



日本陸水学会 第88回
熊本大会
講演要旨集
2024年10月18-20日

JSLIM88 Conference in Kumamoto
Program
18-20 Oct. 2024

日本陸水学会第 88 回熊本大会アウトライン / Outline

【受付 / Reception Desk】

10月18日(金) 8:30~14:00	理学部1・2号館1階C123小講義室
10月19日(土) 8:30~14:15	理学部1・2号館1階ホール
10月20日(日) 8:30~15:30	理学部1・2号館1階ホール Faculty of Science Bldg. 1 & 2, Ground floor Hall

【各種委員会 / Committee Meeting】

10月18日(金) 9:00~11:00 和文誌編集委員会	理学部1・2号館2階C228小講義室
-------------------------------	--------------------

【評議員会 / Board of Trustees Meeting】

10月18日(金) 11:00~14:30	理学部1・2号館2階C228小講義室
-----------------------	--------------------

【市民公開シンポジウム / Public Symposium】

10月18日(金) 15:00~18:00 (14:30開場)	工学部百周年記念館 / 100th Anniversary Hall
---------------------------------	------------------------------------

【一般講演・課題講演 / General and Organized Sessions】

10月19日(土) 9:00~12:00	A~C会場 / Rooms A-B
10月20日(日) 9:00~12:15, 13:00~15:30	A~C会場 / Rooms A-B

【ポスター発表・ポスター発表コアタイム / Poster session・Core Time】

10月19日(土) 9:00~18:00	東京エレクトロン イノベーションプラザ
<u>ポスター発表コアタイム : 10月19日(土) 12:45~14:15</u>	
10月20日(日) 9:00~12:00	東京エレクトロン イノベーションプラザ TOKYO ELECTRON Innovation Plaza

【将来計画ワークショップ / Future Planning Workshop】

10月19日(土) 14:20~15:10	工学部百周年記念館/ 100th Anniversary Hall
-----------------------	-----------------------------------

【表彰式・総会 / Award Ceremony, General Assembly】

10月19日(土) 15:15~18:35	工学部百周年記念館/ 100th Anniversary Hall
-----------------------	-----------------------------------

【自由集会 (E会) / Free Meeting (E Meeting)】

10月18日(金) 13:00~14:45	A会場 / Room A
-----------------------	--------------

【懇親会 / Banquet】

10月19日(土) 19:30~21:30	HANABI global kitchen
-----------------------	-----------------------

【企業展示 / Company Exhibition】

10月19日(土) 9:00~14:15	理学部1・2号館1階ホール
10月20日(日) 9:00~15:30	理学部1・2号館1階ホール Faculty of Science Bldg. 1 & 2, Ground floor Hall

大会タイムスケジュール

		10月18日 (金)													
建物	部屋	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
理学部 1・2号館	C123	受付・大会本部 (8:30~14:00)													
	C228	和文誌編集委員会 (9:00~11:00)			評議員会 (11:00~14:30)										
	A会場(C122)							自由集会 (E会) (13:00~14:45)							
工学部百周年記念館								14:30開場		市民公開シンポジウム (15:00~18:00)					

		10月19日 (土)													
建物	部屋	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
理学部 1・2号館	1階ホール	受付 (8:30~14:15)													
		企業展示 (9:00~14:15)													
	A会場(C122)	一般講演 (審査対象)													
	B会場(C226)	一般講演 (9:00~12:00)													
	C会場(C329)														
	C123	休憩室													
	C331														
C228	クローク (8:30~18:30)														
C227	大会本部・学会本部事務局														
東京エレクトロ ン イノベーションプラザ		ポスター展示 (9:00~)			コアタイム (12:45~14:15)			ポスター展示 (~18:00)							
工学部百周年記念館		将来計画ワークショップ (14:20~15:10)						表彰式・総会 (15:15~18:35)							
HANABI global kitchen		懇親会 (19:30~21:30)													

		10月20日 (日)													
建物	部屋	9	10	11	12	13	14	15	16						
理学部 1・2号館	1階ホール	受付 (8:30~15:30)													
		企業展示 (9:00~15:30)													
	A会場(C122)	課題講演T-1			課題講演T-2										
	B会場(C226)	一般講演			一般講演										
	C会場(C329)	(9:00~12:15)			↑ (13:00~15:30)										
	C123	休憩室													
	C331														
C228	クローク (8:30~15:45)														
C227	大会本部・学会本部事務局														
東京エレクトロ ン イノベーションプラザ		ポスター展示			ポスター回収 (~13:30)										

Time Schedule

18 Oct. (Fri)														
Buildings	Rooms	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Faculty of Science Bldg. 1&2	C123	Reception Desk (8:30~14:00)												
	C228	Jpn Journal Edit.			Board of Trustees Meeting (11:00~14:30)									
	Room A(C122)							Free Meeting (E Meeting) (13:00~14:45)						
100th Anniversary Hall									14:30 Open		Public Symposium (15:00~18:00)			

19 Oct. (Sat)														
建物	部屋	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Faculty of Science Bldg. 1&2	Ground floor Hall	Reception Desk (8:30~14:15)												
		Company Exhibition (9:00~14:15)												
	Room A(C122)	General Sessions (Award Nominees)												
	Room B(C226)	(9:00~12:00)												
	Room C(C329)													
	C123	Break Rooms												
	C331													
C228	cloakroom (8:30~18:30)													
C227	Conference Office													
TOKYO ELECTRON Innovation Plaza	Poster Display (9:00~)			Core Time (12:45~14:15)				Poster Display (~18:00)						
100th Anniversary Hall	Future Planning Workshop (14:20~15:10)						Award Ceremony, General Assembly (15:15~18:35)							
HANABI global kitchen													Banquet (19:30~21:30)	

20 Oct. (Sun)															
Buildings	Rooms	9	10	11	12	13	14	15	16						
Faculty of Science Bldg. 1&2	Ground floor Hall	Reception Desk (8:30~15:30)													
		Company Exhibition (9:00~15:30)													
	Room A(C122)	Organized Session T-1				Organized Session T-2									
	Room B(C226)	General Sessions (9:00~12:15)				General Session ↑ (13:00~15:30)									
	Room C(C329)														
	C123	Break Rooms													
	C331														
C228	cloakroom (8:30~15:45)														
C227	Conference Office														
TOKYO ELECTRON Innovation Plaza	Poster Display				Poster Removal (~13:30)										

会場（熊本大学黒髪南地区）へのアクセス案内

※駐車場は用意しておりませんので、公共交通機関をご利用ください。

※最適経路やのりば番号の位置確認は産交バス時刻表での検索が便利です。

<https://transfer.navitime.biz/sankobus/pc/map/Top>



中心市街地から：「桜町バスターミナル」，「通町筋」，
「水道町」等から「熊本大学前」までバスで約10～15分
(FI系統は熊本大学を通りませんのでご注意ください)

空港から：「阿蘇くまもと空港」から空港リムジンバス
に乗車し、中心市街地（「通町筋」，「桜町バスターミ
ナル」等）で下車（ここまで所要約50分）。中心市街地
からは上記参照

JR熊本駅から：白川口改札を出て「熊本駅前」から「熊本大学前」まで
バスで30分。又は中心市街地（「桜町バスターミナル」，「水道町」
等）を通るバスに乗り（ここまで所要約10分），中心市街地で乗り換え

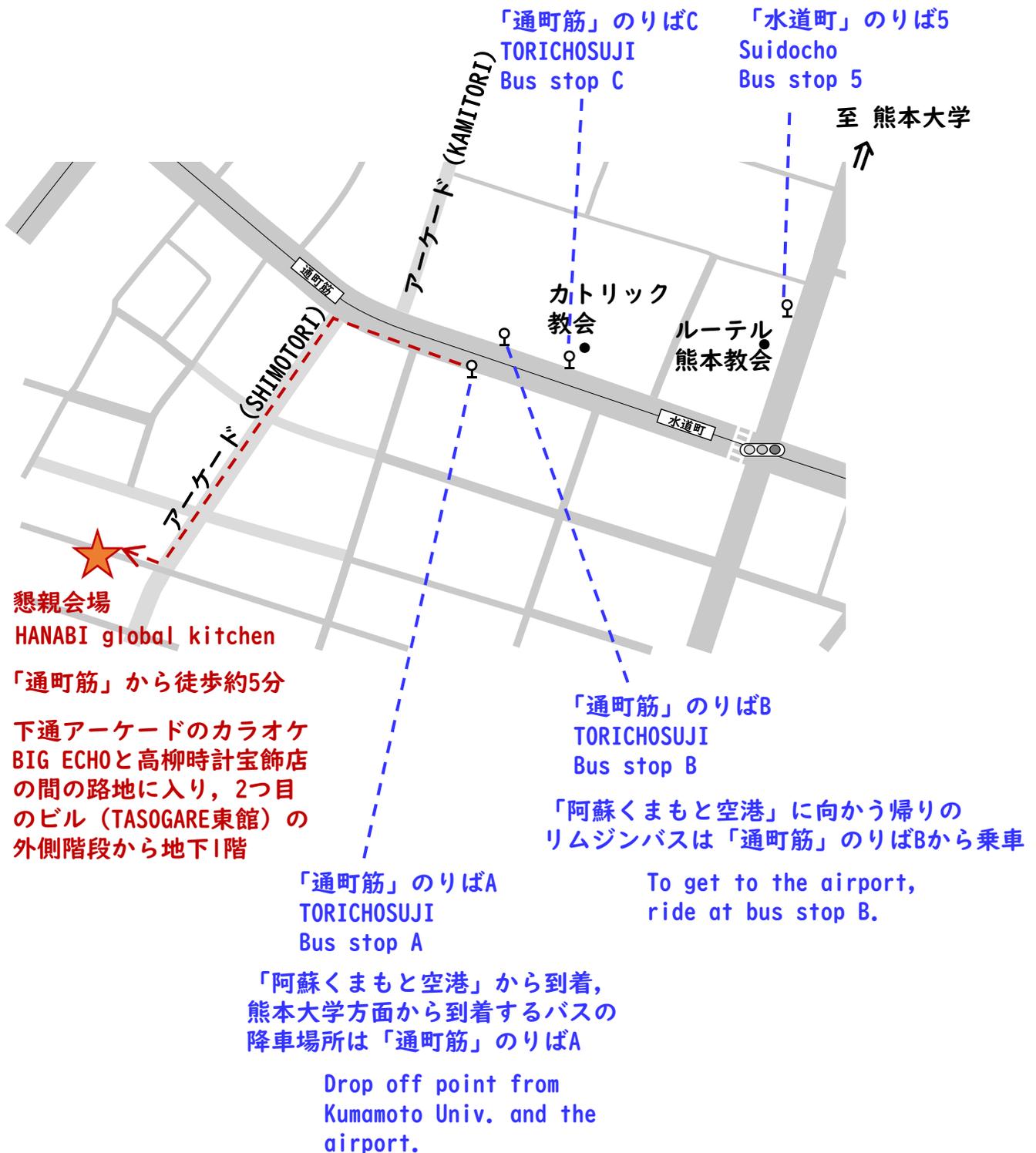
市街地（通町筋，水道町周辺）地図

バス乗り場・懇親会場案内

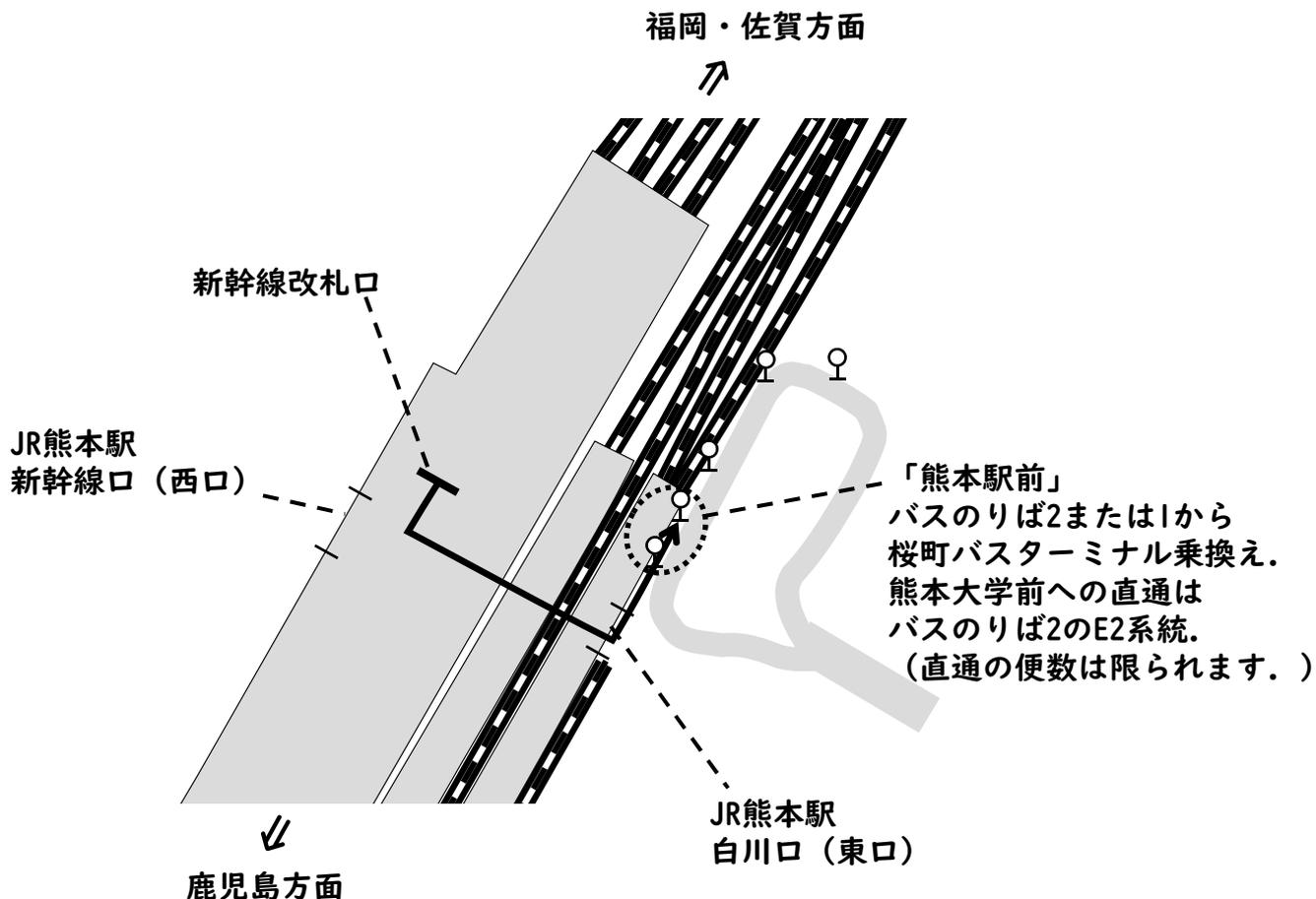
Map around TORICHOSUJI & SUIDOCHO bus stops and Banquet venue

熊本大学へは
「通町筋」のりばC, または
「水道町」のりば5 から乗車
E2またはE3系統に乗車

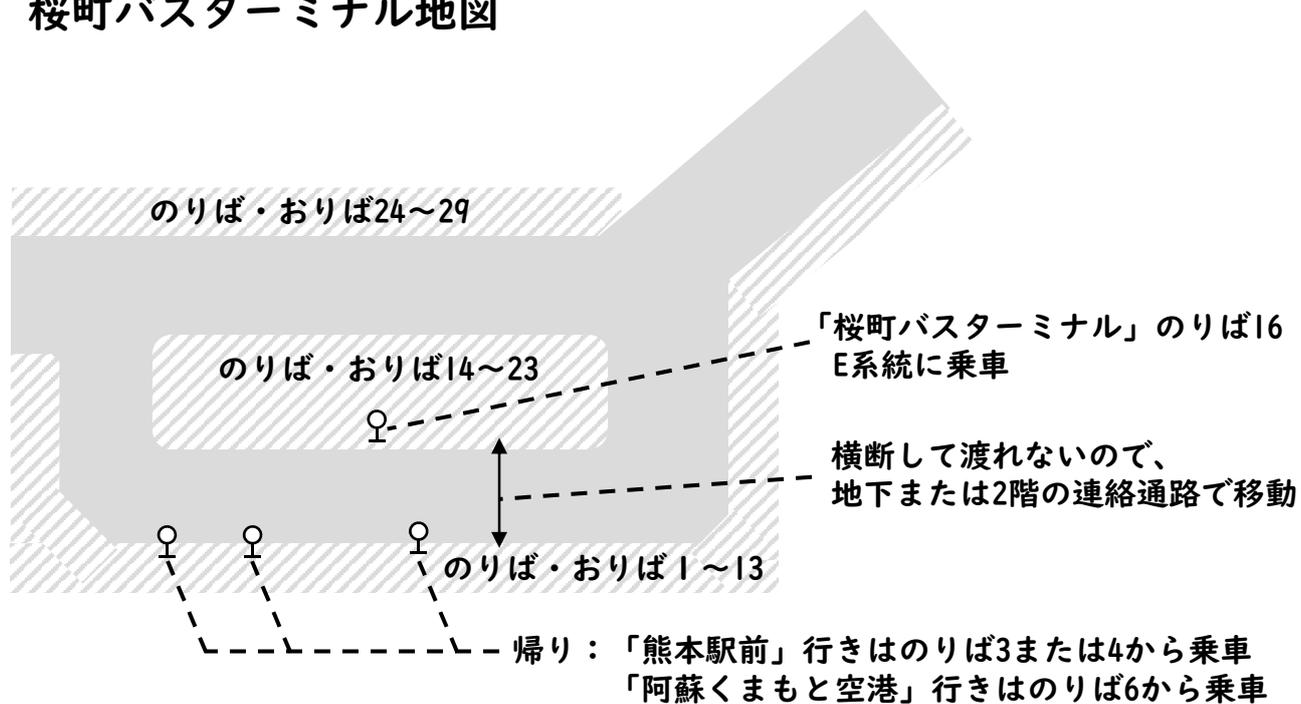
To get to Kumamoto Univ.,
ride the bus
line series of E2 or E3.



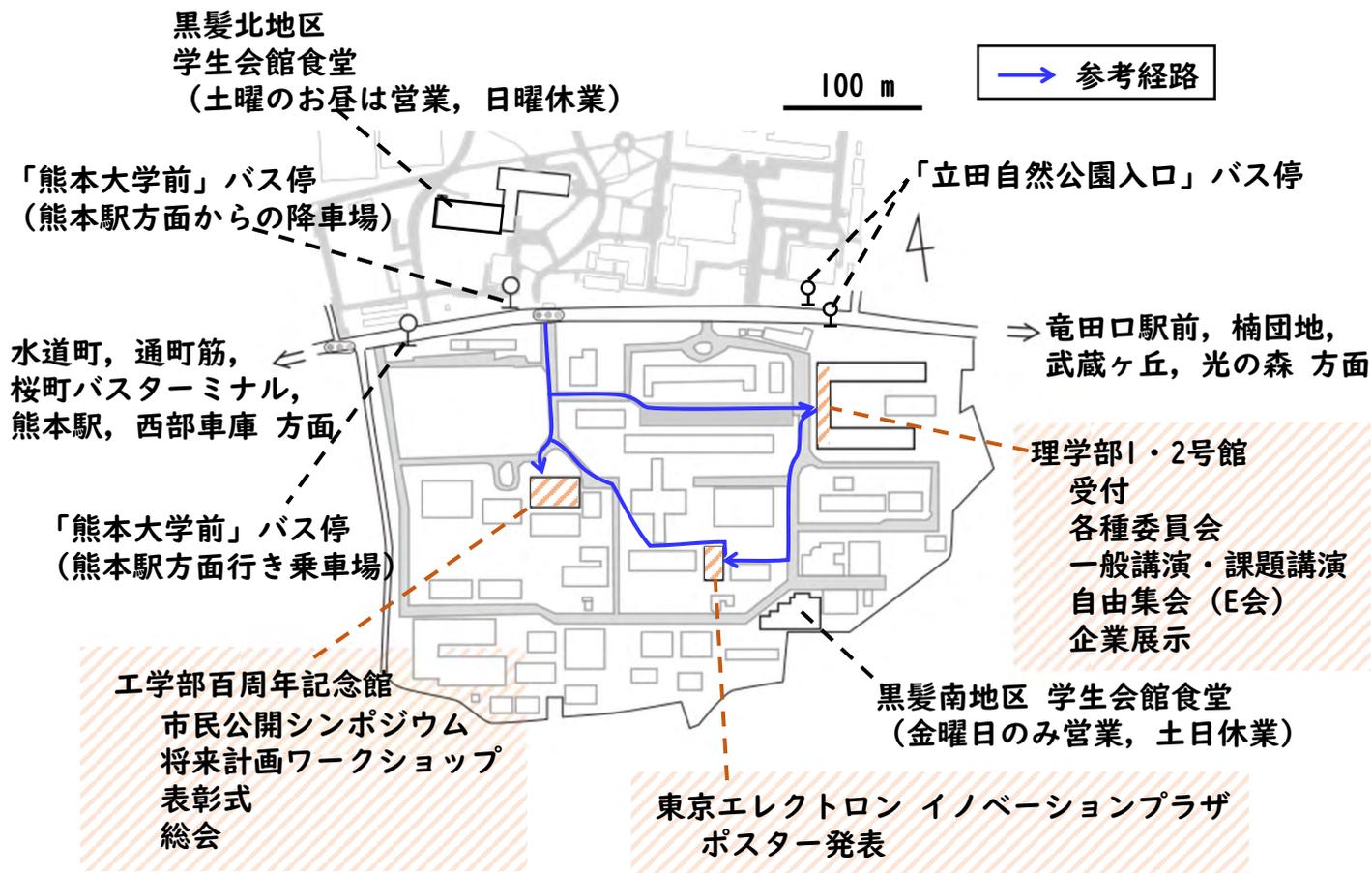
熊本駅・バス乗り場地図



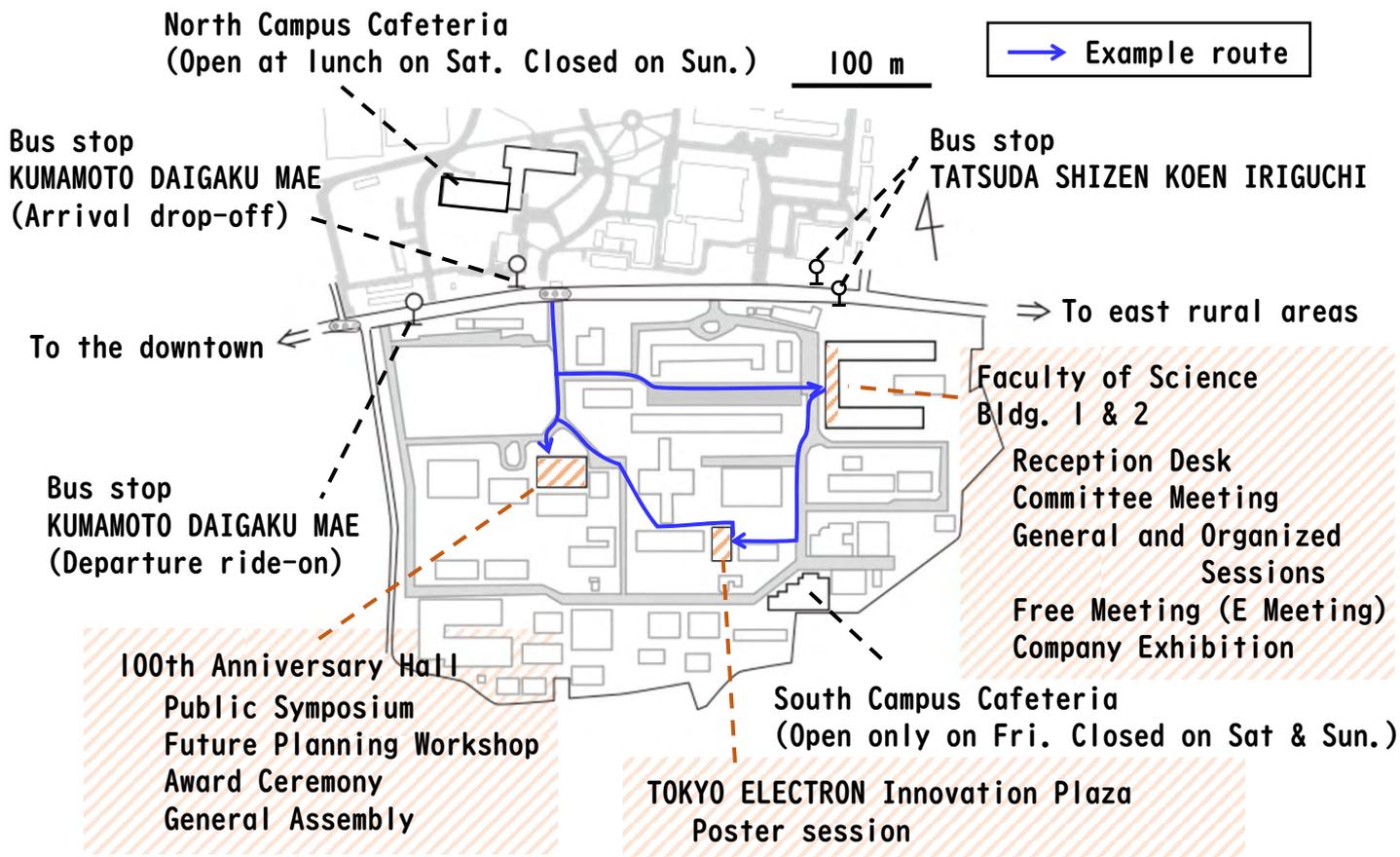
桜町バスターミナル地図



大会会場（構内）案内図



Map of the Campus of Kumamoto University

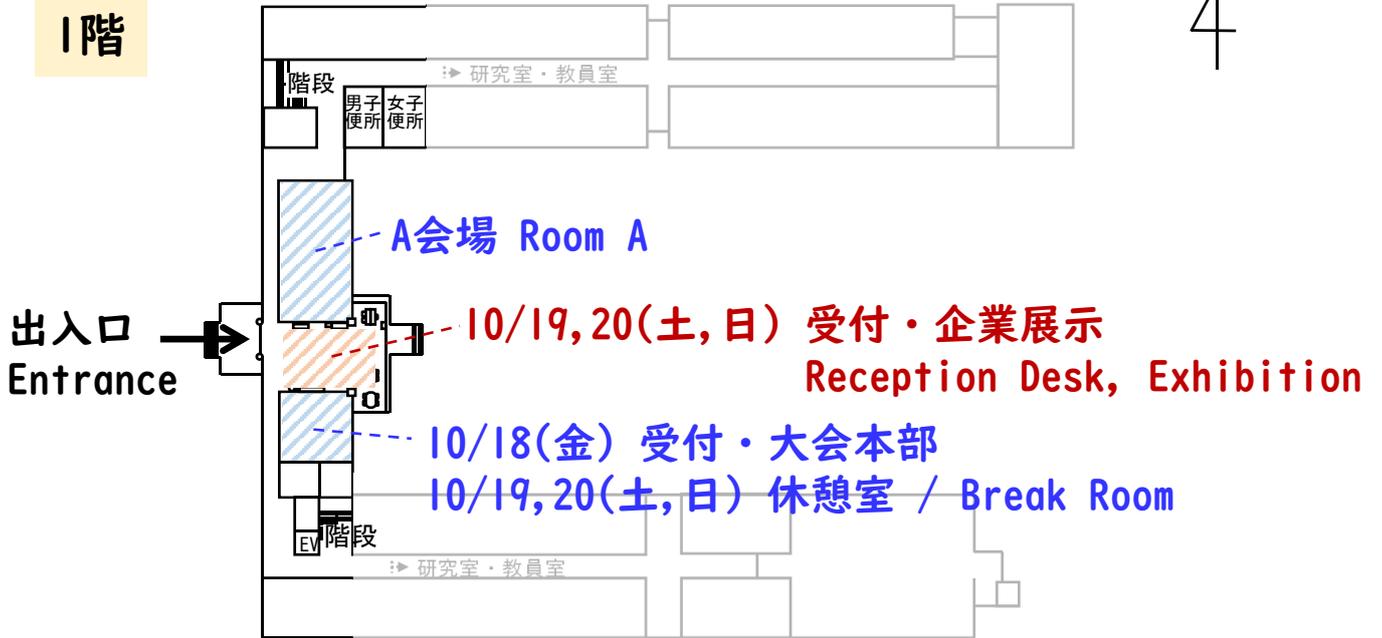


大会会場（理学部1・2号館内）案内図

Floor map of Faculty of Science Bldg. 1 & 2



1階



2階



3階



10/18(金) 和文誌編集委員会
評議員会

10/19, 20(土,日) クローク / cloakroom

【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。HDMI および VGA 端子が接続可能です。
- ・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。
- ・審査対象一般講演以外の一般講演の座長については、講演が終わった方が次の講演者の座長をご担当ください。

(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 19 日（土）の 12 時 45 分～14 時 15 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。

- ・ポスターの展示時間は 10 月 19 日（土）9:00～10 月 20 日（日）12:00 としています。この期間中はポスターを展示していただくことを推奨します。ポスターの貼付は 10 月 19 日（土）8:30 から可能です。コアタイム後は随時ポスターを回収していただいて構いません。
- ・展示したポスターは 10 月 20 日（日）13:30 までに回収していただきますようご協力をお願いします。

【昼食のご案内】

- ・昼食には学内や周辺の飲食店やコンビニエンスストア等をご利用ください。
- ・講演会場、休憩室では飲食可能です。学内備え付けのゴミ箱にゴミは捨てず、ゴミの持ち帰りにご協力ください。
- ・お弁当の販売等は、大会実行委員会では行いません。
- ・今大会では、お昼休憩の時間が短めになっています。10 月 19 日（土）は黒髪北地区の学生食堂がご利用いただけます。10 月 20 日（日）は学生食堂の営業はありませんので、お弁当を持ち込まれることを推奨します。なお、大会会場の近くにはローソンとセブンイレブンがあります。

熊本大学の学生食堂と購買の営業時間

日付	黒髪南地区		黒髪北地区	
	学生食堂	購買	学生食堂	購買
10 月 18 日（金）	10:00～19:00		8:00～19:30	9:00～18:15
10 月 19 日（土）	休業		11:30～14:00	休業
10 月 20 日（日）		休業		

【懇親会のご案内】

10月19日（土）19:30～21:30

- ・「HANABI global kitchen」（熊本県熊本市中央区下通1-5-7 TASOGARE 東館 BF，通町筋バス停から徒歩約5分）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。
- ・懇親会場付近の地図は5ページ目に掲載しています。
- ・大会当日の懇親会参加申込は大会受付にて14:15まで受け付けます。懇親会場にて開始直前には受け付けられませんのでご注意ください。
- ・今大会では、総会（18:35終了）から懇親会（19:30開始）までの時間が短めになっています。
 - ・表彰式後に総会に参加されない方は、総会の終了を待たず、早めの移動をお願いします。
 - ・総会終了後のバス時刻表は下表のようになっています。
 - ・なお、大会会場から懇親会場までは約3km（徒歩約40分）です。

総会終了後から懇親会開始までのバス時刻表

熊本大学前 出発	18:34 *	18:46	18:56	19:13
↓	↓	↓	↓	↓
通町筋 到着	18:49	19:01	19:11	19:24

* バスは遅れて出発することもあるため、総会終了時刻(18:35)より前の便も掲載しています。

【無線 LAN のご案内】

- ・学内では eduroam が利用できます。
- ・利用希望者には、来訪者用の無線 LAN の ID を発行します。ご利用を希望の方は受付にお申し出ください。

【Instructions to presenters】

(1) Oral Session

- Oral presentations last for 15 minutes (12 minutes for presentation and 3 minutes for Q&A).
- Oral presentations will be given using overhead projectors.
- Slides will not be collected in advance.
- Presenters will connect their own computer to the projector. HDMI and VGA ports are available.
- It is recommended to check that the projector is projecting without problems before the start of each session.
- For the chairpersons of general presentations (excluding the award nominees), the person who has finished his/her presentation takes the role of the chairperson of the next speaker.

(2) Poster Session

- The maximum poster size for poster sessions is 160 cm (H) x 90 cm (W). For example, A0 vertical posters are okay.
- On the day of the meeting, please check your presentation number in the program and display your poster on the allocated panel.
- **The core time is 19 Oct. (Sat.) 12:45–14:15. Presenters should be in front of their posters during the core time.**
- Posters will be on display from 19 Oct (Sat.) 9:00 to 20 Oct. (Sun.) 12:00. It is encouraged to display the posters during this period. Posters can be attached from 19 Oct. (Sat.) 8:30. Presenters can remove their posters at any time after the core time.
- Please remove the posters by 20 Oct. (Sun.) 13:30.

【About lunch】

- For lunch, please use on-campus or nearby restaurants, convenience stores, etc.
- Eating and drinking are allowed in Rooms A–B and break rooms. Please take your trash with you and NO NOT dispose the trash in the trash cans provided on campus.
- The conference committee will not sell boxed lunches.
- The lunch time is limited. The student cafeteria in the Kurokami North Campus will be open on 19 Oct. (Sat.), but it is closed on 20 Oct. (Sun.). It is recommended to bring your own lunch on this day. Sunday, October 20. There are two convenience stores (Lawson and 7-Eleven) near the campus.

Date	Opening hours of the university cafeteria and purchasing			
	Kurokami South Campus		Kurokami North Campus	
	Cafeteria	Purchasing	Cafeteria	Purchasing
18 Oct. (Fri.)	10:00–19:00		8:00–19:30	9:00–18:15
19 Oct. (Sat.)	Closed		11:30–14:00	Closed
20 Oct. (Sun.)	Closed			

【About Banquet】

Time: 19 Oct. (Sat.) 19:30–21:30

Venue: HANABI global kitchen (熊本県熊本市中央区下通 1 -5-7 TASOGARE 東館 BF, 5 minutes' walk from the bus stop of TORICHOSUJI)

- The map of the area near the banquet venue is on page 5.
- Applications for the banquet will be accepted until 14:15 at the registration desk on the day of the banquet. Note that applications will not be accepted at the banquet venue immediately prior to the start of the banquet.
- The time between the General Assembly (ending at 18:35) and the Reception (starting at 19:30) is short at this conference.
 - For the participants who do not attend the General Assembly after the Awards Ceremony, please move to the next location as soon as possible and do not wait until the end of the General Assembly.
 - The bus timetable after the General Assembly is shown in the table below.
 - The distance from the conference venue to the banquet venue is about 3 km (about 40 minutes on foot).

The bus timetable after the General Assembly

KUMAMOTODAIGAKU MAE	Dept.	18:34 *	18:46	18:56	19:13
↓		↓	↓	↓	↓
TORICHOSUJI	Arrival.	18:49	19:01	19:11	19:24

* The buses that depart before the end of the General Assembly (18:35) is listed as buses sometimes depart late..

【About wireless LAN】

- Eduroam is available at Kumamoto University.
- Wireless LAN IDs for visitors will be issued to those who would like to use it. Please ask at the reception desk if you would like to use it.

【公開講演会】

日本陸水学会第 87 回熊本大会市民公開シンポジウム

「熊本の特異な陸水環境事情とは？—地下水都市くまもとのこれまでとこれから—」

開催主旨

活火山の阿蘇を擁することで“火の国”として知られる熊本ですが、同時に豊富清廉な地下水を誇る“水の国”でもあります。熊本地域と呼ばれる熊本市とその近郊域では、飲用水の 100%を地下水で賄い、その水質は「蛇口をひねればミネラルウォーター（熊本市）」とまでに言われるほどです。何故そのような地下水資源が存在するのか？、どのように維持されてきたのか？、それにはこの地特有の気象や地質条件、古くからの人の営みが深く関わっています。一方で、地下水涵養域での都市化による地下水量の減少や有機フッ素化合物などによる水質の悪化、さらに今後は TSMC の進出に伴う半導体産業の活性化による影響が懸念されています。

本公開講演会では、熊本の特異な陸水環境・水循環が生み出す地下水の現状や課題、維持と保全に関わるこれまでとこれからの取り組みについて、地元の研究者や自治体、関連機関などから話題提供を賜ります。本講演会を通じて、参加された皆様が“水の国”熊本の理解を深められ、関心を抱いていただければとの思いで企画いたしました。多くの皆様の参加をお待ちしております。

日時： 10 月 18 日（金） 15:00～18:00（14:30 開場）

会場： 熊本大学黒髪南地区 工学部百周年記念館

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 88 回熊本大会

共催：熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター

プログラム

第 1 部 各パネリストによる講演

永田 努（熊本市水保全課 政策監）

「熊本市の市民・事業者・行政協働による地下水質保全対策について」

廣畑 昌章（熊本県環境生活部環境局環境保全課 課長）

「熊本県の地下水が抱える課題への対応について」

勝谷 仁雄（公益財団法人くまもと地下水財団 事務局長）

「熊本地域の持続的な地下水保全」

第 2 部 パネルディスカッション

パネリスト 永田 努（熊本市水保全課 政策監）

廣畑 昌章（熊本県環境生活部環境局環境保全課 課長）

勝谷 仁雄（公益財団法人くまもと地下水財団 事務局長）

コーディネーター 川越保徳（熊本大学大学院先端科学研究部 教授）

日本陸水学会第88回熊本大会

市民公開シンポジウム

2024

10/18

15:00 - 18:00

FRI

JSLIM88

SYMPOSIUM
in KUMAMOTO

熊本の特異な陸水環境事情とは？
— 地下水都市くまもとのこれまでとこれから —



会場

熊本大学黒髪南地区
工学部百周年記念館
熊本県熊本市中央区黒髪2丁目39-1

参加無料
申込不要

活火山の阿蘇を擁することで“火の国”として知られる熊本ですが、同時に豊富清廉な地下水を誇る“水の国”でもあります。何故そのような地下水資源が存在するのか？どのように維持されてきたのか？それにはこの地特有の気象や地質条件、古くからの人の営みが深く関わっています。熊本の特異な陸水環境・水循環が生み出す地下水の現状や課題、維持と保全に関わるこれまでとこれからの取り組みについて、地元の研究者や自治体、関連機関などから話題提供を賜ります。



詳細は「日本陸水学会第88回熊本大会」
ホームページでご確認ください。



市民公開シンポジウム

2024 10/18 (FRI)

日本陸水学会第88回熊本大会

市民公開シンポジウム

15:00 - 18:00 [14:30開場] 対象 一般市民/陸水学会会員

テーマ

熊本の特異な陸水環境事情とは？
— 地下水都市くまもとのこれまでとこれから —

第一部 各パネリストによる講演



永田 努 熊本市水保全課 政策監
「熊本市の市民・事業者・行政協働による地下水質保全対策について」



廣畑 昌章 熊本県環境生活部環境局環境保全課 課長
「熊本県の地下水が抱える課題への対応について」



勝谷 仁雄 公益財団法人くまもと地下水財団 事務局長
「熊本地域の持続的な地下水保全」

第二部 パネルディスカッション

パネリスト 永田 努 熊本市水保全課 政策監
廣畑 昌章 熊本県環境生活部環境局環境保全課 課長
勝谷 仁雄 公益財団法人くまもと地下水財団 事務局長
コーディネーター 川越 保徳 熊本大学大学院先端科学研究部 教授

会場

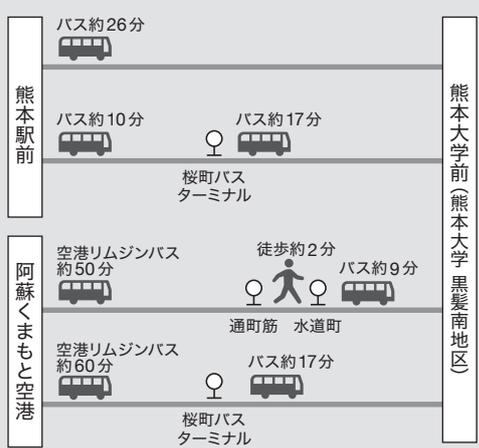
熊本大学黒髪南地区 工学部百周年記念館
https://www.kumamoto-u.ac.jp/campusjohou/map_kurokami_2



キャンバスマップ

アクセス マップ

交通アクセスの情報はここから



- 熊本駅から 5.4km
- 桜町バスターミナルから 3.4km
- 熊本インター 6.4km



【凡例】 九州新幹線 JR バス (桜町バスターミナルからの路線) 市電

【企業展示】

会場：理学部 1・2 号館 1 階ホール

展示期間：10月19日（土）9:00～14:15, 10月20日（日）9:00～15:30

展示企業・団体, 内容紹介

環境システム株式会社	多項目水質計, 水位計の簡易なテレメーターをサブスクでのご紹介。 クラウドと連動し常時監視することで欠測を最低限に抑え, データのクオリティーの向上へつなげます。 出展時間は19日(土)のみの予定です。
JFE アドバンテック株式会社	JFE アドバンテック(株)は, 計測機器メーカーとして長年培ってきた経験と技術を生かし, 海洋だけでなく, 陸水向けにモニタリング装置を開発・製造・販売している国内メーカーです。 【出展内容】CTD, 総合水質計, 塩分計, DO 計, 濁度計, 電磁流速計など

【課題講演】

課題講演 T-1

湖沼深水層生態学 (Hypolimnion ecology) の進撃

企画者：中野伸一（京都大学生態学研究センター）

日時：10月20日（日）9:00～12:00

趣旨：

湖沼の植物プランクトンは、光合成の中間代謝物や自己の分解物として溶存態有機物（DOM）を排出する。DOMは、細菌による利用を通じるなどして、さまざまな化学物質へと変換される。また、DOMを利用して生産された細菌のバイオマスは、微生物ループを通じて原生生物の餌資源となる、あるいはDaphnia やワムシなど細菌を利用可能な動物プランクトンに摂食されることにより、より高次の食物連鎖へとつながる。

従来、DOMに端を発する物質循環の研究は光合成による有機物生産を起点としていることから、その研究のほとんどは太陽光が透過する光合成が活発な表水層において行われてきた。一方、湖沼の深水層は、太陽光が届かず、水温も低く、生物の現存量・生産が低いために、多くの研究者の注目を受けることが無かった。2022年の陸水学会・兵庫大会において、我々は湖沼深水層の地球化学的および微生物生態学的過程を基軸とした「Hypolimnion ecology（湖沼深水層生態学）」を提唱し、これまで未解明な湖沼深水層における生態学の学術基盤を提唱した。また、この学術基盤の構築に当たり、琵琶湖をモデル湖沼として研究を加速させるための研究者連携であるLake Biwa Collaboration Group（LBCG）を立ち上げた。本課題講演では、「秘境生態系」とも言える湖沼深水層の地球化学的・微生物生態学的過程についてLBCGの立ち上げ以降の我々の研究成果を中心に成果を報告し、より多くの皆さまとの情報共有と将来の研究発展へ向けた議論を行いたい。

過剰繁茂する水草の処理・管理・利活用を通じた湖沼生態系の持続的保全

企画者：伴 修平（滋賀県立大学）・佐藤伸二郎（創価大学）・石川可奈子（琵琶湖環境科学研究センター）

日時：10月20日（日）13:00～15:30

趣旨：

近年、日本を含む世界各地で水草の過剰繁茂が環境問題を引き起こす事例は枚挙に暇がありません。元来、水草は湖沼環境になくってはならない要素の一つです。しかし、過剰繁茂することで、湖水の停滞と湖底付近の貧酸素化を招き、魚介類の斃死や湖底からの重金属溶出を招くことなどが危惧されています。我々は、この過剰繁茂した水草を適正に管理することで湖沼生態系を健全に保ち、刈り取った水草を利活用することで循環利用する「里湖循環型社会」を目指して研究を進めているところです。本企画講演においては、現在エチオピアのタナ湖で展開中のプロジェクト「ナイルの源流エチオピア・タナ湖で過剰繁茂する水草バイオマスの管理手法と有効利用プロセスの確立」を中心に、過剰繁茂する水草を適正管理する手法と刈り取った水草を有効活用する方法について議論したいと考えています。他の水域における類似の管理手法や水草の利活用、それらを通じた湖沼環境保全に寄与する研究発表も歓迎いたします。

【自由集会】

日本陸水学会若手の会 2024 “ライトニングトーク：ええかげんに語る陸水愛”

企画者：鈴木碩通（東北大学）・原直子（奈良女子大学）

日時：10月18日（金）13:00～14:45

趣旨：

日本陸水学会若手の会（E会）では「学生やポスドクなどがセミナーを通じて交流しよう」という趣旨のもと、大会期間中に自由集会を開催し、熱い議論を繰り広げています。

今年度の若手の会では、昨年の大分大会に引き続き、研究室に入ったばかりの学部生から自称若手の皆さまにご参加いただき、1人3～5分程度のライトニングトークを実施いたします。

今回はE会という名の由来でもある「ええかげん」をテーマに、写真や動画などを使いながら、発表者ご自身の研究対象への愛や研究成果をざっくばらんに語っていただきます。

和気藹々とした雰囲気できれいに交流ができる会にしていく予定です。まだ知り合いが少なく、若手同士の交流を持ちたいという学部生・院生の方、ご自身の研究対象への愛を語りたい方などどなたでも歓迎いたします。是非ご参加ください。

【将来計画ワークショップ】

日本陸水学会の持続可能な発展に向けて

企画者：将来計画ワーキンググループ

座長 奥田昇

グループメンバー（50音順）

飯泉佳子・大竹友里恵・岡崎友輔・鏡味麻衣子・坂本正樹・千賀有希子・野崎健太郎・
宮原裕一・安野翔

日時：10月19日（土）14:20～15:10

趣旨：

将来計画ワーキンググループ（WG）は、陸水学会の会員数が低下の一途をたどる中、会長の依頼により2023年に設置され、陸水学会の持続可能な運営に向けて熟議を重ねてまいりました。その議論の中間報告として、国内外の社会情勢、地域と地球の環境変動、学術の動向など広角的・長期的な視点から課題と対策を整理し、陸水学および陸水学会が持続的に発展するための提言書とロードマップを作成しました。この提言書をより実効性のある内容にブラッシュアップするために、陸水学会に所属する皆さまの多様な立場からのご意見やお知恵を拝借したく、この度、「日本陸水学会の持続可能な発展に向けて」と題するワークショップを開催する運びとなりました。

大会に参加する会員同士で膝を突き合わせて意見交換することで、陸水学会の将来に対する意識や関心を高めることができれば幸いです。会員の皆さまの積極的なご参加をお待ちしております。

協賛企業・団体（50音順） / Sponsors & Advertisements

企業展示

環境システム株式会社 / Environmental System Inc.

JFE アドバンテック株式会社 / JFE Advantech Co. Ltd.

広告掲載企業

環境システム株式会社 / Environmental System Inc.

一般社団法人クロックミクス / Clockmics Inc.

株式会社ケミカル同仁 / Chemical Dojin Co., Ltd.

後援

一般財団法人熊本国際観光コンベンション協会 /

Kumamoto International Convention & Tourism Bureau

Gene Nex

次世代シーケンス解析

次世代シーケンスからゲノム合成まで
ゲノム研究のトータルソリューション

大規模シーケンス
Illumina
NovaSeq 6000

Gene Nex で
楽に確実なシーケンスを

30台 ハイパフォーマンス
Illumina HiSeq X
ヒト全ゲノム解析
エクソーム解析 ほか

ロングリード 10台
PacBio Sequel
新規ゲノム解析
(de novo)

Gene Nex ゲノム解析サービス「ジーンネックス」

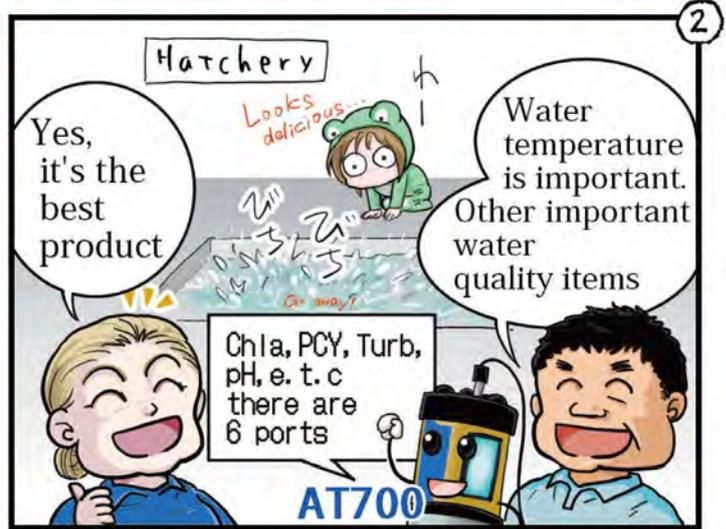
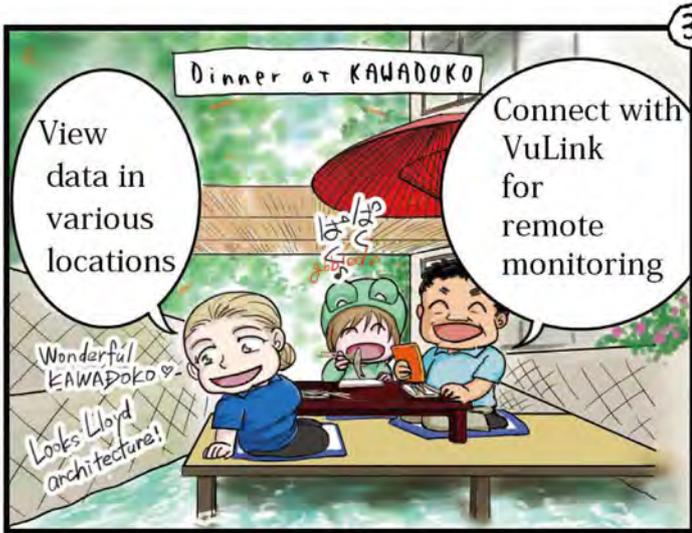
Gene Nex gene-nex.com 0120-377-227

運営会社

Dojin 株式会社ケミカル同仁

熊本県熊本市南区流通団地 1-44-2 TEL : 096-377-2277

Unique to Summer



Sensor options include

temperature, conductivity, pH/ORP, Rugged Dissolved Oxygen (RDO®), turbidity, chlorophyll a, phycocyanin (BGA-PC), phycoerythrin (BGA-PE), FDOM, crude oil, rhodamine WT, fluorescein WT, ammonium (ISE), chloride (ISE) and nitrate (ISE).

AquaTROLL 700/800



For more information...

hydrolab.co.jp

Environmental System Inc.

#512 Bilding ARIC
7-1-3,Doicho,Amagasaki-shi
Hyogo,660-0083,Japan
TEL+81-6-6657-5130
FAX+81-6-6657-5131

独 自 開 発

ハイスループット NGS解析



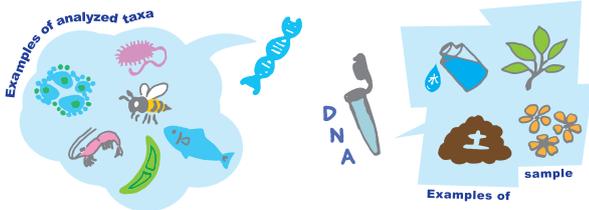
*NovaSeqX Plus: PE150+150,
800~1,200M read-pairs/1 lane

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

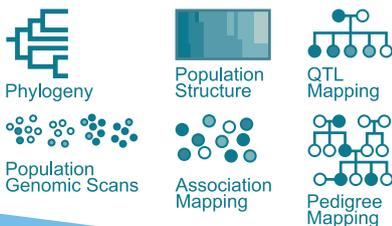
ゲノムワイドSNP解析 ddRAD-Seq

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330,000円/1レーン

*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3,960円/サンプル

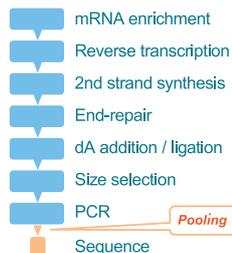
◇ データ解析パック追加可能

シーケンス(NovaSeqX Plus*)

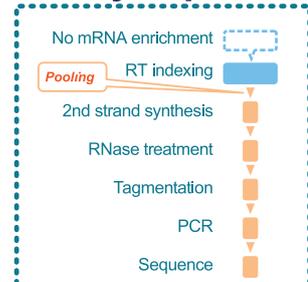
税込330,000円/1レーン

*税込220,000円/0.5レーン

一般的なRNA-Seq



Lasy-Seq



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

詳細はこちらをご覧ください。

▶▶ <https://www.clockmics.com/>



下線付き講演番号：審査対象 / Underlined: Award Nominees

A会場 / Room A	
開始時刻 Time	一般講演(審査対象) General Session (Award Nominees)
9:00	<u>Q-A01</u> 都市の浅層地下水中のマイクロプラスチックの濃度およびその起源 -東京湾岸低地を例に- *伊東 優希 (立正大院)・安原 正也 (立正大)・李 盛源 (立正大)・関根 一希 (立正大)・川野 良信 (立正大)・高橋 正明 (産業技術総合研究所)
9:15	<u>Q-A02</u> 水質・放射性同位体から推察される高山帯植生帯における水貯留機能 *谷 和首 (信州大)・柳原 厚一 (信州大)・廣田 昌大 (信州大)・辻村 真貴 (筑波大)・藤野 真優 (筑波大)・鈴木 啓助 (信州大)
9:30	<u>Q-A03</u> 聖牛により創出された一時的水域および隣接する河床間隙水域の生物群集 *山中 千穂 (奈良女子大)・石田 裕子 (摂南大)・田中 亜季 (大阪公立大)・竹門 康弘 (大阪公立大)・片野 泉 (奈良女子大)
9:45	<u>Q-A04</u> 斐伊川下流における懸濁態リンの流出負荷特性に関する研究 *安藤 悠翔・江川 美千子・菅原 庄吾・朴 紫暎(島大院自然)・清家 泰(島大EsReC)
10:00	<u>Q-A05</u> 松本盆地における浸透性水路の地下水涵養効果 *中井 菜月 (信州大学)・柳原 厚一 (信州大学)・百瀬 正幸 (安曇野市)・中屋 真司 (信州大学)
10:15	<u>Q-A06</u> 異なる地質の河床間隙水域における生物群集 *島 彩乃 (奈良女子大学大学院人間文化総合科学研究科)・大川 晴菜 (奈良女子大学大学院人間文化総合科学研究科)・田中 亜季 (大阪公立大学国際基幹教育機構)・片野 泉 (奈良女子大学大学院自然科学系)
10:30	休憩 / Break
10:45	<u>Q-A07</u> タイ王国Bang Puのマンガロープ植林クロノシリーズにおける孔隙水溶存有機物の濃度・組成の解明 *住岡 龍 (神戸大)・大塚 俊之 (岐阜大)・藤原 暢英 (神戸大)・木田 森丸 (神戸大)・Sasitorn Poungporn (チュラロンコン大)
11:00	<u>Q-A08</u> アミノ酸指標を用いた淡路湾における堆積物中易分解性窒素の分布特性の評価 -特に干拓調整池の影響について- *宮原 昂太郎 (長崎大)・高橋 裕之 (長崎大)・伊藤 真依子 (長崎大)・近藤 能子 (長崎大)
11:15	<u>Q-A09</u> 網路湿原における塩分の時空間変化が溶存有機物(DOM)の凝集に与える影響 *竹下 隼都・千賀 有希子 (東邦大学大学院)
11:30	<u>Q-A10</u> コサナエ <i>Trigomphus melampus</i> 種特異的プライマーの開発と分布調査への適用 *藤田 杏優 (奈良女子大)・古山 暁 (森と水の源流館)・内井 真美子 (大阪大谷大)・土居 秀幸 (京都大)・片野 泉 (奈良女子大)
11:45	<u>Q-A11</u> 山地小流域における樹冠遮断特性の経年変化について *吉田 豊(愛工大)・新実 智嗣(株)水地盤研究所

B会場 / Room B	
開始時刻 Time	一般講演(審査対象) General Session (Award Nominees)
9:00	<u>Q-B01</u> 河川底生動物群集の食物連鎖長を決定する機構：生態化学量論に基づく新たな解釈 *太刀掛 脩平 (東大院)・加賀谷 隆 (東大院)・則定 真利子 (東大院)
9:15	<u>Q-B02</u> 基質表面の粗さによる珪藻群集動態の違い：付着形態に着目して *畑中 颯 (滋賀県立大)・吉山 浩平 (滋賀県立大)・根来 健 (琵琶博)・大塚 泰介 (琵琶博)
9:30	<u>Q-B03</u> 環境トレーサーを用いた多摩川ワンド・タマリの栄養塩類供給経路の解明 *上羽 涼太郎 (農工大)・梅澤 有 (農工大)
9:45	<u>Q-B04</u> 濾過食者シマトビケラ科幼虫の餌資源：営業場所とメッシュサイズに着目して *上田 満優季(奈良女子大学大学院人間文化総合科学研究科)・原 直子(奈良女子大学大学院人間文化総合科学研究科)・土居 秀幸(京都大学大学院情報学研究所)・片野 泉(奈良女子大学大学院自然科学系)
10:00	<u>Q-B05</u> 河川一河域における水生昆虫成虫の飛翔高度に関する基礎的研究 *中川 智裕 (熊本県立大)・島谷幸宏 (熊本県立大)
10:15	<u>Q-B06</u> キタガミトビケラにおける簡易装飾の機能、コスト、集団内変異 *板倉 拓人・加賀谷 隆 (東大院)・農学生命科学・森林動物)
10:30	休憩 / Break
10:45	<u>Q-B07</u> AIを用いたオオシロカゲロウ幼虫の巣穴内の行動分析 *山口 修平 (帝京大・理工)・蓮田 裕一 (帝京大・理工)・多賀 楓真 (帝京大・理工)
11:00	<u>Q-B08</u> 河床間隙水域における環境DNA法の可能性：手法の検討と複数河川における展開 *大川 晴菜 (奈良女子大)・田中 亜季 (大阪公立大)・土居 秀幸 (京都大)・片野 泉 (奈良女子大)
11:15	<u>Q-B09</u> 斐伊川河川水におけるメタンの発生源およびその影響 *宮本 謙介・朴 紫暎・江川 美千子・菅原 庄吾 (島大院・自然)
11:30	<u>Q-B10</u> オオシロカゲロウ幼虫の巣穴内での反転の自動検出 *多賀 楓真(帝京大・理工)・蓮田 裕一(帝京大・理工)・山口修平(帝京大・理工)
11:45	<u>Q-B11</u> 宇治川が有する濾過機能：河道地形と濾過食者に注目して *原 直子 (奈良女子大)・田代 喬 (名古屋大)・土居 秀幸 (京都大)・竹門 康弘 (大阪公立大)・片野 泉 (奈良女子大)

C会場 / Room C	
開始時刻 Time	一般講演(審査対象) General Session (Award Nominees)
9:00	<u>Q-C01</u> ダム湖動物プランクトン群集の種多様性決定要因 -全国68ダムのデータを用いた検証- *鈴木 碩通 (東北大院・生命)・一柳 英隆 (水源地環境センター)・大杉 奉功 (水源地環境センター)・占部 城太郎 (東北大院・生命)
9:15	<u>Q-C02</u> 生食食物連鎖と微生物ループを考慮した化学物質の生態影響評価 *米山 貴将・横山 透子・端 昭彦・黒田 啓介・坂本 正樹 (富山県立大)
9:30	<u>Q-C03</u> 付着実験によるマイクロプラスチックの沈降要因の検討 *松川 岳大 (信州大)・宮原 裕一 (信州大)
9:45	<u>Q-C04</u> 貧酸素水塊が発生する湖底環境における腐植体物質の化学動態 *矢次 美貴 (京工繊大院・工学科学)・初 雪 (京工繊大・分子化学系)・山口 保彦 (琵琶湖研)・早川 和秀 (琵琶湖研)・恩地 啓実 (JFEアドバンテック(株))・中野 伸一 (京大・生態研)・布施 泰朗 (京工繊大・分子化学系)
10:00	<u>Q-C05</u> フラボノイドによる藍藻の抑制と淡水巻き貝への藍藻毒の取り込み阻害の検証 *小野ひなた, 羽生 瑠実, 二木 功子, 浦井 暖史, 朴 虎東 (信州大・理)
10:15	<u>Q-C06</u> 児島湖 (岡山県)における難分解性有機物の季節変化と成因について *桑本 駿・尾上 航汰・鮎川 康生・阿部 友翔・貞弘 裕太郎・杉山 裕子
10:30	休憩 / Break
10:45	<u>Q-C07</u> 福島県の都市ため池における ¹³⁷ Csを含む底質除去後の水質変化 *黒澤 明香 (福島大院・理工)・脇山 義史 (福島大・環境研)・和田 敏裕 (福島大・環境研)・難波 謙二 (福島大・環境研)
11:00	<u>Q-C08</u> 湖底層における貧酸素環境の不均一性が冷水性魚類の湖内分布に及ぼす影響 *片寄 涼介 (国立環境研究所, 東京農工大)・角谷 拓 (国立環境研究所)
11:15	<u>Q-C09</u> 分層階級を用いた動物プランクトンの自動判別手法とその評価 *早川 慶信 (東北大)・三浦 幹太 (東北大)・大竹 裕里恵 (京都大)・伊藤 康一 (東北大)・牧野 渡 (東北大)・青木 孝文 (東北大)・占部 城太郎 (東北大)
11:30	<u>Q-C10</u> 殺虫剤と温暖化による複合影響はトンボ類の減少を介して群集全体へと波及するか？：野外操作実験による検証 *石若直人 (近畿大・院・農)・平若得良 (近畿大・農)・橋本 洗哉 (弘前大・農生)・土屋 健司 (国環研)・角谷 拓 (国環研)・早坂 大亮 (近畿大・農)
11:45	<u>Q-C11</u> 水草ヒシ(<i>Trapa japonica</i>)の藍藻制御機構の解明 *原 光平 (信州大)・土屋 俊雄 (信州大)・朴 虎東 (信州大)

A会場 / Room A		B会場 / Room B		C会場 / Room C	
開始時刻 Time	課題講演 T-1 / Organized Session T-1 「湖沼深層生態学(Hypolimnion ecology)の進撃」 企画: 中野伸一(京大大学生態学研究センター)	開始時刻 Time	一般講演 General Session	開始時刻 Time	一般講演 General Session
9:00	O-A12 「湖沼深層生態学(Hypolimnion ecology)の進撃」 趣旨説明 中野伸一(京大)	9:00	O-B12 千葉県手賀沼の有機物分解特性 *時枝 隆之(気象大学校)・関根 希一(気象大学校)・木持 謙(埼玉環境学国際センター)	9:00	O-C12 能登半島地震で示された低湿地・河北潟の災害に対する脆弱性/Vulnerability of the coastal wetland Kahokugata to Disasters Revealed by the The 2024 Noto Peninsula Earthquake *高橋 久(河北潟湖沼研究所)・川原 奈由(河北潟湖沼研究所)・永坂 正夫(金沢星稜大学) / TAKAHASHI Hisashi (Kahokugata Lake Insti.) , KAWAHARA Nanae (Kahokugata Lake Insti.) and Masao Nagasaka (Kanazwa Seiryu Univ.)
9:05	O-A13 深層の微生物生態系に迫る新技術の進撃 *岡崎 友輔(京大)	9:15	O-B13 湖底環境における重合体ケイ酸の挙動およびケイ酸の溶出様相比較 *朴 紫暎(島大院・自然)・杉山 雅人(京大院・国際)・宮本 羅介・安藤 悠翔・菅原 庄吾・江川 美千子(島大院・自然)・清家 泰(島大・EsReC)	9:15	O-C13 「令和6年能登半島地震」による河北潟西部湖岸堤防及び大野川右岸堤防への影響と裂けからの流出水の水量 *福原 晴夫(河北潟湖沼研)・永坂 正夫(金沢星稜大学)・奥川 光治(河北潟湖沼研)
9:25	O-A14 琵琶湖および流入河川における細菌生産量へ付着性と浮遊性に着目して～ *沈 尚(立命館大)・土屋 健司(国環研)・霜島 孝一(国環研)・山口 保彦(琵琶湖研)・末吉 正尚(国環研)	9:30	O-B14 水域におけるシアノバクテリアおよびシアノトキシンの制御方法と問題点 *朴 虎東(信大・理)・奥田千通(信州大・理)・韓智仙(信州大・理)・二木功子(信大・理)	9:30	O-C14 河北潟における防湖門による水位操作と電導度の変化 *奥川 光治(河北潟湖沼研)・福原 晴夫(河北潟湖沼研)・高野 典礼(石川高専)・永坂 正夫(金沢星稜大)
9:45	O-A15 琵琶湖深層における有機物動態への理解に向けて *早川和秀(琵琶湖研)・山口保彦(琵琶湖研)・布施 泰朗(京工繊大)・中野伸一(京大生態研)	9:45	O-B15 Study for characteristics of trophic transfer efficiency (TTE) from primary to secondary production based on zooplankton functional composition in eutrophic reservoir during algal bloom *Hye-Ji Oh (Kyung Hee Univ.), Geun-Hyeok Hong (Kyung Hee Univ.), Dokyun Kim (Korea Institute of Ocean Science & Technology), Kyung-Hoon Shin (Hanyang Univ.), Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee Univ.)	9:45	O-C15 河北潟における塩水侵入シミュレーション *井上 徹教(港空研)・永坂 正夫(金沢星稜大・人間科学部)
10:05	O-A16 地球温暖化により生じた貧酸素水域における酸素消費システムの解明 *布施泰朗(京工繊大)・矢次美貴(京工繊大)・木村元幹(京工繊大)・植松大輝(京工繊大)・奥田浩子(京工繊大)・初雪(京工繊大)・山口保彦(琵琶湖研)・早川和秀(琵琶湖研)・高井 真一(JFEアドバンテック)・中野伸一(京大)	10:00	O-B16 Seasonal variations of symbiotic bacterial composition associated with dominant *Taiabur Rahman Tuhin (The University of Shiga Prefecture), Most Fahima Ahmed Anny (The University of Shiga Prefecture/Jahangirnagar University), Xin Liu (The University of Shiga Prefecture/Guangxi Academy of Sciences), Shoko Hosoi-Tanabe (The University of Shiga Prefecture), Syuhei Ban (The University of Shiga Prefecture).	10:00	O-C16 内灘砂丘湧水に関わるクロズナ層の透水係数について *永坂 正夫(金沢星稜大)・福原 晴夫(河北潟湖沼研究所)・奥川 光治(河北潟湖沼研究所)
10:25	休憩 / Break	10:15	O-B17 大台ヶ原に生息する淡水性産動物群集の20年の変化 *吉村 真由美(森林総合研究所)	10:15	O-C17 福島県浜通り河川における ¹²⁹ Iの濃度変動とその分布 *植田真司(環境科学技術研)・長谷川英尚(環境科学技術研)・落合伸也(金沢大)
10:45	O-A17 琵琶湖北湖における溶存有機物と微生物の共変動 *木田森丸(神戸大・農)・大平麻有里(神戸大・農)・山口保彦(琵琶湖研)・岡崎友輔(京大・化研)・西村裕志(京大・生存研)	10:30	休憩 / Break	10:30	休憩 / Break
11:05	O-A18 微生物による難分解性溶存有機物生成に基質濃度を与える影響：分子サイズ別分析による評価 *山口保彦(琵琶湖研)・霜島孝一(国環研)・岡崎友輔(京大)・沈 尚(立命大)・土屋健司(国環研)・後藤(桜井) 晶子(琵琶湖研)・木田森丸(神戸大)	10:45	O-B18 里山の赤トンボ数値における卵の孵化時期の違いおよび乾燥への適応 東川 航(森林総研)	10:45	O-C18 酒籠湖温泉有硫四十三山温泉の泉温低下と陰イオン濃度の関係 *高野 敬志・内野 栄治・青柳 直樹・市橋 大山・大塚 侑(北海道立衛生研)
11:25	O-A19 琵琶湖深層における動的環境変遷について *熊谷 道夫(立命館大学)	11:00	O-B19 外来種ミジンコの定着要因に関する研究：琵琶湖のプリカリアミジンコを例として *榎木 玲美(松山大)・橋本 鯨(愛媛大)・中根 快(愛媛大)・本庄 三恵(京都大)・内井 喜美子(大阪大谷大)	11:00	O-C19 深部地下水中の粒子と元素との相互作用：希土類元素を用いた室内試験 *望月 隆人・天野 由記・出井 俊太郎・別部 光里(原子力機構)
11:45 ~ 12:00	総会討論	11:15	O-B20 淡水魚による放射性セシウム汚染の長期予測 *石井 伸昌(量研機構)・風呂田 利夫(東邦大)	11:15	O-C20 静岡県三島市の河川環境と親水空間 谷口 智雅(三重大)
		11:30	O-B21 ミジンコ個体群のレトロスペクティブ分析で推定する、集団遺伝動態に対する移入の影響 *大竹 裕里恵(京都大)・山道 真人(遺伝研)・占部城太郎(東北大)・吉田丈人(東大)	11:30	O-C21 阿武隈川と福島県浜通り河川における水質と流域土地利用の関係 *梁少艶(福島県環境創造センター)・福田 美保(福島県環境創造センター)・那須 康輝(福島県環境創造センター)・篠崎 真希(福島県環境創造センター)
		11:45	O-B22 十勝海跡湖沼群の水草相 *片桐浩司(帝京科学大)	11:45	O-C22 塩化物イオンとの濃度比から見た低水期の溪流無機イオンの評価 *海老瀬 潜一(元、摂南大)・永瀬 修(福岡工大)・川村 裕紀(キョウワ(株))
		12:00	O-B23 尾瀬ヶ原下田代における泥炭地の地形・植生変化と地震との関係 *野原 精一(福島県尾瀬保護調査会)・千賀 有希子(東邦大学)・福原 晴夫(河北潟湖沼研究所)・村田智吉(国立環境研究所)	12:00	O-C23 河川生態系代謝量に対する濁水影響 *中野 大助・鈴木 準平・野田 晃平・山本 亮介・今村 正裕(電中研)・岩田 智也(山梨大)

開始時刻	A会場 / Room A	開始時刻	B会場 / Room B
	<p>課題講演 T-2 / Organized Session T-2 「過剰繁殖する水草の処理・管理・活用を通じた湖沼生態系の持続的保全」 企画: 伴 修平 (滋賀県立大学), 佐藤伸二郎 (創価大学), 石川可奈子 (琵琶湖環境科学研究センター)</p>		<p>一般講演 General Session</p>
13:00	<p>O-A20 趣旨説明 - 過剰繁殖する水草の処理・管理・活用を通じた湖沼生態系の持続的保全 *伴修平 (滋賀県大・環境)・佐藤伸二郎 (創価大・理工)・石川可奈子 (琵琶湖研センター)</p>	13:00	<p>O-B24 琵琶湖とその集水域における降水滞留時間の推定 *岩木 真穂 (信州大)</p>
13:15	<p>O-A21 エチオピア・タナ湖のホテイアオイ管理システムの構築 *石川可奈子・蔡吉・焦春明・酒井陽一郎 (琵琶湖研センター)・Mulatie Mekonon・Hibre Mengist・Solomon Addisu (バハルダール大)・今村弘樹・Diego Alberto・森原ビクター伸一・Getachew Bayable・Robel Milashu・佐藤伸二郎 (創価大・理工)・Ayalew Wondie (バハルダール大・タナ湖周辺水管理機構)</p>	13:15	<p>O-B25 アミノ酸窒素同位体比による諏訪湖の水圏生態系食物網解析 *浦井 暖史 (信州大, JAMSTEC)・高野 淑識 (JAMSTEC)・石川 尚人 (JAMSTEC)・小川 奈々子 (JAMSTEC)・龍野 益明 (信州大)・笠原 里恵 (信州大)・笠原 裕一 (信州大)・大河内 直彦 (JAMSTEC)・朴 虎東 (信州大)</p>
13:30	<p>O-A22 人工衛星とドローンによるタナ湖におけるホテイアオイの画像認識に関する研究 *今村弘樹・Tadele Melese Lebeza・Getachew Bayable・森原 Victor 伸一 (創価大・理工)・石川可奈子 (琵琶湖研センター)</p>	13:30	<p>O-B26 強混合エスチュアリーにおける酸素動態の季節変化 *速水 祐一 (佐賀大・農)・高巢 裕之 (長崎大・総合生産科学)</p>
13:45	<p>O-A23 メタン発酵を介したホテイアオイ搾汁液からのエネルギー・栄養塩回収技術の開発 *秋月真一 (創価大・プラクティン工学研)・Pranshu Bhatia・藤原正明 (創価大・理工)・Nigus Gabbiye Habtuei (バハルダール大)・佐藤伸二郎・戸田龍樹 (創価大・理工)</p>	13:45	<p>O-B27 河川大型無脊椎動物群集における統合的栄養位置 (Integrated Trophic Position: ITP) の時空間変動 *石川尚人 (海洋研究開発機構)・上原佳敏 (総合地球環境学研究所)・石田卓也 (広島大学)・池谷透 (立命館大学)・浅野悟史 (京都大学)・Chia-Ying Ko (National Taiwan University)・岩田智也 (山梨大学)・陀安一郎 (総合地球環境学研究所)・大河内直彦 (海洋研究開発機構)・奥田昇 (神戸大学)</p>
14:00	<p>休憩 / Break</p>	14:00	<p>O-B28 流域生態系の栄養バランスを診断するマルチ同位体統合モデル *奥田昇 (神戸大)・小澤 優介 (神戸大)・石田卓也 (広島大)・尾坂 兼一 (滋賀県大)・岩田智也 (山梨大)・木庭 啓介 (京都大)・陀安一郎 (地球研)</p>
14:10	<p>O-A24 Accelerating UASB Reactor Efficiency: Strategies for Rapid Granulation and Cost Reduction *Pranshu Bhatia (創価大・理工)・秋月真一 (創価大・プラクティン工学研)・木村加奈子・佐藤伸二郎・戸田龍樹 (創価大・理工)</p>	14:15	<p>休憩 / Break</p>
14:25	<p>O-A25 ホテイアオイ由来バイオ炭の燃料・土壌改良および作物栽培利用 *佐藤伸二郎 (創価大・理工)・伴修平 (滋賀県大・環境)・秋月真一 (創価大・プラクティン工学研)・Solomon Addisu (バハルダール大)</p>	14:30	<p>O-B29 震ヶ浦流域の谷津湿地およびため池におけるメタン動態 *土屋 健司・高津 文人・松崎 慎一郎・渡邊 未来・末吉 正尚・中西 康介・今藤 夏子 (国環研)</p>
14:40	<p>O-A26 Cost-effective cultivation of Ethiopian native strains of <i>Limnospira fusiformis</i> using anaerobic digestion effluent of water hyacinth *Most Fahima Ahmed Anny (Jahangirnagar Univ.), Taiabur Rahman Tuhin (USP), Xin Liu (Guangxi Academy of Sciences), Ayirkm Adugna, Mutsumi Sekine, Shin-ichi Akizuki, Tatsuki Toda (Soka Univ.), Syuhei Ban (USP)</p>	14:45	<p>O-B30 国内複数湖のダム湖におけるリン挙動の比較研究 *古荘 皓基 (東京大)・板井 啓明 (東京大)</p>
14:55	<p>O-A27 Evaluating food quality of <i>Limnospira fusiformis</i> from Ethiopian soda lakes as a food for crustacean zooplankton *Amare Mezgebu (USP), Xin Liu (Guangxi Academy of Sciences), Minwelet Mingist (Bahir Dar Univ.), Ayirkm Adugna, Tatsuki Toda (Soka Univ.), Syuhei Ban (USP)</p>	15:00	<p>O-B31 森林からの窒素流出量に及ぼす生物学的な影響と水文学的な影響の相互作用 *尾坂兼一 (滋賀県大・環境)・肥田嘉文 (滋賀県大・環境)・勝山正則 (京都府大・環境)・大手信人 (京大・情報)</p>
15:10 ~15:30	<p>総合討論</p>	15:15	<p>O-B32 東日本主要河川水の水銀および微量元素濃度分布 *周藤 俊雄 (東大)・古荘 皓基 (東大)・丸本 幸治 (国立水俣病研セ)・板井 啓明 (東大)</p>

ポスター発表 10月19日（土）～10月20日（日）

（コアタイム：10月19日（土）12：45～14：15）

下線付き講演番号：審査対象

P-01 琵琶湖北湖における湖底直上溶存酸素量に及ぼす底質中有機成分の影響

*木村 元幹（京工繊大院・工芸科学）・奥田 浩子（京工繊大院・工芸科学）・初 雪（京工繊大・分子化学系）・山口 保彦（琵琶湖研）・早川 和秀（琵琶湖研）・中野 伸一（京大・生態研）・布施 泰朗（京工繊大・分子化学系）

P-02 塩化ベンザルコニウムを用いた溶存メタンサンプル保存の検討

*永田鈴奈(滋賀県立大学・環境科学)、尾坂兼一(滋賀県立大学・環境科学)、伊藤雅之(京大・生存研)、岩田智也(山梨大・生命環境)、丸尾雅啓(滋賀県立大学・環境科学)

P-03 人工池における酸化還元電位の変動と時系列因果解析

*森本 響子(奈良女子大)・伊藤 真奈(水産研究・教育機構)・伊藤 克敏(水産研究・教育機構)・瀬戸 蘭美(奈良女子大)

P-04 琵琶湖北湖における溶存有機物および沈降粒子のPy-GC/MSを用いた化学特性解析

*植松 大輝（京工繊大院・工芸科学）・初 雪（京工繊大・分子化学系）・山口 保彦（琵琶湖研）・早川 和秀（琵琶湖研）・中野 伸一（京大・生態研）・布施 泰朗（京工繊大・分子化学）

P-05 谷津干潟における尿素が富栄養化に与える影響

*加藤 元輝（東邦大学大学院）・町山 果鈴・金子 拓巳（東邦大学）・千賀 有希子（東邦大学大学院）

P-06 安倍川流域における河川水質特性

*眞木 渉（静岡大）・江草 智弘（静岡大）

P-07 武蔵野地台南東部の目黒台における浅層地下水の水質とその形成プロセス

*伊東 優希（立正大院）・安原 正也（立正大）・李 盛源（立正大）・高橋 正明（産業技術総合研究所）・中村 高志（山梨大院）・浅井 和由（地球科学研究所）

P-08 谷津干潟の海水と堆積物におけるリン化学種動態に環境因子が与える影響

*町山 果鈴・金子 拓巳（東邦大学）・加藤 元輝・千賀 有希子（東邦大学大学院）

P-09 山梨県西湖における成層期のメチルホスホン酸とメタンの分布

*矢野明日香・山本知季・永田鈴奈(滋賀県大院・環境)、岩田智也(山梨大・生命環境)、小畑元(東大・大気海洋研)、尾坂兼一・丸尾雅啓(滋賀県大・環境)

P-10 河川中の溶存有機物利用における付着性微生物の影響

*高木 悠司（北大院・環境）、三浦 彩（北大院・地球環境）、根岸 淳二郎（北大院・地球環境）、山下 洋平（北大院・地球環境）

P-11 ダム湖におけるコットンストリップを用いた有機物分解の評価

*仲才 香鈴（横浜国立大）・占部 城太郎（東北大）・吉村 千洋（東京工業大）・梅田 信（日本大）・土居 秀幸（京大）・鈴木 碩通（東北大）・Zhang Ye（東京工業大）・沖津 二郎（応用地質）・一柳 英隆（水源環境センター）・大杉 奉功（水源環境センター）・鏡味 麻衣子（横浜国立大）

P-12 長良川における沈水植物群落の分布と成立条件

*青木 朋也（帝京科学大学）・片桐 浩司（帝京科学大学）

P-13 河川低水敷一時的水域に生息するプランクトン群集

*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）・竹門 康弘（大阪公立大）・片野 泉（奈良女子大）

P-14 諏訪湖の植物プランクトン増殖と栄養塩制限

*輿石 庸行（信州大学大学院）・宮原 裕一（信州大学）

P-15 Application of species-specific zooplankton index for lake assessment focusing on water bloom and consequent

*Yerim Choi (Kyung-Hee Univ.), Hye-Ji Oh (Kyung-Hee Univ.), Geun-Hyeok Hong (Kyung-Hee Univ.), Dae-Hee Lee (Kyung-Hee Univ.), Hyun-Woo Kim (Suncheon National Univ.), Min-Ho Jang (Kongju National Univ.), Jong Min Oh (Kyung-Hee Univ.), Kwang-Hyeon Chang (Kyung-Hee Univ.)

ポスター発表 10月19日（土）～10月20日（日）

（コアタイム：10月19日（土）12：45～14：15）

下線付き講演番号：審査対象

P-16 都市公園におけるプランクトンの多様性と環境条件及び季節変動について

*浅野 淳也（帝京科学大）・片桐 浩司（帝京科学大）

P-17 淡水二枚貝イシガイ科イシガイの肥満度の増加に寄与する餌資源の評価

*奥田 覚子（近畿大院）・菅原 巧太朗（琵琶湖博物館）・上地 健琉（高安研究会）・中西 亮太（近畿大院）・松葉 成生（高安研究会）・北川 忠生（近畿大）

P-18 都市公園の池における希少水草の生育環境及び生長、繁殖について

*亀石 理多（帝科大）・片桐 浩司（帝科大）

P-19 福島県秋元湖における放射性セシウム動態の特徴

*辻 英樹（国環研）・林 誠二（国環研）

P-20 気候変動により顕在化してきた、低温で高DOの水塊が全層循環前の琵琶湖北湖底層へ潜り込む現象

*小笠原 翔・安達 大輝・岡本 高弘・七里 将一・南 真紀・山本 春樹（滋賀県琵琶湖研セ）・霜鳥 孝一（国環研）

P-21 成層期の水月湖における微量元素動態の特徴

*周藤 俊雄（東大）・板井 啓明（東大）

P-22 ダム湖における微量元素挙動の系統的理解を志向した水域間比較研究

*古荘 皓基（東京大）・板井 啓明（東京大）

P-23 本邦陸水のケイ酸動態解析へのケイ素安定同位体比の応用

板井 啓明（東大・院理）・吉岡純平（東大・大海研）・田柳紗英（産総研）

P-24 高潮堆積物及び津波堆積物の地球化学判別手法の検討

*渡邊 隆広（原子力機構）・山本 悠介（(株)コベルコ科研）・北村 晃寿（静岡大）

P-25 諏訪湖の静振

*岩木 真穂（信州大）・岩田 拓記（信州大）

P-26 琵琶湖深湖底に生息する底生動物の栄養塩循環への寄与

*永田 貴丸（琵琶湖研）・井上 栄壮（琵琶湖研）・渡辺 圭一郎（琵琶湖研）・黛 福信（琵琶湖研）・霜鳥 孝一（国環研）・高津 文人（国環研）

P-27 *Microcystis* 調理土着生態系修復法による富栄養化防止対策（アオコを原料にアオコ発生防止）

*井芹 寧・郝 愛民・沈 宁・趙 敏（温州大）・刘 鑫（広西科院）・陳 劍鷹（浙江伟达园林）・菊地 淳（理化学研）

P-28 吉ヶ平大池の動物プランクトン相

帆苅 信（新潟県立新潟翠江高等学校）

P-29 三方湖流入河川が湖内植物プランクトンの生長に与える影響

*葛原 仁平（福井県衛環研）・保月 勇志（福井県衛環研）・吉舎 直輝（福井県衛環研）・田中 宏和（福井県衛環研）

P-30 水中の餌にはどれくらいセルロースが含まれているのか？：レビュー

*石川 俊之（滋賀大）

P-31 琵琶湖湖辺における住民によるシジミ類等の生息環境改善活動

*井上 栄壮・古田 世子・藤原 直樹・宮下 康雄・萩原 裕規・大柳 まどか・岩本 健也・木村 道徳（滋賀県・琵琶湖研セ）

P-32 水田の湛水開始時期はカエル類の分布に影響するか？：衛星画像を用いた生息適地推定

*安野 翔（埼玉環科国セ）・藤田宏之（川の博物館）・大和広明（埼玉環科国セ）

P-33 農業水路における水環境中のマイクロプラスチック汚染実態

近藤 美麻・*相子 伸之（大阪環農水研）・田中 周平（京都大）

P-34 ヒゲナガカワトビケラ幼虫の捕食行動の観察システムの開発と解析

*蓮田裕一（帝京大）・山口修平（帝京大）・多賀楓真（帝京大）・天城史穂（帝京大）

ポスター発表 10月19日（土）～10月20日（日）

（コアタイム：10月19日（土）12：45～14：15）

下線付き講演番号：審査対象

P-35 データロガーによる水温の長期連続観測データから分かる江津湖の環境

*河野 蒼依(真和高校)・*末永 知久(真和高校)・*松村 唯斗(真和高校)・*湯治 尚紀(真和高校)・*島崎 遥(真和高校)・*藤井 航貴(真和高校)・*石田 結大(真和高校)・*杉本 青優(真和高校)・*塚本 葵月(真和高校)

P-36 環境DNA分析における濾過法の低コスト化～重力濾過システム導入に向けた検証～

*藤原 悠己(大阪高校 科学探究部)・谷脇 鉄平(大阪高校)・内井 喜美子(大阪大谷大学)

P-37 琵琶湖湖底の動物プランクトン群集と全循環

森本莉久(洛北高等学校/JRD1期生)・伴修平(滋賀県立大学)・熊谷道夫(立命館大学)

P-38 琵琶湖の環境と水鳥の渡り

田原瑠衣斗(瀬田北中学校/JRD4期生)・植田潤(湖北野鳥センター)・熊谷道夫(立命館大学)

P-39 琵琶湖固有種ピワオオズムシと全循環

高橋朋晃(奈良工業高等専門学校/JRD4期生)・高橋陽輝(南陽高等学校附属中学校)・齋藤華子(津市立青山中学校)・河村優(津市立伊香立中学校)・石原一樹(比叡山高等学校)・愛宕真(大阪市立東中学校)・愛宕菜(大阪市立南大江小学校)・野村有希(大阪府立北野高等学校)・桑原雅之(琵琶湖博物館)・熊谷道夫(立命館大学)

P-40 波力を利用して表面水温を下げる実験とその可能性

愛宕 真(大阪市立東中学校/JRD4期生)・愛宕菜(大阪市南大江小学校/JRD6期生)・河村 淳一(びわ湖トラスト)・辻 英人(マスバイオラボ)・熊谷 道夫(立命館大学)

P-41 知らない現象(不知火現象)を科学する～現代の不知火観測への挑戦と不知火海でしか見られない理由とは～

*米田 直人・村上 聖真・吉田 大暉・西川 幸輝・徳丸 幸樹・堀田 舞衣・橋本 直大・西田 琉花(熊本県立宇土高等学校 科学部地学班)

P-42 えっ、鳥が浮いてる！？浮島現象を科学する～浮島現象の発生・観測条件と発生原理～

*西川 幸輝・米田 直人・村上 聖真・吉田 大暉・徳丸 幸樹・堀田 舞衣・橋本 直大・西田 琉花(熊本県立宇土高等学校 科学部地学班)

P-43 なぜ不知火は八朔の晩にしか見られないのか～海水温や風などの気象的条件から探る～

*村上 聖真・米田 直人・吉田 大暉・西川 幸輝・徳丸 幸樹・堀田 舞衣・橋本 直大・西田 琉花(熊本県立宇土高等学校 科学部地学班)

P-44 馬門石の赤色はヘマタイト(Fe₂O₃)によるものか

*吉田 大暉・西川 幸輝・米田 直人・村上 聖真・徳丸 幸樹・堀田 舞衣・橋本 直大・西田 琉花(熊本県立宇土高等学校 科学部地学班)

P-45 島原大変肥後迷惑による津波被害～実態把握、効果的な伝承方法の開発、科学的特性～

*堀田舞衣・西田琉花・徳丸幸樹・橋本直大(熊本県立宇土高等学校科学部地学班)

一般講演・課題講演

A 会場

O-A01 ~ O-A27

日時：10月19日（土） 9時00分～12時00分

10月20日（日） 9時00分～12時00分

10月20日（日） 13時00分～15時30分

O-A01

都市の浅層地下水中のマイクロプラスチックの濃度

およびその起源 — 東京湾岸低地を例に —

*伊東優希 (立正大院・地球環境), 安原正也, 李 盛源, 関根一希
川野良信 (立正大・地球環境), 高橋正明 (産総研)

1. はじめに

東京湾岸低地に位置する東京都品川区北品川地区の浅層地下水の起源の解明を目的とした一連の研究の過程において、浅層地下水からマイクロプラスチック (以下, MPs) が検出された。本研究では、北品川地区の浅層地下水中の MPs の組成と濃度、さらに地下水形成に果たす下水漏水の役割 (寄与率) と MPs 濃度の関係から、都市の浅層地下水中の MPs の起源を解明することを目的とした。

2. 材料と方法

2024年1月 (冬季渇水期) に、北品川地区の7地点の井戸 (深度 12 m 以浅) の浅層地下水と水道水 (地点 TW1) (図1) の採水を行い、主要溶存成分、 $\delta^{18}\text{O}$ 、MPs の分析を実施した。地点 N2, 地点 N4 は PTFE (Polytetrafluoroethylene) 製のベーカーで、その他の地点は手押しポンプまたは蛇口から採水した。MPs 分析用の試料は 280 mL (地点 N2 のみ 110 mL) のステンレス容器に保存し、実験室で全量をステンレスメッシュ (目開き 26 μm) でろ過した。ろ過後はステンレスメッシュ上の残渣に H_2O_2 (質量分率 30.0%~35.5%) を滴下し、恒温器 (60°C) で一晩加熱して有機物を分解した。MPs の同定は FT-IR (フーリエ変換赤外分光光度計) (Thermo Fisher Scientific Nicoket iN 10MX/iZ10) を用いた顕微透過法で行った。

3. 結果と考察

都市の地下水形成に果たす降水浸透水・水道漏水・下水漏水の寄与率を Cl^- 濃度 (図1) と $\delta^{18}\text{O}$ 値に基づく3成分混合解析で算出した結果、下水漏水の寄与率は 20% (地点 N5) ~55% (地点 N2) と推

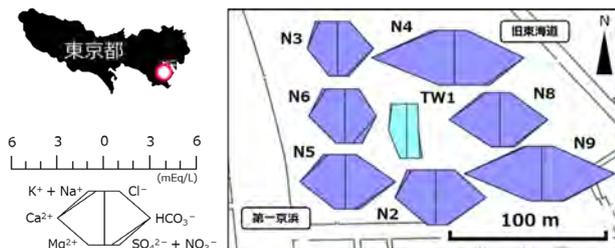


図1 東京都品川区北品川地区の調査地点および浅層地下水の水質 (2024年1月)

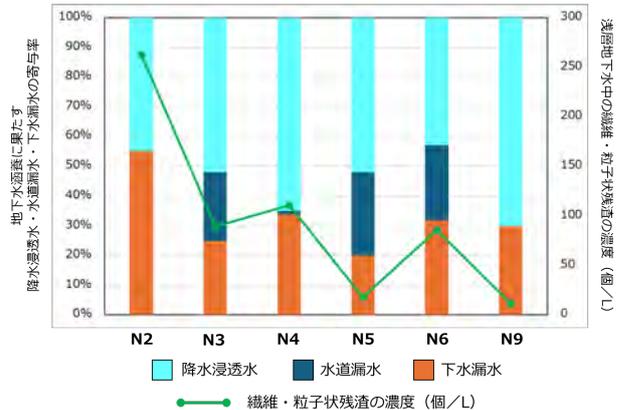


図2 東京都品川区北品川地区の浅層地下水の形成に果たす降水浸透水・水道漏水・下水漏水の寄与率および MPs と考えられる繊維・粒子状残渣の濃度 (2024年1月)

定された (図2)。調査地点は狭い範囲内 (東西約 100 m, 南北約 60 m) に位置しているが (図1), 3成分それぞれの寄与率は地点間で大きく異なっていた。一方、ステンレスメッシュ上の残渣を実体顕微鏡で確認したところ、形状や色、透明度から MPs と考えられる繊維・粒子状残渣が 12 個/L (地点 N9) ~ 263 個/L (地点 N2) 検出された (図2)。これらの中から代表的な 3 個の粒子状残渣を選定し、FT-IR で分析した結果、PTFE, Polyethylene および Polyurethane と同定された。ここで検出された繊維・粒子状残渣の全てを MPs と仮定すると、地点 N2~地点 N6 と地点 N9 の3成分混合解析の結果と MPs 濃度の関係 (図2) から、下水漏水の寄与率が高い地点では MPs 濃度が高いという明瞭な傾向が認められる。さらに北品川地区の浅層地下水からは、医薬品類や陰イオン界面活性剤等の人為起源物質が検出されており、MPs 濃度が最も高い地点 N2 (263 個/L) からは、これらの人為起源物質が特に高濃度で検出されている (伊東ほか, 2022)。以上から、本研究で検出された MPs は下水漏水由来であることが強く示唆され、浅層地下水中の MPs 濃度は、下水漏水混入の発生とその程度を評価する上での新たなトレーサーになりうるものと期待される。

水質・放射性同位体から推察される 高山帯植生部における水貯留機能

*谷 和音 (信州大・院)・榊原 厚一 (信州大・理)・廣田 昌大 (信州大・基盤研究支援センター)
・辻村 真貴 (筑波大・生命環境系)・藤野 真優 (筑波大・院)・鈴木 啓助 (信州大・理)

1. はじめに

高山域は多量の降水と大きな動水勾配を有することから、低地へ多量の水資源を供給している (Sakakibara and Suzuki, 2022)。これまで、高山域は水貯留機能に乏しいと考えられてきたが (Clow et al., 2003)、近年では高山特有の地形や堆積構造によって降水が一時的に地下に貯留されることが明らかとなってきた (e. g., 林ほか, 2020)。また, Fujino et al. (2023) は、高山帯植生部に形成された土壌が水貯留機能を有することを示唆したが、土壌・岩盤の水貯留機能の差や、貯留水の流出過程について未解明な部分が多い。

ラドン (^{222}Rn) はウラン系列の放射性同位元素であり、鉍物中の ^{226}Ra の崩壊により生成される。 ^{222}Rn は、半減期が約 3.82 日と短いことや、水への溶解度が大きいこと、 ^{222}Rn 濃度の大きい地下水が地表へ湧出すると大気とのガス交換により ^{222}Rn 濃度が急速に減少するといった特性から、地下水と地表水で極めて大きな濃度差を持つ。このような特性を持つことにより、 ^{222}Rn は地下水の動態を明らかにするトレーサーとして用いられている。

そこで、本研究では山岳水文研究でよく使用される酸素・水素安定同位体比や溶存イオン濃度等に加え、地下水の流出と降水の一時的貯留を評価することができると考えられる ^{222}Rn をトレーサーとすることで、流出水の起源を考察し、高山帯の水貯留機能を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

2023年7月から10月にかけて、乗鞍岳東斜面 (標高 2600–3026 m) で調査を行った。主な土地被覆はハイマツが優占し土壌が形成されている植生部と、周氷河性の岩屑が覆う裸地部に分けられる。観測項目は降水量、渓流水位であり、上記期間中に隔週で現地調査を行い、融雪水、降水、湧水、渓流水を採水し、水温、pH、電気伝導度 (EC) を測定した。ま

た、試料は実験室に持ち帰ったのち、主要無機溶存イオン濃度 (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-})、 ^{222}Rn 濃度、 SiO_2 濃度を分析した。

3. 結果・考察

裸地部溪流では7月30日に水枯れが発生したが、植生部溪流では、水位の低下は緩やかであり継続して観測された。 δ ダイアグラムにおいて裸地部湧水は天水線の上にプロットされたが、植生部湧水は、天水線よりも傾きが緩やかにプロットされた。これは植生部に被覆するハイマツの樹冠遮断による蒸発の影響を受けていると考えられ、植生部で涵養された降水を起源にもつと考えられる。裸地部湧水では Ca-HCO_3 型の水質を示し、植生部湧水では $\text{Na(K)-HCO}_3(\text{SO}_4)$ 型の水質を示した。また、植生部湧水は溶存イオン濃度、 SiO_2 濃度、 ^{222}Rn 濃度のいずれにおいても、裸地部湧水よりも大きく、特に植生部湧水 (下流) では Na^+ など一価の陽イオンと SO_4^{2-} の濃度が高い傾向がみられた。これは粘土鉍物とのイオン交換や火山性硫化鉍物との反応によるものと考えられ、より長く深い滞留構造を持つと考えられる。加えて、植生部湧水では、水温、溶存イオン濃度、 SiO_2 濃度、 ^{222}Rn 濃度の変動が小さく、土壌層の地下水ではなく岩盤層の地下水の寄与が示唆された。

以上の考察と各流域の土地被覆条件を踏まえると、裸地部では、粗粒堆積構造により降雨の浸透が早く岩盤の上を迅速に流出するが、植生部では土壌の発達により降雨の浸透が遅く、岩盤層への地下水の涵養を促進するため、岩盤層に水が貯留されることにより高い水貯留機能を持つと考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、大森康孝先生 (弘前大学)・安岡由美先生 (神戸薬科大学) には ^{222}Rn 濃度の分析・解析において様々なご助言、ご協力をいただきましたこと、この場でお礼申し上げます。

*山中千穂（奈良女子大・院・人間文化総合科学）、石田裕子（摂南大・理工・都市環境工学）、田中亜季・竹門康弘（大阪公立大・国際基幹教育機構）、片野泉（奈良女子大・研究院自然科学系）

1. はじめに

今日、河川ではダムによる流量調節などの人為的影響により河道内の環境が単調化する傾向にある。このような河道内環境の改善のため、京都府の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。聖牛は、砂州上にワンドやたまり等の一時的な水域を創出させることで、生息環境を多様化させることが既往研究により示されている。創出された一時的な水域は止水環境であることから、本川のような流水環境ではみられないような分類群の生息が確認されている。

一方、河川生態系においては表層水域と河床間隙水域という垂直方向の連続性が重要視されてきた。河床間隙水域とは表層水域と地下水域の間隙領域のことで、生物の生息場や避難場として機能し（Brunke & Gonser 1997, Dole-Olivier et al. 1997）、隣り合う水域間で水の交換や生物の移動があると考えられている。聖牛により、表層水域だけでなく間隙水域の構造も変化することが予想されるが聖牛周囲における両水域間の連続性について着目した研究例はまだない。そこで本研究では、聖牛により創出された一時的な水域の表層水域および隣接する河床間隙水域がどのようにつながり、生息場として機能している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2月から9月の間に計5回、木津川中流域（京都府井手町）に位置する、聖牛設置中の右岸側砂州において調査を行った。聖牛周囲の一時的な水域の表層水域3地点と、その上流側の河床間隙水域3地点を調査地点とした。各地点で水温・水質（pH, EC, DO）を測定し、間隙水域では土砂粒径や透水係数などの測定を行った。また、表層水

域においてはDフレームネットを用いた時間単位定量採集、間隙水域においては定量性を高めるため間隙トラップを用いて生物を採集した。生物サンプルは、ホルマリン固定して持ち帰った後、実験室にてソーティング、顕微鏡下で可能な限り下位分類群まで同定、計数した。

3. 結果

増水攪乱によるトラップ流出の影響で、調査5回中生物が採集できたのは4、7、9月の3回であり、全6地点から計99分類群の生物が採集された。この内、一時的な水域の表層水域と河床間隙水域に共通したのは29分類群で、最も個体数が多かったのはユスリカ亜科であった。また、各地点の生物群集の結果からNMDS (Non-metrical Multi-Dimensional Scaling) 解析を行った結果、表層水域と間隙水域の群集は有意に異なることが示された（PERMANOVA, $P=0.005$ ）。さらに、6、8月に起きた増水攪乱後の7、9月の結果において、間隙水域は表層水域と比較して群集組成の変化が小さいことも示された。

4. 考察

一時的な水域の表層水域と、隣接する河床間隙水域の生物群集間には有意差が見られたが、ユスリカ亜科などの分類群が共通して出現した。これらの分類群は両水域で生息可能であることがわかり、水域間を移動している可能性が考えられる。また、攪乱後も群集組成の変化が少なかったことから、間隙水域は表層水域よりも攪乱の影響を受けにくい安定した環境である可能性が示唆された。口頭発表では、安定同位体分析を用いた食物網の解析結果についても示す予定である。

1. はじめに

島根県東部に位置する宍道湖では、夏季から秋季にかけて時折アオコが発生する。その要因の一つに斐伊川から宍道湖へと流入する懸濁態リンが考えられる。本研究では、形態別無機態リンの定量法（江川ら 2017）を活用し、斐伊川下流（神立橋）において高流量（出水）時に一定時間ごとに採水を行う連続調査を実施し、濁水に含まれる懸濁態リンを形態別に測定し、出水時のリンの形態別変動特性、とくに汽水湖の湖水に影響を及ぼす Fe 型リン（Fe-P）の負荷特性などの実態を明らかにすることを目的とした。

2. 調査方法と分析方法

斐伊川下流神立橋において、1 回目:2022/7/18 – 7/20, 2 回目:2022/8/16 – 8/19, 3 回目:2022/8/31 – 9/2, 4 回目:2022/9/19 – 9/21, 5 回目:2023/5/29 – 5/31, 6 回目:2023/7/8 – 7/11 の合計 6 回、一定時間ごとに濁水を採水した。そしてその濁水を定量分析用 5 種 C でろ過し、ろ紙に捕捉された懸濁物（SS）を乾燥後試料とし、試料中の各無機態リンを形態別無機態リンの連続分画定量法（江川ら 2017）を用いて測定し、リン酸を定量した。今回はその中で 2022 年の結果を中心に解析した。

3. 結果と考察

Fe-P の変動特性として、流量の最も大きかった 1 回目の調査（最大流量:約 444.3 m³/s）では流量増加期において、Fe-P 濃度が急速に上昇した（Fig. 1）。また、Fe-P 濃度は流量の減少とともに低下し、その後、徐々に低下したと考えられる。一方、流量の最も小さかった 3 回目の調査（最大流量:約 97.8 m³/s）では、流量増加期より流量減少期で Fe-P 濃度が大きくなっていった（Fig. 2）。これは、最大流量が小さいときは流量の変動幅が小さく、Fe-P を多く含む懸濁粒

子も流量のピークまでに大量に流下するのではなく、緩やかに流され流量の低下とともに沈降したことを示唆する。Fe-P 以外の懸濁無機態リンである Al 型リン（Al-P）と Ca 型リン（Ca-P）に関しても似た傾向を示した。

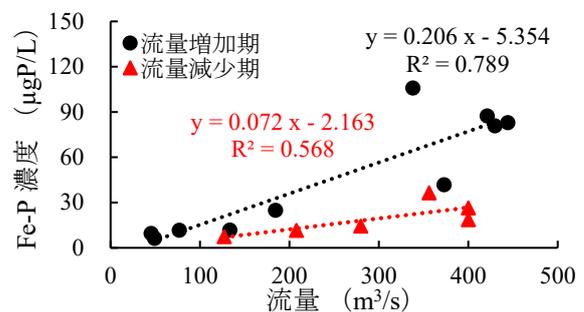


Fig. 1 Fe-P 濃度と流量の関係
(1 回目:2022/7/18 – 7/20)

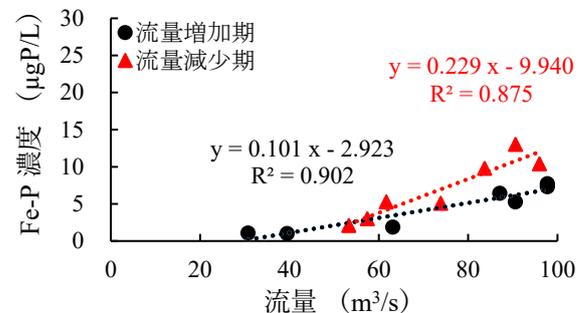


Fig. 2 Fe-P 濃度と流量の関係
(3 回目:2022/8/31 – 9/2)

また、斐伊川の流出特性として、2022 年においては平水時が 320 日、出水時が 45 日であった。平水時、出水時の日数とそれぞれの負荷量から算出すると、出水時における負荷が斐伊川における懸濁態リンの全体の約 78% を占めた。これにより、出水時の負荷が宍道湖の水質に多大な影響を与えていることが分かった。

*中井 菜月 (信州大・院), 榊原 厚一 (信州大・理)
百瀬 正幸 (安曇野市), 中屋 眞司 (信州大・工)

1. はじめに

近年、長期にわたる地下水の取水や土地利用の変化、気候変動に伴い地下水資源が縮小してきており、水資源を管理・保全することが極めて重要になってきている。限られた水資源を持続的に利用するための手法として、水資源を地下へと涵養させる方法が有効であるとされる (Dillion et al., 2019)。

これまで、水田や人工池などによる面的な地下水涵養効果が期待できる取り組みが行われてきた。これにより、地下水涵養は、地下水が流動している地域を対象とした集中涵養法が有効であると考えられる (e.g., 肥田, 2007)。そのような地域は大抵山麓部などの斜面となっているため、水路を用いた涵養は、人工池などと比べて土地の持つ自然の特性を活かすことができ、環境負荷を抑えつつ水資源を管理できると思われる。しかしながら、そのような場において、浸透性水路などの地下水涵養効果の検証はほとんど報告されておらず、低地帯水層地下水に対する水路の役割は未解明な部分が多い。

そこで本研究では、地下水流動系が既知である地域の洪水防止用人工排水路を対象に、水路維持用水の地下水涵養量や涵養された水の影響範囲を定量化することで、浸透性水路の地下水涵養効果を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

研究対象地域は、長野県の松本盆地安曇野地域である。この地域は北アルプス山麓から糸魚川-静岡構造線における地下部で深い水がめとなっており、地下水は松本盆地最下流部に向かって収束するように流動している。あづみ野排水路を主な対象として、2022年11月から2023年3月まで、水路維持用水・盆地内地下水・降水を連続観測した。水路維持用水は、あづみ野排水路を流下する過程で流量が減少し、地下水を涵養する。調査は約3週間ごとに行い、水路維持用水、地下水、河川水、降水 (信州大学屋上) の全採水試料で、水温、pH、電気伝導率、主要無機溶存イオン濃度 (Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 F^- 、

Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^-)、酸素・水素安定同位体比を測定、分析した。また、水路維持用水の流量を求めるため、落水地点における水位を15分間隔で観測し、流量を水位データと水位-流量曲線を用いて算出した。さらに、あづみ野排水路周辺とその下流部において、計5地点の地下水位を1時間ごとに観測した。

3. 結果と考察

実験期間中に流れた水路維持用水の総流量は、83.5万 m^3 であった。水は流下する過程で減少し、やがて消失したことから、全量が地下水を涵養したと言える。一方で、地下水位は実験前とほとんど変わらず単調に低下した。涵養効果が水位に表れなかったのは、地表水と地下水が水理的に連続していないことに起因する可能性がある。すなわち、重力に従い鉛直下方向の浸透が生じたものの、局所域を超えた地下水位上昇が生じなかったのだと考えられる。そこで水質に着目した。

水路維持用水の主要無機溶存イオン濃度は、 HCO_3^- を除いたその他のイオンにおいて、周辺の地下水より低いという特徴が見られた。また、水路維持用水が消失した地点のすぐ下流に位置する地下水においては、調査期間中にほとんどの主要無機溶存イオン濃度が水路維持用水の値へと近づく傾向が確認できた。また、酸素・水素安定同位体比も同様に、水路維持用水の方が周辺地下水の値より低いという特徴が見られたが、地下水の値は、調査期間中に水路維持用水の値へと近づく傾向が見られた。よって、あづみ野排水路から地下へと浸透した水路維持用水は、地下水流動方向に位置する地下水と時間と共に混合していることがわかった。

また、ダルシーの法則を用いて水路維持用水の到達地点を考察したところ、水路維持用水はあづみ野排水路から約1kmの地点まで流動したと推定され、水質や酸素・水素安定同位体比の影響が見られた地点までの範囲とおおよそ一致した。

O-A06

異なる地質の河床間隙水域における生物群集

*島彩乃（奈良女子大学大学院人間文化総合科学研究科）、
大川晴菜（奈良女子大学大学院人間文化総合科学研究科）、
田中亜季（大阪公立大学国際基幹教育機構）、
片野泉（奈良女子大学大学院自然科学系）

1. はじめに

河床間隙水域とは、河床や河畔・砂州下の礫・砂間を満たしている飽和水域であり、表層水と地下水の交換が起こる場所である。砂州頭では河川表層水が河床にしみ込む down-welling 現象が起こり、砂州尻では間隙水が河床に染み出る up-welling 現象が起こることから、河床間隙水域の環境特性は同一砂州・同一河川内でも異なっている。さらに、流域の地質が異なる河川間では河川を構成する礫や砂の大きさが異なるため、河床間隙水域の環境特性が異なり、間隙生物群集も大きく異なることが想定される。本研究では、同一河川に属し地質の異なる2支川において、砂州頭・砂州尻を含む河床間隙水域の間隙生物群集を比較し、地質をはじめとする環境特性にどのような影響を受けているかを考察する。

2. 材料と方法

奈良県吉野郡東吉野村内を流れる四郷川と平野川を調査対象河川とした。両河川は典型的な山地溪流で、紀の川水系高見川の支川である。高見川沿いには中央構造線が走っていることから、高見川を挟む左岸側と右岸側で地質が異なる。高見川右岸側から流入する平野川の地質は花崗岩で風化しやすく、河床間隙水域の細粒分は主に砂で構成されている。一方、高見川左岸側から流入する四郷川の地質は混在岩で風化しにくく、河床間隙水域の細粒分は主に小礫で構成されている。

それぞれの河川で、本川1地点と、隣接する2つの砂州の河床間隙水域計4地点ずつを調査地点とした。河床間隙水域地点は、それぞれ、上流側砂州の砂州頭(St. 1)、砂州尻(St. 2)、下流側砂州の砂州頭(St. 3)、砂州尻(St. 4)である。調査は、2023年3月14日、6月27日、7月24日に行った。

河床間隙生物の捕獲のため、3月、6月の調査時に各地点の河床間隙水域に間隙トラップを設置し

それぞれ6月、7月に回収した。トラップ内に捕捉された生物は0.25mmメッシュのシーブで選別し、最終濃度10%のホルマリンで固定して実験室へ持ち帰り、検鏡して同定・計数した。河床間隙水の水質を調べるため、各調査の最初に河床間隙水を採集し、電気伝導度、pH、溶存酸素量、水温を測定した。各地点の間隙粒度組成を調べるため、金属カップを用いて間隙土砂を採集して持ち帰り、ドライオープンで乾燥させた。実験室では31.5, 16, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125mmメッシュのシーブでふるった後に重量を測定し、粒径加積曲線を作成して粒径中央値 D_{50} を算出した。各地点の水の通りやすさを調べるため、ピエゾメーターを用いて透水係数を計測した。調査時期には増水攪乱によりトラップの流出が起こったため、間隙生物群集の解析には全てのトラップが回収できた7月24日の生物データを用いた。

3. 結果と考察

D_{50} より、間隙土砂の粒径は四郷川より平野川で小さいことが分かった。河床間隙水域の生物群集について、総個体数は平野川の方がより多い傾向にあった。みられる生物の種類にも違いがみられた。河床間隙水域地点では、カゲロウ目は両河川の全地点でみられ、四郷川の方が多く、また、平野川ではSt. 3の密度が高かった。イトミミズ目は、平野川では複数地点でみられたが、四郷川ではSt. 3のみでみられた。

地質をはじめとする環境要因と間隙生物群集について、多変量解析NMDSやRDAなどを用いて解析したところ、透水係数と生物群集に強い対応関係がみられた。一方、 D_{50} と生物群集には強い対応関係はみられなかった。このことから、水の通りやすさが、生物群集に影響を与えていることが考えられた。他の環境要因と生物群集の関係についても、引き続き考察していきたい。

タイ王国 Bang Pu のマングローブ植林クロノシーケンスに おける孔隙水溶存有機物の濃度・組成の解明

*住岡龍¹, 大塚俊之², Sasitorn Pongparn³ 西村裕志⁴, 木田森丸¹
(1 神戸大・農, 2 岐阜大・流域研, 3 チュラ大・理, 4 京大・生存研)

1. はじめに

マングローブ林は溶存有機物 (DOM) の供給源であり、海洋へ流入する全球の陸域由来 DOM の 10%を供給すると見積もられている。海洋 DOM は大気 CO₂に匹敵する炭素プールであり、その大部分が数千年の年代を示す難分解性成分である。また、DOM は微生物の食物網に影響を与え、微量金属の酸化還元反応を引き起こし、太陽光を減衰するなど陸域および水域における多様な生態系機能に関与する。DOM の安定化メカニズムには、DOM の分子組成およびそれらの濃度分布、構成分子種の多様性が重要であると考えられている。本研究では、植林後の経過年数が異なるマングローブ林において、土壌孔隙水中の DOM 濃度および組成、構成分子種多様性の年代経過による変化を解明することを目的とした。

2. 材料と方法

試料の採取はタイ王国中部に位置するマングローブ植林地 (北緯 13 度 31 分, 東経 100 度 39 分) において、2023 年 3 月初旬 (乾季) の干潮時に、植林経過後年数 10 (Site 1), 12 (Site 2), 14 (Site 3), 18 (Site 4) 年の合計 4 サイトで行った。各サイトでマングローブ林の海端 (0 m) から陸地へ 10, 30, 50, 70, 90 m 向かった地点と海側へ 5 m 向かった地点 (干潟) において、表層から 5~10 cm の深さで Rhizon サンプラー (孔径 0.2 μm のインラインフィルター付き) を用いて孔隙水試料を採取した。現場で環境要因として水温、塩濃度、pH、Eh を測定した。試料は採取当日に pH 2 に酸性化し、サンプリングに用いたオールプラスチックシリンジに保存したまま日本に保冷輸送した。その後、溶存炭素濃度と栄養塩濃度を測定し、PPL 樹脂を用いた固相抽出による DOM の脱塩濃縮を行った。抽出試料を水:メタノール 1:1 (v/v) 溶液中で 20 mg CL⁻¹に調製し、フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析計 (FT-ICR MS) を用いて含有分子種の精密分子量から分子組成を決定

し、含有元素によって化合物グループを分類した。また、得られた 3713 個の相対ピーク強度に基づく Bray-Curtis 非類似度を計算し主座標分析を行い、年代経過による DOM の組成変化を二次元平面上に可視化した。また、含有分子種の多様性を有効種数で定量した。

3. 結果

採取地のマングローブ土壌孔隙水は、おおよそ pH は 7.0~7.7, Eh は -80~100 の値を示し、溶存無機窒素は全てアンモニウム体で存在した。DOM 濃度は 5~25 mg CL⁻¹の値を示し、陸地に向かって増加した。炭素、水素、酸素のみを含む化合物は相対強度比で DOM の約 65%を占めた。また、溶存有機硫黄 (DOS) は相対強度比で DOM の約 20%を占め、全ての化合物グループで観測された。さらに、DOS の有効種数は DOM の有効種数の約 30~40%を占めた。DOM 濃度および構成分子種多様性は Site 3 と Site 4 の陸側で増加した。主座標分析の結果から、DOM 濃度および構成分子種多様性が増加した地点では芳香族炭素や DOS の割合増加が示唆された。

4. 考察

DOS が全ての化合物グループで確認されたため、還元雰囲気中の孔隙水中で DOM の非選択的な非生物学的加硫反応が起こっていることが示唆された。DOM 構成分子種多様性に対する DOS の寄与率が、DOM 内における DOS の相対存在量より大きかったため、マングローブ林の発達により化学構造的に難分解性を示す DOM が増加することで、DOM の構成分子種多様性が増加する可能性が示唆された。また、マングローブ林の発達に伴って難分解性 DOM が蓄積し、潮汐作用により海洋へ流出する難分解性 DOM 量が増加する可能性が示唆された。ただし、本研究は一度のサンプリング調査のみに基づいているため、孔隙水 DOM の連続変化を長期的にモニタリングすることで、マングローブ林から供給される DOM が炭素循環に与える影響を予測できるだろう。

アミノ酸指標を用いた諫早湾における 堆積物中易分解性窒素の分布特性 —特に干拓調整池の影響について—

*宮原昂太郎, 高巢裕之, 伊藤真依子, 近藤能子 (長崎大院・水環)

1. はじめに

有明海北西部に位置する諫早湾では、1990年代の国営干拓事業により潮受け堤防が建設されて以降、赤潮が高頻度・長期化するようになった。諫早湾には、干拓事業により造成された調整池から高濁度な池水が排水されており、これが赤潮の誘発要因となっていることが指摘されている。赤潮が深刻化する夏場には、池水中の溶存無機態窒素 (DIN) は枯渇するものの、有機態窒素は溶存・懸濁態ともに豊富であり、これらの易分解性画分 (以下、易分解性有機態窒素) が排水後に海水中で分解されて DIN を再生するため、これが赤潮の窒素源となっていることが報告されている。一方で、排水中の懸濁物の多くは、排水後に堤防付近で速やかに沈降するため、堤防付近には池水由来の懸濁態の易分解性有機態窒素が蓄積している可能性がある。浅い海域では、堆積した有機物が分解され、それに伴い再生された栄養塩が海底直上水に溶出する過程が、しばしば主要な栄養塩供給経路となる。そのため、堆積物中に易分解性有機態窒素が蓄積している場合、水柱への主要な DIN 供給源として機能し得る。しかし、諫早湾の堆積物中における易分解性有機態窒素の堆積状況やその調整池排水との関連は不明である。

そこで本研究では、諫早湾干拓堤防付近から有明海にかけての堆積物表層における易分解性有機態窒素の分布特性を明らかにするとともに、調整池排水が易分解性有機態窒素の分布に及ぼす影響について考察した。また、堆積物培養実験を行い、堆積物から水柱への DIN 溶出速度を評価した。

2. 材料と方法

諫早湾干拓堤防に設けられた排水門およびポンプ付近から湾口部にかけての調査を 2023 年 5 月から 11 月の計六回、排水ポンプ付近から有明海中央部にかけての調査を 2023 年 10 月に行い、アクリルコアを用いて表層から 2 cm までの堆積物を採取

した。堆積物試料は、間隙水中の DIN 濃度、易分解性有機態窒素の指標としてアミノ酸 (AA) 濃度、植物プランクトン由来有機物の指標としてクロロフィル a (Chl.a) 濃度の測定に供試した。また、諫早湾奥部と湾口部、有明海中央部にて採取した堆積物コアを用いて培養実験を行い、DIN 溶出速度を測定した。

3. 結果と考察

AA 濃度は堤防前で最も高く、堤防からの距離と共に減少した。間隙水中の DIN はアンモニア態窒素 (NH_4^+) がほとんどを占めており、AA 濃度と同様の分布であった。また、AA 濃度と間隙水中の NH_4^+ 濃度には正の相関があった ($r = 0.595, p < 0.0005$)。堆積物からの DIN 溶出速度は、堤防前で高い値をとり、湾口部や有明海では比較的低い傾向にあった。よって、堤防付近では、堆積した易分解性有機態窒素の分解によって生じる NH_4^+ が、活発に水柱へと供給されている可能性がある。また、AA 濃度と Chl.a 濃度との間には強い正の相関があったことから ($r = 0.659, p < 0.0001$)、諫早湾における易分解性有機態窒素の分布は、植物プランクトンの沈降の程度に影響されていることが示唆された。堤防付近では、調整池由来の易分解性有機態窒素が水柱や堆積物表層で速やかに分解され、再生された DIN を利用して植物プランクトンが増殖することから、これに由来する易分解性有機態窒素が顕著に堆積しているものと考えられる。

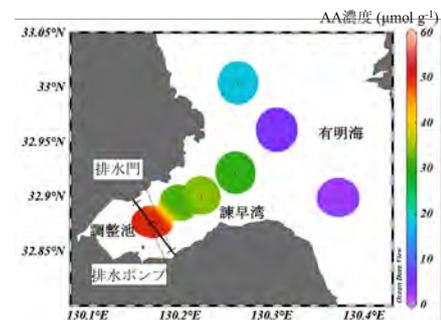


図 1. 2023 年 10 月の諫早湾表層堆積物中の AA 濃度

1. はじめに

溶存有機物 (Dissolved Organic Matter:DOM) や水系腐植物質 (Aquatic Humic Substances:AHS) は水域生態系のエネルギーフローの起点となる重要な物質である。湿原で多く生成される DOM や AHS は、河川を経て海域に輸送される。しかしながら、輸送過程で分解や塩分による凝集により消失すると考えられ、湿原由来の DOM や AHS は一部のみ河川や海域へ輸送されると推察される。DOM と AHS の分解については多くの報告例があるが、凝集過程については不明な点が多い。特に塩分が侵入する河口域において DOM と AHS がどの程度の塩分でどのくらい凝集・沈殿し消失するかよくわかっていない。

そこで本研究では、日本最大である釧路湿原を対象に、湿原由来の DOM と AHS が河川を経て海域にたどりつくまでの変化を明らかにするため、釧路湿原、釧路川および新釧路川、沿岸域の水を採水し、DOM と AHS 炭素濃度、蛍光性 DOM 成分の測定を行った。また河口域において潮位によるこれらの変化も観測した。さらに室内実験で湿原湖水と人工海水の混合実験を行い、塩分ごとの DOM と AHS および凝集沈殿の変化を検討した。

2. 材料と方法

2024 年 8 月に釧路湿原赤沼南岸の表層水と直上水、釧路川 5 地点と新釧路川 4 地点、新釧路川河口と恋問海岸の採水を行った。また新釧路川河口域、釧路川の雪裡橋において表層、中層、下層の河川水を満潮時と干潮時、その中間時に回収した。現場で電気伝導度を EC メーター (D-54 HORIBA) を用いて測定した。これらの試料水は持ち帰り DOM と AHS 炭素濃度を測定した。

室内混合実験では 2023 年 8 月に赤沼直上水を用いた。赤沼湖水をろ過した後、人工海水 (Lyman and Fleming 1940) と混合し、塩分を 4.3, 8.6, 12.9, 17.2, 21.6, 25.9 psu に調製した。混合から 1 日目の DOM と AHS 炭素濃度、蛍光性 DOM 成分と蛍光値、凝集沈殿量の測定を行った。

DOM 炭素濃度は、TOC 計 (TOC-2300 平沼産業) で、AHS 炭素濃度は DAX-8 樹脂吸着—炭素測定法

(Tsuda et al. 2012) で測定した。DOM 成分は EEM—PARAFAC 法で測定した (Aqualog HORIBA)。

3. 結果と考察

2024 年 8 月に採取した赤沼湖水、河川水、海水の DOM と AHS の化学分析は現在進行中である。

混合実験において DOM 炭素濃度は人工海水の添加によって減少し、その減少率は塩分の上昇にともなって増加した。同様に AHS 炭素濃度は人工海水の添加によって大きく減少し、減少率も塩分にもなって増加した。これらの結果から凝集沈殿量は塩分の上昇にともなって増加すると推察された。

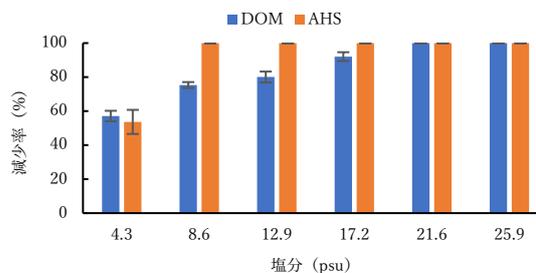


図 1. 混合実験における DOM と AHS の減少率

EEM-PARAFAC 法により 2 つの DOM 成分が検出された (成分 1 : Ex/Em=<252, 306/436 nm 成分 2 : Ex/Em=267, 381/483 nm)。両成分とも湿原でよくみられる腐植様成分であった。成分 1, 2 の相対蛍光強度 (FI) は変動がみられたものの、希釈倍率によって算出された FI 値 (理論値) とほとんど差が無かった。このことから、両成分は塩分の影響を受けない成分であると考えられた。赤沼の湖水では、これまでに成分 1, 2 の他にもう 1 つ成分が検出されている (Senga et al. 2017, 2018)。その成分が塩分の影響を受け消失したと推察された。

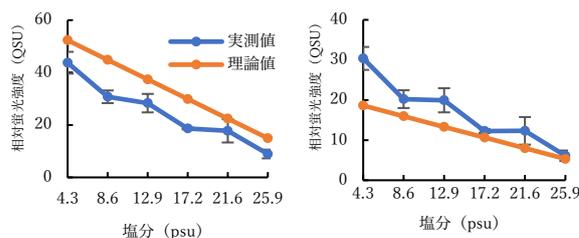


図 2. 成分 1, 2 における相対蛍光強度
左: 成分 1 右: 成分 2

コサナエ *Trigomphus melampus* 種特異的プライマーの 開発と分布調査への適用

*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絶した生息地が存在することも知られている。奈良県においては下北山村で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物として保護してきた。そうした中、2021年6月に奈良市の山あいでコサナエ雄一頭が発見された。Webデータベース 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、非侵襲的手法である環境 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されていない。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、分布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。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。

プライマーの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、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た分布確認を行った。

3. 結果と考察

配列比較の結果、全国及び奈良県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 領域では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 11 種設計した。それらのプライマーについて種特異性判定を行った結果、コサナエとオグマサナエ、タバサナエの判別はできたものの、コサナエとフタスジサナエの判別は困難であった。そこでこの段階ではコサナエ・フタスジサナエの 2 種を検出するプライマーとして、コサナエの生息が確認されている地域のため池水から eDNA 検出を試みたところ、複数地点から eDNA を検出することができた。

次に、コサナエとフタスジサナエの識別のため、Nested PCR を行った。既に設計したプライマーセットを 1st プライマー、新規に設計したプライマーセットを 2nd プライマーとし、4 候補の組み合わせで Nested PCR を行った結果、コサナエのみを検出することができた。今後は設計したプライマーを用いて、採水を進めている奈良県各地の環境水からのコサナエ eDNA の検出を行いたい。

*吉田 豊 (愛知工業大学大学院), 新実 智嗣 ((株)水地盤研究所)

1. はじめに

本研究は、2005年に開催された日本国際博覧会（愛知万博）の会場の一部となった「海上の森」を対象とした。本研究グループでは、2008年から林外雨量や樹冠通過雨量、河川流量等の水文量のモニタリング調査を継続的に行っている。また、海上の森では2008年以降常緑広葉樹が優占してきている。本研究では、2009年から2023年の樹冠通過雨量と林外雨量の関係を経年的に把握し、樹木の成長、樹種の変化が、樹冠通過雨量に与える影響について明らかにすることを目的とした。

2. 対象地域・観測方法

海上の森は愛知県瀬戸市に位置する都市近郊林であり、その中でも愛知工業大学に近い特定の小河川流域を対象とした。庄内川流域で、流域面積は1.66haである。

流域内の7×7m四方内に、0.5mm転倒マス雨量計をA-E地点の5つ設置し、樹冠通過雨量の計測を10分間隔で自動計測を行った。同様の機器を林外に設置し、林外雨量の計測も行った。本研究では2003年から設置しているA地点の長期データをもとに解析を行った。

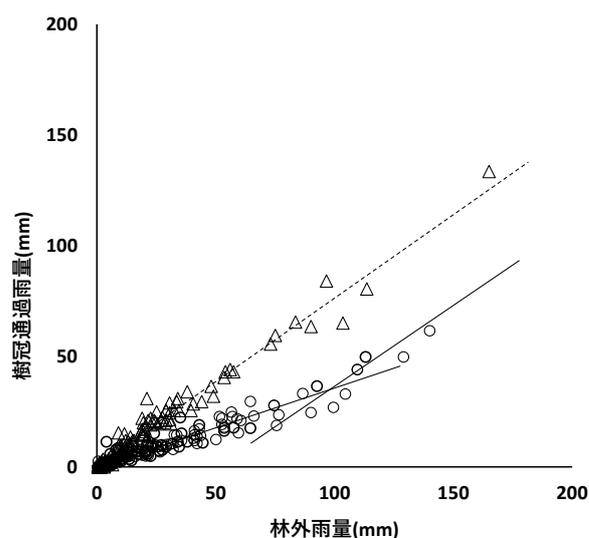
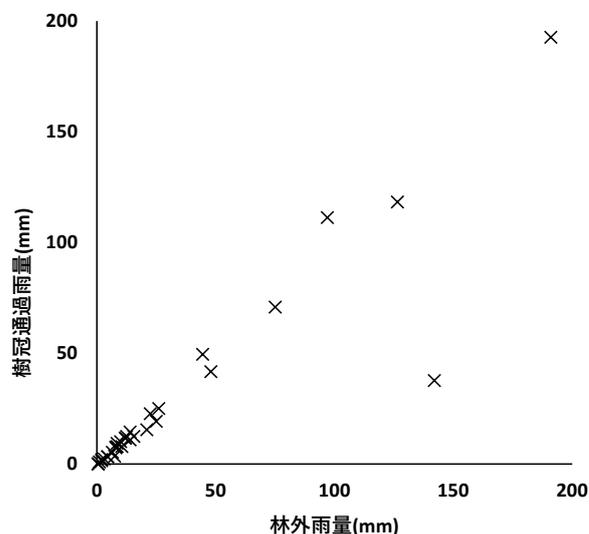
また、土壌水分量、樹幹流下量、河川流量、ECも連続観測を行っているが本研究では扱わない。

3. 結果

解析期間は初期（造成直後）の2004年、造成工事後の2009,2010,2011年を前期、2022,2023年を後期と定義した。林外雨量と樹冠通過雨量はすべての期間で図-1のように直線関係の対応を持つ。図-1上のプロットは造成直後の2004年単体であり、直線の傾きは1に近い。しかし図-1下の前期では、傾きが小さくなり、林外雨量100mm付近で傾きが変化している。また後期になると1つの直線で表され、初期に似た1に近い傾きとなった。

4. 考察

図-1下の直線の傾きは樹冠通過雨率である。



上：初期×(2004-2005)造成直後
下：前期○(2009,2010,2011)、後期△(2022,2023)
図-1 期間別の林外雨量と樹冠通過雨量の関係

初期の樹冠通過雨率は造成に伴う伐採によりほぼ100%だが、5年後の前期になると樹冠の回復に伴い大きく落ちこんだ。通常であれば、さらに樹冠が発達し、樹冠通過雨率はより小さくなると想定されるが、これに反してさらに10年後の後期では、樹冠通過雨率は大きくなっている。

これは優占する常緑広葉樹の樹冠が発達し、後期になるほど滴下雨が多くなり、林床に到達する雨が多くなったことを示唆するものと考えられる。

1. 趣旨説明

湖沼の植物プランクトンは、光合成の中間代謝物や自己の分解物として溶存態有機物 (DOM) を排出する。DOM は、細菌による利用を通じるなどして、さまざまな化学物質へと変換される。また、DOM を利用して生産された細菌のバイオマスは、微生物ループを通じて原生生物の餌資源となる、あるいは *Daphnia* やワムシなど細菌を利用可能な動物プランクトンに摂食されることにより、より高次の食物連鎖へとつながる。

従来、DOM に端を発する物質循環の研究は光合成による有機物生産を起点としていることから、その研究のほとんどは太陽光が透過する光合成が活発な表水層において行われてきた。一方、湖沼の深水層は、太陽光が届かず、水温も低く、生物の現存量・生産が低いために、多くの研究者の注目を受けることが無かった。2022 年の陸水学会・兵庫大会において、我々は湖沼深水層の地球化学的および微生物生態学的過程を基軸とした「Hypolimnion ecology (湖沼深水層生態学)」を提唱し、これまで未解明な湖沼深水層における生態学の学術基盤を提唱した。また、この学術基盤の構築に当たり、琵琶湖をモデル湖沼として研究を加速させるための研究者連携である Lake Biwa Collaboration Group (LBCG) を立ち上げた。本課題講演では、「秘境生態系」とも言える湖沼深水層の地球化学的・微生物生態学的過程について LBCG の立ち上げ以降の我々の研究成果を中心に成果を報告し、より多くの皆さまとの情報共有と将来の研究発展へ向けた議論を行いたい。

1. はじめに

昨今の DNA シーケンス解析技術の急速な発展・普及によって、微生物生態学をとりまく我々の理解は塗り替えられたといってもよいほどに様変わりした。深水層の微生物生態系についても、世界各地の湖沼においてメタゲノム・メタトランスクリプトーム解析が進み、その多様性や機能の実態が明らかになりつつある。一方、新技術はシーケンス解析技術にとどまらない。メタゲノム情報を高解像度に解析するリードマッピングを基盤とした生物情報学的解析技術、環境中の微生物ゲノムを 1 細胞ずつ解析するシングルセルゲノム技術、未だ環境中で大多数を占める難培養系統の単離に挑戦する新たな培養技術など、深水層の微生物生態系に迫る技術的包囲網は多様化・先鋭化している。本講演では、演者が取り組んできたこれらの新技術を概説し、そこから分かってきた深水層の微生物生態系に関する最新知見を紹介したい。

2. 材料と方法

演者は全国の大水深淡水湖で調査を行っているが、今回紹介する新技術の応用にあたっては、先行知見や調査機会が充実し、自由度高く調査ができる琵琶湖を主な対象とした。いずれの解析においても、琵琶湖沖の定点にて、複数の水深・季節より採水を行い、試水に含まれる微生物(主に細菌)群集を対象として解析を行った。

リードマッピングについては、アセンブリ、ピニングの工程を経て構築された全ゲノム情報をリファレンスとし、アセンブリ前のメタゲノムリードをアライメント(マッピング)した。マッピングされたリードとリファレンス配列の間に生じる不一致を統計的に解析し、各微生物種の種内のゲノム多様性を、1 塩基、1 遺伝子の単位で解析し、どの種や遺伝子が特に多様化しやすいかを解析した。

シングルセルゲノム解析については、環境中の細菌を 1 細胞ずつゲルビーズに閉じ込めて、その

中で全ゲノム増幅を行い、ソーティングののちに 1 細胞ずつシーケンス解析を行う SAG-gel 技術を利用して、約 2000 個のゲルビーズを解析した。

分離培養への挑戦については、多くの水圏難培養細菌の単離で実績を上げている、ハイスループット限界希釈培養法を用いた。これは、環境中の細菌群集を希釈して、1 ウェル 1 細胞となるように 96 ウェルプレートに大量接種することで、確率的に新規微生物の単離株の獲得を目指す手法である。これまでに、深水層を中心に 80 プレート (>7500 ウェル)以上の接種・解析を行った。

3. 結果と考察

リードマッピング解析からは、琵琶湖沖で優占する 150 以上の細菌系統について、ゲノム上の 1 塩基多型と、構造多型を網羅した情報が得られた。多型の頻度は種ごとに大きく異なり、環境中で常に優占する系統ほど遺伝的多様性が高くなる傾向が見られた。一方、多型が入りやすい遺伝子をみると、ウイルスへの感染防御に関する遺伝子が上位に挙げられた。

シングルセル解析からは 800 を超える細胞のゲノム情報が得られ、1 細胞から完全長にまでアセンブリされたゲノムも得られた。その解析から、深水層特異的な系統である CL500-11 に感染するウイルスの存在が明らかになった。また、細胞ごとに異なる配列を持つ「個性」とも言うべき極めて多様化したゲノム領域が存在し、それらの領域にはウイルス感染に対する防御に関わると推察される遺伝子が集積していることが分かった。

培養実験からは、多数の深水層特異的な難培養微生物の単離株が得られた。これらのほぼ全てが国内の湖沼からは初めて得られた系統であり、中には世界的に見ても新規な細菌系統も含まれていた。現在これらの株を用いた詳細な性状解析を進めており、深水層の微生物の生理・生態の実験的な検証がいよいよ現実のものとなりつつある。

琵琶湖および流入河川における細菌生産量 ～付着性と浮遊性に着目して～

*沈尚（立命館大学）、土屋健司、霜鳥孝一（国立環境研究所）、
山口保彦（琵琶湖環境科学研究センター）、末吉正尚（国立環境研究所）

1. はじめに

水圏物質循環において、細菌は有機物の分解や再生産に関与するほか、微生物ループの起点となるなど重要な役割を担っている。細菌生産量（BP）は細菌の活性を表し、細菌が物質循環にどれほど寄与するのかを示す重要な指標である。そのため湖沼や河川など様々な水域を対象に、BPの時空間変動などに関する多くの研究結果が報告されている。

琵琶湖のように多くの河川が流れ込む湖では、河川中の細菌が湖内のBPに寄与していることが予想される。ところが、河川中の細菌が琵琶湖のBPに寄与しているかどうか以前に、流入河川のBPに関する知見が乏しいのが現状である。さらに琵琶湖や流入河川では細菌の基質となる有機物濃度とその形態別濃度も季節や地点によって大きく変動する。このことから形態別BPは河川細菌が琵琶湖BPに寄与しているかどうかを明らかにする上で必要な情報である。そこで本研究では琵琶湖および流入量の大きい12河川について、形態別（浮遊性細菌と付着性細菌）BPと有機物濃度を測定した。

2. 材料と方法

2022年3月から2022年11月まで毎月1回の調査を実施した。琵琶湖は北湖3地点、南湖1地点から採水した。流入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河川から採水した。BPは安定同位体標識したデオキシアデノシン（ ^{15}N -dA）試薬の取り込み量として先行研究に従って測定した（Tsuchiya et al., 2015, *JO*, 71(6), 675–683）。また、浮遊性細菌と粒子への付着性細菌を孔径1.2 μm のろ過によって分離し、ろ液のBPを浮遊性細菌のBPとした。付着性細菌のBPは全BP（ろ過せずに測定したBP）と浮遊性細菌BPの差分として求めた。ろ過はトレーサー試薬である ^{15}N -dAの添加前に行った。

琵琶湖および流入河川中の有機炭素濃度は全有機炭素計（NPOC法）を用いて測定した。孔径0.1 μm または0.2 μm でろ過したろ液に含まれる有機炭素濃度を溶存有機炭素（DOC）濃度とした。また粒子態有機炭素（POC）濃度は全有機炭素（TOC）濃度とDOC濃度の差分から求めた。

3. 結果と考察

琵琶湖の全BPは南湖で8月に最大値 4.0×10^8 cells/L/dを示し、北湖（水深60m）で8月に最小値 0.030×10^8 cells/L/dを示した。流入河川のBPは8月の長命寺川で最大値 99×10^8 cells/L/dを示し、11月の大宮川で最小値 0.013×10^8 cells/L/dを示した。琵琶湖、流入河川ともに最大値と最小値で100倍以上の差がみられた。また、琵琶湖における全BPに対する浮遊性細菌BPの割合は、中央値が26%、四分位範囲は21–33%であった。流入河川における全BPに対する浮遊性細菌BPの割合は、中央値が20%、四分位範囲が6.8–31%であった。このことから多くの地点で付着性細菌の方が浮遊性細菌よりも活性が3–4倍高いことが示唆された。

TOC濃度は12月に安曇川で最小値0.30mgC/Lを示し、8月に長命寺川で最大値3.8mgC/Lを示した。形態別にみると、ほとんどの地点でDOC濃度はTOC濃度の80%以上を占めた。BPと有機物濃度が形態別で逆転している理由として、有機物の生物利用性が考えられる。溶存有機物は全有機物に対して8割以上を占めるが、その多くが生物に利用されにくい難分解性であることが知られている。一方、粒子態有機物は一次生産された有機物や生物の死骸・排せつ物から成り、生物利用性が高いことが知られている。そのために、全有機物量の2割以下しか占めない粒子態有機物に付着している細菌のBPが高くなったと考えられる。

謝辞：本研究はJSPS科研費22K14351, 22J01607およ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。

* 早川和秀 (琵琶研)・山口保彦 (琵琶研)・布施泰朗 (京工繊大)
・中野伸一 (京大生態研)

1. はじめに

太陽光が届かず、水温の低い深水層では、生物現存量が少なく有機物循環はゆっくりとしている。深水層の微生物は主に上層から沈降する有機物をエネルギー・栄養源として分解・利用する。または、その分解産物が微生物によって再利用され、限られた資源が循環しているとみられる。

2010年代以降、琵琶湖では温暖化による成層期間の長期化に加え、大型緑藻類の発生と沈降量の増加が、湖底溶存酸素の減少に拍車をかけていると推察される。しかし、沈降粒子の変化と溶存酸素の減少や細菌の代謝との関係については確認されていない。近年は沈降粒子の観測が行われておらず、沈降粒子を利用する細菌には、溶存有機物(DOM)を介した循環が推察されることから、DOMの解析も不可欠である。

そこで、研究グループでは、1)沈降粒子の観測を実施して、季節性の沈降有機物を評価する、2)DOMの解析方法を検討した上で、沈降粒子や細菌代謝との関係を明らかにする、を最終目標として、様々な研究に着手している。本発表では、沈降粒子の観測を報告しつつ、グループで着手しているDOM研究の一端を紹介する。

2. 沈降粒子の観測

沈降粒子観測は、セジメントトラップ実験により行った。2022年10月～2023年9月まで、琵琶湖北湖今津沖中央地点西側、水深60mにおいて、時系列型セジメントトラップ(日油技研)を設置し、定期的に粒子試料を回収した。併せて、濁度計(ACLW-CMP, JFEアドバンテック)の係留および水質センサー(AAQ-RINKO, JFEアドバンテック)の観測を行った。回収した試料は、適宜分割してステンレス篩により1mm, 250 μ m, 45 μ mに分画した。分画試料を風乾後、質量計測やC/N分析に用いた。

沈降粒子のマスフラックスを概観すると、冬季

にフラックスが高い傾向がみられた。冬季のこの傾向は過去の報告例にもみられる(伴ら2014)。しかし、表水層の生物生産との関係性は明確でなく、粒子の成分や起源をさらに詳しく検討する必要がある。

3. 琵琶湖DOMの研究

湖沼や海洋の溶存有機物(DOM)の特性・動態については、分子量サイズと生分解性が関連することが定説となりつつある。全有機炭素計を接続したサイズ排除クロマトグラフィー(SEC-TOC)は、試料濃縮することなく分析できるため、生分解試験と組み合わせ、研究グループでは、生分解成分の評価を精力的に進めている。

一方、サイズ分画に化学分析を組み合わせるには試料の濃縮が不可欠であり、膜サイズによる分画濃縮が有効である。琵琶湖水の分画では、分子量が100kDa程度の高分子量DOMと、数百～数千Da程度の低分子量DOMに分けられる。高分子量、低分子量DOMの比率は、おおよそ1:9である。高分子量DOMは紫外吸収が少なく、タンパク様蛍光が強く見られたことから、糖やタンパク質などが構成成分と推定された。一方、低分子量DOMには、腐植様蛍光が強く見られることから水成のフミン物質と共通する成分とみられる。この成分は、PARAFAC解析やフーリエ変換型イオンサイクロトロン質量分析計(FT-ICR MS)による分子組成解析などが用いられ、様々なデータが得られつつある。

また、蛍光センサー(FDOMセンサー)も開発して、水中での詳細な分布や微細な変化についても情報が得られるようになってきた。

謝辞 本研究はJSPS科研費JP21K12232, JP21H03584, JP22H03723, JP22H00382の助成を受けたものです。一部研究は環境研究総合推進費(JPMEERF20232M02)の支援も受けました。

地球温暖化により生じた貧酸素水塊における 酸素消費システムの解明

*布施泰朗, 矢次美貴, 木村元幹, 植松大輝, 奥田浩子, 初雪 (京工
織大・工学科学), 山口 保彦, 早川 和秀(琵琶湖研),
高井真一(JFE アドバンテック), 中野 伸一(京大・生態研)

1. はじめに

地球温暖化の影響により琵琶湖など水深の深い閉鎖性水域では、貧酸素水塊が頻繁に出現するなど、物質循環に変化をもたらしている。貧酸素水塊は濁度が水塊外よりも高く、有機物分解は貧酸素環境であるが、遅くないとされている。また、貧酸素水塊は湖内流などの影響で移動し揺らいでおり、これに伴い酸化還元雰囲気変動が発生していることが推察される。本研究では、貧酸素水塊に関連した化学成分を様々な方法で観測し、湖底における未知の物質動態について解析することを目的とした。

2. 材料と方法

琵琶湖北湖の今津沖中央 (St. 17B) を主な調査地点とし、底質コア、水深別湖水、および沈降粒子を定期的に採取した。さらに、水質センサーによる水質情報の取得に加え、JFE アドバンテック社と共同開発した FDOM センサーを用いて、湖底に長期間係留し腐植様蛍光の動態情報を収集した。採取した試料については、以下の分析手法により有機成分の化学特性を解析した。

① 底質試料、沈降粒子試料及び濃縮 DOM 試料の化学特性解析

発生ガス質量分析法 (EGA-MS) 及び多段階熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析法 (msPy-GC/MS) による水柱モニタリングを行った。

② モバイル SOD 測定システム

小型冷蔵庫に 3D プリンターで作製した図 1 に示す治具に採取した直径 11mm×高さ 75mm の底質コアを複数装備して非接触溶存酸素計で採取 30 分後から 3 日間、溶存酸素量 (DO) の変化を測定した。

③ 酸化還元雰囲気変動による腐植様物質由来のヒドロキシラジカル生成能

底質から抽出精製した 100 mg/L フミン酸を窒素と酸素のパーズで雰囲気を変化させ、生成するヒドロキシラジカルをテレフタル酸でトラップし、蛍光性のヒドロキシテレフタル酸 (HTPA)

とし蛍光検出-HPLC 法で定量した。

3. 結果と考察

2024 年 8 月 22 日に測定した底質、懸濁態試料の DO 経時変化を Fig. 1 に示す。SOD は測定開始 0-8 時間、8-48 時間のそ

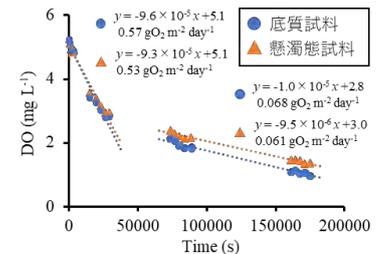


Fig. 1 底質試料の酸素消費速

れぞれにおいて $0.53\text{--}0.061\text{ gO}_2\text{ m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ に推移して減少し、底質、懸濁態試料の DO 初期変化が類似していることから、測定初期の高い SOD は易分解性有機物の好気性分解によると考えられた。

EGA-MS 及び msPy-GC/MS による有機成分を探索すると、採取 24 時間後から測定した SOD と相関する成分を見つけることはできなかった。しかし、湖底直上 DO と多糖類を起源とする熱分解生成物とは

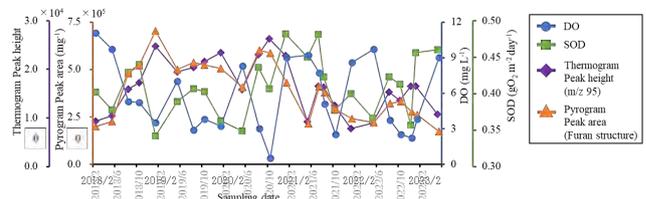


Fig. 2 底質中有機成分と湖底 DO、SOD の経月変化

良い相関を示した (Fig. 2)。この成分は易分解成分であると推測され、採取直後の速い分解が起きる原因物質であると考えられた。

本実験では、琵琶湖の湖底に存在するフミン酸がヒドロキシラジカルを生成する能力が確認された。その生成能は、 $0.5\text{ mmol/mgHA}\cdot\text{酸化還元変動}$ であった。これは、湖底で大規模な酸化還元変動が発生すると、ヒドロキシラジカルが物質循環に影響を与える可能性を示している。さらに、FDOM センサーにより水深プロファイルを観測した結果と実験室に持ち帰った試料の同じ励起蛍光波長の蛍光強度を比較すると、深水域で FDOM センサーの方が高くなる傾向がみられた。腐植物質のキノン骨格などの変換と蛍光特性との関連について検討を進めている。

*木田森丸（神戸大・農），大平麻有里（神戸大・農），山口保彦（琵琶研）
岡寄友輔（京大・化研），西村裕志（京大・生存研）

1. はじめに

溶存有機物（DOM）は数十万種類もの分子種からなる複雑多様な混合物である。DOMの主要成分である難分解性DOMは水圏に長期的に炭素を隔離する役割を担っており、その炭素プールの大きさは大気CO₂に匹敵する。難分解性DOMの安定性に関して、近年では分子多様性仮説が提唱されている。海洋や大水深湖のバルクDOMの炭素濃度はμMオーダーであり、各分子種が同一濃度で存在していると仮定すると各分子種の炭素濃度はpMオーダーとなる。このような低濃度では、微生物の代謝速度の低下や基質分子とその分解酵素を持つ微生物との遭遇機会の減少などにより各分子種は分解を免れて長期的に残存する可能性がある。この考えに立脚すると、難分解性DOMの安定性を議論する上でDOMの濃度とその構成分子種の多様性は重要なパラメーターである。難分解性DOMの生成と多様化には細菌の代謝が重要な役割を担うと考えられている。近年、フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析計（FT-ICR MS）を用いたDOMの分子組成解析および16s rRNAアンプリコンシーケンスによる細菌叢解析を組み合わせることでDOMと細菌叢の関わりについて理解を深めることができると期待されている。海洋における知見は出つつあるが、淡水における知見は極めて限られる。我々は、2022年度から琵琶湖における細菌叢とDOMの多様性の時空間共変動を理解することを目的として研究を開始している。本発表ではその途中経過として、初年度の琵琶湖DOMと細菌叢の共変動について解析した結果を発表する。

2. 材料と方法

2022年4月から2023年3月まで（2023年1月を除く）、琵琶湖北湖の17B地点（水深89m）において水深5m、水温躍層、60m、85mで毎月湖水試料と微生物試料を採取した。湖水試料は採取日当日に孔径0.1μmのフィルター（Omnipore）で濾過した後、1M HClでpH2に酸性化し、Agilent Bond Elut PPL樹脂を用いて固相抽出法により脱塩・濃縮した。濃縮試料（SPE-DOM）を水メタノール50%中に最終濃度20mgC/Lで調整し、FT-ICR MS（7T solariX）を用いてブロードバンドスペクトルを測定した。得ら

れたスペクトルに対し、オンライン解析ツールICBM-OCEANを用いてノイズの除去や分子式決定を行った。ろ紙上の微生物試料は16S rRNAアンプリコンシーケンス解析に供し、主に細菌叢の多様性と存在量をAmplicon sequence variant（ASV）の相対存在量に基づいて算出した。

SPE-DOM分子組成と細菌叢組成の共変動を明らかにするために、正準相関分析を行なった。正準相関分析では変数の数がサンプル数よりも少ない必要があるため、SPE-DOM分子式と細菌叢ASVの相対存在量それぞれについて主座標分析（PCoA）を行い、上位の主座標を入力変数として使用した。また、PCoAの結果から表層（5mおよび水温躍層）と深層（60mおよび85m）で細菌叢組成が大きく異なることが示されたため、表層と深層で分けて解析を行った。その後、分子式の相対存在量をSPE-DOM空間の正準軸と相関させ、この相関をVan Krevelenダイアグラム上に表した。また、ASVの相対存在量を細菌叢空間の正準軸と相関させ、この相関を系統樹で表した。

3. 結果と展望

シングレット（1サンプルのみでの検出）を除くと、FT-ICR MS分析では1試料当たり2986～4007の分子式が（全試料計7022）、16S rRNAアンプリコンシーケンス解析では113～603のASV（全試料計1629）が検出された。SPE-DOM分子種、微生物とも、その相対存在量の分布曲線は類似しており、比較的少数の種が相対存在量の大部分を占めていた。PCoAの結果から、SPE-DOMは明瞭な季節変化を示し、一方で深度による差は相対的に小さいことが示された。微生物は冬季の循環期以外は表層と深層で構成種に明瞭な違いが認められたが、それぞれの層に限定すると季節変化が観測された。また、これらの分布には各種の水質項目（水温、pH、溶存酸素濃度など）が相関していた。

正準相関分析の結果から、琵琶湖において共変動するSPE-DOM分子式と微生物種を明らかにすることができた。本発表では、その結果を報告するとともに、現状の解析アプローチの限界にも触れ、今後の目指すべき方向性についても議論したい。

O-A18

微生物による難分解性溶存有機物生成に基質濃度が与える影響：分子サイズ別分析による評価

*山口保彦（琵琶研）、霜鳥孝一（国環研）、岡崎友輔（京大・化研）、沈尚（立命館大・理工）、土屋健司（国環研）、後藤（桜井）晶子（琵琶研、京大・生態研）、木田森丸（神戸大・農）

1. はじめに

水圏環境中には、溶存有機物（DOM）として膨大な量の生元素が蓄積し、物質循環で重要な役割を果たしている。DOMの大半は難分解性DOM（RDOM）だが、水圏環境中においてRDOMが分解されずに蓄積するメカニズムは、重要な未解決問題である。従来は、DOMの化学構造など分子特性が難分解性をもたらすとする「内因的難分解性仮説」が主流の考え方だった。特に、微生物が易分解性有機物を消費してRDOMを生産するプロセスは、微生物炭素ポンプとして注目を集めてきた。一方で近年、DOMの難分解性を、DOM分子と微生物群集が相互作用する生態系ネットワークから創発する見かけ上の性質とする「創発的難分解性仮説」が提唱され（Dittmar et al., 2021, *Nature Rev. Earth Env.*, 2: 570-583）、激しい論争を引き起こしている。両仮説の検証は、環境変動へのDOMの応答を把握する上でも重要である。両仮説が大きく異なる予測を示すのは、易分解性有機物の供給量に対する、微生物によるRDOM生成量の応答である。内因的難分解性仮説は、一次生産等による易分解性有機物の供給量が増えるほど、微生物が生成するRDOMの濃度が増加すると予測している。創発的難分解性仮説は、易分解性有機物の供給量が増えても、RDOMの濃度は変化しないことを予測している。

従来、微生物炭素ポンプの評価として、易分解性有機物を添加する微生物培養実験を実施し、数十日～数百日後に残存するRDOM濃度を調べる研究が行われてきた（e.g., Ogawa et al., *Science*, 292: 917-920）。しかし、RDOM濃度に易分解性有機物の供給量と与える影響について、こうした微生物培養実験で系統的に評価された例は、我々が知る限り無い。また、DOMは分子サイズにより分解性が異なることが知られる。我々の琵琶湖湖水中DOMを用いた生分解実験でも、高分子DOMは全て数十日スケールで分解される準易分解性で、数百日スケールの

RDOMは全て低分子DOMだった。しかし、微生物培養実験で生成されるDOMの分子サイズ分布の評価は、従来ごく少ない。

2. 材料と方法

本研究では、二つの仮説の区別を目指して、天然微生物群集を用いた長期間の培養実験を実施し、微生物群集が生成するRDOMの濃度が、基質となる易分解性有機物の初期濃度にどのように応答するかを調べた。培養実験の培地（人工湖水）には、代表的な易分解性有機物であるグルコースを、唯一の有機炭素基質として、三段階の濃度（3, 6, 12 mg-C/L）で添加した。グルコースのほか、窒素・リン栄養塩と微量金属元素を加えた。琵琶湖の北湖今津沖中央地点の表層（水深5m）から、2022年4月に湖水を採取し、GF/Cフィルターで濾過した湖水試料（天然細菌群集を含む）と培地を1:49の割合で混合した。各実験系で2連の実験ボトルを、20℃暗所で振盪した。培養開始から24, 49, 76, 207, 410日目で、濾過によりDOM試料を採取した。サイズ排除クロマトグラフ-全有機炭素計により、DOMの分子サイズ分布を測定した。見かけの重量平均分子量が15万程度のピークを高分子DOM、2千程度のピークを低分子DOMとして、有機炭素濃度を定量した。

3. 結果と考察

規格化した有機炭素濃度を用いて、基質濃度への応答係数（基質濃度に応答しない場合に0、基質濃度と同じ割合で変化する場合に1となる係数）を算出すると、バルクDOMで 0.40 ± 0.15 、高分子DOMで 1.57 ± 0.63 、低分子DOMで 0.22 ± 0.20 だった。低分子DOMのみをRDOMと考えると、微生物が生成したRDOM濃度の基質濃度への応答は小さいという結果となる。本研究の結果は、微生物由来DOMの難分解化メカニズムとして、少なくとも数百日スケールでは、創発的難分解性仮説をより支持する。

1. はじめに

琵琶湖湖底環境の異変を最初に報告したのは、中（1973）である。当時、滋賀県水産試験場の職員であった中は、1931年から1973年の測定データをもとに、全循環期直前の溶存酸素濃度が1960年代から急速に減少していることを示した。この事実は、琵琶湖の富栄養化現象結果であると考えられている。

その後、1980年代後半から琵琶湖の湖底水温が上昇し始め、地球温暖化の影響が懸念され始めた（熊谷1993, 速水・藤原1999, 遠藤ら1999）。このことが琵琶湖深層の動的環境を大きく変え始め、近年では固有種を中心とした底生生物に対しても大きな影響を与え始めており、次第に看過できない状況になってきている。このことは、富栄養化や温暖化に対してなんらかの原因を作り出した高度成長期を経験したシニア世代の研究者として、責任を感じないではおれない。1980年代から2020年代までの約40年にわたる琵琶湖環境の変遷を振り返り、私たちに何ができるのかを提起したいと考えている。

2. 方法

ここでは、滋賀県水産試験場、滋賀県衛生環境センター、滋賀県琵琶湖研究所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センターが個別に測定してきた公開データをもとに、自ら計測した長期データを加えて解析を行った。また、必要に応じて琵琶湖で行った実験結果も示す。

3. 結果

図1に、琵琶湖湖底における年平均水温と溶存酸素飽和度の変化を示す。ここでは複数の異なったデータを水深90mに補正している。興味深いのは1986年から1988年および2018年から2020年の水温上昇である。おそらくこの時期に、琵琶湖の全循環が不全であったことを示しているように思われる。これまで多くの研究機関が溶存酸素濃度の回復のみをもって全循環の発生を判定してきているが、それは誤りで、全循環の達成には酸素を多く含んだ冷たい表面水の湖底流入が必要不可欠である（永田ら2013）。

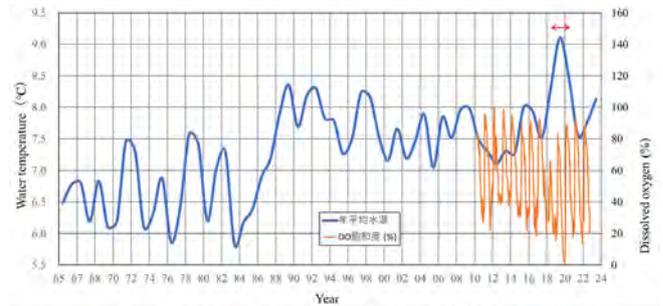


図1 琵琶湖湖底（水深90m）の年平均水温（°C）と溶存酸素飽和（%）

琵琶湖におけるもう一つの大きな変化は、2006年以降の濁度増加である。一般的には、溶存酸素濃度の低下に伴う底泥からのマンガン溶出が原因であるとされていますが、どうもそれだけではないようである。現在、琵琶湖は収縮しており、特に2006年から2012年にかけての収縮速度が大きかった。このことによって湖底から濁水が噴出し（benthic vent）、濁度を上昇させた可能性が指摘されている（Kumagai 2021）。

4. 結論

今、琵琶湖はその姿を大きく変えようとしている。特に深水層の変化は大きい。その意味で、複合的な分野の共同研究が必要な時期に来ている。

参考文献

- 遠藤修一・山下修平・川上委子・奥村康昭(1999):びわ湖における近年の水温上昇について.陸水学雑誌, **60** : 223-228.
- 熊谷道夫(1993) 琵琶湖における水塊構造. 琵琶湖研究所10周年記念シンポジウム, 150-165.
- Kumagai, M., R. Robarts and Y. Aota (2021): Increasing benthic vent formation: a threat to Japan's ancient lake. *Scientific Reports* **11**: 4175. DOI: 10.1038/s41598-021-83649-4.
- 中賢治（1973）びわ湖深層の全循環期前の溶存酸素量の永年変化について.陸水学雑誌.**31**:41-43.
- 永田俊・熊谷道夫・吉山浩平（2013）温暖化の湖沼学. 京都大学学術出版会. pp289.
- 速水祐一・藤原建紀(1999) 琵琶湖深層水の温暖化. 海の研究, **8**:197-202.

趣旨説明 - 過剰繁茂する水草の処理・管理・利活用を通じた湖沼生態系の持続的保全

*伴修平（滋賀県大・環境）、佐藤伸二郎（創価大・理工）、石川可奈子（琵琶湖研センター）

1. はじめに

近年、日本を含む世界各地で水生植物（水草）の過剰繁茂が環境問題を引き起こす事例は枚挙に暇がない。増えすぎた水草は船舶の航行を妨げ、漁業の操業を妨害し、景観の悪化や悪臭の原因を引き起こす。また、湖水の停滞と湖底付近の貧酸素化を招き、魚介類の斃死や湖底からの重金属溶出を招くことなどが危惧される。一方で、水草は湖沼生態系になくてはならない要素の一つであり、魚の産卵場や仔稚魚の生育場所として、また湖水の水質浄化にとって重要な役割を担っている。ほんの60年程前まで、水草は農地に施用する肥料として利用されていた歴史を有する。水草は人間活動から負荷された栄養塩で繁茂し、人がこれを刈り取って肥料として利活用することで、農作物として人間社会に還元されていたのである。平塚ら（2006）は農地と里山管理になぞらえて、これを「里湖循環型社会」と呼んだ。我々は、過剰繁茂した水草を適正に刈り取り管理しつつ、刈り取った水草をメタン発酵でエネルギー転換し、発酵残渣で微細藻類を培養して有価物を生産することで人間社会へ利益還元する「現代版里湖循環型社会」の構築を目指して研究を進めている。

2. 趣旨説明

今日、過剰繁茂した水草は、しばしば大変な労力と公金を費やして除去されるが、除去後のそれらは廃棄されるのみで利用されることはほとんどない。もし、これを効率よく利活用できれば水草は廃棄物ではなく、資源と見なすことができる。メタン発酵は有機廃棄物を嫌気処理することでエネルギー転換できる技術である。さらに、メタン発酵から出る廃液（発酵残渣）は、リンや窒素など多量の栄養塩類を含むため、これを用いたクロレラなど微細藻類培養が可能である。微細藻類は高タンパクでアスタキサンチンなど有用成分を多

く含むためサプリメントとして利用される。即ち、微細藻類培養は発酵残渣からの栄養塩除去と有価物生産を同時に達成することができる。他方、水草は適正量に刈り取り管理することによって、対象水域の生物多様性を担保し水質を改善することで、水域生態系の保全に貢献する。

本企画講演では、現在エチオピアのタナ湖で展開中のプロジェクト「ナイルの源流エチオピア・タナ湖で過剰繁茂する水草バイオマスの管理手法と有効利用プロセスの確立」について、過剰繁茂する水草を適正管理する手法と刈り取った水草を有効活用する方法について紹介する。タナ湖では、アフリカの他の湖沼と同様にホテイアオイの過剰繁茂による様々な課題を抱えている。本プロジェクトでは、1) まず、衛星画像や航空写真からその成長モデルを作成し、効果的な刈り取り方法を策定する。2) 刈り取ったホテイアオイはメタン発酵にて効果的にそのバイオマスを減容し、3) 発酵残渣を用いて微細藻類培養および野菜水耕栽培、あるいはバイオ炭を作成して圃場の土壌改良に用いるための、それぞれ方法について研究・開発する。ここで用いる微細藻はエチオピアが原産のスピルリナ（*Limnospira* spp.）で、高タンパク、高栄養のサプリメントとしてすでに広く商用利用されている。エチオピアは土地が痩せていて作物生産が低く、子供の栄養失調も問題となっているが、4) ホテイアオイから作ったスピルリナを食品添加物としてパンなどに加えて子供の栄養改善に役立てる事業も展開中である。厄介者扱いのホテイアオイは、適正に管理され、メタン発酵とスピルリナ培養によって人間社会に還元することで、エチオピア版「里湖循環型社会」の構築に貢献する。本取り組みを通して、ホテイアオイは持続的に利用可能な資源とみなされ、その適正管理はタナ湖生態系の持続的保全に大きく寄与することが期待される。

エチオピア・タナ湖の ホテイアオイ管理システムの構築

*石川可奈子・蔡吉・焦春萌・酒井陽一郎（琵琶湖環研セ）、
Mulatie Mekonon・Hibre Mengist・Solomon Addisu（バハルダール大）、
今村弘樹・Diego Alberto・桑原ビクター伸一・Getachew Bayable・Robel Milashu・佐藤伸二郎（創価大）
Ayalew Wondie（バハルダール大・タナ湖周辺水管理機構）

1. はじめに

増えすぎた水草による障害は、国内外の湖沼で問題となっている。アフリカ東部・エチオピア高原に位置するタナ湖は、エチオピア国内最大の淡水湖で、水深は最大約 15m ですが、表面積は約 3,000km² と琵琶湖の約 4.5 倍の広さを誇る。海拔 1,800m に位置する現地は熱帯高山気候に属し、タナ湖の年間水温は約 22℃ と安定しており、寒さに弱いホテイアオイにとっては、温暖で生息しやすい環境である。また、森林破壊による土壌流出や急増する人口による生活排水などの要因により、タナ湖の富栄養化が進行している。南米原産のホテイアオイは 2011 年頃にタナ湖に侵入し、急速に増殖し始め、2020 年末には少なくとも 25km² まで拡大した。現在では、湖岸の約 1/3 がホテイアオイに覆われ、現地の農業と漁業に莫大な被害をもたらしている。タナ湖では、1~2 機の刈取船と人力を駆使して刈取りを行っているが、定期的な環境モニタリングや湖沼管理のための規則、データの蓄積がなく、ホテイアオイの過剰繁茂は深刻な状況が続いている。

そこで、SATREPS-EARTH プロジェクトでは、エチオピア・タナ湖で過剰繁茂するホテイアオイを湖の健全性を考慮しながら監視・管理するための「タナ湖・ホテイアオイ管理システム」の構築を進めており、行政と周辺住民が一体となってホテイアオイ対策に取り組む仕組みの導入を試みている。本講演では、構築中のシステムの全体像を説明するとともに、タナ湖特有の状況にどのように対応できるかを議論する。

2. タナ湖のホテイアオイ管理システムの構築

湖の生態系保全と厄介なホテイアオイの有効利用の両立を目指す「タナ湖・ホテイアオイ管理システム」の概略図を図 1 に示す。広大な繁茂面積であるため ICT を駆使してホテイアオイの分布と面積を把握し（図 1-①②）、環境データを収集する（図 1-③④⑤）。集約したデータを用いて生長を予測し（図 1-⑥⑦）、生態系への悪影響の軽減になるような刈取を行政が立案する（図 1-⑧）。これに基づき、現地の人々が各地で Web システムを閲覧しながら実行する。そして、刈り取ったホテイアオイは有効利用され、定量的に管理される流れとなる（図 1-⑨）。

しかしながら、エチオピアでのシステム構築は、日本の湖沼のようにデータが潤沢に得られる環境ではないため、多くの障壁に直面する。例えば、紛争による遮断、インフラの整備不足、現地の人々への教育不足、データの管理が不十分であることとである。また、現地の住民や関係者が、湖の環境保全や計画的な管理に対して理解を深め、積極的に参加することが重要だが、彼らの協力を得るためには文化や生活習慣の違いを尊重したアプローチが求められる。こうした課題に対処しながら、タナ湖の持続可能な管理を実現するために、本プロジェクトでは様々な調整と努力を続けている。

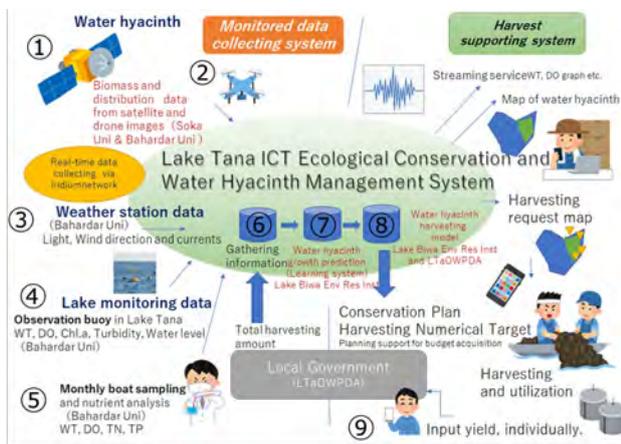


図 1 タナ湖ホテイアオイ管理システムの概略図

O-A22

人工衛星とドローンによるタナ湖における ホテイアオイの画像認識に関する研究

*今村 弘樹（創価大・理工），Tadele Melese Lebeza（創価大・理工），
Getachew Bayable（創価大・理工），桑原 Victor 伸一（創価大・理工），
石川 可奈子（琵琶湖研センター）

1. はじめに

エチオピアのタナ湖においてホテイアオイの繁茂が生態系の変化、漁場に深刻な損害を与えている。

そこで、SATREPS-EARTH プロジェクトにおいて、このホテイアオイの繁茂状況を衛星とドローンによる画像認識を用いて確認し、この情報に基づきホテイアオイを収穫し、収穫したホテイアオイをエネルギーに変換する等、再利用可能なシステムの構築を目指している。

ここでは、衛星とドローンによるホテイアオイの画像認識方法について紹介する。



図 1：タナ湖

図 2：タナ湖において
繁茂するホテイアオイ

2. 衛星とドローンによるホテイアオイの認識

ホテイアオイを大局的に認識するために衛星から撮影した画像を用い、局所的に認識するためにドローンにより撮影した画像をそれぞれ用いる。

2.1 衛星によるホテイアオイの認識

衛星による画像認識には、ランダムフォレストに基づく画像認識手法を用いた。

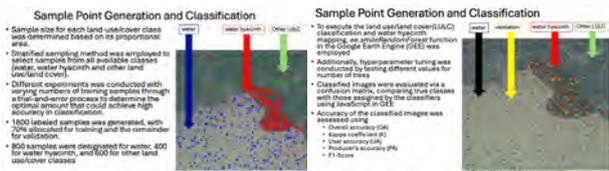


図 3：認識対象の分類

図 4：各サンプリング地点

2.2 ドローンによるホテイアオイの認識

ドローンによる画像認識には PSPNet を用いた。

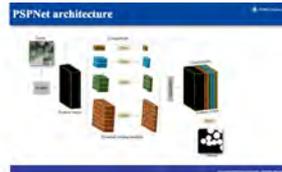


図 5：PSPNet の構成。

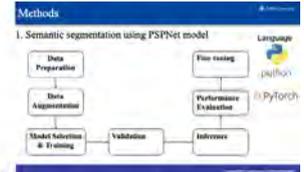


図 6：認識過程

3. 認識結果

3.1 衛星によるホテイアオイの認識結果

ランダムフォレストにより、98%以上の認識率を得ることができた。

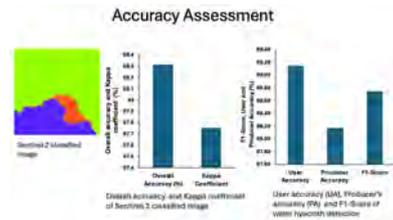


図 7：ランダムフォレストによる画像認識結果

3.2 ドローンによるホテイアオイの認識結果

PSPNet により、95%以上の認識率を得ることができた。認識領域も PSPNet による認識により、ホテイアオイとその他の植物との分離もできていることがわかる。

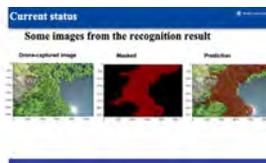


図 8：認識領域



図 9：定量的認識結果

4. おわりに

大局的な認識にはランダムフォレストを用い、局所的な認識には PSPNet を用いてホテイアオイの認識を行った。それぞれの手法により、ほぼ実用に適用できる認識精度を得ることができたと考えられる。今後は、それぞれの情報を統合的に扱える手法の検討を行う予定である

メタン発酵を介したホテイアオイ搾汁液からのエネルギー・栄養塩回収技術の開発

*秋月真一（創価大・プランクトン工学研），Pranshu Bhatia（創価大・理工）

藤原正明（創価大・理工），Nigus Gabbiye Habtu（バハルダール大）

佐藤伸二郎（創価大・理工），戸田龍樹（創価大・理工）

1. はじめに

近年、世界各地の陸水域において、侵略的外来水草種であるホテイアオイが過剰繁殖し、深刻な環境汚染と経済的損失を引き起こしている。刈取り除去されたホテイアオイを最大限有効活用する手法として、粉碎・圧搾装置による固液分離後に、固形分はバイオ炭として、液分（搾汁液）はメタン発酵によりバイオガス化し、更に栄養塩に富む発酵後の処理水（消化液）を微細藻類や養液栽培に利用する方法が提案されている（特許 7204263）。搾汁液に適したメタン発酵法としては、有機性廃水の高速度処理法である上向流式嫌気性汚泥床（Upflow anaerobic sludge blanket: UASB）法が考えられ、本研究では UASB 法による搾汁液の長期連続処理性能を評価した。また、発酵槽内は通常 pH 7~8 の弱アルカリ性を呈し、特にリンは他のイオン類と結合し易く結晶化することで消化液中から損失する可能性が高い。そのため、消化液の効果的な後段利用に向けて、発酵槽内 pH の調整による消化液中へのリン溶出効果についても検証した。

2. 材料と方法

ホテイアオイは滋賀県東近江氏伊庭内湖ならびに埼玉県加須市水上公園アオイ池にて採取後、高速粉碎機と圧搾機を用いて固液分離し、搾汁液を作成した。種汚泥には、中温嫌気性消化汚泥を用いた。実験には、有効容積 7.8 L の UASB 槽を用い、水理学的滞留時間（Hydraulic retention time: HRT）を 7.2 ~ 1.2 日に範囲で段階的に減少させ、 $37 \pm 1^\circ\text{C}$ で 250 日間の連続運転を行った。

次に、事前に水上公園アオイ池のホテイアオイ搾汁液で順養した中温嫌気性汚泥を種汚泥として、搾汁液の回分メタン発酵処理実験を $37 \pm 1^\circ\text{C}$ で 14 日間行った。発酵槽内の pH を 7.0、6.5、6.0、5.5 の 4 条件に制御し、異なる pH がメタン発酵性能と栄養塩溶出に与える影響を評価した。

3. 結果と考察

連続実験における反応槽の単位容積当たりのバイオガス生成速度は、HRT の低下に伴い増加する傾

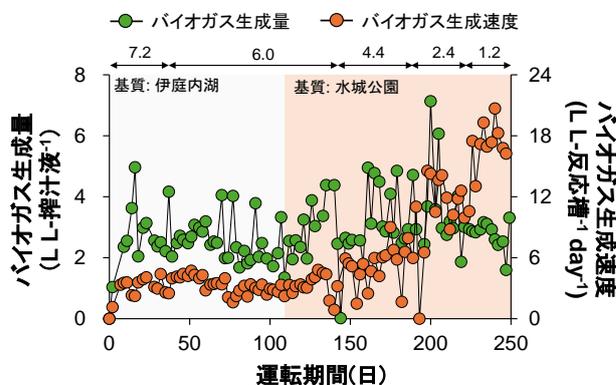


図1. バイオガス生成量と生成速度の経時変化。

向を示し、HRT 1.2 日の条件では約 $18 \text{ L L-反応槽}^{-1} \text{ day}^{-1}$ に達した（図 1）。一方で、搾汁液 1 L 当たりのバイオガス生成量は HRT に寄らず約 3.0 L L^{-1} の値を維持し、実験期間を通して搾汁液のメタン発酵処理が安定的に進んでいたことが示された。UASB 槽における微生物の高密度凝集体（グラニュール）の形成は、特に高速処理時のプロセス安定性向上に寄与することが知られている。本実験では、実験開始から 180 日目頃に直径 $200 \mu\text{m}$ 以上のグラニュール形成が多数確認された。植物系バイオマス由来の原料から UASB 槽内でグラニュールが形成された研究例の報告はこれまで無く、本研究で初めて示された。

回分実験におけるメタン生成量は、pH 7.0 で最大値 (281 mL g-VS^{-1}) を示し、pH 6.5 では比較的高い値 (222 mL g-VS^{-1}) を維持したが、pH 5.5 ではほとんど生成が見られなかった。消化液中のリン酸濃度は発酵槽内 pH の低下に伴い増加し、pH 7.0 (81 mg L^{-1}) と比較して pH 6.0 (166 mg L^{-1}) では約 2 倍の値を示した。搾汁液には Ca^{2+} 、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 等のイオン類が豊富に含まれているため、pH 低下により、弱アルカリ領域で生じ易い結晶 ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ や $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 等) が形成され難くなったためと考えられる。発酵槽内の pH を 6.5~6.0 付近に調整することで、発酵性能を維持しつつ、消化液中への効果的なリン溶出が行える可能性が示された。

謝辞：本研究は JICA-JST SATREPS (JPMJSA2005) の支援のもとに実施された。中温嫌気性消化汚泥は横浜市北部汚泥資源化センターにご提供いただいた。

Accelerating UASB Reactor Efficiency: Strategies for Rapid Granulation and Cost Reduction

*Pranshu Bhatia (創価大・理工), 秋月真一 (創価大・プランクトン工学研), 木村加奈子・佐藤伸二郎・戸田龍樹 (創価大・理工)

1. Background and Introduction

The Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor is a widely used technology for biogas recovery from a variety of substrates due to its simple design and operation. UASB reactors have been effectively employed in treating substrates from diverse biomass sources, industrial wastewater, domestic wastewater, and sewage sludge. In recent years, there has been growing interest in the use of organic green juices as substrates for UASB reactors. These substrates offer several advantages, including high biodegradability and potential for enhanced biogas production. Within the SATREPS-EARTH project, water hyacinth juice (WHJ) was identified as a promising substrate for biogas production using UASB technology due to its high biodegradability. Water hyacinth (WH), an invasive aquatic plant, poses significant environmental challenges, and its use in biogas production could contribute to both waste management and renewable energy generation.

Despite the advantages of UASB reactors, several challenges remain. One of the primary limitations is the extended stabilization time required for granule formation. Granules, which are aggregates of sludge, are crucial for the stability and efficiency of the UASB process. Additionally, the operational costs associated with maintaining mesophilic (37°C) or thermophilic (51°C) conditions for anaerobic digestion are substantial, with previous studies indicating that heating can account for 30-40% of the total costs.

To address these challenges, this study aims to enhance the efficiency of UASB reactors in two key ways: (1) by reducing the granulation time through the addition of biochar and activated carbon, and (2) by operating the UASB reactor at ambient room temperature (25°C) to minimize energy costs. These strategies could lead to more cost-effective and sustainable biogas production, particularly when using WHJ as a substrate.

2. Material and Methods

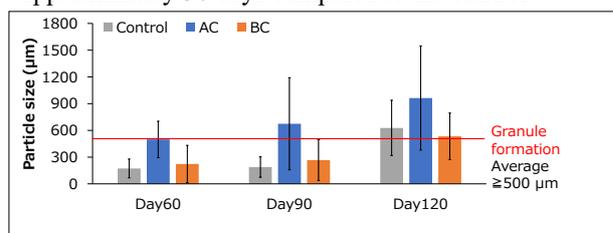
WH was harvested from two locations from Japan. The harvested WH was crushed and compressed to extract WHJ, which was used as the substrate for subsequent experiments.

Granulation UASB Experiment: UASB reactor with a working volume of 450 mL was operated at a temperature of 37°C for 120 days. Three experimental conditions were tested: UASB-Control; UASB-Activated Carbon (AC); UASB-Biochar (BC). The substrate-to-inoculum ratio was maintained at 1:1. Biochar and activated carbon were added at a concentration of 20 g/L. The hydraulic retention time (HRT) was gradually reduced over the course of the experiment, starting from 4 days and decreasing sequentially to 3, 2, and 1 day.

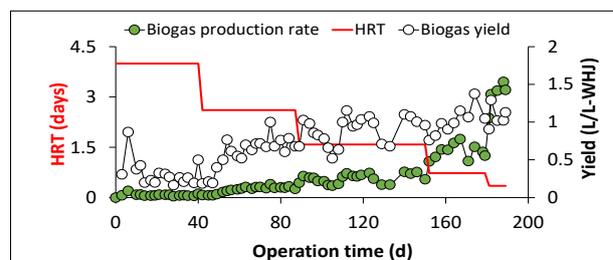
Room Temperature UASB Experiment: A separate UASB reactor with a working volume of 860 mL was operated at ambient room temperature, ranging from 25°C to 27°C, over a period of 189 days. The HRT was varied throughout the experiment, starting from 4.0 days and progressively decreasing to 2.6, 1.6, 0.73, and 0.35 days

3. Results and Discussions

Granular UASB Experiment: All three UASB reactors maintained a stable pH range between 7.06 and 8.06, which is favorable for methanogenesis. The biogas production increased as the HRT decreased across all reactors. The total organic carbon (TOC) removal rate exceeded 80% in all reactors, indicating effective degradation of the WHJ. Notably, the UASB-AC reactor exhibited the lowest TOC levels in the effluent from day 14 to day 90, suggesting enhanced degradation of WHJ during this period. Granule formation was observed in all three reactors, with previous studies indicating that particles larger than 500 µm qualify as granules. The results showed that granules formed in the UASB-AC reactor by day 90, whereas granule formation in the UASB-Control and UASB-BC reactors was not observed until day 120. This finding reveals that the addition of activated carbon accelerates granule formation by approximately 30 days compared to the control.



Room Temperature UASB Experiment: The room temperature UASB reactor remained stable, with a pH ranging from 7.6 to 8.5 throughout the experiment. Despite the high suspended solids (SS) content in the WHJ (ranging from 1.2 to 43.1 g/L), the reactor achieved an average SS removal rate of approximately 74%. Biogas production increased as the HRT decreased, with the production rate reaching 3.1 L/L-reactor/day even under conditions of low HRT and high organic loading rate (OLR). The methane content remained consistently around 80% throughout the process. When compared to previous studies using WHJ for anaerobic digestion, the methane production rate achieved in this study was the highest, averaging 2.3 L/L-reactor/day. These results demonstrate that operating the UASB reactor at room temperature yields higher methane and comparable organic removal rates while minimizing operational costs.



Acknowledgements: This study was supported by the JICA-JST SATREPS (JPMJSA2005). We are grateful to prefectural office for the WH sampling and inoculum provided by the Yokohama Sludge Resource Center.

O-A25

ホテイアオイ由来バイオ炭の燃料、土壌改良および作物栽培利用

*佐藤 伸二郎 (創価大・理工)、伴 修平 (滋賀県大・環境)、
秋月 真一 (創価大・プランクトン工学研)、Solomon Addisu (バハルダール大)

1. はじめに

エチオピアのタナ湖で過剰繁茂している水草（ホテイアオイ）の処理・管理方法の確立が急務の課題である。刈取されたホテイアオイの固液分離後の固形残渣物を炭化処理し、バイオ炭として燃料、土壌改良材及び作物栽培のために利用する方法が検討されている。従って、本研究ではホテイアオイ由来バイオ炭の各効果を検証するための実験を行った。

2. 材料と方法

ホテイアオイは湖沼（滋賀県伊庭内湖或いは静岡県掛川市）から採取されたホテイアオイを使用し、破砕圧搾後、固形残渣物を 95℃の乾燥機内で乾燥させた。日本では、各実験によって異なる最大炭化温度で電気マッフルにて炭化し実験に用いた。エチオピアでは、野焼きで炭化し実験に用いた。土壌はエチオピア・バハルダール大学農場試験場から採取し、風乾後、実験に使用した。

燃料利用実験：炭化条件（最大炭化温度及び昇温速度）を変えて炭化し、バイオ炭の特性から最適な炭化条件を検討した。バイオ炭と結着材を異なる重量比で混合して炭団を作成し、炭団の特性から最適混合比を検討した。バイオ炭炭団を七輪内で燃焼して、ステンレス缶中の水の加熱実験を行った。

土壌改良材効果実験：土壌の理化学特性を分析した。土壌物理的特性への効果を検証するため、Ca 処理したバイオ炭を土壌施用し、土壌団粒安定性を測定した。土壌化学特性への効果を検証するため、化学的処理を施したバイオ炭の栄養塩（アンモニウム、硝酸、リン酸）の最大吸着量を評価し、また処理バイオ炭を土壌に施用し土壌からのアンモニア揮散量及び硝酸溶脱量への影響を評価した。またバイオ炭の土壌酸性中和効果を石灰と比較検証した。

作物栽培効果実験：異なる炭化温度のバイオ炭を異なる施用量で土壌に施用し、トウモロコシを栽培した。バイオ炭と化学肥料を異なる施用量で土壌に施用し、小麦を雨季と乾季にわたって栽培した。

3. 結果と考察

燃料利用：電気炉と野焼きで作成したバイオ炭の理化学的基礎特性には大きな差はなく（表 1）、バイオ炭の性能として両方とも支障はないと判断された。

表 1 野焼きと電気炉バイオ炭の基礎特性

	pH	全炭素 (%)	全窒素 (%)	固定炭素 (%)	揮発性物質 (%)	灰分 (%)	比表面積 (m ² /g)	総細孔容積 (cm ³ /g)
野焼きバイオ炭	10.4	34.8	0.72	17.1	59.7	23.2	14.7	0.04
電気炉バイオ炭	10.9	55.9	1.46	44.0	38.6	17.4	61.4	0.07

バイオ炭の収量、固定炭素・揮発性物質、高位発熱量の結果から（図 1）、高い固定炭素量の方が燃料利用に適しているため 400℃前後の最大炭化温度、また高い高位発熱量の方が適しているため 10℃/分の昇温速度が望ましいことが分かった。バイオ炭の圧縮強度と高位発熱量の結果から、結着材として廃糖

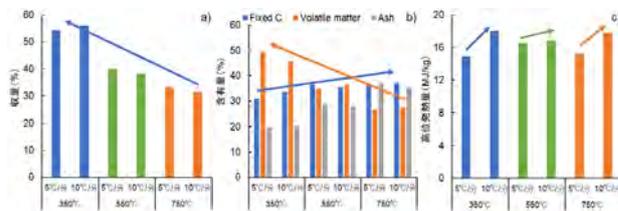


図 1 バイオ炭の収量(a)、固定炭素・揮発性物質(b)、高位発熱量(c)

蜜を使い混合比率は 6:4 で混合する方法が望ましいことが分かった。バイオ炭炭団を燃焼して水の加熱実験の結果、バイオ炭を細かく粉砕した炭団の最大昇温度が高くなりより実用的であることが分かった。

現地土壌は粘土質（粘土 51%）、酸性（pH 4.85）及び低植物栄養の土壌であることが分かった。Ca 処理バイオ炭施用土壌で培養 14~42 日目で団粒安定性が増加し、Ca 処理によって長期にわたる土壌改良材効果が示された。粘土処理或いは過酸化水素水処理でバイオ炭のアンモニウムの最大吸着量が 66%或いは 90%向上したり、Mg 処理で硝酸の最大吸着量が 131%向上したり、Mg 或いは Mg/Al 層状複水酸化物処理で 0 から 78.7 mg/g 或いは 189%向上したりした（表 2）。バイオ炭 0.25%、1.0%施用土壌ではそれぞれ

表 2 ホテイアオイバイオ炭の栄養塩吸着性能とその要因

吸着対象物質	処理	未処理最大吸着量 (mg/g)	処理後最大吸着量 (mg/g)	要因
アンモニウム態窒素	粘土(ベントナイト)	1.37	2.27	陽イオン交換反応
アンモニウム態窒素	過酸化水素水	2.14	21.5	表面の酸性官能基結合
硝酸態窒素	マグネシウム	3.03	6.99	表面の Mg 官能基結合
リン酸	マグネシウム	N.D.	78.7	静電相互作用
リン酸	Mg/Al 層状複水酸化物	15.8	45.7	Mg/Al 複合層吸着、表面結晶、細孔内充填

れ 42%~43%、56%~65%の積算アンモニア揮散量が削減され、バイオ炭の施用量が多いほど土壌により多くの窒素を保持できることが示された。バイオ炭無施用土壌と比較して 84%の積算硝酸溶脱量が削減され、バイオ炭施用により土壌に窒素を多く保持できることが示された。バイオ炭の土壌施用は土壌の交換態アルミニウムの中和効果がより高いため、土壌 pH の低下がより緩和された。

バイオ炭無施用区と比較してトウモロコシの地上部バイオマスが 108%~147%また地下部バイオマスが 135%~178%増加した（図 2）。雨季では化成肥料

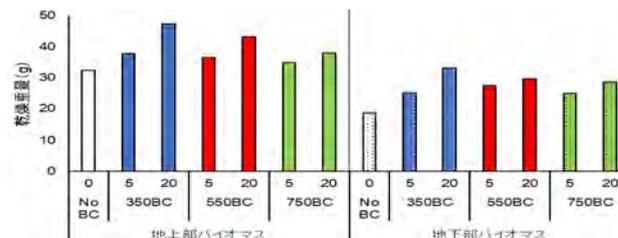


図 2 トウモロコシの地上部・地下部バイオマス

区と比較して全ての野焼きバイオ炭施用区で 102%~106%の小麦増収、乾季では全てのバイオ炭施用区で 159%~273%の小麦増収が得られた。

Cost-effective cultivation of Ethiopian native strains of *Limnospira fusiformis* using anaerobic digestion effluent of water hyacinth

*M.F.A. Anny (Jahangirnagar Univ.), T.R. Tuhin (Univ. Shiga Pref.), X. Liu (Guangxi Academy of Sciences), A. Adugna, M. Sekine, S. Akizuki, T. Toda (Soka Univ.), and S. Ban (Univ. of Shiga Pref.)

1. Introduction

The demand for functional and nutritional foods is surging worldwide, reflecting the developing awareness of the role of food in maintaining good health. It is crucial to ensure that diets are rich in bioactive properties to help prevent and even treat chronic viral diseases. Recently, *Limnospira* (*Spirulina*) has attracted attention for strong potential as a valuable food supplement for preparing high-nutritional foods. It contains numerous valuable biomolecules, such as proteins, carbohydrates, and pigments. This study focused on the biochemical compositions of four native Ethiopian strains of *Limnospira fusiformis* using anaerobic digestion effluent (ADE) from water hyacinth overgrown in Lake Tana, Ethiopia.

2. Materials and Methods

Herein, we determined the growth curves of four native Ethiopian strains of *L. fusiformis* (Lc-30, La-08, Lc-30, La-32, and Lc-30) using ADE from *Eichhornia crassipes* (water hyacinth). The algal strains were cultured in 100 mL of Erlenmeyer flask containing Spirulina medium (SM) as a pre-culture at 30 °C with light intensity of 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and light cycle of 12L:12D in a growth cabinet, using a shaker (80 rpm). In this study, all the media, including ADE, were sterilized by a 0.2- μm pore size polycarbonate membrane filter. ADE was diluted by autoclaved MilliQ water and prepared undiluted, 2-fold, 4-fold, 8-fold, and 10-fold diluted ADEs as algal culture media. All experiments were carried out in triplicate, and optical density was monitored at 730 nm. At the end of the cultivation period, photosynthetic activity was measured as Fv/Fm ratio with a PAM fluorometer, and the algal cells were filtered with a precombusted GF/C glass fiber filter and rinsed with distilled water. Then,

the filter was dried in an oven at 60 °C. The dry mass of the algae was measured by using a microbalance. For biochemical analysis, algal cells grown for six days were collected with a 20- μm nylon mesh, washed three times with distilled water, and then lyophilized in a freeze-drying system and stored at -80 °C until further analysis. After the samples were thawed, carbohydrate contents were measured with phenol-sulfuric acid method. On the other hand, a 200 mg portion of freeze-dried algae was mixed with 25 mL of distilled water, followed by the addition of 100 mL of 95% ethanol. The resulting precipitate was collected on a pre-weighed ashless filter, washed, dried, and weighed. After combustion, the weight of the remaining dietary fiber was calculated by finding the difference between the weights before and after combustion.

3. Results

Even though the 8-fold diluted ADE contained a limited amount of phosphate, the maximum algal biomass yields reached up to 0.63 g/L, 0.61 g/L, 0.52 g/L, and 0.51 g/L in Lc-30, La-08, Lc-30, La-32, and Lc-30 strain, respectively. The percentage contents of total carbohydrates and dietary fibers were 36-46% and 2-7% of the total dry mass, respectively, higher than those in the SM. Fv/Fm was also greater in the algae grown in 8-fold diluted ADE than in the SM. At the end of the cultivation period, phosphate and ammonium removal rates were >90% in all the strains except for La-32.

4. Conclusion

We concluded that cultivating *Limnospira* using ADE from overgrowing water hyacinths could mitigate future food and biofuel demand through nutrient recycling via sustainable utilization of the macrophytes.

Evaluating food quality of *Limnospira fusiformis* from Ethiopian soda lakes as a food for crustacean zooplankton

*Amare Mezgebu (USP), Xin Liu (Guangxi Academy of Sciences), Minwyelet Mingist (Bahir Dar Univ.), Ayirkm Adugna, Tatsuki Toda (Soka Univ.), Syuhei Ban (USP)

1. Introduction

Limnospira, commercially called as “*Spirulina*”, is a filamentous cyanobacteria, able to grow in extreme conditions and suitable for mass cultivation. The nutritional importance of this microalga was widely investigated with various nutritional and pharmaceutical advantages, emanated from its high protein content and other bioactive compounds. However, the contribution of this microalga as a food for zooplankton was not addressed yet. In this study, we evaluated food quality of the indigenous *Limnospira fusiformis* strains isolated from Ethiopian soda lakes, as a food for crustacean zooplankton: for the Cladocera suspension filter feeder, *Daphnia magna* and the selective feeder calanoid copepod, *Eodiaptomus japonicus*. This study has an implication for understanding the suitability of this highly nutritious cyanobacteria as a food for zooplankton and its role in carbon transfer between phytoplankton and zooplankton in the natural lake environment.

2. Materials and Methods

Four strains of *L. fusiformis* namely LA-08, LA-32, LC-23, and LC-30 were cultured with the modified SOT medium under a photoperiod of 12L:12D, light intensity of ca. 440 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and temperature of 30°C. After 7 days of cultivation, the microalgal food was harvested and fed to the experimental animals with food concentration of 4 mgC L⁻¹ for *D. magna* and 3 mgC L⁻¹ for *E. japonicus*, which is above the incipient limiting concentration in both species. Besides, to clarify dietary lipid limitations in the food, cholesterol and eicosapentaenoic acid (EPA) were supplemented via liposomes to LA-08. Newly born (<12 h) neonates of *D. magna* and *E. japonicus* nauplii were cultured using *L. fusiformis* LA-08 as food in aged and

filtered tap water (ATW) at 20°C, with a 12L:12D photoperiod and light intensity of ca. 180 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. The food and ATW were changed daily, and survival, growth and reproduction data for each species were recorded.

3. Results

Results showed that *L. fusiformis* was ingestible by *D. magna* regardless of the strain, but none of them support the survival, growth, and reproduction of the daphnid. Supplementation of cholesterol completely resolved food quality constraints of *L. fusiformis* LA-08 and improved the survival, growth, and reproduction. Addition of EPA was important once the sterol limitation was fulfilled. This implies that lack of dietary lipids (sterols and EPA) was the major constraint of *L. fusiformis* as food for daphnids. On the other hand, *E. japonicus* did not ingest *L. fusiformis* at all and nauplii died shortly without further developments. Due to this, supplementation of dietary lipids did not change any of the life history traits of *E. japonicus*.

4. Discussion

Although *L. fusiformis* has outstanding nutritional compositions as indicated in many literatures, it is not ideal feed for zooplankton due to lack of dietary sterols and insufficient polyunsaturated fatty acids, which is a common problem of other cyanobacteria as well. A similar study conducted with *Arthrospira platensis* also showed sterol limitation as the major food quality constraint to support the growth of *D. magna*. Based on these results, it is possible to conclude that *L. fusiformis* could not be an ideal feed candidate for zooplankton unless accompanied with other sterol containing eukaryotic microalgae.

一般講演

B 会場

O-B01 ~ O-B32

日時：10月19日（土） 9時00分～12時00分

10月20日（日） 9時00分～12時15分

10月20日（日） 13時00分～15時30分

*太刀掛脩平, 加賀谷隆, 則定真利子 (東大院・農学生命科学)

1. はじめに

群集の食物連鎖長 (FCL) は、生態系の基礎資源から頂点捕食者までを介する食物連鎖の段階数と定義される。FCL は生態系のサイズと正の相関を示すという予測 (生態系サイズ仮説) が支持されることは多いものの、それを生じる機構を示す証拠は乏しい。食物網の下位栄養段階に位置する基礎資源や一次消費者は、捕食者よりも体組織の N や P の含有率は低い場合が多く、捕食者はしばしば N・P 制限にさらされるが、捕食者を消費する高次の捕食者はこの制限を克服することができる。したがって、生態系サイズとともに群集の N・P 制限が強まるのであれば、サイズの大きな系ほど高次の捕食者の出現確率は高まり、群集の FCL は大となる可能性がある。

森林溪流では、河畔植生由来の植物リターは河床に局所的に堆積して様々なサイズのリターパッチを形成し、各パッチには水生昆虫を主な構成種とする小スケールの食物網が成立する。演者らは 2022 年度陸水学会大会において、樹冠が開いた明るい溪流では、リターパッチ群集の FCL は生態系サイズ仮説の予測を支持することを示した。

本研究では、生態系サイズ仮説の予測が支持された溪流のリターパッチ群集について、FCL とパッチサイズの関係が生じる機構を群集構成や消費者の元素比 (C:N:P) との関係から検討した。野外においてリターパッチのサイズ操作実験を行い、大きなリターパッチほど、(1) 栄養的に高質な藻類由来の系外資源が得にくくなるため一次消費者や捕食者の栄養制限は強まる、(2) FCL は延伸するという 2 つの予測を設定した。

2. 材料と方法

多摩川支流の熊倉沢において、2022 年 4 月にパッチ操作実験を実施した。対照区、拡大区、縮小区を設定し、操作の直前と 2 週後に底生動物の定量採集を行った。基礎資源 (リター、付着藻類) と底生動物の安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) に基づき、各底生動物種について栄養段階と付着藻類の寄与率を算出した。FCL はパッチ群集の食物網最上位に位置する捕食者個体の栄養段階とした。一

次消費者と捕食者の栄養制限を検討するために、各パッチのサイズと生息種の体組織の C:N 比、C:P 比との関係を回帰分析した。捕食者については、一次消費者との間の N・P の不均衡についても検討した。

3. 結果

すべてのパッチにおいて、一次消費者はトビイロカゲロウ属、ヒメフタオカゲロウ属、タニガワカゲロウ属、コカゲロウ科、フタスジモンカゲロウ、ユスリカ科、サトウカクツツトビケラの 7 種で 96% 以上を占めていた。これらのうち、付着藻類食者である種の生息密度はパッチ面積と負の関係を示した。NMDS により各パッチ群集の種構成について序列化を行った結果、サイズ操作後の種構成の相違はパッチ面積によって説明された。

サイズ操作後のパッチ面積と、一次消費者個体および捕食者個体の平均 C:N 比、平均 C:P 比との間には正の関係が認められた。一次消費者と捕食者の間の N の不均衡は、サイズ操作後のパッチ面積との間に正の関係を示すとともに、サイズ拡大区では増加する傾向が認められた。捕食者に対する N の不均衡は FCL と正の関係を示したものの、サイズ操作後のパッチ面積と FCL の関係や、サイズ操作の FCL に対する効果は認められなかった。

4. 考察

付着藻類食者の生息密度、一次消費者の平均 C:N 比や平均 C:P 比、一次消費者と捕食者の間の N の不均衡と、サイズ操作後のパッチ面積との関係や、パッチ操作による変化から、予測 (1) は支持された。ただし、FCL 自体に対する予測 (2) を支持する証拠は得られなかった。サイズ操作 2 週間後では、食物網構造が平衡に達するうえで短期間すぎた可能性は否定できない。

本研究は、FCL の決定機構として、生態化学量論に基づく解釈を提案した。河川や溪流における FCL の決定要因として、生態系サイズ、一次生産性、攪乱が示されているものの、各要因の重要度は研究によって異なる。FCL の決定機構を統一的に理解するうえで、群集の栄養制限の存在を考慮することは重要である可能性がある。

*畑中顕（滋賀県立大院・環境科学），吉山浩平（滋賀県立大・環境科学）
根来健（琵琶湖博物館），大塚泰介（琵琶湖博物館）

1. はじめに

付着珪藻群集は栄養塩濃度，pH，水温，流速などさまざまな要因によって変化することが知られている。そのため，付着珪藻は水質や気候変動の評価に利用されている。また，付着珪藻は種によってさまざまな付着形態をとり，それにより捕食や流れによる攪乱への耐性が異なることも知られている。

基質表面の粗さは基質近傍の流れなどの微環境を変化させ，付着珪藻群集に影響を与える可能性がある。しかし，基質表面の粗さと珪藻群集の関係について調べた研究例は少ない。そこで本研究では耐水研磨紙を基質として野外実験をおこなった。

2. 材料と方法

ベニヤ板（45 cm × 45 cm）に粒子サイズの異なる3種類（#80，#400，#2000）の耐水研磨紙（7 cm × 7 cm）をランダムな順に張り付けた。この板を7枚作製し，2023年8月18日に滋賀県立大学（滋賀県彦根市）内の水路（水深21 cm，流速12.9 m/s）に設置した。

設置後，3，6，9，12，17，22，27日後にそれぞれ1枚のベニヤ板からサンプルを回収した。各粗さ1枚の耐水研磨紙の中央付近（1 cm × 1 cm）を水中で切り出し，グルタルアルデヒドで固定した。板を引き上げて，各粗さ3枚の耐水研磨紙から中央付近（3 cm × 3 cm）を切り出して濃硫酸で処理した。その後，プレパラートを作製して光学顕微鏡（×1000）で観察をおこなった。各試料で400殻の付着珪藻の種同定・計数をおこなった。また，固定した耐水研磨紙から固定剤を除去した後，水凍結乾燥法によって観察用試料を作製しマルチアングル顕微鏡（株式会社キーエンス）を用いて基質上の付着藻類群落を観察した。

3. 結果

全体で37属174種（うち未同定49種）の珪藻が出現し，このうち24属57種（うち未同定6種）が相対度数1%以上で出現した。

全ての粒子サイズの基質上で，設置後の経過日数とともに優占種の変化がみられた。設置後3日目には全ての粒子サイズで，*Nitzschia*属と*Fragilaria*属が優占した。9日目には*Cocconeis*属や*Sellaphora*属といった基質に密着する珪藻が優占するようになった。これらの珪藻の相対度数は次第に減少したが，*Sellaphora*属や*Geissleria*属のような運動性の高い種は，運動性の低い種と比べて相対度数が減少し始める時期が遅かった。27日目には鎖状の群体を形成する*Punctastriata*属や*Diademsis*属が優占した。これらの珪藻の相対度数が増加し始めた時期は粒子が大きい研磨紙に比べて小さい基質で早かった。

水凍結乾燥法で作成した試料をマルチアングル顕微鏡で観察したところ，設置後の時間が経過するにつれて基部で強固に付着するラン藻（*Tapinothrix* sp. など）や匍匐部をもつ緑藻（*Stigeoclonium* sp. など）が研磨紙を覆っていく様子が観察された。その広がりには研磨紙の粒子が小さいほど速かった。鎖状群体を形成する珪藻はラン藻や緑藻に絡まるようにして群落内に存在していた。一方，基質に密着する珪藻は未だラン藻や緑藻に覆われていない部分に集中して付着していたが，そのような場所は研磨紙の粒子が小さいほど少なかった。

4. 考察

基質の粒子サイズが小さいほど基質表面の起伏が小さくなる。これは匍匐性のラン藻や緑藻が広がるのに有利な条件だったようである。

珪藻は付着形態によって，ラン藻や緑藻に覆われていく基質上で異なる動態を示した。鎖状群体をつくる珪藻は，ラン藻や緑藻に絡まることで覆われた基質上で優占できた。一方，基質密着型の珪藻はラン藻や緑藻に基質を奪われたことで生育が困難となり，相対的に少なくなったと考えられる。ただし，基質密着型の珪藻のうち運動性の高い種は，ラン藻や緑藻に覆われていない場所に移動することができた可能性がある。

*上羽 涼太郎 (農工大), 梅澤 有 (農工大)

1. はじめに

ワンド (湾処) やタマリ (溜まり) と呼称される水域は河川側方の氾濫原に存在する半閉鎖水域で、河川中流から下流域にかけて多く分布する。ワンド・タマリは河道の直線化工事や堤防の造成の影響を受け数十 m~数百 m 程と小型でありながら、稚魚の生育や、洪水時の避難の場として機能し、河川生態系の多様化に寄与することが明らかになっている (傳田ら, 2002)。海外には全長数 km 規模の大型氾濫原水域が存在し、生物多様性以外にも水循環解析や栄養塩循環、生物生産に関する研究がおこなわれ (Bondar-Kunze et al., 2009)、河川表層水との物質交換などの相互作用の重要性が示されてきた。しかし、底層からの湧水涵養を受ける日本のワンド・タマリでは涵養源の違いや地中での生物地球化学的なプロセスの影響を受け、多様な水環境を形成する可能性がある。

環境トレーサーを用いた水循環解析では複数の観測地点や経時観察を必要とするため、多数のワンド・タマリを対象とする場合には多大な資材・労力が必要となる。そこで本研究では複数の環境トレーサーを多地点で適用し、ワンド・タマリごとの特徴を分類することで、効果的な環境トレーサーの活用法を検討することに加え、栄養塩動態 (濃度や構成比) と環境トレーサーの関係性からワンド・タマリの起源や経路に起因する生物地球化学的メカニズムを考察する。

2. 材料と方法

2024 年 1,2 月及び 9 月に衛星写真を用いて多摩川 (河口から 15 km~55 km 区間) のワンド・タマリを 51 地点選定し、採水・調査を行った。またワンド・タマリとの水質比較用に多摩川本流 (16 地点)・多摩川への流入水 (8 地点)・多摩川周辺湧水 (50 地点) の採水も行った。現地では電気伝導度 (EC)、水温、pH、DO の測定及び採水をおこない、試料は分析に応じて 0.22 μm もしくは 0.45 μm フィルターでろ過をし、冷蔵・冷凍・実験室での処理

をおこなった。栄養塩類は AACS II 自動分析装置等を用いた比色法によりリン酸 (PO_4^{3-})、硝酸 (NO_3^-)、亜硝酸 (NO_2^-)、アンモニウム (NH_4^+)、ケイ酸 (DSi) 濃度を測定した。またワンド・タマリでは一定量試水から懸濁物を GF/F フィルターで捕集し DMF 抽出した Chl.a 濃度を測定した。環境トレーサーとして各種イオン (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) をイオンクロマトグラフィー、 ^{222}Rn 濃度を濃度静電捕集型ラドンモニタ (Durrig社)、有色溶存有機物 (CDOM) 濃度を CDOM ロガーにて測定した。

3. 結果

ワンド・タマリの各種栄養塩濃度は変動が大きく (ワンド DSi : 50~175 $\mu\text{mol/L}$, NO_3^- : 39~402 $\mu\text{mol/L}$, PO_4^{3-} : 0.05~12 $\mu\text{mol/L}$, タマリ DSi : 28~157 $\mu\text{mol/L}$, NO_3^- : 5.4~370 $\mu\text{mol/L}$, PO_4^{3-} : 0.03~11 $\mu\text{mol/L}$)、河川本流の下流方向における栄養塩類の濃度増加の傾向と比較しても異なることから、内部環境や水の起源・供給経路等がこれらの差異を生み出している可能性が高い。 ^{222}Rn 濃度は既往研究と同様に大半の浅層地下水で河川水よりも 2 桁ほど高く、ワンドの ^{222}Rn 濃度を測定することで主要起源水の混合状態を大別できた。また CDOM 濃度に関しても浅層地下水と比べて河川は明確に高濃度を示した。 ^{222}Rn 濃度と CDOM 濃度はワンドの各種栄養塩類 (DSi , NO_3^- , PO_4^{3-}) 濃度と関係性がみられたことから河川-浅層地下水の混合状態や内部の栄養状態の把握に有効であることが示された。一方でタマリでは同様の傾向は見られず、閉鎖性の高い水域内での栄養塩消費や一次生産物による CDOM 濃度上昇、堆積物からの ^{222}Rn 放出等の影響が考えられる。そのため、タマリの水起源・経路の推定には異なる手法を用いる必要がある。当日は周辺の地質や土地利用状態なども踏まえてより詳細な栄養塩動態についても議論を展開する。

謝辞. 本研究は、公益財団法人 河川基金助成事業の支援を受け実施したものです。

O-B04

濾過食者シマトビケラ科幼虫の餌資源：

営巣場所とメッシュサイズに着目して

*上田 満優季, 原 直子 (奈良女子大学大学院人間文化総合科学研究科),
土居 秀幸 (京都大学大学院情報学研究科), 片野 泉 (奈良女子大学大学院自然科学系)

1. はじめに

シマトビケラ科幼虫は、河床の石に捕獲網をもつ巣を構築し、捕獲網に引っ掛かった有機物を摂食する造網型の濾過食者である。同じシマトビケラ科幼虫であっても、種によって営巣場所や捕獲網のメッシュサイズ等の生態的特性が大きく異なることがよく知られている。細かいメッシュサイズをもつオオシマトビケラ *Macrostemum radiatum* (以下オオシマ) は、石の裏側に巣を作る。一方で、ナカハラシマトビケラ *Hydropsyche setensis* (以下ナカハラ) やウルマーシマトビケラ *H. orientalis* (以下ウルマー) は、オオシマよりも粗いメッシュサイズをもち、石の表面やくぼみに巣を作る。営巣場所から、ナカハラやウルマーの方が水中を浮遊する有機物(プランクトン含む)を、オオシマの方が堆積する有機物(石や泥などへの付着生物を含む)を摂食していると予想できる。しかし、過去から現在までの文献において、シマトビケラ科幼虫の餌資源は様々である。

濾過食者、特にシマトビケラ科が多く生息するダム下流では、流下細粒状有機物(Drifted Fine Particle Organic Matter, DFPOM)量の増加が知られている。DFPOMはシマトビケラの餌資源となるため、ダム河川と自然河川では、餌環境は異なると予想される。しかし、餌環境が変わった時、シマトビケラが利用する餌資源がどのように変化するかは不明である。そこで、本研究は第一に、営巣場所やメッシュサイズの違いによる餌資源の変化を明らかにするため、同一河川で採集したオオシマとナカハラの餌資源を比較した。第二に、河川環境(餌環境)の違いによる餌資源の変化を明らかにするため、ダム河川と自然河川で採集したウルマーの餌資源を比較した。

2. 材料と方法

ダム河川と自然河川のそれぞれに調査地点を設定した。ダム河川として、上流に琵琶湖や天ヶ瀬ダムをもつ宇治川(淀川水系, 京都府宇治市), および

上流に布目ダムをもつ布目川(淀川水系, 奈良県奈良市)を、自然河川として四郷川(紀ノ川水系, 奈良県東吉野村)を選択し、各1地点を調査地点とした。調査は、2023年2月16日に宇治川, 同年7月4日に布目川, 同年7月24日に四郷川で行った。各調査地点では、環境要因の測定、河川表層水の採水、プランクトンネットで流下物採集、見つけ採りでシマトビケラ個体を採集した。実験室では、採水サンプルを用いて水中Chl. *a*量, DFPOM量を測定し、流下物サンプルを用いて植物・動物プランクトンの数や組成を検鏡により調べた。さらに、採集したシマトビケラのうち十分な個体数を確保できたオオシマ, ナカハラ(宇治川), ウルマー(布目川・四郷川)の前腸を用いて消化管内容物分析を行った。

3. 結果と考察

植物プランクトンは消化管内に数多く観察されたが、消化管内の優占種が河川水中の優占種であるとは限らず、消化管内ではより多い割合で羽状目珪藻が観察された。また、動物プランクトンは河川水中で観察されたが消化管内にはみられず、わずかに動物組織片がみられるのみだった。これらから、シマトビケラは無選択に流下プランクトンを餌資源とする訳ではなく、餌資源となりやすい分類群があると考えられた。そこで、主たる餌資源であった藻類種(植物プランクトン・付着藻類)を3つの生活形態に分類し、選択指数(Manly's alpha)を用いてシマトビケラを選択性を調べた結果、オオシマは単独で浮遊する「浮遊性(単独)」, ナカハラは「浮遊性(単独)」と石などに付着する「底生性」, ウルマーは「底生性」の分類群を選択的に摂食することが示された。また、消化管内容物をサイズで分類したところ、ナカハラやウルマーでは、メッシュサイズよりも小さい餌資源を多く摂食することが示された。

今後は、シマトビケラの捕獲網の観察を通して、得られた結果を考察する予定である。

O-B05

河川—河畔域における水生昆虫成虫の飛翔高度 に関する基礎的研究

*中川智裕 (熊本県立大・環),
島谷幸宏 (熊本県立大・共)

1. はじめに

カゲロウ目、カワゲラ目およびトビケラ目 (通称 EPT) は、幼虫期に河川や湖沼の水域を、また成虫期に隣接する陸域をその生息環境として利用する水生昆虫である。EPT は生育段階に応じて生息域を変えることにより、魚類や鳥類など水陸域双方の捕食者に重要な餌資源として利用される。しかしながら、生態に関して不明点が多く、その一つに河川直上における EPT の垂直分布が挙げられる。垂直分布は鳥類やコウモリ目などの上空捕食者とのつながりにおいて、あるいはダム堤体による上下流の集団の分断化を予測する上でも重要なテーマである。本研究では、橋梁を利用した試験的なトラップ手法により EPT の河川直上における連続的な分布を調べた。

2. 材料と方法

熊本県球磨郡を流れる川辺川の支流椎葉谷川を対象河川とした。257 mm×100 mm の透明アクリルボードに粘着剤を塗布したものを粘着トラップとし、その 25 枚を約 2 m のロープで連ねた。それを調査河川に架かる高さ 60m の橋梁の欄干に設置し、橋梁から河川水面付近までの範囲を飛翔する EPT を採捕した。さらに、ロープの設置箇所から下流へ 50–100m の範囲内 3 地点の、水面幅内にかかる樹枝に、粘着トラップを 1 枚ずつ設置した。また、その 30 m 下流の砂州にマレーゼトラップ (捕獲面サイズ: 165 cm × 180 cm × 180 cm) を設置した。すべてのトラップは 2024 年 8 月 1 日から 8 月 5 日まで設置し 1 回のみ回収した。回収した粘着トラップおよびマレーゼトラップのサンプリングボトルは 75%エタノールで固定して研究室に持ち帰り、できるだけ下位の分類群に分類し、雌雄を判別して個体数を計数した。

3. 結果

粘着トラップ 28 枚のうち、11 枚にて 32 個体、マレーゼトラップにて 2 個体が捕獲された。その内訳はカゲロウ目 18 個体、カワゲラ目 5 個体、トビケラ目は 10 個体であった。水面付近から、高度が増加するにつれて、個体数は有意に減少した (図 1)。粘着トラップではヒゲナガカワトビケラ雌 1 個体が水面上空 54.7m で捕獲された一方で、上空 24–52 m、および 57 m ではいずれの分類群も捕獲されず、22 m より低いトラップで 31 個体が捕獲された。

4. 考察

本研究では、椎葉谷川において、多くの分類群は水面から 20 m 程度の高さまで分布し、特に 10 m の高さまで個体数が多かった。一方で、ヒゲナガカワトビケラについては 50 m 以上の高さで捕獲された。本種は幼虫期における流下に伴う個体群の損失を補償するために、成虫期に遡上飛行することが知られている。この生態に関して、DNA 多型を用いた研究によってダム堤体やダム湖による本種集団の遺伝的分断化が生じていることが明らかとなっている (林・谷田 2008)。また、100 m 程度の堤高であっても、湛水面積が一定以下であれば分断化が生じなかった事例もある (渡辺・大村 2005)。一方で、その他の分類群では高さ 25m 以上のダムによって堤体を越えられな

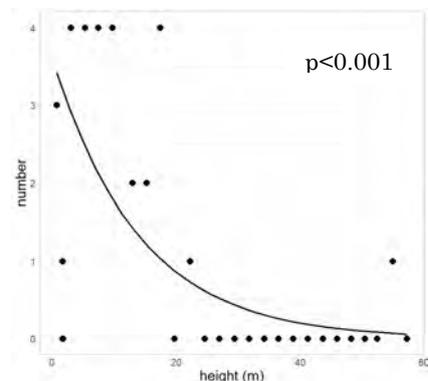


図 1 水面からの高さに対する EPT の捕獲数

O-B06

キタガミトビケラにおける筒巢装飾の機能, コスト, 集団内変異

*板倉拓人・加賀谷隆 (東大院・農学生命科学・森林動物)

1. はじめに

動物が自身の体表や巣に生物遺骸や無機物を取り付け、自らを装飾する行動は多くの種で認められている。このような装飾 (decoration) の機能については、おもに隠蔽や仮装といった擬態による捕食回避の文脈で理解が進んできた。しかし、装飾には食物の獲得効率向上や貯蔵といった捕食回避以外の機能や、維持や運搬におけるコストの存在も示唆されている。装飾の適応を理解するには、その利益とコストについて多角的に評価することが必要である。さらに、装飾の利益とコストの比は環境に左右されうるため、好適な装飾量は生息場により異なる可能性が高い。しかし、装飾の集団内変異についての検討は乏しい。

河川の造巢性トビケラには、筒巢を装飾する種が存在する。本研究では、筒巢を植物片で装飾するキタガミトビケラの幼虫について、1) 魚類からの被食や流下餌の捕獲に関わる装飾の機能やコスト、2) 野外集団内における個体の装飾量と生息場の物理環境との対応関係を明らかにする。

2. 材料と方法

魚類からの被食に関わる装飾の機能やコストを検討するため、第一に、トビケラの装飾個体と非装飾個体を同時に底生魚類のカジカに提示し、先に攻撃した個体を記録した。第二に、カジカに装飾個体と非装飾個体のいずれかを与え、トビケラを口に含んだ後の行動を比較した。

流下餌の捕獲に関わる装飾の機能やコストを検討するため、人工水路内の低流速区と高流速区に固着させたトビケラの各装飾個体に対し、一定数の疑似餌を上流から10回放流し餌捕獲成功率を求めた。同じ個体の装飾をすべて除去する操作を行い、その前後における餌捕獲成功率の変化を評価した。

装飾量と生息場の物理環境との対応関係を検討するため、栃木県日光市の行川に設定した200mの調査区間で、面積0.1m²程度の調査枠内の流速、水深、底質を測定したうえで、枠内で発見されたトビケラをすべて採集し、各個体の装飾量を評価した。

3. 結果

カジカがトビケラの装飾個体を選択的に攻撃した頻度は、非装飾個体に対する頻度の3倍であった。カジカがトビケラを口に含んだ後に筒巢ごと吐出する比率と、吐出された筒巢内でのトビケラの生存率は、非装飾個体に比べて装飾個体の方が高く、装飾はカジカの口に含まれた後の生存率を5倍向上させると評価された。トビケラの筒巢装飾を除去すると、低流速区では平均捕獲成功率は除去前の90%に低下した。高流速区では、装飾除去前後で捕獲成功率に変化は認められなかった。行川のトビケラ集団では、生息場の流速が高い個体ほど、筒巢の装飾片合計長が短いという関係が認められた。

4. 考察

キタガミトビケラの筒巢装飾は、魚類の呑み込みを防ぐ機能を有することが明らかにされた。装飾は魚類が口に含んだ後の物理的障害となると推測される。その一方で、本種の装飾は魚類に攻撃されるコストを生じることも示された。本種は筒巢を水中に漂わせて生活するため、装飾は水流に対する抵抗を高め筒巢に揺れを生じうる。そのため、装飾は魚類の発見効率を特に高流速下で増加させると推測される。本種の装飾には、流下餌の捕獲成功率を向上させる機能が低流速環境のみで示された。低流速下では装飾により筒巢の直上流に流下餌の滞留域が生じ、餌の捕獲を容易にするが、高流速下では筒巢の揺れにより流下餌の滞留域は生じにくい可能性がある。

キタガミトビケラの野外集団では、低流速環境に生息する個体ほど装飾量が多かった。本種における筒巢装飾の利益とコストの比は、餌捕獲と魚類の発見の両面から低流速環境ほど大きいと考えられる。野外集団でみられた変異のパターンは、この推測に整合するものである。本種は生息場間を頻繁に移動することが、演者らの研究により明らかにされている(陸水学会86回大会)。本種の生息環境に対応した装飾量の集団内変異は、装飾片の短期的な着脱が容易であることによって生じると推測される。

O-B07

AI を用いたオオシロカゲロウ幼虫の巣穴内の行動分析

*山口修平 (帝京大・理工), 蓮田裕一 (帝京大・理工)
多賀楓真 (帝京大・理工)

1. はじめに

オオシロカゲロウは、毎年9月に全国各地で集中して大量発生することで知られている¹⁾。同幼虫は流水の底にU字型の巣穴を掘り生息しているが、オオシロカゲロウ幼虫の巣穴の作り方や巣穴内での摂食や行動の観察報告は極めて少なく、大量発生する要因の解明には至らないのが現状である。

本研究では AI を用いて、人工水路内のオオシロカゲロウ幼虫を検出し、巣穴内での行動の解明を試みた。

2. 人工水路の設計と観察システム

光に対して負の走光性を持つオオシロカゲロウ²⁾の生態をモニタリングするために、直径約 310mm の円形水路内を光から遮断した。Raspberry Pi 赤外線カメラモジュールを使用し(図 1)、水路の透明壁に創成した U 字穴と幼虫の行動をブラウザ上にモニタリングした。

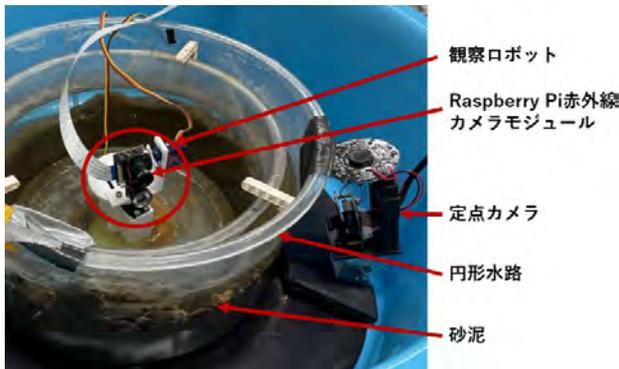


図 1 開発した人工水路と観察用カメラ

3. AI を用いた巣穴内の行動分析システム

3.1. オオシロカゲロウの検出モデル作成

オオシロカゲロウ幼虫を検出するため、YOLOv8l によってモデルの学習を行った。オオシロカゲロウ幼虫の学習には、計 2,452 枚(train : 2,145 枚、valid : 205 枚、test : 102 枚)の画像を用意した。モデルの性能評価を以下に示した(図 2)。

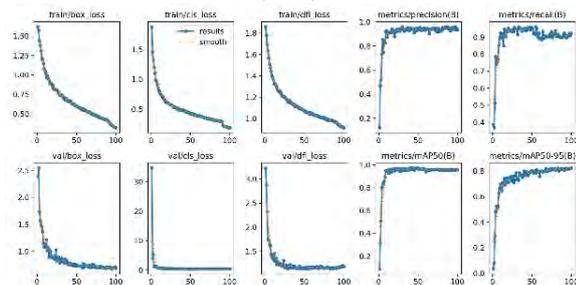


図 2 モデルの性能評価

3.2. 行動分析のシステム構成及び結果

YOLOv8l を用いてオオシロカゲロウ幼虫を検出し、滞在エリアデータを pickle ファイルに保存する。本システムの構成図を以下に示す(図 3)

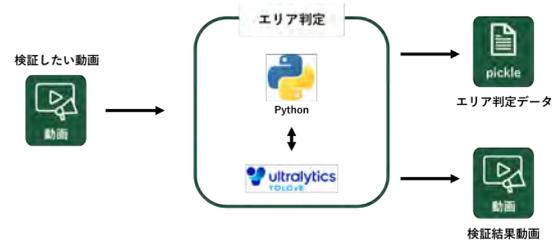


図 3 行動分析のシステム構成図

オオシロカゲロウ幼虫が創成した U 字型巣穴を流水方向に対抗した upstream と流水下流側の downstream、そして巣穴最深部の bottom の 3 つのエリアに分けた。それぞれのエリアの滞在を AI を用いて分析し、巣穴エリア内の滞在推移を明らかにした(図 4)。横軸は時間、縦軸は幼虫が滞在したエリア (upstream:赤, bottom:緑, downstream:青)を示しており、オオシロカゲロウ幼虫のエリアの滞在と移動の状況を描写することを可能にした。

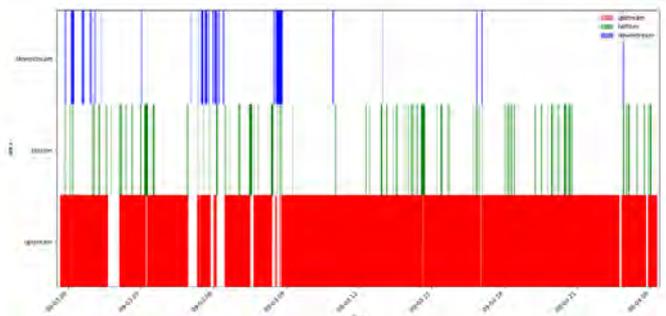


図 4 3 つの巣穴エリアの滞在推移

今後は、AI を用いた巣穴内の行動分析システムで得たデータから、U 字型巣穴の役割やオオシロカゲロウの行動サイクルを解明する計画である。

参考文献

- 1) Watanabe, N.C, and Ishiwata, S. (1997), Geographic Distribution of Mayfly, Ephoron shigae in Japan, with Evidence of Geographic Parthenogenesis. Jpn. J. Limnol., 58:15-25.
- 2) Y.Hasuda & F.Shiyoyama(2019), Life history and Nymphal habitat of the Mayfly Ephoron shigae, The International Conference on Life Science and Biological Engineering 2019, pp44-53.

O-B08

河床間隙水域における環境 DNA 法の可能性：

手法の検討と複数河川における展開

*大川 晴菜（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

河床間隙水域は、河床や河畔の下に広がる水で飽和する空間であり、河川生態系における高さ方向の連続性を担う重要な構成要素である。しかし直接的な観察の困難さから、包括的な研究が進んでいるとはいえない。そこで、環境 DNA メタバーコーディング法(eDNA MB 法)の利用を検討した。環境 DNA は水や泥などの環境中に存在する DNA の総称であり、eDNA MB 法では採水のみで生息する生物群集の群集解析が可能になる。

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 eDNA MB 法との比較を行った。また、環境要因による生物群集の変化をとらえるため、上流域と中流域の河床間隙生物群集を eDNA MB 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 MB 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 2022-2023 年に、四郷川(奈良県東吉野村)、木津川(京都府井手町)で行った。河川水が浸透する down-welling zone と間隙水が湧昇する up-welling zone と予想される地点を複数設定し、各地点で環境要因の測定、生物採集、採水を行った。水サンプルは水部分を 2 分割して濾過し、水部分は DNeasy と PowerSoil、泥部分は PowerSoil を用いて

DNA を抽出し、MB 分析を行った。これらの結果を用いて、四郷川と木津川の生物群集の比較を行った。また、河床間隙水域を対象とする DNA 抽出キットとして PowerSoil と DNeasy のどちらが適しているかについても考察した。

3. 結果

〈採捕と環境 DNA の比較〉

全サンプルでハエ目(特にユスリカ科)、ミズミミズ目、カイミジンコ目、ケンミジンコ目等の DNA コピー数が優占して得られた。このうち、採捕、PowerSoil、DNeasy の全てで共通していたのはユスリカ科、ミズミミズ科、ケンミジンコ目で、優占分類群の多くは採捕と環境 DNA で共通していた。

〈上流域と中流域の比較〉

シーケンス結果において、四郷川の水サンプル群集と泥サンプル群集は似ている傾向があった。木津川では水サンプル群集は似ているものの、泥サンプル群集はより多様で、水サンプル群集を包含している傾向がみられた。分類群の構成に注目すると、ユスリカ科やミズミミズ科、ケンミジンコ目などが多い特徴は四郷川と木津川で共通していた。四郷川では他にヌカカ科が、木津川ではクロカワゲラ科等が多くみられた。

4. 考察

〈採捕と環境 DNA の比較〉

優占種の大部分が採捕、PowerSoil、DNeasy で共通していたことから、eDNA MB 法は採捕法と同等の観察が可能であることが示唆された。

〈上流域と中流域の比較〉

四郷川ではヌカカ科が、木津川ではクロカワゲラ科等が優占しており、河川や流程位置による環境要因の違い、例えば河床材料サイズの違いなどが関係していると考えられる。

今後は、生物群集と環境要因の関わりについての解析をより進めていきたい。

1. はじめに

メタンは二酸化炭素に次ぐ地球温暖化に及ぼす影響が大きい温室効果ガスで、その大気中濃度は約 2 ppmV (WMO 2023) である。大気への年間メタン放出量は 525 Tg であり、人為的発生源が 290 Tg、自然発生源が 235 Tg を占める (Houghton et al.1990)。自然発生源のうち河川からの放出は 1.5 Tg であり (Benstvik et al. 2011)、全体の約 0.3 % を占めるとされるものの、河川を含む氾濫原からの放出量については未だ不明な点が多い。

斐伊川は、島根県東部を流れる一級河川であり、網状砂州が発達した典型的な砂河川である。下流域の河床の標高は周辺より高く、天井川となっている。また下流域の氾濫原には、“鯰の尾” やいくつかの“たまり” が存在している。

当研究室で行った斐伊川下流域を対象とした予備調査では、河川水中世界平均溶存メタン濃度 (0.2 $\mu\text{mol/L}$, GRiMeDB 2023) の最大 14 倍高い溶存メタンが検出された。また、その発生源は上流に存在する尾原ダムではなく、河口付近の灘橋周辺である可能性が示唆された。

そこで本研究では、斐伊川河川水中から検出されたメタンの発生源を特定し、さらには大気への放出量を見積もることを目的に研究調査を行った。

2. 材料と方法

2022 年から 2024 年にかけて斐伊川の灘橋付近において計 69 回の調査を経月的に行った。また、瑞穂大橋と灘橋間において、斐伊川本川、鯰の尾、たまりを対象にメタンの分布調査を行った。

試料は、30 mL バイアルに試料水を満たし、ブチルゴムとアルミキャップを用いて密栓した。その後、ホルムアルデヒド溶液 0.5 mL を添加し微生物の活性を失活させた。次に、純窒素ガス 20 mL で気相を作製し、気相中のメタンを FID 付きガスクロマトグラフ (FID-GC) で定量した。

メタンの大気への放出量は、浮遊式のチャンバー (0.16 m^2) を用いた。チャンバー内の空気は、エア

ーポンプで循環させ、真空バイアルを用いて経時的に採気した。真空バイアルに採気したメタンは、FID-GC を用いて定量した。

3. 結果

斐伊川の灘橋では、左岸・中央・右岸に分けて採水を行い、観測結果 ($n=69$) のうち約 8 割で右岸側が高かった。また、瑞穂大橋と灘橋間の右岸の一部から 5-43 $\mu\text{mol/L}$ の非常に高濃度の溶存メタンが検出された。その地点の堆積物を柱状に採泥したところ、堆積物中には気泡の存在が確認された。また河床からは約 70 万 ppmV のメタンを含む気泡噴出も確認された。

さらに、当地点におけるメタン放出速度は 1050 $\mu\text{mol/m}^2/\text{h}$ (Fig. 1) であつた。

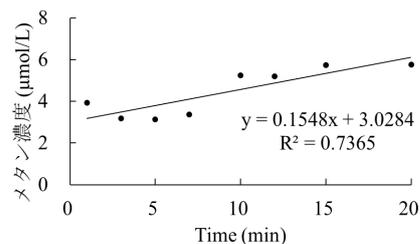


Fig. 1 メタン発生源からのメタン放出

4. 考察

斐伊川におけるメタンの発生源は、瑞穂大橋と灘橋の右岸側に存在すると明らかになった。発生源の堆積物内ではメタン生成菌によるメタン発酵が活発であり高濃度のメタンが生成され、水へ溶解または、気泡噴出によって河川水中の溶存メタン濃度に影響を及ぼしたと考える。しかし、高濃度のメタンが生成・蓄積した要因を解明するためには、さらなる調査が必要である。

大気への放出については、本川の河川水中からはほとんど認められなかったが、発生源では 1050 $\mu\text{mol/m}^2/\text{h}$ と非常に高い値を示した。さらに、当地点における単位面積当たりの年間メタン放出量は、世界平均値である 4.2 $\text{g/m}^2/\text{y}$ (Benstvik et al. 2011) より高い 147 $\text{g/m}^2/\text{y}$ となった。これらの結果より、河川水からのメタン放出量を評価する際には、本川のみならずその河川の氾濫原など、より詳細な調査を行う必要があると考える。

O-B10

オオシロカゲロウ幼虫の巣穴内での反転の自動検出

*多賀楓真 (帝京大・理工), 蓮田裕一 (帝京大・理工)
山口修平 (帝京大・理工)

1. はじめに

北アメリカの *Hexgenia limbata* や日本の *Ephoron shigae*(オオシロカゲロウ)は川底に U 字型の巣穴を作り生息している。これらの *Burrowing mayfly* は大発生することで知られているが、流水の底に生息しているのでその生態は未解決の部分が山積しており、特に幼虫の生態観察はほとんど未着手である。Patrick C & Landis H (1998)¹⁾は X 線を用いて *Hexgenia* の造巣行動を観察しているが、狭い巣穴内で幼虫が向きを変えることは困難であり、幼虫は一度巣穴から外の流水に出た後、再度巣穴に戻っている。しかし、私たちの観察ではオオシロカゲロウは狭い巣穴内で体を折り曲げて反転し、巣穴内で向きを変えている²⁾。

オオシロカゲロウ幼虫が狭い巣穴内で向きを変え、流水中に移動しないことは淡水魚やカワゲラなどのプレデターから身を守るうえで極めて重要な行動である。そこで観察ロボットから送信されてくる動画を AI を用いて画像解析し、オオシロカゲロウ幼虫の反転行動を自動検出するシステムを構築した。

2. 反転検出システム

円形の人工水路内でロボットが撮影したオオシロカゲロウ幼虫の頭(head)と尾(tail)の画像を roboflow³⁾を用いてアノテーションし、Yolov8 で検出した頭と尾の範囲の中心座標を取得する(図 1)。反転の検出時刻と回数の記録には python を用いた。

各中心座標の x 座標を比較し、head と tail の中心点の x 座標の大小関係が変化した際を反転と判断



図 1 カゲロウの頭と尾の検出

した。図 2(a)に示したように、赤枠の head が青枠の tail よりも右側に位置しており、x 座標の大小関係は head > tail となる。その後、カゲロウが反転行動を行い(図 2(b))、head の枠が tail の枠の左側に移動し(図 2(c))、x 座標の関係が tail > head になる。この位置関係の変化時にカゲロウが反転したと判断し、反転回数とその時刻が記録され、テキストファイルに出力される。



(a) 反転前の幼虫



(b) 反転中の幼虫



(c) 反転後の幼虫

図 2 AI を用いた幼虫の反転検出

参考文献

- 1) Patrick Charbonneau & Landis Hare(1998), Burrowing behavior and biogenic structures of mud-dwelling insects, J.N.Am.Benthol.Soc., Volume17. Number2, pp.239-249
- 2) 蓮田裕一他 (2023)「Burrowing mayfly 幼虫の観察用ロボット開発」日本陸水学会第 87 回大会 O-C07
- 3) Roboflow, Roboflow: Computer vision tools for developers and enterprises, <https://roboflow.com/> 2024 年 6 月 9 日

O-B11

宇治川が有する濾過機能：河道地形と濾過食者に注目して

*原直子（奈良女子大・院），田代喬（名古屋大）
土居秀幸（京都大・院），竹門康弘（大阪公立大），片野泉（奈良女子大）

1. はじめに

河川生態系において、ダムを設置によって生じる問題の一つに流下有機物の改変が挙げられる。自然河川では落葉落枝などの陸上由来の有機物が中心となる一方で、ダム直下ではダム湖で増殖した大量のプランクトンが主な流下有機物となる。これらのプランクトン密度は流下する内に、徐々に減衰していくことがわかっている (Chang, 2008, Doi, 2008)。これは沈降や土砂間隙による濾過、また濾過食者による濾過・摂食などの生態機能が働くためであり、実際にダム直下では濾過食者が高密度に生息している (Katano et al., 2009)。以上のことから、ダム直下では高密度に生息する濾過食者がプランクトン密度の減衰に寄与していると考えられてきた。しかしながら、ダム下流域においてどのような濾過食者が濾過機能をどの程度発揮しているかについて詳細に調べた研究はほとんどない。そこで本研究では、同じ濾過食者でも濾過様式の異なる2つの分類群、すなわち自ら吐いた糸で捕獲網を形成し流下プランクトンなどを摂食する造網型トビケラと、直接水を吸い込んで濾過を行う二枚貝類に着目し、それぞれ野外でどの程度濾過機能を発揮しているかを調査した。

2. 材料と方法

上流に琵琶湖・天ヶ瀬ダムが存在し、濾過食者が豊富に生息することが知られている宇治川（京都府、淀川水系）を調査地とした。ダムからの放流量が比較的安定していた8月から1月にかけて2年間で計6回の野外調査を行った。上流区間と下流区間、それぞれ約750mを調査区間とした。各区間では二枚貝類のカワヒバリガイ (*Limnoperna fortunei*) と造網型トビケラのシマトビケラ科がそれぞれ優占していることを事前調査で確認した。河道地形は超音波ドップラー流速計を用いて測定し、各生物のeDNA量を測定して生息している濾過食者の指標として検討した。濾過対象物である

植物プランクトン量 (chl.a 量) を測定することで、カワヒバリガイが優占している区間とシマトビケラ科が優占している区間における植物プランクトン量の減衰傾向を比較した。

3. 結果

河道地形の測定結果より、上流区間は川幅が狭く、水深が深い狭窄部であること、下流区間は川幅が狭く、水深が浅い拡幅部であることが明らかになった。eDNA量の測定結果では、上流区間と下流区間にはそれぞれカワヒバリガイとシマトビケラ科が高密度に生息しており、優占している濾過食者も大きく異なっていた。また植物プランクトン量の減衰傾向を比較したところ、両区間で減衰傾向が見られたものの、上流区間においてより大きく減衰していることがわかった。

4. 考察

宇治川では、造網型トビケラであるシマトビケラ科と比較して、上流区間で優占している二枚貝類のカワヒバリガイの濾過能力が卓越している可能性が示された。カワヒバリガイは、在来種であるシマトビケラ科と異なり特定外来種に指定されており、水利施設などで大量に増殖し、詰まりや悪臭などの問題を引き起こしている。その一方で、上流に巨大な淡水域をもつ宇治川では本来駆除対象であるカワヒバリガイに河川の濾過機能が大きく依存しており、カワヒバリガイにより現在の水質が保たれている可能性も考えられる。

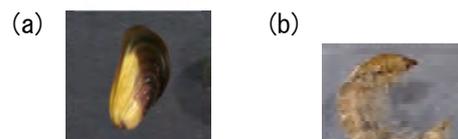


図1 宇治川に生息する主な濾過食者
(a) カワヒバリガイ (*Limnoperna fortunei*)
(b) オオシマトビケラ (*Macrostemum radiatum*)

O-B12

千葉県手賀沼の有機物分解特性

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

1. はじめに

生物生産性が高い水圏であっても、生産された有機物が直ちに分解・無機化されてしまえばその水圏は大気中の二酸化炭素の除去源として機能しない。すなわち、生産される有機物の分解のされやすさ(分解特性)もまた炭素循環に影響を与えることとなる。富栄養状態にある千葉県手賀沼が高い生物生産性を有しながらも、大気から二酸化炭素を吸収するのではなく、大量に大気に二酸化炭素を放出していること、その一つの原因として2000年からpHの低い利根川河川水の注水を実施していること、を本会において報告してきた。そこで本研究では千葉県手賀沼で生産される有機物の分解特性がそこでの炭素循環に与える影響について評価を行う。

2. 方法

千葉県手賀沼湖水とその流入河川水および関東近郊湖沼において採水した試料について、有機炭素(TOC)と全炭素濃度(TC)、マンガンを用いた化学的酸素要求量(COD(Mn))、暗瓶法による有機物分解速度、暗瓶法を100日間酸素の供給を継続して有機炭素の減少量から得られる生化学的に分解可能な有機炭素濃度、の定量を実施した。なお、COD値はレッドフィールド比(Anderson and Sarmiento, 1997)を用いることにより炭素換算して表す。O₂ 1.00mgはC 0.258mgに相当する。

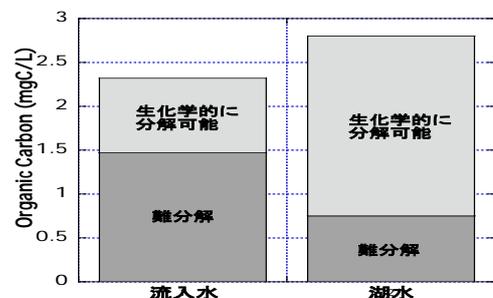
3. 結果と考察

手賀沼湖水の有機炭素濃度は年平均で 2.8 ± 0.7 (mgC/L)であった。また、全炭素に占める有機炭素の割合(TOC/TC)は 27 ± 6 (%)であった。手賀沼への流入河川水に比べて手賀沼湖水の有機炭素濃度は増加しており、手賀沼が正味で有機物生産の場となっている。有機炭素の分解速度は基質である有機炭素濃度に依存するので、有機炭素濃度を有機炭素分解速度で除した「有機炭素の Turnover Time」(有機物分解による有機炭素入れ替わり時間)の計算を行った結果、手賀沼湖内で時間的に変動すること、また湖沼間で違いがあることも見いだされ、これを用いることで湖沼間の有機物の分解特性を

記述できそうである。

有機炭素の Turnover Time と、そこに存在する有機物の分解特性との関係では、生化学的に分解可能な有機炭素、さらに COD (Mn)との間に有意な相関関係が見いだされた。

手賀沼への流入水と手賀沼湖水を比較すると、手賀沼湖水で大きく生化学的に分解可能な有機炭素が増加していることが見いだされた(図)。また、COD (Mn)法で分解可能な有機炭素濃度も同様に流入水に比べて湖水で大きく増加していた。すなわち、手賀沼湖内で生化学的にも化学的に分解されやすい有機物、有機炭素が生産されていることになる。手賀沼における主要な有機物生産者は2000年に手賀沼の浄化の目的で利根川河川水の注水を開始して以降、ケイ藻である(岩山ほか2012)。また、溶存ケイ素濃度と生化学的に分解可能な有機炭素濃度の間にも有意な関係が見られており、このことは、「ケイ藻は分解を受けやすい有機物の生産者である」ことを示唆しているのかもしれない。手賀沼においてはケイ素を多く含む利根川河川水の注水により分解されやすい有機物が生産されることで、高い生物生産性を有しているにもかかわらず無機炭素が不足することがないため、大気から二酸化炭素を吸収するのではなく、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。また、手賀沼で見られるような近年の「COD 値の下げ止まり」についても、植物プランクトン主組成の変化として説明できるかもしれない。



図：手賀沼への流入水と湖水の分解特性の比較(年平均値)

湖底環境における重合体ケイ酸の挙動 およびケイ酸の溶出様相比較

*朴 紫暎 (島大院・自然)・杉山 雅人 (京大院・国際)・宮本 耀介・安藤 悠翔
・管原 庄吾・江川 美千子 (島大院・自然)・清家 泰 (島大・EsReC)

1. はじめに

夏季の湖底付近では、無酸素層の発達・強化による堆積物からのケイ酸の溶出が観察される。無酸素の還元的な環境では、鉄酸化物(主に水酸化鉄)が硫酸還元細菌により生成された硫化水素により硫化鉄(FeS)に還元され、鉄酸化物に吸着していたケイ酸は間隙水に溶出される(Park et al. 2020)。この溶出機構により、淡水湖の湖底堆積物から溶出された溶存ケイ酸の一部は重合体ケイ酸として存在していると報告されている(Park et al. 2023)。

一般に、自然水中では溶存態の重合体ケイ酸は存在していないとされている(DeMaster et al. 1991; Mosley et al. 2003)。しかし、Park et al. (2023)の報告を含め、無酸素の湖底堆積物中の重合体ケイ酸の存在は、様々な淡水域において確認されている。

したがって、各湖における湖底堆積物からのケイ酸溶出とその化学種分布を調べ、共存する溶存物質と溶存ケイ酸の相関性からケイ酸の溶出源を推定することを目的とする。

2. 測定方法

研究対象は、淡水湖として琵琶湖南湖と池田湖、汽水湖として中海と宍道湖の湖底堆積物を用いた。

堆積物試料からの間隙水の抽出には、孔径0.45 μmのPVDF membrane filterを用いた。抽出した間隙水にはHNO₃を加え、最終濃度を0.02 Mに調整した。

溶存ケイ酸や栄養塩、硫化水素、微量元素など、溶存物質の測定は、吸光光度法およびICP法(誘導結合プラズマ原子発光分光法)を用いて行った。

3. 結果

本研究では、ICP法で測定したケイ酸を全溶存ケイ酸(TSi)、吸光光度法で測定したケイ酸をモリブデン反応性ケイ酸(MSi; 単量体から五量体まで)としている。また、重合体ケイ酸(PSi; 五量体以上のオリゴマー)は、TSiとMSiの濃度差で算出した。

琵琶湖南湖の湖底堆積物において、2016年度から2018年度の調査では最大0.7 mMのPSiが検出され

た。しかし、2023年度からはPSiがほとんど観測されず、0–0.1 mMの低い分布を示した。池田湖においては、2018年度と2024年度に調査を行い、湖底堆積物中からPSiの溶存が継続的に観測され、2024年度の測定結果によると、TSiのうち約32%がPSiとして溶存していた。

中海の場合、PSiは2015年度から継続的にほとんど検出されなかった。宍道湖の場合は、2023年度から調査を始め、2023年度の12月の湖底堆積物から最大1.3 mMのPSiが存在することが確認された(Fig. 1)。

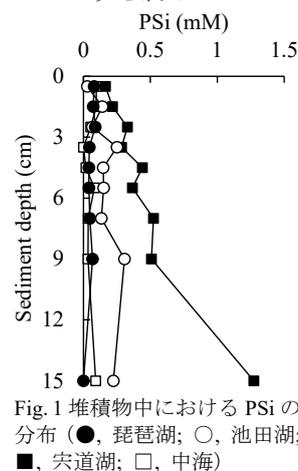


Fig. 1 堆積物中におけるPSiの分布(●, 琵琶湖; ○, 池田湖; ■, 宍道湖; □, 中海)

4. 考察

PSiは無酸素の淡水域の湖底堆積物中のみ存在すると報告されている。しかし、宍道湖のような汽水域においてPSiが存在することが初めて明らかになった。このことに関しては、ケイ酸の溶出源の違いが原因であると考えられる。

無酸素の湖底堆積物の間隙水において、TSiと溶存鉄(DFe)または溶存アルミニウム(DAl)の相関性を比較した。淡水湖の場合、TSi/DAl=11, TSi/DFe=1.5であった。長石質堆積物のSi/Alは2–3であることから、無酸素の淡水域におけるTSi/DAlとTSi/DFeの値は、ケイ酸の溶出源に鉄酸化物(水酸化鉄など)が関連していることを示唆する。

汽水湖の場合、DFeが硫化水素によって除去されるため、TSi/DFeは中海で178, 宍道湖で45の非常に高い値を示した。TSi/DAlは、中海で24, 宍道湖で7.1を示した。中海に関しては、淡水湖と同様に、アルミノシリカ以外のケイ酸塩鉱物がケイ酸の溶出源であると考えられる。また、宍道湖に関しては、硫化物層のSi/Al=7.6に近い値を示し、宍道湖の湖底堆積物におけるケイ酸の溶出源にはアルミノシリカが大きく影響していると考えられる。

*朴 虎東 (信大・理), 奥田千遙 (信州大・理),
韓智仙 (信州大・理), 二木功子 (信大・理)

1. はじめに

世界中の富栄養化した湖沼において、藍藻ブルーム(アオコ現象)が発生し、水質が損なわれ、水生生物、家畜および人間にとって健康上のリスクが懸念されている。Microcystis 属などによって生産される肝臓毒素である Microcystin(以下 MC と略す)がよく知られている。MC は、強い毒性と発がんプロモーターとしての作用から、特に水源地において効率的な除去が必要とされている。図 1 には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方法と問題点を示した(朴, 2020)。その中の生物的除去方法は、簡単で安価であるという利点をもつ。生物的除去方法の 1 つに、高分子ポリマーなどに微生物を固定化させる方法などがある。微生物の固定化を行うことで、バクテリアの植え継ぎが不要になり長期間利用することが可能である。本研究は、1997 年諏訪湖から分離された MC 分解菌 Y2 (*Sphingosinicella microcystinivorans*) 株を用いて、MC 分解特性の解析を行った。また、Y2 株の 3 種類の担体化(寒天、スポンジ、ポリエチレングリコール)を行い、MC の分解能力の検証を行うことで、MC の生物学的除去法の基礎研究とすることを目的とした。

2. 材料と方法

MC 分解菌 Y2 株の培養には、寒天濃度を 1.5% に調節した NB 培地 (0.1%) 寒天培地を用いた。実験に使用する培養用には平板寒天培地を用い、23 °C、暗条件のインキュベーター内で培養を行った。前培養した Y2 株に、プレポリマーであるライトエステル 14EG (共栄化学株式会社)、重合促進剤である 5% TEMED、 2 mol L^{-1} の塩酸を加えた。そこに、重合開始剤である 2.5% 過硫酸カリウムを加え混合した。溶液は、すぐに重合し担体化された。作製した担体は実験に応じた大きさに切り分けた。

3. 結果と考察

本研究では、寒天担体、スポンジ担体、ポリエチレングリコール担体の 3 種類を用いて、MC 分解実験を行ったが、どの担体でも MC の分解が確認された。

分解速度は、寒天担体>スポンジ担体>ポリエチレングリコール担体の順に大きく観察された。寒天担体は、液体培地とほぼ同じ分解速度で MC を分解したが、スポンジ担体、ポリエチレングリコール担体は、液体培地に比べ分解速度が遅くなった。ポリエチレングリコール担体の MC の分解効率を向上させるため、Y2 株の培地成分、ポリエチレングリコール担体数の増加及び表面積を変える実験を行った。担体数の増加及び表面積の増大で MC の分解効率の向上につながる事が分かった。また、ポリエチレングリコール担体は、25~35 °C、pH 9 の時に最も分解速度が速くなった。更に、pH が低い条件でも MC の分解が確認された。担体化を行うことで、液体培地に比較して、環境の変化に対して強くなると考えられる。また、世界で発見されている MC 分解菌の多くは、pH 7 で分解速度が速くなり、実際にアオコが発生する pH 8~11 では、分解効率が低下することが報告されている。しかし、本実験により Y2 株は、pH が高い環境でも MC を分解できるという特徴を持つことがわかった。また、ポリエチレングリコール担体の MC 分解力の持続性を検証するための実験を行った。約 1 カ月間 MC の分解が確認された。これらの結果は、上水処理での MC 分解の実用化においてポリエチレングリコール担体は十分に活用できることを示唆している。

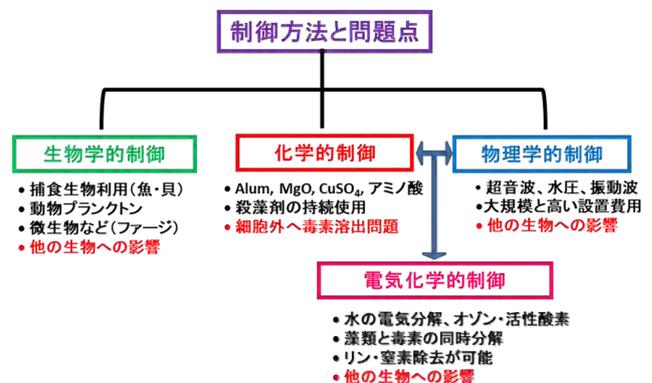


図1 水域におけるシアノバクテリア及びシアノトキシンの制御方法と問題点

**Study for characteristics of
trophic transfer efficiency(TTE)
from primary to secondary production
based on zooplankton functional composition
in eutrophic reservoir during algal bloom**

*Hye-Ji Oh (Kyung Hee Univ.), Geun-Hyeok Hong (Kyung Hee Univ.), Dokyun Kim (Korea Institute of Ocean Science & Technology), Kyung-Hoon Shin (Hanyang Univ.), Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee Univ.)

1. Introduction

In lentic ecosystems such as reservoirs, energy flow within the food web is generally centered around a grazing food web, where primary production energy from phytoplankton is transferred to higher trophic organisms (e.g., fish) through zooplankton, which are secondary producers. Trophic transfer efficiency (TTE) is useful for understanding the flow of materials and energy within aquatic ecosystems based on these biological interactions. Theoretically, the TTE between adjacent trophic levels of biological communities (prey-predator) is known to be 10%, but in reality, it varies depending on the physicochemical and biological conditions of the water body. In the case of eutrophic ecosystems, the mass proliferation of cyanobacteria leads to the dominance of inedible algae, reducing the predation pressure of zooplankton on phytoplankton, thereby significantly decreasing the TTE between them. Their TTE researches according to the trophic status of the water body have mainly focused on the composition of phytoplankton communities. However, since zooplankton have species-specific feeding traits, their composition can also influence the determination of TTE. Therefore, this study aimed to understand the changes in TTE between primary and secondary producers in a eutrophic reservoir in terms of the functional feeding groups (FFGs) of zooplankton.

2. Materials and Methods

In this study, we targeted the Yeongju Reservoir, a representative eutrophic reservoir in Korea. To measure primary productivity (PP), an in situ incubation method using a ^{13}C stable isotope tracer ($\text{NaH}^{13}\text{CO}_3$, 98%) was applied, and the secondary productivity (SP) was estimated by

calculating the biomass of individual species based on their length data and applying daily production-to-biomass ratios. Subsequently, TTE was calculated by dividing SP by PP to identify temporal and spatial variations in TTE at different study sites and times. Simultaneously, the contribution of each zooplankton FFG to the overall TTE was also calculated, and then the survey data were clustered based on the similarity of zooplankton FFGs' TTE contribution using Self-Organizing Map (SOM) analysis. Finally, a statistical comparison of TTE, PP, phytoplankton community, and zooplankton FFG composition was performed among the SOM clusters.

3. Results and discussion

The target reservoir in this study exhibited TTE values ranging from 0.11% to 9.56%, with a maximum in the oligotrophication and a relatively low value (0.58%) in the hypertrophication, supporting the existing theory that TTE from primary to secondary producers decreases as the degree of eutrophication intensifies. During the periods when TTE decreased, the dominance of cyanobacteria, which have low nutritional value as a food source for zooplankton, was observed. In this case, i.e., the food availability for zooplankton is low, it was found that zooplankton species that engage in cutting, chewing, or selective feeding activities significantly contribute to the energy transfer from primary to secondary producers.

Research on TTE based on zooplankton FFGs is helpful for identifying the energy transfer pathways between primary and secondary producers that could not be elucidated at the species level.

Seasonal variations of symbiotic bacterial composition associated with dominant zooplankton in different depth habitats of Lake Biwa

*T. R. Tuhin (Univ. of Shiga Pref.), M.F.A. Anny (Jahangirnagar Univ.), X. Liu (Guangxi Academy of Sciences), S. Hosoi-Tanabe (Univ. of Shiga Pref.), and S. Ban (Univ. of Shiga Pref.)

1. Introduction

Three dominant crustacean zooplankton, i.e., *Eodiaptomus japonicus*, which is an omnivorous suspension feeder and ingests both phytoplankton and microzooplankton, Cyclopoida spp., which are raptorial feeder and ingest smaller zooplankton, and *Daphnia pulicaria*, which is a non-selective suspension feeder and mainly ingests phytoplankton, occurred throughout year in Lake Biwa. They are crucial to the food web in the lake, and to maintaining the lake environment. Symbiotic bacteria are an integral part of zooplankton, promoting their development, growth, and reproduction. In this study, symbiotic bacterial community structures associated with the dominant crustaceans were determined separately from the digestive tracts and other body parts with a meta-barcoding analysis targeting the prokaryotic-specific V4 region of 16S rDNA.

2. Materials and Methods

Zooplankton and water samples were collected from both epilimnion (0–20 m) and hypolimnion (20–50 m) with a Norpac net (mouth diameter, 45 cm; mesh size, 200 μm) and Van-Dorn bottle, respectively, at a pelagic site (35°18'.793"N, 136°8'.854"E, 70 m deep) in the north basin of Lake Biwa on 4 March, 17 June, and 21 September 2021. Temperature, dissolved oxygen content (DO), and Chlorophyll-*a* concentration (Chl) were measured with CTD system (JFD Advantech, AAQ-RINKO) throughout the water column at the same time. A sufficient number, i.e., 100–120 adult individuals,

of each taxon of the crustaceans were sorted from the live samples collected and incubated separately at ambient temperature to evacuate gut contents. Then, we dissected the gut from the animals sorted (30 ind. for *E. japonicus*, 35 ind. for cyclopoids, and 15 ind. for *D. pulicaria*) and conducted metagenomic analyses on the gut, other parts of the body excluding gut (body), and suspended particles (< 20 μm) in the ambient waters.

3. Results and discussion

In March, the lake water was mixed vertically, while it was stratified in June and September. In the stratification period, DO and Chl were higher in epilimnion than in hypolimnion. The bacterial communities in the gut and body were quite different from those in the ambient waters. Firmicutes were common in the gut and body of all three hosts but absent in the ambient lake waters. The bacterial compositions in the gut were more or less similar to those in the body, but significantly different among the three hosts and seasons and differed between the two depths habitats. The dominant bacterial family in both gut and body were relatively similar during the stagnation period. The bacterial communities in *D. pulicaria*, *E. japonicus*, and Cyclopoida spp. were significantly different among the months. And the bacterial communities in *D. pulicaria* were different between the depth habitats, while those in two copepod hosts were similar. The results may be attributed to the different behaviors and feeding habits of the hosts and the vertical structure of water column.

1. はじめに

森林生態系では、シカ被害による森林の衰退が深刻な問題となっている。シカの個体数増加による影響は、ヨーロッパ、北米、ニュージーランドなど、世界中で報告されており、多くの森林で樹木の再生が妨げられている。

大台ヶ原は紀伊半島の南東部に位置し、約 200 万年前の新生代第四紀に 1,000m 以上も隆起してきたものである。標高差約 1,500m の準平原を形成しており、日本で最も湿潤な地域のひとつである。通常、山地が隆起すると河川による浸食が激しくなるが、大台ヶ原は隆起以前のなだらかな地形のまま隆起しているため、浸食の影響をほとんど受けず、特有の景観を呈している。

大台ヶ原ではササなどの矮性竹が広く見られていた。しかし、シカの個体数増加とともにシカが好んで食べる食物が減少してしまい、矮性竹も食物として食べざるを得なくなった。その結果、矮性竹の背丈は低くなりバイオマスは減少した。以前は大台ヶ原の独特な景観を呈していた溪畔林も均質なものと変化した。この研究では、大台ヶ原を流れる溪流に生息する底生動物群集について、2006 年と 1983 年のデータを比較し、底生動物の現存量や組成の変化と植生の変化など環境の影響との関係を考察した。

2. 材料と方法

梅谷・太田 (1985) は、大台ヶ原に生息する底生動物について 1983 年時点の群集を報告している。本研究では、梅谷・太田 (1985) の調査地点を含む 12 地点で底生動物を採集した。そして、底生動物の現存量と属組成を比較し、溪畔林植生などとの関係を調べた。

3. 結果

溪流に生息する水生昆虫などの底生動物は 1983 年からの約 20 年間で大きく変化したことが分かった。まず、この約 20 年間で、全体として個体数や属数が減少していた。目ごとに見ると、カゲロウ目の個体数は大きく減少し、カワゲラ目の個体数は増加していた。また、底生動物の群集組成も大きく変化した。1983 年の底生動物の個体数や属数は、生息場所によって大きく異なっていたが、2006 年の個体数や属数には、生息場所による大きな違いはみられなかった。群集構造も 1983 年は生息場所によって大きく異なっていたが、2006 年の群集は場所による違いが小さくなっていた。

4. 考察

流域の土壌や溪畔林植生から溪流にもたらされる栄養塩は、土壌や植生状態によって異なってくる。溪流の栄養塩状態が異なると、溪流に生息する底生動物の幼虫の成長度合いも異なってくる。また、シカに食べられた植物は糞となって土壌に還元されるが、シカは食べた場所とは異なる場所に糞をするため、土壌の栄養状態は次第に均質化していき、溪流の水質も均質化していく。シカによる植生衰退が起きると、土壌侵食が起きて溪流に土砂が流入する可能性が高まり、溪流に生息する底生動物の群集構造が変化することもある。シカの個体数増加は、植生の減少を通じて、溪流に生息する底生動物にも影響を及ぼしたと考えられたが、温度の上昇や湿度の低下など環境の変化も底生動物群集に影響を与えていると考えられる。

O-B18

里山の赤トンボ数種における 卵の孵化時期の違いおよび乾燥への適応

*東川 航（森林総合研究所）

1. はじめに

里山の水田で繁殖する赤トンボ数種は、秋に水位が低下した浅い湿地環境に産卵する。各種の卵は乾燥耐性をもちながら休眠して越冬し、水田では翌春の水入れとともに一斉に孵化するとされる。しかし実際には、卵の孵化時期は種ごとに確かめられていない。赤トンボは種によって水分条件の異なる場所に産卵するため、自然湿地では翌春の水位上昇によって卵の浸水する時期に種間差が生じる。よって、卵の孵化時期は翌春の浸水時期を見越して種特異的かつ固定的である可能性があり、一様に冠水する水田内でも卵の孵化時期は種ごとに異なるのではないかと考えられる。

本研究では、水分条件の異なる複数の処理区で赤トンボ数種の卵を飼育し、翌春に一斉に水に浸けた卵が孵化するまでの日数を種間比較した。

2. 材料と方法

2021年10月に岐阜県で採集した赤トンボ5種（ナツアカネ、アキアカネ、コノシメトンボ、マユタテアカネ、ミヤマアカネ）の各種について、雌5個体から合計約2000個の有精卵を採卵した。卵の飼育容器として直径4cm深さ0.5cmの皿状容器を、飼育室として密閉タッパーを用いて作成した下記6つの処理区において、ランダムに選んだ各種の卵をそれぞれ20個ずつ飼育した：①水中、②飽和土（間隙が水で満たされた土）の上、③不飽和土（一定量の水を添加した土）の上、④乾燥土（60℃で一晩乾燥させた土）の上、⑤乾燥土の上+シリカゲル50gで空気を乾燥させた状態、⑥乾燥度の上+シリカゲル100gでさらに空気を乾燥させた状態。飼育は2021年11月25日から2022年3月1日までの97日間行った。期間中は、朝から夕方における各処理区内の相対湿度を記録し、水分条件が処理区間で異なる状態を維持できていることを確認した。

飼育終了後、卵を処理区から取り出して一斉に水に浸け、4月19日までの50日間にわたり孵化を記録した。浸水から孵化までの日数について、処理および種の効果を一般化線形モデルにより推定

するとともに、処理や種による孵化までの日数の違いをTukey-Kramer法により多重比較した。

3. 結果

処理区④-⑥では卵が1つも孵化しなかった。卵が孵化した①-③の各処理区では、概ねコノシメトンボ、マユタテアカネ、アキアカネ、ミヤマアカネ、ナツアカネの順に孵化までの日数が有意に大きかった。また、唯一水のないところに産卵するナツアカネを除いて、水分がより少ない処理区ほど卵の孵化にかかる日数が有意に大きかった。ナツアカネでは、①と②および①と③では孵化までの日数に差がなかったが、③では②よりも孵化までの日数が有意に大きかった。

4. 考察

処理区④-⑥では強い乾燥によって卵が孵化しなかったことから、卵の孵化のためには一日の中で相対湿度が一定以上（湿度記録の結果から、> 約70%）となる時間が必要であることが示唆された。卵が孵化した処理区①-③では、孵化までにかかる日数の種による順位がほぼ同じであったことから、各種はそれぞれ種特異的な休眠および孵化のフェロロジーを有すると考えられる。特に、水のない草原等に産卵するナツアカネでは、泥地や水中に産卵する他種よりも孵化までの日数が有意に大きく、逆に比較的安定した（干上がりにくい）水域に産卵するコノシメトンボでは、孵化までの日数が最も小さかった。孵化までにかかる日数の種による序列関係は、卵の経験する乾燥期間の長さや乾燥レベルの種間差に起因するものと考えられる。本研究によって、より水分の少ない場所に産卵する種の卵はより遅く孵化するという関係が確かめられた。また、種内においても、より強い乾燥を経験した卵においてより遅い孵化が確認されたことから、種内に固定された孵化のフェロロジーだけでなく、卵期における乾燥レベルによって孵化時期を調整する機構が存在する可能性も示唆された。

O-B19

外来種ミジンコの定着要因に関する研究

: 琵琶湖のプリカリアミジンコを例として

*槻木玲美 (松山大・法), 橋本鯨 (愛媛大・理), 中根快 (愛媛大・理)
本庄三恵 (京都大・生態研)・内井喜美子 (大阪大谷大・薬)

1. はじめに

生物の大量絶滅が懸念される中、多様な生き物を回復させていくための世界目標が 2022 年、新たに採択され、外来種の侵入と定着率の半減が喫緊の課題の一つとなっている (環境省: 昆明・モンリオール生物多様性枠組の概要)。この目標達成のためには外来種が新天地でどのように侵入・定着に成功したのか、その要因解明が不可欠である。しかし多くの場合、侵入初期から外来種の存在を把握するのは困難で、定着に至る過程は不明瞭で定着要因を明らかにすることは困難な場合が多い。

生態系の重要な構成要素である、動物プランクトンのミジンコ (*Daphnia*) は堆積試料中に殻の一部の尾爪が長期間、残存することから、試料に残る尾爪を計測することで過去の個体数推定が可能である (Verschuren and Marnell 1997)。また、ミジンコは堆積試料に休眠卵も残るため、この休眠卵を用いて遺伝子情報を過去に遡って取得することができる。この利点を活かし、これまで堆積試料に残る休眠卵の解析から遺伝的構造の変化を明らかにする研究が数多く実施されてきた (例えば Brede et al., 2009)。つまり、ミジンコは堆積試料に残された尾爪と休眠卵を分析することで過去に遡って個体数と遺伝子情報の変化を追跡することができる稀有な生物である。

本研究は、琵琶湖に 1990 年代後半に侵入した、外来種のプリカリアミジンコ (*Daphnia pulicaria*: Urabe et al. 2003) を対象に、本種がなぜ、琵琶湖への定着に成功したのか、その要因を明らかにするため侵入時期から現在までの 20 年以上にわたる堆積試料の休眠卵の遺伝子解析を行った。さらに、先行研究により明らかになっている個体数 (尾爪) の結果 (Tsugeki et al. 2022) を基に定着要因に関する生物抵抗仮説と天敵解放仮説を検証した。

2. 材料と方法

本研究では、プリカリアミジンコの遺伝的多様性の推移を明らかにするため、侵入当初から現在まで

の堆積試料から得られた休眠卵と琵琶湖に現存する個体を対象に、高変異領域のミトコンドリア DNA コントロール領域を分析した。分析に用いた試料の年代は過剰 ^{210}Pb に基づく CRS 年代モデルに従って決定されている (Tsugeki et al. 2021)。

プリカリアミジンコの定着要因は、競争種である在来種のカブトミジンコ (*Daphnia galeata*) との関係解析し、競争相手との侵入阻害作用の減少により定着した可能性 (生物抵抗仮説) と主要なプランクトン食魚であるアユ (*Plecoglossus altivelis*) の漁獲データを用いて、天敵からの捕食圧減少により定着できた可能性 (天敵解放仮説) を検証した。

3. 結果と考察

休眠卵と現存個体を対象にミトコンドリアのコントロール領域を分析した結果、DNA 塩基配列情報が得られた総計 104 サンプル (休眠卵 64, 現存個体 45) は全て同じ配列を持つことが判明した。さらに定着要因についてさらに検証した結果、プリカリアミジンコの現存量は競合相手であるカブトミジンコとは有意な関係は得られなかった。一方、捕食者のアユの現存量とは有意な負の関係にあることが判明し、捕食圧減少による天敵解放仮説を支持する結果が得られた。琵琶湖ではアユが 1990 年代より減少傾向にあることから、プリカリアミジンコは、おそらく 1 回の侵入で、遺伝的多様性が低いにもかかわらず、捕食圧が低いため定着に成功したと推察された。この結果は、プランクトン食魚が減っている湖沼は、ミジンコの侵入に非常に脆弱であることを示唆している。

参考文献: Brede et al. (2009) PNAS 106: 4758-. Verschuren and Marnell (1997) Transactions of the American Fisheries Society 126:21-, Urabe et al. (2003) Limnol. 4: 35-, Tsugeki et al. (2021) Limnol. 22: 197-, Tsugeki et al. (2022) Scientific Reports 12:1741.

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、一部は放射性降下物として陸域環境を汚染した。特に放射性セシウムの一つである ^{137}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ている。

淡水魚による ^{137}Cs の生物学的半減期は比較的長いことが知られており、 ^{137}Cs 汚染は長引くことが予想される。実際、事故から13年以上経過した現在でも一部の魚で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}Cs の汚染は長期にわたる可能性があるため、 ^{137}Cs 汚染の長期予測は重要な課題である。

魚の ^{137}Cs 濃度は指数関数的に減ることが知られている。そこで、 ^{137}Cs 濃度の時間的変遷から実効半減期（実環境において濃度が半分となるのに要する時間）を求め、これを指標として ^{137}Cs 汚染の長期予測を行った。ここでは魚種による ^{137}Cs 汚染期間の違い、実効半減期に対する雌雄、体長および新鮮重量の効果について報告する。

2. 材料と方法

魚試料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られた。漁は印旛沼漁協組合員により行われた。

魚の ^{137}Cs を測定するために、実験室に持ち帰った試料は凍結乾燥したのちに粉碎し、個体別に測定用容器に封入した。この試料中の ^{137}Cs 測定はゲルマニウム半導体検出器を用いて行い、得られた値と魚の水分含量から新鮮重量当たりの ^{137}Cs 放射能濃度を求めた。魚種ごとに得られた濃度変化は指数関数的に減少すると仮定し、最小二乗法により減衰率を算出した。実効半減期はこの減衰率から見積もった。解析には2019年1月から2024年4月の期間において20匹以上採捕できた11魚種のデータを利用した。ブルーギルに関しては、雌

雄、体長（> 10 cm, 10 cm – 14 cm 未満, 14 cm 以上）、および新鮮重量（> 50 g, 50 g – 100 g 未満, 100-g 以上）の実効半減期も算出した。

3. 結果と考察

解析を行った11魚種のうち9魚種において、時間と共に ^{137}Cs 濃度が減少する傾向が認められ、算出された実効半減期の平均値は4.5年であった。最も短い実効半減期が得られた魚種はオオクチバスで、その値は3.4年であった。オオクチバスの他、カムルチヤやブルーギルなど、肉食系の魚で実効半減期が短い傾向が確認できた。一方、最も長い実効半減期が得られたのは同じ肉食魚のアメリカナマズで、その値は5.6年であった。いずれの値も ^{137}Cs の物理学的半減期よりも短く、短期間で汚染が改善される可能性が示唆された。ハスとワタカについては ^{137}Cs 濃度の減少が確認できず、実効半減期を求めることができなかった。この2魚種に関しては、今後も注目して調査を継続する必要がある。

雌雄、体長、新鮮重量別の実効半減期にも差が認められた。雌雄の実効半減期はそれぞれ4.2年と4.8年であり、メスの汚染期間はオスより短い可能性がある。これは産卵による効果かもしれない。産卵前後で ^{137}Cs 濃度を比較する必要がある。体長および新鮮重量については、体長が短く（< 10 cm）重量が軽い（< 50 g）区分の実効半減期が短いことが分かった。続いて体長が長く（14 cm 以上）重量が重い（100 g 以上）区分、最後に中間区分の順で実効半減期が長くなった。これらの結果は、筋肉量が多く活発に活動していると考えられるブルーギルほど汚染が長引く可能性を示唆している。

4. 謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP21K05758 および福島国際研究教育機構(F-REI)の委託研究費 (JPFR24050401) の助成を受けたものです。

ミジンコ個体群のレトロスペクティブ分析で推定する、 集団遺伝動態に対する移入順の影響

*大竹 裕里恵 (京都大)、山道 真人 (遺伝研)、占部城太郎 (東北大)、吉田丈人 (東大)

1. はじめに

生物個体群の集団遺伝構造がどのように決まるかは生態学における主要トピックの一つである。考えられる決定要因の一つとして、各遺伝子型の到達順がある。これは先に到達した遺伝子型が適応や増殖に有利になる **Priority effect** として知られ、メソコスム実験などによる実証例がある。一方で、野外の自然集団においては検証例がほとんど見られない。これは、生物個体群の形成初期からの集団遺伝解析を含めたモニタリングが困難であることに起因する。湖沼生態系の主要な構成生物の一つであるミジンコ類はこの課題の解決に最適である。多くのミジンコ類は環境が不適になると、乾燥や衝撃に強い休眠卵を産生し、これが長期的に湖底に保存される。休眠卵は数百年以上、孵化能と DNA 情報を保持できる。古陸学的手法に基づき、湖沼堆積物に保存された休眠卵を分析することで、過去に遡り長期的な集団遺伝動態を明らかにすることができる。本研究ではこの手法を用い、ミジンコ (*Daphnia cf. pulex sensu* Hebert、以下「ミジンコ」) を対象として個体群形成初期及び過去からの集団遺伝解析を実現した。日本に生息するミジンコは北米由来の遺伝的に離れた 4 系統から構成され、国内の限られた湖池沼において 2 系統の共存が報告されている。本研究では、ミジンコ 4 系統のうち 2 系統 (JPN1, JPN2) に着眼し、これらが同所的に生息する湖沼において長期集団遺伝動態を分析した。これにより、**Priority effect** から予想されるように、先に出現した遺伝子型が個体群において優占傾向を示すかどうか検証した。

2. 材料と方法

2 系統のミジンコ (JPN1, JPN2) の同所的生息が報告されている 6 湖沼 (畑谷大沼 (山形県)、安達沼 (宮城県)、中山のため池 (宮城県)、深見池 (長野県)、ひよんの池 (埼玉県)、江木沼 (静岡県)) において、堆積物コアサンプルを採集した。採集したサンプルを厚さ 1 cm 間隔で切断し、年代推定・栄養塩 (全リン) 動態・Chl.a 動態・休眠卵を用いた集団遺伝動態の分析を行った。年代推定

²¹⁰Pb 法で行った。休眠卵について、各層に含まれる卵鞘とその中の休眠卵を計数した後、休眠卵を卵鞘から取り出し DNA を抽出した。休眠卵 DNA の分析について、深見池・畑谷大沼、及び江木沼の表層と底層、ひよんの池の表層では、ミトコンドリア DNA (コントロール領域 873 bp と ND5 領域 755 bp) に基づく遺伝子型分析を実施した。安達沼・中山のため池、及び江木沼・ひよんの池の他層では、PCR-RFLP により JPN1・JPN2 の個体数変動を分析した。尚、安達沼・中山のため池・ひよんの池については解析を進行中である。

3. 結果・考察

深見池・畑谷大沼・江木沼において、いずれも、最下層で優占していた遺伝子型が近年まで優占するパターンが見られた。この結果は、**Priority effect** が発生した可能性を示唆する。深見池・畑谷大沼はミジンコ個体群の定着初期と推定される層が検出でき、それぞれ 2000 年初頭・1980 年初頭である。江木沼は今回取得した最下層である 1950 年初頭に既にミジンコの休眠卵が検出された。優占していた遺伝子型は、深見池では JPN2 に属する Jpn2C が優占した。一方で、畑谷大沼・江木沼は JPN1 に属する Jpn1A-C2T1 であった。この遺伝子型は先行研究 (So et al. 2015) において、最も広い地理的分布を示している。よって、分散能力と競争能力が共に高い可能性、もしくは、分散能力が高いために早期に移入できたことで広範囲で優占している可能性が考えられる。移入時期について、深見池では JPN2 が先に移入し、その 10 年後に JPN1 が出現した。対して、畑谷大沼では 2 系統の出現は同時期であったが、JPN1 が通して優占した。江木沼では、今回の分析においては JPN2 が検出されなかった。JPN2 はごく低頻度で存在していた可能性が考えられるため、分析する休眠卵の数を増やす展望である。これらの結果から、JPN2 は JPN1 よりも早く移入した場合に限り優占できる可能性や、移入時期が離れるほど早期移入が有利になる可能性が考えられる。

1. はじめに

十勝海岸地域には、海岸砂丘の陸側に生花苗沼、ホロカヤントウ、長節湖、湧洞沼、キモントウの5つの湖沼群が成立している（佐藤ほか 1997）。いずれも河口部が閉塞されてできたラグーンであり、多様な植生がみられ人為的改変の比較的少ないことから、環境省の日本の重要湿地 500 に指定されている。また一部の湖沼では、湖盆形状や海への開口の頻度によって、汽水的な環境になることが知られている（園田ほか 2003）。これまでの研究で、各湖沼の湖内とその周辺に成立する植生タイプが記載されている（例えば、伊藤・中山 1978）。しかしこれらは、いずれも 1970～1980 年代の成果であり、水草の現在の分布状況については不明である。また、水草の分布と環境条件との対応についてもわかっていない。近年の宅地化、農地化により良好な汽水環境が急速に失われているなか、比較的良好とされる汽水域がどのように維持されているかについて把握することは極めて重要である。

以上の背景から、本研究では、5つの十勝海跡湖沼群の各湖沼に生育する水草の分布と、分布を決定づける環境条件の特性について明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

5湖沼の開放水面全域をゴムボートもしくは徒歩で踏査し、水草相を把握した。あわせて各湖沼の種組成の均一なところに複数の調査区を設定し、植物の被度(%)、水深、泥厚、pH、電気伝導度、溶存酸素量、NO₃-N、水温、塩分濃度を計測した。得られた結果から、各湖沼における水草の分布と各種の生育環境との対応関係について把握した。水草の採取には、自作のロープ付き採取具および自作の熊手を用いた。各調査区の位置について、ポータブル GPS を用いて記録した。

各湖沼の調査は、2018年～2020年8月～9月（生花苗沼、ホロカヤントウ）、2023年8月（長節沼、キモントウ）、2019年8月および2024年8月（湧洞

沼）にそれぞれ実施した。

3. 結果と考察

ホロカヤントウで10科16種、生花苗沼で12科22種、湧洞沼で7科14種、長節沼で10科20種、キモントウで10科18種の水草がそれぞれ確認された。

ホロカヤントウでは、沼の東側に浮葉状態のエゾノミズタデが群生していた。本種をはじめ、確認種はすべて淡水性であり、ほかにオオタヌキモ、ネムロコウホネなどの北方系の種がみられた。生花苗沼は砂丘によって海と分断され、年に数回、海と接続する。全域はほぼ淡水環境であり、ヒロハノエビモ、ホザキノフサモ、マツモが広く分布し、リュウノヒゲモ、ツツイトモなど汽水性の種の分布は限られていた。本調査において、北海道新産かつ分布北限となるトリゲモの生育が確認された（永田ほか 2021）。

長節沼、湧洞沼は、海への開口の頻度が高く、満潮時に開口部から塩水が遡上する。他の3湖沼と比べると塩分濃度が高く、リュウノヒゲモが湖内の全域に分布し、汽水性のコアマモ、カワツルモ、イトクズモ、ツツイトモが塩分濃度および電気伝導度に応じて生育している。キモントウは、過去に植栽されたジュンサイが湖の南西岸の広い範囲に分布し、浅い湖底にはヒメタヌキモが群生していた。

本湖沼群では、開口部の形状や開口頻度によって様々な塩分環境が形成され、それによって水草の分布が決定づけられていることが示唆された。



図1 生花苗沼とトリゲモ(北海道初記録)

*本研究は、公益財団法人河川財団の河川基金の助成を受けて実施した。

O-B23

尾瀬ヶ原下田代における泥炭地の

地形・植生変化と地震との関係

* 野原 精一（福島県尾瀬保護調査会），千賀 有希子（東邦大学），福原 晴夫（河北潟湖沼研究所），村田 智吉（国立環境研究所）

1. はじめに

尾瀬ヶ原は、「生きている泥炭地」であり、植物や昆虫の宝庫である（阪口，1989）。最近ドローンにより詳細な地形図や植生図を作成し尾瀬ヶ原の地下環境や地形の解析にも応用されている。水中ドローンの画像から竜宮は深度 1.5m 下にほぼ水平の T 字状地下水路で、地下水路内上部に泥炭の亀裂が見つかった。その上の表層の堆積層には約 20 cm の地層のずれが確認され、榛名テフラの伊香保噴火（FP, 522 年前後）以降に地滑りや亀裂が生じ、その亀裂が水路になったと推定した（野原ほか，2022）。

2. 調査地と方法

尾瀬ヶ原は東西に長い複合傾斜湿原で、西から上田代、中田代、下田代と呼ばれている。北下田代は大小数個の傾斜湿原から成り、それぞれの傾斜湿原の頂部は微地形の発達した平坦面で「浮島プラトー」と呼ばれている（櫻村ら，2007）。櫻村らが発見した荒廃地は、東南隅に阪口（1989）のいう割れ目池澮がある。池澮分布図（金井，1999）には、8 個の自然排水池澮がみられ、固有の名称で呼ばれていた。

櫻村ら（1990）の調査から 32～33 年後に地形と植生変化を見るために我々は追跡調査を行った。

今回はドローン（ファントム 4 プロ，DJI 社）を用い低空（20m, 100m, 149m）から自動で写真を撮り、Affinity Scan で合成画像を作成し、Agisoft Metashape Standard を用いて 3D 画像を作成した。現地での地形変化を把握するため、みちびき衛星を比較 GPS データとした GPS 測量（JPS 社，GLAS 対応 GNSS 測量システム：多周波 GNSS アンテナ，GNSS 受信機（QZR-SP），データ処理端末（OS: Android），測量用に塩ビパイプ，カメラ三脚で軽量化を行い、電話通信無しに単独測位で高精度（cm レベル）の地形測量を最軽量で実施できた。

池澮調査では 2m メジャーを写真に撮り後日写真から水深、底泥厚さを計算した。主な池澮と浅い池澮において、自記式水位計（HOB0, U20-001-04）を池底に沈めて、水位変化と水温変化を計測した。

3. 調査結果と考察

再現した調査測線は、木道あたりから標高が高く盛り上り、ササの生育した場所でやや下がる。割れ目池澮や自然排水池澮などの池澮群あたりで急激に標高が低下し、700m 観測線で標高差 7.6m であった。割れ目池澮や自然排水池澮のある範囲の微地形を把握するため測量点を増やし、その観測点の標高は 1408.5m～1411.5m の範囲であった。地理院地図のレーザー観測の地形図と比較して、地盤沈下や地滑りの存在を確認し、2004 年、2007 年、2011 年の大地震等の影響と推察され、その特定を模索している。

櫻村らが（1990, 1992 年）に調査した地図にドローン画像を重ねて池澮形状を比較し約 8m の地滑りが見られた。東ハの字池、中ハの字池では、開水面の範囲が狭くなり、浮島や岸の植生が成長したが、当時の裸地は炭化乾燥状態で未だに植生が戻らない。

夏季において浮島（KS5-01），KS4-46，上の長池（KS4-58）や中ハの字池（KS4-38）の水位は降水毎に極わずかに増加しているが、安定した水位が維持されていた。東ハの字池（KS4-37）や西ハの字池（KS4-31）は比較的水位変動が大きい。一方積雪のある冬季には基底の水位が上昇し、融雪のイベント時には 0.2m の急激な水位上昇が観測された。

夏季において多くの池澮の水温は 20～25℃程度になるが、上の長池は 15℃程度で比較的低温に推移していた。積雪のある冬季における多くの池澮の水温は、0℃でほぼ一定になっているが、上の長池だけは 0℃にならず、常に地下水が流入していると推定された。夏季（6～7 月）において浅い池澮の水温は 15～25℃程度になるが、中でも水位が非常に浅い池澮では、水が無くなり、水温は 35℃近くになり、日格差も非常に大きかった。2023 年 6 月 20 日には遅霜があり、その際浅い池澮の水温は、それぞれ 17.1, 16.7, 13.7, 7.2℃になり、特に水の少ない池澮での温度の低下は大きく、浅い池澮では温度変動が大きいことが明らかになった。

謝辞

本研究は福島県尾瀬保護調査会の学術調査の一環として関係管理者の許可を得て行われた。

1. はじめに

どれぐらいの降水がどれぐらいの時間で、そしてどのように湖に流入するかということは、熱や物質の移流や拡散、化学物質濃度の分布や生物環境の維持など、生態系の変化に大きな影響を与え得る。しかし、実際には、まず地表面においてどのように流出するのか、また、地下における流れや貯留量や移流等、非常に複雑であり、多くの困難を伴うことは容易に想像される。そこで、本研究では、ある水塊に対し、直接降水が開始した時刻から中間流出成分流入終了の時刻までの時間を降水滞留時間と定義し、降水に対する湖水位の応答についてインパルス応答関数を用いて遅れ時間を算出し、琵琶湖集水域における降水滞留時間について議論した。

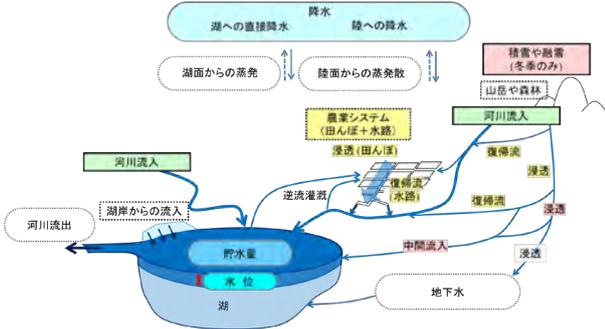


図 1: 湖への降雨の流入経路(模式図)

2. 方法

対象地は琵琶湖とその集水域である。実測値や使用したデータの概要は以下の通りである。

- 実測水位 ①滋賀県大津市柳ヶ崎湖岸 (2分間隔, 2010-2012年) ②多景島沖湖内 (5m深, 10m深, 10分間隔, 2017-2018年)

- 長期水位データ 水文・水資源データベース(国土交通省)

- 降水量 集水域内のアメダス(気象庁)

- 実測積雪水量 柳ヶ瀬・中河内, 2002-2003年, 2008-2010年

- 水温, 溶存酸素濃度 今津沖のデータ(滋賀県白書)



図 2: データ使用地点と観測地点

応答関数による計算方法をフローチャートにて示した(図3)。



図 3: 応答関数の計算

3. 結果と考察

応答関数を用いて算出した降水滞留時間を図4にまとめた。応答の速い順に、①湖面への直接降水 ②河川長 2 km 程度の小規模な河川による河川流出③河川長 10-15 km 程度の河川による河川流出④河川長 20 km 程度の同規模の河川が重なることによる強い応答の河川流出⑤野洲川による河川流出⑥早い復帰流⑦野洲川の遅い復帰流⑧平均中間流出とした。なお、④の水位応答に関しては、これまでの先行研究でスペクトル解析において強く応答が表れていたため③や⑤とは分けて扱った。

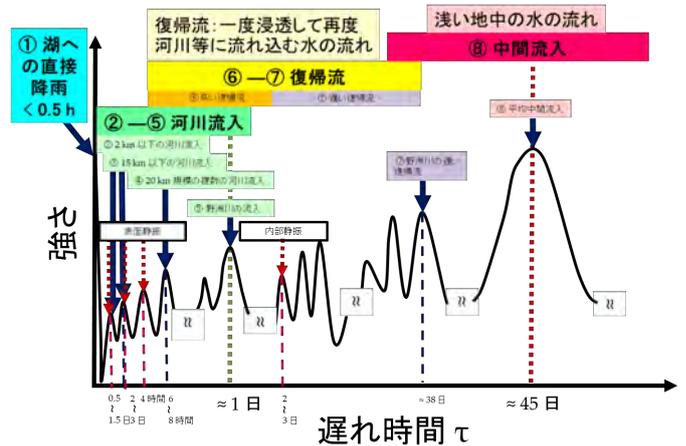


図 4: 応答関数より推定した降水滞留時間

4. まとめ

琵琶湖の湖面水位と集水域平均降水のデータを用いてインパルス応答関数により遅れ時間 τ を算出し、琵琶湖集水域における降水滞留時間を求めた。遅い復帰流、そして田んぼと水路が連結した流入経路による遅れ時間の同定が課題となった。今後は他の湖での適用を試みる予定である。

謝辞: 国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所の琵琶湖の水位データと放流量データ、気象庁のアメダスデータとを使用しました。京都市上下水道局の琵琶湖湖水の流量データと関西電力の宇治発電所に伴う流量データを使用しました。ここに深く感謝申し上げます。

O-B25

アミノ酸窒素同位体比による諏訪湖の水圏生態系食物網解析

*浦井暖史, 龍野紘明, 笠原里恵, 宮原裕一, 朴虎東 (信州大・理),
高野淑識, 石川尚人, 小川奈々子, 大河内直彦 (JAMSTEC)

1. はじめに

諏訪湖は、糸魚川静岡構造線上に位置する断層湖であり、湖面積の約 40 倍の集水域 (531km²) を持つ。この集水域は山間部や人口密集地をはじめ水田や畑地を含んでおり、諏訪湖の水質は人為的な影響を強く受けている。諏訪湖の重要な水産資源であるワカサギは、近年では漁獲量の減少傾向が続いており、2023 年 12 月には資源保護のため投網漁が禁止されている。そのため諏訪湖では、水質や水圏生態系に関わる研究が古くから継続して実施されている。特に生態系に関しては、国内で最も長く研究されている湖のひとつであり、食物網解析に関する研究では、同位体比を用いた解析手法が国内でも最初期に実施されている (Yoshioka et al., *Ecology*, 1994)。この手法は窒素や炭素の同位体比を測定することで、生態ピラミッドにおける栄養位置を推定することが可能となる (Minagawa & Wada, *GCA*, 1984)。生態系における食物網解析は、生態系全体像を理解する上で重要な情報であり、生態系の維持や保全に対しても極めて有益である。諏訪湖における同位体比を用いた研究から 30 年が経過しているが、その間に生態系を含む諏訪湖の環境も大きく変化している。近年では、アミノ酸の窒素同位体比分析による栄養段階の推定法が確立され、同位体比を用いた栄養段階の推定精度も向上している (Ohkouchi et al., *Org Geochem*, 2017)。本研究では、アミノ酸の窒素同位体比による栄養段階の推定法を用いて、諏訪湖に生息する水圏生物全体を対象とした食物網解析を実施し、アオコの大量発生時期である 1980 年代に得られた結果と比較しながら考察する。

2. 材料と方法

2019 年～2023 年にかけて諏訪湖にて生物試料としてオオクチバス、ワカサギ、モツゴ、モロコ、

ユスリカ幼虫、動物プランクトン、藍藻、珪藻の採取を行った。植物プランクトンは、プランクトンネットによる水平引きにて回収したものを試料とした。動物プランクトンは全層水をろ過したものから顕微鏡にて約 100～300 個体を拾い出したものを試料とした。これらの試料に対して、アミノ酸を抽出、誘導体化を行った後、ガスクロマトグラフ-同位体比質量分析装置にて分析した。グルタミン酸とフェニルアラニンの窒素同位体比を用いて下記の関係式から栄養位置 (TP) を推定した。

$$TP = (\delta^{15}N_{Glu} - \delta^{15}N_{Phe} - 3.4) / 7.6 + 1 \quad (1)$$

3. 結果

魚類ではオオクチバス (TP=2.9±0.1, n=6)、ワカサギ (TP=2.9±0.2, n=5)、モロコ (TP=2.7±0.1, n=11)、モツゴ (TP=2.3±0.0, n=5) となった。オオクチバスについては体長の異なる 2 グループの測定を行ったが、体長での差は確認されなかった (体長 140mm ; TP=2.9, 体長約 250mm ; TP=2.9, 各 n=3)。その他の生物では、アカムシユスリカ幼虫 (TP=2.3±0.0, n=5)、動物プランクトン (TP=2.2±0.1, n=3) 藍藻 (TP=1.1±0.2, n=4)、珪藻 (TP=1.3±0.0, n=1) となった。

4. 考察

本研究で測定した結果、オオクチバスとワカサギが同じ栄養位置であることが示された。この結果から、ワカサギは主に動物プランクトンを捕食しており、オオクチバスはモツゴなどの草食性の強い魚類を捕食していることを示唆している。本発表では、これらの結果と Yoshioka et al. (1994) との比較を行い、諏訪湖全体での生態系構造の変遷について議論する。本研究は信州大学と海洋研究開発機構の共同研究の一部として実施している。

O-B26

強混合エスチュアリーにおける酸素動態の季節変化

*速水祐一（佐賀大・農），高巢裕之（長崎大・総合生産科学）

1. はじめに

有明海奥部に流入する六角川エスチュアリーは、大潮時の潮差が6mにも達するために、潮汐混合が強い強混合エスチュアリーになっている。それにもかかわらず、夏季の六角川エスチュアリーでは顕著な貧酸素水塊が形成される（Hayami et al., 2019）。このような貧酸素水塊は、大潮時の強い潮流によって有機懸濁物の活発な巻き上げが起これ、そのために酸素消費速度が増大するために発生する。すなわち、密度成層の発達によって形成されることが多い通常のエスチュアリーにおける貧酸素水塊とは全く異なった形成機構によって生じている。これまで六角川エスチュアリーの貧酸素水塊の観測は夏季に限られており、形成期間を含めた季節変動については不明であった。そこで本研究では、六角川エスチュアリーで通年の調査を行い、酸素動態の季節変動を調べた。

2. 方法

図1に示した9測点において、2022年11月から2023年9月まで、各季節の連続する大潮時と小潮時に合計8回の船舶観測を行った。観測では多項目水質計による水質鉛直分布の測定を行った。測点R1・6・9では底上1mで採水するとともに底泥コアを採取し、実験室に持ち帰って培養し、酸素消費速度の測定を行った。培養実験では、試水を飽和酸素濃度まで曝気し、100mLの酸素瓶に満たして密栓した。底泥コアについては直上水を飽和酸素濃度まで曝気させた底上1mの試水と置換して密栓した。これらをスターラーで攪拌しながら暗条件・現場と同じ水温で、Firesting DOモニターを用いて半日～1日毎に溶存酸素濃度（DO）を測定しながら培養した。また、測点R6の0.5m深に係留系を設置し、水温・塩分・濁度・DO等の連続測定を行った。係留観測に協力いただいた佐賀県有明水産振興センターに感謝する。

3. 結果と考察

0.5m深におけるDOは全体としては冬季に高く、夏季に低下していたが、顕著な大潮小潮周期

変動が見られ、大潮時～大潮の数日後に極小となっていた。有明海で基準とされる溶存酸素濃度3mg/L以下を貧酸素とすると、観測開始の8月から11月下旬まで、および3月上旬から観測終了の9月まで、周期的に貧酸素化が生じていた。濁度にも通年で顕著な大潮小潮周期変動があり、大潮時の濁度上昇にともなってDO低下が生じていた。

断面観測の結果からは、貧酸素水塊は河口フロントの上流側で濁度極大付近を中心に形成されていた。9月の大潮時には無酸素化が生じ、測点R4～R9まで1mg/L以下のDOとなっていた。

測点R6・9における底層水の酸素消費速度の最大値は9月の大潮時の4.6mg/L/day、3.7mg/L/dayで、冬季の2月においても1mg/L/day以上の値となっており、極めて高かった。測点R6・9における底泥による酸素消費速度の最大値は6月の小潮時の887.8、813.9mg/m²/dayで、冬季の2月には100mg/m²/day以下の低い値になっていた。底泥の酸素消費については、特に酸素消費が大きかった6月の小潮時を除くと水温と良い相関関係があった。しかし水の酸素消費速度と水温の間には有意な相関は見られなかった。

六角川エスチュアリーの貧酸素化は12～2月の冬季を除く通年で間欠的に生じており、大きな酸素消費がその原因になっていると考えられた。

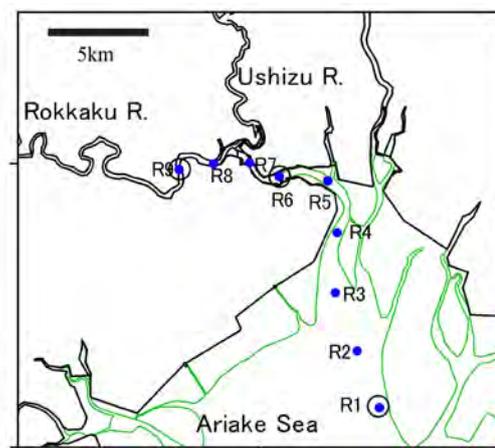


図1 六角川エスチュアリーの地図と測点位置

河川大型無脊椎動物群集における統合的栄養位置 (integrated Trophic Position: iTP) の時空間変動

*石川尚人 (海洋研究開発機構), 上原佳敏 (総合地球環境学研究所),
石田卓也 (広島大学), 池谷透 (立命館大学), 浅野悟史 (京都大学),
Chia-Ying Ko (National Taiwan University), 岩田智也 (山梨大学),
陀安一郎 (総合地球環境学研究所), 大河内直彦 (海洋研究開発機構), 奥田昇 (神戸大学)

1. はじめに

地球表層の物質やエネルギー循環を理解するためには、生態系を通じた栄養転送の推定が重要であるが、これは簡単なことではない。この問題に取り組むために、ある食物網におけるすべての生物のバイオマスを加重平均した栄養位置である統合的栄養位置 (integrated Trophic Position: iTP) が有効である。なぜならば、iTP は生態ピラミッドの形状をあらわすからである。全球の海洋と陸水生態系を解析した我々の先行研究から、iTP と栄養転送効率との間には正の相関が期待され、iTP と栄養転送の安定性との間には負の相関が期待される。

我々の河川生態系と海洋生態系における先行研究では、生物多様性と iTP との間に負の相関が見られた。この結果は、生物多様性が栄養転送の効率性には負の影響を、安定性には正の影響を与えることを示唆している。しかしながら、まだ証拠は限定的であり、特に異なる時空間スケールで iTP の変動について明らかではない。

そこで本研究では、河川無脊椎動物群集の iTP の時空間的な変動を明らかにし、得られた結果と先行研究の結果を比較することで、iTP の生態系指標としての有効性を示すことを目的とした。

2. 材料と方法

本研究では、琵琶湖集水域における安曇川 ($n = 15$) と野洲川 ($n = 13$) において、それぞれ 2014 年 11 月と 2016 年 5 月に採集された大型無脊椎動物群集のアミノ酸 (グルタミン酸とフェニルアラニン) の窒素安定同位体比 (それぞれ $\delta^{15}\text{N}_{\text{Glu}}$, $\delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$) を測定し、それらから iTP を推定した。また、2012 年 11 月の野洲川で同様に推定した iTP の結果と比較することで、灌漑期と非灌漑期の違いについても検討した。土地利用、物理化学パラメーター、摂食機能群、栄養ギルド、そして生物多

様性にかかわる合計 20 の変数と iTP との関係性を明らかにすることを試みた。さらに、河川生態系の無脊椎動物群集の iTP と、先行研究で報告された海洋生態系での他の動物群集の iTP とを比較した。

3. 結果

先行研究と異なり、iTP と生物多様性 (シャノン多様度指数 H') さらに、合計 20 の要因との間に明確な関係性は見られなかった。しかしながら、野洲川の灌漑期と非灌漑期を比べた結果、iTP の減少が H' の増加によっておおむね説明できた (主成分分析、主成分 1 と 2 で全変動の 53% を説明)。また、河川の無脊椎動物群集の iTP (2.37 ± 0.24) ($n = 43$)、海洋の中型動物プランクトン群集の iTP (2.33 ± 0.34) ($n = 14$)、そして魚類や哺乳類など大型かつ複数の分類群を含む動物群集の iTP (2.42 ± 0.21) ($n = 158$) の間に有意差がないことが示された (一元配置分散分析、 $F = 1.77, p = 0.17$)。

4. 考察

生物多様性が iTP に与える影響だけに注目していた先行研究とは異なり、本研究の結果は、iTP は生態系の新しい側面を示している可能性がある。そして、河川の無脊椎動物群集の iTP において本研究と先行研究との間に有意差があったことで、河川における生態ピラミッドの形状が、静的ではなく動的であることが明らかとなった。一方で、河川の無脊椎動物群集、海洋の中型動物プランクトン群集、そして複数の分類群を含む動物群集の間に iTP の有意差がなかったことは、iTP が生態系の違いを問わず、エネルギー転送を推定するのに有効であることを示唆している。結論として、今後、水域、陸域を問わずさまざまな生態系で iTP の方法論を用いた研究を展開していくことが重要であると考えられる。

*奥田昇（神戸大・内海センター）、小澤優介（神戸大院・理）、石田卓也（広島大・理工）、尾坂兼一（滋賀県大・環境）、岩田智也（山梨大院・総合）、木庭啓介（京都大・生態研）、陀安一郎（地球研）

1. はじめに

肥大化する社会・経済活動は、生態系本来の窒素・リン窒素循環を攪乱し、世界中の流域で富栄養化を引き起こしてきた。栄養循環の攪乱に起因する環境問題は、健全で文化的な暮らしの基盤を支える生態系機能・サービスを劣化させ、人類の持続可能な発展を脅かす。したがって、流域生態系本来の栄養循環機能を回復することは、環境施策の喫緊の課題と位置づけられる。ところが、下水道インフラの整備が進む先進国の流域では、窒素・リン負荷の削減により生態系の生産性が低下する再貧栄養化が新たな問題として顕在化した。生態系には、その生産機能を最大限に発揮できる最適な栄養バランスが存在するはずである。しかし、そもそも生態系にとって最適な栄養バランスの基準がなければ、その診断手法も存在しない。そこで、本研究は、硝酸およびリン酸の酸素安定同位体を用いて、生態系の窒素・リン代謝機能を *in situ* で測定し、流域の栄養バランスを診断するマルチ同位体統合モデルを確立することを目的とする。

2. 材料と方法

琵琶湖の最大流入河川・野洲川の上-中流域を対象として、農業集落排水処理施設が敷設された5つの支流河川を選定した。処理施設から間欠的に排水される下水処理水の高濃度硝酸・リン酸をトレーサーに見立てて、下流定点における栄養塩の減衰パターンを観測する野外操作実験を2022年9月、2023年3月、5月、9月の計4回、実施した。

栄養らせん計測に基づいて、河川生態系による硝酸およびリン酸の代謝回転の指標となる平均流下距離 S_m 、取込み速度 U 、鉛直移動速度 V_f を推定した。同時に、基底流、下水処理排水、下流河川水混合物の硝酸の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) と三酸素同位体アノマリ ($\Delta^{17}\text{O}$) およびリン酸の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) を測定した。安定同位体モデルに基づいて窒素・リン代謝指標を構築し、栄養らせんモ

デルに基づく推定値との整合性を検討した。さらに、河川の全窒素・全リン濃度が窒素・リン代謝機能に及ぼす影響を解析した。

3. 結果と考察

栄養らせんモデルより、硝酸・リン酸ともに河川・季節間で代謝回転速度に変異がみられ、用排水を目的としてU字溝で造成された2つの人工小河川で流下距離が長く、取込み速度、鉛直移動速度が低い値を示した。窒素代謝指標は、全リン濃度が増加するほど高い値を示す一方、リン代謝指標は全窒素濃度が増加するほど高い値を示す有意な傾向を示した。

大気降下由来と土壌硝化由来の硝酸を負荷源とした $\delta^{18}\text{O}-\Delta^{17}\text{O}$ 静的混合モデルに基づく、河川水中の硝酸の平均 96.6%は土壌中で生成した硝化由来であると推定された。調査河川の集水面積の大半が農地と森林で占められることから、これらの河川に含まれる硝酸が主に農地・森林の面源から負荷されると示唆された。さらに、興味深いことに、静的混合モデルおよび動的混合モデルから推定される硝酸- $\delta^{18}\text{O}$ の混合理論値からのズレが大きいほど、硝酸の平均流下距離が長くなる傾向がみられた。この同位体比のズレは、河川生態系による硝酸同化作用によって大きくなると考えられる。静的混合モデルは、基底流における硝酸の代謝履歴を反映するため、窒素メタボな河川生態系ほど、人為的に添加された硝酸を代謝回転する機能応答（窒素代謝ポテンシャル）が低下することを表す指標となるかもしれない。

他方、リン酸- $\delta^{18}\text{O}$ の静的混合モデルでは、リン代謝率の推定値が高くなるほど、リン酸の取込み速度が増加する傾向がみられたが、同位体モデル変量の変動幅が非常に小さいため、推定誤差によるモデルの不確実性を否定できない。

最後に、このマルチ同位体混合モデルを流域スケールに拡張する研究展望とリン酸- $\delta^{18}\text{O}$ モデルの短所を補強する新たな同位体ツール（リン酸- $\Delta^{17}\text{O}$ ）の適用可能性について議論したい。

*土屋 健司・高津 文人・松崎 慎一郎・渡邊 未来・
末吉 正尚・中西 康介・今藤 夏子（国環研）

1. はじめに

台地の縁の小規模な谷を「谷津」と呼ぶ。霞ヶ浦流域にも多くの谷津があり、台地、谷津、小河川、霞ヶ浦は水循環でつながっている。谷津の多くはかつて水田利用されていたが、近年地形の改変を伴う開発が進むとともに、谷底部では水田稲作を停止し、耕作放棄地の増加により乾燥化が進んでいる。気候変動の進行によって水害の増加や湖沼の水質悪化（降雨による台地上から負荷される栄養塩の湖沼流入に伴うアオコ発生など）などが深刻化する可能性がある。その中で我々は環境研究総合推進費の課題として「谷津の谷底部の湿地化」によって上述の水害や水質悪化のリスクを軽減し、生物多様性保全や気候変動緩和に資する NbS (Nature-based solution) として効果的な手法を検討している。しかし、湿地は温室効果ガスであるメタンの主要な放出源として認識されており (Rosentreter et al. 2021), 谷津の谷底部の湿地化は気候変動緩和への足かせとなることが懸念される。そのため、メタン発生の少ない湿地管理手法の開発は、治水、水質浄化、生物多様性などの湿地のポジティブな側面とともに、気候変動緩和を両立させるための重要な課題となる。本研究では、霞ヶ浦流域の様々な特徴を持つ谷津湿地およびため池においてメタンの調査を行い、メタン動態の支配要因を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

野外調査は、2023年7月に霞ヶ浦流域の谷津湿地やため池 61 地点で行った。各地点において、溶存メタン濃度、メタン酸化速度、水質、植生タイプ、流路タイプ、湧水量などを観測した。このうち、水温、溶存酸素 (DO)、pH、電気伝導度、クロロフィル *a* 濃度は多項目水質計を用いて測定した。窒素とリン、有機物濃度、金属イオン濃度は孔径 0.45- μm メンブレンフィルターでろ過後、それぞれオートアナライザー、全有機炭素計、ICP-AES または ICP-MS を用いて測定した。溶存メタン測定は各地点において試水を 20-mL ガラスバイアルを用いて採取し、8 M 水酸化カリウム溶液で固定した。ガラスバイアル瓶よ

り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。比メタン酸化速度は同時にガラスバイアルに採取し密閉した試水を暗所・現場水温下で培養し、指数関数的に低下するメタン濃度の減少率（傾き）から見積もった。谷底における水の流路のタイプの区別は、湿地全面を流れてくるタイプを「均一」、谷底部の一部に偏って流れているものを「偏り」、ため池は「池」、コンクリート水路を「コンクリート」とした。

3. 結果と考察

全 61 地点で溶存メタン濃度は 11 nM ~ 45 μM (平均±標準偏差 = $3.1 \pm 8.7 \mu\text{M}$) を示し、 10^3 オーダーで変動した。溶存メタン濃度は植生タイプや流路タイプ間における有意差は認められなかった（一元配置分散分析）が、溶存メタン濃度は DO と負の関係を示した ($\log[\text{CH}_4] = -0.52 \times [\text{DO}] + 3.1, n = 61, r^2 = 0.29, p < 0.0001$; 回帰分析)。メタンは嫌気環境下で生成されるため、湿地内におけるメタン生成を強く示唆するものである。一方、池は溶存酸素が高いにも関わらず、比較的高い溶存メタン濃度を示した。そこで、流路タイプの均一、偏り、コンクリートをまとめて「湿地」とし、溶存メタン濃度に関して湿地/池と DO で交互作用の入った分散分析を実施したところ、有意な交互作用（湿地/池 * 溶存酸素濃度）が認められた。池表層では植物プランクトンによる光合成によって酸素が供給されるとともに、プランクトンという易分解性有機物の供給により高いメタン生成が維持されていたものと推察された。以上のことから、ため池を除けば湿地の水の溶存酸素濃度とメタン発生の間に明確な負の関係を見出し、新たに湿地を造成する際には溶存酸素濃度を高くするため、大気とのガス交換が促進されるような水深の浅い湿地が好ましいことが示唆された。

謝辞：本研究は、環境省・(独) 環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (JPMEERF20232002) により実施した。

O-B30

1. はじめに

ダム湖は、表層付近での生物生産により、流域の栄養塩や微量金属を堆積物へ除去する役割が認識されている (Maavara et al., 2020)。ダム湖は地質学的、水文学的、工学的特徴から様々な物質循環的特性を示すため、水域間での比較研究が重要である。本研究では、一次生産の主たる制限因子であるリン (P) に着目し、関東地方各地に分布する複数のダム湖を対象とした比較研究により、課題 (1): 曝気設備の有無が P の挙動に及ぼす影響評価、課題 (2): 性質の異なる湖沼堆積物における P 保持容量の評価、を実施し、ダム湖の特性が P の挙動に及ぼす影響について考察した。

2. 材料と方法

課題 (1)では、富栄養湖である亀山ダム (小櫃川水系、曝気設備なし) と相模ダム (相模川水系、曝気設備あり) を比較検討した。調査は 2023 年 10 月、12 月および 2024 年 8 月に実施した。水試料は、ダム湖内および流入・流出河川の複数地点で表層水を採取し、水温、pH、DO、アルカリ度を測定した。堤体に近い採取点では、vanDorn 採水器を用いて深度別採水を実施した。

課題 (2) では、上記 2 湖沼に加え、鬼怒川流域の川俣ダムと川治ダム、小糸川流域の三島ダムと豊英ダムを対象に加え、堆積物試料を採取した。試料は、一水域あたり 1~5 試料を Ekman Birge 採泥器で採取し、粒度分布をレーザー回折式粒度分析装置で、シュウ酸抽出態微量元素濃度を ICP-MS/(MS) (Agilent 7700 および 8900, Agilent Technology 社製)で測定した。堆積物へのリン酸の分配係数 ($K_d = \text{堆積物吸着態 P} / \text{溶存態 P}$) は、バッチ実験により吸着等温線を作成し、評価した。

3. 結果と考察

課題 (1): 亀山ダムと相模ダムの水質の鉛直分布を比較した結果、亀山湖の堤体付近 (採水時最大水深: 20 m) では、水深 3 m 付近で DO が急減し、無

酸素化するが、6-12 m にかけてやや DO の高い水が貫入するプロファイルが認められた。相模湖の堤体付近 (採水時最大水深: 25 m) では、10 m と 20 m 付近に躍層が認められた。深部の躍層は曝気設備の影響と推察され、DO は 20 m 以浅では 5 mg/L 以上であった。両水域における P 濃度の鉛直分布は、亀山ダムは夏期表層で 9.0 $\mu\text{g/L}$ 程度だが、底層 1 m 付近では底泥溶出の影響により 110 $\mu\text{g/L}$ に達しており、典型的な富栄養型のプロファイルであった。一方相模ダムは、夏期表層と深層の P 濃度差は小さく、変動幅は 47-87 $\mu\text{g/L}$ 程度であった。相模ダムは、冬期に総 P 濃度が上昇し、溶存態が占める割合も上昇する傾向が認められた。これらから、相模ダムは夏期のリン酸の再溶出が限定的で、高濃度の P が堆積物に蓄積するが、冬期は水温の低下による脱着が卓越し、湖水全体の P 濃度が高いレベルになっていると推察される。

課題 (2): 堆積物中のシュウ酸抽出態 Fe (Fe_{ox}) とシュウ酸抽出態 P (P_{ox}) は明瞭な正の相関を示した ($n = 18, R = 0.89$)。また、 Fe_{ox} 及びシュウ酸抽出態 Al (Al_{ox}) と P_{ox} の関係はより相関が良く、リン酸の担体として Fe 水酸化物だけではなく Al 水酸化物の寄与も大きいことが示唆された。堆積物に対するリン酸の吸着等温線は、全てのダムの堆積物が Langmuir 型の吸着式でフィッティングされた。ダムの性質に依存せず一定の $\text{P}/(\text{Fe}+\text{Al})$ が示された結果は、湖底堆積物への P の固定容量が堆積物の化学・鉱物組成に強く支配されていることを示唆した。また、 P_{ox} の濃度は $610 \pm 490 \text{ mg/kg}$ の範囲で変動し、最大値を示したのは相模ダムであった。これは、曝気による Fe/Al 水酸化物の沈殿促進による、P 固定容量の増大の結果と考えられた。

本研究の結果から、(1) ダム湖が有する P 保持容量が Fe/Al 水酸化物に強く規制されること、(2) 曝気設備を有する水域では堆積物への P 蓄積量が増大するが、冬期に水温の低下による脱着が進行し濃度上昇が生じること、が示唆された。

*尾坂兼一（滋賀県立大学・環境科学），肥田嘉文（滋賀県立大学・環境科学）
勝山正則（京都府大・生命），大手信人（京都大・情報）

1. はじめに

森林流域から流出する窒素は、森林生態系の栄養損失源であるが、下流の水生生態系にとっては栄養源である。これまでの研究では、降雨時に森林流域から流出する窒素が、年間窒素流出量の大部分を占めていることが示されており、降雨イベントは森林流域から流出する窒素量を決定する主要な要因である。また、降雨時における森林からの窒素流出に関しては流域内の水移動経路と窒素分布などの空間情報によって整理されてきたが(例えば; Muraoka and Hirata, 1988; 勝山ら 2004)、森林土壌の窒素動態の季節性などの年スケールで時間変動する要因が、降雨時の森林からの窒素流出に与える影響については明らかになっていない。

そこで本研究では、滋賀県南部の森林流域において土壌中の硝酸イオン(NO_3^-)のプールサイズと硝化速度の季節性と共に、24 降雨イベントにおいて流出する窒素化合物量測定し、森林土壌の窒素動態と水文条件が森林流域からの窒素流出に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

本研究は滋賀県南部の甲賀市油日にあるヒノキ人工林において行った。土壌は 2012 から 2013 年にかけて集水域内の河川近傍の斜面下部 3 地点、尾根沿いの斜面上部 3 地点において 11 回採取し、2mm の篩で篩った後土壌分析に供した。降雨イベントは 1998 年から 2016 年にかけて計 24 回(3.0–417 mm)行い、降雨に伴う増水時に 1 時間から数時間間隔で採水を行った。採取した河川水から粒子態窒素(PN)、溶存全窒素(DN)、各種無機態窒素(DIN)の測定を行った。溶存有機窒素(DON)は DN と DIN の差から算出した。

3. 結果と考察

降雨時の河川流量増加に伴い窒素流出量も増加したが、その増加量は NO_3^- や DON よりも PN で大きかった。しかし、 NO_3^- は非常に大きい降雨におい

ても常に流出量が最も多かった。

夏のすべての降雨イベントにおいて、降雨量や前の降雨に関係なく、測定された NO_3^- 流出量は降水量から予測される NO_3^- 流出量を上回った(図 1)。また、気温の高い夏は地温も高く土壌中の硝化による NO_3^- 生成量が非常に活発であった(図 1)。さらに、夏期は降水量が多く、他の季節では土壌水分量が少なく硝化が起こっていなかった斜面上部の一部でも硝化が起こっていた。本研究で観測された夏期の NO_3^- 流出量の増加は、これらの土壌の窒素動態が影響を与えると考えられる。また、これらのことは土壌微生物活性が高い夏期に降雨が多い地域は、他の地域に比べて NO_3^- 流出に対してより敏感であり、夏の降雨量の増加が森林流域からの窒素流出に特に大きな影響を与える可能性がある。

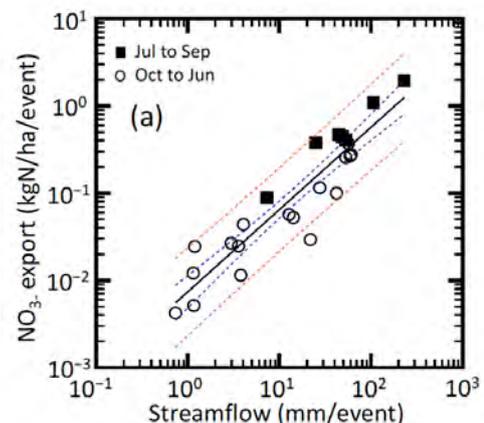


図 1. 降雨時の流出流量と NO_3^- 流出量の関係

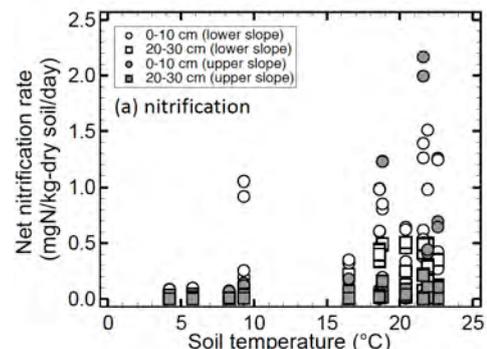


図 2. 土壌地温と純硝化速度の関係

東日本主要河川水の水銀および微量元素濃度分布と その支配要因に関する統計学的解析

*周藤俊雄 (東大・理), 古荘皓基 (東大・理), 丸本幸治 (国立水俣病研セ),
板井啓明 (東大・理)

1. はじめに

水銀 (Hg) は揮発性や生物濃縮性が高く毒性が強いため、人間への健康リスク評価において、水銀動態の理解は重要である。河川の Hg 濃度は、溶存有機炭素濃度や比流量、流域に占める湿地の割合などと相関することが示唆されているが (Brigham et al., 2009; Lavoie et al., 2019)、その報告例は世界的に偏在しており、日本国内での報告例は乏しい。本研究では、東日本に分布する主要河川を対象に 2022, 2024 年に一度ずつサンプリングを実施し、溶存態 Hg 濃度 (DHg) と微量元素濃度を定量した。また、その変動要因に関して、国土交通省が提供する国土数値情報を用いた統計解析を実施した。これまでに 2022 年の DHg と溶存態微量元素濃度、2024 年の溶存態/懸濁態微量元素濃度についてデータが得られたため、その結果について報告する。

2. 材料と方法

2022 年 11 月に北陸地域 (荒川、胎内川、加治川、阿賀野川、信濃川、関川、姫川、黒部川、常願寺川、神通川、庄川、犀川)、東北地域南部~常陸地域 (北上川、鳴瀬川、名取川、阿武隈川、阿賀川、鮫川、久慈川、那珂川)、東海~関東地域 (天竜川、大井川、安部川、富士川、狩野川、酒匂川、相模川、多摩川) を流れる河川で採取した試料を分析に供試した。また、2024 年 6-7 月に行った試料採取では、阿賀野川と同一河川である阿賀川と、流域面積の小さい胎内川、加治川、犀川を除外し、最上川、利根川、長良川、木曾川を新たに調査地点に加えて採水を実施した。河川水は、現場において、予め加熱洗浄したガラス繊維濾紙で吸引濾過し、BrCl 溶液を 1% 添加して DHg を固定した。その後、実験室において、試水 200 mL に 10% SnCl₂ 溶液 1.0 mL を添加して還元酸化させた Hg を金トラップに予備濃縮した後、ダブルアマルガム式冷原子蛍光装置 (WA-5F, Nippon

Instruments) により DHg を定量した。各種溶存態微量元素濃度は、現場で濾過し 6 M HNO₃ を 1% 添加して保存した河川水試料を用いて、ICP-MS (Agilent 7700, Agilent Technology) により定量した。統計解析には日本の地形・表層地質・土壌分類・土地利用データを用いた。河川流域ごとのデータ加工には ArcGIS (ESRI ジャパン) を用い、統計解析には R を使用した。

3. 結果と考察

2022 年 11 月の河川水の DHg は、北陸地域で 0.60 ± 0.39 ng/L、三陸-常陸地域で 0.50 ± 0.22 ng/L、東海地域で 0.51 ± 0.44 ng/L であり、地域間で有意差は認められなかった。26 河川で最大の DHg (1.56 ng/L) を示したのは多摩川であった。海外の先行研究では、河川水の DHg は一般に >1.0 ng/L であり、今回得られた計測値はやや低いレベルであった。国土数値情報を用いた解析の結果、河川の流域面積や、流域に占める特定の土地利用状況 (12 種)、地質 (18 種) の割合は、DHg と有意な相関を示さなかった。一方、地形データおよび土壌分類のうち、泥炭地、乾性ポドゾルの流域面積に占める割合が DHg と有意な相関を示し、相関係数はそれぞれ 0.34, 0.31 であった ($p < 0.05$)。DHg に対して有意な相関が認められた微量元素は、相関係数の高い順に Co, Ni, Na, Cu, Rb, Cd, Sb, Zn, K, Sr であり、相関係数は 0.32-0.49 であった ($p < 0.05$)。DHg が、Cu, Zn, Co などの微量元素と正の相関を示すことから、河川の DHg は大気からの溶解や鉱物の風化よりも、工業活動や鉱山採掘の影響を強く受けている可能性がある。泥炭地、乾性ポドゾルとの相関については、それぞれに含まれる有機炭素や有機酸に Hg が吸着および結合していることに起因する可能性がある。現在、夏期採取試料の水銀及び微量元素濃度の計測と統計解析を進めており、講演ではこの解析結果を含めて発表する。

一般講演

C 会場

O-C01 ~ O-C23

日時：10月19日（土） 9時00分～12時00分

10月20日（日） 9時00分～12時15分

ダム湖動物プランクトン群集の種多様性決定要因

-全国 68 ダムのデータを用いた検証-

*鈴木碩通（東北大院・生命），一柳英隆（水源地環境センター）
大杉奉功（水源地環境センター），占部城太郎（東北大院・生命）

1. はじめに

局所生物群集における種多様性を制限する要因の解明は、生態学の中心的な課題の1つである。湖沼は陸地に囲まれた環境であるため、離散的な生物群集として捉え易いという点で、群集研究に適している。中でも、動物プランクトンは湖沼食物網で中心的な役割を果たしており、群集調査も容易であることから、多くの研究で種多様性に影響する要因が調べられてきた。それら研究では、植物プランクトンによる一次生産や生息地サイズ、攪乱強度といった環境要因と、緯度経度や標高といった地理的要因が動物プランクトンの種多様性に影響することが示唆されている。しかし、多数の動物プランクトン群集を対象に、これらの要因の影響を同時に検証した研究は乏しい。

日本では全国に点在する直轄ダムにおいて、河川水辺の国勢調査が5年で全国を1巡する形で実施されており、動物プランクトンや水質が各調査年につき2~12回に渡って行われている。これらのデータは一般に公開されているため、多数の離散的な群集を対象とした比較研究が可能である。そこで、本研究では河川水辺の国勢調査5巡目（2011-2015）のデータを使用し、ダム湖動物プランクトン群集の種多様性に対してダム湖の地理的要因と環境要因が与える影響の同時検証を行なった。

2. 材料と方法

本研究では、河川水辺の国勢調査における5巡目（2011-2015）から、解析に使用する環境データの入手が可能であった全国68、のべ202調査の群集データを解析に使用した（図1）。解析にあたっては、まず、 α 多様性の指標として、各ダム湖動物プランクトン群集の種数及び多様度指数（Shannon指数・Simpson指数）を算出した。また、地理的要

因として各ダム湖の緯度と標高、環境要因としてはダム湖の有効貯水量（生息地サイズ）、湖水の年回転率（攪乱頻度）、群集内平均体サイズ（捕食圧の指標）、クロロフィルa濃度に基づく栄養状態指標（TSI）を使用した。 α 多様性に対してこれらの地理・環境要因が与える影響は一般化加法混合モデル（GAMM）によって評価した。さらに、同様の解析を種ごとに実施することで、種レベルでの評価も行なった。

3. 結果

解析に使用した群集データには、全体で128タクサ（枝角類33、橈脚類19、輪虫類76タクサ）が含まれており、出現種数は1~36タクサの間でばらついていた。本講演ではこれらの種の多様性を制限する要因に関する解析結果について報告する。

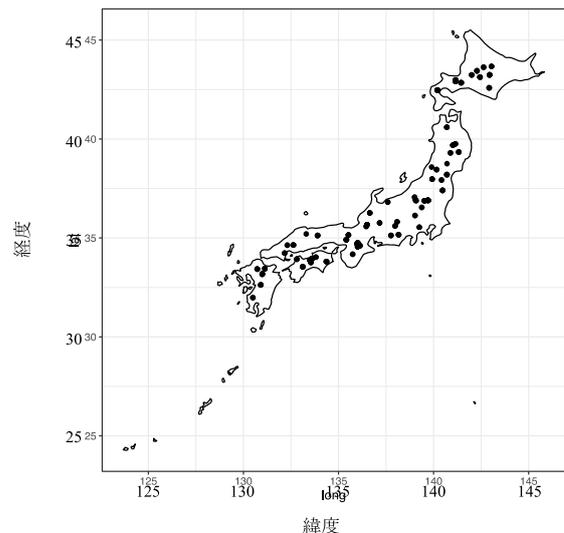


図1. 解析に使用した68ダム

1. はじめに

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

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

2. 材料と方法

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

3. 結果と考察

動物プランクトン群集構造への影響はPIRがOTCより顕著であった(図1)。特に、PIRを20 $\mu\text{g/L}$ となるよう添加した処理区では、添加を開始した12日以降に枝

角類 (*Daphnia* と *Bosmina*) の密度が低下し、ワムシ類 (*Hexarthra* など) が増加した。一方、OTCによる影響はほとんどなかった。微生物相（原生動物や細菌類）への影響については現在解析を進めており、本講演ではそれらの結果も踏まえて、生物群集構造（食物網構造）への影響について発表する。

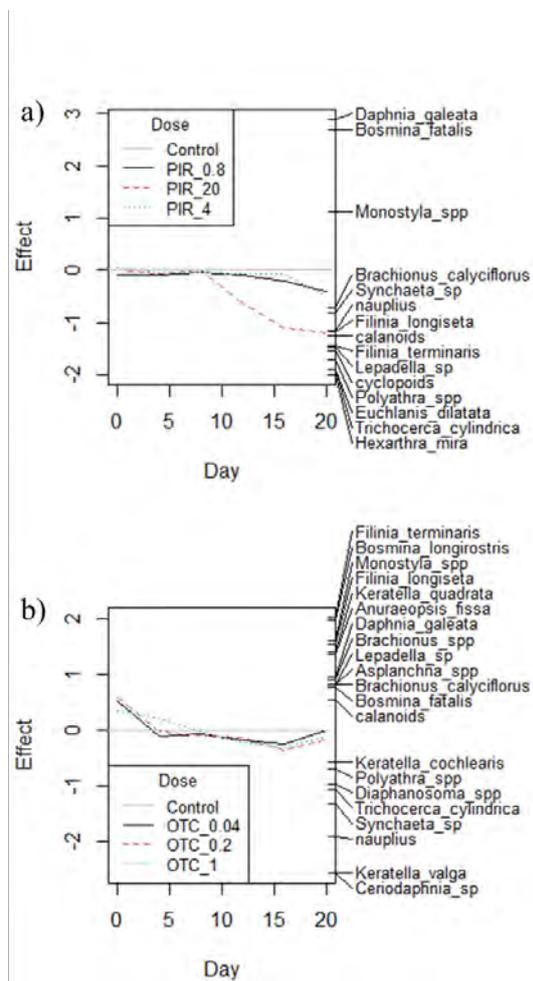


図1. PIR (a) と OTC (b) によるプランクトン群集構造への影響。多変量解析 (Principal Response Curve) を用いて解析。

1. はじめに

マイクロプラスチック（以下、MPs）は直径 5mm 以下のプラスチック片と定義され、世界中の至る所でその存在が確認されている。水環境において、MPs は表層水中に多く存在しているが、最終的に底質へ移行すると考えられている。MPs の沈降を駆動する要因としては、MPs 表面に形成される付着物（藻類や金属酸化物など）が考えられているが、実環境でプラスチック付着物量や付着物の元素組成を調査した事例は少ない。本研究では、湖水中 MPs の沈降を駆動する要因の解明を目的に諏訪湖で付着実験を行い、湖水中における水深別のプラスチックへの藻類や金属元素等の付着量と付着成分を調査した。

2. 材料と方法

付着実験は諏訪湖湖心でプラスチック片を水深別に設置して行った。ポリエチレン製のプラスチック片を 2cm×4cm×0.1cm の直方体に成型し、6 枚を幅約 1mm で重ね、水深 0m・3m・5m に 2 組ずつ設置した。設置期間は 2024 年 4 月 26 日～6 月 4 日（39 日間：循環期）、7 月 10 日～8 月 6 日（27 日間：水温成層期）とした。水温成層の形成は湖水水温の鉛直分布から判断した。環境データは設置日・回収日に観測を行った以外に、信州大学理学部附属湖沼高地教育研究センター諏訪臨湖実験所で行っている諏訪湖定期観測のデータを使用した。設置したプラスチック片の 1 組は採取後、50℃のオーブンで乾燥させ、プラスチック片表面の任意の 5 点を μ -EDX（微小蛍光 X 線分析：測定元素は Na ～ U）を用い、付着した金属元素の定性分析を行った。もう 1 組は採取後、内側の 4 枚をブラシによって剥がし、プラスチック片付着物を蒸留水に懸濁させ、分析を行った。分析項目は単位面積当たりの付着物量、有機物量の指標として付着強熱減量、植物プランクトン量の指標として付着クロロフィル（Chl.）量とした。

3. 結果

μ -EDX 分析により、循環期には各水深の付着物から、Si と Fe, Mn, Al, K が検出され、水温成層期では、さらに水深 0m と 3m の付着物から Ca, S, Ag, Ti が検出された。

循環期において、付着物量・付着強熱減量・付着 Chl.a 量は水深 0m で最大であった。また、水温成層期（水温躍層：3～4m）では、付着物量・付着強熱減量は水深 0m、付着 Chl.a 量は水深 3m で最大であった。付着物と湖水中懸濁物質の Chl.a, Chl.b, Chl.c 比を比較すると、付着物は循環期で Chl.b/Chl.a が高く、水温成層期では Chl.c/Chl.a が高い傾向であった。

4. 考察

水温成層期には湖水底層水が嫌気的環境となることで Fe や Mn, S 等の化合物が湖水中に溶出することが知られており、好気的環境下でプラスチックに底質から溶出した元素（Fe, Mn, S）が付着したと考えられる。また、付着した金属化合物は一般的な鉱物粒子（Si, Al）と同様に比重が水より大きく、ともに MPs の沈降に寄与していると考えられる。

循環期では水深 0m で藻類が付着・増殖し、MPs の沈降を駆動することが示唆された。水温成層期に水深 3m で付着 Chl.量が最大になったのは、水温躍層上部で濃度が極大となった藻類を含む湖水中懸濁物質がプラスチック片へ付着・増殖したことを示している。つまり、水温成層期において MPs は、付着物により水深 0m から沈降し始めた後に、水深 3m の水温躍層付近でトラップされ、再度、湖水中懸濁物質が付着し、密度が増加することで湖底へ沈降すると考えられる。付着した藻類の違いは形状や生態、分泌物の有無など様々な要因が考えられるが定かではなく、今後の研究課題である。

【謝辞】

本研究の一部は日本科学協会による 2024 年度笹川科学研究助成を受けて実施した。

*矢次 美貴(京工織大院・工学科学), 初 雪(京工織大・分子化学系),
山口 保彦(琵琶湖研), 早川 和秀(琵琶湖研), 恩地 啓実(JFE アドバンテック(株)),
中野 伸一(京大・生態研), 布施 泰朗(京工織大・分子化学系)

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響で琵琶湖等の閉鎖性水域では溶存酸素(DO)量が極端に低い貧酸素水塊が形成されるようになった。この貧酸素水塊は湖盆内を移動し、湖底では酸化還元雰囲気変動する環境が形成されていると推測される。本研究では、琵琶湖でフルボ酸様蛍光(FDOM)センサーを用いて腐植様物質の微細な蛍光特性変化を捉え、雰囲気変動が物質動態に与える影響について検討することを目的とした。我々は、腐植様物質が持つキノン骨格に着目し、酸化還元変動により起こる電子受容・供与プロセス中で活性酸素種が発生(アノード反応: $C_6H_4(OH)_2 \rightarrow C_6H_4O_2 + 2H^+ + 2e^-$ 、カソード反応: $O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$ 、フェントン様反応でヒドロキシラジカルが生成)し、湖内の物質循環に有意な影響を及ぼす可能性について検討した。

2. 材料と方法

2023年4月-2024年5月に、琵琶湖北湖今津沖中央(St. 17B)で FDOM センサーによる測定を行い、同日・同地点で採取した湖水は当日中に実験室での蛍光分光測定を行った。また、2023年9月-12月、2024年6月-9月には同地点の湖底直上5mに FDOM センサーを係留して連続測定を行った。貧酸素水塊中の再現実験は、2010-2012年に St. 17B で採取した琵琶湖底質から IHSS 法に従って抽出したフミン酸を用いた。1日静置したフミン酸溶液にテレフタル酸を加え、混合溶液を窒素ガスと空気ガスで1時間ずつ交互に曝気し、雰囲気を変動的に変化させた。曝気後は静置し、各工程で生成するヒドロキシラジカルをヒドロキシテレフタル酸としてトラップし、蛍光検出する HPLC 法で分析した。

3. 結果

現場測定と実験室測定では、DO 量が減少する湖

底付近のフルボ酸換算濃度に差が生じた。長期連続測定の結果から、DO 量の減少時に FDOM 強度の増加がみられ、DO 量の変化に伴って腐植様物質の蛍光特性も変化していることが推測された。また貧酸素水塊中の再現実験では空気と窒素の曝気を繰り返すことにより、ヒドロキシテレフタル酸濃度が増加した(Fig. 1)。

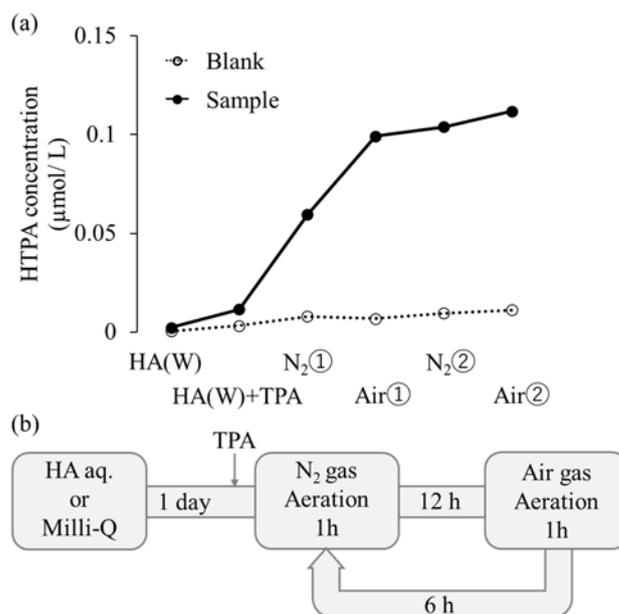


Fig. 1 (a) Change in concentration of hydroxy terephthalic acid. (HA: humic acid, W: Milli-Q, TPA: terephthalic acid) (b) Flow chart of the experiment.

4. 考察

現場測定の結果から、琵琶湖では貧酸素水塊の移動に伴い、湖底付近の雰囲気変動が変化し、腐植様物質が構造変換を起こしていると推測した。実験室での貧酸素水塊中の再現実験では、琵琶湖底質由来フミン酸 100 mg/L から約 20-30 μg/L のヒドロキシテレフタル酸が定量できた。以上から、酸化還元変動 1 回につき、単位腐植様物質あたり生成するヒドロキシラジカルは、0.5 mmol/mgHA・酸化還元変動 であると推測された。

フラボノイドによる藍藻の抑制と 淡水巻き貝への藍藻毒の取り込み阻害の検証

*小野ひなた, 羽生瑠実, 二木功子, 浦井暖史, 朴虎東 (信州大・理)

1. はじめに

湖沼生態系におけるアオコは景観の悪化や悪臭に加えてアオコ産毒素Microcystin (以下MC) は、強い肝臓毒性を持ち、様々な生物種へ被害を及ぼす。MCは動物体内で肝細胞膜状にあるOrganic anion transporting polypeptide を介して選択的に取り込まれ、肝臓に蓄積し、タンパク質の過剰リン酸化による骨格破壊やアポトーシスを引き起こし、発がんプロモーターとしてガンを誘発する。

魚介類の中でも軟体動物腹足綱は高次消費者の餌や人間の食料となるが、MCの蓄積だけでなく細胞内の毒性影響もあきらかにされている。従って、食物連鎖による高次消費者への毒の輸送を防ぐ為に、腹足綱におけるMCの取り込みを防ぎ、毒の蓄積を抑えることが重要だ。また、MCの生産源であるアオコが増殖すると腹足綱が減少し、景観の悪化や悪臭といった影響がある為、藍藻の抑制も求められる。

本研究では諏訪湖の集水域で栽培されているセルリーを用いて、藍藻の抑制効果を検証した。また、葉から検出されたフラボノイドのNaringin (以下NAR) をヒメタニシに経口投与し、MCの取り込み阻害効果について検証した。

2. 材料と方法

セルリーは松本市の農家から採取し、葉 (葉身)、茎 (葉柄)、根に分解した。寒天重層によるバイオアッセイは、シャーレの下層に 1.5 %寒天を、上層に 1%の低融点寒天に藍藻 (NIES33349 株, *Microcystis aeruginosa*) を添加後、セルリーの各部位を添加し観察した。プレートアッセイは各部位の凍結乾燥粉末 0.2 gを蒸留水、80%メタノール、4 mlに 24 時間浸水させたものを遠心分離 (15,000 rpm, 20 分, 4°C) し、96 穴プレートに藍藻 150 μ L, 各抽出物 100 μ Lを添加した。試料の希釈はMA培地を用いた。セルリーに含まれる成分分析は、凍結乾燥粉末 0.2 gに水と 80%

メタノール 4 mlで一日浸水させたものを希釈し LC/MSで測定した。取り込み阻害実験では、諏訪湖で採取したヒメタニシを、コントロール区では飼育馴致期間に与えた餌、実験区はNAR1 mM (実験 1)、NAR10 mM (実験 2) を実験初日に与え、翌日から M95 株 (*Microcystis aeruginosa*) 約 1.0×10^7 cells ml⁻¹ の懸濁水で 8 日間飼育した。また、NAR10 mMと藍藻を同時に 8 日間飼育した (実験 3)。2, 5, 8 日目に採取しMCをHPLCで分析した。

3. 結果と考察

寒天重層では、全ての部位で藍藻の阻止円が確認されたが、阻止円の形成過程は部位ごと異なった。プレートアッセイでは、部位により影響した濃度範囲や藍藻の溶藻色 (緑, 褐色, 青, 透明) の変化に違いが生じた。最も強い抑制区画では 25 mg ml⁻¹ で 73.1%の抑制が示された。セルリーの成分分析では、葉のメタノール抽出物では 338 nmに吸収が確認され、葉のメタノール抽出物では、Quercetin類 (MW 448), Naringin (MW 580) などの 4 つのピークを検出した。取り込み阻害実験では、実験 1 では 8 日間で平均 62%の取り込みが確認され、実験 2 では 5 日目に 92%の阻害率、実験 3 ではMCは検出限界以下だった。

バイオアッセイの結果、セルリー (葉・茎・根) が藍藻を抑制することから、藍藻の抑制物質が含まれていたことが示された。成分分析の結果、抑制効果を示したフラボノイドはQuercetin類と推察された。一方、抑制効果が茎と根が強いことから、含まれるフラボノイドの種類又は含有量が異なる可能性がある。ヒメタニシにおいてNARはMCの取り込み阻害作用を有した。初日にNAR 10 mM投与では日数を経るごとにMCの蓄積量が増えたため、MC蓄積を防ぐためには 10 mMを毎日投与することが効果的であると考えられる。

O-C06

児島湖(岡山県)における難分解性有機物の季節変化と成因について

*桑本駿(岡山理科大・理工学研究科)

尾上航汰、鮎川康生、阿部友翔、貞弘裕太郎、杉山裕子(岡山理科大・理)

1. はじめに

児島湖は岡山県南部に位置し、児島湾の湾奥にある人工湖である。面積は 10.88 km²、総貯水量は 2,607 万 m³である。児島湖の流域面積は、岡山県の約 13 分の 1 を占めている(岡山県, 2022)。児島湖は、高度経済成長による人口増加や活発な産業活動が原因で 1975 年頃から水質悪化が問題となった。1985 年に湖沼水質保全特別措置法に基づく指定湖沼に指定され、様々な水質改善のための対策によって、1980 年代前半に 11~12 mg/L だった COD (75%値) は 2020 年には 8.1 mg/L に減少した。しかし環境基準である 5 mg/L は未だ達成されていない。この原因として、児島湖に難分解性有機物が蓄積している可能性が指摘されている(岡山県 2020 年)。本研究では、児島湖及び流入河川水中の難分解性有機物の濃度や特徴を 100 日生分解実験により明らかにし、児島湖への難分解性有機物の起源を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

採水は、2023 年 1 月 13 日、2023 年 3 月 17 日、2023 年 5 月 22 日、2023 年 8 月 30 日、2023 年 10 月 16 日に、倉敷川・笹ヶ瀬川・児島湖樋門において、また、2023 年 6 月 24 日に岡山県岡山市千両街道(児島湖付近の用水路)でおこなった。採取した水試料は 20℃暗条件でインキュベーター内で生分解実験に供した。生分解実験では一定期間(0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 30, 50, 100 日目)ごとに水試料を取り出し、BOD・COD・DOC・TOC・蛍光スペクトルを測定した。100 日生分解実験後に残存している有機物を難分解性有機物とした。BOD は JIS K 0102 21 法に従い、溶存酸素量は蛍光式 BOD プローブ(Xylem Japan 製)を用いて測定した。COD 測定は JIS K 0102 法に従い、測定は 3 回行い平均値を算出した。DOC と TOC は全有機炭素分析装置 TOC-VCSH (SHIMADZU 製)を用いて高温触媒燃焼方式によって測定し、測定は 3 回以上行った。三次元励起蛍光スペクトル(EEM)測定は、Aqualog (HORIBA 製)によって測定した。励起波長は 250~550nm (5nm 間隔)、蛍光波長は 212~619nm (3nm 間隔)の範囲で測定した。蛍光スペクトルデータを用いて PARAFAC (Parallel Factor Analysis) 解析をおこなった。

3. 結果と考察

表 1 に全試料の採水当日および 100 日生分解後の BOD・COD・DOC の測定値を示した。また、倉敷川と笹ヶ瀬川の児島湖への流量比が 2:3 であることか

ら、次式により流入河川から児島湖に負荷される平均 DOC 濃度、COD 濃度を算出した。

$$\text{平均流入 DOC 濃度} = \frac{\text{DOC}_{\text{倉敷川}} \times 2 + \text{DOC}_{\text{笹ヶ瀬川}} \times 3}{5}$$

表 1. 100 日間生分解実験前後における BOD・COD・DOC 濃度

児島湖表層	2023年(1月)		2023年(3月)		2023代掻き期(5月)		2023夏(8月)		2023秋(10月)	
	0日目	100日後	0日目	100日後	0日目	100日後	0日目	100日後	0日目	100日後
BOD (mg/L)	4.40	0.34	1.53	0.48	3.81	0.37	1.83	0.00	4.25	0.41
COD (mg/L)	5.19	3.39	6.20	3.55	6.66	4.10	5.65	5.00	6.12	3.73
DOC (mg/L)	2.32	1.53	2.42	1.76	3.34	2.55	3.47	2.66	2.81	2.14
笹ヶ瀬川	2023年(1月)		2023年(3月)		2023代掻き期(5月)		2023夏(8月)		2023秋(10月)	
	0日目	100日後	0日目	100日後	0日目	100日後	0日目	100日後	0日目	100日後
BOD (mg/L)	2.24	0.20	1.46	0.29	1.95	0.22	1.00	0.00	1.34	0.32
COD (mg/L)	2.71	2.30	6.64	2.78	6.03	4.30	4.21	2.55	3.25	2.11
DOC (mg/L)	1.31	0.97	2.40	1.36	4.15	3.02	3.47	1.52	2.81	1.47
倉敷川	2023年(1月)		2023年(3月)		2023代掻き期(5月)		2023夏(8月)		2023秋(10月)	
	0日目	100日後	0日目	100日後	0日目	100日後	0日目	100日後	0日目	100日後
BOD (mg/L)	2.21	0.29	0.50	0.23	2.32	0.30	1.89	0.00	1.67	0.22
COD (mg/L)	2.73	2.24	3.59	1.47	4.34	2.81	3.94	2.32	3.40	2.20
DOC (mg/L)	1.40	0.98	1.53	1.05	2.19	1.70	2.03	1.43	1.82	1.28
河川からの平均流入濃度 COD (mg/L)	2.28		2.26		3.70		2.46		2.15	
河川からの平均流入濃度 DOC (mg/L)	0.97		1.24		2.49		1.48		1.39	

表 1 より、難分解性 DOC 濃度は、湖内で 1.53~2.66 mgC/L であり、流入河川からの平均濃度は 0.97~2.49 mgC/L であった。代掻き期(5月)には他の時期よりも高濃度の難分解性有機炭素が河川から児島湖に供給されることがわかった。

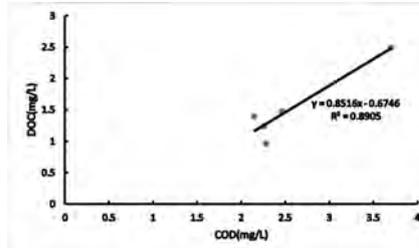


図 1. 河川からの平均流入 COD と DOC の相関

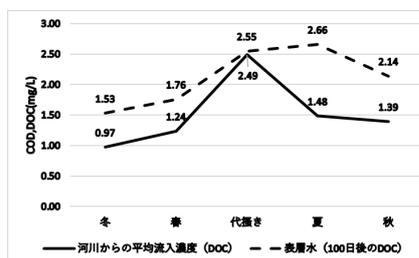


図 2. 児島湖及び河川から流入する DOC, COD 濃度

図 1 より流入 COD と DOC には正の相関があり、DOC/COD は 0.85 であった。河川から流入する難分解性 DOC 濃度と児島湖表層水の難分解性 DOC 濃度の比較(図 2)により、湖内に存在する難分解性有機物は代掻き期には河川からの流入濃度と一致し、夏季には湖内で生成された難分解性 DOC が加わっていることがわかった。

*黒澤萌香（福島大学・大学院共生システム理工学研究科），
脇山義史，和田敏裕，難波謙二（福島大学・環境放射能研究所）

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故後、福島県の多くのため池が放射性セシウムにより汚染された。汚染が著しいため池では底質除去、取水制限などの対策が取られた。こうした対策の中でも特に底質除去は放射性セシウムを除去し、大幅に放射線リスクを低減させる方法として多くのため池で実施された。他方、底質除去は栄養塩などの水質を改善する方法として、広く実施されている。底質除去後の長期的な水質変化を示した例は少ない。そこで、本研究では、福島県の都市ため池において、底質除去による池水の ^{137}Cs 濃度および水質の長期的な変化を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

福島県郡山市のため池において調査を行った。集水域（692,000 m^2 ）の主な土地利用は建物用地であった（82%）。対象としたため池では2017年に浚渫による底質除去が実施された。また、年1回冬季に池干しが行われている。底質除去前の2015年は7回、底質除去後の2018年から2022年は18回、現場型遠心分離装置を用いて池水の懸濁物質（以下SS）およびろ過水を分離採取した。2020年から2022年は、流入水、流出水各40Lを採取した。これらの試料について、SSの ^{137}Cs 濃度（ Bq/kg ）、溶存態 ^{137}Cs 濃度（ Bq/L ）を測定し、見かけの固液分配比 K_d （ L/kg ）を算出した。採集時に現地で水温、電気伝導度、酸化還元電位、pHを測定し、水試料を採集し、その日のうちに実験室でろ過を行った。ろ過した試料は、溶存窒素濃度（アンモニア態・亜硝酸態・硝酸態： mg/L ）、リン酸態リン濃度（ mg/L ）、溶存ケイ素濃度（ mg/L ）、クロロフィル a 濃度、溶存有機炭素（以下DOC）濃度、主要陽イオン濃度（ Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} ）の分析に供した。そのほか、濁度、SS濃度、揮発性浮遊物質（以下VSS）濃度、SSの炭素窒素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ）などを測定した。

3. 結果および考察

底質除去前（2015年）および底質除去後（2018年から2022年）を比較すると、SSの ^{137}Cs 濃度が有意に低下していた一方で（ $p < 0.01$ ）、溶存態 ^{137}Cs 濃度（ $p = 0.10$ ）、 K_d （ $p = 0.05$ ）は有意な変化が認められなかった。底質除去後におけるSSの ^{137}Cs 濃度、溶存態 ^{137}Cs 濃度、 K_d の平均値は、底質除去前と比較すると、それぞれ71%、40%、35%低下していた。底質除去により、池水の ^{137}Cs 濃度が低下することが示された。

底質除去前および底質除去後を比較すると、DOC濃度は有意に上昇し（ $p < 0.01$ ）、亜硝酸態窒素濃度は有意に低下していた（ $p < 0.01$ ）。一方で、アンモニア態窒素濃度（ $p = 0.76$ ）、硝酸態窒素濃度（ $p = 0.81$ ）、リン酸態リン濃度（ $p = 0.18$ ）、溶存ケイ素濃度（ $p = 0.97$ ）、クロロフィル a 濃度（ $p = 0.77$ ）は有意差が認められなかった。DOC濃度は、底質除去前は K^+ 濃度のみと有意な相関関係があったが（ $r = 0.77, p < 0.05$ ）、底質除去後は、クロロフィル a 濃度（ $r = 0.52, p < 0.01$ ）、VSS濃度（ $r = 0.49, p < 0.05$ ）と有意な正の相関があった。底質除去後、DOC濃度は植物プランクトンの分解によって変化したことが示唆された。アンモニア態窒素濃度、リン酸態リン濃度は底質除去前後で有意差がなかったことから、池干しの効果により底質除去前から栄養塩が溶出しにくい環境であったことが示唆された。

流入水、流出水を比較すると、SSの ^{137}Cs 濃度（ $p = 0.20$ ）、溶存態 ^{137}Cs 濃度（ $p = 0.74$ ）、 K_d （ $p = 0.05$ ）は有意差がなかった。水質においては、流出水で電気伝導度、硝酸態窒素濃度、溶存ケイ素濃度、主要陽イオン濃度は有意に低く（ $p < 0.01$ ）、クロロフィル a 濃度、濁度、SS濃度、VSS濃度は有意に高かった（ $p < 0.01$ ）。ため池に流入した溶存物質および栄養塩類が、ため池内の植物プランクトンの生育に消費されていることが示唆された。

湖底層における貧酸素環境の不均一性が 冷水性魚類の湖内分布に及ぼす影響

*片寄涼介（国立環境研究所，東京農工大）

角谷拓（国立環境研究所）

1. はじめに

高次捕食者の生息可能温度域の把握は、食物網が温暖化によって受ける影響を理解するために重要である。温帯域の湖では、沖合における冷水性魚類の鉛直分布が夏季の表層からの水温上昇により底層にシフトすることが予測される。加えて底層の貧酸素化に進行に伴い、冷水性魚類の生息可能域は今後さらに縮小することが懸念されている。一方、底層の貧酸素環境は湖盆形状等によって地点ごとに発達状況が異なるため、表層水温と比較して地点ごとの不均一性が大きくなりやすい。そのため底層の貧酸素環境が湖沼内の地点で不均一に生じている場合、沖合の冷水性魚類の生息可能域に対する制限の強度は地点によって異なる可能性がある。本研究はこの点に注目し、湖内複数地点における鉛直方向の水質と冷水性魚類の分布とを比較することで、底層における貧酸素環境の不均一性が冷水性魚類の湖内分布に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

栃木県日光市湯ノ湖において2022年6月から11月の毎月現地調査を行った。栃木県湯ノ湖は冷水性魚類であるニジマスとヒメマスの放流が多く行われており、湖内の魚類バイオマスはほとんどこの2種が占める。また湖盆中央に水深6.8m程度の高さで尾根状の湖底地形が発達しており、湖盆を南北に分けている。水質観測地点を南北に分かれた湖盆の最深部近くに1地点ずつ設定し水質観測と動力船と魚探を用いたセンサ調査を同日に行った。具体的には、魚探を設置したボートで水質観測点2地点の半径100m以内において時速3kmで南北方向に3往復し、体長20cm以上の個体を合計4902回観測した。魚類分布を定量的に把握するために、水深1mごとに魚探で観測した体積で個体数を除し、水深別個体数密度を算出した。鉛直方向の水質はProDSS (Xylem)を用いて水深1mごとに水温、溶存酸素濃度、電気伝導度、pH、濁度、クロロフィルa濃度を観測した。その上で、鉛直方向の魚類分布を決定する環境要因を明らかにするた

めに、成層の発達していた7月から10月において2地点の水深別魚類密度を応答変数、水深別環境変数を応答変数としたランダムフォレストモデルによる解析を行い、魚類密度に対する各環境変数の閾値を推定した。

3. 結果

ランダムフォレストの結果、水深、水温、溶存酸素濃度が鉛直方向の魚類密度を決定する要因として強い関係がみられた。また決定木から深い水深、十分な溶存酸素濃度、比較的低い水温環境において魚類密度が高くなることが明らかとなった。このことから湯ノ湖沖合における冷水性魚類の鉛直分布は表層の高水温と底層の貧酸素化によって制限を受けていることが示された。また2地点間の水温と溶存酸素濃度の違いを水深別に比較したところ、10月の溶存酸素濃度においてのみ地点間で差が見られ、北湖盆では底層貧酸素状態は概ね解消されたものの、南湖盆においては強く貧酸素環境が形成されたままであった。魚類密度に関しても同様に水深別に比較を行ったところ10月においてのみ南湖盆が北湖盆よりも魚類密度が高くなった。

4. 考察

魚類密度が貧酸素環境と高水温によって強く制限されていることから、夏場の温帯域において冷水性魚類の鉛直分布は上下方向から制限を強く受けていると考えられる。地点間で底層の貧酸素条件が異なる10月においてのみ水深別の魚類密度が地点で異なることから、貧酸素条件の不均一性は沖合における魚類分布を水平方向にも変化させる要因として機能している可能性がある。一方で、より貧酸素が発達した地点において魚類密度が高くなるという予想に反する関係がみられた。このことは、魚類密度は水質、水温環境だけでなく動物プランクトンなど餌資源の分布とも連動して変動することを示唆する。今後は餌資源と環境要因の双方と冷水性魚類分布の関係を理解する取り組みが期待される。

分類階級を用いた動物プランクトン の自動判別手法とその評価

*早川慶信¹, 三浦幹太¹, 大竹裕里恵², 伊藤康一¹, 牧野渡³, 青木孝文¹, 占部城太郎³
¹東北大・情報科学研究科, ²京都大・生態学研究センター, ³東北大・生命科学研究所

1. はじめに

プランクトンは、水圏生態系の低次生産と高次生産を繋ぐ役割を担う生物群であり、水質を決める重要な指標である。そのため、指定湖沼やダム湖の定期的な水質調査においてプランクトンの種類同定と個体計数が行われている。一方で、プランクトンの種類同定と個体計数に専門的な知識や経験が求められることや、顕微鏡を用いた手作業に多大な時間を要することなどから、その調査頻度が限られる。水圏生態系・水質の変化に対する緩和策だけでなく、適応的な対策も行うために、高い頻度での調査が求められる。これらの課題を解決し、高頻度に定期調査を行うため、機械学習を用いたプランクトンの自動判別手法が提案されている。それらの手法の判別精度が十分でないため、本稿では、プランクトンの分類階級を利用して深層距離学習により動物プランクトンを自動判別する手法を提案する。動物プランクトンで構成された画像データセットを用いた性能評価実験を通して、提案手法の有効性を示す。

2. 材料と方法

プランクトンは、綱・目・科・属・種のように分類階級に基づいて階層的に命名されている。そのため、上位階級（例えば綱）では大域的な見た目が異なり、下位階級（例えば種）では局所的な見た目が異なる。高精度にプランクトンの種類を判別するためには、分類階級を考慮した手法が有効である。本稿では、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いてプランクトン画像から特徴を抽出し、分類階級に従って階層的な注意機構を用いて特徴を洗練させ、CNN の学習に深層距離学習を用いることで分類精度を改善する手法を提案する。本稿では、深層距離学習を用いない手法をベースライン、用いる手法を提案手法とする。精度評価実験では、著者らの研究グループが収集した動物プランクトン画像データセットを用いる。本データセットは、国内の湖沼・ダム湖 31 地点で採集されたサンプルを光

学顕微鏡で撮影された群衆画像で構成される。群衆画像から動物プランクトンの個体画像を抽出し、各画像に綱・目・科・属・種のラベルが付与されている（総タクサ数 76, 画像枚数 34937 枚）。25 地点を学習、検証、基本性能評価に用い、学習に含まれない残り 6 地点を汎化性能評価に用いた。

3. 結果

基本性能評価において、種の判別精度は、ベースラインでも提案手法でも 90% 以上であり、提案手法の方が高い結果となった。学習データと同じサンプルに含まれる画像であるため、分類精度が高くなったと考えられる。一方で、汎化性能評価では、両手法とも種の判別精度が 60% 程度であったが、提案手法の方が 1 ポイントから 3 ポイントほど判別精度が高かった。汎化性能評価における提案手法の具体的な判別精度は、種 67.0%, 属 72.8%, 科 80.4%, 目 89.4%, 綱 93.4% であった。

4. 考察

提案手法は、ベースラインと同様に、学習データと同地点のサンプルに含まれるプランクトン画像を判別すると判別精度が高いが、学習データに含まれない地点で採集されたサンプルに含まれるプランクトン画像に対して判別精度が低くなる。深層距離学習を導入することで精度改善はしているが、さらなる精度改善が必要である。精度低下の要因として、汎化性能評価に使用したプランクトン画像は、水質が異なるために背景の色が異なっていたり、ゴミなどの混入量が異なっていたりすることが考えられる。また、学習データと比べるとタクサ毎の画像枚数の偏りが異なることも考えられる。データ拡張を導入することで判別が難しいデータを増やしたり、画像枚数が少ないタクサを増やしたりすることで、判別精度の改善が期待される。信頼度に基づいて複数種の判別結果を提示したり、科や属など分類階級の途中までの判別結果を提示したりすることも実用上は有効であると考えられる。

殺虫剤と温暖化による複合影響はトンボ類の減少を介して 群集全体へと波及するか？：野外操作実験による検証

*石若直人（近畿大・院・農）、平岩将良（近畿大・農）、橋本洸哉（弘前大・農生）、土屋健司（国環研）、角谷拓（国環研）、早坂大亮（近畿大・農）

1. はじめに

ネオニコチノイド・フィプロニルに代表される浸透移行性の殺虫剤は、水田をはじめとする様々な農地で使用されており、陸水域の生物多様性に甚大な影響を与えている (Sánchez-Bayo, 2014)。とくに、これらの剤が曝露されることによるトンボ幼虫（以下、ヤゴ）の個体数減少は看過できない (Nakanishi et al. 2021)。水域生態系においてヤゴは上～中間捕食者として機能することから、ヤゴに対する殺虫剤の直接的な影響は、生物間相互作用を介して生物群集全体へと波及し得る。

さらに、殺虫剤が生態系に与える影響は、温暖化にともなう温度上昇と複合的に作用することにより、強化される可能性さえある (Noyes et al. 2009)。実際、演者らはこれまでに、水田を模した実験生態系のなかで水温上昇と殺虫剤の有無を操作した 2×2 要因実験を行い、水温上昇下において殺虫剤がトンボ類に与える影響が相乗的に強まることを示した (Ishiwaka et al. 2024)。さらに、ほかの生物に対しても解析を行うと、トンボ類以外の餌生物となりうる生物（マキガイ等）の密度については、逆に複合影響下で増加するとの実態も明らかとなりつつあり、殺虫剤と水温上昇の複合影響下では、捕食者減少に伴う捕食圧の解放が増強するのではないかとの仮説が浮き彫りとなってきた。そこで、本研究では、殺虫剤と温度上昇の複合影響が水域生態系に与える影響メカニズムとして、捕食者であるヤゴ減少の影響が下位の栄養段階の生物へと波及する「トップダウン効果」がどの程度関与するのかを検証する操作実験をおこなった。

2. 材料と方法

64 の小型水槽に非農薬汚染の水田土壌と水を投入し、水生生物を一定量導入することで、組成を均一にした実験生態系を創出した。各小型水槽に対し、殺虫剤・水温上昇・捕食者導入（ヤゴ）の有無の操作をランダムに割り当て、2×2×2 の要因実験（各

8 反復）を行った。殺虫剤の処理には、トンボ類の減少要因であるとされているフィプロニル (Kasai et al. 2016) を用いた。また、水温上昇処理は、ヒーターを用いて常時+4℃の加温をおこなった。捕食者導入（ヤゴ）区には、シオカラトンボの幼虫を周辺の密度に合わせて導入した。なお、系外からのヤゴの新規加入を防ぐため、各実験系はメッシュネットで隔離した。

3. 結果

本発表では、「ヤゴ-マキガイ-生産者」の3者に注目して解析を行った。ヤゴは殺虫剤処理による甚大な影響を受け、導入した個体が全く見られなくなった。一方で、マキガイと生産者については、殺虫剤処理で多くなった。また、この傾向は水温上昇との複合影響下ほど顕著にみられた。共分散構造分析 (SEM) を用いて、殺虫剤と水温上昇の影響が3者系内で波及する経路を推定した。まず、3者間の関係性についてみると、ヤゴの捕食と生産者はマキガイの個体数、マキガイの捕食は生産者を制御するという、栄養構造に類する関係性が検出された。この3者系に対し、殺虫剤はヤゴに負の影響を与えつつ、生産者には正の影響を与えた。また、水温上昇は、生産者に正の影響を与えた。しかし、両影響要因がマキガイに及ぼす直接影響は検出されなかった。

4. 考察

上記の結果は、各要因によるヤゴの減少と生産者の増加が、マキガイの間接的な増加をもたらしたことを示唆している。つまり、殺虫剤と温度上昇の複合影響が水域生態系に与える影響メカニズムとして、殺虫剤がヤゴを減少させることによるトップダウン的な経路に加え、実は、殺虫剤自体が生産者に正の効果をもたらすことが上位の栄養段階の生物群集へと波及する、ボトムアップ的な経路も多いに関与する可能性が示された。

謝辞： 本研究は、JSPS 科研費 (20K15640, 21K18318, 20H03010) の支援を受けた。

1. はじめに

長野県諏訪市の諏訪湖では 1979 年から下水道設備設置が開始され、湖への栄養塩類流入負荷の減少し毎年夏季に発生していた有害藍藻のブルーム(アオコ)の発生頻度が 1999 年以降減少した。しかし、2000 年以降アオコの発生頻度の減少に伴い、水草のヒシ(*Trapa japonica*)が繁茂するようになり、夏季のピーク時には湖面積の 1 割以上(約 1.7 km²)を占めるほどになった。したがってヒシとアオコを形成するシアノバクテリアの間で光や栄養塩をめぐる競争、アレロパシー作用が存在すると考えられる。さらに我々の研究によってヒシに Eugeniiin や Ellagic acid および Quercetin 配糖体といったシアノバクテリアの成長を抑制する効果のあるポリフェノール群が含まれることが明らかになり、寒天重層法において藍藻の成長を阻害した。それゆえ自然環境下でヒシは藍藻を抑制する可能性がある。ヒシは 1 年生の浮葉植物で季節によって形態やバイオマス量は大きく変化する。しかしこれらヒシに含まれるアレロケミカルの季節変化の研究は未だ不十分である。そこで本研究はヒシの季節によるアレロパシー特徴の変化の解明を目指した。

2. 材料と方法

ヒシを 5 月～10 月に採取し水道水で洗った後、部位ごとに分け凍結乾燥させ粉末化した。ヒシ浮葉の成分の季節変化を分析では 5 月～10 月のヒシ浮葉の乾燥粉末 300 mg を 80%メタノール 30 ml に 1 時間浸水させた後 15,000 rpm で 1 min 遠心分離し、上澄みを測定液として用いた。これを LC/MS (島津製作所) にて測定した。ロゼットの分析では、ロゼットを構成している葉をナンバリングし切り分け、凍結乾燥し粉末化した。乾燥粉末 20 mg を水 3 ml に 1 時間浸水させた後 15,000 rpm で 1 min 遠心分離し、上澄みを測定液として用いた。LC/MS (島津製作所) でヒ

シに含まれることが明らかになっているポリフェノール定性・定量を行った。

3. 結果と考察

LC/MS 分析の結果、5 月ヒシ浮葉は Eugeniiin を多く含んでいたが(約 19 mg g⁻¹ DW)、6 月以降含有量は減少し 10 月には 1 mg g⁻¹ DW ほどとなった(図 1)。一方、Quercetin 配糖体は 5 月ヒシでの含有量が少なく(0.5 mg g⁻¹ DW)、6 月以降含有量は急激に増加し 10 月には約 8 mg g⁻¹ DW が検出された。またロゼットでは中心に位置する葉は Eugeniiin を多く含み、外側の成熟した葉では Eugeniiin の含有量は減少する傾向であった。一方 Quercetin 配糖体は中心部分の含有量は少なく、外側の葉で多く含む傾向が見られた。これらの結果からヒシは発芽時期に Eugeniiin をメインのアレロケミカルとしており、バイオマスを増加させ成熟した葉の割合が大きくなる 6 月以降は Quercetin 配糖体をメインのアレロケミカルとしている可能性が示唆された。

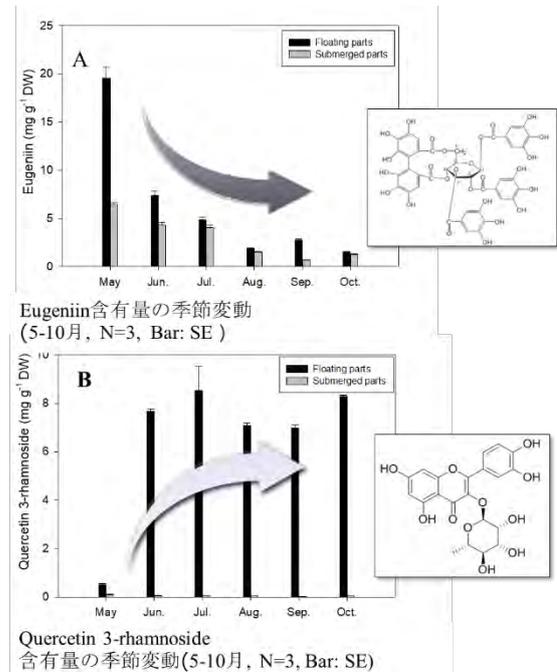


図 1. ヒシ(*Trapa japonica*)に含まれるアレロケミカルの季節変化
A: Eugeniiin. B: Quercetin 配糖体。

O-C12

能登半島地震で示された

低湿地・河北潟の災害に対する脆弱性

*高橋 久 (河北潟湖沼研究所)・川原 奈苗 (河北潟湖沼研究所)
・永坂 正夫 (金沢星稜大学・人間科学部)

1. はじめに

2024年1月1日に発生した能登半島地震は、震源地から最長100km離れた河北潟とその周辺においても甚大な被害をもたらした。かほく市で震度5強、内灘町で震度5弱であったにもかかわらず、多くの家屋の倒壊、道路の寸断、堤防の損壊などが起こった。

河北潟湖沼研究所では震災後直ちに調査チームを発足させ、震災直後から被害状況の記録と地震の河北潟の自然環境への影響について調査を実施している。その中で、河北潟を取り巻く地域が地震災害に対して極めて脆弱であること、その背景に過去と現在の土地利用が深く関わっていることが解ってきた。また、過去の公共事業の影響を強く受けていることを、今後の復興事業の中で考慮していくことが必要と考えられた。そこで、これまでに著者らが得た知見について発表する。

2. 調査地と調査方法

石川県金沢市、津幡町、かほく市、内灘町に跨がる河北潟と河北潟干拓地、及びその周辺の低地と内灘砂丘において調査を実施した。河北潟は石川県中部にある海跡湖でかつては汽水湖であったが、干拓事業により潟の面積が縮小し、防潮水門が設置されたことにより淡水湖となっている。内灘砂丘は、平均標高約20.0mの横列砂丘及び累積砂丘からなり、特に南部は新旧の2列の砂丘が前後方向に重なり、全体として延長が約10km、幅は約1kmとなっている。砂丘頂から海岸側は緩傾斜であるが、内陸側は河北潟に向かって急傾斜となっている。

1月4日より調査地を自動車で回り、地震による道路の亀裂、隆起、沈降状況、建物の傾斜、損壊、地盤の液状化、堤防の崩壊について記録した。また、湖岸を中心にドローンによる空中撮影を行った。河北潟干拓地堤防及び防潮堤防、湖岸堤防について、オートレベルを用いて断面図を作成した。

3. 結果

液状化に伴う道路の陥没、亀裂、隆起、建物の傾斜が広域で確認されたが、特に被害が大きかったのは、内灘砂丘の河北潟側の裾部であった。特に、かほく市大崎、内灘町室～西荒屋、内灘町鶴ヶ丘、内灘町向栗崎～金沢市栗崎などに深刻な被害が確認された。同じ砂丘地裾部でも海側では液状化の形跡は見られなかった。また、内陸側でもかほく市大崎の被害が大きかった地点より北側では、全く被害が見られない地点もあった。また内灘町宮坂の南部から大根布、同町鶴ヶ丘南部から向栗崎北部にかけては被害が小さかった。

河北潟干拓地堤防のうち河北潟調整池に面した正面堤防の損壊が著しかった。1月4日に現地を訪れた際には潟の水が干拓地に流れ込んで、堤防に沿った道路は水没して川のようにになっていた。断面測量の結果を過去に実施した測量データと照らし合わせたところ、約2.4mの沈下が確認された。

周辺堤防のうち内灘町大根布の堤防が崩落した地点は2023年時点で堤防の損壊が確認されていたが、地震後は堤防がほぼ崩れてしまっていた。

4. 考察

河北潟と周辺地域は軟弱地盤からなることと、砂丘裾部においては地下水位が高いことから、液状化が起りやすいことは以前から指摘されていたが、予想されてきた液状化の起りやすいエリアと今回の被害が大きかったエリアにはズレが見られた。その原因として、内灘砂丘の河北潟側の裾部は過去に大規模な土砂採取がおこなわれ、大きく変形し本来の形状を失っていることが挙げられる。特に被害が大きかったかほく市大崎の背後砂丘は河北潟干拓事業における堤防建設の土砂取場とされ、大規模な掘削がおこなわれている。

干拓地堤防の沈下の主要因については、底泥の置き換えを含め砂丘砂を築材として用いたこと、地震前に高水敷が沈下していたなど、災害対策が遅れていたことが考えられる。

O-C13

「令和6年能登半島地震」による河北潟西部湖岸堤防及び大野川右岸堤防への影響とき裂からの流出水の水質

*福原晴夫（河北潟湖沼研）・永坂正夫（金沢星稜大）・奥川光治（河北潟湖沼研）

1. はじめに

2024年1月1日に発生した「令和6年能登半島地震」は北陸地方を中心に極めて甚大な被害を及ぼした。調査地域である河北潟周辺で震度5弱～強を観測し、主に液状化現象による家屋・道路・堤防の損壊が生じた。本報告は、河北潟及び接続する河川堤防の一部について詳細に被害の状況を記録し、震度5弱で生じた堤体付近の状況を述べたものである。特に地震後6ヶ月後も地面き裂から流出する水の塩分濃度にも注目した。

2. 調査地域

河北潟（調整池）は1970年3月の締め切り堤防完成によって縮小した約4.3 km²の残存湖である。大野川を流出河川として日本海に注いでおり、金沢港防潮水門によって防潮と水位調節が行われている。調整池周囲及び干拓地・大野川は人工的な堤防によって囲まれている。他に西部の河北潟放水路によっても水位調節がなされている。

調査は西部湖岸の内灘大橋から約3.2km下流の清湖大橋までの河北潟湖岸堤防、大野川右岸堤防及び管理道路、排水路、隣接する水田とした。調査範囲は内灘町に属し、調査地域の震度は5弱と発表されている。

3. 調査方法

ドローン撮影：2024年1月11日・2月7日・4月22日（Mavic 2 Pro, 75, 100m）。

現地調査：1月9日～6月7日、ドローン画像を参考にき裂・破損箇所等の現地確認・水質調査。

調査内容：堤防及び隣接・管理道路の破損・き裂場所と規模（実測、Metashape, Google Earth, ImageJ, GARMIN）、河北潟・道路しみだし水・き裂部分からの流出水のEC測定（HANNA（HI9811-5）TOADKK（WM-22EP））、典型的な場所での堤体沈下量の測定（DISTO D510）、隣接水田の液状化とEC測定。

4. 結果と考察

- 1) 道路及び堤体のき裂には横断型と並列型があり、力の加わり方の違いが明確である。
- 2) 横断型は蓮湖渚公園側に集中し、並列型はほとんどが堤防沿いの管理道路（約2m幅、以下道路）に長い距離で発生している。
- 3) 並列型き裂の総延長（除重複、含復旧前推定）は約1.4kmに渡り、約45%にき裂が生じている。
- 4) 堤体潟側側面の破損やき裂は約1 km（約33%）に渡る。
- 5) 道路（約2.9km）上の水溜は地震直後約0.7 km（24%）に渡る（図）。6ヶ月後でも約0.5kmに水溜

が見られた。水溜は堤体脇からのしみだし水とき裂からの流出水による。



図 管理道路上のしみだし、き裂からの噴出による水溜（左側が堤体、2024年3月15日）

6) 堤体の沈下量は2ヶ所の測定では少なくとも約1m、約1.5mと推定される。

7) 道路上のき裂、堤体側面の破損、道路上の水溜がほぼ同じ場所で起こることが多く、堤体がある程度の「塊」として移動している事が推定される。

8) 潟水のEC値から、防潮堤の沈下・破損による大野川からの河北潟への海水の流入は認められなかった。

9) しみだし水、き裂からの流出水のECは、高い箇所が多く（350-6000 μ S/cm, 以下単位略）、何らかのルートによる海水の混入が推定される。

10) 特に水門上流部の道路き裂流出水からも高EC（700-2000；6ヶ月後、500-1500）が記録されたことにより地下水への海水の混入、き裂に沿った流入、地下埋設物からの高EC水の滲出のいずれかが推定される。

11) 調査は十分ではないが、道路き裂の著しい箇所隣接する水田内では液状化による砂の噴出があり、高EC水（400-5000）が検出された。6ヶ月後においても依然として高ECであった（1600-3000）。

12) 水門下流部でき裂内のECが低く、き裂からの流出のない箇所が主に2ヶ所あり、いずれも「高水敷様」を有する部分であった。

13) 今回の地震以前にも堤体の沈下が起きているため、堤体の潟側や川側側面には過去の損壊がある程度蓄積されており、今回の地震によってさらに増幅された可能性が高い。

5. 謝辞

本調査結果について、さまざまなご議論をいただいた高橋 久博士（河北潟湖沼研）、鎌内宏光博士（名古屋大）、井上徹教博士（港湾空港技術研）、伊豫岡宏樹博士（福岡大）、山室真澄博士（東京大）の各位に感謝いたします。

O-C14

河北潟における防潮水門による水位操作と電導度の変化

*奥川光治（河北潟湖沼研），福原晴夫（河北潟湖沼研）
高野典礼（石川高専），永坂正夫（金沢星稷大）

1. はじめに

河北潟の西端部には，干拓事業で日本海まで放水路が新たに掘られ，防潮水門が設置された．また，唯一の流出河川である大野川には，金沢港整備事業で，防潮堤と防潮水門の建設がなされた．著者ら(2022)は，2021年に大野川貯木場および河北潟蓮湖渚公園にロガーを設置し，電導度(EC)を連続計測して，以下の現象を明らかにした．すなわち，1年のうちで潮位が高くなる9月～10月中旬には河北潟のECのベースラインは徐々に高くなり，その後11月中旬の大雨時まで21～24 mS/mの高ECが継続した．また，大野川水位(ほぼ潮位と等しい)が河北潟水位以上となった後には河北潟のECが突発的に高くなる現象が認められた．これらの現象は潮位が上昇したときに，防潮水門開扉時の逆流や堤体の浸透など何らかの経路により海水・汽水が河北潟に流入するためと思われた．本研究は，放水路付近のECと潮位，潟水位の関係を解明することを目的として，2022年8月から10月に実施したECの連続計測調査について報告する．

2. 方法

2022年8月14日から10月15日にかけて，ロガー(HOBO製U24)を放水路中間点St.2(内灘大橋から西へ約100m)の深度3.0mに設置し，ECと水温(WT)を10分間隔で計測した．また，8月9，14，22日，9月11日，10月15日には，St.2に加え，放水路入口St.1(内灘橋)と防潮水門から東へ約50m地点St.3(内灘海浜橋)において，ポータブルEC・pHメータ(TOA-DKK製WM-22EP)と溶存酸素計(YSI製ProDo)で水質の鉛直分布を測定した．一方，放水路防潮水門内外の水位データは，石川県河川総合情報システムの大根布内外におけるデータを毎日ダウンロードして使用した．降水量は気象庁による「かほく」地点のデータを用いた．

3. 結果

図1に降水量と放水路防潮水門内外の水位変化の一部を示す．図中の大根布(外)のデータが防潮水門外の水位であり，開扉時を除くと潮位と考えてよい．

大根布(内)のデータが防潮水門内(河北潟)の水位である．河北潟は前述した2ヶ所の防潮水門で，潮位と河北潟水位，降雨と流出状況を考慮して水門が操作されている．開扉されると直線的に河北潟水位が低下する．毎日午後の引潮時に開扉されることが多いが，4日間以上開扉されないこともある．図2にはSt.2深度3.0mにおけるECとWTの連続計測結果の一部を示す．ECは低いときは10～20 mS/mで推移したが，頻繁に高EC(最大117 mS/m)を示した．

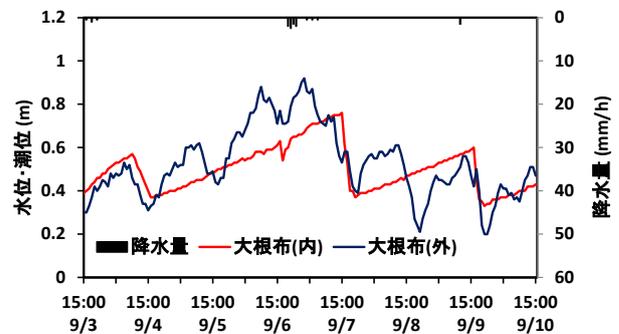


図1 放水路防潮水門内外の水位(2022.9).

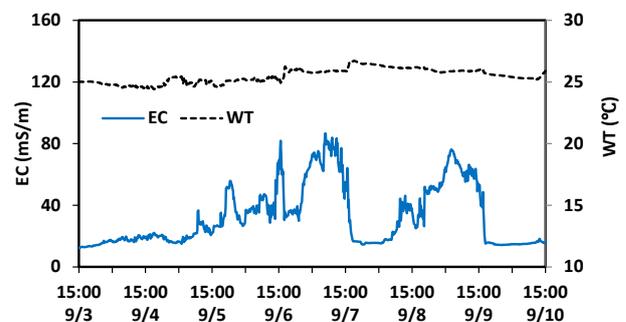


図2 ECとWTの変化(St.2, 深度3.0m, 2022.9).

4. 考察

図1, 2に示した9月3～10日において潮位が潟水位よりも高くなるとECが高くなるのが分かる．調査した63日間のうち潮位が潟水位より20cm以上高くなった日は8日間であったが，いずれの日もECは20 mS/m以上上昇した．20cm未満の水位差であった29日間でも，すべて当日か翌日にECが上昇した．

参考文献

奥川ら(2022)河北潟総合研究, 25.

O-C15

河北潟における塩水侵入シミュレーション

*井上 徹教（港空研）・永坂 正夫（金沢星稜大・人間科学部）

1. はじめに

2024年1月1日に発生した能登半島地震では、河北潟流域では震度5強ないし5弱であったにもかかわらず、液状化等の甚大な被害があった（高橋・川原 2024）。河北潟周辺でも周囲の堤防の部分的な損壊や沈下等が起こっており、堤防や潮受水門などの損壊が起こった場合には、水域への塩水侵入が生じ、塩分環境が大きく変化し、水質や生態系にも大きな影響を受けていた可能性がある。本稿では、河北潟において水門等が被災した場合の、塩水侵入シミュレーションを行うための数値モデルを構築し、数例の計算を行ったので報告する。

2. 材料と方法

流動シミュレーションモデルには、著者らが開発している EcoPARI (Matsuzaki et al. 2024) を用いた。本モデルでは、構造格子系のグリッド構造を採用し、非静水圧による計算を行うことが可能となっているため、複雑な密度成層場をシミュレーションすることに適していると判断した。

水域の地形については、国土地理院が公開している湖深図を基本に、永坂ら（私信）の観測データから作成した。気象条件は、全日射量については富山、露点温度・相対湿度・海面気圧・蒸気圧については金沢、降水量・気温・風速・風向についてはかほくの各気象台のデータから作成した。流入河川流量は石川県環境安全部（2006）を参照し、月別の流量変化を設定した。潮汐は、金沢港での1時間毎の観測値を、大野川河口付近で与えた。

高橋・川原（2024）の調査結果から、地震被災による塩水侵入の恐れが高いのは、貯木場近傍の潮受水門の損壊であると考え、本稿では、その被災を仮定した予測シミュレーションを行った。

3. 結果

いくつかのシミュレーションケースでの比較を行った結果、大野川の地形は浅野川河口付近および貯木場周辺でマウンド上の地形が存在し、塩水侵入はそれらでせき止められることが多いことがわかった。そして、大野川から河北潟への塩水侵入が起こるのは、水域への河川水流入の総量が概ね $10 \text{ m}^3/\text{s}$ を下回る時であることがわかった。このような条件

下では、底層塩分が $7\sim 10 \text{ psu}$ 程度になる水域が広範囲に広がることが確認された（下図参照）。

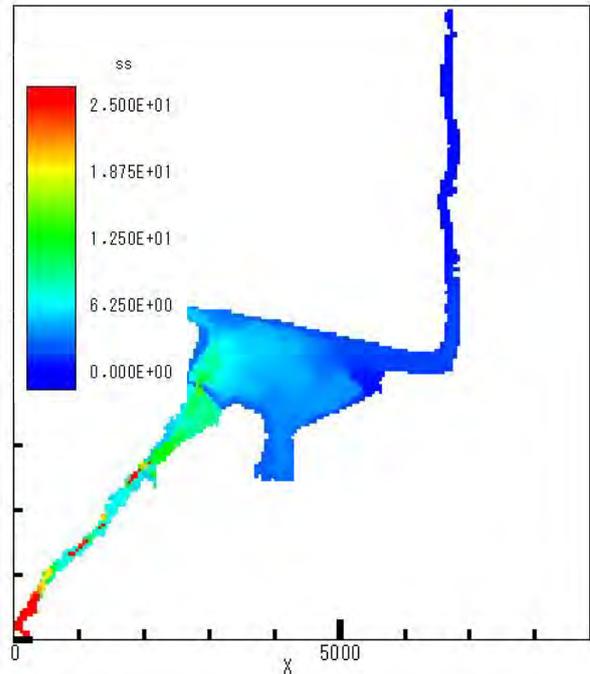


図 河北潟への塩水侵入結果の例

また、これらの塩水侵入には、河川流量だけでなく湖上の風向風速も影響を与えることがわかった。すなわち、西風が卓越し吹送することで、相対的に西側の水位が下がり、大野川との水面勾配が逆転することで塩水侵入がおこることも示唆された。

4. 考察

本稿では、淡水化した潟湖である河北潟において、地震により潮受水門が被災した場合の、塩水侵入の予測シミュレーションを行った。同様の危険性は沿岸域に位置する淡水域や汽水域等でも懸念され、被災時を想定したシナリオシミュレーションは有用と考えられる。

参考文献

- 石川県環境安全部. (2006). 河北潟水質保全対策検討調査報告書.
- 高橋久, 川原奈苗. (2024). 河北潟総合研究, 26, 11-22.
- Matsuzaki, Y., Inoue, T., Kubota, M., Matsumoto, H., Sato, T., Sakamoto, H., & Naito, D. (2024). Environmental Modelling and Software. (Accepted)

*永坂 正夫 (金沢星稷大), 福原 晴夫 (河北潟湖沼研究所)

奥川 光治 (河北潟湖沼研究所)

1. はじめに

内灘砂丘は石川県の加賀海岸の南北約 20 km に延び、幅 1.5-2.0 km、最大標高 61.3 m に達する長大な砂丘である。内陸側には海跡湖の河北潟が位置する。内灘砂丘は旧砂丘（中列砂丘）の上に新砂丘（外列砂丘）が重なった累積型の砂丘であり、新旧砂丘の境界にクロズナと呼ばれる腐植質を含む黒色砂質土が 30 cm 程度の厚さではさまれている。内灘砂丘の海側のクロズナ層からは縄文前期から弥生末期の遺物が出土し、藤（1975）はこのクロズナ層の ^{14}C 年代として 2110 ± 80 yBP を報告しているが、粒度がやや細粒であることと腐植物を多く含む程度以外の大差は上下の砂と見られないとしている。

内灘砂丘の海側・内陸側の麓には古くから生活に利用されてきた湧水があり、海側に現存する権現森の湧水は標高 15 m、内陸側の大崎にある湧水は標高 5 m で地表に湧出している（永坂ほか、2019）。砂丘斜面に湧水が生じるには、砂丘中の地下構造に難透水層が存在することが想定される。2022 年に始まった河北潟放水路防潮水門の付け替え工事に伴い、切通しとなっている放水路斜面上の露頭にクロズナ層が現れた。令和 6 年能登半島地震の際、側方流動の著しかった河北潟側砂丘麓の地下水起源にも関連すると考えられるクロズナの物理的な特性の分析を試みた。

2. 材料と方法

クロズナの採取地点は、河北潟放水路の右岸側斜面の標高 20 m 地点（Site 1）、左岸側の標高 24 m 地点（Site 2）及び標高 8 m 地点の 3 地点（Site 3）であり、いずれも内灘砂丘の海側斜面である。Site 1 ではクロズナ層の上部から湧水が生じていたことから水温等の測定を行った。2022 年 10 月 15 日、16 日にクロズナ層の上部に堆積している砂とクロズナを採取し、分析まで冷蔵庫にて保管した。分析項目は含水比（%）、砂とシルト以下の粒度の成分含量（目開き $63 \mu\text{m}$ のふるい分けによる）、有機物含有量（強熱減量による）、及び透水係数である。

透水係数の測定は自作装置にて変位透水試験法で実施した。よく攪拌混合した試料土をカラムに充填し錘を落下させてつき固め、さらに真空ポンプで脱気した試料を測定した。採取したクロズナの年代測定は ^{14}C -AMS 専用装置（NEC 社製）を用いて実施した（分析は（株）加速器分析研究所）。

3. 結果

右岸側斜面の Site 1 で 16 日に湧出していた地下水の水温は $21.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、pH 7.7、電気伝導度 $20.5 \text{ (mS m}^{-1}\text{)}$ 、溶存酸素濃度は $8.1 \text{ (mg l}^{-1}\text{)}$ であった。3 地点のクロズナ層上部の砂の、シルト以下の粒度の含有量はいずれも 5% 以下であったが、クロズナは 15% 前後含んでいた。砂の有機物含量は 1% 前後であるがクロズナでは 3% 前後含んでいた。

クロズナの透水係数 (m s^{-1}) は 10^{-6} から 10^{-7} のオーダーであり、 10^{-4} から 10^{-5} のオーダーの砂と比べて明らかに低い値を示した（表 1）。

表 1 クロズナおよび上部の砂の透水係数 (15°C 補正值)

		透水係数 (m s^{-1} 平均)
Site 1	クロズナ	3.2×10^{-6} *
	砂	5.1×10^{-5}
Site 2	クロズナ	1.9×10^{-7} **
	砂	1.5×10^{-4}
Site 3	クロズナ	4.7×10^{-7} ***
	砂	3.8×10^{-4}

(Welch test, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$)

クロズナの ^{14}C 年代 (yBP) は Site 1 で 1459 ± 21 、Site 2 で 1493 ± 22 、Site 3 で 1725 ± 21 だった。

4. 考察

□クロズナは土質としてシルト質砂に分類され、透水性が低いとされる 10^{-6} から 10^{-7} オーダーの透水係数（地盤工学会、2013）を示した。砂丘内部においてクロズナ層は帯水層の基底となりうると思われる。今後、河北潟側砂丘麓におけるクロズナ層の分布を明らかにすることが課題となる

謝辞

岩熊敏夫博士には透水係数測定装置を供与頂き、村田智吉博士、野原精一博士にはクロズナの性状等についてアドバイスを頂いた。北陸農政局には現地調査の許可を頂いた。本研究は金沢星稷大学プロジェクト研究所の助成を受けている。

O-C17

福島県浜通り河川における ^{129}I の濃度変動とその分布

*植田真司・長谷川英尚（環境科学技術研）
落合伸也（金沢大・環日セ）

1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故に伴い、原子炉施設から環境中へ大量の放射性物質が放出され、その中には放射性セシウム (^{134}Cs 、 ^{137}Cs)、トリチウム (^3H) 及び放射性ヨウ素-129 (^{129}I) などが存在した。大気中に放出され、流域に降り注いだこれらの放射性核種は乾性沈着及び雨を介した湿性沈着等により土壌や有機物に移行し、一部は河川を通じて海洋へ流出した。これらの放射性核種のうち、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び ^3H の動態に関しては多くの研究がなされ、様々な知見が公表されている。一方で、放射性ヨウ素-129 ($t_{1/2} = 1.57 \times 10^7 \text{ y}$) に関しては、被ばく線量の寄与が小さいことや分析方法の煩雑さから、研究報告が少ないのが現状である。

我々は、福島県浜通りの河川を対象に ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比に関する実態を明らかにするため、2016年から2020年にかけて調査を実施した。本会では、原発事故後の福島県における河川水中の溶存態全 ^{129}I 濃度（以下、 ^{129}I 濃度）及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の経時変化及び分布について紹介する。さらに、河川水中の ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比と溶存態 ^{137}Cs 濃度を比較することによって、変動特性を明らかにする。

2. 方法

福島県浜通りに位置する、太平洋への流入河川を対象に、2016年～2020年の期間の平水時に年一回の頻度で採水した（図1、○）。河川水はポリエチレン製バケツで直接採取し、4℃以下に冷蔵保存した状態で、実験室に持ち帰り、速やかに $0.45 \mu\text{m}$ メンブランフィルターを用いてろ過した。

^{129}I はろ過水からヨウ化銀 (AgI) ターゲットを調整し、加速器質量分析計 (AMS, RPIME Laboratory, Purdue University) により測定した。また、 ^{127}I は誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS) を用いて測定した。

^{134}Cs 及び ^{137}Cs はろ過水をイオン交換樹脂充填カラムに通水して捕集した後、樹脂を乾燥し、U8容

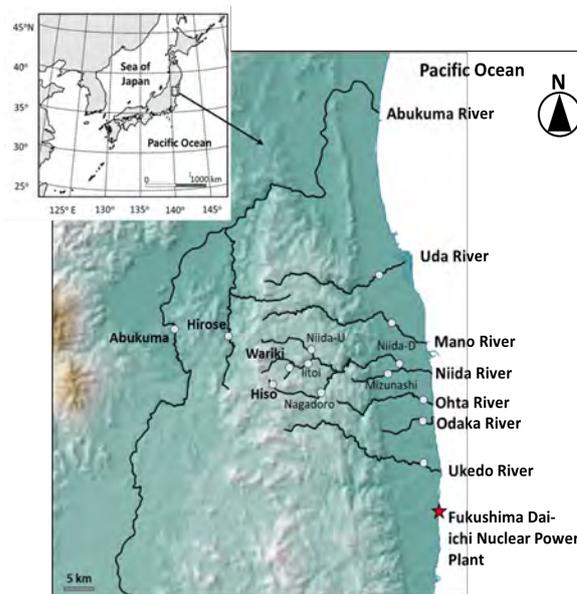


図1 福島県における河川水の採取地点 (○)

器に充填し、Ge半導体検出器で濃度を測定した。

3. 結果

河川水中の ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の変動範囲は、それぞれ $1.2\text{E}-7 \sim 1.6\text{E}-6$ (平均±SD $5.1\text{E}-7 \pm 3.3\text{E}-7$) Bq L^{-1} 及び $2.9\text{E}-9 \sim 7.7\text{E}-8$ (平均±SD $2.2\text{E}-8 \pm 1.7\text{E}-8$) であった。 ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の最大値は、請戸川であり、最小値は阿武隈川であった。各河川水中の ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比と溶存態 ^{137}Cs あるいは各流域の ^{137}Cs 平均沈着量との間には有意な相関関係が認められた。このことから、原発事故によって放出された ^{129}I の沈着量分布は、 ^{137}Cs と類似した傾向を示していると判断される。

また、 ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の時系列変動をみると、ほとんど変動が認められなかった。一方、 ^{137}Cs 濃度は年々減少が確認された。このことから、 ^{129}I の大部分は流域内に残留していると判断される。

本記事事項は、青森県からの受託事業により得られた成果の一部である。

1. はじめに

洞爺湖温泉の温泉資源は、北海道南西部の有珠山の火山活動によって支えられている。最近まで温泉の泉源は、1910年の噴火によって誕生した四十三山（よそみやま）に掘られた井戸から採取していたが、2000年3月の有珠山噴火以降、泉温の低下が目立っている。現在は2015年に新規に掘削された泉温の高い金比羅山の井戸が泉源の主体となり、四十三山源泉はそれを補う形で混合されている。我々は2000年から四十三山源泉の泉温および温泉成分濃度を監視してきた。

現在、稼働中である四十三山源泉は9ヶ所で、塩化物泉、硫酸塩泉および炭酸水素塩泉という異なった泉質の源泉が混在している。これまでの調査研究により、有珠山の熱水系は、塩化物イオンに富む高温の系と、炭酸水素イオンに富む比較的低温の系が混合し、それが地下水帯水層の上部に覆うように混入していることが推定されており、源泉の採水点は地下水帯水層上部の温度の高い部分に設定されている。

近年、四十三山源泉の泉温は低下を続け、泉温の低下とともに、主要な含有成分濃度の変化が認められた。本報告は、四十三山源泉の中で、泉温の高い塩化物泉、やや泉温の高い硫酸塩泉および泉温の低い炭酸水素塩泉の3種の泉質の源泉を対象とし、2000年の噴火から現在までの泉温と陰イオン濃度の経時変化を調べ、熱水の混合状態を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

採水は6月と10月の年2回行った。塩化物泉である共同1号、硫酸塩泉である共同5号および炭酸水素泉である洞爺5号の3源泉を調査対象とした。これらの源泉は全て動力揚湯で、井戸の深さは110~120mである。ポンプによって温泉を十分に汲み上げ、泉温が安定したことを確認した後、温泉水の採取を行った。また、現地でプロモフェノールグリーン・メチルレッド混合指示薬を試料

に添加し、0.1 mol/L 塩酸溶液で滴定を行い、消費した塩酸溶液量から炭酸水素イオン (HCO_3^-) 濃度を算出した。塩化物イオン (Cl^-) および硫酸イオン (SO_4^{2-}) は、実験室でモル法による滴定またはイオンクロマトグラフィーによって定量した。

3. 結果および考察

3源泉全て、2000年から泉温の減少が認められた。調査期間中、共同1号は70~43°C、洞爺5号は40~24°Cの範囲で比較的緩やかに低下した。共同5号は2007年までに74~38°Cの範囲で急速に低下し、それ以降、泉温はほとんど変わらなかった。

Cl^- および SO_4^{2-} 濃度は、全ての源泉で、2000年から2005~2007年にかけて減少した。その後から2023年まで、全ての源泉において SO_4^{2-} 濃度の増加が認められた。特に共同5号では、有珠山噴火直後の2000年に近い濃度まで増加した。 HCO_3^- 濃度は、上記2種のイオン濃度とは逆に、全ての源泉で2000年から2003~2005年にかけて増加し、その後、緩やかに減少した。

各陰イオン濃度の相関では、2000~2010年は全源泉で共通して Cl^- と HCO_3^- に負の相関、 Cl^- と SO_4^{2-} に正の相関が認められた。このことは、噴火から数年で Cl^- と SO_4^{2-} に富む高温の熱水の影響が弱まり、 HCO_3^- に富む低温の熱水が混合して泉温が低下したという従来の説を支持する。2010~2023年は各源泉で陰イオンの相関のパターンが変化した。共同1号では Cl^- と HCO_3^- に正の相関、 Cl^- と SO_4^{2-} に負の相関が認められ、共同5号では、 Cl^- と HCO_3^- に負の相関、 Cl^- と SO_4^{2-} に正の相関が認められ、洞爺5号では Cl^- と HCO_3^- 、 Cl^- と SO_4^{2-} 共に相関が認められなかった。このことから、源泉別に熱水の混合が独自に変化したことが示唆された。特に共同5号では、新たに SO_4^{2-} に富む比較的低温の熱水の混入が発生したこと、洞爺5号では Cl^- に富む高温の熱水の影響がほとんど無くなったことなどが考えられた。

O-C19

深部地下水中の粒子と元素との相互作用 ：希土類元素を用いた室内試験

*望月陽人, 天野由記, 出井俊太郎, 別部光里 (原子力機構)

1. はじめに： 自然水中での元素の溶解度や移行挙動は、水中に存在する溶存有機物・無機鉱物・微生物などの粒子との相互作用（錯形成・収着など）により変化しうる。高レベル放射性廃棄物の地層処分においても、深部地下水中の粒子との相互作用が放射性核種の移行に与える影響を把握し、核種の長期的な移行挙動の評価に反映することが求められる。

日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センターでは、深度 350 m (2024 年 8 月時点) まで掘削・整備が完了した地下研究施設を利用して、高レベル放射性廃棄物の地層処分に資するための調査研究を展開している。本発表ではその一環として、長半減期核種であるアクチノイドのアナログ元素とされる希土類元素と深部地下水中の粒子との相互作用を評価するための室内試験の結果を紹介する。

2. 材料と方法： 幌延深地層研究センターの地下研究施設内、深度 350 m 調査坑道のボーリング孔より、大気と接触させずに 2 つの密閉容器内に地下水を採取した。実験室に持ち帰った後、一方の地下水は粒子を除去するためにアルゴンガスで加圧しながら 3 kDa での限外ろ過を行い、限外ろ過後の地下水を別の密閉容器に封入した。限外ろ過を行った地下水と行っていない地下水それぞれに対して、各元素の濃度が 10 $\mu\text{g/L}$ となるように希土類元素 (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y) の混合標準溶液を添加した。添加後、一定時間経過ごとに各容器内の一部の地下水を試料として採取し、0.2 μm フィルターでろ過した試料と未ろ過の試料それぞれについて、溶液中の希土類元素濃度を誘導結合プラズマ質量分析法で測定した。

3. 結果と考察： 3 kDa での限外ろ過を行った地下水に希土類元素を添加した場合の、La 濃度の時間変化を図 1 に示す。図 1 の結果から、溶液中の希土類元素は 0.2 μm よりも小さい画分として溶存し、時

間経過とともに除去された希土類元素は、真正・擬似コロイド化して沈殿、あるいは容器壁面に収着した (0.2 μm より大きい粒子として溶液中には存在しない) ことが示唆された。

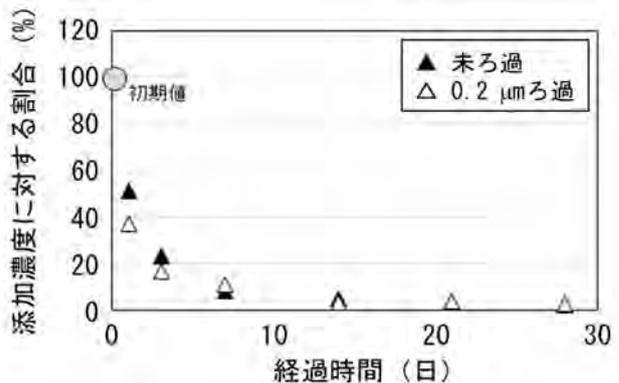


図 1 限外ろ過地下水への添加試験の結果 (La)

限外ろ過をしない地下水に希土類元素を添加した場合の結果を図 2 に示す。図 1 と比較して濃度が緩やかに減少すること、および溶存している La の約半分が <0.2 μm 、残りが >0.2 μm の画分に存在することがわかる。これらの違いは、地下水中の粒子の有無によるものと考えられ、粒子が存在する場合 (図 2) には、それらとの相互作用により希土類元素が 0.2 μm よりも大きい画分として溶液中に存在しやすくなることが示唆された。

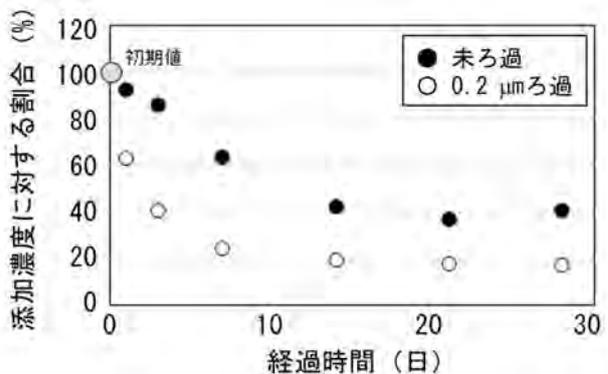


図 2 未限外ろ過地下水への添加試験の結果 (La)

【謝辞】本研究は、経済産業省資源エネルギー庁から受託した「令和 5・6 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 (JPJ007597) (核種移行総合評価技術開発)」の成果の一部を使用している。

1. はじめに

三島市の市街地中心部は富士山三島溶岩流の末端部に位置し、三島駅南口に位置する国の天然記念物になっている楽寿園にある源兵衛川水源の小浜池をはじめ、街の各所に湧水池や湧水が見られる。湧水池や源兵衛川、桜川、御殿川などの河川・水路は水辺空間として水遊びをする場にもなっている。

2023年度第87回大会（大分）において、冬季の調査結果の報告を行ったが、本発表では、夏季の調査結果について報告する。

2. 材料と方法

対象河川の源兵衛川と桜川および桜川から分水する御殿川の調査対象範囲は、親水空間として利用されている区間を含む水源から下流300～500mとした。調査期間は2023年8月27日～31日、調査項目は水温・pH・EC、流量・流速・水深である。流量は、川幅の広い地点は0.2～0.3m間隔、川幅の狭い地点は0.05～0.1m間隔で測定した測深点一つおきに60%水深で測流する1点法の流速を観測し、その流速が両側の断面を代表とする簡易法による。水深は、流量観測の測線を含む5～20m区間での等間隔5～10か所の川幅と河川横断毎に5～9箇所計測をした。流速については、流量観測の測線での観測と合わせて、水深計測の最上下流の測線の中央および左右区間の両真ん中の3ヶ所でも計測した。

3. 結果

8月の源兵衛川の水温・pH・ECは16.2～17.0℃、7.5～7.7、12.8～16.8 mSm⁻¹と水温に観測値幅はあるが、冬季同様に比較的一定している。pHは8月の方が低く、ECは逆に8月が高い。また、2月にECの値が6.5 mSm⁻¹と他の地点より値が低かった調査区間の下流に位置する聖徳太子堂階段地点は、8月では16.8 mSm⁻¹と高い一方、他の地点では12.8～13.5 mSm⁻¹と大きな差は示さず、夏季と冬季で地点間の季節変化に違いが見られる。8月の小浜池は水が湛えられており、最上流のいずみ橋の流量0.605 m³S⁻¹秒に対し、最下流観測地点の源兵衛橋下流の流量は0.800 m³S⁻¹にまで増加している。いずみ橋から芝橋下流の流量は湧水池などからの湧き水の流入

により0.067 m³S⁻¹増加し、芝橋—広瀬橋中間からホテル看板前飛び石下流では0.126 m³S⁻¹と2月のホテル看板前飛び石下流での流量(0.129 m³S⁻¹)と同程度の流入が認められる。

8月の各河川の平均流速は源兵衛川で0.279～0.779 m² S⁻¹、桜川で0.117～0.444 m² S⁻¹、御殿川で0.447～0.673 m² S⁻¹である。源兵衛川の流速は区間によって顕著な差が見られ、上流域区間は最大流速0.775～0.984 m² S⁻¹、平均流速0.367～0.400 m² S⁻¹と前後の地点の最大流速(それぞれ0.565 m² S⁻¹、0.629 m² S⁻¹)、平均流速(それぞれ0.443 m² S⁻¹、0.279 m² S⁻¹)より速い。このため、この区間での水の流れの速さを活かして浮き輪に乗って流れを楽しむなどの遊び方が見られる。川幅の広い区間を有する桜川は比較的浅く流れが緩やかであり、御殿川は川幅の狭い区間が多く、水深は深くなく、流速は比較的速くなっている。このため、8月に白滝公園を含む桜川では川の中を歩く様子が見られる一方で、御殿川は沈水性の常緑多年草で三島梅花藻を岸から鑑賞する人はいるが、川に入って遊ぶ人の様子は見られない。

4. 考察

多くの人が訪れられるような親水空間が整備された源兵衛川の水温は、冬は気温より暖かく夏は冷たいが、17℃程度と極端な低水温となっていない。また、多くの子ども達が遊ぶ芝橋下流からホテル看板前飛び石下流の区間の川幅は広く、最大水深はホテル看板前飛び石下流で0.30 mであるものの、他の2地点では0.15 m、平均水深も0.08～0.14 mと比較的浅くなっている。いずみ橋下流でも水遊びをする人がいるが、平均水深0.29 m、最大水深0.55 mと深く、小さい子どもにとっては危険性が高いといえる。このため、いずみ橋付近では小学校高学年から中学生が水に入り遊んでおり、未就学児は少なく、遊んでいる場合も川の中に入らずに大人の監視のもと楽しんでおり、安全性にも配慮した河川環境にあった水の楽しみ方を行っていると言える。

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。

*樊 少艶, 福田 美保, 那須 康輝, 篠崎 真希 (福島県環境創造センター)

1. はじめに

河川水の水質は流域内の沈着物、植物や土壌などが降水などによって溶出し、河川水の流下に伴って土地利用や人間活動の影響を受けることで、流域ごとに異なる水質が形成される。河川水質と流域特性を明らかにする目的で、阿武隈川本流・支流と福島県浜通りの中小河川における計 25 地点の水質データと、各地点の流域土地利用や人口密度との相関関係を算出し、河川水質の形成要因の検討結果を発表する。また、本件中東電福島第一原発事故由来の河川水溶存態 ^{137}Cs の濃度分布についても報告する。

2. 材料と方法

福島県中通り・宮城県南部を流れる阿武隈川水系 15 地点 (本流 6 地点、口太川 4 地点、その他支流 5 地点)、福島県浜通りを流れる中小河川 10 地点から、2022 年～2024 年にかけて、春 (4-5 月)、夏 (7-8 月)、秋 (10-11 月)、冬 (1-2 月) の季節ごとに計 8 回採水を実施した。採水はなるべく平水時に行い、試料の一部は GF/F で濾過後測定まで冷凍保存した。pH、EC、アルカリ度は未濾過試料で測定し、主要な陰・陽イオン ($0.2\mu\text{m}$ 濾過後試料) はイオンクロマトグラフィーを用いて測定し、河川水溶存有機炭素 DOC ($0.7\mu\text{m}$ 濾過後試料) は TOC アナライザーを用いて測定した。溶存態 ^{137}Cs 濃度は、夏と冬の採水に併せて採水した河川水 40-100L を孔径 $0.45\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過後、陽イオン交換樹脂を用いてろ液中の ^{137}Cs を捕集し、その試料を Ge 半導体検出器により測定した。

各地点の土地利用データは谷口ら (2019) から引用し、人口密度は令和 2 年度総務省国政調査データ (100m 分画) より作成した。

3. 結果

pH は、阿武隈川水系で 7.48-8.08、浜通りの河川で 7.23-7.74 であった。EC は、阿武隈川支流で幅広いが ($88.8-312.3\mu\text{s/cm}$)、阿武隈川本流は狭い範囲 ($177.1-218.1\mu\text{s/cm}$) であった。浜通りの河川では比較的lowかった ($67.8-157.5\mu\text{s/cm}$)。

地域的な傾向について、浜通りの河川では NO_2 濃度、 NO_3 濃度、 NH_4^+ 濃度、 Cl^- 濃度が比較的lowく、阿武隈川水系では比較的高い値であった。また、 NO_3^- 濃度は上流から下流へ向かって増加傾向を示し、これは支流からの栄養塩の流入に関連していると考えられる。

人間活動に関係があると考えられる EC、 K^+ 、 PO_4^{3-} 、 Br^- 、 F^- 、 SO_4^{2-} 濃度は、いずれも人口密度が低い浜通りの河川と口太川でlowく、人口密度が高い阿武隈川水系 (口太川を除く) で高かった。

溶存態 ^{137}Cs 濃度は $0.6\sim 39.4\text{ mBq/L}$ 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 Bq/L) よりも 3~5 桁程度低い。初期沈着量を考慮した溶存態 ^{137}Cs 濃度 (正規化した溶存態 ^{137}Cs 濃度) は口太川で最もlowく、次に浜通りの河川、阿武隈川水系 (口太川を除く) の順で高かった。

4. 考察

Cl^- 濃度は大気沈着量と関係があると一般的に考えられており、その濃度は「浜通り河川」 < 「口太川」 < 「阿武隈川のその他支流」 < 「阿武隈川本流」であった。このことから浜通りにおいて NO_2 濃度、 NO_3 濃度、 NH_4^+ 濃度が低い要因の一つとして、大気由来の窒素が少ないことが挙げられる。特に阿武隈川水系の人口密度の高さや、口太川流域で農地が広く分布していることが高い窒素濃度に関連があると考えられる。

阿武隈川本流では、DOC、 K^+ 、正規化した溶存態 ^{137}Cs 濃度は PFU (水田 Paddy、畑地 Farmland、都市 Urban) の土地利用の割合と強い正の相関があった。これは PFU 地域からリターなどの有機物分解によって、DOC、 K^+ などの栄養塩が河川に流入していたためであると考えられる。正規化した溶存態 ^{137}Cs 濃度は K^+ 濃度と DOC 濃度と有意な相関を示していた。これは溶存態 ^{137}Cs の形成過程において、河川水でのイオン交換反応や懸濁物質の有機物分解が関係していると考えられる。

O-C22

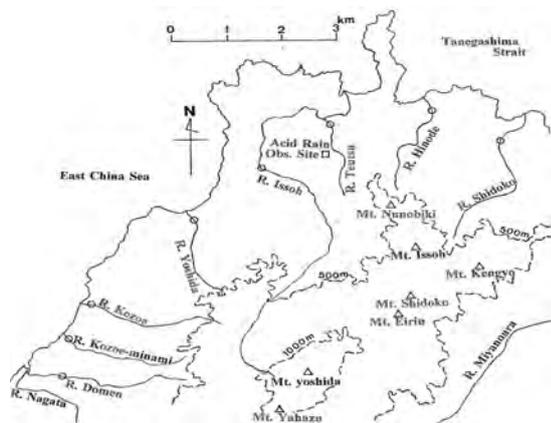
塩化物イオンとの濃度比から見た低水期の溪流無機イオンの評価

*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、流域は河川水質発現の場である。屋久島・下対馬等には酸性雨測定所があって、流域への湿性沈着物負荷の観測が長期間継続されており、他流域付近での観測例も多い。著者は東シナ海・日本海側の高山・離島で低水期の溪流水質調査を行い、湿性沈着物負荷と溪流水質の対比から、降水に対する溪流水の水質対応を検討した。特に、植生や土壌・基盤岩層での吸収・吸着の少ない塩化物イオンとの濃度比から、低水期の溪流無機イオンの流出評価を行った。

2. 材料と方法



九州一の円錐形高山島の屋久島や下対馬は、中国大陸・朝鮮半島と対峙し、偏西風と冬季北西季節風の長距離輸送で酸性物質に曝されている。1992~2013年に屋久島で溪流水質の定期調査をした。酸性雨測定所は島北端(上図)の最高標高500mの手宇都川流域(流域面積0.30km²)の標高250mにある。手宇都川は西側の最高標高1165mの一湊川(同2.58km²)の支流で、この2溪流と東側の日之出川(同0.42km²; 最高標高643m)と西側の吉田川(同0.64km²; 同560m)の4溪流を対象とした。湿性沈着物と溪流調査の約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で、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期に行い、通常、3, 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

溪流水質の湿性沈着物との濃度比では、NH₄⁺+NO₃⁻-Nが植生の摂取で1未満が多く、他は海塩や岩石起因で大きかった。表1, 2の溪流無機イオンの塩化物イオンに対する濃度比は、豊水年は全般に小さく、渇水年は溪流水濃度が高く、陰イオンで大きく陽イオンで少し大きいのが多かった。

表1 溪流無機イオンの塩化物イオンに対する濃度比(暦年: 豊水年2004)

無機イオン (mg/L)	NO ₃ +NH ₄ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
湿性沈着物(標高210m)	0.141	2.08	7.68	4.12	0.180	0.507	0.225
日之出川 (標高20m)	渓流水 0.298	4.54	14.3	8.99	0.780	2.06	2.05
	Cl ⁻ 濃度比 0.021	0.32	1	0.63	0.055	0.14	0.14
手宇都川 (標高10m)	渓流水 0.223	4.86	15.8	10.3	0.910	1.94	2.08
	Cl ⁻ 濃度比 0.014	0.31	1	0.65	0.058	0.12	0.13
一湊川 (標高50m)	渓流水 0.104	3.06	9.22	6.09	0.680	1.31	1.58
	Cl ⁻ 濃度比 0.011	0.33	1	0.66	0.074	0.14	0.17
吉田川 (標高60m)	渓流水 0.097	3.76	12.1	8.22	0.730	1.45	1.99
	Cl ⁻ 濃度比 0.008	0.31	1	0.68	0.060	0.12	0.16

表2 溪流無機イオンの塩化物イオンに対する濃度比(暦年: 渇水年1996)

無機イオン (mg/L)	NO ₃ +NH ₄ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
湿性沈着物(標高210m)	0.180	1.93	3.84	2.07	0.088	0.258	0.192
日之出川 (標高20m)	渓流水 0.376	4.93	14.7	9.52	0.630	1.93	2.82
	Cl ⁻ 濃度比 0.026	0.34	1	0.65	0.043	0.13	0.19
手宇都川 (標高10m)	渓流水 0.306	5.41	15.8	10.5	0.830	1.92	2.82
	Cl ⁻ 濃度比 0.019	0.34	1	0.66	0.053	0.12	0.18
一湊川 (標高50m)	渓流水 0.143	3.27	9.28	6.44	0.500	1.14	2.34
	Cl ⁻ 濃度比 0.015	0.35	1	0.69	0.054	0.12	0.25
吉田川 (標高60m)	渓流水 0.182	4.07	12.3	8.82	0.710	1.23	3.19
	Cl ⁻ 濃度比 0.015	0.33	1	0.72	0.058	0.10	0.26

4. まとめ

環境省・全環研は酸性雨調査を続け、流域への沈着物負荷データを公表している。乾性沈着物の考慮があるが、湿性・乾性の両沈着物の調査地点は少ない。
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).

*中野大助・鈴木準平・野田晃平・山本亮介・
今村正裕（電中研）・岩田智也（山梨大）

1. はじめに

降雨出水による河川での濁水発生は、河床に届く光量を減少させるため河川生態系の生産量に影響すると考えられている。しかし、濁水と生産量の関係について野外で観測した例は限られている。また、生態系機能として生産量と並んで重要と考えられている呼吸量と濁水との関係について調査した例は国内ではほぼない。近年の技術進歩により河川水の溶存酸素濃度の連続測定が可能となり、生態系代謝量（生産量・呼吸量）を長期間推定できるようになった（岩田 2012, Nakano et al. 2022）。本研究では、この手法を用いて濁水による生態系代謝量への影響を調査した。

2. 材料と方法

調査地点は荒川水系赤平川の伊豆沢（埼玉県小鹿野町）である。護岸ブロックに水質計を設置して溶存酸素濃度、水温、濁度を観測するとともに河岸に設置した気象計により大気圧と光合成有効放射を測定した。また、水位計から平均水深を得た。これらのデータを用いて生産量、呼吸量および再曝気量を最尤法にて推定した。推定期間は、2021年の1年間である。推定した生産量と呼吸量および測定した濁度のデータから、濁度が生態系代謝量に及ぼす影響を調査した。

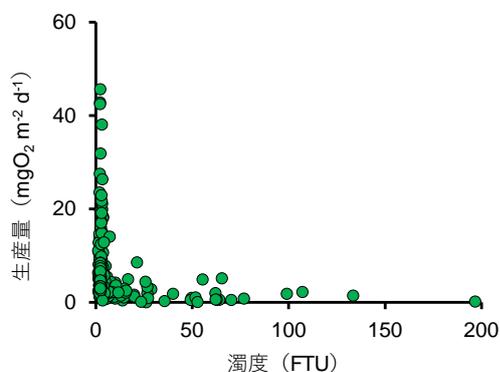


図1 濁度と生産量の関係

3. 結果

生産量と濁度との間には明瞭なL字型の関係が認められ、濁度が10 FTUを超えると生産量は10 $\text{mgO}_2 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ を下回っていた（図1）。これに対して、呼吸量では、濁度が100 FTUを超えた日であっても $-20 \text{mgO}_2 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ （呼吸量は酸素消費を示すため負の値で表示している）を超える日が確認された（図2）。

4. 考察

濁度の増加により河床に届く光量が減衰し光合成に光制限が生じることで生産量は低く抑えられると考えられた。そのため、濁度は生産量の主要な制限要因と考えられる。一方、濁度増加を引き起こす濁質成分には有機物も多く含まれると考えられ有機物供給は河川生態系の呼吸量を増加させる方向に働く。そのため、呼吸量に対する濁水影響は、生産量への影響とは異なると考えられた。

本研究は、公益社団法人国土緑化推進機構の緑と水の森林ファンドから研究助成を受けた。

岩田智也（2012）河川の炭素循環。淡水生態学のフロンティア，pp: 108-121，共立出版
Nakano et al. (2022) Freshwater Science 41: 113-124.

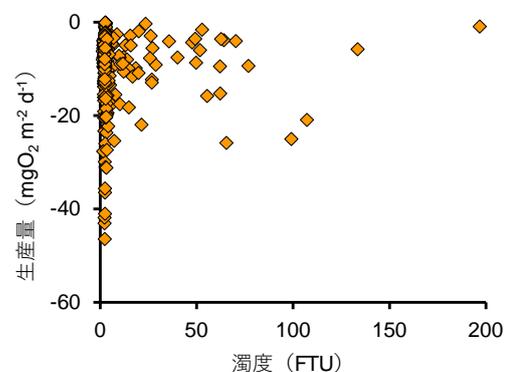


図2 濁度と呼吸量の関係

ポスター発表

P-01 ~ P-45

コアタイム：10月19日（土）12時45分～14時15分

琵琶湖北湖における湖底直上溶存酸素量に 及ぼす底質中有機成分の影響

*木村 元幹(京工繊大院・工学科学), 奥田 浩子(京工繊大院・工学科学)
初 雪(京工繊大・分子化学系), 山口 保彦(琵琶湖研), 早川 和秀(琵琶湖研)
中野 伸一(京大・生態研), 布施 泰朗(京工繊大・分子化学系)

1. はじめに

近年、琵琶湖では温暖化により湖底の溶存酸素量(DO)が低い貧酸素水塊が頻繁に発生している。湖底DOの低下は、底生生物への悪影響や水質悪化も懸念されている。底質溶存酸素消費速度(SOD)は底質の酸素消費ポテンシャルを示す、湖底DOの重要な変動指標の一つとされている。

本研究では、底質、懸濁態のSODを測定すると共に、発生ガス分析法(EGA-MS)、熱分解(Py)-GC/MS法により底質中有機成分の化学特性を解析し、湖底DO及びSODへの影響を評価した。

2. 材料と方法

琵琶湖北湖今津沖中央(St. 17B)にて不攪乱採泥器で採取した底質コアから直径11mm、高さ75mmの小型コアを船上ですぐに抜き出し、直上水に溶存酸素を供給した後に密栓して、7℃に設定した小型冷蔵庫内で培養し、非接触溶存酸素計で採取30分後から3日間、DOの変化を測定した。直上水は均一になるように攪拌子で底質が巻き上がらないように攪拌した。

次に、St. 17B底質コアから層別に採取され、乾固粉砕した底質粉末試料(表層0-0.5cm)に対して、EGA-MS法では5.0mg秤量し、150℃から600℃の昇温条件にて加熱を行い、発生ガスを直接MS部で分析した。また、温度画分別に測定するマルチステップ(ms)Py-GC/MS法では340µgC量秤量し、①225-330℃、②330-398℃、③398-525℃の各温度画分をそれぞれ昇温し、順に発生ガスをGC/MSに

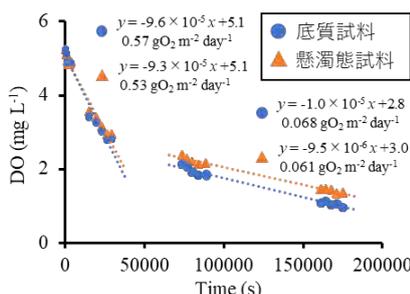


Fig.1 底質、懸濁態試料のDO経時変化

導入して分析した。

3. 結果と考察

2024年8月22日に測定した底質、懸濁態試料のDO経時変化をFig.1に示す。底質試料のSODは測定開始から0-8時間、8-48時間のそれぞれにおいて0.57, 0.068 gO₂ m⁻² day⁻¹に推移して減少し、底質、懸濁態試料のDO初期変化パターンが同じであることから、測定初期の高いSODは間隙水を介した還元性物質の拡散だけではなく、易分解性有機物の好機的分解によるものであると考えられた。

EGA-MS法では、温度画分②におけるm/z 69, 71, 95, 110のサーモグラムのピーク高さが季節的な変動が大きいことが確認できた。これら温度画分②におけるmsPy-GC/MS法にて測定されたパイログラムにおいて、m/z 69, 71では脂肪族炭化水素がm/z 95, 110ではFuran構造をもつ化合物がそれぞれ高い強度で検出された。m/z 95サーモグラムのピーク高さと同様に湖底DO、SODの経月変化をFig.2に示す。湖底DOとm/z 95サーモグラムのピーク高さはR²=0.40の弱い負の相関を示し、m/z 69, 71においても湖底DOと同様の相関が確認できた。これらの起源物質と推測される多糖類や脂質は湖底直上DOが低いと残存し、酸素が供給されると短時間で分解する底質の酸素消費ポテンシャルの重要な要素であることが推測された。しかし、これまでの採取から24時間後から測定して得られるSODとは有意な相関は得られなかった。

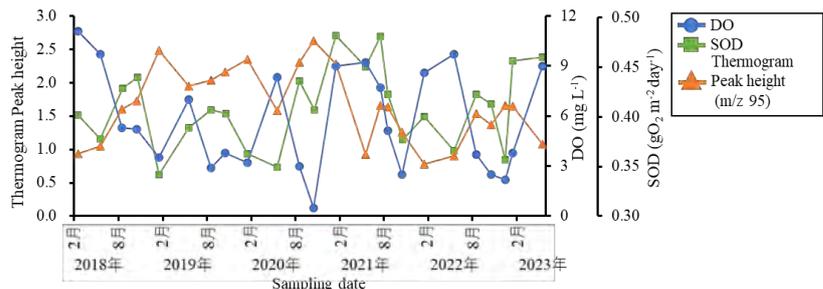


Fig.2 パイログラムピーク面積と湖底DO、SODの経月変化

*永田鈴奈（滋賀県立大学院・環境科学）、尾坂兼一（滋賀県大・環境科学）
伊藤雅之（京大・生存圏）、岩田智也（山梨大・生命環境）
丸尾雅啓（滋賀県大・環境科学）

1. はじめに

地球上における自然起源のメタン(CH₄)排出量は十分には明らかになっていない。その原因の1つとして、湖沼のCH₄生成・消費・放出プロセスの知見不足が挙げられる。湖沼のCH₄生成・消費・放出プロセス研究は、湖水の溶存CH₄濃度を基にして行われることが多い。溶存CH₄濃度測定は、湖沼水をガラスバイアルなどに密封して実験室に持ち帰り、ヘッドスペース法(HS法)で行われることが多いが、サンプル輸送中に溶存CH₄濃度が微生物反応により変化する可能性が知られている。これを防ぐために、これまで主に塩化水銀が殺菌剤として利用されてきたが、塩化水銀は非常に毒性が強く取り扱いが難しい。本研究ではヒトに対して比較的安全的な塩化ベンザルコニウム(BAC)の溶存CH₄サンプル保存剤としての有効性を明らかにすることを目的とする。

2. 材料と方法

上記の目的を達成するために3つの実験を行った。

実験①では滋賀県内の神上沼、野田沼、琵琶湖のそれぞれで試水を採取し、異なる5段階のBAC濃度になるようにBACを添加した。各濃度ともに3本ずつを採取日から1日後、1週間後、1カ月後に分析し、溶存CH₄保存に有効なBAC濃度を検討した。

実験②について、HS法では、試水を満たしたガラスバイアル内に気相を作り、気相中と液相中のCH₄を平衡させた後、気相中のCH₄濃度を測定することで液相中の溶存CH₄濃度を算出する。そこで実験②ではBAC添加の有無がCH₄の溶解平衡(溶解度)に与える影響を明らかにするため、すでに平衡状態にあるガラスバイアルサンプル内にBACを添加し、その前後の気相中のCH₄濃度を測定した。

実験③では内湖、琵琶湖における合計34地点において溶存メタン濃度測定用サンプルを3本ずつ採取した。すべてのサンプルにBAC濃度が0.01%になるよう添加し、1日後、1週間後、1ヶ月後に分析することで、様々な環境条件下のサンプルに対するBACの溶存CH₄濃度保存性を検討した。

3. 結果と考察

実験①についてBAC添加後の濃度が0.01%と0.1%の場合、1日後から1か月後の溶存CH₄濃度の平均変化率はそれぞれ+3.3%、+2.2%であった。一方、BAC添加後の濃度が0.001%の場合、CH₄濃度の地点ごと平均変化率は、-70.9%~-3.9%であった。

実験②において、50ppmのCH₄で平衡したBAC添加前の溶存CH₄濃度は0.33μmol/LからBAC添加後には0.31μmol/Lに減少した。同じ条件でBACを添加しなかった場合、0.34μmol/Lから0.31μmol/Lに減少した。平衡させるCH₄濃度を500ppmや0ppmに変更した場合でもBAC添加の有無で溶存CH₄濃度の変化に大きな差はなかった。以上よりBACはCH₄の溶解度に影響を与えないことがわかる。

実験③より、サンプル採取1日後と1週間後に測定したCH₄濃度は、ほぼ1対1の関係であった。(図)。溶存CH₄濃度0.10μmol/L未満と溶存CH₄濃度0.10μmol/L以上における溶存CH₄濃度変化率の絶対値平均はそれぞれ5.0%と3.1%であった。

以上よりHS法による溶存CH₄濃度測定において、BACをサンプル内濃度0.01%以上となるように添加した場合に保存剤としての有効性が認められた。

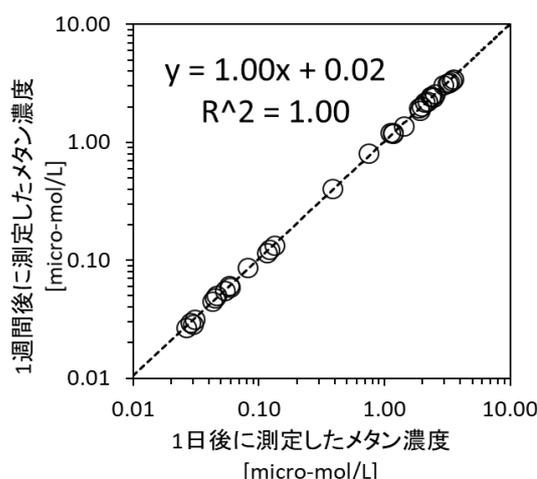


図.実験③におけるサンプル採取1日後と1週間後の溶存CH₄濃度の関係

*森本響子（奈良女子大・院・人間文化総合科学）、伊藤真奈（水産研究・教育機構）、伊藤克敏（水産研究・教育機構）、瀬戸蘭美（奈良女子大・研究院自然科学系）

1. はじめに

溶存酸素(DO)は代表的な水質汚濁指標の1つであり、DO状態の管理・維持のためにその状態把握が必要である。しかし、測定にかかる金銭的・人的コストはDO状態把握の障壁であり、低コストかつ簡便なモニタリング手法の開発が望まれる。酸化還元電位(ORP)は環境中で生じる酸化還元反応の総体を反映する指標である。表層水の地球化学動態はDOに強く支配されるため、ORPはDOの代替指標となる可能性がある。そこで本研究では奈良女子大学構内の人工池をモデルサイトとし、ポータブル測定とロガー測定によりDOとORPをモニタリングし、時系列変動の対応を調べた。

2. 材料と方法

奈良女子大学構内の人工池(体積 10 m³、水深 15-50 cm)をモデルサイトとし、2022年9月から2024年1月まで週1回、ポータブルの測定器(LAQUA WQ-310J、HORIBA, Ltd.)を用い、水面5 cm位置でDO、ORP、温度を計測した。また、2023年10月から2024年1月まで、照度・温度ロガー(UA-002-64、Onset Computer Corporation)、DOロガー(U26-001、Onset Computer Corporation)を用い、表層位置で温度・照度並びにDOを、また、フッ素ドープ酸化スズ(FTO)ガラス(作用電極)、KCl-Ag/AgCl電極(参照電極)を用い、堆積物表面のORPを15分毎にロギング計測した。ロギング計測の時系列データについて、離散フーリエ変換解析並びにEchoNet (Suzuki et al., 2022)による因果性解析をMathematica 12で行った。

3. 結果

ポータブル測定器とロガー測定のORPとDOの相関関係

4地点における全期間の計測結果についてポータブル測定器で得られたORPとDOの相関を調べたところ、弱い正の相関が存在した($R^2=0.37$) (図1)。一方で、ロギングで計測したORPとDOは、異なる深度で測定したため、相関は見られなかった。

ロガー計測のORPとDOの周期性

ORPとDOに周期的な変動が認められたため、離散フーリエ変換解析を行った。その結果、周期が1日に対応する周波数成分が顕著に現れたため、ORPもDOも1日周期を持つことがわかった。この周期変動は照度と同調しており、堆積物直上では照度は検出限界を下回っていたことから、表層水の植物プランクトンの酸素発生型光合成の影響を反映していると考えられる。

ORPとDOの因果性

酸素濃度は多くの場合表層環境のORPの支配因子であるため、DOがORPに対し因果性を持つと予測したが、予想に反し、DOによるORPへの因果性は検出されなかった(図2)。また、因果性検出のための時系列データの間隔を30分、1時間、6時間、12時間、24時間と変化させた結果、短い時間間隔の時系列データの因果性と長い時間間隔の時系列の因果性予測において、異なる因果性の傾向と強さが検出された。短い時間間隔でノイズの大きい項目が影響している可能性がある。

4. 考察

同じ深さ位置で測定したORPとDOとの間の相関は、従来的に知られていた通り、ORPがDOの代替指標として利用可能なことを意味する。一方で、ORPはDOと同じ周期性を持つものの、DOによるORPへの因果性は検出されなかった。この結果は、現場のORPはDOの状態により即時に変化するものの、過去の履歴を反映するものではないことを示唆する。

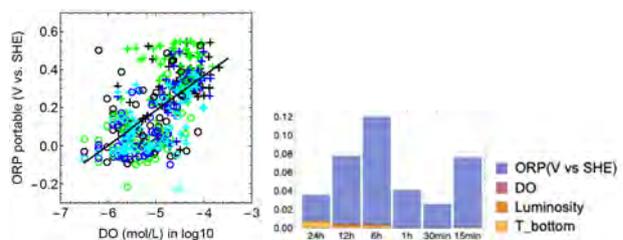


図1 ポータブル計測ORP、DOの相関

図2 時間間隔別の因果性解析結果(目的変数 ORP)

P-04

琵琶湖北湖における溶存有機物および

沈降粒子の Py-GC/MS を用いた化学特性解析

*植松大輝（京工繊大院・工芸科学），初雪（京工繊大・分子化学系），山口保彦（琵琶湖研）
早川和秀（琵琶湖研），中野伸一（京大・生態研），布施泰朗（京工繊大・分子化学系）

1. はじめに

深水湖沖合や海洋遠洋域の表層は、栄養塩が枯渇した貧栄養水域で、低調であるが基礎生産が維持される要因には、水中の溶存有機物（DOM）が供給源として機能していることが、指摘されてきた。また、深水層では高分子量溶存有機物の起源として沈降粒子が注目され、研究が進められている。そのため、湖内の物質循環において重要な役割を持つ DOM 及び沈降粒子の化学的特性を明らかにすることが重要である。本研究では、DOM 及び沈降粒子の熱分解による化学特性を得て比較することを目的とした。

2. 材料と方法

湖水試料は今津中央地点で水深別（0.5 m, 15 m, 40 m, 85 m）に採取し、ろ過後、凍結乾燥及び固相抽出（Bond Elute PPL）により脱塩濃縮処理した試料（DOM 濃縮試料）を調製した。沈降粒子は 2017 年 6-12 月に湖底 70 m でセジメントトラップ装置により採取し、凍結乾燥した試料を用いた。分析手法は、発生ガス質量分析法（EGA-MS）と熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析法（Py-GC/MS）を用いた。EGA-MS では 150°C から 15°C/分の昇温速度で 600°C まで加熱し、発生ガスを直接 MS 部に導入して分析した。Py-GC/MS では、各温度領域の昇温中は 150°C -345°C と 345°C -600°C の二つの温度領域画分（①TD：熱脱着領域、②PY：熱分解領域）の発生ガスをカラム入口で濃縮し、GC/MS に導入して分析した。

3. 結果と考察

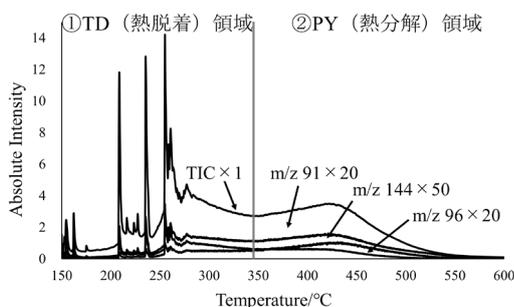


Fig. 1 2024 年 5 月採取：深度 15m の DOM 濃縮試料のサーモグラム

Fig. 1 に EGA-MS で得られた DOM 濃縮試料（2024 年 5 月採取：深度 15 m）のトータルイオンクロマトグラム（TIC）と主な構成成分を代表する特定のイオン（多糖類由来：m/z 96、芳香族炭化水素：m/z 91 インドール由来：m/z 144）のサーモグラムを示した。

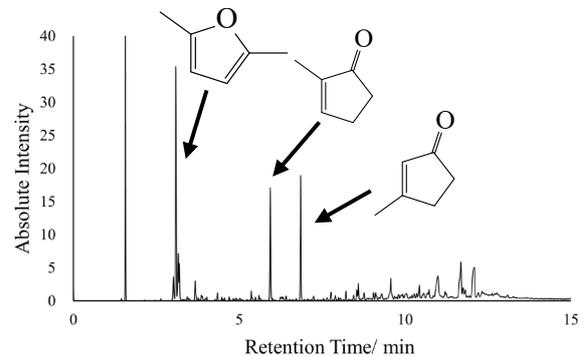


Fig.2 2024 年 5 月採取：深度 15 m TD 領域の m/z 96 のパイログラム

Fig. 2 に TD 領域における m/z 96 のパイログラムを示す。多糖類由来のフラン類などが検出ピーク中最も大きな割合を占めており、TD 領域において熱分解されやすい多糖類由来成分が選択的に検出された。さらに、アミノ酸由来物質を探索している。

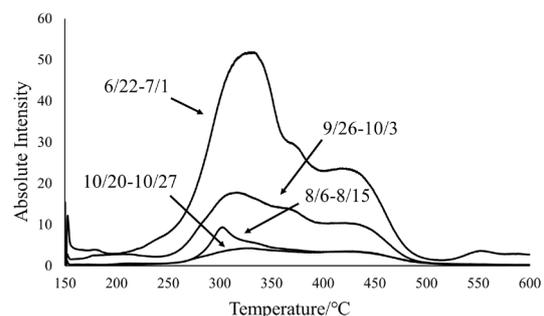


Fig. 3 沈降粒子乾燥試料のサーモグラム

沈降粒子に関しては、採取された期間で大きく異なるサーモグラムとなり、有機炭素量と化学構造構成比が大きく変動することが推測された（Fig. 3）。また、有機炭素量を 200µg に調整して測定すると多糖類のサーモグラムの形状が異なるなど、試料間で構成成分が異なると推測された。

*加藤元輝（東邦大大学院），町山果鈴，
金子拓巳，千賀有希子（東邦大学）

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 NH_4^+ や 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、DON が富栄養化に直接および間接的に影響を与える可能性がある。特に DON 成分の 1 つである尿素は、海水中において濃度が $14 \mu\text{gN/L}$ を超える、あるいは DON に占める割合が 5% を超えると藻類の生長を促進すると報告されており（Zhang, 2020）、富栄養化に関わる重要な窒素化学種と考えられる。

本研究では、尿素が富栄養化に与える影響を明らかにするために、千葉県習志野市に位置する谷津干潟を対象に、海水と間隙水の尿素濃度の経月変化を追った。また、富栄養化に対する直接的な影響を明らかにするために、谷津干潟に異常増殖する海藻類アオサによる尿素的取り込み実験を行った。

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 でも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。採取した海水は尿素、PON、DON、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 NO_2^- 濃度、間隙水については尿素、DON、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 NO_2^- 濃度の測定を行った。尿素濃度はジアセチルモノオキシム法、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。

尿素的取り込み実験：1 L 三角フラスコに人工海水 1 L とゲルマニウム、エリスロマイシン、尿素をそれぞれ 5 mg/L 、 10 mg/L 、 1 mgN/L になるように添加し海藻を 10 g （湿重）加えた系を 3 つ調製した（urea 系）。またこれらの系にリン酸を $100 \mu\text{gP/L}$ になるよう添加した系も 3 つ調製した（urea+P 系）。12 時間ごとに明暗を切り替えバブリングをしながら 3 日間培養を行った。時間を追って採水しそれぞれ尿素、DON、 NH_4^+ 、 $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ 濃度を測定した。また、実験

前後のアオサの湿重量の測定を行った。

3. 結果と考察

定期調査：St.T および St.M の海水における尿素濃度は、それぞれ $27.0 \sim 212.3$ 、 $20.0 \sim 103.3 \mu\text{gN/L}$ であった。尿素が DON に占める割合の平均はそれぞれ、 15.4 ± 21.1 、 $10.9 \pm 6.5\%$ であった。St.T と St.M の海水における尿素濃度と DON に占める割合には有意な差がなかったため、谷津干潟の海水の尿素は空間的变化がないと考えられた。これらのことから、谷津干潟全域において海水の尿素は藻類にとって利用可能な窒素化学種であると考えられた。St.T の海水の尿素濃度と DON に占める割合は、 NH_4^+ 濃度と正の相関（ $p < 0.05$ 、 $p < 0.001$ ）、DON 濃度と負の相関がみられた（ $p < 0.001$ ）。DON が分解することで尿素が生成され、さらに尿素が分解されることで NH_4^+ が放出されると考えられた。DON の分解により放出された尿素が藻類に取り込まれることで富栄養化に直接的な影響を与え、さらに尿素的の分解によって生成された NH_4^+ が藻類に取り込まれることで間接的な影響を与えると推察された。

St.SC の間隙水における尿素濃度は、 $20.4 \sim 168.3 \mu\text{gN/L}$ であった。間隙水の尿素が DON に占める割合は、 $5.2 \pm 15.0\%$ であり海水の方が有意に高い結果が得られた（ $p < 0.05$ ）。第 87 回大会において、間隙水の DON の約 8 割が易分解性 DON であると報告した。尿素は易分解性 DON であるといわれているが、その割合は低かった。したがって、間隙水の易分解性 DON の多くは尿素以外の DON 成分であると考えられた。

尿素的取り込み実験：urea 系および urea+P 系の尿素濃度は、0～3 日目に有意な減少がみられた（ $p < 0.001$ ）。urea 系と urea+P 系におけるアオサの尿素的取込速度は、それぞれ 199.5 ± 51.2 、 $192.2 \pm 45.8 \mu\text{gN/gdry/day}$ であったが、両系の速度に有意な差はみられなかった。また、両系の実験後にアオサの湿重量の増加がみられた。したがって、尿素は海藻の生長を促進する窒素化学種であると考えられた。このことは、尿素は富栄養化に直接的な影響を与える重要な栄養塩であることを示している。

1. はじめに

安倍川は静岡県と山梨県の県境に位置する大谷嶺を源流とし、足久保川や藁科川をはじめとした支流と合流しながら駿河湾にそそぐ幹線流路長51km、流域面積は567km²の一級河川である。古くは登呂遺跡に代表される弥生時代から、稲作や特産品であるワサビやお茶の栽培などの農業用水などとして安倍川の水は流域の人々の暮らしと密接に関わっている。従って、安倍川の水質とその形成要因を明らかにし、予測につなげることは、社会的に重要な課題である。しかし、安倍川流域ではBODなどの簡単な水質調査が下流で定期的に行われる一方、溶存イオン濃度を含む多地点での詳細な調査は行われていない。本研究の目的は、安倍川流域における水質の空間分布とその形成要因を明らかにすることである。

2. 材料と方法

安倍川流域内の河川において2023/6/20,10/20にそれぞれ37,43点(最下流地点は2度計測したため、合計80地点)で採水を行った(図1)。採水した水サンプルのpH, ECをそれぞれ簡易pH計, EC計で測定し、0.45 μ mのフィルターでろ過した。主要溶存イオン(Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻)濃度はイオンクロマトグラフィーを用い、SiO₂濃度はモリブデンイエロー法を用いて定量した。その後、国土地理院の提供する10mメッシュDEMと土地利用データ(土地利用細分メッシュ第3.1版)、地質データ(20万の1日本シームレス地質図)を用いて採水地点ごとの集水面積、流域平均標高、流域平均傾斜、流域の土地利用・地質割合を算出した。また、得られた10種類の水質データを用いて、主成分分析を行った。そして主成分得点を目的変数、集水面積などの流域特性を説明変数としてランダムフォレスト(RF)を適用した。これらの統計解析には、統計分析ソフトRを用いている。

3. 結果および考察

主成分分析の結果、第1~5主成分までの累積寄与

率は、それぞれ、43.6%, 64.0%, 74.3%, 84.3%, 90.3%となり、第5主成分までで河川水質のばらつきを概ね説明できた。第1~5主成分にRFを適用した結果、それぞれの分散説明率(観測値の分散のうち、説明可能だった分散の割合)は24.1%, 54.6%, 47.8%, 10.9%, -1.3%となった。すなわち、第1~3主成分はある程度流域特性によって説明可能だったが、第4,5主成分は流域特性からほとんど説明できなかった。図2に主成分1に対する主要な説明変数の重要度(対象とする要因を除いた際の平均二乗誤差の増加割合で表される)を示す。図より平均傾斜、平均標高の割合の影響が特に強く、土地利用・地質の割合は副次的な要因であることが明らかになった。同様に、他の主成分についても同様に平均標高、平均傾斜共に重要度が高いことが明らかになった。また本研究の解析では安倍川の地質に地形・地質・土地利用では説明できない大きなばらつきが存在していることが示された。将来的には、先行降雨・河川流量・田畑への肥料負荷量などの情報を説明変数として組み込むことで、説明可

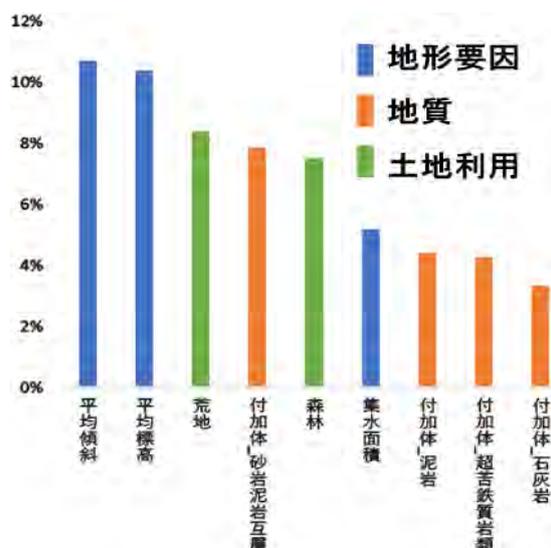


図1: 主成分1にRFを実行した際の重要度可能性の向上が期待できる。

武蔵野台地南東部の目黒台における 浅層地下水の水質とその形成プロセス

*伊東優希（立正大院・地球環境），安原正也，李 盛源（立正大・地球環境）
高橋正明（産総研），中村高志（山梨大院・国際流域環境），浅井和由（地球科学研）

1. はじめに

都市の浅層地下水の水質と量の実態は未だに十分解明されておらず、その適切かつ有効な利活用の妨げとなっている（安原，2008）。そこで本研究では、武蔵野台地の南東部を占める都市化の進んだ目黒台（遠藤ほか，2019によるM1b面）（図1）を対象に、その浅層地下水の水質の実態と水質形成プロセスの解明を目的とした。

2. 材料と方法

目黒台に位置する24本の浅井戸（深さ約10～15m）の浅層地下水を対象とした（図1；いずれも品川区）。板橋粘土層下位の武蔵野礫層中に賦存する浅層地下水を取水する井戸であるが、一部の井戸では下位の東京層の砂層中の地下水も取水している可能性がある。2023年11～12月に現地調査・採水を実施し、現地では水温、pH、電気伝導度（EC）、溶存酸素（DO）濃度、酸化還元電位（ORP_{SHE}）を測定した。実験室では主要溶存成分、 $\delta^{18}\text{O}-\text{H}_2\text{O}$ 、 $\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$ 、 $\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3^-$ 、 $\delta^{34}\text{S}-\text{SO}_4^{2-}$ を分析した。なお、目黒台の浅層地下水との比較のため、北東側の淀橋台と南西側の荏原台（遠藤ほか，2019によるS面）、また谷底低地に位置する井戸（図1）からも採水・分析を行なった。

3. 結果と考察

目黒台の浅層地下水の水質は主に $\text{Ca}-\text{HCO}_3$ 型で



図1 目黒台とその周辺（淀橋台・荏原台・谷底低地）の調査地点および浅層地下水の水質（2023年11～12月）

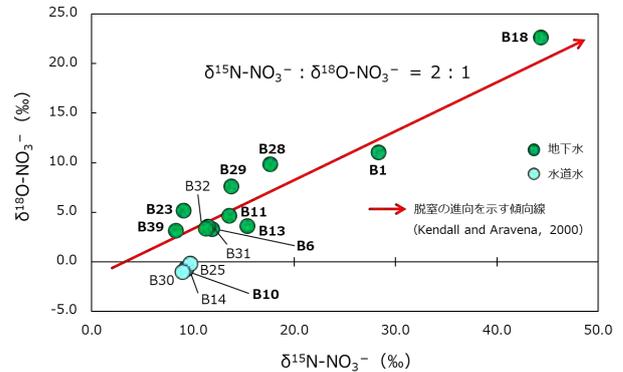


図2 目黒台とその周辺（淀橋台・荏原台・谷底低地）の浅層地下水の $\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$ 値と $\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3^-$ 値の関係（2023年11～12月）、太字の地点は目黒台

あるが、一部は $\text{K} \cdot \text{Na}-\text{HCO}_3$ 型等の異なる組成を示した（図1）。そのDO濃度とORP_{SHE}は低く、極めて還元的な環境に置かれていることが明らかとなった。また、複数の地点からは NH_4^+ や NO_2^- が検出された。人為汚染の指標である Cl^- 濃度と NO_3^- 濃度は、それぞれ7.4～132.1 mg/L、n.d.（不検出）～19.5 mg/Lと地点間で大きく異なっていた（図1）。

都市の地下水の起源と考えられる降水浸透水・水道漏水・下水漏水（伊東ほか，2023）が地下水形成に果たす役割（寄与率）を、 Cl^- 濃度（図1）と $\delta^{18}\text{O}-\text{H}_2\text{O}$ 値に基づく3成分混合解析に基づいて算出した。その結果、地下水水質に多大な影響を与える下水漏水の寄与率は3～45%と求められた。このように下水漏水の寄与率が地点毎に大きく異なることが、目黒台の浅層地下水の水質を決定づける第一義的な要因であると考えられる。一方、 $\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$ 値と $\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3^-$ 値の関係から、脱窒反応の発生と進行がほとんどの地点で明らかとなった（図2）。さらに SO_4^{2-} 濃度（図1）と $\delta^{34}\text{S}-\text{SO}_4^{2-}$ 値から、硫酸還元反応が進行していると推定される地点も多数認められた。

以上から、目黒台の地下水の水質は第一義的には下水漏水の寄与率の大小によって支配される。そして地点によって程度の差はあるものの、脱窒反応や硫酸還元反応が二次的に作用し、水質がさらに変化するという水質形成プロセスの存在が推定された。

谷津干潟の海水と堆積物における リン化学種動態に環境因子が与える影響

*町山果鈴, 金子拓巳 (東邦大),
加藤元輝, 千賀有希子 (東邦大院)

1. はじめに

千葉県習志野市に位置する谷津干潟は、海水が潮の干満とともに2本の水路(高瀬川・谷津川)を通じて東京湾から出入りする半閉鎖性水域である。谷津干潟の海水の栄養塩濃度は非常に高く、過栄養化水域に分類されている(Senga et al., 2019; 2024)。谷津干潟ではアオサの異常増殖がしばしばみられており、生態系や周辺住民への影響が懸念されている。

栄養塩の1つにリンがあげられる。水域におけるリン化学種は、無機態リン(PO_4^{3-} , DIP)と有機態リン(DOP, PP)に分けられる。これまでの谷津干潟の水質モニタリングにより、海水および間隙水のDIP濃度は非常に高いことが示されている。しかしながら、DOPやPPに関してはモニタリングされておらず、その挙動は分かっていない。

そこで本研究では谷津干潟におけるリン化学種の挙動を明らかにするために、月に1度海水と堆積物のサンプリングを行い、海水と間隙水のリン化学種の濃度の測定を行った。また、谷津干潟のリン化学種と環境因子との重回帰分析を行い、各リン化学種の支配因子を検討した。

2. 材料と方法

2.1 定期調査

谷津干潟のサンプリングは月に1度行った。堆積物は谷津干潟の中心に近いSt.SCで採取し、海水は東側のSt.Tで採取した。

2.2 リン化学種の測定

海水のDIP、DOP、間隙水のDIP、DOPは2022年4月から2024年8月まで、PPは2023年5月から2024年8月まで測定を行った。DIPはモリブデンブルー法を用いて測定した。DOPはペルオキシ二硫酸カリウム分解法で、PPはアルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウム分解法で測定した。また、海水のDIP、DOP、PPの総量をTPとした。

3. 結果と考察

2024年7月までの海水のDIPは36.9~188.7 $\mu\text{gP/L}$ で変動し平均 $84.5 \pm 35.6 \mu\text{gP/L}$ 、DOPはND~41.1 $\mu\text{gP/L}$ で変動し平均 $15.8 \pm 11.0 \mu\text{gP/L}$ 、PPは8.3~

122.7 $\mu\text{gP/L}$ で変動し平均 $40.5 \pm 32.4 \mu\text{gP/L}$ であった。間隙水のDIPは270.0~3700.0 $\mu\text{gP/L}$ で変動し平均 $1407.1 \pm 848.3 \mu\text{gP/L}$ 、DOPはND~242.4 $\mu\text{gP/L}$ で変動し平均 $88.2 \pm 76.4 \mu\text{gP/L}$ であった。

海水のDIPと海水の環境因子との重回帰分析の結果、DIPは水温と正の相関を示した($p < 0.05$)。海水のDOPは電気伝導度とアオサのバイオマスと負の相関を示した($p < 0.01$, $p < 0.05$)。海水のPPはORPとアオサのバイオマスと負の相関を示した($p < 0.01$, $p < 0.05$)。海水のDIP、PPとアオサのバイオマスとの相関は、DIPだけでなくリン化学種のすべてがアオサの発生に関与していることを示している。また、海水のDIPと堆積物の環境因子との重回帰分析の結果、地温と正の相関を示した($p < 0.01$)。海水のDOPは地温と正の相関を示した($p < 0.05$)。海水のPPは間隙水の $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ 、DON、水位と負の相関($p < 0.05$)、間隙水の NH_4^+ と正の相関を示した($p < 0.01$)。

間隙水のDIPと海水の環境因子との重回帰分析の結果、DIPはORPと良い負の相関($p < 0.001$)、アオサのバイオマスと正の相関を示した($p < 0.05$)。間隙水のDOPはDONと正の相関を示した($p < 0.05$)。また、間隙水のDIPと堆積物の環境因子の重回帰分析の結果、DIPは含水率と正の相関($p < 0.05$)、間隙水の NH_4^+ と良い正の相関を示した($p < 0.001$)。間隙水のDOPは地温、水深と負の相関を示した($p < 0.05$)。

重回帰分析の結果から、海水および間隙水のリン化学種の動態は、アオサの発生と酸化還元環境の変動に支配されていると考えられた。

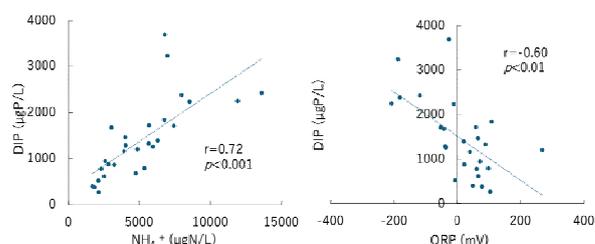


図1. 間隙水のDIPと NH_4^+ との相関

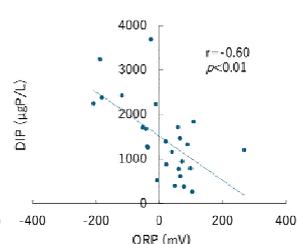


図2. 間隙水のDIPと海水のORPとの相関

*矢野明日香・山本知季・永田鈴奈（滋賀県大院・環境）、
岩田智也（山梨大・生命環境）、小畑元（東大・大気海洋研）、
尾坂兼一・丸尾雅啓（滋賀県大・環境）

1. はじめに

オルトリン酸 (H_3PO_4 : 以下 Pi) は、生物によって優先的に利用される形態のリンであるが、外洋では一部の微生物がメチルホスホン酸($\text{CH}_3\text{H}_2\text{PO}_3$: 以下 MPn)を代わりに代謝してメタンを放出しリンを利用している可能性が指摘されてきた。このことが時に好气的環境にもかかわらずメタンが存在する原因（メタンパラドックス）とされている。この過程が湖沼の水温躍層でのメタン極大形成にも寄与している可能性がある。本研究ではリン制限湖沼かつ MPn を代謝する *Synechococcus spp.* が生息する西湖において 2021 年 8 月、2023 年 8 月、10 月の成層期に MPn、Pi とメタン濃度を定量しこれらの濃度分布の関係について考察した。

2. 材料と方法

2021 年 8 月 8 日、2023 年 8 月 29 日と 10 月 18 日に、西湖の最深部（11-12 深度）で採水した。2023 年は、流入源（入沢川）、流出源（排水路）でも採水した。MPn は水酸化鉄（III）による共同沈殿濃縮法を用いて試水から分離・濃縮後、イオンクロマトグラフィーを用いて定量した。Pi は濃縮せずにイオンクロマトグラフィーで定量した。メタン濃度はガスクロマトグラフィーで定量した。

3. 結果

2021 年 8 月は深度 5, 7.5, 20, 30 m を除き、全深度で MPn を検出した。深度 10 m では 2.45 nmol/L と最高値を示した。また、深度 7.5 m でメタン濃度 ($0.53 \mu\text{mol/L}$) 最高値を示した。

2023 年 8 月は深度 8.5 m で MPn を検出したが (0.2 nmol/L)、湖底（67.0 m）を除いて検出限界以下 ($<0.07 \text{ nmol/L}$) であった。水温躍層における Pi は検出限界以下 ($<0.3 \text{ nmol/L}$) であり、メタン濃度は最高値を示した(深度 7.5 m: $0.53 \mu\text{mol/L}$)。

2023 年 10 月には水温躍層において、MPn、Pi と

もに検出限界以下であり、メタン濃度の最大値が水温躍層 ($0.51 \mu\text{mol/L}$: 11m) で確認された。

入沢川では MPn が 2023 年 8 月に 0.3 nmol/L 、10 月に 1.0 nmol/L 存在し、メタン濃度は $2.29 \mu\text{mol/L}$ (8 月)、 $0.13 \mu\text{mol/L}$ (10 月) であった。

4. 考察

本調査では、成層期（2021 年 8 月、2023 年 8 月、10 月）に、水温躍層の MPn が他の深度よりも高濃度に存在することが示された。ある種のプランクトン性光合成細菌が MPn を消費し、その結果、水温躍層の MPn の濃度は低下すると予想していたが、今回の結果のみでは、どのように MPn の鉛直分布に影響が表れているのか解釈が困難であった。また、湖へ流入する水にも MPn が含まれていたことから、MPn が湖水中で生産されているかが不明瞭である。このため、西湖に生息するバクテリアのうち実際に MPn を生産、あるいは代謝する能力を持つものがどのくらい存在するのか、今後湖水を用いた培養、遺伝子解析により検証する予定である。

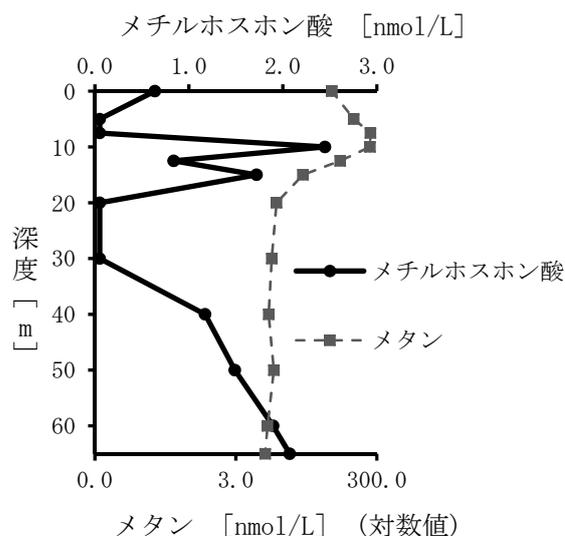


図 2021年8月 メチルホスホン酸濃度

河川中の溶存有機物利用における

付着性微生物の影響

*高木悠司（北大院・環境），三浦彩（北大院・地球環境）
根岸淳二郎（北大院・地球環境），山下洋平（北大院・地球環境）

1. はじめに

河川生態系において細菌などの従属栄養微生物は分解者として機能する。これらの炭素源の一つとして、流域土壌から供給される外来性の溶存有機物(Dissolved organic matter; DOM)がある。これは河川中に存在する全有機物の半分以上を占めており、これらを従属栄養微生物が代謝に利用することで、河川生態系の基盤を支えていると考えられる。しかし、従属栄養微生物が外来性 DOM のどのような成分をどの程度利用しているかの知見が不十分である。特に、河床に生息する付着性微生物はバイオフィームという複雑な集合体を形成し、水中に生息する浮遊性微生物に利用できない、外来性の難分解な有機物（芳香族化合物など）を利用することが示唆されているが、浮遊性微生物および付着性微生物の DOM 利用性を直接的に定量比較した実験はない。そこで、本研究では浮遊性および付着性微生物による DOM 利用の違いを評価する実験を行った。

2. 材料と方法

試料は北海道忠別川流域において 2023 年 8 月(夏季)および 11 月(冬季)に採水した。3 種類の DOM 基質として、本流中流域の河川水(河川水基質)、流域森林の渓流水(森林基質)および水田からの流出水(水田基質)を採水し、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した。接種源は、浮遊性微生物および付着性微生物として区分した。浮遊性微生物は本流中流域の河川水を孔径 1.0 μm のメンブレンフィルターでろ過して採取した。付着性微生物は本流中流域の河床に培養装置を設置し、装置内に固定したタイル表面に自生したバイオフィームを、夏季は 18 日後、冬季は 22 日後にタイルごと採取した。「浮遊性試験区」は 3 種類の DOM 基質それぞれに対して浮遊性微生物を 9:1 の割合となるように混合して作成した。「浮遊性+

付着性試験区」は各浮遊性試験区に、さらに付着性微生物を培養したタイルを加えることで作成した。「対照区」は各基質：河川水基質 = 9:1 に混合して作成した。これらの 3 基質×(2 試験区+1 対照区)の計 9 つの区について、本流中流域の河川水温(夏季が 20°C、冬季が 10°C)、暗所条件下で 0、2、5、10 および 30 日間培養した。培養後の試料は 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利用量を評価した。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、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

夏季における 30 日間の DOM 濃度変化は、水田基質の「浮遊性試験区」と、河川水基質および水田基質の「浮遊性+付着性試験区」で有意に減少した。一方、冬季にはいずれの基質も「浮遊性試験区」および「浮遊性+付着性試験区」において有意に減少した。また、芳香族化合物に由来する 254 nm における吸収係数は全基質の全実験区において減少し、減少量は「浮遊性+付着性試験区」で最大であった。タンパク質様および腐植様蛍光成分を含め、付着性微生物により特異的に利用される有機物種は夏季および冬季のいずれでも確認されなかった。一方、難分解性と考えられる芳香族化合物は浮遊性微生物にも利用され、付着性微生物が加わることによりその利用速度が上昇することが示唆された。また、タンパク質様蛍光成分の存在量は夏季には有意な変化がみられなかったが、冬季には全基質の「浮遊性+付着性試験区」において有意に減少した。このため、浮遊性および付着性微生物が代謝に利用する DOM は、季節によって異なることが示唆された。

*仲才香鈴（横浜国立大・環境情報），占部城太郎（東北大），吉村千洋（東工大），梅田信（日本大），土居秀幸（京都大），鈴木碩通（東北大），Zhang Ye（東工大），沖津二郎（応用地質），一柳英隆（水源地環境センター），大杉奉功（水源地環境センター），鏡味麻衣子（横浜国立大）

1. はじめに

水域における有機物分解を実測する方法としてリターバック法がある（Gessner and Chauvet, 2002）。用いるリターを変えることで、樹木の多様性が水域の有機物分解に与える影響を評価できる。一方、コットンストリップ法はセルロース 95%のコットンを用いて、引張強度の低下率で分解を評価する方法である（Tiegs et al., 2013）。分解基質を統一することにより水域間や環境条件での比較が可能であり、有機物分解に与える要因の解明につながる。

コットンストリップ法は河川で多く行われているが、湖沼での適用例はほとんどない。そこで本研究では、三春ダムにおいてコットンストリップ法を適用し、異なる地点や深度での有機物分解を評価することで、分解に影響する環境要因を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

福島県の三春ダムにコットン（Style #548（Fredrix, USA, 2.5 cm×8.5 cm））を3週間設置した。曝気装置の有無で5か所、各地点3深度（表層・中層・深層）と浅場3地点の計18地点（図1）で行った。現地調査で、光量子の測定、多項目水質計による水温、溶存酸素（DO）、pHの測定を行った。ブラシで剥がしたコットンの付着物と湖水はGF/Fで濾過捕集し、元素、色素分析（C、N、P、Chl.a）を行った。またコットン付着物と湖水をルゴールで固定し、顕微鏡観察により藻類と線虫を計数した。湖水中の栄養塩濃度（ NH_4^+ 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、SRP）は、GF/Fで濾過後、比色法にて測定した。

コットンの分解率を引張強度試験で測定した。

分解率に及ぼす要因を明らかにするため、一般化線形モデル（GLM）による解析を行った。なお、用いた説明変数はAICを基準としたモデル選択を行った。

3. 結果および考察

曝気装置付近の2地点では、曝気装置の設置深度（約17 m）付近に水温躍層が形成され、18 m以浅は水温（25℃）、DO（100%）は一定だった。全ての地点でアオコが確認され、*Microcystis* sp. が優占していた。特に曝気地点の表層で細胞数が顕著に多かった。コットンの分解率は水温躍層以浅で高く、表層よりも中層（10-18 m）で高い傾向にあった（図2）。コットン分解率は水温、DO濃度、pHが高いほど高かった。また、相対光量子量も分解率に対して有意となった。曝気装置付近の水深に設置したコットンの表面から線虫が多く確認された。中層では光は届かないが、線虫がコットンに付着することで分解に寄与した可能性がある。深層（20 m以深）では、アンモニア態窒素（ NH_4^+ ）濃度が著しく高かった。深層でのコットンの分解率は低かったが、貧酸素下における有機物分解に伴いアンモニウムが蓄積したと考えられる。

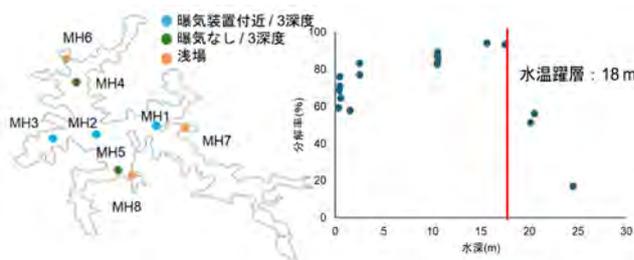


図1 調査地点の概要

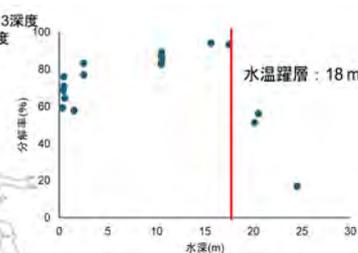


図2 分解率と水深の関係

*青木 朋也・片桐 浩司（帝京科学大 自然環境）

1. はじめに

近年、全国の多くの河川では、河床低下による高水敷の乾燥化や外来種の分布拡大により、早急な保全対策の実施が必要となっている。

濃尾平野を流下する長良川では、過去の河川水辺の国勢調査結果により、本川流路内に沈水植物が分布していることが報告されている。しかし沈水植物各種がどこから供給され、流路内のどのような環境に定着しているかについては不明である。流路内の沈水植物を保全していくにあたっては、現状の分布状況および各種の生育環境条件の特性を把握し、得られた成果を河川環境に生かしていく必要がある。

以上を踏まえ、本研究では長良川の沈水植物群落を対象に、各群落の分布と環境条件との対応関係を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

研究対象地は、長良川本川流路内の 29.4~49.4 km の約 20km の区間とした。ボートを用いて本川を流下し、岸からの距離、水深、流速、河床材料を測定した。また水草採取具を投じて、沈水植物の生育種とその量を記録した。さらに長良川の 11 本の支川を対象に、本川合流部に近い箇所流れ藻の流下量を記録した。

3. 結果

長良川の本川流路内で 9 種の沈水植物が確認された。このうち在来種としてササバモ、ホソバミズヒキモなど 6 種、外来種としてオオカナダモ、コカナダモ、コウガイセキショウモの 3 種が確認された。調査を行った 71 地点のうち、沈水植物が確認された地点は全 28 地点であった（出現頻度：39.44%）。このうち在来種、外来種の確認地点はいずれも 14 地点であった。

沈水植物は、岸から 3~6m の範囲に多くみられ、次いで 0~3 m の範囲に多く出現した。岸から 6 m 以上離れた範囲では、沈水植物は少なくなった。また水深が 50~200 cm の範囲に多く見られ（図 1）、それよりも浅い、または深くなると沈水植物は減少

した。河床材料は、植生ありの地点では砂が多い傾向がみられ、植生なしの地点では砂が減りレキが多くなった。植生なしの地点に比べ、植生ありの地点の流速は遅く（U-test, $p < 0.05$ ）、40 cm/s より速いところでは植生がみられなかった。

沈水植物は 29.4~34.0 km の下流区間を中心に出現し、それ以外の区間ではほとんどみられなかった。

11 本の支川のうち 8 箇所、流れ藻の流下が確認された。特に外来種のオオカナダモの流れ藻が数多くみられた。

4. 考察

以上の結果から、沈水植物は岸から近く、流れの緩やかな浅い範囲に生育していることがわかった。長良川の水生植物群落を保全していくためには、河岸付近に、流れが穏やかで浅い環境を創出していくことが重要である。

長良川では沈水植物の流れ藻が多く流下していた。本研究からこれらは一部の支川から供給されたものであることが示唆された。本川に流入した沈水植物の流れ藻が河岸付近に定着した可能性がある。

下流は上流に比べ、外来種率が高かった。特に下流では、オオカナダモの割合が多く、優占種になっていた。今後はオオカナダモや在来種の分布域を詳細に調査することが必要である。また、在来種や外来種の生育環境の違いを明らかにすることで、在来の沈水植物の保全に繋がると考える。

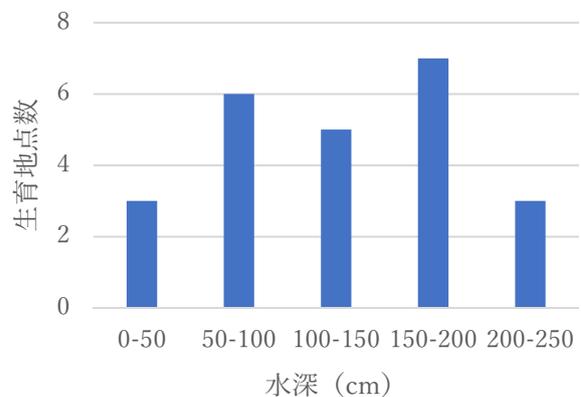


図 1 沈水植物の生育地点数と水深

河川低水敷一時的水域におけるプランクトン群集

*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)・
 竹門康弘(大阪公立大・国際期間教育機構)・
 片野泉(奈良女子大・研究院自然科学系)

1. はじめに

近年、多くの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こりにくくなっている。そのため河道では陸域と水域の二極化が進み、生物の多様性低下が問題となっている。この改善策として、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。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る。これら水域は寿命が短く、一時的である一方、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報告されてきた。例えば、底生動物群集に関する先行研究では、聖牛周辺では本川とは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(中村ら 未発表)。底生動物を含む生物群集は被食捕食関係で成り立っており、複雑な食物網を形成しているが、これら一時的水域において、捕食者である底生動物を支える被食者(生産者やより小さな消費者群集)についての情報は少ない。そこで本研究では、聖牛周辺の一時的水域のプランクトン群集に着目し、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した。また攪乱変動が大きい時期に着目し、短期間の影響をどのように反映するかを調査した。

2. 材料と方法

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 に存在するワンドとタマリを調査地点、本川 1 地点をリファレンスとして設定した。季節的変動調査のため、2020 年 6 月、8 月、11 月、2021 年 3 月、6 月の各月 1 回計 5 回、攪乱変動調査のため、2021 年 5 月 24 日から 8 月 10 日までの各週一回採集を行った。

調査時には、環境要因として水温、pH、電気伝導度を測定し、採水、および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、個体数を計数した後、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

季節的変動調査において、全 5 回の調査、全 63 地点から、植物プランクトンとして 54 種、動物プランクトンとして 32 種が確認された。植物プランクトンには珪藻、緑藻、藍藻、渦鞭毛藻が多く含まれており、多くの季節で珪藻が優占していた。中でもタルケイソウ属 *Melosira* sp. はよく観察された。動物プランクトンとして、止水環境に多くみ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. が多くみられた。また、2020 年 6 月と 2021 年の 6 月の植物・動物プランクトン量が大きく異なったことから、各年における攪乱等の要因が考えられた。攪乱変動調査においても、攪乱前後においてプランクトン量や組成に違いがみられた。

これら結果に対し NMDS(非計量多次元尺度法)で群集類似度を比較したところ、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、季節により異なるプランクトン群集が形成されていることが示された。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

植物プランクトンは湖沼生態系を支える一次生産者であり、その増減が生態系に大きな影響を及ぼす。そのため、湖沼生態系の仕組みを理解するにあたって、植物プランクトンの増殖を制御する要因を明らかにすることは重要である。

一般的に、湖沼における植物プランクトンの増殖は主に栄養塩（リン、窒素）によって制限されている (Elser et al., 2007)。そのため、植物プランクトンの増殖を制御する要因を明らかにするにあたっては、栄養塩の過不足とその要因を解明することが重要である。

本研究では、現在の諏訪湖において植物プランクトン増殖がどのような環境要因により制御されているのかを明らかにすることを目的とし、栄養塩添加実験を用いて植物プランクトンの増殖における栄養塩制限の季節変動を調査し、諏訪湖の植物プランクトンの制御要因の解明を試みた。

2. 材料と方法

栄養塩添加実験は、Kagami et al. (2013)を参考に2023年7月から2024年6月まで計12回行った。まず、諏訪湖湖心で全層水を採水し、その全層水に大型の動物プランクトンによる捕食圧と、培養中の栄養塩の枯渇を防ぐ処理を行った。処理を行った全層水に栄養塩を添加し、無添加区、リン添加区、窒素添加区、ケイ素添加区、リン・窒素・ケイ素を添加した混合添加区(計5添加区)を3つずつ用意し、インキュベーターを用いて温度、光条件を揃えた上で培養を行った。

培養前後にクロロフィル a 濃度の測定を行い、植物プランクトンの増殖速度を求め、栄養塩添加区間の増殖速度を比較した。それに加えて、培養前後の栄養塩($\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, SiO_2)の定量を行い、各添加区における培養中の植物プランクトンによる栄養塩吸収を把握した。

3. 結果

2023年7月と2023年11月から2024年6月の栄

養塩添加実験では、リン添加区で有意な増殖速度の増大がみられ、この間、諏訪湖では植物プランクトンがリン制限下にあることが示された。2023年8月から2023年10月の実験においては混合添加区でのみ有意な増殖速度の増大がみられた。また、同時期の混合添加区において、溶存無機態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)と溶存無機態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$)の消費が認められたことから、リンと窒素による共制限が生じていることが示された。

4. 考察

諏訪湖の植物プランクトン増殖は2023年7月から2024年6月の全期間において、リン制限を受けていた。その原因は、諏訪湖の主な栄養塩供給源である河川水のN/P比が高く、植物プランクトンの需要に対してリンが不足していたためと考えられた。

また、2023年8月から10月の間はリンと窒素の共制限を受けていた。この時の諏訪湖では、降水量の減少による河川からの栄養塩供給の減少と、湖内のヒシの枯死によるN/P比の低い栄養塩供給の発生が、同時に起こっていた。その結果、湖水中のN/P比が植物プランクトンの必要とするN/P比に近づいたため、植物プランクトンが供給されたリン、窒素の両方を吸収し尽くし、湖水中のリン、窒素が枯渇したため、共制限が発生したと考えられた。

以上のことから、諏訪湖の植物プランクトン増殖は、基本的には河川流入による栄養塩供給により、制御されているが、ヒシが枯死してヒシ帯が減少する時期は、枯死したヒシからの栄養塩供給も大きな影響を及ぼすことが考えられた。

また、植物プランクトンは栄養塩以外に水温による制限 (e.g., Robarts and Zohary, 1987) も受けている。本研究で行った実験では、栄養塩が十分に存在する混合添加区において、水温 (培養温度) が15°C未満であった2023年11月から2024年5月の間、低い増殖速度が確認された。このことから、諏訪湖では、水温が15°C未満の場合、栄養塩と同等かそれ以上の強さで水温による植物プランクトン増殖の制限が生じていると推測された。

Application of species-specific zooplankton index for lake assessment focusing on water bloom and consequent organic matter cycling

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

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

Hyun-Woo Kim (Sunchon National Univ.), Min-Ho Jang (Kongju National Univ.)

Jong Min Oh (Kyung-Hee Univ.), Kwang-Hyeon Chang (Kyung-Hee Univ.)

1. Introduction

Zooplankton are key secondary producers in aquatic ecosystems, serving a pivotal role in controlling phytoplankton and bacteria, and acting as a food source for higher trophic levels, such as fish. Thus, zooplankton act as a crucial intermediary linking the microbial food web and grazing food web, playing a central role in the cycling of organic matter within lake ecosystems. Beyond their ecological role, zooplankton communities are highly sensitive to both biotic and abiotic disturbances, such as nutrient and pollutant inputs or predation by fish. These allow zooplankton to serve as effective bioindicators to assess lake ecosystem health. Consequently, the development of zooplankton lake assessment indices has been undertaken in various countries. In South Korea, a national project is currently in progress to develop biological indices for assessing lake ecosystem health. As part of this project, our research team involved in the development of a zooplankton index, analyzing zooplankton communities across 90 lakes since 2022. Through this study, we have proposed a zooplankton multi-metric index that reflects the ecological status of lakes, enabling comprehensive assessments of lake ecosystem health in Korea.

2. Materials and Methods

To effectively connect national lake monitoring results with management-level assessment indicators, it is essential to clearly demonstrate responses to environmental factors such as eutrophication and water quality. Considering the functional roles of zooplankton and their environmental sensitivity in lake ecosystems, we developed a Multi-Metric Index (MMI) focusing on four key indicators:

① Eutrophication Response Index (Rotifer and

copepod nauplius index)

② Clear Water Phase Index (Medium-to-large cladocera index)

③ Food Web Health Index (Calanoida copepod index)

④ Habitat Diversity Index (*Chydorus*, *Alona*, etc.)

We focused on zooplankton indicators (the first index) that have the potential to reflect the cascading changes in food web structure caused by eutrophication, specifically the shift from a phytoplankton-dominated microbial food web to a bacteria-centered food web. To develop this MMI, the analyzed zooplankton data were classified into functional feeding groups (herbivorous, bacterivorous, omnivorous, and carnivorous) to extract information on the abundance, biomass, abundance ratios, and biomass ratios of each group. Following normalization, we analyzed the seasonal and systematic occurrence patterns of functional groups in relation to environmental changes and identified groups with consistent occurrence patterns under specific conditions.

3. Results and discussion

The MMI developed based on these four key indicators utilized logarithmic and square root transformations to address differences in biomass among species during calculation processes. Evaluation grades were determined by considering normal distribution.

In assessing the feeding functionality of microbial food webs under eutrophic conditions, we analyzed the correlation between the density of bacterivorous zooplankton such as the genus *Diaphanosoma*, and predatory species like Cyclopoida (which prey on other zooplankton), with the trophic state, composition, and abundance of phytoplankton in the lakes. This analysis was used to evaluate the potential applicability of these indices in lake ecosystem assessment.

*浅野 淳也・片桐 浩司（帝京科学大 自然環境）

1. はじめに

近年、国内の複数の都市公園の池で、富栄養化による緑藻類やアオコの異常繁茂によって池の透視度が低下し、これらの遺体が易分解性有機物として堆積することで嫌気過程が進行する事が知られている。動物プランクトンは、緑藻類などの植物プランクトンを餌とし、植物プランクトンを抑制する方向に働くため、劣化した水環境を改善することが期待できる。これまでプランクトン相と栄養塩などの化学的要因との関わりについて調べた先行研究は数多く報告されている。しかし抽水植物や沈水植物といった植生や、湖岸、開放水面といった「場」との対応について言及した研究事例は極めて少ない。以上の背景をふまえ、本研究では、東京都の井の頭池を対象に、湖岸（植生あり・なし）と開放水面における動植物プランクトンの種数と細胞数を比較し、池内の場や植生の違いがプランクトン相に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。さらにプランクトンには季節的な変動が報告されていることから（例えば、Horne and Goldman, 1994）、プランクトンの種数と細胞数の季節変動について把握した。

2. 材料と方法

井の頭池の弁天池とお茶の水池において、それぞれ池の開放水面と湖岸（植生あり・なし）の3条件で3地点ずつ、計18地点の表層で採水を行った。採水は3~4週間に1回、計4回行った。

各地点では、37%ホルマリンもしくは99.9%無水エタノールを用いて、100 mL中の動植物プランクトンを固定した。固定作業を終えたポリ瓶を12時間以上静置した後、ポリ瓶の中の水をシリンジで慎重に20 mL汲み取った。動植物プランクトンの観察には倍率100倍の正立顕微鏡を使用した。サンプルを攪拌した後、界線スライドグラスを用いて、各種（分類群）の単位面積当たりの細胞数について計測した。なお種の同定は、田中（2022）と中山・山口

（2018）に従った。

3. 結果と考察

湖岸における植生の有無の比較結果から、湖岸植生の有無によって、プランクトンの種数と細胞数には違いがみられなかった。湖岸植生（主な構成種はヒメガマ、マコモなどの抽水植物）の存在は、動植物プランクトンの種数と細胞数には影響を及ぼさないことが示唆された。

一方、湖岸と開放水面では、季節によって出現状況に違いがみられた。お茶の水池では、春季、湖岸においてプランクトンの種数、細胞数が多かった。しかし7月初旬の調査時には開放水面で多く、7月下旬には再び湖岸で増加する傾向がみられた。この傾向は動物プランクトンと植物プランクトンで共通してみられ、動植物プランクトンで季節による出現状況が同調していた。これは、春季には水深の浅い湖岸において植物プランクトンが増加し、それを摂食する動物プランクトンもあわせて増加したが、7月初旬には開放水面で沈水植物のツツイトモが繁茂し、これらに植物プランクトンが付着することで、開放水面で動植物プランクトンがともに増加したものと考えられた。

春季と夏季では優占種に違いがみられた。春季は *Aulacoseira sp.* が優占したが、夏季には、これにかわって *Microcystis sp.* や *Ulnaria sp.*、*Fragilaria sp.* が優占した。また *Oscillatoria sp.* や *Microspora sp.* のような大型の植物プランクトンも増加した。こうした動物プランクトンが摂食できないサイズの大型の植物プランクトンが増えることにより、池の水質汚濁が進行することも懸念される。

動物プランクトンはブルームが起こるわずか2~3日間で湖の全表層容積を濾過できるといわれるほどの濾過能力をもつ（Horne and Goldman, 1994）。このため、春季に動植物プランクトンが出現しやすい水深の浅い湖岸や、沈水植物帯を再生することが、今後の都市公園の池の景観改善や保全につながるものと考えられる。

淡水二枚貝イシガイ科イシガイの 肥満度の増加に寄与する餌資源の評価

*奥田覚子 (近畿大院), 菅原巧太朗 (琵琶湖博物館)
上地健琉 (高安研究会), 中西亮太 (近畿大院), 松葉成生 (高安研究会), 北川忠生 (近畿大)

1. はじめに

淡水二枚貝イシガイ科は世界的に減少傾向にある。顕著な事例として、愛媛県国近川では、イシガイの最大生息密度が 92 個体 m^{-2} から 0.05 個体 m^{-2} までも減少したことが報告されている (桑原ら, 2017)。このように、イシガイ科の保全は喫緊の課題である。

大阪府のあるため池では、イシガイが平均 30 個体 m^{-2} の高密度で生息している。稚貝 (殻長 10 mm 未満) も 3 個体 m^{-2} と高密度で認められるため、このため池ではイシガイの成長および再生産が維持された最適な餌環境が整っていると推察される。

そこで、本研究では、このため池内におけるイシガイの健全な繁殖・成長に寄与している餌資源を脂肪酸分析によって明らかにすることを目的とした。さらに、イシガイの保全を見据えて飼育実験を行い、イシガイの同化する餌資源と、飼育個体の肥満度を野外個体と比較した。

2. 材料と方法

大阪府にあるため池において 2023/7/22~12/24 の間、1 か月おきにイシガイを 3~5 個体ずつ採集した。また、同期間に近大奈良キャンパス内の 2×2.5×0.8 m のコンクリート水槽において真砂土と牛糞を体積比 4:1 で調整した底質 (八嶋ら, 2023) を 2 cm 敷いた飼育実験を行い、同様にイシガイを採集した。採集したイシガイは栄養状態の指標である肥満度 (乾燥重量 ÷ [殻長 × 殻高 × 殻幅]) を計測した後、筋組織を脂肪酸分析に供試し、各餌資源由来の脂肪酸含有率を調べた (表 1)。

3. 結果と考察

ため池ではイシガイの肥満度が 7 月から 9 月にかけて減少し、9 月から 12 月にかけて増加した (図 1)。イシガイはグロキディウム幼生放出時期

に肥満度が低下することが報告されており (吉田ら, 2019)、7 月から 8 月はグロキディウム幼生放出のため、肥満度が低下したと考えられた。肥満度が増加した 9 月から 12 月に注目すると、この期間のイシガイの肥満度と珪藻 ($P = 0.002$) および渦鞭毛藻 ($P = 0.006$) 由来脂肪酸含有率の間に正の相関が検出された (図 2)。

飼育実験では、イシガイの肥満度は 7 月から 8 月にかけて減少し、8 月から 12 月にかけて増加した。飼育個体の肥満度は、野外個体に匹敵するまで増加した (図 1)。一方で、肥満度の増加した 8 月から 12 月では、イシガイの肥満度は、緑藻・藍藻 ($P = 0.001$)、珪藻 ($P = 0.002$)、高等植物 ($P = 0.003$) 由来脂肪酸含有率と正の相関が検出された。したがって、飼育個体は野外個体と異なる餌料を同化していたことは明らかになったが、飼育下であっても野外個体と同等の肥満度を維持することができた (図 1)。

野外および飼育個体はそれぞれ異なる餌料を同化していたが、珪藻由来脂肪酸含有率は飼育および野外個体の両方で肥満度と正の相関を示した (図 2)。したがって、肥満度増加には珪藻由来脂肪酸の供給が重要であることが示唆され、本成果は好適な生息環境の評価や飼育時の餌料選定に応用されることが期待された。

引用文献: 桑原ら (2017) 保全生態学研究, 22(1), 91-103. 八嶋ら (2023) 第 76 回魚類自然史研究会要旨集, 24. 吉田ら (2019) 土木学会論文集 G(環境), 75(7), III_265-III_272.

謝辞: 本研究は、公益財団法人河川財団の河川基金の助成を受けた。また、本研究の脂肪酸分析では、秋田県立大学生物資源科学部生態工学研究室のガスクロマトグラフを利用させて頂いた。ここに謝意を表します。

表1 本研究で使用した脂肪酸バイオマーカーとそれらの有機物起源

餌資源	脂肪酸
細菌	i-15:0, a-15:0, i-16:0, i-17:0, a-17:0, 18:1 ω 7
緑藻・藍藻	18:2 ω 6, 18:3 ω 3
珪藻	20:5 ω 3
渦鞭毛藻	22:6 ω 3
高等植物	24:0, 25:0, 26:0, 27:0, 28:0, 30:0

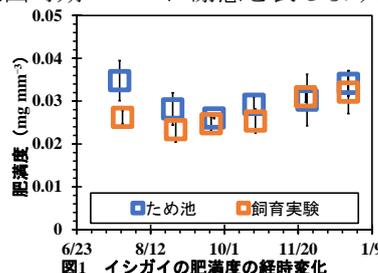


図1 イシガイの肥満度の経時変化

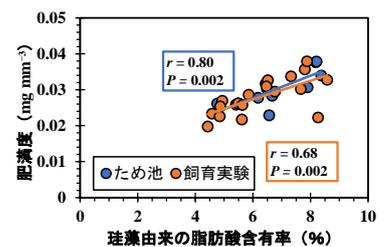


図2 イシガイの筋組織中の珪藻由来脂肪酸含有率と肥満度の関係

*亀石理多, 片桐浩司 (帝京科学大 自然環境)

1. はじめに

都市化の進行に伴う都市公園の池や湖沼の水質問題は、都市の発展とともに歴史的に発生してきた。特に1960年代以降、日本の都市部では急速な都市化が進行した。これにより、雨水や生活排水が下水道を通じて直接、池に流れ込む量が増え、池の水質に悪影響を与えた。さらにアスファルトやコンクリートで覆われた不浸透面の増加に伴い、雨水が自然に浸透することが減少し、湧水の枯渇、地下水の汲み上げによる水質の変化が起こった。

東京都武蔵野市の井の頭恩賜公園内にある井の頭池では、これまで、2013年、2015年、2017年に3回のかいぼり（冬期間に池の水を抜き、池干しを行う）が実施され、ツツイトモ、イノカシラフラスコモをはじめとする希少な水草や車軸藻類が再生した（内山 2016）。しかしその後、定期的なかいぼりが行なわれなくなると、透視度の低下などの水環境の劣化が進行した。2020年には外来種のコカナダモが拡大しはじめ、わずか1~2年の間に本種が池の全面に拡大した。こうした状況から、井の頭池は、都市化や人間活動の影響を受けやすい都市公園の池の典型的な課題を反映しているといえる。

以上の背景から、本研究では井の頭池に自生する希少水草のツツイトモと希少な車軸藻類のイノカシラフラスコモの2種に着目し、これらの種の生長に影響をあたえる環境条件（水深、泥厚、各種水質項目など）について明らかにした。得られた結果から、今後、井の頭池の保全に有効な方策は何かを考察することを目的とした。

2. 材料と方法

井の頭池のお茶の水池および弁天池の上流、中流、下流部にそれぞれ10地点の調査地を設定した（計20地点）。20地点の調査地のうち、お茶の水池と弁天池について、それぞれ上流部1地点、中流部2地点、下流部1地点の4地点（計8地点）

において、植物の被度、シュート長、水深、泥厚、水温、クロロフィルa量（以下、Chl-a）、濁度、pH、ORP、電気伝導度、溶存酸素量、NO₃-N、PO₄-P、シリカの計14項目を計測した。他の6地点では、水質以外の4項目（植物の被度、シュート長、水深、泥厚）について簡易的な計測を行った。また水温、Chl-a、濁度の3項目については、池の表層と池底の2層で測定を行った。調査は2024年の5月~7月に、4期にわたって実施した。

3. 結果と考察

ツツイトモは、お茶の水池の7地点、弁天池の5地点で確認された。またイノカシラフラスコモは弁天池のみ5地点で確認された。

ツツイトモの群落内では、全調査期間を通じて、Chl-aの数値が極端に低くなった。ツツイトモ群落内では動物プランクトンの種数と細胞数が多かったことが確認されている。動物プランクトンが植物プランクトンを摂食することにより群落内の透明度が上がったことが、Chl-aの数値を低下させた要因のひとつであったと考えられる。

ツツイトモの開花、結実の時期は地点によって異なっており、水深の深い水域ほど、開花・結実の時期が遅くなる傾向がみられた。水深の深い地点では、当初、茎の伸長生長にエネルギーを投じたために、花や実の形成時期が遅れたものと考えられた。

環境因子との対応では、泥が1m程度と厚く堆積した範囲で希少水草の生育がみられなかった。生育地の池底の多くは、砂か、底泥の堆積が少なかった。とくにイノカシラフラスコモの生育地の池底のほとんどは砂であった。

井の頭池の希少水草の保全にあたっては、水底に泥を堆積させない対策を講じることが必要である。

*辻 英樹, 林 誠二 (国立環境研究所)

1. はじめに

福島県の秋元湖では、近年、湖内に生息する魚類の¹³⁷Cs濃度の低下が近隣の湖沼に比べて特異的に遅いことが報告されているが、その要因は未解明である。本研究では、秋元湖における¹³⁷Cs動態の特徴を明らかにするため、流入水・放流水、湖水、底質の¹³⁷Cs濃度の空間分布と時系列変化を観測した。

2. 材料と方法

2022年11月～2024年3月にかけて、秋元湖の2つの主要流入河川(大倉川・中津川)、および放流河川に含まれる粒子態・溶存態の¹³⁷Cs濃度を毎月観測した(図1)。冬季は積雪通行止により中津川の採水が困難であったことから、代替として、秋元湖の西部に発電用に導水されている水と同じ水質と見られる、小野川湖の放流水を採取した。また、湖内4地点における湖水表層中の粒子態・溶存態¹³⁷Cs濃度を2022年11月～2023年12月の期間内で、およそ2ヶ月ごとに計6回観測した。2022年12月には湖内4地点において円柱状の底質を不攪乱状態で各地点3～4本採泥し、1cm層ごとに水平に裁断した後、各層の全¹³⁷Cs濃度を測定した。また、底質表層中の交換態¹³⁷Cs濃度を硝酸アンモニウム抽出により測定した。

3. 結果と考察

2つの流入河川水中の溶存態¹³⁷Cs濃度は1～3 Bq/m³の範囲で変動し(図2)、湖水表層の溶存態¹³⁷Cs濃度は2023年8月・10月には流入水に比べて顕著に高かった。流出河川の溶存態¹³⁷Cs濃度は流入水

と同程度の時期が見られたものの、2回の冬季および2023年の夏季において数倍高い濃度が観測された。冬季に観測した小野川湖放流水中の溶存態¹³⁷Cs濃度は秋元湖放流水よりさらに高かった。底質中の¹³⁷Cs濃度は10²～10³ Bq/kgであり、湖心部において最も高い濃度を示した。交換態¹³⁷Csの抽出率は6～26%であり、底質重量あたりの¹³⁷Cs濃度では湖心部が最も高かった。

以上のことから、秋元湖上流～中流部では底質からの¹³⁷Cs溶出、下流部では小野川湖水の導水が、湖水の溶存態¹³⁷Cs濃度の低下を遅らせる要因であることが示唆され、特に後者は秋元湖に特有の現象であると言える。ただし小野川湖流域の¹³⁷Csの初期沈着量は秋元湖より低いことから、小野川湖湖水の溶存態¹³⁷Cs濃度が特異的に高い原因については今後さらなる調査が必要である。



図1. 秋元湖内と周辺河川の採水・採泥地点

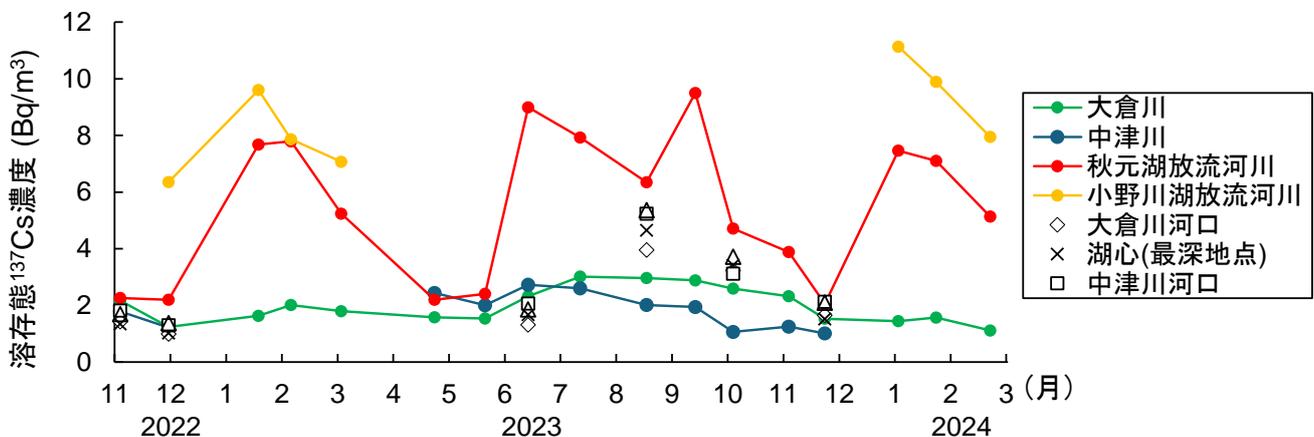


図2. 秋元湖流入河川水・放流水および湖内表層水の溶存態¹³⁷Cs濃度

気候変動により顕在化してきた、低温で高 DO の水塊が 全層循環前の琵琶湖北湖底層へ潜り込む現象

*小笠原翔, 安達大輝, 岡本高弘, 七里将一, 南真紀, 山本春樹 (滋賀県琵琶湖研セ),
霜鳥孝一 (国立環境研)

1. はじめに

琵琶湖北湖では夏に表層水温が約 30℃まで上昇するが、深水層の水深約 90m では 7~8℃でほぼ一定である。冬にかけて表層から順に水温が低下することで水温躍層が弱まりながら徐々に下降し、やがて底層に到達、全層循環となる。この全層循環は底層の溶存酸素 (DO) の回復や、栄養塩の表層への回帰に影響し、水質や漁業等の観点から社会的な関心も高い。近年、気候変動の影響と思われる水温躍層形成の長期化も見られる中、全層循環に伴う水質変化のモニタリングは重要である。今回、当センターで実施した過去 10 年間の 1~3 月の水質の鉛直分布を整理した結果、興味深い経時変動が見られた。

2. 方法

水深別に詳細なデータが得られている琵琶湖北湖の今津沖中央 (水深約 88m) を調査地点とし、水温、DO、りん酸イオン (PO_4^{3-}) を指標として湖水の冷却や底層と表層の混合を過去 10 年分について図示した。月 4~5 回、多項目水質計 DataSonde5 (Hydrolabo) で水深 0.5, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 85m および湖底直上 1m と 0.5m の水温と DO を測定した。また月 2 回、上記水深の 30m, 70m, 湖底直上 0.5m を除いた深度の水を採取し、ガラス繊維ろ紙 GF/B でろ過後、 PO_4^{3-} 濃度を流れ分析法 (SWAAT, BL TEC) で測定した。これらの数値を用いて、拡張スプライン法による補完を行い、縦軸を水深、横軸を日付とするコンター図を作成した。

3. 結果と考察

循環前には、おおむね水温が高く DO が高い層 (表水層) と水温が低く DO が低い層 (深水層) の二層に分かれていた。2019 年、2020 年は底層の水温まで表水層の水温が低下せず、全水深で水質も一様ならず、全層循環が未完了であった。2016 年、2021~2024 年には、表層の冷却が不十分にもかかわらず、底層で表層よりも水温が低く、DO が高い水塊 (以

下、「低温水塊」) が存在することが確認された。例えば、2023 年には、1 月 31 日と 2 月 6 日に底層で低温水塊が確認された (図 1)。1 月 31 日の水深 40m の水温は 8.45℃、DO は 9.65mg/L だったが、湖底直上 1m の水温は 7.65℃、DO は 10.63mg/L と水温が約 1℃低かった一方で、DO が約 1mg/L 高かった。2023 年はその後、表層からの冷却が進み、全体が混合して低温水塊は見られなくなったが、混合が低温水塊よりも浅い水深で終わってしまった際、深水層において早期に底層 DO が低下し始めることが懸念された。また、低温水塊が確認された年には、水温・DO が鉛直方向で一致した期間が極めて短いか、観測できず、前述のような躍層の解消による水質の均質化 (=全層循環) が見られなかった。

同じく低温水塊を観測した 2023 年 2 月 6 日の水質調査によると、水深 40m の PO_4^{3-} 濃度が 0.010mg/L だったのに対し、低温水塊の位置と同じ水深 85m 以深では 0.006~0.007mg/L と表層よりも PO_4^{3-} 濃度が低かった。このような PO_4^{3-} の鉛直分布は、躍層形成期に底層で増加し、鉛直混合によって底層から全水深に拡散、均質化するという通常のものとは異なっていた。 PO_4^{3-} 濃度が低い等の低温水塊の特徴から、この由来は河川水でなく湖内の水で、水深の浅い場所から、水温低下に劣る深い場所に密度流となって潜り込んだものと考えられた。この潜り込みは、暖かい日が続いた後で急激に冷え込む近年の冬の気象により顕在化したものと思われ、栄養塩の鉛直分布にも影響することから、注視する必要がある。

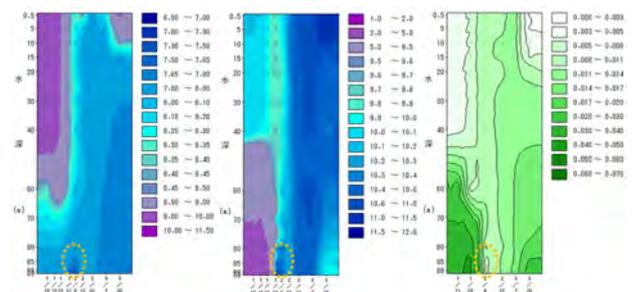


図 1 2023 年 1~3 月の水温、DO、りん酸イオン (点線の○で囲んだ部分が低温水塊)

1. はじめに

水月湖底には攪乱されていない堆積物が年縞として保存されており、古環境の分野で広く研究されている。年縞には、堆積物形成時における water column (水柱) の化学環境が記録されると期待されるが、水月湖で水柱の微量元素動態を調査した研究例はほとんどない。本研究では、水月湖における酸化還元状態の水深別変化と微量元素動態の関係解明のため、成層期である7月にサンプリングを実施し、(1) 水温・pH・電気伝導度 (EC)・溶存酸素濃度 (DO)・硫化水素濃度の鉛直変化、(2) 主要・微量元素の溶存態鉛直プロファイル、(3) 主要・微量元素の懸濁態鉛直プロファイル、を分析することとした。これまでに (1) および (2) についてデータが得られたため、その結果について報告する。

2. 材料と方法

2024年7月に水月湖で深度別の湖水試料を採取した (0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 20, 25, 30 m)。採水は水月湖の最深部付近で行った。水温の鉛直分布は、RBR社製の水温プローブにより計測した。pHとECは、各深度の湖水をバンドーン採水器によって採取したのち、ポータブルマルチ水質計 (MM-42DP, 東亜 DKK, Japan) で計測した。溶存酸素濃度はウィンクラー滴定法により定量した。湖水試料は、現場で濾過した濾過試料と非濾過試料に6 M 硝酸を1%添加して保存した。Na, Mg, K, Ca, Siについては、2%高純度硝酸で希釈したのち、ICP-AES (SPS3500, Hitachi High-Tech, Japan) により定量した。P, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Moについては、2%高純度硝酸で希釈し、ICP-MS (Agilent7700, Agilent Technology, Japan) により定量した。

3. 結果と考察

水温・pH・EC・DOのプロファイルは、全て水深5 m付近で顕著な変化を示した。ECは5 m以浅の表水層で0.498-1.381 S/m、5 m以深の深水層で2.06-

2.49 S/mであり、塩分成層が明瞭に認められた。DOは水深2.5 mで11 mg/L、5 mで5.2 mg/Lであり、7.5 m以深では0 mg/Lであった。水温は、表水層で27.1-29.5°C、深水層で14.8-15.1°Cであり、1978年に報告されたデータとほぼ一致していた (Matsuyama, 1978)。表水層におけるpHは8.4-9.03であり、活発な生物生産によるpHの上昇が示唆された。深水層のpHは6.96-7.04であり、海水の一般的な値よりも低値であることから、深水層における有機物分解の結果と推察された。

各種元素濃度は、深度分布の形状に基づき分類した。(i) 表水層で濃度が低く深水層で高い元素、(ii) 表水層より深水層で濃度が高いが、水深20 m以深で濃度が減少する元素、(iii) 表水層で濃度が高く深水層で濃度が低い元素、と定義した場合、各パターンに該当する元素としては、(i) Na, Mg, K, Ca, Si, P, Mn、(ii) Fe, As、(iii) Ni, Cu, Zn, Moが挙げられた。(i) について、Na, Mg, K, Caのプロファイルは海水と淡水の混合によって形成されたと推察される。SiとPは類似の深度分布を示したが、単純混合から予想されるプロファイルよりは表水層下部での濃度が低く、生物生産の影響が認められた。Mnは酸化的環境では酸化物として沈殿し、還元的環境では溶存する特性が深度分布に反映されたと推察される。(ii) について、FeとAsはともにEh-pH図上において、酸化的環境では固相を形成、弱還元的環境では溶存、強還元的環境では硫化物として固相を形成する。そのため、20 m以深での濃度の減少は硫化物の生成が影響している可能性があり、今後懸濁物のXAFS分析により検証予定である。(iii) については、酸化的環境でフリーイオンまたは錯体として溶存するNi, Cu, Zn, Moが、還元的環境で難溶性の硫化物として固定されている可能性がある。本研究で示した各元素の鉛直分布規制要因を評価する上で重要な硫化水素濃度と懸濁物質の化学組成は現在分析中であり、講演ではデータを加えた考察を示す予定である。

1. はじめに

窒素 (N)、リン (P)、ケイ素 (Si) などの生元素は、ダム湖において、生物・非生物粒子としての堆積により湖水から取り除かれる。この過程の定量的理解は、ダムの建設による河川下流域や沿岸海洋の生態系影響を評価する上で重要である

(Maavara et al., 2020)。N、P、Si と比較すると、微量必須元素である鉄 (Fe)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn) などの動態解析は知見が少ない。本研究では、ダム湖における微量元素挙動の系統的理解を志向し、関東地方に分布する複数のダム湖を対象に、流入河川・ダム湖内・流出河川の水の化学分析を実施した。解析対象として、一般的な湖沼の一次生産制御因子である P に加え、Zn、Cu、モリブデン (Mo)、これらの吸着媒体となる (水) 酸化物を形成する Fe とマンガン (Mn)、P や Mo と挙動が類似するヒ素 (As) を選定した。本講演では、富栄養型の亀山湖と相模湖 (曝気設備あり) に着目し、両者の比較結果を示す。

2. 材料と方法

調査は、小櫃川流域の亀山湖、相模川流域の相模湖を対象に、複数地点の河川水とダム湖水を採取した。各ダム湖において、ダム湖内および流入・流出河川の複数地点で採水し、水温、pH、EC、DO、アルカリ度を測定した。亀山湖、相模湖については、堤体付近の採取地点で深度別採水を実施し、水質パラメータは RINKO profiler (JFE advantec 社製) で計測した。非濾過試料と濾過試料を用いて、P、Zn、Cu、Mo、Fe、Mn、As の総濃度と溶存態濃度を ICP-MS (/MS) (Agilent 7700 および 8900, Agilent Technology 社製) で定量した。塩化物イオン濃度 (Cl) はイオンクロマトグラフィー (Dionex 社製) で、ナトリウム濃度 (Na) は ICP-AES (SPS3500, SEIKO Instruments 社製) で定量した。Na、Cl を保存性成分と仮定し、各流入河川の流入量を計算し、それぞれの生元素の流入・流出

フラックスを推定した。

3. 結果と考察

各水域の一般的水質として、亀山湖は EC が 0.12-0.45 mS/cm、アルカリ度が 0.59-2.9 meq/L、総 P 濃度が 7.2-110 µg/L であった。相模湖は EC が 0.14-0.16 mS/cm、アルカリ度が 0.088-0.10 meq/L、総 P 濃度が 47-93 µg/L であった。成層期における鉛直方向の水質は、亀山湖の堤体付近 (採水時最大水深: 20 m) では、水深 3 m 付近で DO が急減し、無酸素化するが、6-12 m にかけてやや DO の高い水が貫入するプロファイルが認められた。相模湖の堤体付近 (採水時最大水深: 25 m) では、10 m と 20 m 付近に躍層が認められた。深部の躍層は曝気設備の影響と推察され、DO は 20 m 以浅では 5 mg/L 以上であった。亀山湖では、Mn、Fe、As などの底泥からの溶出が顕著だが、相模湖では Mn 以外の溶出は限定的であった。

ダム湖に対する元素収支に着目して解析したところ、P および Fe、Mn は、循環期・成層期のどちらも流入水に対して流出水の濃度が高値であった。収支計算の結果から、ダム湖内に元素の発生源があることが示唆され、堆積物-湖水間における上記元素の収支に関して、現在は溶出が卓越している段階にあると推察された。Cu は、総濃度に対する溶存態濃度の比率が高い傾向があり (53-100%)、河川流路に沿った濃度変動は限定的であった。Zn は総濃度に占める懸濁態の比率が高く、湖水表層では溶存態、懸濁態共に低濃度であった。Cu と Zn は生物必須性が認められているが、生物要求量の違いや、溶存有機物との錯体安定性などが、両者の挙動の差に反映されたと推察された。P、As、Mo は、オキソ酸陰イオンとして水に溶解しやすいため、一般に溶存態の比率が他元素と比較して高く (21-100%)、相模湖ではその傾向が顕著であった。現在、これらの結果を基に、各水域における微量元素収支計算を実施し、各元素の挙動に影響する因子の抽出を試行している。

1. はじめに

ケイ素 (Si) は、一次鉱物の風化により河川を通じて海洋へ供給されるが、陸域での輸送過程では、土壤中二次鉱物への吸着、植物への吸収、停滞性水域での生物利用など複雑な過程を経る (e.g., Conley et al., 2022; Frings et al., 2016)。海外では、2000 年代序盤から様々なケイ素安定同位体比研究が展開されてきたが (e.g., De la Rocha, 2002; Poitrasson, 2017)、国内での計測例はきわめて少ない。そのため、国内でケイ素安定同位体比を安定的に分析できる環境を構築し、表層環境試料に応用する基盤を構築することは重要と思われる。本研究では、MC-ICP-MS を用いたケイ素安定同位体比分析法を整備したため、その概要を報告する。また、主に東日本に分布する 14 本の一級河川各一地点と、灌漑水の利用率が多い鬼怒川-小貝川系の上流から下流の 7 地点を対象に、国内陸水で初めての計測値を得たため、その結果を報告する。

2. 材料と方法

河川水試料は、北陸地域、東北地方南部地域、常陸地域、東海地域、近畿地域を流れる一級河川 14 本 (阿賀野川、信濃川、姫川、黒部川、常願寺川、神通川、庄川、北上川、阿武隈川、利根川、木曾川、天竜川、富士川、淀川) から採取した。河川水は、原則河口から 1 km 以上離れた主流を選択し、流路中央付近において、橋の上からロープを取り付けたバケツを投擲して採取した。採取した河川水は、硝酸洗浄した 50 mL のポリプロピレン容器に、ろ過試料を採取し、高純度硝酸 (多摩科学社製) を終濃度が 0.06 M になるよう現場で添加した。

鬼怒川-小貝川系試料は、鬼怒川流域 4 地点 (佐貫頭首工付近、氏家大橋、岡本頭首工付近、勝瓜頭首工付近)、小貝川流域 3 地点 (筑西市内、福岡堰付近、岡堰付近) で、4-8 月にかけて毎月採取した。

ケイ素安定同位体比は、Georg et al. (2006) を参考に、マトリックスの除去、Mg 外部標準法の検討、硝酸濃度の最適化を実施し、MC-ICP-MS (Neptune Plus, Thermo Fisher Scientific) で分析した。測定条件は、Si を 5 mg/L に調整した 0.5%硝酸溶液をスプレーチャンバーで導入し、高分解モードで実施した。この際、Si : Mg は 1 : 4.8 とし、両者をダイナミックモードで測定した。同位体比標準試料は、NBS-28 (石英砂) を水酸化ナトリウムにより 650

度でアルカリ溶融し、精製した溶液を用いた。ケイ素安定同位体比は、国際標準試料である NBS28 (石英砂) に対する値として 1/1000 分率で表記した。

3. 結果と考察

分析の精度と確度を評価するため、先行研究で $\delta^{30}\text{Si}$ の報告値がある PS1772-8 (大西洋海洋堆積物) および IRMM-018 (石英砂) について測定を実施した結果、前者が $+1.37 \pm 0.25\%$ (n=3)、後者が $-1.46 \pm 0.25\%$ (n=3) であった。これらは、既報値 (PS1772-8: $+1.29 \pm 0.11\%$, Maier et al., 2013; IRMM-018: $-1.606 \pm 0.008\%$, Reynolds et al., 2006) と誤差の範囲内で一致した。また、これら認証物質と、測定した天然試料から得られた $\delta^{29}\text{Si}$ および $\delta^{30}\text{Si}$ は、質量依存分別で予測される関係性とよく一致した。

測定した 14 本の一級河川における $\delta^{30}\text{Si}$ は、 $+0.7 \sim +2.0\%$ の範囲で変動した。陸域における輸送過程での変動要因として、停滞性水域における堆積除去、植生による吸収、二次鉱物へのケイ酸の固定などが挙げられており、いずれも河川水の同位体比を上昇させると報告されている (Frings, 2016)。一次鉱物の化学的風化由来の $\delta^{30}\text{Si}$ 変動幅が小さいと仮定した場合、河川水の $\delta^{30}\text{Si}$ は流域内での二次的反応の寄与が大きいほど上昇すると予想される。得られた河川水の $\delta^{30}\text{Si}$ は、流域面積が大きく低勾配な河川で高く (北上川および阿武隈川: $+1.8 \sim +2.0\%$)、流域面積が小さく急勾配な河川で低い傾向が認められ (姫川、黒部川、常願寺川、神通川、庄川、天竜川、富士川: $+0.7 \sim +1.5\%$)、予想と整合的であった。淀川は、後背地に琵琶湖を有するため、停滞性水域での珪藻発生によるケイ酸除去の影響が予想されたが、実際に高い $\delta^{30}\text{Si}$ ($+1.8\%$) が認められた。

鬼怒川-小貝川系は、農業用水の河川への還元量が多いため、 $\delta^{30}\text{Si}$ の上昇が予想された。分析が終了した 5 月のデータは、実際に $+1.7 \sim +2.6\%$ と高い範囲で変動した。今後、季節変動データを産生することにより、灌漑による陸域でのケイ酸除去の影響を評価できる可能性がある。

本研究から、河川の $\delta^{30}\text{Si}$ が流域におけるケイ酸利用の指標となる可能性が示唆された。今後、各河川における季節変動性を調べて値の代表性を評価するとともに、地質調査所標準岩石の分析などにより、一次鉱物の $\delta^{30}\text{Si}$ 変動が限定的という仮定を検証する予定である。

*渡邊隆広 (原子力機構・東濃), 山本悠介 ((株)コベルコ科研),
北村晃寿 (静岡大・理)

1. はじめに

津波堆積物は、津波により海岸や海底から運ばれ内陸域に堆積した土砂等の総称である。沿岸域の津波堆積物の分布を把握することで過去の津波の頻度、規模、浸水域を推定することが可能になる (Kontar et al., 2014)。津波堆積物を検出するため、これまでに堆積構造の解析、粒径分布及び微化石分析等が行われてきた (Engel et al., 2020)。これらの地質学的手法に加えて、近年は地球化学的手法や年代学的手法による津波堆積物の判別手法の検討が進められている (Watanabe et al., 2023)。

特に、地球化学的手法は、目視での判別が困難である泥質の津波堆積物や他の微細なイベント堆積物を検出するために重要である。これまでに、2011年の東北地方太平洋沖地震・津波による仙台平野の津波堆積物も含め、静岡平野や宮崎平野で地球化学的手法による津波堆積物の判別手法の適用を進めてきた (Watanabe et al., 2020; 2021a; 2022)。しかし、供給源がほぼ同様である津波堆積物と台風による高潮堆積物とを判別するためには、地球化学的手法のみではなく重鉱物等のデータを組み合わせて検討する必要がある (Watanabe et al., 2023)。本研究では、判別手法の高度化につなげるため、静岡大学から提供された2019年の静岡市大谷海岸における高潮堆積物について、元素組成分析と鉱物組成分析を実施した。

2. 試料と方法

本研究では2019年10月に発生した台風19号による大谷海岸の高潮堆積物を用いた (採取位置: N34° 56' 47", E138° 25' 32"; 標高8.53 m; 北村, 2021)。原子力機構 東濃地科学センターの携帯型成分分析装置 (Thermo Scientific 社製 Niton XL3t, XL5 Plus) を用いて試料中の主要元素及び微量元素の濃度を測定した。試料は不均一であることを想定し10回分にわけてそれぞれ測定した。また、標

準試料等により作成した検量線 (Watanabe et al., 2021b) を用いて、高潮堆積物から得られたデータを補正した。さらにエクス線回折装置 (リガク製 Ultima IV) により鉱物組成分析を実施した。

3. 結果と考察

高潮堆積物試料の SiO₂ 濃度は 54.5 から 59.9 mass%、TiO₂ 濃度は 0.3 から 0.7 mass%、CaO 濃度は 0.5 から 1.1 mass% であった。微量元素である Sr 濃度は 100 から 120 mg/kg、Zr 濃度は 100 から 140 mg/kg であった。これらの結果は現代の大谷海岸の表層堆積物の元素濃度範囲 (渡邊ほか, 2023) とほぼ一致した。一方、高潮堆積物試料の Cr 濃度は 20 から 1020 mg/kg と幅広く、高濃度試料については現代の大谷海岸の表層堆積物の Cr 濃度 (~100 mg/kg) と比較して10倍以上高い値を示した。過去に採取された大谷海岸のボーリングコアの深度約 60 cm 及び約 650 cm 層からは比較的高濃度 (約 500-600 mg/kg) で Cr が検出されている (Watanabe et al., 2021b)。今後、鉱物組成分析の結果も含め検討し、Cr の存在形態や供給源の推定を進め高潮堆積物に関する情報を蓄積していく予定である。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 (22K18874 研究代表者 渡邊隆広) の助成を受けて実施した。

引用文献

- Kontar et al., Tsunami Events and Lessons Learned, pp.476, 2014.
Engel et al., Geological Records of Tsunamis and Other Extreme Waves, pp.816, 2020.
Watanabe et al., Applied Geochem., 118, 104644, 2020.
北村, 静岡大学地球科学研究報告, 48, 17-21, 2021.
Watanabe et al., JMPS, 116, 140-158, 2021a.
Watanabe et al., Geochem. J., 55, 325-340, 2021b
Watanabe et al., Marine Geology, 444, 106704, 2022.
渡邊ほか, 地学雑誌, 132, 417-437, 2023.
Watanabe et al., J. Geophysics, 132, 353-361, 2023.

諏訪湖の静振

P-25

*岩木真穂 (信州大・理), 岩田拓記 (信州大・理)

1. はじめに

諏訪湖の形状は矩形のため、静振(湖の固有振動)の周期を算出しやすく、静振の研究に適した湖である。諏訪湖の水位は、1883年より調べられており、表面静振に関しては1918年に田中阿歌麿博士により記されているが、地震静振(地震により励起された静振)は扱われていない。そこで、本研究では諏訪湖における高時間解像度水位データのスペクトル解析を行い、i)成層期と非成層期の表面静振を比較し、ii)令和6年能登半島地震後の地震静振について考察した。

2. 方法

I 水位データ

長野県諏訪市の諏訪湖湖岸における水位観測値(水位計: CS451, Campbell Scientific 社製, 測定間隔は1秒)を使用した(図1)。

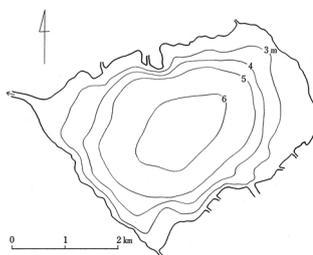


図1: 諏訪湖

使用期間は①2023/7/28

0:00 - 7/29 12:30②2023/10/25

14:00 - 20:00③2024/1/1 16:00 -

1/2 04:00 とした。①~③の期間にてフーリエ変換を行い、静振の周期を算出した。

II 水温データ 2023年2月から2024年10月にかけて水温躍層の形成の確認に水質プロジェクトの自動観測装置「すわかウォッチ」で観測されている1時間間隔の5m深の水温・溶存酸素濃度・濁度の値を使用した(図1)。

III 風向・風速・降水量データ 同期間中のアメダス諏訪の1時間値を参照した(図1)。

3. 結果と考察

湖心(水深約5m)における水温とDOより成層期を7月中旬~8月上旬とし(図2), 降雨の無い期間で、次の①~③の期間の表面静振の周期を表1に示した。

①成層時(2023/7/28 0:00~7/29 12:30)

②非成層時(2023/10/25 14:00~20:00)

③能登半島地震後 2024/1/1 16:00~1/2 04:00)

表1. 算出された静振の周期 (単位: 分, 一部秒表示)

	1st mode	2nd mode	3rd mode	Around 250 second (s)	Wind direction
①Stratified	24.7	13.1	7.5	262 (s)	WNW, NNW
②Not stratified	23.1-24.0	13.1-13.3	7.5	261-263 (s)	W, NW
③Seismic	22.5-23.3	12.9	7.6(weak)	242, 285-286 (s)	W after SSE
Tanaka(1918)*	20.8	16.8	9.2		

注) 太字は最も強かった応答。

*田中阿歌麿(1918) 湖沼学上より見たる諏訪湖の研究(上巻)

表面静振に関しては、水温躍層の存在により周期が僅かに長くなる可能性が示唆された(表1)。地震静振に

関しては、地震後には(通常時の)表面静振よりも振幅が大きかった(図3)。特に、240-280秒近辺の周期が強く表れていた。レイリー波の群速度は、周期240秒付近で最大となることから、レイリー波の強制振動による周期であることが示唆された(図4)。

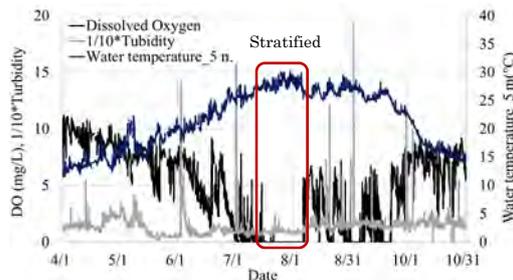


図2: 諏訪湖の湖心での水温, DO, 濁度

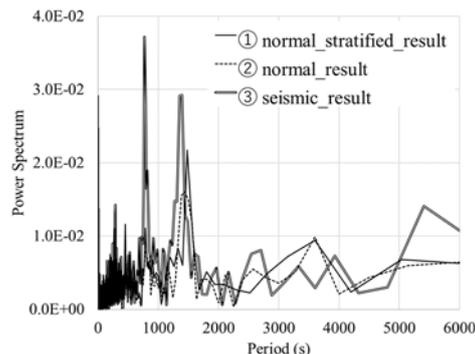


図3: 表面静振と地震静振の比較

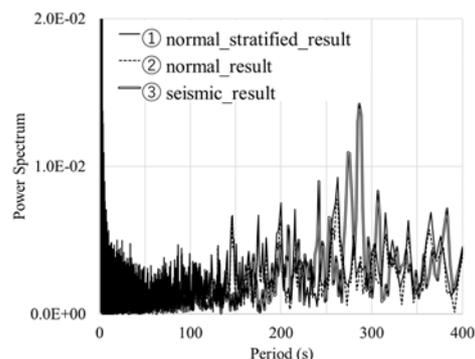


図4: 200-300秒付近の静振の比較

4. まとめ

成層期と非成層期の表面静振の第1~3モードを確認し、令和6年能登半島地震後の240秒付近の表面波による強制振動を捉えることができた。しかし、これまでに確認されていない表面静振の260秒付近の周期との区別と内部静振の確認が今後の課題である。

謝辞: Suwa Smart Society 5.0「すわかウォッチ」の水温・濁度・溶存酸素濃度のデータを使用しました。気象データは気象庁のアメダスのデータを使用しました。ここに深く感謝いたします。

*永田貴丸, 井上栄壮, 渡辺圭一郎, 黛福信 (琵琶湖研)
霜鳥孝一, 高津文人 (国環研)

1. はじめに

近年、国内外の多くの湖沼では、気候変動の影響で数日から数か月の貧酸素化 (<2 mgO₂ L⁻¹) が頻発している。その様な湖沼では、湖底に生息する底生動物が貧酸素で死亡し、減少している。国内では、琵琶湖の深湖底で、貧酸素化に起因するヨコエビ類等の底生動物の減少が報告されている。気候変動が年々顕在化する中、今後も、琵琶湖深湖底の底生動物は、気候変動による貧酸素化の悪影響を避けられず、減少する可能性が高い。よって、「琵琶湖の保全及び再生に関する法律」に則り、底生動物の減少によって琵琶湖生態系に生じるリスクを評価することが緊急課題である。

底生動物の多くは、湖底に生息して有機物を食べる腐食連鎖に組み合っており、有機物の消費・排泄を通して湖底の栄養塩循環に寄与すると考えられる。しかし、国内湖沼では、この様な底生動物の機能は十分に認知されておらず、その機能に関する知見は限られている。好気環境に生息する底生動物が、貧酸素化の頻発で減少すると、彼らの物質循環への貢献が低下し、好気環境に戻った後の湖底の栄養塩循環が失速する恐れがある。本研究では、底生動物の減少が琵琶湖生態系にもたらすリスク評価に向け、琵琶湖深湖底に生息する底生動物の栄養塩循環への寄与を評価した。

2. 材料と方法

底生動物による栄養塩循環への寄与を評価するため、スジエビ、アナンドールヨコエビ (以降、ヨコエビ)、ピワオオウズムシ (以降、ウズムシ)、イトミミズの4種を用いて、各底生動物の摂食速度と、摂食と排泄を通して水中に放出される溶存態全窒素 (DTN)、溶存態全リン (DTP)、溶存無機態窒素の NH₄-N、溶存無機態リンの PO₄-P の各量との関係を調べた。実験時の各底生動物の餌については、スジエビとヨコエビは、琵琶湖の深湖底から採取した浮泥中の 250 μm 以上の有機物、ピワオオウズムシはミジンコ (*Daphnia pulicaria*)

の死骸、イトミミズは琵琶湖深湖底の底泥の有機物とした。スジエビ1個体、ヨコエビ5個体、ウズムシ8個体を、それぞれの餌と実験水 (濾過除菌+オートクレーブ滅菌済みの脱塩素水道水) が入った容器に導入した。各底生動物を導入してから約24時間後、各底生動物を容器から取り除き、実験水中の DTN、DTP、NH₄-N、PO₄-P を測定した。また、容器に残った食べ残しは、予め熱処理 (450°C、5h) と 1N 塩酸処理で有機物と栄養塩を除去した GF/F フィルターに載せ、50°C で乾燥させた後、炭素 (PC)、窒素 (PN)、リン (PP) を測定した。一方、イトミミズについては、20個体を底泥と実験水の入った容器に導入し、餌の底泥有機物を一定期間食べさせた後、新しい実験水が入った容器 (餌なし) に移し替え、その約24時間後に実験水中の DTN、DTP、NH₄-N、PO₄-P を測定した。イトミミズの摂食量は、底泥を食べさせる前と、食べさせた後の乾燥重量で評価した。各底生動物の実験には、それぞれの底生動物のみを入れた系、餌のみを入れた系 (イトミミズは除く)、実験水のみを入れた系 (イトミミズは除く) といった対照系も作成した。そして各処理系の測定値を使い、摂食速度 (イトミミズは摂食量)、DTN、DTP、NH₄-N、PO₄-P 放出速度を求めた。

3. 結果と考察

実験の結果から、今回扱った底生動物4種は、摂食と排泄を通して水中に無機化した窒素 (NH₄-N) を放出することが分かった。4種のうちスジエビとヨコエビは、水中に無機化したリン (PO₄-P) も放出した。以上の結果から、スジエビ、ヨコエビ、ウズムシ、イトミミズは、琵琶湖の深湖底と湖水間における栄養塩循環に寄与していると考えられた。

4. 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP21K05742 と、環境省・(独) 環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (JPMEERF20232M02) により実施した。

Microcystis 調理土着生態系修復法による富栄養化防止対策 (アオコを原料にアオコ発生防止)

*井芹 寧・郝 愛民・沈 宁・趙 敏 (温州大)・刘 鑫 (広西科院)
陳 劍鷹 (浙江伟达园林)・菊地 淳 (理化学研)

1. はじめに

近年、高温域に増殖能力のある *Microcystis* によるアオコが、地球温暖化に伴い増加傾向にある。*Microcystis* は Sheath という多糖類粘質中に細胞群体を形成する。Sheath 形成能は、動物プランクトン等による捕食や、細菌等による分解に対する防護作用を有すると同時に、共生細菌育成、栄養物質の生産貯蔵の提供場の機能を担い、*Microcystis* が優占的に増殖する主要因とされている。

本手法は、加圧・攪乱・急減圧・衝撃による複合的物理的作用で Sheath を破壊し、アオコの優位増殖機能を喪失させることで生物多様性の高い水域を形成する。なお、主機能として、中・小型の動物プランクトンにとって捕食不可能なアオコ群体を細胞レベルに分散化捕食可能なサイズに加工し、動物プランクトンに提供することを目的とすることから、ここでは、処理ではなく、生態調理(以下「調理」という新定義を使用する。

2. 材料と方法

アオコの調理試験にあたり、複合物理作用を持つ生態調理船(Fig. 1)と陸上実験施設を製造した。



Fig. 1 アオコ生態調理船

調理による水域生態、水質改善効果の検証を目的に、中国太湖において、太湖の約 1/10,000 面積にあたる約 20 万 m²と、650 m²の大小のメソコズムを建造し、延べ1~2週間程度の調理前後で、最長2年間にわたる定期調査を実施し水質及び生態的改善効果の検証を行った。また、室内実験により *Microcystis* 及び Microcystin の捕食分解作用の定量を行った。

3. 結果及び考察

Sheath 破壊、細胞分散の効果により、メソコズム内で、*Microcystis* 現存量の低下、魚とエビ類への死防止効果、エビ、貝類の育成効果が観察された。室内培養試験において、各種生態一次上位、

下位生物群による捕食、分解促進効果が確認された(Fig. 2)。また、調理後翌年の底質からの初期 *Microcystis* 浮遊活性化量も 1/4 に抑制され、長期的に生態改善効果が得られる可能性が示された。

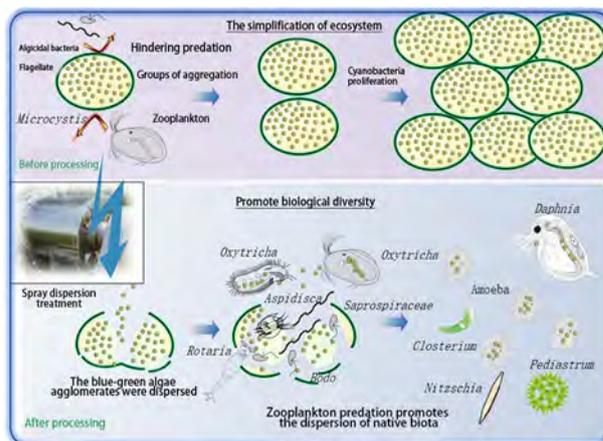


Fig. 2 Sheath 破壊による捕食分解促進結果

細胞分散化により *Microcystis* の捕食が可能となった土着カイミジンコが増殖し *Microcystis* の効果的な減少に寄与したこと。土着水生植物根圏から分離した細菌による *Microcystis* の溶藻作用が確認されたこと。アオコ発生水域に棲息するイケチヨウガイにおいて、未発生水域棲息個体との RNA シーケンス比較により毒素分解酵素生産機能の発現が確認され、分散化されたアオコ細胞を効率的に捕食したこと。等の実験結果から、アオコ群体の Sheath 分解、分散化が初期駆動要因となって、土着生態系の捕食、分解作用が促進されることで生態系物質動態が改善し、土着生態系の本来の機能でアオコの発生を抑制する可能性が示された。

Microcystis 調理土着生態系修復法は、外界から生物や化学物質は全く持ち込まず、その毒素の分解促進作用と同時に、食料となる水産生物群の生産量増加を導くことから、自然生態系の仕組みにマッチした、人も食物連鎖網の一員として貢献できる生態的水環境改善法として期待される。

なお、本研究は国家重点研究プログラム「中国科技部-日本理化学研究所合作項目 2018YFE0103700」の国際研究助成で実施された。

1. はじめに

新潟県三条市にある吉ヶ平大池は越後山脈に属する守門岳の北斜面に位置し、水面標高 475 m、面積 2.0 ha、最大水深 13.8 m、平均水深 3.3 m の湖沼である。周囲は崩落地や地滑り地域となっており、地滑りでできたくぼ地に湛水した湖であると言われている。例年 11 月下旬から翌年の 5 月上旬まで積雪があり、最高積雪量は平均で 460 cm である。常時流入する河川は見られないが、雨などが降ると池の南側から細流が流れ込む。また、池内にもごく小規模な湧水部が認められる。流出は池の東西に小河川が見られる。池の西岸は湿地状となっており、古くは水田として利用したこともあるが、現在はミツガシワ、マコモなどが繁茂する。魚類が放流された記録はないが、コイ、フナが生息している。本池の陸水学的研究に関しては新潟県水産試験所 (1920)、新潟県 (1979)、福原ら (1984) があり、その中で基本的な環境要因について報告されている。福原 (1984) は 5 月～12 月の層別の水温の結果から本池は年 1 回秋に湖水が循環すると推測しており、その結果湖底付近に貧酸素層が発達し、貧酸素耐性の強いフサカ幼虫が優占する特徴的な群集構造をもつと考察している。しかし実際には早春の水温は測定できておらず、本当に年 1 回の循環であるかは確認されていない。また、動植物プランクトンの季節変化から富栄養化が進行していると報告されているが、その後 40 年近い年月が経過しており、現在の状況は不明である。そこで水温の循環パターンを明らかにすること、動物プランクトン相を明らかにすることも目的に調査を行った。

2. 方法

湖心部 (水深 13 m) のところに定点を設定し、2022 年 7 月～11 月、2023 年 6 月～10 月にかけて月 1 回の調査を行った。測定と採水は水深 0 m、2 m、4 m、6 m、8 m、10 m で行い、水温、溶存酸素濃度、pH をそれぞれの水深で測定し、採

水した。

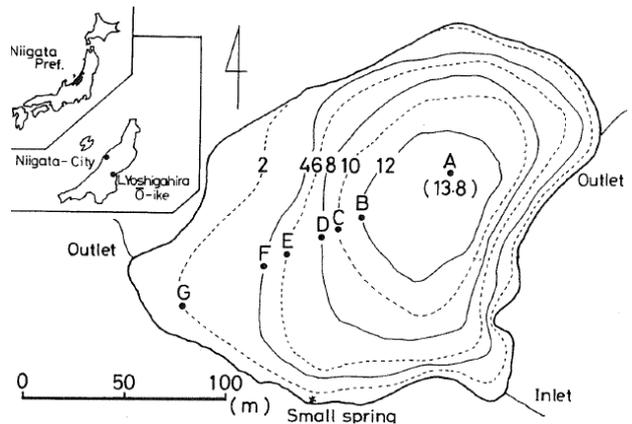


図 吉ヶ平大池の図 (福原 (1984) より引用)

水は実験室に持ち帰ってクロロフィル *a* 濃度の測定に用いた。併せて湖心部にて透明度と透視度も測定した。また、湖心に水温ロガーを 2022 年 11 月に設置し、0 m、2 m、4 m、6 m、8 m、10 m の水温を 2024 年 6 月まで毎日 1 時間ごとに測定した。

動物プランクトンの採集も湖心にて行い、水深 0 m、2 m、4 m、6 m、8 m、10 m において湖水を 18 L 採水し、それをメッシュサイズ 40 μm のネットで濾すことによって行った。得られた試料はエタノールで固定し、実験室に持ち帰って検鏡し、同定と計数を行った。

3. 結果と考察

湖心に設置した水温ロガーで表層水温は 2.70～30.20 $^{\circ}\text{C}$ で変化し、底層水温は 4.03～7.20 $^{\circ}\text{C}$ で変化した。秋は 11 月～12 月の間に全層等温になるものの、春は 4 月の短期間しか等温にはならなかった。溶存酸素量も 6 月の段階で 3.08 mg/L と貧酸素で、春の循環は不十分であることが示唆された

クロロフィル *a* 濃度は、水深 6 m 以深で高い値を取り、水深 8 m が最大になるという特徴的な垂直分布がみられた。動物プランクトンはワムシ類が多く検出され、枝角類ではゾウミジンコが多くみられた。

* 葛原仁平, 保月勇志, 吉舎直輝, 田中宏和 (福井県衛生環境研究センター)

1. はじめに

福井県的美浜町と若狭町にまたがる三方五湖は、日向湖、久々子湖、菅湖、水月湖、三方湖の5つの湖からなり、それぞれの異なる水質環境により多様な生態系が構築されている。2005年11月には、湿地としての重要性が認められラムサール条約登録湿地に認定された。

三方五湖のうち、最も上流に位置する三方湖は、水深2m程度の浅い淡水の富栄養湖である。かつては頻繁にアオコが発生していたが、近年では夏になると、水草植物のヒシが湖面を覆うほどに繁茂し、例年刈り取りが行われていた。しかし、直近はヒシが衰退し、植物プランクトンの種構成の変化がみられる。このように、三方湖は水圏生態系の変化について注目されている。

植物プランクトンは湖水の有機汚濁の主要因の一つであるとともに、一次生産者として水圏生態系の基底をなす生物である。そのバイオマス量や種構成は、湖沼の水質や水圏生態系を左右する。三方湖の主要流入河川である鱒川(はすがわ)は、その流域に森林のほか、水田、畑、住宅および事業所がある。このため、これらの排水や処理水中に含まれる栄養塩や農薬をはじめとする化学物質は、鱒川を通じて三方湖に流入し、湖内植物プランクトンに影響を与えると考えられる。

今回、流入河川水が湖内植物プランクトンの生長に与える影響を明らかにするため、鱒川を対象に、藍藻 *Microcystis aeruginosa* を用いた生長阻害試験を行った。

2. 材料と方法

2.1 試料

試料は2023年4月から2024年3月にかけて、月1回の頻度で、鱒川の末端に近い上口橋付近で採水した(計12回)。冷暗条件で実験室に持ち帰り、1 μ m ガラスフィルターおよび0.22 μ m メンブレンフィルター(PVDF)でろ過したものをステンレス容器に入れ、試験まで-30 $^{\circ}$ Cにて冷凍保存した。

2.2 藻類生長阻害試験

藻類生長阻害試験の試験条件は、事業場排水の管理方法として米国などで採用されている全排水毒性(Whole Effluent Toxicity: WET)試験を参考に設定した。ただし、試験に用いる藻類は、WET試験において広く用いられている緑藻のムレミ

カヅキモ(*Raphidocelis subcapitata*)が三方湖で確認されていないことから、過去に三方湖で優占種となった藍藻 *Microcystis aeruginosa* と同種の株を国立環境研究所微生物系統保存施設から分譲を受けて使用した。また、一度に多くの検体を試験するため、セルカルチャープレートによる培養法を採用した。試験は、試料濃度を80%、40%、20%(n=3)に設定した。解析は、Dunnnett検定により対照区との有意差を求め、有意差がなかった濃度区 of 最高値を最大無影響濃度(NOEC)とした。

2.3 水質分析

各種水質分析を行い、金属と農薬については、測定した各物質の濃度から生物への毒性を予測した。毒性予測は各測定値を環境省HP等で示された藻類のNOECで除して毒性予測値 Hazard Quotient(HQ)を求めることにより行った。

3. 結果と考察

生長阻害試験の結果を表に示す。12試料のうち、7試料においてNOECが40%となり、三方湖流入河川が一定程度、藻類の生長を阻害することが示唆された。しかし、この結果は県内の他湖沼の流入河川の調査結果¹⁾と比較して、毒性は低かった。

一方、水質分析では、農薬が春季の代掻きや田植えが行われる時期に高濃度で検出され、特に除草剤によるHQが1.1程度の高値を示した。以上から、生長阻害試験と水質分析結果との間に単純な関連性は見出せなかった。

表 各試料の生長阻害試験結果

採水月	NOEC	採水月	NOEC
2023年4月	>80%	2023年10月	40%
2023年5月	>80%	2023年11月	>80%
2023年6月	40%	2023年12月	>80%
2023年7月	>80%	2024年1月	40%
2023年8月	40%	2024年2月	40%
2023年9月	40%	2024年3月	40%

※本研究は、文部科学省「特別電源所在県科学技術振興事業費補助金」により実施した。

【参考文献】1)保月勇志, 吉舎直輝, 田中宏和: 北潟湖流入河川の藍藻 *Microcystis aeruginosa* を用いた生長阻害試験, 第57回日本水環境学会年会講演集, pp.515 (2023)

水中の餌にはどれくらいセルロースが 含まれているのか？：レビュー

*石川俊之（滋賀大・教育）

1. はじめに

水生動物にとって餌の質と量は、成長・繁殖に大きくかかわる環境条件であり、その動物の分布や行動に影響を与える重要なものである。

本発表では、餌の質の一つであるセルロース含有量に注目する。セルロースはでんぷんに代表されるアミロース類と同じ元素組成でありながら、結合の仕方から動物にとっては分解しにくい物質と考えられてきた。生態化学量論では、元素ベースで大半の生物には炭素は過剰であると考えられるが、消化できて過剰なのか、消化できずに過剰なのかは動物にとっての餌の質の意味が異なる可能性がある。窒素やリンといった制限元素を包む「お弁当箱」が固いか否かという議論である。

水生動物がセルロースを分解できるかは、1970年代から少しずつ報告があったが、2000年以降研究が進み、それまでよりも広い生物がセルロース分解能を持つことがわかってきた。一方で昨年度の陸水学会で発表者が報告したように、成長に伴いセルロース分解能が低下する生物（ザリガニ）や、近い分類群の中でセルロース分解能が極端に低い生物の存在が検出されるようになってきた。

これは、餌に含まれているセルロース量が異なることを反映しているものと解釈したいのだが。一方で、水生動物の餌となりうる有機物、例えば水草や微細藻類のセルロース含有量の情報が非常に少ないことがわかってきた。

そこで、文献検索を行い水生動物の餌となりうる有機物のセルロース含有量の報告例を収集することとした

2. 材料と方法

Google scholar, CiNii, PubMed, 複数の英文出版社のウェブサイト検索等を用いて、物質を表す語句（cellulose, carbohydrate, polysaccharide 等）と餌の

候補を表す語句（algae, macrophyte, sediment 等）を組み合わせて検索を行い、文献を入手して内容を精査した。

3. 結果と考察

収集した文献からデータをまとめているところであるが、近年高分子材料としてのセルロース源として微細藻類や水草に注目が集まっていることを指摘しておきたい。図は PubMed を用いて、"alga and cellulose"で検索したヒット数を年代別に表したものである。

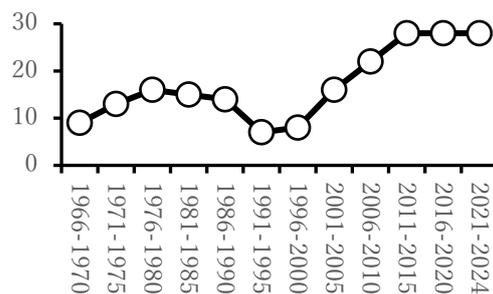


図 PubMed を用いて検索した論文数の推移

2000年代までは生理学や生化学分野の研究が多く含まれていたのに対し、2000年以降は高分子材料としての工学的な分野の研究が多くなる傾向がみられた。

水草類と藻類ではおおむね水草のほうがセルロース含有量が高い傾向がみられたが、緑藻の中にはセルロース含有量が多糖類中70%を超える報告もあった。ただし、高分子材料として意図的に培養された報告が含まれていることは留意する必要がある。

一方、近年研究例が増えているにもかかわらず自然湖沼・河川の報告が皆無であることも指摘しておきたい。

琵琶湖湖辺における住民による シジミ類等の生息環境改善活動

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

1. はじめに

湖沼の生態系保全において重要な場の1つとして、大部分の生物が生息する湖辺があげられる。琵琶湖湖辺、特に南湖では沈水植物（水草）の過剰繁茂等による泥質の堆積が指摘されており、シジミ類等の底生動物の生息環境の観点から、良好な砂地環境の確保に向けた対策が求められている。演者らは、湖辺の生息環境改善を図るため、住民参加により2017年7月から、琵琶湖南湖湖辺において過剰に繁茂した水草の除去や湖底耕耘とともに、その効果を確認するための底質、底生動物、貝類の現状把握調査を実施してきた（井上ら, 2022: 本学会第86回大会）。2023年4月には、住民有志による「里湖シジミの会」が結成され、住民が主体的に実施できる活動内容に絞り込み、演者らが支援する形で継続している。本講演では、活動場所における2024年7月時点までの貝類の生息状況の変遷等について報告する。

2. 材料と方法

2017年7月から2024年7月現在まで、琵琶湖南湖の湖辺（滋賀県大津市柳が崎）に設定した活動場所において、水草伸長期の7月～9月は毎月2回、その他の月は毎月1回、住民参加による生息環境改善活動として湖底耕耘と水草除去を継続している。除去した水草は、湿重量を測定した後、目視で大まかな種構成を判別した。

上記の活動を実施した耕耘区と、隣接する未実施の対照区において、貝類調査を2017年7月から3か月毎に継続している。貝類は、湖底に50cm四方の方形枠を設置し、枠内の表層5cm程度までの底質を1回採集した後、目合2mmのふるいでふるい貝類を選別・計数した。採集された貝類は全個体の湿重量を電子天秤で測定し、シジミ類については全個体の殻長もノギスで測定した。

3. 結果と考察

活動開始時の2017年7月におけるシジミ類の殻

長分布は、耕耘区・対照区ともに大部分が殻長10mm以下であった。その後、活動開始から1年後までの4回の調査で採集されたシジミ類の殻長分布は、耕耘区では対照区より10mm以上の個体が多かった（図1）。本活動により、耕耘区ではシジミ類稚貝の生残率が上昇した、または殻長10mm以上の個体の定着を促進した可能性がある。しかし、2018年9月に大津市での観測史上最大風速を記録した台風が通過した後、耕耘区、対照区ともに破壊的な攪乱を受け、シジミ類の採集個体数が急減した。2019年以降は増減を繰り返し、2021年以降はおおむね耕耘区の採集個体数が対照区より多かった。2024年7月は、特に耕耘区において殻長5～7mm程度のシジミ類が急増し、採集個体数は上記台風前の水準に達した。

本学会第86回大会では、耕耘区の底質は対照区より粒径が大きく、泥質の堆積が抑制されたことを報告した（井上ら, 2022）。このことが、耕耘区におけるシジミ類の生息環境改善につながったが、シジミ類の増減は台風等による底質の攪乱、猛暑や酷寒等による水温変動、餌となる植物プランクトンの発生状況等、さまざまな要因の影響を受けると考えられる。今後も本活動を継続するとともに、住民の主体性を促進する支援のあり方を検討する。

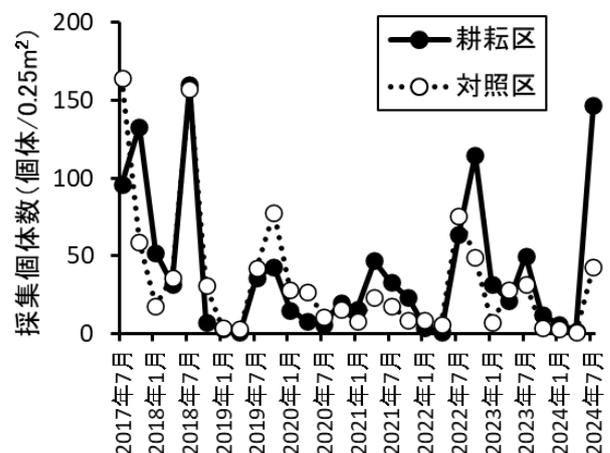


図1 琵琶湖南湖湖辺の耕耘区・対照区におけるシジミ類採集個体数（2017年7月～2024年7月）。

水田の湛水開始時期はカエル類の分布に影響するか？

: 衛星画像を用いた生息適地推定

*安野翔（埼玉県環境科学国際センター）、藤田宏之（埼玉県立川の博物館）
大和広明（埼玉県環境科学国際センター）

1. はじめに

水田はカエル類の繁殖場所や幼生の成育場所として機能する。水田の湛水時期は、農法や栽培水稻品種等の条件によって大きく異なるが、湛水期間がカエル類の繁殖時期とある程度一致しなければ、水田での個体群存続が危ぶまれる可能性がある。本研究では、田植え時期が水田間で大きく異なる埼玉県北部・東部において、天候の影響を受けない合成開口レーダ（SAR）で撮影された画像から湛水開始時期を推定し、生息適地モデルを構築することで湛水開始時期とカエル類の分布の関係を明らかにする。

2. 材料と方法

2-1. 衛星画像による湛水開始時期推定

ヨーロッパ宇宙機関が無償公開している SAR 搭載衛星の Sentinel 1（回帰日数 12 日、解像度 10m）を利用し、埼玉県北部・東部における各水田圃場の湛水開始時期を推定した。湛水直後の水田では後方散乱係数が顕著に低下するため、湛水開始時期推定に用いることができる。光学衛星 Sentinel 2 との同日撮影データを用いて正答率を評価したところ、VH 偏波で閾値を -23.1dB に設定したところ高い正答率（85.1%）が得られた。2022 年の各水田圃場のポリゴンに 4~7 月に撮影された SAR 画像の VH 偏波後方散乱係数の平均値を格納し、対象期間内に初めて閾値を下回った時期を湛水開始時期とした。湛水開始時期は、最終的に 4 カテゴリー（4 月~5 月上旬、5 月中下旬、6 月上旬中旬、6 月下旬以降）に分類した。

2-2. カエル類の分布調査

2024 年 5~6 月の夜間に上記の対象地域内の 121 地点において、カエル類の鳴き声を 3 分間聴き、確認された種を記録した。

2-3. 生息適地モデル構築

対象地域内の 3 種類のメッシュ（250m、500m、750m）に湛水開始時期ごとの水田面積、市街地や森林、河川といった土地利用ごとの面積を格納し、カ

エル類の分布データとともに MaxEnt にて生息適地モデルを構築した。各出力結果に対し、Maximum training sensitivity plus specificity を閾値とし、種ごとの潜在的な生息適地を可視化した。

3. 結果と考察

湛水開始時期の推定結果を地図上で可視化したところ、湛水が早い水田は東側、遅い水田は西側に分布していることが確認できた。熊谷市、深谷市等では 6 月下旬以降に湛水される水田が多く、田植えの最も遅い米麦二毛作水田と推測される。

カエル類については、合計 3 種が確認された。ニホンアマガエルと国内移入種のヌマガエルは対象地域内のほぼ全域で確認されたのに対し、トウキョウダルマガエルは湛水開始の早い東側に主に分布し、二毛作水田が多く見られる熊谷市、深谷市等では確認できない地点が多く見られた。

生息適地モデルの AUC はいずれの種やメッシュサイズにおいても 0.7 以上であり、特に 250m メッシュを用いて構築したモデルでは、いずれの種においても AUC は最も高い値を示した（0.865~0.898）。モデルへの寄与率の高い環境要因としては、市街地、森林、水田（湛水開始が 4 月~5 月上旬、5 月中下旬、6 月上旬中旬の 3 カテゴリー）が寄与率 10% を超えるケースが多かったが、湛水開始が 6 月下旬以降の水田の寄与率は限定的であった。

ニホンアマガエルとヌマガエルの生息適地と判定されたメッシュは、対象地域内の水田地帯に広く分布していた。一方、トウキョウダルマガエルにおいては、湛水開始の遅い二毛作水田が集中する熊谷市、深谷市周辺で生息適地が少ない傾向にあった。本種の繁殖時期は一般的に 4~7 月頃と言われるが、これらの地域では湛水開始が本種の繁殖最盛期よりも遅いため、繁殖場所として機能しづらいことが要因であると推察される。

農業水路の水環境における マイクロプラスチック汚染実態

近藤美麻, *相子伸之 (大阪環農水研)
田中周平 (京大院・地環)

1. はじめに

マイクロプラスチック (MPs) は様々な環境において検出され、それらを生物が取り込むことによる影響が懸念されている。都市部を流れる農業水路は人為的影響が強い水域であり、MPs による汚染が懸念される。また、農業水路は魚類や貝類といった様々な水生生物の生息場所としても機能しており、環境中に存在する MPs がそれらの生物中に取り込まれることも予想される。本研究では、大阪府内の農業水路において、水、水中の基質の付着物および摂餌等に伴いそれらを体内に摂取すると考えられる貝類に含まれる MPs の実態調査を行い、汚染実態を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

調査は 2023 年 3 月に大阪府高槻市の農業水路において行った。水路はコンクリート 3 面張で流速は検出下限値 (0.015 m/s) 以下、水深 9.5 cm、底質の堆積厚は 5.0 cm であった。採水はポンプで吸い上げることにより行い、目合い 100 μm のプランクトンネットで濾過し収集物をサンプルとした。濾水量は 10 m^3 とした。水中の基質の付着物については、調査日の約 2 か月前に調査地点の底質上にコンクリートブロック (19.5 \times 19.0 cm) を設置し、調査日にその表面に生育した藻類やバイオフィーム等をシュロ製のタワシで削り取ったものをサンプルとした。貝類は同地点に生息するヒメタニシ 3 個体とイシガイ 2 個体をサンプルとして採集した。

各サンプルは H_2O_2 を加えて 55 $^\circ\text{C}$ で数日間有機物を分解した。その後目合い 100 μm のプランクトンネットでろ過し MPs の候補を得た。これらの候補は、実体顕微鏡下で長径および短径を計測し形状 (繊維、フィルム、粒子) と色を判別した後、ATR-FTIR 装置 (Agilent Cary 630 FTIR) を用いて成分分析を行った。検出器にはダイヤモンド ATR を用いたが、付着物中に含まれていた黒色粒子が検出エラー

となったため、同様の特徴をもつ粒子についてはゲルマニウム ATR を用いた分析を行った。ライブラリは Agilent Micro Lab FT-IR ソフトウェアのライブラリを用い、ヒット率 0.6 以上を判定基準とした。貝類は殻から軟体部を分離して 10 % (w/v) -KOH 溶液を加え、55 $^\circ\text{C}$ で数日間有機物を変性させた後に上記の処理を行った。

3. 結果と考察

水から検出された MPs の個数密度は 10.9 個/ m^3 、単位面積あたりに換算した付着物に含まれる MPs 個数密度は 2,130 個/ m^2 であった。各サンプルに含まれていた MPs の成分組成をみると、水ではポリエチレン (PE)、付着物では合成ゴムが最も高い割合を占めた。形状はどちらも粒子が最も多かった。色は水では灰色が最も多く、ほとんどが PE の粒子であった。付着物では白色が最も多く、成分はポリプロピレンや PE 等多様であった。貝類ではすべての個体から MPs が検出され、その数はヒメタニシで平均 1.7 個/個体、イシガイは平均 2.0 個/個体であった。成分はナイロン、ポリプロピレンあるいは PE であり、形状は粒子あるいはフィルム、色は透明あるいは白であった。

以上の結果より、本研究で対象とした農業水路の水や付着物の中には MPs が多数含まれる一方で、貝類からの検出量はわずかであった。水や付着物中に存在する MPs がそもそも貝類の体内に取り込まれていないか、取り込まれたとしても速やかに排出されるのかは本研究からは明らかでないが、少なくとも本研究で対象とした 100 μm 以上の MPs が貝類の体内に蓄積される可能性は低いと考えられた。

4. 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 22KK0059 の助成を受けたものです。

ヒゲナガカワトビケラ幼虫の捕食行動の観察 システムの開発と解析

*蓮田裕一（帝京大・理工）、山口修平（帝京大・理工）
多賀楓真（帝京大・理工）、天城史穂（帝京大・理工）

1. はじめに

ヒゲナガカワトビケラ科の幼虫は魚類などの河川水生動物の餌として、河川動物生産の問題を考える際に重要な種類である。ヒゲナガカワトビケラの幼虫から成虫までに関する研究は古くから進められており（西村・大串（1958）；青谷・横山（1987））、摂食生物学の観点から幼虫の消化器官内の内容物を明らかにしている。新名（1995）は、ヒゲナガカワトビケラ 5 齢幼虫の消化管内容物がデトリタスや珪藻の他に動物質が 24.9% 占められることを報告している。トビケラ類の腸内容物のサンプリングと $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ の安定同位体分析から、幼虫の餌を明らかにする事例は多く見受けられるが（Doucett（1999）、Miess, Chrisikos and Strand（2022））、実際に食べている状態の観察記録と照らし合わせた報告は少ない（Mecom（1972）、Aoya（2018））。

本研究では昼夜を問わず観察が継続可能な赤外線カメラを搭載したロボットを活用した観察の自動化・無人化を試みた（蓮田・和地 2023）。さらに、対象物を特定するための技術である画像解析・人工知能 AI を用いて観察を行うシステムを開発し、同幼虫が生きているカゲロウ幼虫を襲い捕食することを確認している。

2. ヒゲナガカワトビケラ幼虫の捕食行動の観察

Raspberry Pi の赤外線カメラを自由に動かせる撮影ロボットを用いて捕食行動を観察した。ヒゲナガカワトビケラ幼虫が創成したネットに流れ着いた藻類を食べている様子を図 1 に示す。ヒゲナガ幼虫



図 1 流下藻類を食べているヒゲナガ幼虫

はほぼ一日中、休みなく流下藻類を食べていた。人工水路で飼育する場合、エサとなる流下藻類の供給が不足することがある。そこで、海水産の藻類も食べるのか実験を試みた。ワカメを十分に水につけてから、その欠片をヒゲナガ幼虫の巣に流し入れた。ヒゲナガ幼虫はワカメを勢いよく食べ、自身のネットに付着した藻類に関心が無くなっていた（図 2）。

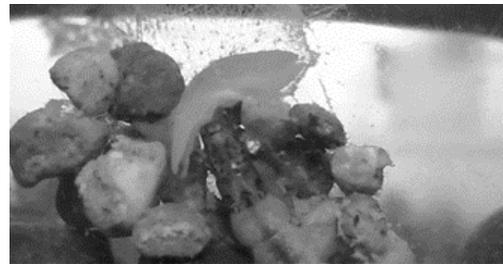


図 2 ワカメを食べているヒゲナガ幼虫

水流とともにネットに流れ着き、動けなくなったモンカゲロウをヒゲナガ幼虫が襲い掛かり食することなど（図 3 参照）、観察ロボットはヒゲナガ幼虫が動物を好んで食べていることも明らかにしている。特に、4 齢と 5 齢幼虫の時に肉食性が増す傾向がみられ、新名（1995）や Wallace（1975）が造網型トビケラの Hydropsyidae 幼虫の食性で示した知見と合致している。



図 3 モンカゲロウを襲い食べるヒゲナガ幼虫

*河野蒼衣, *松村唯斗, *末永知久, *湯地尚紀, *杉本青優,
*島崎遥, *石田結大, *藤井航貴, *塚本葵月 (真和高・生物部)

1. はじめに

江津湖は熊本市東部に位置しており全長 2.5km、周囲 6km、水面面積約 50ha の湖である(熊本市 HP)。1 日約 54 万トンの地下水が湧き出ている全国有数の湿地であり、環境省から「日本の重要湿地 500」に選定される豊かな自然環境を有している。江津湖は熊本市民にとって身近な自然環境であり、憩いの場となっている。浅川ら (1995) の研究では、1 年を通して水温を 2 か月ごとに計測したところ、江津湖の水温は、18℃前後で一定であると述べられていた。しかし日々の活動で、江津湖の水に入った際、冷たく感じる時とそうでない時があったため、江津湖の水温は一定ではない可能性があると考えた。浅川らの研究では 2 ヶ月ごとの水温を計測していたが我々は、より詳細な江津湖の水温を調査することにした。さらに他の環境要因についても調査し、江津湖の環境を明らかにすることを目的とする。また、調査を進める中で環境についての長期的かつ詳細なデータを収集することで、デジタルツインというものを作成できることを知った。そして最終的にデジタルツインの作成を目標にした。

2. 材料と方法

上江津湖の江藤ボートハウス、下江津湖のボート部合同艇庫の 2 か所にデータロガーを設置した。水深 30cm と 80cm の水温をそれぞれ計測した。データは本体から携帯会社の回線を利用して収集した。データロガーは H・I システック様より提供いただいた。上江津湖では 2022 年 5 月 24 日から、下江津湖では 2022 年 6 月 11 日から計測を始め、2 時と 14 時に計測した。また、2023 年 9 月 27 日からは 2 時、6 時、10 時、14 時、18 時、22 時に計測した。気温、降水量、日照時間のデータは気象庁のデータから引用した。

3. 結果

降水にともなう水温の変化が見られた。計測時刻の直前に雨が降ると水温が上昇または低下した。降水による水温の変化は最大で約 6℃であった。気温の変化にともなう水温の変化がみられた。水温と日照時間の間には関係性は見られなかった。また約 2 年間毎日計測したデータは、上江津湖では最も水温が高い時で 21℃低い時期で 18℃前後ということが分かった。年間で 3℃の変化があった。下江津湖では最も水温が高い時期で 23℃、低い時期で 13℃であった。年間で約 10℃変化しており、上江津湖と比べて大きな変化であった。2 年間を通して基本的に日中と夜間で約 2℃の差が見られたが、2023 年 7 月中旬から 12 月上旬までの期間、下江津湖では日中と夜間で水温に差が見られなかった。上江津湖では 30cm の水温と 80cm の水温の間に差は見られなかった。下江津湖では 1 月から 3 月の間でだけ 30cm と 80cm で平均 7℃の差が見られた。

4. 考察

上江津湖と下江津湖では下江津湖の方が水温変化が激しいことが分かった。上江津湖では湧水地点の真上で測定していることが分かった。そのため湧水の影響で上江津湖自体の水温の変化が見えにくくなっていると考えられる。降水量の増加にともなう水温の変化が見られる時と見られない時があった。この違いについて、水温測定の前 1~3 時間前の降水が水温の変化に影響していると考えた。我々は、この降水による水温の大きな変化は水中の生物にとって大きな負担であると考え、この時生物は一時的に水温変化の小さい場所に避難している可能性があると考えた。下江津湖の 1 年を通じた水温の変化も生物にとって負担になると考え、生物は 1 年を通して生息環境を変えている可能性がある。

環境 DNA 分析における濾過法の低コスト化

～重力濾過システム導入に向けた検証～

*藤原 悠己(大阪高等学校・科学探究部), 谷脇 鉄平(大阪高等学校)
内井 喜美子(大阪大谷大学)

1. はじめに

各都道府県において、環境 DNA 分析を利用した研究事例は年々増えているものの、学校教育機関に広く環境 DNA 分析が普及するには、まだまだハードルが高い。その理由として、環境 DNA 分析の第一工程である環境水の濾過において、例えば、グラスファイバーフィルターを用いた濾過法だと、それ専用にあスピレーターのような高額機材を導入する必要がある。そのような実情がある中、環境 DNA 学会へ参加し情報収集する過程において、高額機器を必要としないカートリッジ式フィルター(ステリベクス)を用いた濾過を発展させた「重力濾過法」という新手法を知るに至った。

本研究では、重力濾過法の適用性を検証するために、従来のグラスファイバーフィルターを用いた濾過法とカートリッジ式フィルター(ステリベクス)を用いた重力濾過法の比較検証を目的とする。

また、将来的に重力濾過法が学校教育現場への環境 DNA 分析の普及の可能性を秘めているか模索することも併せて目的とする。

2. 材料と方法

(一社)環境 DNA 学会が公開する標準版「環境 DNA 調査・実験マニュアル Ver.2.2」に基づいて、以下の①～⑤とおりに行った。

- ①本校近くのコイ(指標魚)が息する河川で河川水を採水した後、河川水を攪拌機で攪拌しながら、各濾過法用に河川水を等量ずつ分取した。
- ②グラスファイバーフィルター(ワットマン社 GF/F、孔径 0.7 μ m)を用いたあスピレーター(アズワン社 GAS-1N)による濾過法、カートリッジ式フィルター(メル・ミポア社 SVHV010RS、孔径 0.45 μ m)を用いた重力による濾過法で、河川水を濾過した。
- ③DNA 抽出試薬(キゲン社 DNeasy Blood & Tissue Kit)を用いて、各濾過法で濾過したフィルターから DNA 抽出を行った。なお、カートリッジ式フィルターから DNA 抽出を行う際、本校には乾熱滅菌器とミニローテーターが無いため、ウォー

ターバスとヒートブロック、手作り回転装置を代用した。

- ④各濾過法で抽出した DNA サンプルの DNA 濃度を DNA 定量アッセイ(サモフィッシャー社 Qubit)で測定した。
- ⑤DNA 濃度測定後、DNA サンプルに含まれるコイのミトコンドリア DNA(シトクロム b 領域)と核 DNA(ITS1 領域)の量を qPCR で定量した。

3. 結果

計 3 回の検証実験を行った。DNA 濃度が一番高かったのは重力濾過法の重力改 1 だった。ところが、qPCR で一番コイ DNA のコピー数が多かったのはグラスファイバーフィルター濾過法だった。

	グラス ファイバー フィルター	カートリッジ式 フィルター(ステリベクス)		
		重力	重力改 1	重力改 2
	DNA 濃度[ng/ μ L]			
河川水①	11.2	6.2	10.9	5.3
河川水②	3.3	4.5	7.3	6.2
河川水③	4.4	3.7	4.6	4.2
平均	6.3	4.8	7.6	5.3
	シトクロム b 領域の DNA 量[copies/ μ L]			
河川水①	12	6	8	2
河川水②	1	2	2	4
河川水③	9	1	2	1
平均	7	3	4	3
	ITS1 領域の DNA 量[copies/ μ L]			
河川水①	383	266	375	279
河川水②	73	158	47	219
河川水③	341	112	193	149
平均	266	179	205	215

*上記実験結果の重力と重力改 1 及び重力改 2 の違いは、恒温する際の時間と手法の違いによるもの。

4. 考察

DNA 濃度と DNA 量に差異はあるものの、乾熱滅菌器とミニローテーターのような高額機器を使用しなくても低コストで重力濾過法を適用できたので、引き続き検証を重ねていきたい。

琵琶湖湖底の動物プランクトン群集と全循環

森本莉久（洛北高等学校、JRD1 期生）

伴修平（滋賀県立大学）、熊谷道夫（立命館大学）

1. はじめに

琵琶湖には数種の甲殻類プランクトンが優占するが、本研究ではこれらの季節ごとの日中の鉛直分布を調べ、優占種の一つであるプリカリアミジンコ (*Daphnia pulicaria*) について室内および野外実験にて溶存酸素濃度 (DO) や水温等の環境要因がこれの生存率に与える影響を調べ、動物プランクトンの鉛直分布に対する全循環による湖水の鉛直循環の影響について考察した。

2. 材料と方法

琵琶湖で優占する大型甲殻類プランクトン (*Daphnia* spp., *Cyclopoida* spp., *Eodiaptomus japonicus*) の個体数密度を深度別に調べるための調査を、琵琶湖北湖今津沖中央に設置した定点(北緯 35.24 度東経 136.05 度)にて、2021 年 5 月 9 日から 2023 年 7 月 22 日までの期間、1~3 ヶ月に一度の頻度で行った。2023 年 6 月 4 日には、*D. pulicaria* の貧酸素環境への耐性を調べるため 100 ml 酸素瓶を用いて室内実験を行った(図 1)。更に、実際に湖底環境が *D. pulicaria* に与える影響を調べるために琵琶湖北湖中央に設置した定点 1 で現場実験を行った。ストックカルチャーから *D. pulicaria* の成体雌を選び出し、湖水を満たした 6 つの 500 ml プラスチック容器に 10 個体ずつ入れ、湖水とともにプラスチック製の容器の蓋で密封し(グループ 1) 残りの 3 つは 75 μ m 目合いのネットを張って湖水が自由に入出力できる状態にした(グループ 2)。そしてそれぞれ決めた深度に降ろして 1 時間後に回収した。



図 1 実験風景 (左) 室内実験、(右) 野外実験

結果

採集結果より、深度が深いほど甲殻類動物プランクトンの個体数密度は減少する傾向にあることを読み取った(図 2)。また、表水層と水温躍層以深では季節による個体数密度の変化に違いが見られた。2~3 月には 80, 80~90m 以外の深度で個体数密度の増加が確認され、2022 年 9 月の結果からは 11 月にも同様の個体数密度増加が見られた。

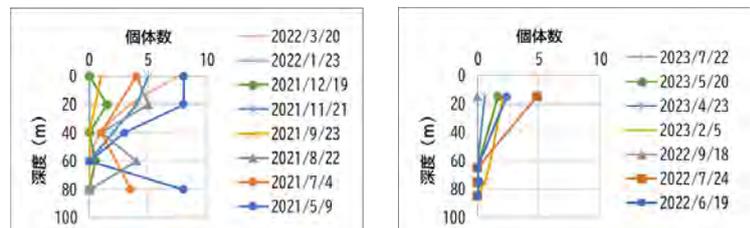


図 2 5L ニスキン採水器で採取 (左)、ジュディ型プランクトンネットで採取 (右)

室内実験から赤くない *D. pulicaria* は DO が低くなるほど生存率が下がるという結果が得られた。実験ではグループ 2 の生存率がグループ 1 に比べて明らかに低くなっていることが読み取れた。DO%と生存率の正の相関関係が認められた ($t=3.27$, $r=0.65$, $p<0.05$)。

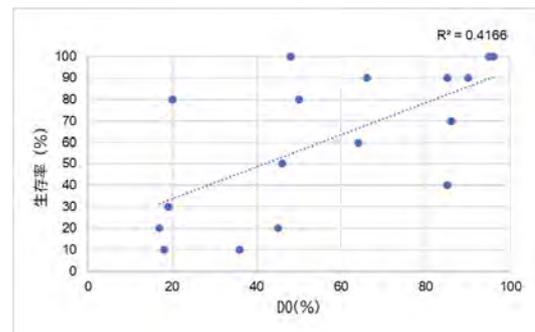


図 3 グループ 2 の散布図

4. 考察

野外調査及び実験結果より、琵琶湖湖底に生息する動物プランクトン群集の個体数の増減と全循環による季節的な DO の変動に関連性があることが示唆された。*D. pulicaria* を用いた実験の結果を考え合わせると、全湖水の鉛直循環による季節的な DO の変化が湖底付近の動物プランクトンの生存群集に影響を与えている可能性が示唆された。

田原瑠衣斗（瀬田北中学校3年・JRD4期生）

植田潤（湖北野鳥センター）、熊谷道夫（立命館大学）

1. はじめに

水鳥の渡りとは、ロシアのカムチャッカ半島や、中国北部などから、季節の関係でガン、カモ、カイツブリ類などが移動することである。

これまで、びわ湖トラストのジュニアドクター育成塾に参加し、琵琶湖の全循環との関係や急激な増加の原因について研究してきた。

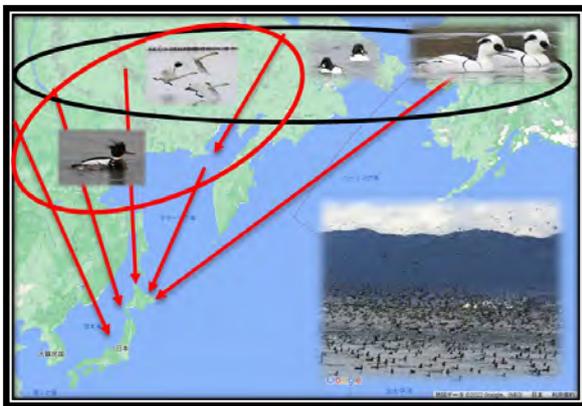


図1 水鳥の飛来経路

今回の研究では、水鳥の飛来数の増減には、その他の要因があるのではという仮説を立て、いろいろな視点からの比較を行った。

この研究をすることで、絶滅危惧種に指定されている水鳥の飛来数を回復させることができるかもしれないと考えている。

2. 材料と方法

水鳥の飛来数（2005年～2023年の琵琶湖水鳥一斉調査結果）と色々な気象条件（彦根气象台、2005年～2023年、平均気温、平均最高気温、平均最低気温、降水量）の比較、グラフ化し、相関関係があるのかどうか調べた。

全体の飛来数だけでなく、月別、分類別や食べ

物別でも調べた。

3. 結果

各グラフの相関係数は、越冬中の12月、1月よりも、飛来してきた11月の方が大きいことがわかった。分類別に見た飛来数では、マガン属、ハクチョウ属では降水量が少ない方が多い、ホオジロガモ属、ウミアイサ属、ズガモ属では気温が低い方が飛来が多いなど、分類別に違いが見られた。

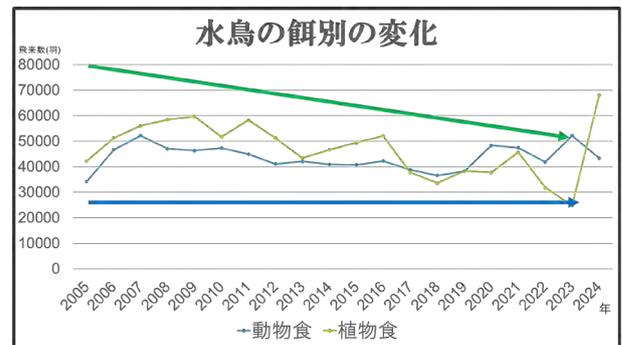


図2 植物食と動物食の水鳥の飛来数の変化

4. 考察

今回の研究の結果、各分類などの比較では、それぞれ関係の深い気象条件があることが分かった。気象条件などを含めた環境変化、環境要因は水鳥の飛来数の増減に影響を与えられられる。近年、琵琶湖での水鳥の飛来数は急激な増減を繰り返しており、長期的な変化だけでなく、そのような変化に対しても、原因を解明していく必要があると思われる。

謝辞 研究を支援していただいたびわ湖トラストの先生に感謝します。なおこの研究は、パタゴニア環境基金の支援で実施しました。

琵琶湖固有種ビワオオウズムシと全循環

高橋朋晃（奈良工業高等専門学校）、高橋陽輝（南陽高等学校附属中学校）
 齋藤華子（青山中学校）、河村優（伊香立中学校）、石原一樹（比叡山高等学校）
 愛宕真（東中学校）、愛宕菜（南大江小学校）、野村有希（北野高等学校）
 桑原雅之（琵琶湖博物館）、熊谷道夫（立命館大学）

1. はじめに

いま世界では、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。

琵琶湖固有種であり、絶滅危惧種とされるビワオオウズムシは、2019年の全循環不全以来、我々の観測点では数匹しか確認されていない。冷水性のビワオオウズムシは水温の上昇に非常に弱いという特性があり、近年問題になっている琵琶湖の温暖化がその原因として考えられる。

我々は今回、全循環の不全がビワオオウズムシに影響を及ぼすという仮説を立てはっけん号による生物トラップ調査を行った。

2. 材料と方法

ビワオオウズムシと琵琶湖の環境変化の関連を調べるために、2023年3月12日～2024年7月14日にかけて、琵琶湖北湖にて生物トラップ（古い漁網）を用いた湖底の生態調査とCTD調査を行った。

なお、今年度の定点調査では、湖底酸素、湖底水温、ビワオオウズムシの個体数に加え、天気および、その他の底生生物の個体数についても調査を行った。

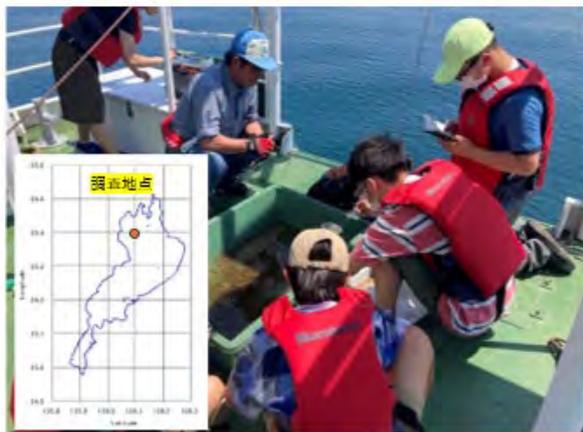


図1 琵琶湖での調査地点と調査風景

3. 結果

計13回の定点調査を行い、ビワオオウズムシやアナンデルヨコエビなどの琵琶湖固有の底生生物を観測することができた（表1）。

表1 生物トラップの結果

	湖底水温 (°C)	湖底酸素 (%)	ビワオオウズムシ (匹)	アナンデルヨコエビ 成体 (匹)	イサザ (匹)
2023/03/12	7.6	67	0	215	0
2023/04/23	7.6	65	0	240	2
2023/05/20	7.7	60	0	3593	0
2023/07/22	7.7	43	0	13886	0
2023/09/16	7.8	13	0	5717	0
2023/11/26	7.9	21	0	194	0
2024/01/07	8	19	0	1582	0
2024/02/17	8.2	18	0	7436	0
2024/03/10	8.2	20	0	2354	0
2024/04/14	8.1	30	0	813	3
2024/05/26	8.2	71	0	9153	0
2024/06/09	8.3	71	0	4397	0
2024/07/14	8.3	54	1	11619	0

4. 考察

今回の研究では、今回取得したデータに、2020年3月から行っている過去5年分の調査データを加え考察を行った。

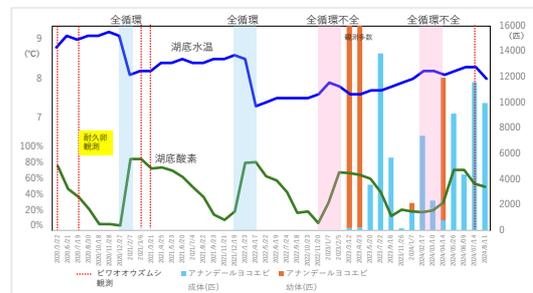


図2 琵琶湖の湖底生物の定点調査

前回、ビワオオウズムシを確認した2021年3月21日以降の湖底水温と湖底酸素の関連を調べた。その結果、完全な全循環が起こったと考えられる年は、4年間のうち一度しかなかった。全循環不全はビワオオウズムシの生存に大きな影響を与えると思われる。また、2020年に見つかった耐久卵は生存環境の悪化を示しており、現在に至るまで琵琶湖湖底の環境は回復していないと考えられる。

今後もビワオオウズムシの定点調査を継続するとともに、その他の底生生物の個体数観測によって、琵琶湖湖底の生態系を把握していきたい。

P-40

波力を利用して表面水温を下げる実験とその可能性

愛宕真（大阪市立東中学校・JRD4 期生）・愛宕菜（南大江小学校・JRD6 期生）

河村淳一（びわ湖トラスト）・辻英人（マスバイオラボ）

熊谷道夫（立命館大学）

1. はじめに

近年琵琶湖の水温が上昇し、全循環出来ない年があった。その後も全循環は確認されるが、循環の期間が短くなっている。そのため波力を利用して水を上下に動かす装置を開発し、琵琶湖で野外実験を行った。

2. 材料と方法

波力ポンプ、表面ブイ、流量や水温の記録計、記録計用電池、長さ20m、内径50mmのPVCビニールチューブを用いた。今津沖(北湖)に波力ポンプを設置し、約1ヶ月のデータを記録することができた(図1)。

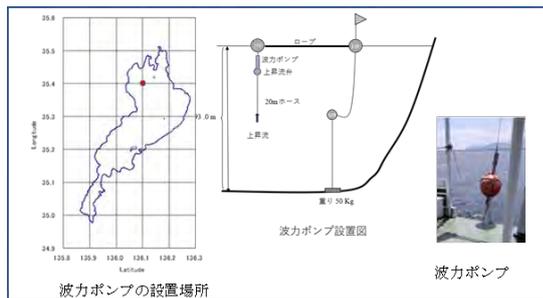


図1 波力ポンプの設置場所と設置方法

3. 結果

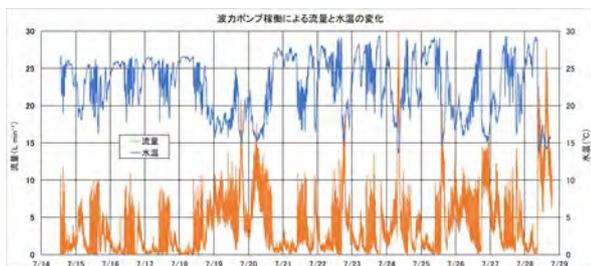


図2 波力ポンプ内の流量と水温の変化

風が吹いて波が発生するとブイが上下し、ブイに接続した波力ポンプの中を毎分10L~30Lの水が、深層(水深20m)から表層(水深1m)へと移動していることを確認できた(図2)。特に期間

中、午後になると定時的に風が吹いていた。

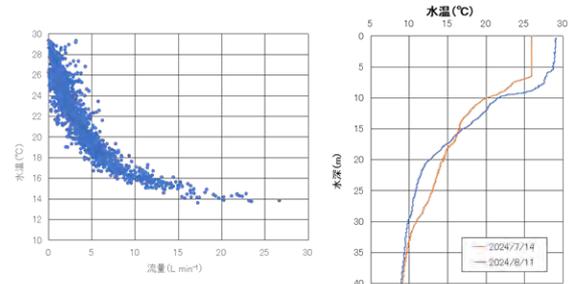


図3 上昇流量の増加に伴う表面水温の低下(左)と、水温躍層以深の水温の低下(右)

図3(左)にみられるように、上昇流量が毎分5Lより大きくなると、表面水温の低下が顕著となり、毎分15L以上になると、水温は水深20m付近の14℃前後となった(右)。水温の鉛直分を比較すると、表層は太陽による過熱が大きい、水温躍層以深では興味深い変化が見られた。

4. 考察

流量が大きくなると、表層の水温が低下することが確認できた。表層の水温が下がるとともに水温躍層と思われる水深より深い所の水温の低下も確認された。水温躍層以深の水温低下は、波力ポンプによる深層水の吸い込み以外に、内部波による影響も考えられる。今後、さらなる検討を加える予定である。

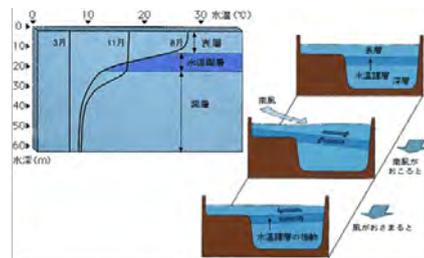


図4 内部波による水温躍層の振動(アควアびわHP)

謝辞 本研究は、びわ湖トラストジュニアドクター育成塾の一環として、COSMO エコ基金の支援を受けて実施しました。

知らない現象（不知火現象）を科学する

～現代の不知火観測への挑戦と不知火海でしか見られない理由とは～

*米田直人 村上聖真 吉田大暉 西川幸輝 徳丸幸樹 堀田舞衣
橋本直大 西田琉花（熊本県立宇土高等学校 科学部地学班）

1. はじめに

(1) 不知火とは

不知火現象とは、八朔（旧暦の8月1日）の晩に見られるとされる神秘の火のことであり、蜃気楼の一種だと考えられている。光源が明滅し、短時間で横方向に2つに分かれ、その後、分裂し繋がるという不思議な特徴がある。

(2) 昨年までの成果

幻の現象を見たいと思い研究を始め、今年度で7年目となった。これまで6年間で23回もの観測を行ったが、一度も不知火らしき現象は見られなかった。しかし、室内での不知火の再現に世界で初めて成功し、「左右の温度差」と「視線方向の微風」が条件であることを明らかにした。また、シミュレーションから近年不知火が見られない主な要因は「漁火がない」ことであると分かった。

2. 目的

研究を進める上で生じた以下の2つの疑問から不知火を考察する。

疑問1：漁り火があれば不知火は観測できるのか？

疑問2：なぜ不知火海でしか見られないのか？

3. 疑問1：不知火の観測はできるのか？

日本蜃気楼協議会の森川浩司さんから頂いたプログラムにオリジナルの温度プロファイルを入れ、光路を可視化、シミュレーションをした。

様々な条件を変えていく中で光源の高さが低くなると、海面近くの温度変化の影響を受けやすく、より光が曲がることがわかった。

さらに、地元の漁業組合や酒屋さんへの聞き込みから、禁漁期間を設け始めてから不知火が見られなくなっているとわかり、不知火の発生・観測には海面に近い光源としての漁火が重要だと考えた。そこで、光源が漁火であった場合でシミュレーションを行うと大鞘川、水無川に漁火があった場合観望所の高さに蜃気楼が見える範囲が来ることが分かった。9月2日の晩に観測予定である。

4. 疑問2：不知火海でしか見られないのか

不知火の発生条件である「左右の温度差」、異常屈折の原因の「干潟」を満たす場所を検討した。

① 広大な干潟が存在する

地理院地図を用いて調べると、不知火海、有明海は広大な干潟が分布することが分かった。

② 視線方向に何kmも続く左右の温度差がある

不知火の観測場所として知られている永尾から夜に不知火海を望むと、右に温かい海が、左に冷えた陸が広がっている。

海岸線は日奈久断層によって直線的になっており、干拓前後では変わらないものである。日奈久断層は海側深くなるため、山側からの土砂が堆積し、広大な干潟が形成されたと考えられる。この条件を満たすのは、不知火海と有明海である。そこで、他の地形的条件がないか検討を加えた。

③ 光源の背景

現代の不知火海では観測方面の大島に明るい街明かりが存在するが、干拓による埋め立て地であるため、かつては真っ暗だったに違いない。

また、不知火現象は有明海でも見られたとされる文献もあるが、島原—熊本間などは背景の街明かりの光が強く、不知火が発生しても不知火海と比較すると目立たなかったため現象の名前が不知火とされているのではないかと考えられる。

5. まとめ・今後の展望

●現代でも漁火があれば、観望所から不知火が見られるかもしれない。

●不知火海にしか「直線的に連続」して分布する「広大な干潟」はない。

◆一年の中でなぜ八朔に見られるかの解明



図 今年の八朔に漁火を出す予定の海域
(地理院地図より引用、加筆)

えっ、島が浮いてる！？浮島現象を科学する ～浮島現象の発生・観測条件と発生原理～

*西川幸輝 米田直人 村上聖真 吉田大暉 徳丸幸樹 堀田舞衣
橋本直大 西田琉花 (熊本県立宇土高等学校 科学部地学班)

1. 背景・目的

蜃気楼現象の一種とされる不知火現象の研究を進める中で、浮島現象も蜃気楼であることを知った。そこで、不知火より発生しやすい浮島を観測し、より浮いて見える浮島の発生・観測条件を明らかにしたいと思い研究を始めた。これまでに浮島の野外観測や再現実験などを行い、①観測点が低い、②海水温と気温の差が大きい、③適切な距離である、の3つの浮島の発生・観測条件を明らかにした。今回は下のA～Cの3つを目的とする。

2. 研究内容

A 浮島の発生・観測条件

(1) 野外観測

宇城市不知火町永尾から大島を対象に観測を行った。観測では、①夏と冬の違い、②朝と昼の違い、③海岸と観望所の違い、④距離による違い、の4つを比較した。今回、観測から浮島の発生・観測条件は①冬(12、1月)の早朝②海面に近い場所(満潮時の海岸)③対象まで10km程度ということが分かった。



図 観測した浮島現象 (2023/12/25 6:59)

(2) 再現実験

シリコンラバーヒーターやカメラ温度調節器などを用いて浮島再現装置を作成し、室内で浮島現象の再現を行った。実験から①ヒーターの温度が高いほど浮いて見える、②観測点の高度が低いほど浮いて見えるということが分かった。しかし、ヒーターの温度が高くても観測点の高度が高かったらあまり浮いて見えなかった。このことから、観測点の高度が大きく影響していることがわかり、観測でもこのことを確認することができた。

(3) 光が屈折する範囲

装置でヒーターの位置、観測点の高度を変えて浮き具合を調べた。実験から①下位蜃気楼の観測には対象付近の気温差が重要であること、②観測

点の高度が高くなると光が屈折する場所が対象側に近づくということが分かった。

B 浮島の発生原理

(1) 温度層の測定

ヒーターの温度によるヒーター上の気温の鉛直分布を高さ1mまで計測した。すると、ヒーターの温度が高くなると気温変化する空気層(温度層)の厚さが厚くなった。温度変化による密度差で光は屈折するため、蜃気楼が発生する。

(2) シミュレーションによる説明

実際に観測した状況を再現するために温度プロファイルを作成し、独自のシミュレーションを用いて光路計算を行った。すると、見るもの高さによって見え方が異なることわかり、また、観測点の高度が低いほど消失部・反転部が拡大し、より島が浮いて見えることが分かった。

C 風による影響

Open FOAM で作成したシミュレーションモデルを用いて流体のシミュレーションを用いて異なる風速の風を吹かせた時、温度層がどのような影響を受けるのかを調べた。すると、風速0.5m/sで温度層が最も厚くなった。さらにシミュレーションから得られた温度プロファイルを蜃気楼のシミュレーションに入れ込むと、温度層が最も厚い風速0.5m/sで浮き具合も最大になることが分かった。

3. まとめ

(1) 野外観測より

- 気温と海水温の差が大きい…12～1月の早朝
- 観測点の高度が低い …満潮時の海岸
- 適当な距離がある …10 km程度

(2) 室内での再現実験、シミュレーションより

- 観測対象付近の温度差が重要。
- 観測点の高度が浮き具合に大きく影響し、観測点が高いとより浮いて見える。
- 風速0.5m/sで温度層は厚く浮き具合が最大。風が強くなると少し薄くなるが、蜃気楼に与える影響は小さい。

なぜ不知火は八朔の晩にしか見られないのか ～海水温や風などの気象的条件から探る～

*村上聖真 米田直人 吉田大暉 西川幸輝 徳丸幸樹 堀田舞衣
橋本直大 西田琉花 (熊本県立宇土高等学校 科学部地学班)

1. はじめに

(1) 目的

私たちは現在「不知火」と呼ばれる蜃気楼の研究を行っており不知火海で一年に一度八朔(旧暦の八月一日)の晩に見られるとされている。

そこで、不知火が八朔の日にだけ見られるとされる理由について、不知火海の「海水温」や「風」が関係すると思い、調べることにした。

(2) 昨年の研究

蜃気楼は、気温と海水温の温度差が大きいほど明瞭に現れる。温度差は、9月頃から大きくなり、1月頃に最大となることが分かった。

また、穏やかに晴れた日の気象庁データを用いて、不知火海を吹く風の解析を行った。昼夜で季節風の風速が変化することで、夜に海陸風、昼に季節風が顕著に吹くことが分かった。そして、不知火の観測所である「永尾」では、夜に弱い陸風が視線方向に吹いていることが分かった。

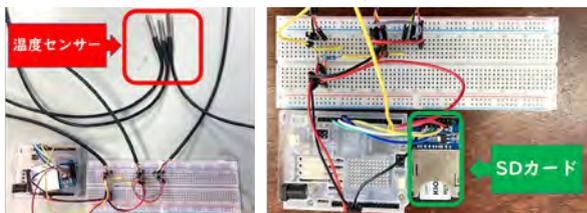
2. 研究内容

A 気温と海水温の関係

(1) 仮説

海水温は、水産研究センターのデータを引用しているが、一か月に一回(朔日)、水深5mしか測られていない。よって、位置(表面、表層)や一日の中でも変化がないという仮定の下で、気温との温度差を算出している。しかし、気温ほどではなくとも海水温は変化しており、遠浅の不知火海では温度変化は他の海と比べて変化が大きいのではないかと考えた。厳密には、気温と海水温の差は、従来のもものと比べて八朔頃は大きく、冬は小さくなると考えた。

(2) 方法…自動海水温測定機による海水温測定



Arduino を用いた自動海水温測定機

Arduino を用いた海水温測定装置を作製し、1日の中での海水温の変動や水深による違い(1m、2m、3m、5m、10m)を調べ、不知火海での海水温の変化を明らかにする。そのデータを用いて、1日や、1年間における気温と海水温の温度差の変化の傾向を明らかにする。気温のデータは地点「三角」のデータを用いる。自前のデータと気象庁の表面海水温データとの差を明らかにする。

(3) 結果・考察

現在、海水温計測に向けて準備を進めている。結果や考察については学会当日に報告する。

B 不知火海を吹く風

(1) 仮説

昨年成功した不知火の発生実験により、不知火の発生には「視線方向の微風」が必要であることが分かった。そこで、八朔は風が弱い時期ではないかと考えた。

(2) 方法

① 夏と冬の風の違い

風の解析における風速の強度を、2段階から4段階にして、季節(夏と冬、八朔)による風の違いを調べる。

② 季節風について

昼夜において季節風の風速が変わる要因を調べるために、上空を吹く風について調べる。

(3) 結果・考察

- ① 永尾と同じ風の傾向がみられる「三角」では、冬よりも夏の方が風は弱い。
- ② 昼は上空と地上の気温差があり、鉛直方向での空気の移動が盛んであるため、地上に上空の強い風が吹く。しかし、夜は気温差が小さいため、上空の季節風の影響を受けにくく、陸風が顕著に吹くと考えた。

3. まとめ

不知火の発生に必要な微風は、八朔の時期によく吹く。この気象的理由により、不知火は「八朔」に見られるとされている。

馬門石の赤色はヘマタイト (Fe_2O_3) によるものか

*吉田大暉 西川幸輝 米田直人 村上聖真 徳丸幸樹 堀田舞衣
橋本直大 西田琉花 (熊本県立宇土高等学校 科学部地学班)

1. はじめに

私たちが住む熊本県宇土市は、赤い石材としてよく知られた馬門石 (まかどいし) の産地である。馬門石は、約9万年前のAso-4火砕流堆積物である阿蘇溶結凝灰岩とされているが、赤色の原因については未だに不明である。

本研究では、馬門石の赤色の原因を明らかにしたい。今回は文献資料を参考に、馬門石の赤色の原因を「鉄」、特に酸化鉄のヘマタイト (Fe_2O_3) ではないかと考え、研究を進めた。以下、赤いものを馬門石、黒いものをAso-4と呼ぶ。

2. 研究内容

内容は、次のA~Cの3つに分けて述べる。

A: 観察・実験・文献調査

馬門石とAso-4の違いや鉄の酸化物の生成を知るため、観察・実験を行った。

(1) 馬門石とAso-4の違い

- ① 硬さ: Aso-4は馬門石の1.5倍の一軸圧縮強度
- ② 磁性: Aso-4の方が磁性は強い。
粉末試料に磁石を近づけると、磁鉄鉱 (Fe_3O_4) が付着しAso-4の方が量は多い。角閃石も。
- ③ 含有物: レンズ状の黒曜石や礫を含み、色以外に違いは見られない。

(2) 鉄 (鉄クギ) の酸化物の生成

水につけた鉄クギは、すぐに赤色 (橙色) の赤サビ ($\text{FeO}(\text{OH})$) になった。

(3) 粉末試料 (Fe 、 Fe_2O_3 、Aso-4、馬門石) の加熱
ガスバーナーでの加熱、 HCl や NaOH での反応
どれも変化なく、違いなし。

(4) 酸化鉄に関する文献調査

「鉄さびの形成過程と構造変化 (鈴木茂, 2008)」

鉄は2価と3価があるが、酸化を進めると赤サビ ($\text{FeO}(\text{OH})$) や磁鉄鉱 (Fe_3O_4) を経て、高温加熱で最終的に赤色のヘマタイト (Fe_2O_3) となる。
⇒ 赤色の原因は、 Fe_2O_3 か $\text{FeO}(\text{OH})$ ではないか。

B: 成分分析

馬門石とAso-4の成分の違いを調べるため、熊

本県産業技術センターで成分分析や電気炉での加熱を行った。

(1) 蛍光X線分析

成分組成はほぼ同じで、鉄を10%ほど含む。

(2) X線回折

長石類 (Na や Ca 等) は顕著だが、 Fe_2O_3 は固有波長のピークが不明瞭でよく分からなかった。

(3) 電気炉での加熱

1,000°Cで加熱すると、馬門石とAso-4はどちらも馬門石の色度同様の赤色になった。

⇒ 馬門石の赤色の原因は、岩石中の「鉄」。ただ、 $\text{FeO}(\text{OH})$ か Fe_2O_3 かは、はっきりしなかった。

C: 岩石の分布調査

馬門石とAso-4の産状と色の関係を明らかにすべく、宇土市網津町馬門にて分布調査を行った。その結果、複数箇所両者の境界が見られた。

- ① 基底部付近はAso-4、その上の高い位置に馬門石が見られることが多く、散在して分布。
- ② 境界面の傾斜は、場所によって様々で、局所的に変化していた。
- ③ 境界面では漸移して色が変化しており境界面は不明瞭であった。
- ④ 含まれる礫や黒曜石レンズの量や大きさに、違いは見られなかった。

⇒ 両者の大きな違いは色だけ。元は同じ時期に堆積した同じ岩石ではないか。

また、①、②より、馬門石の生成には、水による酸化が関連しているのではないか。

3. 考察

馬門石の赤色の原因は、 Fe_2O_3 か $\text{FeO}(\text{OH})$ と考えられる。岩石中の鉄 ($\text{FeO}(\text{OH})$) である可能性が高いと考えるが、 Fe_2O_3 を完全に否定はできない。

馬門石と阿蘇溶結凝灰岩は、元々は同じ阿蘇溶結凝灰岩だったものが、水により上部から風化していき、それによって内部の鉄物の酸化で赤さび ($\text{FeO}(\text{OH})$) が発生し、赤色の馬門石を部分的に生成したのではないか。

島原大變肥後迷惑による津波被害 ～実態把握、効果的な伝承方法の開発、科学的特性～

*堀田舞衣、西田琉花、徳丸幸樹、橋本直大
(熊本県立宇土高等学校科学部地学班)

1. 動機

熊本県宇土市に赤い色が特徴的な馬門（まかど）石という石があり様々なものに使われている。石切場近くの橋には、馬門石が石材として使われているが、島原大變による津波で元々あった木造の橋が流失したことがきっかけであることを知った。そこで、熊本で津波災害があったことを知り、島原大變についてより知りたいと思った。

2. 島原大變肥後迷惑（以降、島原大變とよぶ）

寛政4年4月1日（1792年5月21日）の夜、午後8時頃に二度の強い地震が起き、雲仙普賢岳の噴火活動によって起こった災害。雲仙岳の東側に位置する眉山が火山性地震により山体崩壊を起こし島原に流出。有明海に流れ込んだ土砂は津波を発生させ、対岸の肥後国天草にも被害が及んだ。津波の高さは最大で10m、犠牲者は約15000人に達し、日本史上最大規模の火山災害となった。

3. 目的

- (1) 江戸時代に起こった島原大變での津波被害の実態把握とその効果的な伝承方法の開発
- (2) 防災・減災の啓発のための津波災害の科学的特性の確認

4. 研究内容

(1) 島原大變での津波被害の実態把握

	被害状況	認知度
戸口	15～20mの津波が押し寄せた	—
太田尾	22.5mの高さまで津波が来た	—
肥後長浜	長崎から多くの人々が流されてきた	2 / 7人
緑川	塔がある位置まで水が来た	1 / 5人
下網田	島原からたくさんの方が流れてきた	6 / 10人
円応寺	船場川からの逆流で被害にあった	—

文献調査に加え、身近な地域での供養塔や津波石などの震災遺構を訪ね、聞き取り調査を行う。

- ・伝承されている島原大變による被害状況
 - ・震災遺構に対する認知度
 - ・津波被害等への対策、地域防災の取り組み
- ⇒どの地域も津波被害等への対策、地域防災の取り組みはされていなかった。

(2) 被害状況等や災害遺構の写真・位置などを分かりやすいように集約

- ・グーグルマップにプロット
 - ・被害状況等や災害遺構の写真・位置などが分かりやすいように集約
 - ・津波石などの津波の到達地点や津波高などに関する情報も集約
- ⇒各地点での情報を集約することができた。被害の場所による程度の違いが視覚的に分かる。

(3) 津波災害の科学的特性と検証

- 【仮説①】傾斜が緩やかで低い位置にある土地は津波の浸水範囲が広く、被害が大きくなる。
- ・島原大變のデータを元に、土地の傾斜（平坦 or 傾斜）と標高（海岸付近かどうか）による被害状況の違いを表にまとめる。
- ⇒仮説が正しいといえる。

- 【仮説②】海岸線の形によって、津波高が変わる。
- ・直線やV字など海岸線の模型をつくり、発生させた波の津波高を実験で計測する（現在進行中）。
 - ・東北地方太平洋沖地震のデータを元に、海岸線の地形と津波高との関連性について確認する。
- ⇒津波が特に高かった大船渡、宮古、釜石の海岸線は、海岸線が入り組んでいた。近距離の場所であっても地形によって津波高が異なる。

5. まとめ

島原大變での津波被害が大きかった地域でも、認知度が低く、防災意識が高いとは言えない。熊本での信じがたい過去の津波被害の実態や震災遺構の情報を理解しやすいツールを作成できた。また、実験で海岸線の形と津波高との関連性が分かった。先人たちの思いも含め、地元の私たちが地域住民や次世代に伝える役割を担っていきたい。

JSLIM88 大会実行委員会

大会会長 川越 保徳 (熊本大学)
実行委員長 伊藤 紘晃 (熊本大学)
実行委員 (50 音順)
石田 桂 (熊本大学)
高巢 裕之 (長崎大学)
速水 祐一 (佐賀大学)
藤林 恵 (九州大学)

JSLIM 企画委員会

企画委員長 内井 喜美子 (大阪大谷大学)
企画委員 (50 音順)
石井 伸昌 (量子科学技術研究開発機構)
井上 栄壮 (琵琶湖環境科学研究センター)
岡寄 友輔 (京都大学)
霜鳥 孝一 (国立環境研究所)
竹中 將起 (信州大学)
朴 紫暎 (島根大学)

共催

熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター

主催

日本陸水学会

日本陸水学会第 88 回熊本大会講演要旨集

2024 年 10 月 11 日発行

日本陸水学会第 88 回熊本大会実行委員会