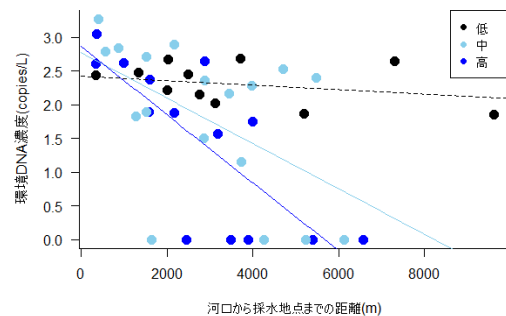


図 1. 環境 DNA 濃度と河川横断構造物の設置密度の関係

## 4. 考察

河床勾配と河川横断構造物の設置密度はともにニホンウナギの環境 DNA 濃度に負の影響を与えた。河床勾配は、河川の流速に影響を及ぼすため、ニホンウナギは流速の小さい環境を好むことが示唆された。また、構造物の設置密度が高い河川でニホンウナギの環境 DNA 濃度が急激に減少する傾向が見られたことから、構造物がニホンウナギの遡上を制限する可能性が示された。一方で、コンクリート護岸の割合などのその他の環境要因は説明変数として選ばれなかったことから、コンクリート護岸がニホンウナギの生息に大きな影響を与えない可能性が示された。

# P19

## 青森県八甲田山における彩雪現象：

### 緑雪や赤雪の色の違いは何の違い？

\*高階眞丈（横浜国立大・都市科学），中西博亮（横浜国立大院・環境情報）  
松崎令（国立環境研），鏡味麻衣子（横浜国立大院・環境情報）

#### 1. はじめに

雪や氷といった雪氷環境には、寒冷適応した微細藻類が生息しており、雪氷藻類と呼ばれる。雪氷藻類が繁殖すると、雪の色が緑や赤などさまざまな色に染まる彩雪現象が発生する。この彩雪現象は世界各地で確認されており、標高や栄養環境に応じて異なる種類の雪氷藻類が優占し、色に違いが生じることが知られている。青森県八甲田山や山形県月山などの日本の樹林帯でみられる彩雪現象では、主に緑藻 *Chloromonas* 属が優占的に出現する。ここでは、同一の標高にもかかわらず、わずか数 10 m の範囲に緑や赤など異なる色の彩雪がパッチ状に出現する。氷雪性の緑藻 *Chloromonas* 属は約 20 種が記載されており、種や生活史段階によって異なる形態や色素を持つ。そこで、本研究では色の異なる彩雪が、藻類の群集組成の違いなのか、あるいは生活史段階の違いなのかを明らかにすることを目的とした。

#### 2. 材料と方法

2023 年 5 月 24 日および 25 日に、青森県八甲田山において、ブナやオオシラビソが優占する地点の残雪を調査した。計 23 パッチ（緑雪：17、赤雪：6）について、積雪表層 3 cm を採取した。藻類の活動状態として、光合成活性の最大量子収率 ( $F_v/F_m$ ) を測定した。得られた値が緑、赤のパッチの色によって違うか否かを分散分析により比較した。

藻類群集組成は、細胞の形態（形状、大きさ、遊泳性もしくは不動性など）に基づいてタイプ分けし、計数した。

#### 3. 結果と考察

光合成活性 ( $F_v/F_m$ ) は、赤雪に比べ緑雪で有意に高くなった ( $p < 0.05$ )。顕微鏡観察では、緑雪と赤雪でともに緑藻 *Chloromonas* 属が優占していたが、優占する細胞のタイプが異なった。緑雪では緑色の遊泳細胞（図 1A-B）が優占していたのに対し、赤雪

では赤系の色素を細胞内に蓄積し、厚い細胞壁をもつシスト（不動性の休眠孢子）（図 1C-D）が優占していた。以上の結果より、緑雪と赤雪とでは、藻類の生活史段階が異なり、赤雪ではシストが優占したため、緑雪に対して光合成活性が低くなったと考えられた。

また、同じ色のパッチでも異なる藻類の群集組成をもつものが認められた。緑雪では、パッチによって異なる形態の遊泳細胞（球形：図 1A、もしくは楕円形：図 1B）が優占していた。一方、赤雪では、赤色をした球状のシスト（図 1C）が多いパッチと、オレンジ色の色素をもつラグビーボール状のシスト（図 1D）が優占するパッチが観察された。

パッチによって藻類の種組成や生活史段階が異なったのは、同一地点であっても局所的に光環境や栄養塩分布が異なったためと考えられる。今後は、藻類群集に影響を及ぼす環境要因を特定するとともに、局所的に不均一な環境が生じる要因について、パッチ周辺の樹種の違いなどに着目して検討していく必要がある。

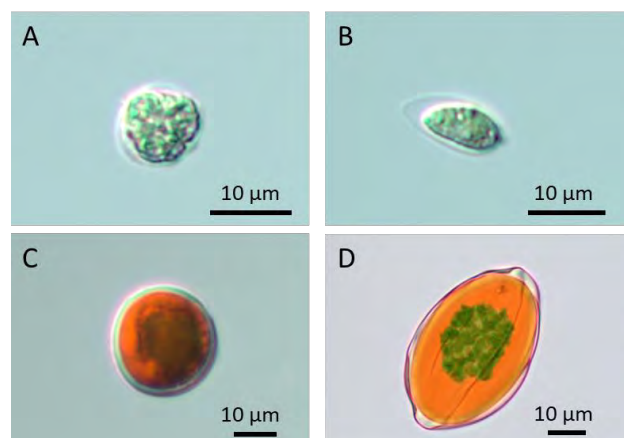


図 1 青森県八甲田山の彩雪中でみられた緑藻 *Chloromonas* spp. の顕微鏡写真。A-B：遊泳細胞、C-D：シスト。

## 1. はじめに

類線形動物門ハリガネムシ綱に属する淡水生ハリガネムシ類 (Gordioida) は、陸生節足動物の内部寄生虫として知られる。このうちの *Chordodes* 属は主にカマキリやゴキブリに寄生することが知られており、日本国内では主にオオカマキリ等に寄生する *C. japonensis*、及びハラビロカマキリ等に寄生する *C. formosanus* の2種が身近である。しかしながら、国内に棲息する2種の分子系統学的情報は乏しい。

本研究では、西日本の各地で得られたハリガネムシの遺伝子を解析し、この2種の国内における集団遺伝学的特性を部分的に明らかにした。

## 2. 材料と方法

西日本地域 (本州中国地方・四国・九州) の計21地点においてハリガネムシを採集し、体中部よりゲノムDNAを抽出した。PCR法により、ミトコンドリアDNAのCOI遺伝子部分配列を増幅し、シーケンシングによりそれぞれの塩基配列を決定した。MEGAXによる配列データの統合処理の後、系統樹、TCSハプロタイプネットワークの作成、及び各パラメータの算出を行った。さらに *C. formosanus* については、台湾における同種の塩基配列データを引用し、系統比較を行った。

## 3. 結果

### *C. japonensis*

主に広島県内において採集された48サンプルより、計19のハプロタイプが検出された。ネットワーク上では、最頻のハプロタイプから放射状に小ハプロタイプが分岐する、ループ構造が含まれるなど、全体に「安定維持型」の形状を有していた。一方で、多数の塩基置換によって他から大きく分化したハプロタイプが複数検出され、ネットワークは「ボトルネック」的な構造を部分的に有していた。

### *C. formosanus*

西日本地域の広域から採集した62サンプルより、計13のハプロタイプが検出された。ネットワーク上では、ミッシングハプロタイプとなった共通祖先型から大きく3つの集団が分岐したが、それぞれは西日本の各地において同所的に確認された。また、この祖先型は台湾の集団と西日本集団との中間に位置し、一部の日本産個体によるハプロタイプは台湾系統との近縁性を示したものの、日本と台湾のものはいずれもハプロタイプを共有しなかった。

## 4. 考察

### *C. japonensis* の集団遺伝構造

本種においては、後者のような広域のサンプルを用いた解析ができなかったが、少なくとも広島県内では、個体群の局所的な絶滅がほとんど起きていない長期安定的な集団が形成されていることが判明した。一方で、これらとは長期的に分断された個体集団の存在も示唆され、より複雑な集団遺伝構造の一端が示された。

### *C. formosanus* の集団遺伝構造

本種においては、西日本には少なくとも3つの遺伝的集団が棲息しているが、それぞれには地理的な分化が見られなかった。本種自体の分散能力は明らかに低いため、これは宿主の移動に伴ったヒッチハイク的な分散の結果であると考えられる。

その一方で、西日本系統と台湾系統の間には地理的分化が見られた。これはより過去における2系統の断絶を示唆しており、それぞれの分散経緯を反映している可能性がある。

今後は、琉球列島などの日本西南部、及び東日本を含めた全国において、宿主の集団遺伝構造も併せて解析することで、2種のより詳細な個体群動態とその要因を明らかにしていきたい。



\*Duangmany Phongsa (Yokohama National University)

Tatsuro Hashizume (Yokohama National University), Kensuke Seto (Yokohama National University)

Syuhei Ban (University of Shiga prefecture), Maiko Kagami (Yokohama National University)

## 1. Introduction

Fungi, mainly chytrids, are the major organic matter decomposer in the pelagic zone in lakes. Saprotrophic chytrids were often detected on pollen grains or dead planktons. In Lake Biwa, chytrids were detected and appeared to exploit two large desmids (*Staurastrum dorsidentiferum* and *Micrasterias hardyi*) which were abundant in Lake Biwa. Previous study revealed that parasitic chytrids were only found in *Staurastrum* whereas saprotrophic chytrids were found in both species. However, the substrate specificity of saprotrophic chytrids and the effects of light on their interaction with desmids remain uncertain.

In this study, we aimed to examine the role of saprotrophic chytrids on the decomposition of two large desmids in Lake Biwa. To observe the characteristics of chytrid infection on two large desmids, we counted the chytrids attachment rates in different layers for 3 years. Additionally, we conducted an incubation experiment to investigate how the host and light conditions affect the exploitation of saprotrophic chytrids on two large desmids.

## 2. Materials and Methods

3 years of samples (2015-2018) preserved at the Shiga Prefecture Fisheries Experimental Station (SPFES), were examined to see the vertical chytrid infection patterns. Samples were taken every month from 3 layers; 0-10m, 10-20m and 20-40m depths. Infections were categorized into two patterns according to the number of chytrids zoospores (and sporangia) on 1 host cell; single infection (1-3 attached zoospores on one host cell) and multiple infection (> 4 attached zoospores on one host cell). Host cells with more than 50% of chloroplasts were categorized as living cells, while cells with less than 50% of chloroplasts were categorized as dead cells. The samples were stained with 0.1% wheat germ agglutinin (WGA) and observed by fluorescence microscope (ZEISS Xio Imager M2) under blue light excitation.

A saprotrophic chytrid (*Pateramyces* sp. strain KS130) was isolated in June 2019 in the north basin of Lake Biwa. An incubation experiment of a saprotrophic chytrid (*Pateramyces* sp. strain KS130) with two desmids

(*Micrasterias* and *Staurastrum*) were conducted. Desmids were treated as healthy and killed treatment (soaking in 50°C water for 2 hours). Treated desmids were introduced to chytrids to give a chytrid:host ratio of 1:10 with equal initial host density and incubated for 7 days under light and dark conditions. To see the effects of light on chytrids, chytrids were incubated in PmTG medium without host cells in light and dark conditions. The number of chytrids were compared between treatments.

## 3. Results and Discussion

Chytrid infections were observed on both *Staurastrum* and *Micrasterias* in all three layers, but the characteristics of chytrid attachment differed between species. *Micrasterias* was mainly colonized in the deep layer, and multiple zoospore attachments were found mainly on dead cells. While *Staurastrum* was also infected in the surface layer, where single zoospore attachment was found mainly on living cells. Multiple infections were also found on *Staurastrum*, mainly on dead cells. Single zoospore attachment could be the hallmark of parasitic infection, as a single infection can exploit almost all the cell contents of healthy cells. On the other hand, multiple infections could be caused by saprotrophic chytrids, especially in the deep layer where light is limited.

Incubation experiments revealed that saprotrophic chytrid, *Pateramyces* sp., utilized both desmids with multiple zoospore attachments. Regardless of the species, few colonizations were found on live cells both in the light and dark conditions. Whereas greater colonizations on dead cells, especially in the dark condition. Since the chytrid grew better in the dark without algal cells, light may inhibit the chytrid colonizations. Furthermore, live cells of desmids may have produced highly toxic reactive oxygen species (ROS) which inhibited the growth of chytrids in the light conditions.

Our result implied that characteristic of chytrid attachment varied by species and suggesting light is significant to this non-substrate specific chytrids in material decomposition within the lake ecosystem.

\*山本彦（京都大），坂部綾香（京都大），宮下直也（兵庫県立大，姫路科学館）  
勝山正則（京都府立大），小杉緑子（京都大），伊藤雅之（京大生存圏）

## 1. はじめに

近年、海洋沿岸の閉鎖性水域では貧栄養化や化学的酸素要求量（COD）の低下などが問題となっていて、こうした水域では陸水が海洋への栄養塩、有機物の主要な負荷源になると考えられる。兵庫県はため池の数が全国最多であり、陸水を通じた海洋への栄養塩、有機物の負荷に関してため池が重要な影響をもたらす可能性がある。本研究では兵庫県播磨地域のため池において流入水の栄養塩、有機物が池内でどのような濃度形成作用を受けて流出するか、季節変化を踏まえて明らかにすることを目的とした。

## 2. 材料と方法

調査地は田園集落地域を集水域に持つ兵庫県加古川市のため池（布池）で、植生が乏しくアオコの発生する池である。池には主に一本の水路からの流入があり、池からは水位に応じた越水流出と人為操作に依る底樋からの流出が生じる。農閑期には水位が下がり流出が途絶える。2022年4月から2023年4月までの計23回、流入水、流出部近傍を含む複数箇所の池水を採取し水質を調べた。主要溶存イオン濃度をイオンクロマトグラフ法で測定し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の合計を溶存無機態窒素（DIN）濃度とした。溶存全窒素（DTN）濃度を全有機炭素計（TOC-L<sub>CSH</sub>、島津製作所）で、全窒素（TN）濃度をアルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウム分解/亜鉛還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法で測定した。粒子状有機態窒素（PON）濃度はTNからDTNを差し引いて算出した。また、試料水をガラス繊維濾紙（GF/F）で濾過し、DMF抽出法でクロロフィルa量を測定した。

## 3. 結果

池水のTN濃度は農繁期のPON濃度の増加を伴った季節変化を示し、冬季にはPON濃度が低下しDIN濃度が高まった（Fig. 1）。一方、流入水のTN濃度の季節変化は顕著でなかった。2022年4～6月と

2023年1～4月は流入水の方が池水よりTN濃度が高く、2022年6月末～12月は池水の方が流入水よりTN濃度が高かった（Fig. 2）。

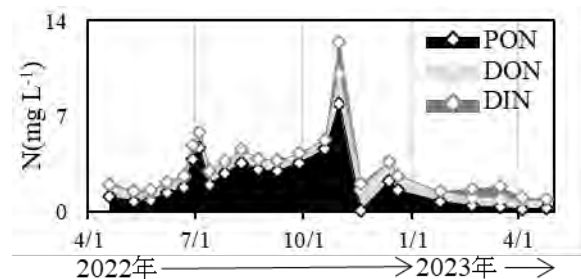


Fig. 1 池水のTN濃度とその内訳

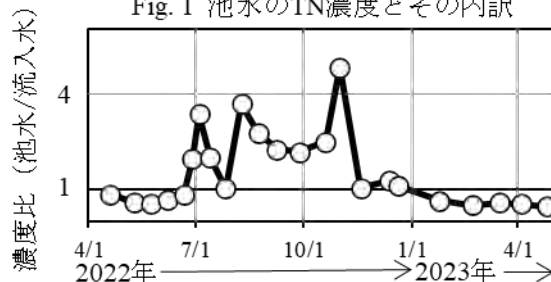


Fig. 2 流入水に対する池水のTN濃度比

## 4. 考察

TN濃度が流入水より池水で低くなる要因として、流入したPONの堆積・沈降による池水からの除去が考えられ、流入水より池水で高濃度となる要因として堆積物の分解に伴う溶存態窒素の底泥から池水への供給が挙げられる。水温の上昇に伴って後者の影響が前者に勝るようになり、池水でTN濃度が高まったと推定される。池の表層水のPON濃度は堆積物が盛んにまき上がる極めて水位の低いときを除けばクロロフィルa量と正の相関を示し（ $R=0.742$ ）、池水における農繁期のPONの増加は流入水および底泥から供給されるDINを利用した植物プランクトンの増加によるものと考えられる。冬季には植物プランクトンが減少しDINの利用量が減ったため、池水のDIN濃度が高まったと推察される。池の底泥には懸濁粒子の沈降によって栄養が蓄積し、その一部が特に夏から秋にかけて活発に放出され、有機化することが示唆された。



## 餌環境の違いによるカブトミジンコの ろ過スクリーン面積への影響

\*米山貴将, 坂本正樹 (富山県立大・工)  
永田貴丸 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

### 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変化し、動物プランクトンの餌としての質も変化する。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、餌不足な環境では摂餌器官 (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) への影響を室内実験及び野外サンプルの解析により、明らかにすること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 3 つのクローン系統で、それぞれ、琵琶湖の北湖 (BN 系統) と南湖 (BS 系統)、諏訪湖 (S 系統) 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<sup>-1</sup>) と餌質 (Low P, Middle P, High P; 餌量は 2.0 mg C L<sup>-1</sup>) 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 mol L<sup>-1</sup> 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・固定したサンプルと 2 地点の野外サンプルの体長とろ過スクリーン面積を測定した。また、先行研究の方法を参考に処理区、系統ごとの摂食速

度を測定した。

### 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<sup>-1</sup>) の異なる全ての処理区で、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<sup>-1</sup> の処理区でも 2.0 mg C L<sup>-1</sup> 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、Low P 処理区で繁殖率が低下したが、BN 系統では、Low P 処理区でも High P 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。摂食速度は、有意な違いはなかった。また野外サンプルでは、ろ過スクリーンの大きさが地点間で異なり、また経時的に変化した。

### 4. 考察

S 系統と BS 系統では、餌量、質の低下により純繁殖率が低下したが、BN 系統では、純繁殖率の低下が認められなかった。これは、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。また、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地における餌環境の違いを反映していると解釈できる。ただし、餌質を変えた際の摂食速度には、系統間で違いが認められなかった。BN 系統が餌質の低い環境で個体群を維持できる理由の解明は今後の課題である。

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。

\*田中駿（横浜国立大・都市科学），宮原裕一（信州大・理）  
小熊宏之（国立環境研），鏡味麻衣子（横浜国立大院・環境情報）

### 1. はじめに

マツなどの陸上植物由来の花粉は5月から6月の短期間で大量に湖沼に流入し、湖面を黄色に染めることがある。諏訪湖では毎年5月に花粉によって湖面が一時的に黄色くなることが確認されている。花粉はリンや窒素などの栄養塩類を豊富に含んでおり、カナダの湖ではリン年間流入量の3割を占めるほど重要な栄養塩供給源である。

花粉が降り注ぐ5-6月は春の珪藻ブルームが終焉し、水温躍層が形成され表層の栄養塩類が枯渇する時期にあたる。この時期の花粉による栄養塩供給は植物プランクトンの成長を促し、アオコを発生させる可能性がある。特に、地球温暖化に伴い、水温躍層の形成が早まるとともに成層強度が強まることで、夏季の栄養塩不足の長期化が示唆されていることから、花粉による栄養負荷が諏訪湖においてより重要になっている可能性がある。

花粉の流入やアオコの発生のタイミング（フェノロジー）を把握するには数日単位での調査が必要であり、定期調査の観測頻度（隔週）では把握できない。そこで本研究では、高頻度で観測可能な定点カメラを用いて花粉の流入時期を捉えるためのモニタリング手法を検討した。

### 2. 材料と方法

一眼レフカメラ（NikonD7100）を2023年4月23日に信州大学諏訪臨湖実験所の5階に設置した。6-17時の一時間毎にタイムラプス撮影を行い、湖面に生じた変化を時系列で把握した。湖面における花粉の見え方は、色の濃さと面積から6段階で評価した。

同施設屋上の水槽（開口部85cm×175cm）3つに水を張り、5月12日から6月23日まで一週間毎に採水と花粉粒の計数を行うことで降水量の時間変化を解析した。同時に流量を10L/minに設定したエアサンプラー（柴田科学製SIP-32L型）を一機、屋上（6階部分）に設置し、一週間毎にガラス繊維ろ紙（Whatman製GF/Fフィルター）に捕集された花粉を計数した。

### 3. 結果と考察

一眼レフカメラでは花粉やアオコによる湖面の色の変化を明瞭に捉えることができた（図）。花粉は4月末から確認でき、5月中旬と6月中旬に濃く見られ、6月中旬以降は確認できなかった。ただし5月末から6月上旬にかけても確認できなかった。花粉を確認できなかった理由として、同時期に発生した台風に伴う湖水の出水や濁度上昇が考えられる。また、この時期は風速が強く、花粉が確認できない時の風速が確認できる時に比べて有意に強かった（アメダス諏訪観測所データより）。

水槽に降下した花粉の密度は5月から6月上旬にかけて上昇し、6月中旬以降は密度変化が小さくなった。エアサンプラーで捕集した花粉の粒子数は5月上旬をピークに減少した。

カメラと水槽、エアサンプラーでは花粉のピークはそれぞれ異なったものの、検出時期（5月上旬から6月中旬）は一致した。これは花粉が河川からの流入ではなく、主に大気を通じて湖に降下していることを示唆している。

以上より、湖沼への花粉降下時期のモニタリングには一眼レフカメラは有効であり、エアサンプラーや水槽と組み合わせることで降水量を定量できることがわかった。今後は、画像のRGB値を用いた分光指標による解析や衛星画像を組み合わせることで定量化を試みると共に、アオコの発生時期を明らかにし、関連性を検討する予定である。



図. 評価「5」の一眼レフ画像（5月17日15時）  
湖岸に打ち寄せられるように黄色の帯ができる。

## セルロース分解能に注目した

## 底生動物の摂食機能評価

\*石川 俊之 (滋賀大・教育), 堀本 涼香 (滋賀大・教育卒)  
田代 和也 (滋賀大・教育)

## 1. はじめに

セルロースは緑色植物の細胞壁を構成する多糖である。 $\beta$  グルコースが重合したセルロースは、 $\alpha$  グルコースが重合したデンプン (アミロースとアミロペクチン) に比べて安定性が高く、分解酵素 (セルラーゼ) を産生できる動物は非常に少ないと考えられていた。

セルラーゼを産生できる生物の特定が進まなかった理由としてセルロース分解酵素の検出が難しかったことが挙げられる。特に、結晶セルロースが水に難溶のため酵素反応を再現すること難しい。

この課題に対し可溶性のセルロースの誘導体であるカルボキシメチルセルロース (CMC) 使う方法 (Yokoe 1960) が広く使われるようになり、さらに、反応生成物であるグルコースの測定精度が向上したことで、各種動物のセルロース分解酵素の産生能についての研究が進んだ。国内では 2000 年代に豊原らのグループが精力的に研究を進め、水生生物のセルロース分解の実態が明らかになってきた。

本発表では、CMC 等による淡水の底生動物のセルロース分解能についての測定結果、研究のレビュー、環境中のセルロース量の測定といった課題について報告する。

## 2. 13 種の底生動物の CMC 分解能の検証

**方法)** 琵琶湖とその周辺河川で採集した 13 種の底生動物について、小型のものは体全体、大型のものは消化管を取り出し粗酵素液とした。Kawaida et al. (2019) の方法に従い、粗酵素液と CMC を 37 度で 10 分間反応させ、精製した還元糖をテトラゾリウムブルー法で定量した。酵素の活性は、粗酵素液中のタンパク質量 (Bradford 法で測定) あたりの精製した還元糖の量として表した (以下 CMC 分解能)。

**結果と考察)** 体全体を粗酵素液とした 7 種の水生物 (ウズムシ 1 種、甲殻類 7 種) のうち、CMC 分解が検出できなかったが 1 種 (ビワカマカ) あった。

また、残りの 6 種で最も CMC 分解能値が高かったのは溪流で得られたヨコエビであった。琵琶湖や瀬田川で採集したヨコエビ類の CMC 分解能も溪流ヨコエビの半分以上の値を示した。大型で中腸線などの消化管を粗酵素液とした 6 種のうち、カワゲラとトンボの幼虫からは CMC 分解が検出できなかった。起こりの 4 種のうち最も値が高かったのは溪流で採集したサワガニであり、湖内で採集した二枚貝、巻貝、十脚類の 5 倍以上の値であった。

捕食者であると考えられているカワゲラやトンボの幼虫から CMC 分解が検出できないことは予想どおりであったが、ビワカマカから CMC 分解が検出されないことは同種の摂餌生態の理解につながる。ビワカマカは砂から泥がみられる水深の浅い生息地では砂の場所で多くみられるが、リターのたまる場所では餌が限定されていると考えられる。

## 3. アメリカザリガニの体サイズと CMC 分解能

**方法)** 滋賀県内の 3 か所の水域 (人工池、小河川) からアメリカザリガニを採集した。採集した個体は全長、頭胸高長などの測定や雌雄の判別後、解剖し、中腸腺から粗酵素液を調整した。

CMC 分解能の測定は前項と同じである。

## 結果と考察)

3 か所で得られた 50 個体のアメリカザリガニの CMC 分解能は前項のサワガニほどは高くないが、琵琶湖で採集した二枚貝やテナガエビよりも高い値であった。アメリカザリガニの CMC 分解能は、全長と負の相関があった。また、採集場所による違いも見られた。

アメリカザリガニの食性と体長の関係は対立する 2 つの結論があった。消化管内容物を用いた研究では、大きくなると植食性が強まるとされ、安定同位体を用いた研究は大きくなると肉食性が強まると結論づけた。本研究では「大きくなると肉食性が強まる」ことを消化能力から検証することができた。

## 尾瀬ヶ原湿原に現れる鉄酸化物堆積物 (アカシボ残存物) とメタンフラックスの関係

\*梅澤和寛 (静岡県立大・食品栄養), 福井 学 (北大・低温研)  
Jackson Tsuji (JAMSTEC), 野原精一 (国立環境研), 谷 幸則 (静岡県立大・食品栄養)

### 1. はじめに

尾瀬ヶ原湿原は、山岳湿原で冬季に数 m の積雪が見られる。融雪期には、アカシボ現象と呼ばれる茶褐色に呈色する彩雪現象が生じる。アカシボは湧水に含まれる二価鉄が酸化して生じた酸化鉄に由来するものであり、アカシボの一部は無雪期にも残存する。融雪期のアカシボにはメタン酸化細菌が優占する特徴的な微生物叢が発達することが報告され (Kojima et al., 2012)、メタン酸化が活発に行われていると考えられている。一方で、アカシボ残存物における微生物叢は未解明であり、メタン酸化活性がどの程度行われているのか不明である。本発表では、アカシボ残存物が堆積する地点でメタンフラックス解析を行い、アカシボ残存物が本湿原のメタン動態へ与える影響について考察する。

### 2. 材料と方法

2022 年 8 月中旬と 10 月中旬に下記の地点で、Picarro 社製の携帯型メタン・二酸化炭素濃度測定装置(G4301)を用いて、メタンと二酸化炭素濃度を 3 分以上現場で測定して、フラックスは 1 分以上濃度変化が比例する区間から算出した。各地点で、2～5 回反復して測定を行った。

地点	アカシボ	特徴	測定回数	
			Aug	Oct
KOJ01a	無し	草地	3	3
KOJ01f	あり	池塘	2	3
KOJ01i	あり	アカシボ堆積物	3	3
KOJ01j	あり	草地	3	3
KOJ02	あり	アカシボ堆積物	3	3
KOJ03o	あり	小川	3	0
KOJ03p	無し	草地	4	0
KOJ04s	無し	裸地	3	2
KOJ04t	無し	水苔	3	3
KOJ04r	無し	池塘	3	2
KOJ05u	無し	水苔	3	3

KOJ07	あり	アカシボ堆積物	0	4
-------	----	---------	---	---

また、メタンフラックスを測定する前の 2022 年 6 月初旬に、フラックス測定地点の周辺にあるアカシボ残存物試料(KOJ01i, KOJ02)から DNA を採取して、16S rRNA 遺伝子を標的としたアンプリコンシーケンス解析を行い、微生物群集構造を調べた。

### 3. 結果

8 月と 10 月のいずれにおいても、アカシボ残存物が堆積する地点のメタンフラックスがアカシボのない地点に比べて小さいことが明らかとなった。さらに、アカシボ堆積物のある地点では、8 月に比べて 10 月のメタンフラックスは小さく、収支がほぼないか、放出から吸収に転じていることが明らかとなった。一方で、水苔の多い地点では、8 月と 10 月のメタンフラックスに大きな違いが見られなかった。アカシボ堆積物がある地点の二酸化炭素フラックスは 8 月に比べて 10 月で小さくなっていた。微生物叢については、6 月のアカシボ残存物には *Methylobacter* 属や *Crenothrix* 属などの *Methyomonadaceae* 科に属するメタン酸化細菌 (KOJ01i 周辺の 2 箇所: 0.44%, 3.2%、KOJ02: 4.5%) の相対存在量が多い傾向が見られた。

### 4. 考察

以上の結果により、アカシボがメタン放出抑制に寄与することが明らかとなった。泥炭層からのメタン供給量が一般的な土壌にくらべて大きいことを考慮するとアカシボによるメタン放出抑制効果は非常に大きいことが推察される。そして、メタン放出抑制は、I 型メタン酸化細菌によるメタン吸収によるものである可能性がある。

#### 文献

1. Hisaya Kojima, Haruo Fukuhara and Manabu Fukui. Community structure of microorganisms associated with reddish-brown iron-rich snow. *Systematic and Applied Microbiology* 32: 429-437. 2009



\*岡崎 友輔 (京都大)・大八木英夫 (南山大)・程木義邦 (中部大)  
知北和久 (北海道大)・齋藤 圭 (京都大)・中野伸一 (京都大)

## 1. はじめに

湖の微生物生態系は物質循環や食物網の基盤を成す重要な研究対象である。環境中の微生物はそのほとんどが難培養性であるため、実験的に生理・生態を調べることが難しく、その実態解明の大きな障壁となっていた。近年の次世代シーケンス解析技術の発展によって、環境中の微生物やウイルスのゲノム情報を、培養を介することなく直接的・網羅的に取得することが可能となった。これにより、これまで「ブラックボックス」として扱わざるを得なかった微生物生態系のプロセスを「どの微生物が何をしているのか」という解像度でより詳細に理解することが可能になりつつある。

一方で、互いに物理的に隔離された湖に生息する微生物群集は、微生物進化という観点から見ても興味深い研究対象である。異なる湖には、系統的には類似しながらも、湖ごとに異なる進化の系譜をたどってきた微生物群集が存在する。すなわち、湖間の微生物のゲノム間に存在する遺伝子や塩基配列の差異を高解像度に比較するアプローチにより、遺伝子やゲノムの多様化(=進化)の源泉や制約を効率的に炙り出すことができるかもしれない。

火山や地殻活動が活発な日本には、多くの大水深湖が存在する。大水深湖は、浅い湖と比べて、大雨等の気象イベントの影響を受けにくく、微生物群集組成がより安定しているという観点で、湖固有の微生物群集を相互比較する研究に適した研究対象である。本発表では、現在筆者らが進めている、国内の大水深淡水湖を網羅的にした微生物の環境ゲノムデータベース構築の進捗について報告する。

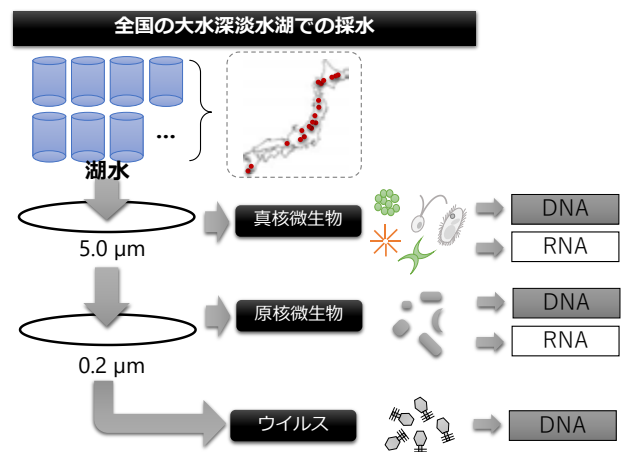
## 2. 材料と方法

国内の約 20 の大水深淡水湖(水深約 50 m 以上)を選定し、主に夏～秋の成層期に調査を行っている。湖心の最深点にて、鉛直的に複数水深より採水を行い、採水した水を 5.0  $\mu\text{m}$ 、0.2  $\mu\text{m}$  のフィルターで順次濾過し、真核微生物画分、原核微生物画分、

ウイルス画分を得た。それぞれの各分より DNA および RNA を抽出し、DNA はショットガンメタゲノム解析、RNA はメタトランスクリプトームに供した(下図)。メタゲノム解析については、広範に使われているショートリードシーケンサーに加え、一部のサンプルではロングリードシーケンサーを用いた解析も行った。メタゲノムからは各微生物系統のゲノム情報の構築を試み、メタトランスクリプトームからは各ゲノムにおける遺伝子の発現プロファイルを得た。環境データとしては、CTD プローブによって水温、クロロフィル濃度、溶存酸素濃度の鉛直分布と、フローサイトメーターによって細菌現存量を得た。

## 3. 結果と考察

これまでに然別湖・支笏湖・洞爺湖・十和田湖・猪苗代湖・中禅寺湖・本栖湖・琵琶湖・池田湖において調査を実施し、残りの湖においても順次調査を進めている。機材や日程、予算等の制約により、すべての湖で全データが得られているわけでは無いが、少なくとも細菌 DNA サンプルについては全ての湖で採集し、数 Gb(十億塩基)~数十 Gb の規模でシーケンス解析を行った。特に琵琶湖では、時系列のメタトランスクリプトームや 5 年以上にわたる長期観測データの解析が進行中である。



図：本研究で構想する解析対象の全体像



\*笠田実 (東北大・生命科学), 橋爪達郎 (横浜国立大・環境情報)

Alex Duangmany Phongsa (横浜国立大・環境情報), 鏡味麻衣子 (横浜国立大・環境情報)

## 1. はじめに

近年、琵琶湖では大型植物プランクトンである *Micrasterias hardyi* の急増が問題となっている。*Micrasterias* は、2011年11月に南湖で初めて確認されるまではほとんど観察記録がなかったにも関わらず、2016年冬に北湖で急増した新参のツツミモである。この *Micrasterias* の急増が琵琶湖生態系に与える影響が懸念されているが、どのような影響があるかは未だ不明である。その中で、*Micrasterias* よりも古参のツツミモである *Staurastrum dorsidentiferum* とは、競争関係にあると考えられ、*Micrasterias* の増加は *Staurastrum* に負の影響を与えていると予測される。本研究ではこの仮説を検証するために、時系列データを用いて非線形時系列因果推定、相互作用強度推定 (S-MAP)、および一般化線形モデルを用いた複数の統計解析を行った。

## 2. 材料と方法

本研究に用いる水温、栄養塩濃度、*Micrasterias* と *Staurastrum* の密度データは、滋賀県水産試験場の琵琶湖定点定期観測データから引用した。データは *Micrasterias* が継続的に増加し始めた2015年の12月から2021年3月まで月毎に、0-10 m(表層)、10-20 m(中層)、20-40 m(深層)の3層から採取されたものを用いた。

取得した時系列データに対し、非線形時系列因果推定、相互作用強度推定 (S-MAP)、一般化線形モデルの3種類の統計解析を行なった。これら複数の統計解析の結果を用いて、古参と新参のツツミモが互いの増殖に与える影響について検討した。

## 3. 結果

非線形時系列解析による因果推定の結果、表層、中層、下層どの層においても、互いの増殖に関する因果は推定されなかった。ただし、S-mapによる相互作用強度推定からは *Staurastrum* から *Micrasterias* へのより強い負の影響が観測された。一般化線形モデルからは、中層で *Staurastrum* から *Micrasterias* への負の影響が有意であるという結果が得られたが、その他に統計的な有意差は観測されなかった。

## 4. 考察

時系列データを利用した統計的因果推定の結果によると、*Micrasterias* の増加が *Staurastrum* に負の影響を与えるという当初の仮説は支持されなかった。むしろ、相互作用強度推定の結果は、古参である *Staurastrum* が、*Micrasterias* に負の影響を与えていることを示唆していた。これより、新参のツツミモによる古参のツツミモの競争排除の可能性は低いと考えられる。一方で、なぜ急に *Micrasterias* が急増したかという謎は依然として残っている。本研究で用いた一般化線形モデルからは、*Micrasterias* と *Staurastrum* 増減をうまく説明する変数は見つからなかった。よって、これらのツツミモの増減は、今回解析に用いなかった他の変数によって支配されている可能性が高い。考えられる候補としては、寄生者であるツボカビの影響や、動物プランクトン、他の潜在的に競争関係にある植物プランクトンの存在などが挙げられ、解明のためにはさらなる研究が必要である。

## 日向湖で実施した海水完全循環湖における 細菌群集構造の時空間的分布解析

\*片岡 剛文・中村 雄浩・三木 一平・近藤 竜二（福井県大）

### 1. はじめに

水圏生態系では多様な代謝能を持つ細菌が群集を構成し、微生物ループを通じて生物地球化学的要素循環に関与している。細菌は代謝能に応じて環境の変動に応答するため群集組成の変動を理解することは物質循環を理解する上で重要である。湖沼のような閉鎖水域では季節変化にともない、表層混合層、無酸素水塊の形成といった季節的・鉛直的に不均一な物理化学環境が形成され、局所的な微生物群集が形成されることが知られている。しかし、多くの場合、特定のイベントを対象とした限定的な情報しかないのが現状である。日向湖は若狭湾と繋がった海水の完全循環湖であり、夏季から冬季にかけて湖底に無酸素水塊が形成される。本研究では、これまでに細菌群集構造に関する研究例がない日向湖において、超並列塩基配列決定（HTS）法を用いた16S rRNA 遺伝子組成解析により、細菌群集構造の時空間的分布を明らかにすると共に、物理化学的環境要因との関係を考察することを目的とした。

### 2. 材料と方法

分析に用いた試料は、2019年に日向湖湖心から2か月毎（2019年2月、3月、4月、6月、8月、10月、12月）に、水深0mもしくは5m、20m、25m、35mより採取した。16S rRNA 遺伝子のV3-V4可変領域をPCR増幅してHTSに供した。DADA2パッケージを用いてHTSによるエラー塩基を修正し、97%の相同性を基準にOTUを作成した。得られたOTU代表配列は、SILVA databaseを参照して分類した。SparCC法による共起ネットワーク分析によりOTUの出現パターンを比較した。

### 3. 結果および考察

各試料あたり11,867-22,052の塩基配列が得られた。合計で1,421種類のOTUが得られ、最低は129

OTU、4月5m)、最大は346 OTU（12月35m）であった。nMDS解析では3つの群集に分けられたが、OTUを基にしたネットワーク解析では、分布が異なる6つのコミュニティ（COM）が検出された（図）。検出されたコミュニティのうち、夏季から冬季にかけての底層（COM1：水深35m）と表層（COM3：水深5m）は、リード数ならびに多様性が高かった。冬季の水柱を通じて見られるOTU群（COM4）は、突出したリード数のOTUは見られないものの、多様なOTUで構成されていた。COM2、COM5、COM6はそれぞれ、6月底層、8-10月中層、6月表層と限られた試料にのみ検出されるOTU群であった。

日向湖の原核生物群集は、湖水の物理化学的性質の季節変化と調和的に変動し、冬季の鉛直混合、夏季の表層および嫌気的な底層で形成される原核微生物群集が主要であることが示唆された。一方で、少数の試料にのみ検出される群集は物理化学的環境とは異なる要因により形成される可能性が考えられた。今後は本研究では計測されなかった生物間相互作用などとの関係を精査する必要がある。

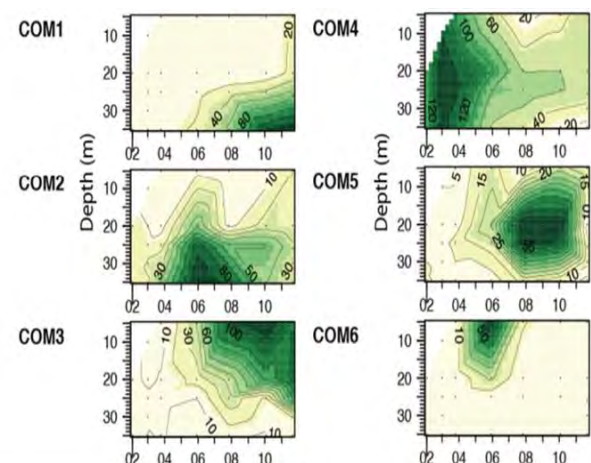


図 ASVに基づくネットワーク解析で検出した群集ごとのASV多様性の分布。横軸は2019年の月を、縦軸は水深を表す。図中の点は分析に用いた試料を示す。

\*木村夏紀, 長濱祐美, 福田聡 (茨城県・霞ヶ浦環科セ)

1. はじめに

牛久沼は、茨城県南部に位置し、湖面積 6.52 km<sup>2</sup>, 平均水深 1 m の淡水湖である。上流域はつくばエクスプレス等の交通網の整備により開発が進んでおり、茨城県では 2002 年度以降牛久沼水質保全計画（現：牛久沼水質保全の対応方針）を策定し各種対策を行っている。近年、流域対策による負荷削減が進んでいる湖沼においても有機物濃度が低下しづらいたり又は濃度が上昇するといった傾向が各地で見られていることから、本発表では、牛久沼の湖水中に含まれる有機物について、COD 及び TOC を指標とした調査結果と、溶存態・懸濁態別の傾向及び湖内生産・外部流入別の傾向について報告する。

2. 材料と方法

牛久沼湖心を対象として 2005 年 5 月から 2023 年 3 月まで各月 1 回調査を行った。水面下 50 cm の水を採水ポンプで採取し、COD, 溶存態 COD (d-COD), TOC, 溶存態 TOC (d-TOC), 及びクロロフィル a (Chl.a) 濃度を公共用水域の水質測定に則した方法で測定した。懸濁態 COD (p-COD) は COD 値から溶存態 COD 値を差し引いて算出した。懸濁態 TOC (p-TOC) についても同様に算出した。また、福島ら (1986) の方法により湖外から流入する COD (外来性 COD) 及び湖内で植物プランクトンにより生産される COD (内部生産 COD) 濃度を算出した。

3. 結果

牛久沼湖心の COD, d-COD 及び p-COD 濃度は調査期間中いずれも横ばいで推移しているが、TOC, d-TOC 及び p-TOC 濃度はいずれも近年増加傾向にあることが明らかとなった (Fig. 1)。

また、調査初期 (2005 年から 2009 年まで) よりも現在 (2018 年から 2022 年まで) の方が湖心の外来性 COD 濃度は高く、内部生産 COD 濃度は低くなった (Fig. 2 及び Table 1)。

4. 考察

牛久沼湖心の COD 及び TOC 濃度の経年変化から、近年の湖心では COD に反映されない TOC, すなわち難分解性の有機物が増加していると考えられる。湖沼で内部生産される有機物は、主に植物プランクトン自身 (懸濁態有機物) 及び植物プランク

由来の多糖類 (溶存態有機物) (国立環境研究所, 2001) 等と易分解性のものが多いため、これらは基本的に内部生産 COD に反映されると考えると、今回の調査結果から、近年は牛久沼外部から流入する有機物中に難分解性のものが多く含まれていることが示唆された。

文献

福島武彦・天野耕二・村岡浩爾 (1986) : 湖沼水質の簡易な予測モデル 2. 湖水栄養塩濃度と内部生産 COD, クロロフィル a との関係. 水質汚濁研究, 9-12 : 776-778

国立環境研究所 (2001) : 湖沼において増大する難分解性有機物の発生原因と影響評価に関する研究. 国立環境研究所特別研究報告, SR-36-2001 : 13

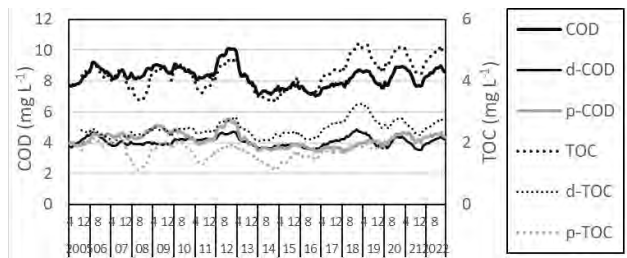


Fig. 1 牛久沼湖心の COD 及び TOC 濃度の経年変化 (12 ヶ月移動平均)

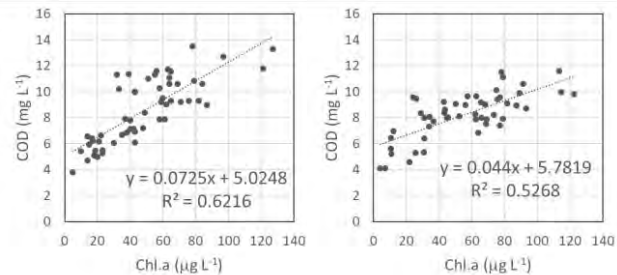


Fig. 2 牛久沼湖心におけるクロロフィル a 濃度及び COD 濃度の関係 (左 : 2005-2009, 右 : 2018-2022. どちらも  $p < 0.001$ )

Table 1 COD 濃度及び Chl.a 濃度の関係と各算出値

n	Chl.a 平均値 (mg L <sup>-1</sup> )	COD 平均値 (mg L <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	COD 算出値	
				外来性 COD (mg L <sup>-1</sup> ) [回帰式切片]	内部生産 COD (mg L <sup>-1</sup> ) [平均値-外来性]
2005-2009	55	48	0.62	5.0	3.5
2018-2022	56	55	0.53	5.8	2.5

\*坂本正樹 (富山県立大・工), 神戸一喜 (富山県立大・工)  
田中涼介 (富山県立大・工)

## 1. はじめに

捕食-被食の関係は、生物の動態を制御する最も重要な要因の一つである。多くの水生生物は、特定の捕食者の密度や存在の有無に応じて行動、形態、生活史特性などの表現型を変化させる。これらは誘導防御と呼ばれ、捕食者から放出されるカイロモン（情報化学物質）によって誘導される例が多い。一方で、人間活動由来の農薬や金属による汚染は、誘導防御の発現を攪乱（促進や抑制）することが明らかになっている。捕食-被食関係の攪乱は生態系全体に影響を与えるため、生態毒性学における重要研究課題の一つである。

*Daphnia* 属のミジンコでは、フサカ幼虫

(*Chaoborus* spp.) が放出するカイロモンによって誘導される防御形態の発現が、Cu 曝露によって抑制される。しかし、これが個体群レベルでどの程度の影響を及ぼしているのかは明らかになっていない。本研究では、環境ストレス（被食リスク、Cu）の複合曝露によるミジンコの防御形態と個体群動態への影響を明らかにすることを目的として、個体および個体群レベルでの実験的検証を行った。

## 2. 材料と方法

実験にはミジンコ経代培養クローン (*D. pulex*, MEP 系統) と野外から採集したフサカ幼虫 (*Chaoborus* spp.) を使用した。個体レベル実験では、事前に作製したフサカカイロモン水と Cu ( $0.4 \sim 3.0 \mu\text{g L}^{-1}$ ) の複合曝露による防御形態の発現度合との関係を確認した。

個体群レベル実験では、長期的な個体群の動態を観察するため、3 L ビーカーを使用して半止水式の実験系を構築した（水の滞留時間は 12 日）。処理区は①対照区、②捕食者（フサカ幼虫 3-4 齢を 3 個体投入）、③Cu ( $1 \mu\text{g L}^{-1}$ )、④Cu ( $5 \mu\text{g L}^{-1}$ )、⑤捕食者+Cu ( $1 \mu\text{g L}^{-1}$ )、⑥捕食者+Cu ( $5 \mu\text{g L}^{-1}$ ) の 6 つ (N=3) で、実験期間は 63 日間とした。水質 (pH, DO, DIC, DOC, 陰イオン, 陽イオン, Cu 濃度) とミジンコの個体群密度と形態（ネックティースの発現度合）を週 1 回調べ、捕食者の有

無と Cu 濃度（イオン活量）の関係を解析した。

## 3. 結果と考察

個体レベル実験では、最低濃度区 ( $0.4 \mu\text{g L}^{-1}$ ) においても、ミジンコの防御形態の発現が抑制された (図 1)。ただし、抑制の程度は濃度依存的ではなく、最高濃度区 ( $3 \mu\text{g L}^{-1}$ ) と違わなかった。

個体群レベル実験では、処理区②、⑤、⑥でフサカ幼虫による捕食によってミジンコ幼体の密度が低下した。一方で、防御形態の発現度合に対する Cu の影響は検出されなかった。これは、生物由来の溶存有機物 (DOC が高い場合で  $3 \text{ mg L}^{-1}$  ほど) と Cu の錯形成が原因であると考えられる。金属スペシエーションにより推定された Cu イオン活量は  $0.2 \text{ nM}$  未満であり、これは事前に調べた 48-h LC50 ( $42.1 \text{ nM}$ ) と比較して非常に低い値だった。環境水中においても同様の現象が生じる可能性が高いこと、本実験で設定した Cu  $5 \mu\text{g L}^{-1}$  は湖水では稀にしか検出されない高濃度であることから、実環境においては Cu による防御形態の発現抑制による生物間相互作用の攪乱リスクは低いものと考えられる。

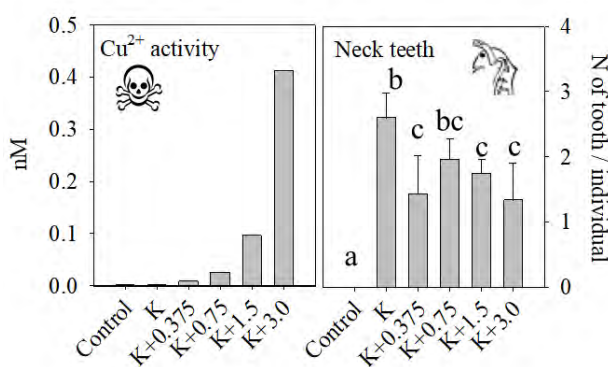


図 1. 銅への曝露によるミジンコの防御形態（ネックティース）の発現への影響。図中のアルファベットは Wilcoxon rank-sum test の結果を表し、同じアルファベットを含む処理区は有意な違いが無い ( $p \geq 0.05$ ) ことを意味する。

### 1. はじめに

猪苗代湖は日本で4番目に大きい面積を有する湖であり、飲料水、農業用水および観光資源などとして利用される重要な水資源である。湖の流域における温泉や硫黄廃鉱山から酸性水が流入し、かつて湖水はpH5程度の酸性だったが、流入河川からの負荷量の変化により1996年から湖水のpHの上昇が生じ、中性化した。それと共に2001年までは化学的酸素要求量（COD）が0.5 mg/L以下であったが、pHの中性化以降、急激な水質の変化（COD値や湖の植物プランクトン細胞数の増加など）が見られるようになった。このため、有機物濃度など水質が変化している猪苗代湖の水質の特徴に関する調査・研究に取り組む必要がある。本研究は、中性化後の猪苗代湖の水質特徴を明らかにするために、湖心鉛直方向の水質を調査した。また、カールソンの富栄養化指数（TSI）を用いて、中性化後の猪苗代湖の富栄養化の指標を算出した。

### 2. 材料と方法

2021年～2022年までの湖心鉛直方向の水温、導電率、DO、pH、濁度、クロロフィル-a(Chla)について多項目水質計（EXO2、YSI）を用いて調査した。また、福島県公共用水域の水質データ<sup>2)</sup>を用いて、湖心におけるChla、全リン（TP）、透明度（SD）のTSIを下記の式よりを算出した。

$$TSI(Chla(\mu g/L)) = 9.81 \times \ln(Chla) + 30.6$$

$$TSI(TP(\mu g/L)) = 14.42 \times \ln(TP) + 4.15$$

$$TSI(SD(m)) = 60 - 9.81 \times \ln(SD)$$

### 3. 結果と考察

湖心の鉛直方向では、晩春から秋にかけて水深10-20m付近に水温躍層が形成された。それと同時に、深層クロロフィル極大（DCM）およびオルトグレイド酸素曲線が観測された。2022年7月（Fig.1）でDCMは、水温躍層の下、水深20-30mに存在した。

DO濃度は、水温躍層より下層では11~12mg/Lと比較的一定的で、湖底付近の水深90mでも11mg/L以下にはならず、貧酸素状態ではなかった。いずれも貧栄養湖で見られる特徴で、有機物濃度が増加していると考えられるものの、富栄養状態までには至っていないと考えられる。また、下層では貧酸素水塊の発生が確認されなかったことから、底泥からのリンやマンガンなどの溶出がないと考えられた。TSI(2021)は、TSI(Chl)<31、TSI(TP)<20、TSI(SD) 26で、定義に従って貧栄養湖に分類された。猪苗代湖は現在も貧栄養状態であると考えられる。

今後の展開として、DCMの発生要因を詳しく追究するため、光環境や栄養塩の状態をより空間的に取得し解析をすることとしたい。

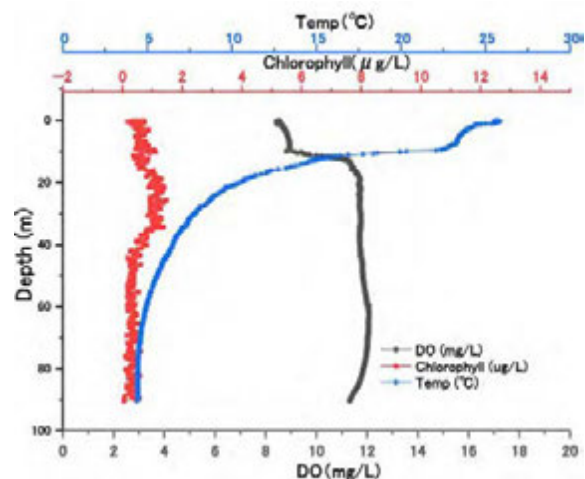


Fig.1 2022年7月の湖心における水質鉛直データ

#### 参考文献

- 1) Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22: 36
- 2) 福島県水質年報



## Ecological role of artificial water channel in fish diversity and food web structure

\*Yerim Choi (Kyung Hee Univ.), Hye-Ji Oh (Kyung Hee Univ.)

Geun-Hyeok Hong (Kyung Hee Univ.), Dae-Hee Lee (Kyung Hee Univ.)

Kyu-Jin Kim (Kongju National Univ.), Jun-Wan Kim (Kongju National Univ.)

Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee Univ.), Min-Ho Jang (Kongju National Univ.)

### 1. Introduction

As efforts continue to create artificial wetlands around rivers to provide ecological park spaces and create alternative habitats, research is ongoing to determine the environmental role and value of these spaces. Despite the artificial wetland ecosystems being connected to the mainstream river through water channels, there is a lack of comprehensive monitoring regarding the interactions between the artificial wetlands and the mainstream. In addition, studies are mainly focused on biota, and there is a lack of understanding of interactions between species based on food webs. Therefore, in this study, we analyzed a fish species composition and the food web structure of an artificial water channel in ecological park along a representative large-scale river in Korea. And evaluate the role and value of artificial wetlands through comparative analysis with the main river.

### 2. Materials and Methods

In this study, we investigated fish species and analyzed the food web structure at two artificial water channels within an ecological park and one point in the mainstream of the Nakdong River, a representative large river basin in Korea. For the analysis of the food web structure, we collected not only benthic macroinvertebrates but also suspended and attached organic matter, which act as basal food sources, to measure their stable isotope ratios. To analyze the species-specific niches and niche overlap between species within the food web at each habitat. We utilized the R packages "SIBER" and "nicheROVER". And we analyzed isotopic diversity based on these results by R.

### 3. Results

Total of 9 and 10 fish species were collected from the Mainstream and Site 2(downstream of artificial water

channel), respectively, whereas, at Site 1(upstream of artificial water channel), only 3 species were collected. The stable isotope ratios of SPOM and APOM, which are basal food sources in the food web, differed across all three sites. Additionally, a significant variation was observed in the species and the number of individuals of benthic macroinvertebrates collected at different sites, with different stable isotope ratios according to the sites. Consequently, these differences were reflected in the site-specific variations of the fish's niche and isotopic diversity values.

### 4. Discussion

Stable isotope analysis has been widely used as an integrative tool in ecology because it can quantitatively measure the structure of food web and consequent energy fluxes based on the relationships between consumers and resources. Therefore, it can be also used as very useful tool to estimate the impacts of human-induced restoration as well as disturbances. The differences in the isotopic indices (niche, overlap, and isotope diversity) between the mainstream and sites 1 and 2, as derived from this study, are believed to be a result of variations in food sources due to habitat differences. Despite the relatively close distance between the sites, the artificial water channel distinctively differs from the mainstream. The artificial water channel characterized by a significantly narrower channel width and well-developed riparian vegetation. These characteristics create a favorable habitat for organisms that serve as food sources for fish, thereby potentially enhancing the food selectivity of fish species in the area. Consequently, establishing artificial water channels along the large rivers can result in the formation of heterogeneous ecosystems with different food web structure compared to the mainstream.

## 1. はじめに

長良川河口堰ができて25年がすぎた。環境が激変するということが当時全国的な建設反対運動が展開されたが、1994年に竣工し95年から本格運用されている。巨大な河川横断構造物が河川環境に与えた影響は大きく、堰上流側のヤマトシジミは消え、カワナやヒメタニシの生息域になった。アユやサツキマス等の漁獲も激減したが、並行する木曾川と揖斐川も同様で、漁獲量減少は全国的な傾向であり河口堰の影響とはいえないとされた。本発表では、汽水域消失が木曾三川の生物へ与えた影響を振り返り、とりわけアユについて影響を軽減する方策を提案する。

## 2. 現状と方法

河口堰建設前後には、生物へのさまざまな影響が指摘、検討、調査された。経済的価値の小さな生物についても議論されたが、水産資源として重要なアユとサツキマスは別格であった。生活史の中で両者が両側性回遊魚であることも強く影響している。ともに川で産卵孵化して海に降って成長し、川に遡上する。サツキマスは降下時10 cmを超えており、海で成長し40 cmくらいになって遡上する。一方、アユは孵化してすぐに海に下り、数ヶ月後に5 cmほどの稚魚として遡上する。アユ仔魚は淡水よりも塩水での生存率が高く、孵化後5～8日程度で餌の豊富な海に達する必要がある。

河口堰運用後は、浚渫して深くなった長良川下流域に塩水が侵入するのを防止するために堰上流側の水位を常に海水面より高く維持している。河口堰運用後の堰上流側には以前より湛水量が大きくなった細長い淡水湖が出現し、滞留時間が長くなった。そのため、アユ仔魚の降下に要する日数が伸び消耗が大きくなったとの指摘がある。オランダのハーリングフリート堰では汽水域生態系を回復させるために塩水被害が及ばない範囲で部分開門の操作が行われているが、長良川河口堰では

開門は実現していない。そこで、地理的条件の検討と水位観測データをもとに、長良川成戸から木曾川成戸への放水路をつくり、必要に応じて長良川から木曾川に放水するなど、生物が迅速に両側回遊できる提案を作成した。



図. 長良川からの放水路(a), (b)設置提案

## 3. 結果

成戸と油島で長良川の水位が木曾川、揖斐川より高く管理されており、実現可能性を確認した。

## 4. 考察

実施には漁業権を根拠にする利害の調整、建設事業費、操作の調整が課題となるが、効果の検証により部分開門操作への道が開かれ、木曾三川生態系を改善する一助となることを期待する。

## 1. はじめに

双翅目ケヨソイカ科 (Insecta: Diptera, CHAOBORINAE) は、幼虫期に湖沼やため池、水田のようなあらゆる水域に生息し、日本ではフサカ (幼虫) と呼ばれている。フサカは、高密度で出現すること (約 2,000-130,000 ind. m<sup>-2</sup>) が知られており、湖沼生態系に多大な影響を与える (Gosselin & Hare 2003)。フサカはミジンコ類を捕食する待ち伏せ型捕食者であり、魚類と共存する生息域では明瞭な日周鉛直移動を示す (Nagano et al. 2015)。またフサカの大顎は堆積物中で遺骸として残存しやすく、種判別可能なパーツであるために、古環境の環境指標種となりうることが報告されている (Sweetman & Smol 2006)。フサカは種によって魚類と共存可能であるかが異なるため、湖沼の魚類動態の復元に貢献すると考えられている。このようにフサカは水域生態系にとって重要な分類群でありながら、日本における分布については、ほとんど明らかにされてこなかった。そこで本研究は、日本におけるフサカの地理的構造を知ることを目的とした。まず本発表では、文献調査と採集調査によって得られたフサカの国内分布を明らかにし、現在までに解析が済んでいる DNA 分析結果について報告する。

## 2. 材料と方法

日本におけるフサカの分布を明らかにするために、文献調査と採集調査を行った。文献調査: 論文、報告書、書籍による *Chaoborus* 属の記載を基に、地図上にプロットした。また学会発表の要旨や個人 HP も調査対象とした。採集調査: フサカの採集は、2017年10月に男沼 (山形) と深見池 (長野) で行った。採集した幼虫は、研究室で蛹化・羽化させ図鑑 (Sæther 2002) を基に形態分析を行った。また DNA 分析のため、研究室にて脚をエタノールにて固定した。DNA 抽出後、LCO1490 と HCO2198 をプライマーとしてシークエンスを行い 400bp ほどの配列を明らかにし、Blast search から相同性を調べた。男沼で得られたサンプルについては、環境 DNA 分析

のために水 1 L をステリベクスでろ過し、メタバーコーディング解析を行った。

## 3. 結果

日本に *Chaoborus* 属が生息する湖沼は 53 存在することがわかった。新潟県や長野県に集中した分布がみられるが、北海道、四国、九州まで全国的にみられることがわかった。生息する *Chaoborus* 属は、4 種 (*C. crystallinus*, *C. pallidus*, *C. albipes*, *C. flavicans*) であることがわかった。最近 *C. flavicans* の新種として、Salmela Härmä & Taylor (2023) は愛媛のため池から *C. posio* を報告したため、これを新たに加えると 5 種となる。DNA 分析においては、男沼個体の脚からは *C. punctipennis* と 85% の相同性を得た。環境 DNA 分析では、*Chaoboridae* sp. (Accession MF709383) と 100% の相同性を得た。深見池個体は、脚から *C. flavicans* と 92% の相同性を得た。男沼個体群は、形態から *C. flavicans* に似ているが、幼虫後腹部第 4 節に突起がないこと、labral blade も形状が異なることなど、複数の形態的相違から、総合的に判断して種判別に至らなかった。

## 4. 考察

*C. flavicans* は本属のなかでもっともよく知られた種で、全北区の成層するような湖沼や浅い一次的な水域にも出現する。ところが、最近になって新種や雑種の報告があり、*C. flavicans* の整理がなされるようになってきた。文献調査による分布調査では、ほとんど種同定がなされておらず、自然環境保全基礎調査 (1987, 1993) からほとんどであるため、得られたデータはかなり限定的と言ってよい。今後地理的構造を知るためには野外調査と標本の DNA 解析をする必要がある。

謝辞: 本研究の遂行にあたり北海道大学 鈴木 利治先生と研究室の学生に DNA 抽出など多大なる協力を頂いた。

# 霞ヶ浦における過去と現在の生物現存量の比較

\*長濱祐美, 大内孝雄, 福田聡 (茨城県・霞ヶ浦環科セ),  
福島武彦 (筑波大)

## 1. はじめに

茨城県南部に位置する霞ヶ浦 (霞ヶ浦 (西浦) と北浦, 常陸利根川を含む) では, 湖岸植生の減少 (西廣, 2012) や, 底生動物の減少 (中里ら, 2005), ワカサギ等水産有用種の減少ならびに外来魚種の増加 (富永ら, 2013) などが指摘されていることから, 生態系構造の変化が伺える。一方で, 湖内の現存量については, 安野ら(1984) が霞ヶ浦北部の湾である高浜入で整理した後, 近年のものは見当たらない。また, 霞ヶ浦全域を整理したものもない。そこで, 安野ら(1984) を参考に, 1980年代 (過去), 2010年以降 (現在) のデータを収集し, 霞ヶ浦全域の生物現存量を概算することで, 霞ヶ浦における過去と現在の比較検討を試みた。

## 2. 材料と方法

検討対象は, 懸濁態物質・溶存態物質・水生植物・底生生物・魚類とし, すべてを単位面積当たりの炭素量 (g-Carbon m<sup>2</sup>) で整理した。懸濁態物質は, 植物プランクトンと動物プランクトンを, 溶存態物質は, ピコプランクトンやバクテリアを想定して検討に含めた。算出に用いた計算式およびそれぞれの値,

年代と出典を Table 1 に示す。なお, 水生植物については 1980年代のデータが入手できなかったため, 1992年の値を用いた。水生植物現存量は, 生育する植物すべてをヨシと仮定して算出した。また, 過去の魚類現存量については, 春日 (1979) の文章中より各月の現存量を抽出して算出した。現在の魚類現存量は定置網での採取データを用い, 1979年の現存量 (1.26 g-wet m<sup>-2</sup>) (春日, 1981) と, 1987年現存量 (2.4 kg net<sup>-1</sup>) (富永ら, 2013) の比率を用いて, 面積あたり現存量に換算して示した。

## 3. 結果

検討対象のデータをそれぞれ比較したところ, 懸濁態物質, 水生植物および底生動物の現存量が減少し, 溶存態物質および魚類が増加していた。また, 現存量全体は減少し, 相対的に生物現存量における溶存態有機物と魚類の割合が高まっていた。今後は知見をさらに集積して数値の確度を向上させるとともに, フラックスについても知見を集め, 霞ヶ浦における炭素フローを明らかにする。

Table 1 算出に用いた数字とその出典

	計算式	過去				現在			
		数値	単位	年代	出典 (情報)	数値	単位	年代	出典 (情報)
懸濁態物質	POC × 平均水深4m	POC : 3.5	mg L <sup>-1</sup>	1978年度	霞ヶ浦DB (湖心, N=12)	POC : 1.6	mg L <sup>-1</sup>	2022年度	霞ヶ浦DB (湖心, N=12)
溶存態物質	DOC × 平均水深4m	DOC : 2.5	mg L <sup>-1</sup>	1988年度	霞ヶ浦DB (湖心, N=12)	DOC : 3.2	mg L <sup>-1</sup>	2022年度	霞ヶ浦DB (湖心, N=12)
水生植物	植生面積 × 生育密度 × 乾燥重量 × 炭素含有率/湖面積	植生面積 : 295.1	ha	1992年	西廣ら, 2012 (西浦)	植生面積 : 177.0	ha	2022年	水資源機構, 2023 (西浦)
		生育密度 : 52	本 m <sup>-2</sup>		田中ら, 2002	生育密度 :	同左		
		乾燥重量 : 13.2	g-dry 本 <sup>-1</sup>		原田ら, 2005 (H200cm, W0.6cmと想定して算出)	乾燥重量 :	同左		
		炭素含有率 : 0.47	g-Carbon g-dry <sup>-1</sup>		原田ら, 2005	炭素含有率 :	同左		
底生動物	現存量 × 乾燥重量 × 炭素含有率	現存量 : 14,044	g-wet m <sup>-2</sup>	1982年度	霞ヶ浦DB (湖心, N=17)	現存量 : 2,147	g-wet m <sup>-2</sup>	2021年度	霞ヶ浦DB (湖心, N=12)
		乾燥重量 : 0.2	g-dry g-wet <sup>-1</sup>		岩熊ら, 1984 (ユスリカ3種の平均値)	乾燥重量 :	同左		
		炭素含有率 : 0.5	g-Carbon g-dry <sup>-1</sup>		岩熊ら, 1984 (ユスリカ3種の平均値)	炭素含有率 :	同左		
魚類	現存量 × 乾燥重量 × 炭素含有率	現存量 : 1.3	g-wet m <sup>-2</sup>	1977~79年	春日, 1979	現存量 : 21.4	g-wet net <sup>-1</sup>	2021年度	霞ヶ浦DB (湖心, N=6)
		乾燥重量 : 0.2	g-dry g-wet <sup>-1</sup>		春日, 1979	定置網と現存量の比 : 1.9	乾燥重量 :	同左	
		炭素含有率 : 0.5	g-Carbon g-dry <sup>-1</sup>		上野ら, 2012 (ミナミトビハゼの3季節調査の平均値)	炭素含有率 :	同左		

※霞ヶ浦 DB とは, 国立環境研究所 (2016) 霞ヶ浦データベース, 国立環境研究所. <https://db.cger.nies.go.jp/gem/inter/GEMS/database/kasumi/index.html> (2023年9月1日閲覧) を示す。

## 1. はじめに

食物連鎖を通じた河川と河畔との相互作用は良く知られており、両者一体的な環境保全の根拠になっている。例えば、森林河川では水生昆虫や落葉を通して物質移送が生じ、魚類や鳥類がその影響を季節的に受けて生息している。河川規模が大きいより下流の扇状地河川においても、人為起源の水質変化などの影響も受けながら礫河原と河川は食物網で相互作用している。一方で、河川内には地下水が河床面（間隙水域）から湧出する箇所があり、その生態学的重要性はサケの産卵床選択や物質循環の観点から多くの知見がある。しかしながら、地下水が河川水を通して河畔へどのように関連しているのかについては知見が極めて限られている。本研究は、扇状地都市河川において、河床面から湧出する地下水が河川や河畔に及ぼす波及効果を明らかにすることを目的とした。

## 2. 材料と方法

北海道札幌市を流れる一級河川石狩川支流である豊平川（流路延長は 72.5km、流域面積は 902.3km<sup>2</sup>）の扇状地に位置する約 3 キロの区間を対象にして 2014–2017 年に調査を行った。河川水の存在および水生生物への影響を把握するため、区間内 50 m 毎に、河川（表面）水と河床間隙水（20 cm 河床深）を同一箇所にて採取し、その電気伝導度差を地下水の存在指標（地下水指標）とした。また、同一箇所にて底生動物（カゲロウ目水生昆虫など）および付着藻類を採取した。地下水の水生生物への影響は窒素安定同位体比を用いて検出した。この結果に基づき、250m 長の集中調査区間（地下水区、非地下水区）を設定し、水質（水安定同位体比を含む）測定、河川の底生動物群集や付着藻類、および河畔植物や節足動物群集を採取した。さらに、動物個体数計数や動植物試料の窒素・炭素安定同位体比測定を行った。

## 3. 結果

地下水指標の高さ（間隙域での高い電気伝導度）と底生動物や付着藻類の窒素安定同位体比の間に正の関係がみられた。地下水指標の高い地下水区においては、流域低標高由来の水安定同位体比シグナルを有し硝酸態窒素濃度が高い地下水が確認された。地下水区の河川・河畔生物は非地下水区に比して有意に高い窒素安定同位体比を示した。さらに、地下水区では付着藻類現存量、水生昆虫幼虫の個体数、および河畔での節足動物数が有意に高かった。また、河畔消費者（オサムシ科甲虫）に対して推定した、水域由来と河畔由来資源の餌資源の相対的寄与率から、地下水区では河川由来の餌資源量が相対的に高い傾向が示された。

## 4. 考察

本研究から、地下水が河畔動植物に対して、河川性資源に強く依存する食物網のボトムアップ効果を介して影響を与えることが示唆された。地下水から河畔への波及が生じる一例を示した点で河川生態系の理解に資する重要な知見である。人為起源の窒素は一般的に高い窒素安定同位体比を示すこと、地下水が汚濁を示す高い硝酸態窒素濃度（ $\sim 7\text{mg/L}$ ）を示したことから、対象とした地下水はその水文的な循環経路で人為的な影響を受けていることが推察された。豊平川流域では、比較的低標高の地域に人口が密集しているため、流域南東部の低標高地域が起源と推定される地下水が人為的汚濁の影響を強く受けているという説明が可能である。汚濁地下水の影響は対象とした分類群の生産性の観点からは正の影響としてとらえられるが、地下水の汚濁が更に進めば、この応答は負に変化する可能性もある。また、河床に産卵するサケ科魚類などがこの地下水の影響をどのように受けるのかを今後明らかにする必要がある。河川環境管理上、地下水への配慮も必要である。



## 1. はじめに

*Microcystis* 属の藍藻は毒素(Microcystin, 以下 MC と略す)を生産することや悪臭などの問題で世界中の多くの湖沼及びダム湖などの水源に悪影響を誘発するため、抑制することが必要とされている (Watanabe et al.,1996).藍藻の抑制方法として物理学的,化学的及び生物学的制御などが挙げられる (朴, 2020).現在実施されている多くの制御の方法は藍藻細胞内の MC が処理過程中に細胞外に放出されることや処理に用いた制御剤の残存が二次汚染の原因となることが問題になっている (朴, 2020) .

藍藻は細胞内にガス胞という構造を持っており、このガス胞を用いて鉛直移動をおこなうことで水面に浮かぶことができる(Reynolds, 1989).この現象を活用し,水を攪乱させることでガス胞の優位性を失わせることで、ブルームの優占種が藍藻から珪藻や緑藻へ遷移していくという制御方法が報告されている (Huisman et al., 2004).

藍藻のガス胞による鉛直移動を阻害することで有光層中の藍藻を無光層に沈める事が低コストで有毒藍藻の制御方法として考えられる.本研究では、低周波振動装置を用いてガス胞に影響を及ぼし、藍藻を抑制するメカニズムと藍藻を抑制の最適な条件を見出すことを目的とする.

## 2. 材料と方法

藍藻の制御実験にはアクリルチャンバー(320×180×150mm)の中に 6L の培養した *Microcystis aeruginosa* (NIES3349株)の懸濁液を入れて行った.培地には MA 培地 (市村, 1979) を用いた.

低周波振動装置は,市販の振動スピーカー (4Ω 25W と 8Ω 20W, Atyhao Salinr) 及び水中スピーカー (高さ 26 mm, UTX-40, UETAX) に低周波発振器 (1~20Hz) を接続したものをを用いた. *Microcystis* の制御を表す計測項目は培地の吸光度を計測することで簡便方法により Chlorophyll a (以下 Chl.a) 及び Phycocyanin (以下 PC) をモニタリングした.分光光度計 (405nm) で測定し,細胞濁度の指標とした. Chl.

a 及び PC は Arnon(1974)の式を一部改変して測定した.

## 3. 結果と考察

振動スピーカーを用いた藍藻制御実験では藍藻の成長が対照区 (下部攪拌) と同様に増加を示しており振動スピーカーを実験容器の下に設置した場合では全く成長阻害を示さなかった.しかしアクリルチャンバー内に水中スピーカーを設置して振動発振器の周波数を 2.5, 5.4, 10.8Hz と変化させた実験では 4 日目以降から対照区 (下部攪拌) と堅調な藍藻の成長阻害を示し 9 日目までに藍藻を抑制することが確認された (図 1).

以上の実験より水中スピーカーを連結した低周波発生装置の周波数が 10Hz 以下であれば藍藻の成長を抑制することが示唆された. さらにこの低周波振動装置は藍藻の細胞膜を破壊せずにガス胞の仕切り膜を壊すことが確認されており、水中への毒素 MC の流出を抑えることが可能な制御方法であり、今後有毒アオコの発生しているため池やダム湖への実験を計画している.

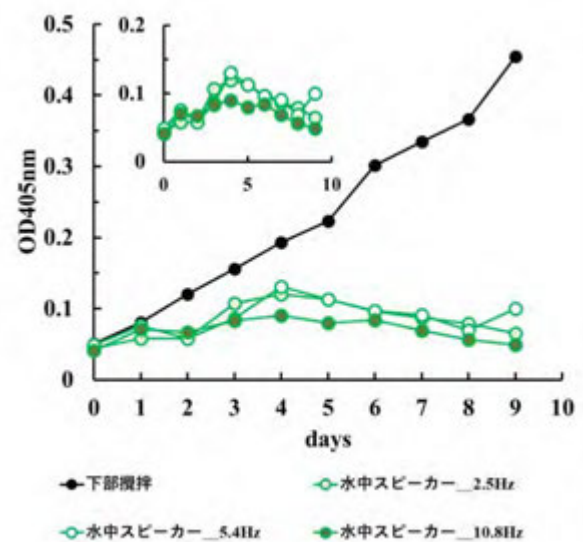


図 1. *Microcystis aeruginosa* (NIES3349 株) の低周波振動に対する成長抑制実験



## 1. はじめに

河川水生昆虫の若齢期は人為的・非人為的な環境ストレスの影響を受けやすいと考えられるが、飼育法が確立されていないことが多く、若齢期におけるそれらの影響は詳細に評価されていない。発表者らは、コガタシマトビケラ（以下、コガタ）の1齢幼虫を高い生存率で1週間飼育することができる手法を開発し、一時的な化学物質の曝露後に遅れて現れる毒性影響を評価することに成功した。本研究では、水生昆虫若齢期の生態研究や化学物質の影響評価の高度化に資するために、コガタ若齢期飼育法について、飼育期間を2週間に延長するとともに、他種のシマトビケラ科幼虫への適用可能性を検討した。

## 2. 材料と方法

飼育容器：50 mL プラスチック遠沈管と 40  $\mu$ m メッシュのセルストレーナーを加工し、若齢幼虫用の飼育容器を作成した。

卵塊の採集：2023年7月11日に、茨城県石岡市を流れる小桜川（卵塊 A）、川又川（卵塊 B）および栃木県真岡市を流れる小貝川（卵塊 C, D, E）において、河床の礫表面の卵塊をヘラで掻き取り、河川水の入ったプラスチック遠沈管に別々に入れ、実験室に持ち帰った。

飼育条件：採取した卵塊は、10 mL/ウェルの河川水が入った6穴ディッシュに、1卵塊/ウェルずつ投入し、室温 24.5°C の恒温室でふ化するまで緩やかに攪拌しながら蓄養した。ふ化当日に、1齢幼虫 10 個体を前述の飼育容器に入れ、上水を脱塩素した飼育水（24.5°C）を 120~180 mL/分で掛け流し、テトラフィン粉末（5~10 mg/容器）および ZM-feed 粉末（10~20 mg/容器）を 3 日に 1 回給餌した。1卵塊につき 3 反復の飼育を行った。比較対象として、コガタの室内飼育系統（卵塊 F）を用いて同様の飼育を行った。

ふ化幼虫の頭部形態の観察：飼育に用いなかったふ化幼虫は 80% エタノールで固定し、頭部の形態を

光学顕微鏡で観察した。

生存率評価：飼育 2 週間後に飼育容器を開封し、実体顕微鏡下で生存幼虫数を記録した。幼虫の死骸は回収し齢期を判定した。なお、生存幼虫は、種の同定が可能な齢期に成長するまで飼育を継続した。

## 3. 結果と考察

ふ化幼虫の頭部形態：卵塊 A および D のふ化幼虫の頭楯板前縁部に小さな 1 対の突起が観察された。その他の卵塊のふ化幼虫は、コガタ 1 齢の頭部形態と大きな差はなかった。

2 週間後の生存率：卵塊 B、E、F のふ化幼虫は 2 週間で全て死亡した。卵塊 A、C、D の平均生存率は各々 46.7、13.3、40.0 % だった。飼育 2 週間後の最高齢期は 2 齢であった。生存幼虫の継続飼育の条件は前述とほぼ同じだが、給餌頻度を 2 日に 1 回とし、補助餌として培養した藻類懸濁液やブラインシユリンプを適量与えた。その結果、卵塊 A と D はウルマーシマトビケラ、卵塊 C はエチゴシマトビケラであることが判明した。

全滅した卵塊 B、E やコガタ室内系統（卵塊 F）では、死骸の状況から 2 齢への脱皮期に死亡していたと推測された。この時期の餌環境の改善が生存率向上につながると仮定して、コガタ室内系統を用いた追加の飼育実験（給餌頻度：1 回/2 日、5 反復）を実施した。その結果、2 週間後の生存率は 50% に改善した。また、期間中の最高齢期は 4 齢で、給餌頻度：1 回/3 日の飼育に比べ成長が早かった。

以上の結果から、今回検討した飼育法は、コガタと生息環境が重複するシマトビケラ科の若齢幼虫を飼育可能であることが示唆された。種によって最適の給餌条件を検討することにより、更なる生存率の向上が期待される。

本研究は JSPS 科研費 JP22K12409 の助成を受けたものです。

\*後藤益滋（株式会社リクチコンサルタント）、川崎真由美（株式会社リクチコンサルタント）  
小室隆（関東学院大学）

## 1. はじめに

環境 DNA 分析では、一般的にシリンダー型のステリベクスフィルター（メルク社製）もしくは GFF グラスファイバーフィルター（Cytiba 社製）でのろ過が一般的であり、前者のステリベクスフィルターは、ろ過径が  $0.22\mu\text{m}$  とポアサイズが小さいため、微量の環境 DNA を捕捉するためには非常に有効である上にシリンダー型のハウジングで覆われているために移動の際の保存に有利である。

水試料は、採取したのち直ちにろ過、保存が不可能な場合は陽イオン界面活性剤である塩化ベンザルコニウム水溶液（市販名：オスバン）を試料へ十分に混和したのちに持ち帰り、ろ過、DNA 抽出といった順序が一般的である。しかしながら、塩化ベンザルコニウム水溶液を混和したサンプルをステリベクスフィルターでろ過した際のサンプルから抽出した試料からは PCR が掛からない、または掛かりが悪いといった症状が散見されたことから、その検証と対策についての検討を行った。

## 2. 材料と方法

検証試験として、山口県山口市を流域とする榎野川中流の水試料を 1000mL、500mL 及び 250mL の 3 パターンで 3 回繰返し採取を行い、終濃度を 0.01% となるようオスバンを添加したものと添加しないものとに区別して DNA 抽出を行った。

なお、オスバン添加を行わないサンプルへの影響を考慮し、採水地点は実験室より 5 分以内で移動可能な場所とした。ろ過は、従来どおりにステリベクスフィルター  $0.22\mu\text{m}$  でろ過を行い、そのまま抽出するケースとろ過後にろ過量分の超純水でろ過したケースの 2 パターンで行った。また、抽出試薬は Qiagen 社製の Blood & Tissue Kit 及びカネカ社製の簡易抽出キットの 2 種類で実施した。抽出方法

は、Qiagen 社製が環境 DNA 調査・実験マニュアルに従い、カネカ社製は、キット付属のプロトコールに従った。PCR に使用したプライマーは、魚類のメタバーコーディング解析用に使用する MiFish U Primer とした。PCR 後の産物は、精製を掛けずに、TapeStation4150 を用いて目的の増幅断片の確認を行った。

## 3. 結果

抽出キットによる比較では、Qiagen 社製のキットを使用した中で塩化ベンザルコニウム水溶液入りの 500mL 及び 250mL のサンプルからは MiFish U の目的断片を検出することができなかった。また、1000mL の試料は、1/3 の検出割合であった。カネカの簡易抽出キットは、250mL を除くと塩化ベンザルコニウム水溶液の添加の有無に関係なく、目的断片が検出できた。ただし、Qiagen 社製のキットは、精製工程を含むため、収量の調整ができるのに対して、簡易抽出キットはその調整がきかないため、ばらつきが大きかった。また、超純水でろ過したサンプルは、Qiagen 社製のキットでも目的断片が確認された。

## 4. 考察

ステリベクスは、構造上排出口となるオス口付近が狭窄している。ろ過によってろ材に目詰まりが進行すると内部に溜まった水が抜けにくくなることが想定され、塩化ベンザルコニウムが含まれる試水が残存していた可能性が示唆された。

このことから、ろ過後に超純水などで内部を洗浄し、なるべくして塩化ベンザルコニウムが残存しない状態にしておくことや、カネカ社製のキットの様なアルカリ抽出法によって、影響を低減させることが有効な手段であることが判った。

\*河野 忠 (立正大・地球環境科学部), 松田真歩 (東京ガスネットワーク)

1. はじめに

一般的に葉に付着する露には2種類あるとされており、一つは放射冷却、もう一つは溢泌現象によるものである。この朝露を使用した書道関係者の習慣として旧暦の七夕(実際は新暦の8月4日前後)に行われる「硯洗い」が存在し、朝露で硯を洗いその水で習字をすると字がうまくなると伝えられている。一方、市川(1955)や篠原(2013)によると、墨を磨る際に好ましい水は、炭素が膠に包まれた保護コロイドが水中で分離を起さず安定している蒸留水であるとされている。そこで、本研究は「硯洗い」のような生活習慣に科学的根拠が存在するかを確認するために、8月4日前後における朝露の水質を観測し、降水に含まれる塩化物イオンを用いて濃縮率を算出し、日毎の蒸発散量との関係を明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

朝露は、2022年7月1日~2022年8月15日にかけて、埼玉県行田市にある「古代蓮の里」において行田蓮(古代蓮)を対象として採取を行った。「硯洗い」の習慣は本来朝顔の朝露を用いていたが、採水量が少なく分析に用いることが出来なかったため、サトイモやハスの朝露でも代用されていたことから古代ハスを選択した。朝露は晴れている日の朝、午前6時前後にスポイトにより葉の上から採取し、pHを計測した。その後20mlのポリ瓶にサンプリングをした。サンプルは研究室に持ち帰り、ECを計測したのち、イオンクロマトにより主要溶存成分を分析した。降水は立正大学三号館屋上に設置してある蒸発防止装置を取り付けた降水採取装置から採取を行った。降水の水量を計測後、pHとECを計測し、20mlのポリ瓶にサンプリングした。その後雨量換算を行い、立正大学の気象観測所データとの整合性を確認した。蒸発散量はペンマン法を用いた。

3. 結果と考察

朝露の水質は日変化がとても大きく、無降水日が続くとECが高くなった。また、8月1日~8月6日

までは好天にもかかわらず連続してECが低く、溶存成分の値が小さかった。日毎の蒸発散位は約2~9mm/dの間で変化していた。蒸発散位と濃縮率より葉からの蒸発はあまり生じていないことが判明した。したがって朝露の大半は放射冷却によって冷やされた大気中の水蒸気であると考えられる。

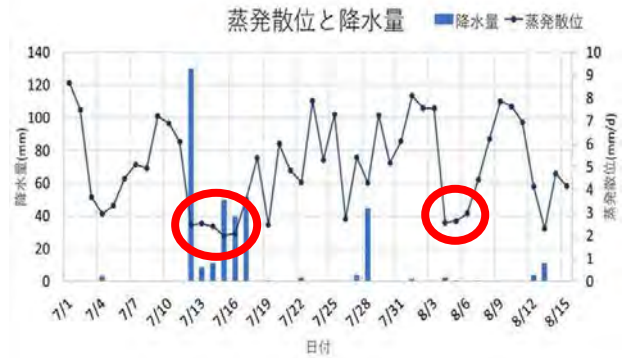


図1 蒸発散位と降水量

また、降水と朝露に含まれる塩化物イオン濃度より濃縮率を算出したところ10前後となった。特筆すべきは、8月4日前後は日中と夜間との気温差が大きくなっており、放射冷却が強いことから採取量が増加したことである。それに伴い朝露は蒸留水に近い水質となった。基本的に降水量が多い日の後では採取量も多くなるが、8月4日前後では例外的に降雨がなくても採水量が増加することが分かった。

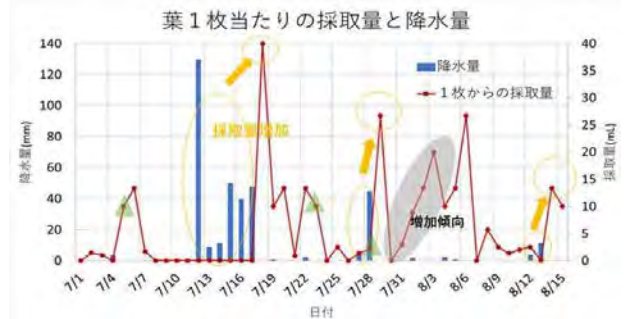


図2 葉1枚当たりの採取量と降水量

8月4日前後に水質が変化した理由は、8月上旬は安定した夏の天気が続きやすく朝露の発生条件が揃いやすい日となり、採取量が増加する為であると考えられる。



## 1. はじめに

次世代を担う科学技術系人材の育成が急務であり、理数探究活動への生徒の意識を調べ、必要に応じて教育内容の変容をもたらすことが必要である。そのためアンケートを行い、中学入学生徒の意識変化、中学から高校へ進学した同じ集団の意識の変化、因子分析に基づく中学と高校の探究活動に関する意識について調べた。

## 2. 材料と方法

附属 T 中学校及び、高校 T 校舎において、2022 年 9 月～10 月に全校のアンケート調査（図 1）を行った。アンケートはスキャネットのマークシート用紙を用いた。中高それぞれ 409 名、447 名、計 856 名から回答が得られた。

質問は、回答者の属性の他以下の通りであった。Q1. 数学の勉強は、難しいと思う。Q2. 数学の勉強は、自分のためになると思う。Q3. 英語の勉強は、難しいと思う。Q4. 英語の勉強は、自分のためになると思う。Q5. 理科の勉強は、難しいと思う。Q6. 理科の勉強は、自分のためになると思う。Q7. 理数系の課題を探究する活動は、難しいと思う。Q8. 理数系の課題を探究する活動は、自分のためになると思う。Q9. テストで成果がわかる勉強は、楽しい。Q10. 用語や公式を暗記すればよい勉強は、楽しい。Q11. 答えのわからない課題を解決する勉強は、楽しい。Q12. ディスカッションをしながらの勉強は、楽しい。Q13. 実験結果をまとめるような勉強は、楽しい。Q14. テストの後で正解を教えてもらえないと、不安を感じる。Q15. 正解がないかもしれない課題に挑戦するのは、不安を感じる。Q16. 数式や図形について探究する活動には、興味が持てる。Q17. 化学変化や物体の運動について探究する活動には、興味が持てそうだ。Q18. 生き物について探究する活動には、興味が持てそうだ。Q19. 空や星について探究する活動には、興味が持てそうだ。Q20. 水や地球環境について探究する活動には、興味が持てそうだ。Q21. 地域で起きていることについて探究する活動には、興味が持てそうだ。Q22. 物作りにつ

いて探究する活動には、興味が持てそうだ。

2019 年に同様の方法で調査を行っていたため、①「3 年前の中学生と本年度の中学生の比較」を行うとともに、②「3 年前の中学生が高校生になった 3 年後追跡調査」を行った。

## 3. 結果と考察

### 同一集団の学年進行に伴う意識変化

各項目について、2019 年の中学生の平均値と 2022 年の高校生の平均値を算出し、2019 年の中学生の集団が 3 年経ちに高校進学した後に、意識がどう変化したか調べた（図 3）。Q4 より、英語がためになるという意識は中高で変化せず高いままであった。Q3、Q5 より、英語と理科が難しいという意識が増加している。Q14（正解を知りたい）、Q15（正解がないと不安）が増加しているのは課題であるが、調査校特有の問題であるか、普遍的に見られることかはわからない。Q25 より、高校になって自身を理系と考える生徒が増加していたが、これは、同校で行っている科学探究プログラムの成果かも知れない。

### 因子分析

中学、高校を分けて、バリマックス回転を用いて因子分析を行った。中学生と高校生では、2019 年も 2022 年も変わらず、Q1（数学が難しい）、Q5（理科が難しい）、Q7（理数の探究活動が難しい）の相関が高いいっぽう、Q2（数学はためになる）、Q6（理科はためになる）、Q8（理数の探究活動はためになる）の相関も高くなった。難しいが、ためになるという意識をもって取り組んでいると考えられる。

具体的な興味に関しては、Q20（水や地球環境）、Q21（地域で起きていること）の負荷が共通し、ミクロな環境とマクロの環境への興味を共通して持っていることがわかった。

### 【謝辞】

アンケート実施にあたり、ご協力いただいた現場の先生方に感謝いたします。

本研究は JSPS 科学研究費 19K03142 の助成を受けています。

産卵環境が固有種“ビワマス”へ与える影響

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）・熊谷道夫（びわ湖トラスト）

1. はじめに

いま世界では、温暖化など様々な環境変化が起こっている。そして琵琶湖においても環境変化が生物に与える影響が問題になっている。

私は琵琶湖の固有亜種であり、準絶滅危惧種とされるビワマスに着目し研究を行ってきたが、今回は産卵環境の悪化がビワマスの繁殖に影響を及ぼすという仮説を立て河川調査を行った。

●固有種ビワマス減少の要因と仮説



2. 材料と方法

産卵環境との関連を調べるために、調査は3ステップに分けて行うことにした。まずはじめに調査河川の絞り込みを行い、次にビワマスの遡上観察を行い、最後に遡上を阻む堰堤形状の調査をしました。そして収集データから、産卵環境とビワマスの関連性を確認した。

●調査ステップ



3. 結果

計 13 か所でビワマスを観測したが、そのうち生存個体は一体だった。また、中芹橋より上流ではビワマスを観測することができなかった。そのため中芹橋下の堰堤形状の計測を行い、ビワマスの遡上を阻む要因を考察した。

4. 考察

今回の研究では、産卵環境がビワマスに与える影響について調査を行った。

中芹橋より上流ではビワマスを観測することができなかったが、堰堤がビワマスの遡上を阻む明確な要因は特定できなかった。

また水温に注目すると、生存個体を観測した12月には、13.6度であったのに対し、それ以前の10月の観測では19.6度とビワマスの受精卵の生存が困難な水温になっていた。

よって、芹川においては、遡上時期によっては水温の高さが受精卵の生存に影響を与える可能性があることが分かった。

●考察1：遡上時期と河川温度①



今後は、さらにビワマスの遡上観察を行うとともに、ビワマスがより産卵しやすくなる条件を明確にしていきたい。

## オオカナダモの成長を抑える刺激とは

\*園田悠陽, 井上一輝, 森 海晴 (日田高校)

### 1. はじめに

オオカナダモ (*Egeria densa* Planch.) は南アメリカ原産で、日本では 1970 年代に琵琶湖で大繁殖して問題視されるようになった多年生の沈水植物である。日本に定着しているのは雄株のみであるため、種子繁殖せず、栄養生殖で分布を拡大しており、現在は本州、四国、九州、八丈島に分布している。私たちの住む日田市でも、市内を流れる庄手川での繁殖が問題となっており、2014 年以降定期的に駆除活動が行われている。私たちはオオカナダモの水流の有無に対する反応の違いを調べる実験を行い、どのような刺激が成長を抑制するのかを明らかにすることで、分布の拡大を抑える方法を見出すことを目指して実験を行った。

### 2. 材料と方法

オオカナダモの葉の先端を 5cm 切り、水流のあるビーカー A と水流のないビーカー B、C にそれぞれ入れて 11 日間観察し、その違いを調べた。実験の条件設定は以下の通りである。

共通条件：室温 24℃、光源 ON のインキュベーター内  
 ビーカー A：マグネティックスターラーを ON にして水流を作り、その中にオオカナダモを上から吊るして流れに漂うように配置した。

ビーカー B：マグネティックスターラーを ON にしているが攪拌子を入れないことで水流を作らず、その中にオオカナダモを上から吊るした。

ビーカー C：マグネティックスターラーを OFF にしたままで水流を作らず、その中にオオカナダモを上から吊るした。



図 1：実験の様子。左からビーカー A、B、C

### 3. 結果

当初はビーカー A と C のみで実験を行っており、その結果、以下のような結果になった。



図 3：実験初日のオオカナダモの様子  
 (左がビーカー A、右がビーカー C)



図 4：実験 7 日目のオオカナダモの様子  
 (左がビーカー A、右がビーカー C)

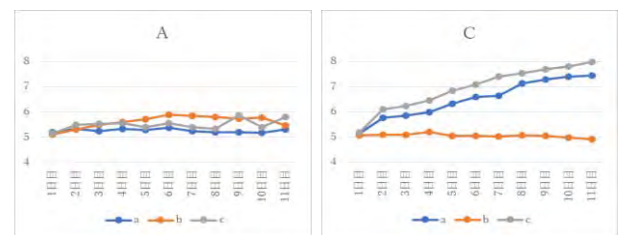


図 5：実験期間中のオオカナダモの草丈の推移  
 (左がビーカー A、右がビーカー C)

図 4、5 からわかるように水流のないビーカー C の中にあるオオカナダモの方が、草丈が大きくなっている。また、ビーカー C 中のオオカナダモの方が、不定根が長く、側芽が数多く出ていることが観察から明らかになった。

しかし、オオカナダモが絡みついて攪拌子が回っていないことがあったり、スターラーのモーターの影響で 4℃ 程度水温が異なっていたりしたため、水流の有無のみによる比較が正確にできるとは言い難い。そこで現在は、A～C のビーカーを用意して再度実験を行っている最中である。

### 4. 考察

- ・水流があると成長しにくいのではないかな。
- ・水温も影響を及ぼすのではないかな。

\*鳩石葉菜 \*御手洗初音 \*八木彩子 \*石田愛理  
(大分県立佐伯鶴城高等学校)

## 1. はじめに

本研究の目的は効率の良いジャガイモの栽培方法を調べることである。この実験を行い、種イモの特性や栽培方法を調べることで、今まで知らなかった身近なジャガイモについての知識を得ることができる。

そしてこの野菜作りで体験できる「植える・育てる・収穫する」の一連の作業は観察力やリサーチ力を高めるのに最適である。

また種イモの効率的な栽培方法を調べることは、SDGsの目標「飢餓をゼロに」に関して、飢餓に苦しんでいる人たちにより多くの食料を届けることにつながると考えた。

## 2. 材料と方法

〈準備〉

- ・重さ 10g、20g、40g、60g、80g のマークイン、男爵イモの種イモ
- ・光飽和点…30,000lux 明るい日陰で育つ。
- ・有機肥料（鶏糞）を混ぜた土
- ・10kg 用米袋（そこに5つ小さめの穴を開ける）

〈実験手順〉

- 1、袋の底に落ち葉を敷き詰め、土を入れて、5,5kg に調整する。
- 2、軽く掘って種イモを埋め、6,0kg まで土を足す。  
※切り口のある種イモは切り口を下に向ける。  
(マークイン5種・男爵イモ5種)
- 3、水やりをして経過を観察する。

## 3. 結果

マークイン	10g	芽が出なかった
	20g	9 個 (内 10g 以下 6 個) 最大 78.0g
	40g	14 個 (内 10g 以下 6 個) 最大 70.0g
	60g	7 個 (内 10g 以下 0 個) 最大 72.4g
	80g	11 個 (内 10g 以下 3 個) 最大 41.0g
男爵イモ	10g	13 個 (内 10g 以下 7 個) 最大 67.2g
	20g	17 個 (内 10g 以下 9 個) 最大 44.5g
	40g	芽が出なかった
	60g	11 個 (内 10g 以下 3 個) 最大 67.0g
	80g	9 個 (内 10g 以下 2 個) 最大 69.0g

マークインは種イモが 40g のとき、男爵イモは種イモが 20g のときが一番多く収穫できた。

## 4. 考察

種イモが 20g か 40g のときに収量が多くなると考えられる。

マークインは種イモが 10g のとき、男爵イモは種イモが 40g のときは、芽が出なかった。これは地中の生物による食害、または水分過多が原因だったと考えられる。

# 日本陸水学会第 87 回大分大会

## 協賛企業御芳名

公益財団法人 大分県環境管理協会  
<https://oita-kankyou.jp/>

公益社団法人大分県薬剤師会  
大分県薬剤師会検査センター  
<http://www.oitakensa.jp/>

環境システム株式会社  
<https://www.kankyou-system.co.jp/>

一般財団法人 九州環境管理協会  
<https://keea.or.jp/>

一般社団法人 クロックミクス  
<https://www.clockmics.com/>

JFE アドバンテック株式会社  
<https://www.jfe-advantech.co.jp/>



ご存じですか？ **大分県**の

人口の2割の生活排水は未処理となっています

汚水処理人口普及率は**80.5%** 全国ワースト**5**位（令和3年度末）

人口減少社会に見合った汚水処理計画が望まれる新時代

今、**浄化槽**の役割が期待されています

- 当協会では
- ▶ 既存単独処理浄化槽の削減
  - ▶ 浄化槽法定検査の受検率向上
  - ▶ 災害対策としての浄化槽の活用等



これらの課題に取り組み、大分県の水環境を守ります



県知事指定検査機関

公益財団法人 大分県環境管理協会



当協会の一員として活躍いただける職員を募集しています。詳細はこちら →

第4回

## 大分県 **浄化槽** 絵はがき コンテスト 作品募集

テーマ 「大分県の水環境と浄化槽（じょうかそう）」

「浄化槽の大切さ」や「浄化槽の維持管理（保守点検・清掃・法定検査）」など浄化槽をテーマとした絵はがきを募集します。

※絵もしくは文字が浄化槽（じょうかそう）に関する内容であることが条件となります。

募集期間 **2024年1月12日**（金）まで（当日消印有効）

発表 2024年2月1日（木）

入選 最優秀賞/大分県環境管理協会理事長賞/大分県生活環境部長賞/  
大分県浄化槽普及促進協議会長賞 ほか多数

**入選者には副賞として金券（3万円～2千円相当）を贈呈**

詳しくはウェブサイトをご覧ください →



主催 公益財団法人 大分県環境管理協会  
共催 大分県・大分県浄化槽普及促進協議会





徹底した精度管理と

質の高い検査技術で

安全・安心な社会づくりに貢献します

10月14日(土)15日(日)

ホルトホール エントランスにて無料配布いたします



大分県内の飲用泉のスポット  
や魅力を紹介。飲用するうえ  
で守るべき注意や施設の管理  
等飲泉に関する情報を掲載。

2017年9月発刊。

公益社団法人大分県薬剤師会 検査センター

【お問い合わせ】

大分市豊饒二丁目11番3号

TEL:097-544-4400 FAX:097-546-8190

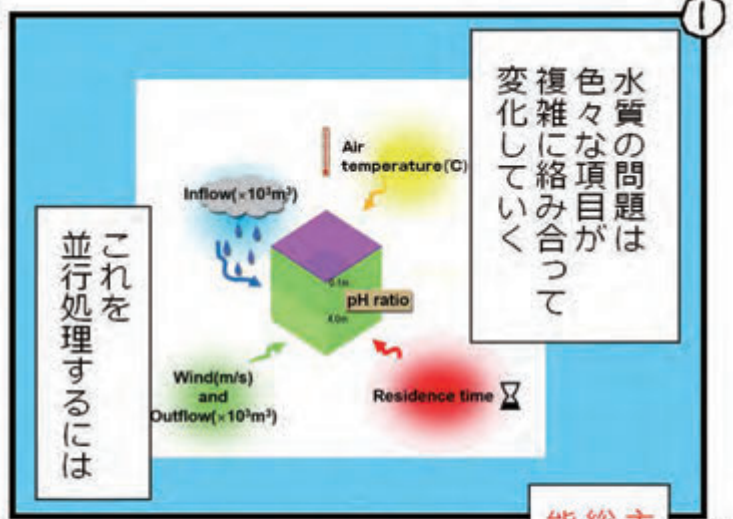
MAIL:[soumu@oitakensa.jp](mailto:soumu@oitakensa.jp)

<http://www.oitakensa.jp/>





# 出来るハウスキーパー 編



サブスク × AquaTROLL700 で始める PPDAC サイクル式水質問題解決のおすすめ

原因調査やデータ収集は、一気に多項目水質計でビックデータを収集！！  
原因がわかれば、メンテナンスや保守管理費用に有利なシンプルな計測項目に

Problem	現在の漁場水質に関する問題ごと
Plan	たくさんの水質項目が同時に計測できる
Data	
Analysis	問題がわかれば最小化した項目でも維持管理
Conclusion	

高価な多項目センサーを「サブスク」で安価に使って結果を出しましょう



さらに新しい情報は・・・  
[hydrolab.co.jp](http://hydrolab.co.jp)

環境システム株式会社

〒660-0083  
兵庫県尼崎市道意町 7-1-3 ARIC512 号  
電話 06-6657-5130  
FAX 06-6657-5131

～地球を知り、未来につなぐ。～

わたしたちは、環境のスペシャリストとして  
公正、中立な立場で最良のサービスを提供することで、  
持続可能な未来社会の創造に貢献します。

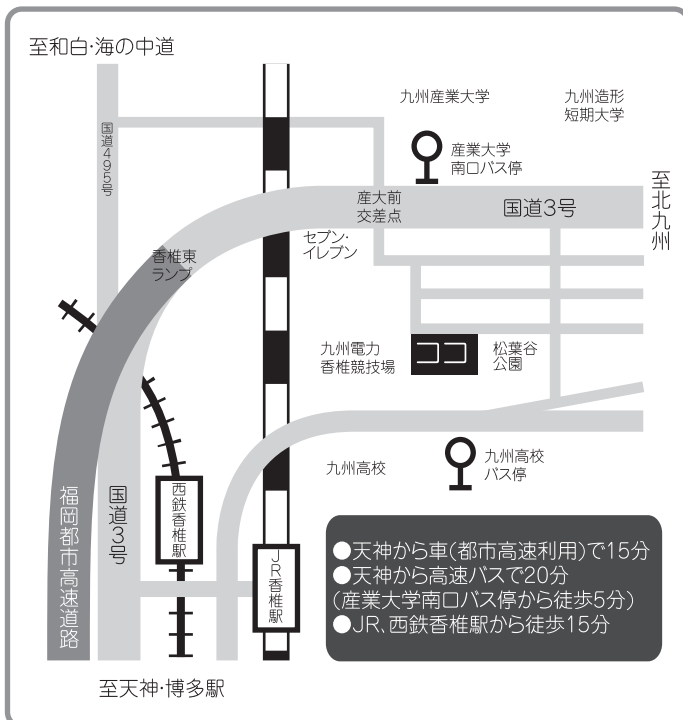
環境調査	大気質調査 騒音・振動・交通量調査 水質・底質調査 悪臭調査 土壌汚染調査 廃棄物調査 環境放射能調査 地下水流動調査 アスベスト調査 等
生物調査	植物・植生調査 哺乳類・爬虫類・両生類調査 鳥類・猛禽類調査 昆虫調査 魚類調査 プランクトン調査 底生動物調査 DNA分析 耳石分析 生物毒性試験 等
分析試験	環境水・排水・飲料水・温泉水分析 底質・土壌分析 廃棄物分析 大気・排ガス分析 室内空気中化学物質分析 ダイオキシン類分析 アスベスト分析 環境放射能分析 コンクリート劣化診断分析 骨材試験 土質試験 等
環境アセスメント	風力・太陽光発電所 廃棄物処分場 生活環境影響調査 自然環境影響調査 等
環境計画	環境基本計画 地球温暖化対策実行計画（区域施策編・事務事業編） 廃棄物処理計画 農村環境計画 農業振興地域整備計画 緑の基本計画 生物多様性地域戦略 等
公益活動	講師派遣 セミナー開催 研究・開発 環境啓発冊子出版 等
指定	土壌汚染対策法に基づく指定調査機関【環 2003-7-2010】 福岡県地球温暖化防止活動推進センター【4 環保第 2267】 エコアクション 21 地域事務局 ECO-KEEA 九環協【地域事務局 No.033】
登録	福岡県 SDG s 登録事業者 ISO9001 認証（技術部） 建設コンサルタント 計量証明事業（濃度・音圧・振動加速度レベル） 特定計量証明事業（ダイオキシン類）飲料水適正検査 作業環境測定 温泉成分分析検査
許可	放射性同位元素等使用 核燃料物質使用

一般財団法人

## 九州環境管理協会

### ■本部

〒813-0004 福岡市東区松香台1丁目10番1号  
TEL(092)662-0410 FAX(092)662-0411  
E-mail: syougai@keea.or.jp（本部・支所共通）



### ■福岡県地球温暖化防止活動推進センター(本部内)

### ■エコアクション21地域事務局

ECO-KEEA九環協(本部内)

### ■福島支所

〒960-8042 福島県福島市荒町4-7  
福島県再生エネルギー合同ビル1階  
TEL(024)573-9609 FAX(024)573-9610

### ■山口支所

〒752-0978 山口県下関市貴船町3-1-25  
貴船コア505  
TEL(083)242-0213 FAX(083)242-0214

### ■北九州支所

〒802-0077 北九州市小倉北区馬借1-9-8  
トーマスタワー1605  
TEL(093)967-9701 FAX(093)967-9702

### ■佐賀支所

〒849-0931 佐賀市鍋島町大字蛸久120  
TEL(0952)36-7268 FAX(0952)36-7269

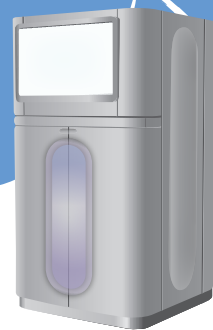
### ■長崎支所

〒852-8027 長崎市城山台1-12-6  
TEL(095)818-1980 FAX(095)818-1981

### ■大分支所

〒870-0147 大分市小池原244-2  
ガーデンヒルズA101  
TEL(097)574-8185 FAX(097)574-8186

# 低コスト NGS解析



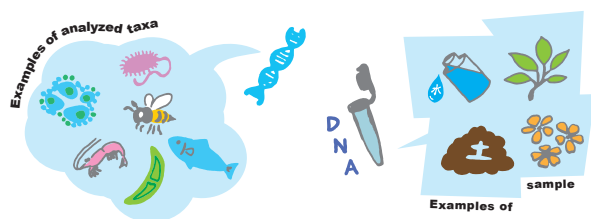
\*NovaSeqX Plus: PE150+150,  
400~600M read-pairs/0.5 lane

## 環境DNA解析/16S, 18Sアンプリコン解析

Early-pooling法: Ushio *et al*, (2022), *Environmental DNA*

魚類などマクロ生物も対応  
データ解析パック追加可能

ライブラリー調製  
税込 **2,750円/サンプル**



### 目的に応じて選べるシーケンス方法

おすすめ:

NovaSeq 納期7-8週間 ※Gb変更可能

①150PE (1Gb)

税込 **46,200円**

②250PE (1Gb)

税込 **59,400円**

長いリードが必要な方:

MiSeq v3 納期4-6週間

お急ぎの方:

iSeq 納期7-10日 ※価格等詳細はお問い合わせください

## ゲノムワイドSNP解析 ddRAD-Seq

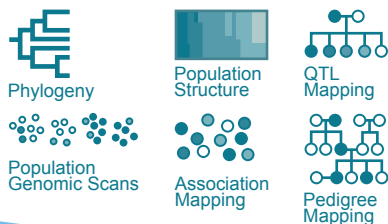
Perterson *et al*, (2012), *PLoS One*を  
ベースにハイスループット化

ライブラリー調製

税込 **1,650円/サンプル**

シーケンス(NovaSeqX Plus\*)

税込 **220,000円/0.5レーン**



## トランスクリプトーム解析 RNA-Seq

Lasy-Seq v1.1法:

Kamitani *et al*, (2019), *Sci. Rep.*

Low cost and easy RNA-Seq (3' RNA-Seq)

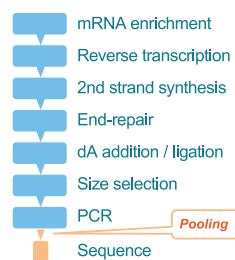
ライブラリー調製

税込 **2,750円/サンプル**

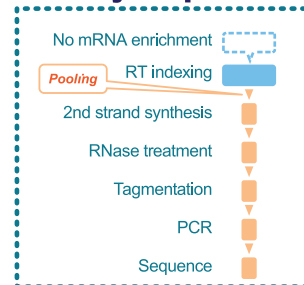
シーケンス(NovaSeqX Plus\*)

税込 **220,000円/0.5レーン**

### 従来のRNA-Seq



### Lasy-Seq v1.1



## 多検体NGS解析受託サービス

数サンプル~数千以上に幅広く対応いたします。

お見積りのご相談は

**一般社団法人クロックミクス**

E-mail: [info@clockmics.com](mailto:info@clockmics.com)

詳細はこちらをご覧ください。

▶▶ <https://www.clockmics.com/>

