

JSLIM89

日本陸水学会第89回札幌大会

The 89th Annual Meeting of the Japanese Society of Limnology

2025年 9月 25日 (木) - 28日 (日)

北海道大学クラーク会館

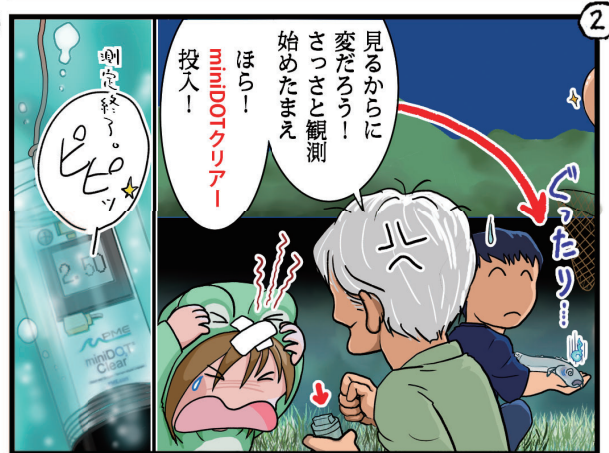
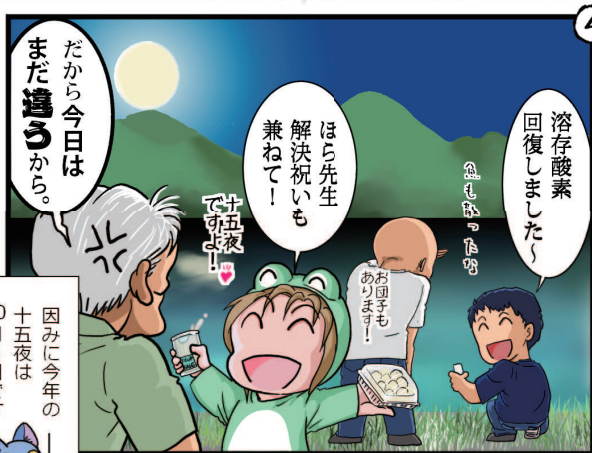
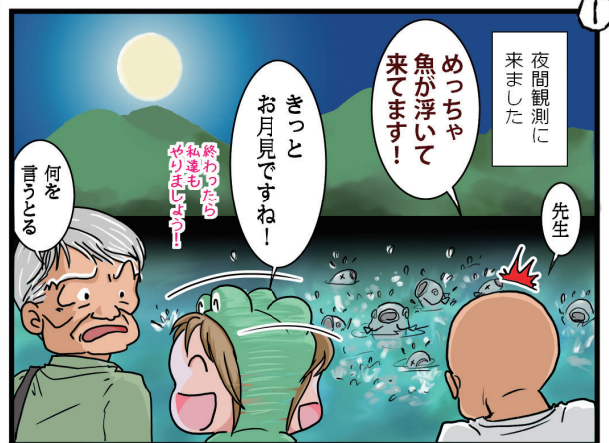
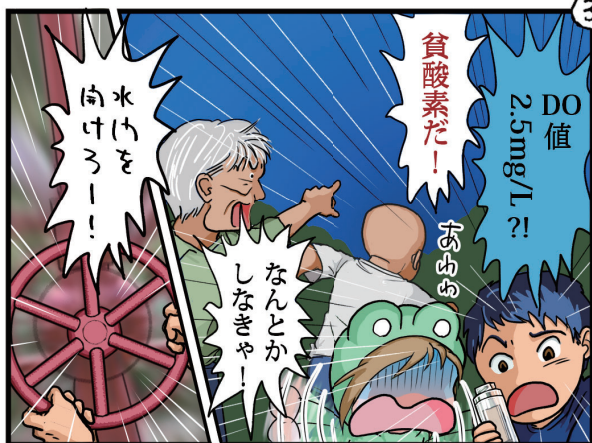
Clark Memorial Student Center, Hokkaido University, Sapporo

講演要旨集

Abstracts



池のピンチを救ったのは？ 編



水温・溶存酸素の 連続観測に

あなたはじっち派？

データロガー派

1ヶ月に1回交換しながらデータを取り出す



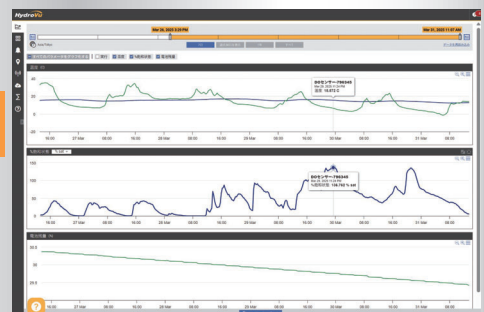
33,000円/月額 (税込み) 44,000円/月額 (税込み)

さらに新しい情報は・・・



リアルタイム派

クラウド上のデータをリアルタイムに確認



環境システム株式会社

〒660-0083

兵庫県尼崎市道意町 7-1-3 ARIC512 号

電話 06-6657-5130

FAX 06-6657-5131

日本陸水学会第 89 回札幌大会 アウトライン

（懇親会を除き、全ての会場はクラーク会館です）

【受付】

9月25日（木）	13:00～18:00	2階 集会室 9
9月26日（金）	8:45～17:00	2階 集会室 3
9月27日（土）	8:45～15:30	2階 集会室 3
9月28日（日）	8:45～12:00	2階 集会室 3

【評議員会】

9月25日（木）	14:30～18:00	3階 大集会室 2B
----------	-------------	------------

【公開シンポジウム】

9月26日（金）	13:30～17:00（13:00 開場）	1階 講堂
----------	-----------------------	-------

【一般講演、課題講演】

9月26日（金）	9:15～12:00	1階 講堂, 3階 大集会室 1, 2A
9月27日（土）	9:00～12:30	1階 講堂, 3階 大集会室 1, 2A
9月28日（日）	9:00～12:00	1階 講堂, 3階 大集会室 1, 2A

【ポスター展示】

9月27日（土）	9:00～19:00	3階 展示場, 3階 大集会室 2B
9月28日（日）	9:00～14:00	3階 展示場
	9:00～12:00	3階 大集会室 2B

※ポスター審査・コアタイム：9月27日（土）13:15～15:15

※小中高生ポスター審査・コアタイム：9月28日（日）10:00～11:00

【学会賞授賞式・受賞講演、総会】

9月27日（土）	15:30～18:30	1階 講堂
----------	-------------	-------

【自由集会】

9月25日（木）	16:30～19:00	日本陸水学会若手の会（E会）	3階 大集会室 1
9月26日（金）	18:00～20:00	陸水物理学会	2階 集会室 4

【懇親会】

9月27日（土）	19:00～21:00	中央食堂 2階
----------	-------------	---------

【発表賞授賞式】

9月28日（日）	12:15～13:15	1階 講堂
----------	-------------	-------

【企業展示】

9月27日（土）	9:00～17:00	2階 集会室 5
9月28日（日）	9:00～12:00	2階 集会室 5

【休憩室】

9月26日（金）	10:00～17:30	2階 集会室 4
9月27日（土）	9:00～14:30	2階 集会室 4
9月27日（土）	9:00～12:30	3階 和室
9月28日（日）	9:00～13:30	2階 集会室 4
9月28日（日）	9:00～11:30	3階 茶室（小中高生ポスター参加者用）

The 89th Annual Meeting of the Japanese Society of Limnology in Sapporo / Outline

(All meeting except the banquet will be held at Clark memorial student center)

【Reception Desk】

25 Sep. (Thu.)	13:00 - 18:00	Meeting Room 9 (2F)
26 Sep. (Fri.)	8:45 - 17:00	Meeting Room 3 (2F)
27 Sep. (Sat.)	8:45 - 15:30	Meeting Room 3 (2F)
28 Sep. (Sun.)	8:45 - 12:00	Meeting Room 3 (2F)

【Board of Trustees Meeting】

25 Sep. (Thu.)	14:30 - 18:00	Large Meeting Room 2B (3F)
----------------	---------------	----------------------------

【Public Symposium】

26 Sep. (Fri.)	13:30 - 17:00 (13:00 open)	Auditorium (1F)
----------------	----------------------------	-----------------

【General Session / Organized Session】

26 Sep. (Fri.)	9:15 - 12:00	Auditorium (1F), Large Meeting Room 1 & 2A (3F)
27 Sep. (Sat.)	9:00 - 12:30	Auditorium (1F), Large Meeting Room 1 & 2A (3F)
28 Sep. (Sun.)	9:00 - 12:00	Auditorium (1F), Large Meeting Room 1 & 2A (3F)

【Poster Session】

27 Sep. (Sat.)	9:00 - 19:00	Exhibition Hall, Large Meeting Room 2B (3F)
28 Sep. (Sun.)	9:00 - 14:00	Exhibition Hall (3F)
	9:00 - 12:00	Large Meeting Room 2B (3F)

* Poster review and core time: 27 Sep. (Sat.) 13:15 - 15:15

* School students poster review and core time: 28 Sep. (Sun.) 10:00 - 11:00

【Society Award Ceremony & Award Lecture / General Assembly】

27 Sep. (Sat.)	15:30 - 18:30	Auditorium (1F)
----------------	---------------	-----------------

【Free Meeting】

25 Sep. (Thu.)	16:30 - 19:00	JSLIM Young Researcher's Meeting (E-meeting)	Large Meeting Room 1 (3F)
26 Sep. (Fri.)	18:00 - 20:00	Japanese Society of Physical Hydrology	Meeting Room 4 (2F)

【Banquet】

27 Sep. (Sat.)	19:00 - 21:00	Chuo Shokudo (Central Cafeteria) 2F
----------------	---------------	-------------------------------------

【Presentation Award Ceremony】

28 Sep. (Sun.)	12:15 - 13:15	Auditorium (1F)
----------------	---------------	-----------------

【Company Exhibition】

27 Sep. (Sat.)	9:00 - 17:00	Meeting Room 5 (2F)
28 Sep. (Sun.)	9:00 - 12:00	Meeting Room 5 (2F)

【Break Room】

26 Sep. (Fri.)	10:00~17:30	Meeting Room 4 (2F)
27 Sep. (Sat.)	9:00~14:30	Meeting Room 4 (2F)
27 Sep. (Sat.)	9:00~12:30	Japanese-style Room (3F)
28 Sep. (Sun.)	9:00~13:30	Meeting Room 4 (2F)
28 Sep. (Sun.)	9:00~11:30	Tearoom (3F) (for school students)

大会タイムスケジュール / Time Schedule

9月25日 (木) / Sep. 25 (Thu.)

	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
B会場 (3階 大会室1) Room B (Large Meeting Room 1 (3F))									自由集会(E会) Free Meeting (E-meeting)		
大会室 2B (3階) Large Meeting Room 2B (3F)						評議員会 Board of Trustees Meeting					
集会室 3 (2階) Meeting Room 3 (2F)											クローク Cloakroom
集会室 9 (2階) Meeting Room 9 (2F)						受付・大会本部・クローク Reception Desk, Conference Office, and Cloakroom					

9月26日 (金) / Sep. 26 (Fri.)

	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
A会場 (1階 講堂) Room A (Auditorium (1F))	一般講演 (審査対象) General Session (Award Nominees)				開場 Open	公開シンポジウム Public Symposium					
B会場 (3階 大集会室1) Room B (Large Meeting Room 1 (3F))	一般講演 (審査対象) General Session (Award Nominees)										
C会場 (3階 大集会室2A) Room C (Large Meeting Room 2A (3F))	課題講演 T-1 Organized Session T-1										
集会室 3 (2階) Meeting Room 3 (2F)	(8:45〜受付開始 / Reception Desk opens)				受付・大会本部 Reception Desk and Conference Office						
集会室 4 (2階) Meeting Room 4 (2F)		休憩室 Break Room								自由集会 (陸水物理学会) Free Meeting (JSPH)	
集会室 9 (2階) Meeting Room 9 (2F)	クローク Cloakroom										

9月27日 (土) / Sep. 27 (Sat.)

	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
A会場 (1階 講堂) Room A (Auditorium (1F))	一般講演 (審査対象) General Session (Award Nominees)			学会賞授賞式・受賞講演、総会 Society Award Ceremony & Award Lecture / General Assembly							
B会場 (3階 大集会室1) Room B (Large Meeting Room 1 (3F))	一般講演 General Session		課題講演 T-3 Organized Session T-3								
C会場 (3階 大集会室2A) Room C (Large Meeting Room 2A (3F))	課題講演 T-2 Organized Session T-2			一般講演 General Session							
大集会室 2B (3階) Large Meeting Room 2B (3F)	ポスター展示 Poster Session				ポスターコアタイム Poster Core Time		ポスター展示 Poster Session				
展示場 (3階) Exhibition Hall (3F)	ポスター展示 Poster Session				ポスターコアタイム Poster Core Time		ポスター展示 Poster Session				
集会室 3 (2階) Meeting Room 3 (2F)	(8:45～受付開始 / Reception Desk opens) Reception Desk and Conference Office										
集会室 4 (2階) Meeting Room 4 (2F)	休憩室 Break Room										
集会室 5 (2階) Meeting Room 5 (2F)	企業展示 Company Exhibition										
和室 (3階) Japanese-style Room (3F)	休憩室 Break Room										
中央食堂 2階 Chuo Shokudo (Central Cafeteria) 2F										懇親会 Banquet	(19:00～ 21:00)

9月28日 (日) / Sep. 28 (Sun.)

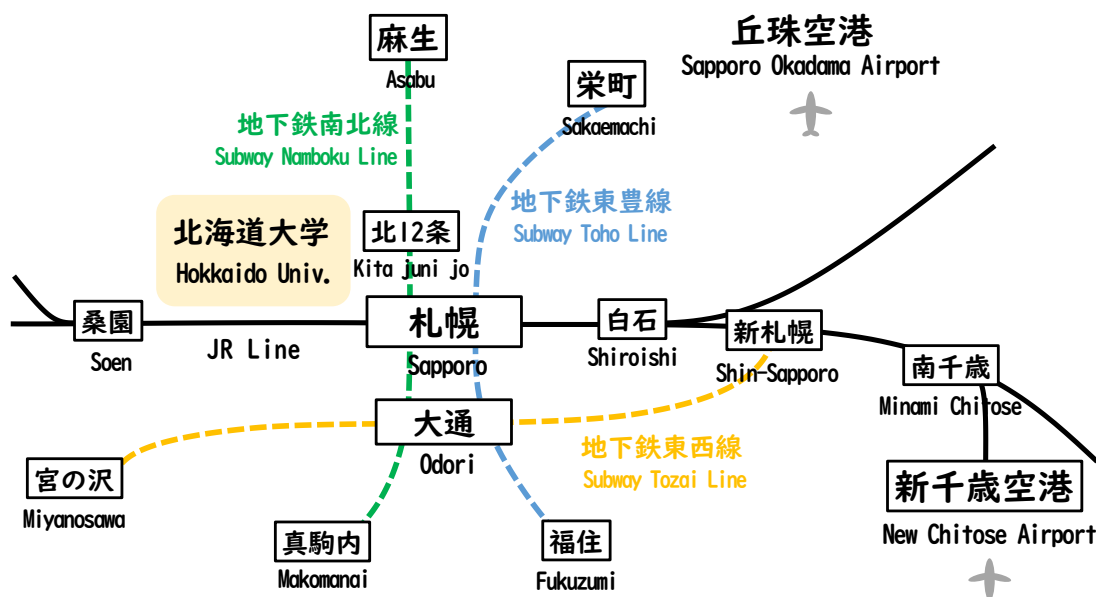
	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
A会場 (1階 講堂) Room A (Auditorium (1F))	課題講演 T-4 Organized Session T-4			発表賞授賞式 Presentation Award Ceremony							
B会場 (3階 大集会室1) Room B (Large Meeting Room 1 (3F))	一般講演 General Session										
C会場 (3階 大集会室2A) Room C (Large Meeting Room 2A (3F))	一般講演 General Session										
大集会室 2B (3階) Large Meeting Room 2B (3F)	ポスター展示 Poster Session										
展示場 (3階) Exhibition Hall (3F)	ポスター展示 Poster Session	小中高生コア タイム School Student Core Time	ポスター展示 Poster Session								
集会室 3 (2階) Meeting Room 3 (2F)	(8:45～受付開始)			受付・大会本部・クローク Reception Desk, Conference Office, and Cloakroom							
集会室 4 (2階) Meeting Room 4 (2F)	休憩室・クローク Break Room and Cloakroom										
集会室 5 (2階) Meeting Room 5 (2F)	企業展示 Company Exhibition										
茶室 (3階) Tearoom (3F)	小中高生休憩室 School Student Break Room										

会場（北海道大学クラーク会館）へのアクセス案内

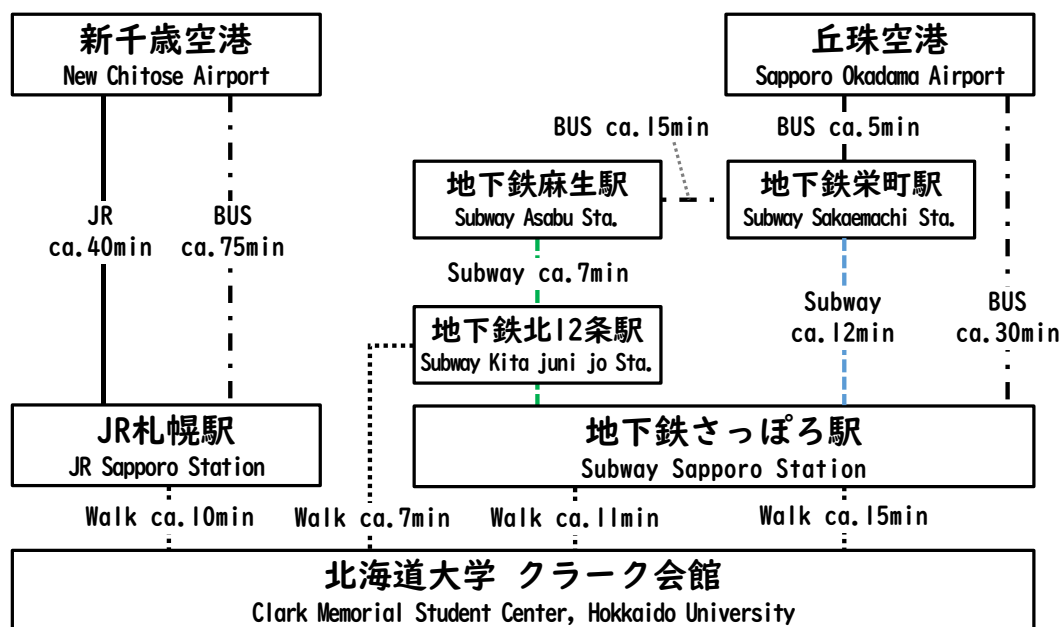
Access to the venue (Clark Memorial Student Center, Hokkaido University)

■ 空港と主な駅の位置概略図 / Location map of airports and major stations

※途中駅及び路面電車は省略しています。 / Intermediate stations and streetcars are omitted.



■ 会場までの主な経路 / Main routes to the venue



※時刻表・運賃等は各交通会社のホームページをご確認ください。

Please check the website of each transportation company for timetables and fares, etc.

- ・ JR 北海道 [運賃・時刻検索](#) / JR Hokkaido Railway Company [Timetable and ticket price search](#)
- ・ 札幌市営地下鉄 [路線図・運賃・時刻表](#) / Sapporo Transportation Bureau [Route Maps, Fares, Timetables](#)
- ・ 北海道中央バス [路線図・運賃・時刻表](#) / HOKKAIDO CHUO BUS [Route Maps, Fares, Timetables](#)
- ・ 北都交通 (HOKUTO KOTSU) [運行情報・運賃・時刻表](#)

■ 会場周辺の地図とアクセス Map and access to the venue

- JR をご利用の場合 JR「札幌駅」北口から徒歩 10 分
- 地下鉄をご利用の場合 市営地下鉄南北線「さっぽろ駅」から徒歩 11 分
市営地下鉄南北線「北 12 条駅」から徒歩 7 分
- Railway (JR Hokkaido) Get off at “Sapporo Station”
10 minutes walk from the north exit of the station
- Subway (Sapporo Municipal Subway Namboku Line) Get off at “Sapporo Sta. (N06)” (11minutes walk) or
Get off at “Kita juni jo Sta. (N05)” (7minitues walk)

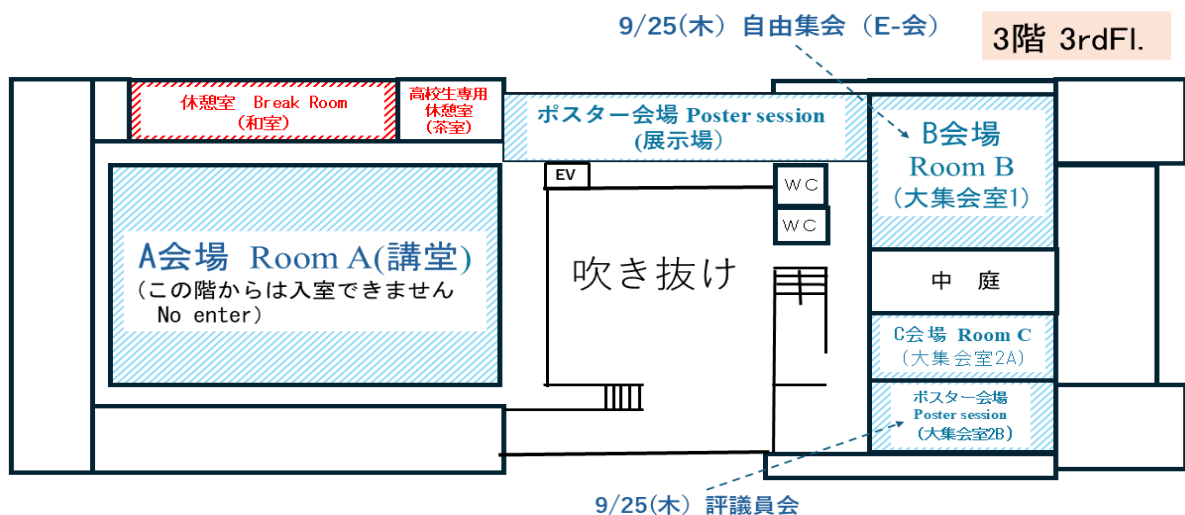
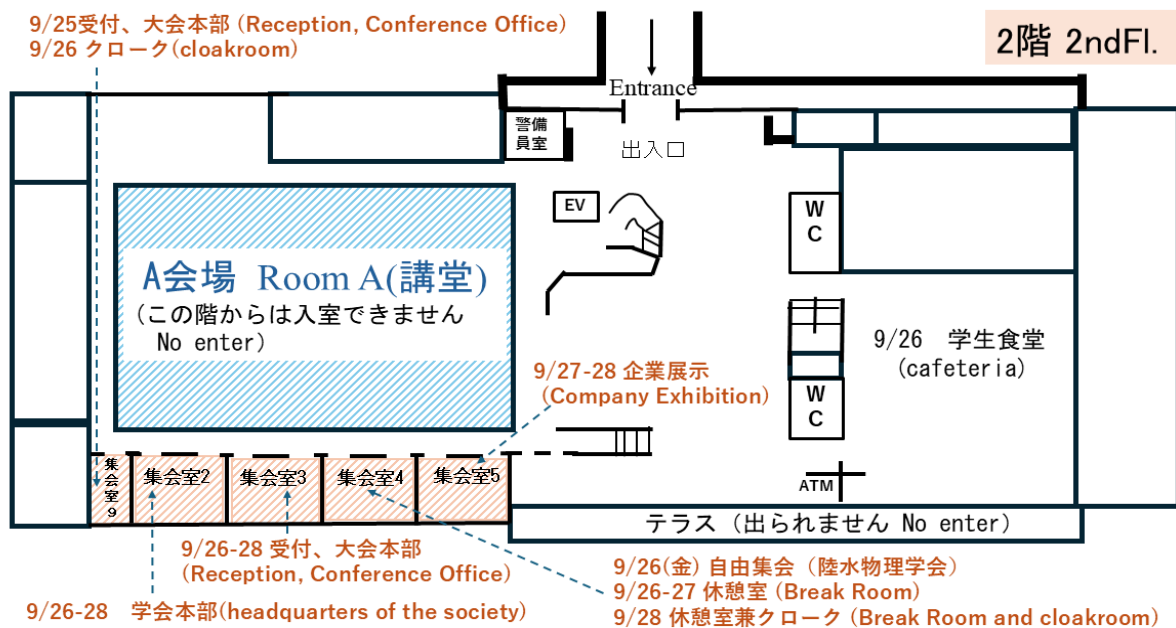
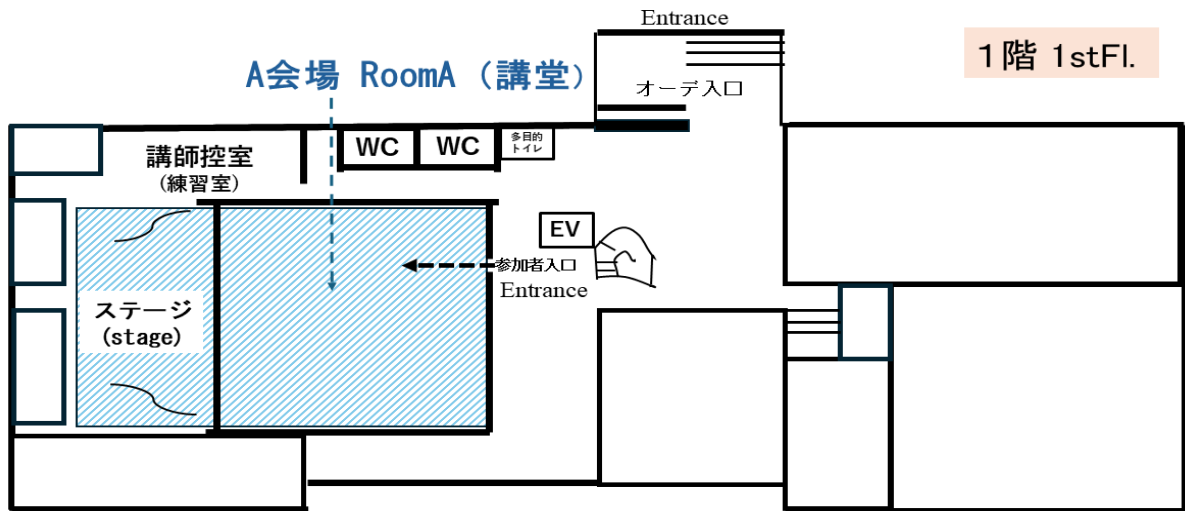
※駐車場はありませんので、公共交通機関をご利用ください。

There is no parking lot, so please use public transportation.



背景図に OpenStreetMap <<https://www.openstreetmap.org/copyright>> を使用しています。

大会会場（クラーク会館）案内図 Floor map of Clark Memorial Student Center



【発表者の方へ】

(1)口頭発表（一般講演・課題講演）

- ・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。課題講演での発表時間は各コンビーナーの指示に従ってください。
- ・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 端子が接続可能です。**USB Type-C-HDMI 変換アダプタ等は、必要に応じ、発表者自身でご用意ください。**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。
- ・一般講演（課題講演を除くすべての口頭発表）の座長については、**講演が終わった方が次の講演の座長をご担当ください。**セッション最初の講演の座長は、セッション最後の講演者をご担当ください（休憩がある場合は、休憩前の最後の講演者をご担当ください）。

(2)ポスター発表

- ・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。
※ポスター審査・コアタイム：9月27日（土）13:15～15:15
※小中高生ポスター審査・コアタイム：9月28日（日）10:00～11:00
- ・ポスターの展示時間は9月27日（土）9時～9月28日（日）14時（大集会室 2B は 12 時）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9月26日（金）14時から可能です。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**9月28日（日）14時（大集会室 2B は 12 時）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。閉館以後、掲示されているポスターは実行委員会で撤去・処分いたします。

【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（**B 会場（大集会室 1）及び C 会場（大集会室 2A）のみ**）、休憩室（**集会室 4 のみ**）では飲食可能です。施設等を汚さないようにご配慮下さい。
- ・**A 会場（講堂）、和室、茶室、2 階センターホール及び 3 階大集会室前のベンチとテーブルでは、水分補給を除き飲食等は不可**となっておりますのでご注意ください。

- ・ゴミは、**学内備え付けのゴミ箱に捨てず**，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。
- ・クラーク会館内の生協食堂は，木曜日と金曜日は営業しておりますが，休日（土，日）は定休日となっておりますので，お弁当を持ち込まれることを推奨します。

＜クラーク会館生協食堂の営業時間＞

9月25日（木）11:00～13:30，9月26日（金）11:00～13:30

9月27日（土），28日（日）休業

なお，北大生協の食堂では，北大生協組合員と非組合員とで価格が異なります。

- ・学内（会場から徒歩5分程度）にある正門横の「カフェ de ごはん」と百年記念会館 1F の「北大マルシェ Cafe&Labo」は土日も営業（11:00～14:00）しております。また，札幌駅（徒歩10分程度）の周辺には多くの飲食店があります。

【懇親会のご案内】

9月27日（土）19:00～21:00

- ・北海道大学中央食堂2階（クラーク会館より徒歩約10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。
- ・大会当日の懇親会参加申込は大会受付にて9月27日14時まで受け付けます（現金のみ）。懇親会場では受け付けしませんのでご注意ください。支払いが確認できない方は入場をお断りさせていただく場合があります。
- ・今大会では，総会（18:30 終了）から懇親会（19:00 開始）までの時間が短めになっています。総会終了後，遅滞なく会場まで移動をお願いします。

【無線 LAN のご案内】

- ・クラーク会館内では eduroam が利用できます。
- ・会場内には大会参加者が利用可能なフリーWi-Fi環境を用意する予定です。ただし，接続台数に限りがあるため，eduroam が利用できない方のみとします（1名1端末まで）。ご利用を希望の方は受付にお申し出ください。

【その他・注意事項等】

- ・会場であるクラーク会館は，今回，貸し切りではありません。学生や教職員等が利用しますので，ご配慮をお願いします。**共用スペース（6ページ目会場案内図の網掛け以外の場所）での，長時間の占有や電源コンセントの使用はしない**で下さい。
- ・施設，設備等を汚したり，壊したりしないよう十分に注意してください。万が一，施設，設備等を損傷させてしまった場合には，直ちに大会本部にお申し出ください。
- ・A会場（講堂）へは1階より入退室ください。2，3階からは入退室できません。

- ・大会における発表スライド，ポスター，発表者等の写真の撮影や録音・録画は原則禁止します（ただし，発表者等の了承を得た場合を除く）。
- ・体調不良時にはスタッフまたは大会本部にお知らせください。必要に応じて病院等の紹介，救急車を手配いたします。
- ・大学構内循環バスは学内業務専用のため大会参加者は利用できません。
- ・北海道大学構内での喫煙は禁止されております。その他，大学入構時のルール（北海道大学ホームページ<<https://www.hokudai.ac.jp/sub/inquiry/rule.html>>）を遵守してください。
- ・受付時にお渡しした名札は，お帰りの際に受付または回収 BOX にご返却ください。

【For Presenters】

(1) Oral Presentation (General Sessions and Organized Sessions)

- ・ Oral presentations for general sessions are limited to 15 minutes in total (12 minutes for the presentation and 3 minutes for Q&A). For organized sessions, please follow the instructions of each convener regarding the presentation time.
- ・ For oral presentations, please use an LCD projector.
- ・ Presentation slides will not be collected in advance at this meeting.
- ・ **Presenters will connect and use their own computers.** HDMI terminals are available for connection. **Presenters are requested to prepare their own USB Type-C to HDMI conversion adapters, etc., if necessary.** We recommend that you check that the projection is working properly before the start of each session.
- ・ For general sessions (all oral presentations except for organized sessions), **the chairperson who has finished their presentation should chair the next presentation.** The chairperson for the first presentation in a session should be the last speaker in the session (if there is a break, the last speaker before the break should chair).

(2) Poster Presentations

- ・ Poster size must fit within the designated poster area (**160cm high x 90cm wide**).
- ・ On the day of the meeting, please check your presentation number in the program and display your poster on the panel assigned to you
- ・ Poster presentations at this meeting will have a core time system, so presenters should wait in front of their poster during that time.
 - * **Poster review and core time: 27 Sep. (Sat.) 13:15 - 15:15**
 - * **School students poster review and core time: 28 Sep. (Sun.) 10:00 - 11:00**
- ・ Poster display hours are from 09:00 on Saturday, September 27 to 14:00 on Sunday, September 28 (12:00 in Large Meeting Room 2B). We encourage you to display your poster during this period. Early posting is allowed from 14:00 on Friday, September 26. Posters can be taken down any time after the core time ends.

- **Please remove your poster by 14:00 on Sunday, September 28 (12:00 in Large Meeting Room 2B).**

Posters left after this time will be removed and discarded by the Executive Committee.

【Lunch Information】

- For lunch, please use on-campus or nearby restaurants, convenience stores, etc.
- Eating and drinking are allowed in the lecture rooms (**Room B (Large Meeting Room 1) and Room C (Large Meeting Room 2A) only**) and break rooms (**Meeting Room 4 only**). Please be careful not to soil the facilities.
- Please note that **eating and drinking, except for hydration, is prohibited in Room A (Auditorium), the Japanese-style Room, the Tearoom, the benches and tables in the 2nd floor center hall, and in front of the 3rd floor Meeting Room.**
- Please take your trash home with you. **Do not use on-campus trash bins.**
- The Executive Committee will not sell boxed lunches.
- The Clark memorial student center's Cafeteria is open on Thursday and Friday, but is closed on Saturday and Sunday, so we recommend that you bring your own lunch.
<Clark Memorial Student Center's Cafeteria Opening Hours>
September 25 (Thu.), 26 (Fri.): 11:00–13:30
September 27–28 (Sat–Sun): Closed
Please note that the prices at the Hokkaido University Co-op cafeteria differ between Hokkaido University Co-op members and non-members.
- "Cafe de Gohan" next to the main gate on campus and "Hokudai Marche Cafe & Labo" on the first floor of the Centennial Memorial Hall (both about a 5-minute walk from the venue) are open on weekends (11:00-14:00). There are also many restaurants around Sapporo Station (about a 10-minute walk).

【Banquet Information】

- Date & Time: Saturday, September 27, 19:00–21:00
- Venue: Central Cafeteria, located on the Hokkaido University campus (about a 10-minute walk from Clark memorial student center). If you have pre-registered, please attend.
- On-site registration for the banquet will be accepted at the conference reception desk by 14:00 on September 27, with cash payment only. Please note that registration will not be accepted at the banquet venue. If payment is not confirmed, admission may be denied.
- Please note that there is limited time between the General Assembly (ends at 18:30) and the Banquet (starts at 19:00). We ask that you proceed to the banquet without delay.

【Wi-Fi Information】

- Eduroam is available within Clark memorial student center.
- We plan to provide a free Wi-Fi environment for conference participants within the venue. However, due to a limited number of connections, this will only be available to those who cannot use eduroam (one device per person). If you would like to use this service, please ask at the reception desk.

【Other Notes & Precautions】

- Clark memorial student center is not exclusively reserved for this event. It will be used by students, faculty, and staff, so please be considerate. **Please do not occupy shared spaces for long periods of time or use power outlets (areas other than those shaded on the floor map on page 6).**
- Please take great care not to soil or damage facilities or equipment. If you damage facilities or equipment, please report this to the conference office immediately.
- Please enter the Room A (Auditorium) from the 1st floor only. Entry from the 2nd or 3rd floor is not allowed.
- Photography and audio/video recording of presentation slides, posters, presenters, etc. is prohibited in principle (except with the consent of the presenters, etc.).
- If you feel unwell, please inform the conference staff or the conference office. Medical assistance, including ambulance arrangements, can be provided if necessary.
- The university campus shuttle bus is for campus business use only and cannot be used by conference participants.
- Smoking is prohibited on Hokkaido University campus. Please also observe all other rules for entering the university campus (Hokkaido University website <<https://www.hokudai.ac.jp/sub/inquiry/rule.html>>).
- Please return the name tag given to you at reception or to the collection box when you leave.

【公開シンポジウム】

日本陸水学会第 89 回札幌大会公開シンポジウム

気候変動と北海道の陸水^{りくすい}～川・湖・湿原の水環境と生き物の現状・将来～

開催主旨

2023 年 G7 サミットでは、「気候・エネルギー・環境大臣会合」が札幌で開催され、特に気候変動の加速化・激甚化する影響について強い懸念が出されました。北海道は河川、湖沼、湿原など陸水の宝庫であり、多様な生き物を育み、また、私たちの暮らしに欠かせない水資源をもたらしています。その一方で、近年、気温の上昇や雨・雪の変化に伴う水環境や生き物の変化が道内各地で報告されています。本シンポジウムでは、北海道の陸水域における水環境や生き物の変化等について、各分野の専門家から最新の研究成果も交えて報告するとともに、陸水域の保全に向けた課題等について議論します。本シンポジウムを通して、気候変動が陸水域に及ぼす影響について理解を深め、貴重な財産である陸水域の保全について考えるきっかけになれば幸いです。

日時：2025 年 9 月 26 日(金) 13:30～17:00 [13:00 開場]

会場：北海道大学クラーク会館 講堂

対象：どなたでもご参加いただけます

参加費：無料、事前申し込み不要

プログラム：

【第 1 部】 講演

鈴木 啓明（北海道立総合研究機構）

「気候変動が北海道に及ぼす影響～陸水影響を中心に～」

大八木 英夫（南山大学）

「湖沼の水温環境と鉛直循環から見た気候変動の影響について

～摩周湖や然別湖の水温観測結果から～」

尾山 洋一（釧路市教育委員会）

「阿寒湖のマリモは気候のカナリアか？」

ト部 浩一（北海道立総合研究機構）

「北海道のサケ科魚類に対する気候変動の影響」

林田 寿文（北海道開発局）

「タンチョウもイトウもすむ川へ！ 石狩川流域の生態系ネットワークづくり」

照井 滋晴（環境把握推進ネットワーク-PEG）

「釧路湿原と再エネ開発 ～失われるキタサンショウウオの生息環境～」

【第 2 部】 パネルディスカッション

パネリスト：講演者 6 名、コーディネーター：木塚 俊和（北海道立総合研究機構）

主催：日本陸水学会第 89 回札幌大会実行委員会

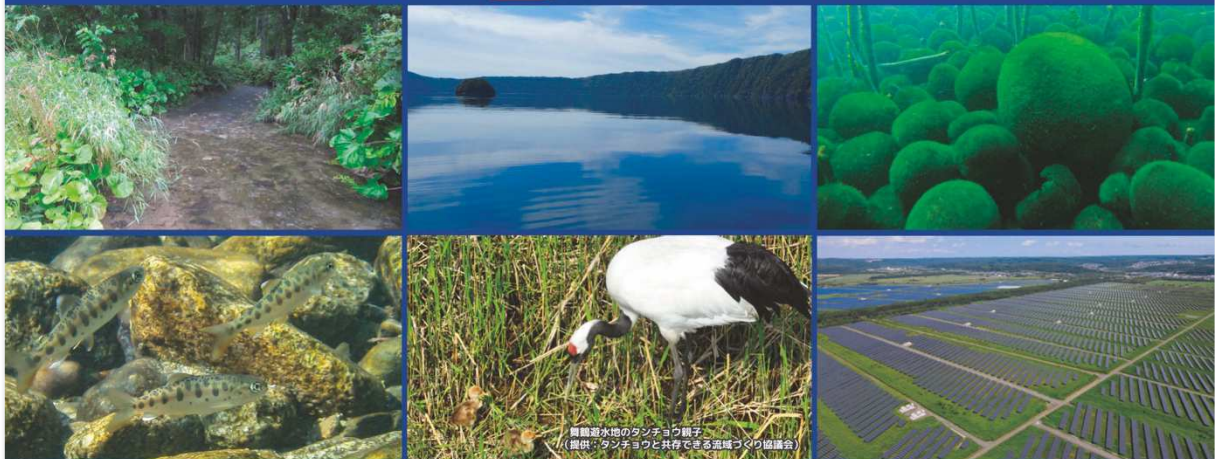
協賛：一般財団法人 北海道河川財団

協力：北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所

日本陸水学会第89回札幌大会
公開シンポジウム

気候変動と北海道の陸水

～川・湖・湿原の水環境と生き物の現状・将来～



プログラム

趣旨説明 木塚俊和 (北海道立総合研究機構)

第1部 講演 (13:35-16:15)

1. 気候変動が北海道に及ぼす影響 ～陸水影響を中心に～ 鈴木 啓 明 (北海道立総合研究機構)
2. 湖沼の水温環境と鉛直循環から見た気候変動の影響について ～摩周湖や然別湖の水温観測結果から～ 大八木 英夫 (南山大学)
3. 阿寒湖のマリモは気候のカナリアか? 尾 山 洋 一 (釧路市教育委員会)
4. 北海道のサケ科魚類に対する気候変動の影響 ト 部 浩 一 (北海道立総合研究機構)
5. タンチョウもイトウもすむ川へ! 石狩川流域の生態系ネットワークづくり 林 田 寿 文 (北海道開発局)
6. 釧路湿原と再エネ開発 ～失われるキタサンショウウオの生息環境～ 照 井 滋 晴 (環境把握推進ネットワーク-PEG)

第2部 パネルディスカッション (16:25-16:55)

パネリスト: 講演者6名、コーディネーター: 木塚俊和

閉会挨拶 占部城太郎 (日本陸水学会会長)

参加無料

事前申し込み不要

2025年

9/26 (金) 13:30-17:00

北海道大学クラーク会館 講堂 13:00開場
札幌市北区北8条西8丁目

JSL Japanese Society of
Limnology

主催: 日本陸水学会第89回札幌大会実行委員会
協賛: 一般財団法人 北海道河川財団
協力: 北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所



公開シンポジウムWebページ

公開シンポジウムフライヤー (表)

デザイン: 五十嵐聖貴

写真提供: (上左) 鈴木啓明, (上中) 大八木英夫, (上右) 尾山洋一, (下左) ト部浩一, (下中) 林田寿文, (下右) 照井滋晴

日本陸水学会第89回札幌大会 公開シンポジウム

気候変動と北海道の陸水 ～川・湖・湿原の水環境と生き物の現状・将来～

2025年9月26日（金）13:30-17:00

講演者



鈴木啓明

北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所 環境保全部 水環境・気候変動グループ 主査

北海道庁を経て、2013年、北海道立総合研究機構 環境科学研究センターに入職、2023年より現職。
同年、室蘭工業大学大学院工学研究科にて博士（工学）を取得。専門は水文学、気候変動影響。



大八木英夫

南山大学 総合政策学部 総合政策学科 教授

自然界における水の分布や性質を含む循環・収支、そして水と人間の相互関係をテーマに、地球環境の変動や人間活動が水環境に与える影響について研究に取り組んでいる。研究対象地域は、摩周湖・然別湖（北海道）、涌池（長野県）、田沢湖（秋田県）、トンレサップ湖（カンボジア）など。専門は、自然地理学・環境科学・水文学。



尾山洋一

釧路市教育委員会 生涯学習部 阿寒教育事務所 マリモ研究室次長

特別天然記念物「阿寒湖のマリモ」の順応的管理に必要なモニタリングや学際的な研究を、潜水調査・船上調査・リモートセンシングなど多様な手法を活用して進めています。
2010年に日本陸水学会吉村賞受賞。



土部浩一

北海道立総合研究機構 さけマス・内水面水産試験場 さけマス資源部 さけマス管理グループ 研究主幹

サケ・マスの資源増殖・管理の業務に従事しています。
専門分野はサケとサクラマスの再生産環境（産卵環境・幼稚魚の育成環境）の保全・再生です。



林田寿文

北海道開発局 札幌開発建設部 流域治水対策官付 流域治水対策専門官

行政と研究の二刀流として、石狩川流域における環境施策、魚道研究、iRICソフトウェアを活用した3次元の多自然川づくりなどに取り組む。土木研究所自然共生研究センターなどを経て、2025年4月より現職。
博士（環境科学）、技術士（建設部門）。



照井滋晴

NPO法人 環境把握推進ネットワーク-PEG 理事長

釧路湿原等に局所的に分布するキタサンショウウオの生態調査や保全活動に取り組んでいます。
近年は、再エネ開発による生息環境の劣化・消失が著しく、共存の道を探っています。

コーディネーター



木塚俊和

北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所 環境保全部 水環境・気候変動グループ 主査

北海道内の河川、湖沼、湿原などの水環境の保全に係る調査・研究業務に従事。専門は水文学・水環境学。
日本陸水学会第89回札幌大会実行委員長。

会場案内

北海道大学クラーク会館 講堂
〒060-0808 札幌市北区北8条西8丁目

※駐車場は用意しておりませんので、会場にお越しの際は公共の交通機関をご利用ください。

- JRをご利用の場合
札幌駅から徒歩10分
- 地下鉄をご利用の場合
南北線さっぽろ駅から徒歩11分
南北線北12条駅から徒歩7分



Google Maps

お問い合わせ先 日本陸水学会第89回札幌大会実行委員会 jslim89.sap@gmail.com

公開シンポジウムフライヤー（裏）

【企業展示】

会場：クラーク会館 2階 集会室5

展示期間：9月27日（土）9:00～17:00、9月28日（日）9:00～12:00

（企業展示は9月26日午後より設置時間を設けますので、準備出来た企業・団体様はその時点から公開するところもあります。）

企業展示・団体、内容紹介

環境システム株式会社	「環境システムのサブスクって 何？」単年度予算，備品費の制限がある中，観測機材は「所有する」から「借りる」時代に・・・水質データをクラウドから監視できる機材，通信料金も含めたパッケージで提供します。必要な期間だけ必要な項目を計測，機材の破損もすべて保険でカバーします。データ解析サポートサービスも提供中。
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
株式会社北海道気象技術センター(HowTecc)	気象・地象・水（海）象に関する各種調査，コンサルティングを行っています。河川水位・雨量予測（HowCast 降雨・水位予測システム），天気図解析・予測，可搬型気象ドップラーレーダ（MRR）を用いた降雨・降雪観測等の予測・研究開発実績について，展示すると共に会場において調査研究のご相談にのります。
パシコ貿易株式会社	弊社は軽量，コンパクト，コストパフォーマンスに優れたデータロガーをお取り扱いしております。 【出展内容】温度(水温)ロガー，水位ロガー，電気伝導率ロガー，溶存酸素ロガーなど
株式会社エス・イー・エイ	当社は，海洋観測機器，その他測定機器及び部品の輸入販売，保守，サービス，ソフト開発，コンサルティングを行っています。海象・陸水調査でご利用可能な，水温，塩分，多項目水質計等の機器展示をいたします。

（申し込み順）

【課題講演】

課題講演 T-1

火山活動と陸水循環

コンビーナー：知北和久（北海道大学）、高野敬志（北海道立衛生研究所）

日時：9月26日（金）9:15～11:35

趣旨：

日本は、4つのプレート上にある島嶼で、世界でも地震発生や火山活動の盛んな国の一つである。プレート沈み込みによりマグマが生成され、地上に噴出することで多くの火山が活動している。わが国ではその活動は非常に活発で、全国のあちこちで火山噴火が起こっている。火山体や周辺の地下に雨水や融雪水が浸透し、マグマ由来の成分や岩盤の成分が溶出することで、地上の陸水とは異なった物理化学的特徴をもつ熱水系と呼ばれる水圏が存在する。この熱水系は、陸面表層の地下水や表流水と混合しながら循環している。また、熱水系は地下変動を伝える媒体でもあり、その循環による物理化学的变化は火山活動および地下岩盤の動き、ならびに陸水環境に対する影響を知る手がかりとなりうる。現在でも日本各地で大きな地震が頻発し、これによってマグマだまりが触発され火山活動がさらに活発化することが考えられる。このことから、陸水学の分野では火山活動は重要なテーマであると考えられる。

本企画講演は、熱水系やその陸水との関わりを対象とした陸水学的な調査研究を紹介してもらい、その成果やこれからの可能性について議論できればと思っている。火山活動に関する陸水学研究の話題提供を歓迎します。

課題講演 T-2

太陽光と溶存有機物：光化学から見える湖沼の物質動態

コンビーナー：吉村千洋（東京科学大学）、千賀有希子（東邦大学）、小松一弘（信州大学）

日時：9月27日（土）9:00～11:15

趣旨：

湖沼や貯水池の表層では、太陽光により溶存有機物（DOM）などによる光化学反応を生じている。光照射による光退色現象の進行と同時に、励起されたDOMから活性酸素種などの反応性の高い物質が生成され、生態系や物質循環に重要な影響を与える。このような反応経路は流域や湖沼の影響を受けると同時に、難分解性有機化合物の分解、微生物の不活化、温室効果ガスの生成などを示すが、DOMの分子特性との対応や定量的な評価は限定的である。そこで、本セッションでは、熱帯から寒帯までの気候帯を広く対象として、DOMの化学特性、光照射下での反応性（反応経路や反応速度）、それらの物質動態や生態系へ影響などについて議論する場を設ける。気候変動の影響が顕著になりつつある今、地域間比較によりDOM動態と光化学過程の理解を深め、将来の湖沼環境の変化予測に資することも目的とする。

課題講演 T-3

湿地の変化から何を読み解くか

コンビーナー：野原精一（福島県尾瀬保護調査会）

日時：9月27日（土）11:00～12:15

趣旨：

湿地はスポンジのような役割を果たし、雨が止んだ後も長期間、貯水、放水することで河川流量を維持し、渇水を緩和させ、洪水対策にもなります。ある報告によれば、湿地帯は地球表面のわずか7%を占めるに過ぎませんが、世界中の動植物の40%が生息し、生物多様性が高いとされています。地球の湿地の80%以上がすでに消失しました。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の最新報告書は、湿地などの生態系が高温、火災、干ばつに対して脆弱であることに注目し、このような生態系の消失により大量の温室効果ガスが放出され気候変動が増幅するとしています。私たちがいますべきことは、特定の湿地だけでなく、水系全体を保護、回復することです。河川はその水源から海に至るまで、湿地を潤し、また湿地から水を得ています。水系は風景をつなぎ、他の生態系を維持しています。私たちが湿地を保護、回復しない限り、自然を保護する目標は達成されません。

この課題講演の目的は、湿地の変化は何を意味するのかを明らかにすることです。湿地にどのような変化が現在起こっており、その原因は何か、どのような影響を及ぼすかを議論したいと考えています。

課題講演 T-4

北の大地の陸水学 —マリモをみまもる阿寒湖の学際研究の夜明け—

コンビーナー：尾山洋一（釧路市教育委員会マリモ研究室）

日時：9月28日（日）9:00～12:00

趣旨：

寒冷地における陸水研究の一例として、特別天然記念物「阿寒湖のマリモ」が暮らす北海道東部の阿寒湖を対象とした最新の研究成果を紹介します。発表内容は、マリモの生理生態や構造、遺伝的多様性など、生物としてのマリモの謎を解き明かす研究のほか、マリモの「ゆりかご」である阿寒湖の陸水学的特徴や気候変動の影響など幅広いテーマとなっています。これらの多様な分野の研究成果は、衰退の続くマリモをどのように保全していくかを考える上で役立てられています。言い換えると、マリモを適切に保全していくためには、陸水学が得意とする分野横断型の視点で調査や研究を進めていく必要があるのです。本企画を通して、希少種やその生息地を順応的に管理するための学際的な研究の必要性や楽しさを感じて頂けると嬉しいです。

【自由集会】

日本陸水学会若手の会 2025 "ライトニングトーク：若手研究者よ、大志を語れ"

企画者：鈴木碩通（東北大学），原直子（奈良女子大学），山中千穂（奈良女子大学），
米山貴将（富山県立大学）

日時：9月25日（木）16:30～19:00

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、昨年に引き続き、研究室に配属され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分のライトニングトークを実施いたします。今回は開催地である北海道にちなみ、「若手研究者よ、大志を語れ」と題し、発表者ご自身の研究成果や野望についてざっくばらんに語っていただきます。もちろん、発表していただく内容は必ずしも大志である必要はなく、ご自身の研究対象への愛やフィールド自慢でも構いません。

和気藹々とした雰囲気です。若手同士の交流を深めつつ、新たな視点や着想を得られるような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、ご自身の今後の野望を語りたい方などどなたでも歓迎いたします。ぜひご参加ください。

陸水物理学会

企画者：知北和久（北海道大学）

日時：9月26日（金）18:00～20:00

趣旨：

現在の当会会員数の現状

学会誌の編集状況とオープン化

2025年11月開催予定の第46回東京大会の確認

【協賛企業・団体等】

協賛団体・協賛企業様（Sponsors）（50 音順）

一般財団法人 北海道河川財団 / Rever Center of Hokkaido
(URL: <https://www.ric.or.jp/>)
北成コンサルタント株式会社 / Hokusei Consultant

広告掲載企業様（Advertisements）（50 音順）

バナー広告掲載企業様

アジレント・テクノロジー株式会社 / Agilent Technologies Japan, Ltd.
(<https://www.chem-agilent.com/>)
環境システム株式会社 / Environmental System Inc.
(<https://hydrolab.co.jp/>)

要旨集広告掲載企業様

一般財団法人 日本気象協会北海道支社 / Japan Weather Association
株式会社ドーコン / Docon Co., Ltd.
株式会社 日本海洋生物研究所 /
MARINE BIOLOGICAL RESEARCH INSTITUTE OF JAPAN Co., Ltd.
環境システム株式会社 / Environmental System Inc.
ビーエルテック株式会社 / BL TEC K.K.



気象テクノロジーで未来を支える。

Weather Solution Company

一般財団法人 日本気象協会
北海道支社

あらゆるビジネスに、気象データを。



ウェザーマーケティング情報メディア



Weather X



豊かな人間環境の創造に貢献

清流[美々川]

地下水から川が始まり、湿原の中を蛇行し、
生き物の宝庫ウトナイ湖につながるこの美々川は
広大な石狩低地帯においても
唯一の原始河川として、その美しい姿を残しています。



総合建設コンサルタント

株式会社 ドーコン

本社 // 〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号

代表 TEL : (011)801-1500 FAX : (011)801-1600

環境保全部 TEL : (011)801-1572 FAX : (011)801-1573

<https://www.docon.jp/>

川・海を知ること 未来を守ること



陸水域から沿岸域、さらには外洋域の深海まで
広範な水圏生態系の構造と機能について
高い精度の情報を提供し、
自然と人間の調和に貢献します

生 物 分 析	バクテリア、プランクトン、魚卵・稚仔魚、海域ベントス、付着生物、海藻草類、魚介類、陸水域ベントス、付着藻類
物 理 化 学 分 析	水質、底質、流況
生 物 化 学 実 験	急性毒性試験、培養試験、基礎代謝実験
環 境 DNA 分 析	種特異的解析、網羅的解析
環 境 影 響 評 価	海洋エネルギー・鉱物資源開発の影響評価、漁業影響評価、社会資本整備に伴う影響評価
環 境 保 全 ・ 修 復	水質浄化機能研究、干潟・浅場保全研究



株式会社 **日本海洋生物研究所**

【本社】〒142-0042 東京都品川区豊町4丁目3番16号 Tel : 03-3787-2471 / Fax : 03-3787-2475

【支店】札幌・中部・大阪

☐ URL : <https://mbrij.co.jp>

お電話、ホームページからお気軽にお問い合わせ下さい。



業務効率化に貢献！



吸光光度法の自動分析装置 (オートアナライザー)

装置概要

- ◎測定原理：JIS K 0102・告示収載の連続流れ分析法(CFA法)
- ◎測定対象：湖沼、河川、地下水、汽水、海水、工場排水など
- ◎測定項目：硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素
リン酸態リン、シリカ、全窒素、全リン
ふっ素、全シアン、フェノール類 ほか
- ◎オートサンプラーに試料をセットするだけで、多項目の同時測定可能！
- ◎分析処理速度が速く、多検体の測定が無理なく可能！
(処理速度1時間当たり20～60試料以上*) *項目による
- ◎煩雑な前処理(分解操作や蒸留操作)から測定を装置内で
一連の操作として行うことができる自動分析装置！

仕様一例



1台で4項目同時測定仕様



全窒素、全リン測定仕様

ビーエルテック株式会社 <http://www.bl-tec.co.jp>

本 社	〒550-0002	大阪市西区江戸堀1-25-7 江戸堀ヤタニビル 2F
		TEL：06-6445-2332 FAX：06-6445-2437
東京本社	〒103-0011	東京都中央区日本橋大伝馬町14-15 マツモトビル4F
		TEL:03-5847-0252 FAX：03-5847-0255
九州支社	〒812-0013	福岡市博多区博多駅東3-1-29 博多第2ムカヅビル4F
		TEL 092-452-0108 ※FAXは本社へ

講演プログラム

9月26日（金）午前 / 26 Sep. (Fri.) Morning

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)
9:15	<u>O-A01</u> 琵琶湖北湖における底泥酸素消費特性の化学量論評価 *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）・山口 保彦（滋賀県琵琶研セ）・早川 和秀（滋賀県琵琶研セ）・中野 伸一（京大・生態研セ）・布施 泰朗（京工繊大・分子化学）
9:30	<u>O-A02</u> 深水層を有する琵琶湖北湖における溶存有機物の化学特性解析 *植松 大輝（京工繊大院・工芸科学）・初 雪（京工繊大・分子化学）・山口 保彦（滋賀県琵琶研セ）・早川 和秀（滋賀県琵琶研セ）・中野 伸一（京大・生態研セ）・布施 泰朗（京工繊大・分子化学）
9:45	<u>O-A03</u> 硫化水素を用いたFe(III)の比色定量法 *佐藤 詩織（島根大）・和田 尚己（島根大）・吉村 祐輝（島根大）・藤田 香純（島根大）・菅原 庄吾（島根大）
10:00	<u>O-A04</u> 穴道湖西岸におけるメタンの挙動 *和田 尚己（島根大）・吉村 祐輝（島根大）・藤田 香純（島根大）・佐藤 詩織（島根大）・菅原 庄吾（島根大）
10:15	<u>O-A05</u> 琵琶湖周辺内湖におけるメタンフラックスに影響を与える要因の解析 *永田鈴奈（滋賀県大院・環境）・尾坂兼一（滋賀県大・環境）・伊藤雅之（京大・生存圏）・杉浦健介・徳井勇斗（滋賀県大・環境）・後藤直成（滋賀県大・環境）
10:30	<u>O-A06</u> Remotely estimating suspended particulate matter concentration in various water bodies *Mailisu(Tsukuba Univ.), Bunkei Matsushita(Tsukuba Univ.)
10:45	休憩 / Break
11:00	<u>O-A07</u> 鉾山周辺の河川における重金属濃度の経日変化：降水量と土地利用に着目した検討 *藤田 優里（東洋大院）・横溝 裕行（国環研）・都築 洋一（東京大）・竹下 和貴（東洋大院）
11:15	<u>O-A08</u> 湖沼底泥中PO ₄ の酸素同位体比分析におけるバッチサンプリングの応用 *佐野 航士（北海道大）・石田 卓也（広島大）・守屋 凜（北海道大）・羽深 昭（北海道大）・木村 克輝（北海道大）
11:30	<u>O-A09</u> アメリカザリガニの営巣による水田からのメタン放出可能性をさぐる一予報— 佐々木 真歩（神戸大）・伊藤 雅之（京都大）・藤林 恵（九州大）・奥田 昇（神戸大）
11:45	<u>O-A10</u> オオシロカゲロウ種内の両性生殖系統と単為生殖系統間における発現遺伝子の比較解析—単為生殖原因遺伝子の探索— *野廻 貴仁（信州大院・理）・竹中 將起（筑波大）・東城 幸治（信州大・理）

B会場 / Room B	
開始時刻 Time	一般講演(審査対象) General Session (Award Nominees)
9:15	<u>O-B01</u> 雪氷藻類はどこから来るのか？：コケとの関係を探る *加藤 汐夏・高階 真丈・中西 博亮（横浜国立大）・植竹 淳（北海道大）・饒味 麻衣子（横浜国立大）
9:30	<u>O-B02</u> 山形県月山ブナ林における異なる空間スケールでの雪氷藻類の群集構造 *高階真丈・中西博亮・田原科初・和田智竹（横浜国立大院・環境情報）・瀬戸健介（横浜国立大・IMS）・松崎令（大阪工業大・工）・竹内望（千葉大院・理）・饒味麻衣子（横浜国立大院・環境情報）
9:45	<u>O-B03</u> 一次消費者の炭素・窒素安定同位体比を用いたワンド・タマリの生態系機能の評価 *上羽 涼太郎（東京農工大学）・千賀 有希子（東京大学）・梅澤 有（東京農工大学）
10:00	<u>O-B04</u> 多様な砂州周辺河床間隙域の環境条件と生物群集を比較する *島 彩乃（奈良女子大）・田中 亜季（大阪公立大）・片野 泉（奈良女子大）
10:15	<u>O-B05</u> 聖牛が創出する一時的水域と地下に広がる河床間隙水域：生物群集の比較と季節変動から探る連結性 *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）
10:30	<u>O-B06</u> ダム下流プランクトン密度への濾過食者の寄与：近畿7ダムを対象とした比較調査から 原 直子（奈良女子大）・土屋 秀幸（京都大）・Oh Hye-Ji（奈良女子大）・片野 泉（奈良女子大）
10:45	休憩 / Break
11:00	<u>O-B07</u> 耕作放棄がセトウチンショウウオ（ <i>Hynobius setouchi</i> ）の生息に及ぼす影響の解明 *松本 奈々（神戸大学）・坂田 雅之（北海道大学）・國政 祐太（神戸大学）・山本 優奈（神戸大学）・源 利文（神戸大学）
11:15	<u>O-B08</u> 深層学習を用いた動物プランクトンの自動モニタリングシステムの開発 *宮崎 真治（東北大）・大竹 裕里恵（京都大）・伊藤 康一（東北大）・牧野 渡（東北大）・占部 城太郎（東北大）・青木 孝文（東北大）
11:30	<u>O-B10</u> 両訪湖に出現する <i>Daphnia galeata</i> の食物の解明 *佐藤 秀美（信州大学院・理）・二木 功子（信州大・理）・笠原 里恵（信州大・理）
11:45	<u>O-B11</u> 渡島大沼における藍藻類がワカサギの分布に与える影響の評価 *近藤 陽太（北大・院環）、南 惠更（北大・フィールド科セ）、金 相暉（島大・エスチュアリー研セ）、朱 妍卉（北大・フィールド科セ）、宮下 和土（北大・フィールド科セ）

C会場 / Room C	
開始時刻 Time	課題講演 T-1 / Organized Session T-1 「火山活動と陸水循環」 コンピーナー：知北和久（北海道大学）．高野敬志（北海道立衛生研究所）
9:15	趣旨説明
9:25	O-C01 有珠山火山を熱源とする洞爺湖温泉冷鉱泉の水温上昇と含有成分の変化 *高野 敬志（北海道立衛生研）・大塚 侑（北海道立衛生研）・吉田 優也（北海道立衛生研）
9:40	O-C02 北海道内の活火山における火山活動に関連した温泉水の変化 *高橋 良・藤原 寛・荻野 淑・大森 一人（道総研）
9:55	O-C03 北海道・白金青い池の呈色機構研究 *花石 竜治（青森県在住）・知北 和久（北海道大）
10:10	休憩 / Break
10:20	O-C04 活火山火口湖の熱と水の循環に関する比較研究 *知北 和久（北大・北極セ）・後藤 章夫（東北大・東北アジア）・岡田 純（気象研）・大八木 英夫（南山大）・山口 高志（道総研）
10:35	O-C05 十和田湖の水質と火山熱水系の関係について 網田 和宏*（秋田大学）・知北和久（北海道大学）
10:50	O-C06 屈斜路湖は再び酸性化するか?その酸性度の長期変動 山口 高志（道立総合研究機構）
11:05	O-C07 御嶽山2014年噴火前後の周辺水環境の変化-2013年～2024年の継続調査結果をもとに- *小寺 浩二（法政大）・浅見 和希（国際興業）・猪狩 彬寛（日本工営/法政大院）・森本 洋一（リバーフロント研究所）・小田理人（千葉大院）
11:20 ～11:35	全体討論

9月27日（土）午前 / 27 Sep. (Sat.) Morning

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>O-A11</u> オオシロカゲロウ幼虫の巣穴内の行動分析 *紺野有哉（帝京大学）・蓮田裕一（帝京大学）
9:15	<u>O-A12</u> 都市域の湧水河川における水生植物の分布と生育環境 *有賀 光洋（帝京科学大学）・片桐浩司（帝京科学大学）
9:30	<u>O-A13</u> 府中用水における水生植物の分布 *名古 建(帝京化学大学) ・片桐 浩司(帝京科学大学)
9:45	<u>O-A14</u> アカツキシロカゲロウ幼虫のU字型巣穴の形状 *神山 聖顕（帝京大学）・蓮田 裕一（帝京大学）
10:00	<u>O-A15</u> 重金風がミジンコの誘導防御と個体群動態に与える影響 *米山貴将（富山県大 大学院）・神戸一喜（富山県大）坂本正樹（富山県大）
10:15	<u>O-A16</u> 動物プランクトンの分類群によって農業影響は異なる：イミダクロブリドを例に *鈴木 碩通（東北大・生命）・牧野 渡（東北大・生命）・高橋真司（東北大・工）・Jamie Kass（東北大・生命）・占部城太郎（東北大・生命）
10:30	<u>O-A17</u> 濾過食者シマトビケラ科幼虫が捕捉・摂食する流下物は何から？：流下プランクトン相・捕獲網捕捉物・消化管内内容物の比較 *上田 満優季（奈良女子大）・Hye-Ji Oh（奈良女子大）・原 直子（奈良女子大）・荒木 志保（奈良女子大）・片野 泉（奈良女子大）
10:45	休憩 / Break
11:00	<u>O-A18</u> 携巣トビケラに与えるダム下流 土砂還元の影響 *植村 愛可（奈良女子大）・片野 泉（奈良女子大）
11:15	<u>O-A19</u> 濾過食者オオシマトビケラの食性における季節変化：流下プランクトンと消化管内内容物の比較 *荒木志保(奈良女子大)・Hye-Ji Oh（奈良女子大）・原直子（奈良女子大）・上田満優季（奈良女子大）・田代喬（名古屋大）・片野泉（奈良女子大）
11:30	<u>O-A20</u> 滋賀県内におけるMetagonimus鼠吸虫の分類、分布および第二中間宿主の再検討 *益 桃子（滋賀県立大）・浦部 美佐子（滋賀県立大）
11:45	<u>O-A21</u> 放射性同位体を用いないウイルス生産速度測定法の開発と琵琶湖への適用 *三堂 朋美（立命館大院）・土屋 健司（国環研）・沈 尚（立命館大）
12:00	<u>O-A22</u> Streams Under Pressure: Diverging Energy Patterns in Fish and Invertebrates Giovanna Collyer* (The University of Tokyo), Victor Saito (Federal University of Sao Carlos), Terutaka Mori (Aqua Restoration Research Center, Public Works Research Institute), Takehito Yoshida (The University of Tokyo)
12:15	<u>O-A220</u> AI を活用したヒゲナガカワトビケラ幼虫の食性の解析 *松田果恋（帝京大学）・蓮田裕一（帝京大学）

B会場 / Room B	
開始時刻 Time	一般講演 General Session
9:00	O-B12 河川水中の溶解態及び懸濁態 ¹³⁷ Cs濃度と集水域 ¹³⁷ Cs蓄積量との関係 *植田 真司（環境技研）・落合 伸也（金沢大）・長谷川 英尚（環境技研）
9:15	O-B13 淡水域の湖底堆積物中における溶解ケイ酸の挙動 *朴 紫瑛（島根大院）・杉山 雅人（京大院院）・石川 尚人（富山大院）・藤本 悠雅（富山大院）・大野 礼温（島根大院）・江川 輝（島根大院）・江川 美千子（島根大院）
9:30	O-B14 遠心力を利用した堆積物からのMPs分取 *井上 徹教（港湾空港技術研究所）・玉上 和範・森澤 友博・淺井 貴恵（東亜建設工業）
9:45	O-B15 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～硝酸-酸素同位体(δ ¹⁸ O-Δ ¹⁷ O)の適用～ *奥田 昇（神戸大）・尾坂 兼一（滋賀県大）・木庭 啓介（京都大）・石田 卓也（広島大）・岩田 智也（山梨大院）・陀安 一郎（地球研）・小澤 優介（神戸大院）
10:00	O-B16 硝酸は底泥リン溶出を抑制しているのか？ 篠原隆一郎（国立環境研究所）・土屋健司（国立環境研究所）
10:15	O-B17 福島県郡山市の田んぼダムにおける土砂・りん流亡の抑制効果 *辻 英樹（国環研）・境 優（国環研）・竹田 稔真（国環研）・林 誠二（国環研）
10:30	O-B18 魚群探知機におけるダム湖のシアノバクテリア測定を試み *金 相暉・林昌平・鮎川和泰・清家泰（島根大）・南惠恵（北海道大）
開始時刻 Time	B会場 / Room B
	課題講演 T-3 / Organized Session T-3 「湿地の変化から何を読み解くか」 コンピーナー：野原精一（福島県尾瀬保護調査会）
11:00	趣旨説明
11:05	O-B19 尾瀬ヶ原の微地形－特に指紋状パターンについて－ *福原 晴夫（河北潟湖沼研究所）・永坂 正夫（金沢星稜大学）・野原 精一（福島県尾瀬保護調査会）・村田 智吉（国立環境研究所）
11:20	O-B20 尾瀬ヶ原池澤から放出される温室効果ガス－フローティングチャンバー法を用いた検討－ *千賀有希子・遠藤信峻・菊地黄・渡邊健介（東邦大理）・野原精一（福島県尾瀬保護調査会）
11:35	O-B21 尾瀬ヶ原の融雪期に現れるアカシガをニッチとするメタン酸化細菌 *梅澤 和寛（静岡県立大学）・Jackson Tsuji（JAMSTEC）・野原 精一（福島県尾瀬保護調査会）・谷 幸則（静岡県立大学）・福井 学（北海道大学）
11:50	O-B22 気温上昇、洪水・無降水期の増加によって尾瀬ヶ原還原は乾燥化するのか *野原精一（福島県尾瀬保護調査会）・村田智吉（国立環境研究所）・千賀有希子（東邦大学）
12:05 ～12:15	総合討論

C会場 / Room C	
開始時刻 Time	課題講演 T-2 / Organized Session T-2 「太陽光と溶解有機物：光化学から見える湖沼の物質動態」 コンピーナー：吉村千洋（東京科学大学）・千賀有希子（東邦大学）・小松一弘（信州大学）
9:00	セッションの趣旨説明 吉村千洋（東京科学大学）
9:05	O-C08 カリマンタン島バランカラや近郊の湖沼・河川における溶解有機物の特性評価 *野田 詩志（信州大）・小松 一弘（信州大）
9:25	O-C09 溶解有機物による不活性化を考慮した一重項酸素の量子収率の推定 *波多野 雄大（東京科学大）・Guo Zhongyu（フランス国立科学研）・吉村 千洋（東京科学大）
9:45	O-C10 Photo-reactivity of lacustrine DOM in relation to catchment and lake conditions (集水域と湖沼条件との関連における湖沼DOMの光反応性) Zhang Run (Inst. of Science Tokyo), *Zhang Ye (Inst. of Science Tokyo), Luki Subehi (The National Research and Innovation Agency, Indonesia), Vouchlay Theng (Institute of Technology of Cambodia, Cambodia), Yoshimura Chihiro (Inst. of Science Tokyo)
10:05	休憩 / Break
10:15	O-C11 インドネシアの熱帯泥炭湿原と富栄養湖におけるDOM光分解から放出される温室効果ガス（CO ₂ 、CH ₄ 、CO） 渡邊 健介*・千賀 有希子（東邦大院）
10:35	O-C12 湖沼水中におけるラジカルの定常濃度とノロウイルス不活化率の関係 *安東 滉生（東北大学）・吉村 千洋（東京科学大学）・丸尾 知佳子（東北大学）・佐野 大輔（東北大学）・大石 若菜（東北大学）
10:55 ～11:15	総合討論
開始時刻 Time	C会場 / Room C
	一般講演 General Session
11:30	O-C13 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：リン酸-酸素同位体の適用 *石田卓也（広大院・先進）、尾坂兼一（滋賀県大・環境）、三歩一孝（名大院・環境）、岩田智也（山梨大院・総合）、陀安一郎（地球研）、角皆潤（名大院・環境）、中川書子（名大院・環境）、小澤優介（神戸大院・理）、奥田昇（神戸大・内海センター）
11:45	O-C14 琵琶湖北湖における物質循環フラックスの季節変動と 温暖化・貧栄養化の影響 *早川 和秀・永田 貴丸・中村 航・山口 保彦・佐藤 祐一・井上 栄壮・焦 春明（琵琶研セ）・布施 泰朗・初 雪（京工繊大）・霜島 孝一（国環研）・中野 伸一（京大生態研）
12:00	O-C15 諏訪湖の水温成層と内部静脈—2024年夏季の事例 *若木真穂（信州大）・岩田拓記（信州大）・宮原裕一（信州大）

9月28日（日）午前 / 28 Sep. (Sun.) Morning

開始時刻 Time	A会場 / Room A	開始時刻 Time	B会場 / Room B	開始時刻 Time	C会場 / Room C
	課題講演 T-4 / Organized Session T-4 「北の大地の陸水学 ―マリモをみまもる阿寒湖の学際研究の夜明け―」 コンピーナー: 尾山 洋一 (釧路市教育委員会マリモ研究室)		一般講演 General Session		一般講演 General Session
9:00	趣旨説明 *尾山 洋一 (釧路市教委)	9:00	O-B23 千葉県手賀沼の有機物分解特性とその炭素循環への影響 *時枝 隆之 (気大校、埼玉県・環科国セ)・木持 謙 (埼玉県・環科国セ)	9:00	O-C16 貯水池での気泡式循環装置によるラン藻類の増殖抑制 鮎川和泰 (島根大EsReC)・本橋佑季 (島根大EsReC)・三上育英 (島根大EsReC)・清家泰 (島根大EsReC)
9:05	O-A23 水温とマリモの成長 中山 恵介 (神戸大学)・岡田 健太郎 (神戸大学)	9:15	O-B24 鉱山閉鎖後における河川の底生動物群集の変化 富山 公晴 (東洋大院)・横溝 裕行 (国環研)・*竹下 和貴 (東洋大院)	9:15	O-C17 アオコ形成藍藻 <i>Dolichospermum</i> に寄生するツボカビの分子系統解析 *瀬戸 健介 (横浜国立大学・IMS)・鏡味 麻衣子 (横浜国立大院・環境情報)
9:20	O-A24 球状型緑藻マリモ (<i>Aegagropila brownii</i>) の光利用戦略と光合成応答 *河野 優 (ABC)・小原 晶奈 (神奈川大)・尾山 洋一 (釧路市教育委員会)	9:30	O-B25 フナ属におけるCs-137濃度と腸内細菌叢との関係 石井 伸昌 (量研機構)・風呂田 利夫 (東邦大)	9:30	O-C18 十勝川の氾濫原水域における沈水植物群落の成立条件 *片桐 浩司 (帝京科学大)
9:35	O-A25 異なる実験条件下におけるマリモの光合成パラメータの比較 *駒井 克昭 (北見工業大学)、尾山 洋一 (釧路市教育委員会)、中山 恵介 (神戸大学)	9:45	O-B26 琵琶湖南湖における在来コイ科魚類8種の57年間の資源量変化とその要因 *松崎 慎一郎 (国環研)・深谷 肇一 (国環研)・馬淵 浩司 (国環研)・亀甲 武志 (近畿大)・高村 典子 (長野県諏訪湖環境研究センター)	9:45	O-C19 生物個体群における集団遺伝構造の形成過程とその影響要因: 5湖沼における <i>Daphnia cf. pulex</i> 休眠卵を用いた古陸水学的分析 *大竹裕里恵 (京都大学)・大西由花 (東大)・山道真人 (遺伝研)・占部城太郎 (東北大)・吉田丈人 (東大)
9:50	O-A26 マリモの健全性の評価手法の提案 *伊賀 美理 (神戸大学大学院) 中山 恵介 (神戸大学大学院教授) 尾山 洋一 (釧路市教育委員会マリモ研究室) 駒井 克昭 (北見工業大学) 堀井 慎太郎 (神戸大学医学部附属病院) 曾宮 雄一 (神戸大学医学部附属病院) 熊本悦子 (神戸大学大学院教授)	10:00	O-B27 北海道の湖沼保全に向けた水環境の現状評価と情報発信 *木塚 俊和・五十嵐 聖貴・三上 英敏・山口 高志・鈴木 啓明・大屋 祐太・野口 泉 (道総研・エネ環地研)・長谷川 祥樹 (道総研・北総研)	10:00	O-C20 機械学習で検出試行した淡水珪藻類の季節変動 *近藤 雅秋 (三重大)・中川 陽男 (三重大)・溝口 優作 (三重大)
10:05	O-A27 阿寒湖のマリモの湖内分布と遺伝的多様性 今藤 夏子*、角谷 拓、伊藤 洋、土屋 健司、三浦 真吾、高津 文人 (国立環境研)、尾山 洋一 (釧路市教育委員会)	10:15	休憩 / Break	10:15	休憩 / Break
10:20	休憩 / Break	10:45	O-B28 藻類リソース普及のための効率的な無菌化技術の開発 鈴木 重勝 (筑波大、国立環境研)・大田 修平 (国立環境研)・*木田 雄彦 (国立環境研)	10:45	O-C21 Understanding methane oxidation by "aerobic" methanotrophs in oxygen-depleted waters *Jackson M. Tsuji (Japan Agency for Marine-Earth Sci. and Technol.), Cerrise Weiblen (Univ. Alberta), Paula Reis (Univ. Waterloo), Yongcui Deng (Nanjing Normal Univ.), Dominic Sauvageau (Univ. Alberta), Sherry Schiff (Univ. Waterloo), Lisa Y. Stein (Univ. Alberta), Josh D. Neufeld (Univ. Waterloo)
10:35	O-A28 完新世後期の阿寒湖北岸における珪藻群集と環境の変遷 *千葉 崇 (酪農大)・尾山 洋一 (釧路市教委)・辻 彰洋 (科博)・長井雅史 (防災科研)	11:00	O-B29 矢作川における水生コケ植物の流程分布と一次生産 内田 朝子 (*)・山田 佳裕	11:00	O-C22 高位泥炭地における地中水の動き *若熊 敬夫 (北海道大)・野原 精一 (福島県尾瀬保護調査会)
10:50	O-A29 阿寒湖および周辺水域における溶存メタン動態 *土屋 健司・高津 文人・三浦 真吾・今藤 夏子・角谷 拓 (国環研)・尾山 洋一 (釧路市教委)	11:15	O-B30 諏訪湖の植物プランクトンの季節変化-2017-2023年 *久保田 伊央里・高村 典子 (長野県諏訪湖環境研究センター)	11:15	O-C23 水温が底泥酸素要求量 (SOD) に及ぼす影響の評価 *小笠原 翔 (滋経環研セ)・霜島 孝一 (国環研)・安達 大輝・岡本 高弘・七里 将一・南 真紀・山本 春樹 (滋経環研セ)
11:05	O-A30 阿寒湖の多様な湧水探索と新規手法を用いた様々なアプローチ *三浦真吾・高津文人・土屋健司 (国環研)・尾山 洋一 (釧路市教委)	11:30	O-B31 地理的単為生殖種オオシロカゲロウを対象とした「単為生殖」原因遺伝子の追究 東城幸治 (信州大・理学)・関根一希 (立正大・地球環境科学)	11:30	O-C24 尻別川流域の土地利用形態が河川水中の栄養物質濃度に与える影響 *河野 晃大 (北大院・環境科学) A.R. Chittenden (北海道大学水産学部) 江角 理佐子 (京大院・ASAFAS)
11:20	O-A31 阿寒湖の水温・溶存酸素の鉛直構造と季節変化 *高津 文人 (国環研)・土屋 健司 (国環研)・三浦 真吾 (国環研)・尾山 洋一 (釧路市教委)	11:45	O-B32 撮影画像を用いた機械学習によるヒシ検出と精度の向上 *溝口 優作 (三重大学)・近藤 雅秋 (三重大学)	11:45	O-C25 大阪湾奥部の人工干潟における底泥酸素消費量 霜島 孝一 (国環研)・大谷 壮介 (武庫女)・平井 研 (MIZUKEN)
11:35	O-A32 湖内溶存酸素環境が冷水性魚類の水平分布を介して沖合食物網に与える影響 *片寄 凉介 (国環研、農工大)・今藤 夏子 (国環研)・高津 文人 (国環研)・福森 香代子 (農研機構)・尾山 洋一 (釧路市教育委員会マリモ研究室)・角谷 拓 (国環研)				
11:50 ~12:00	全体質疑				

ポスター発表 9月27日（土）～9月28日（日） / Poster Session, 27–28 Sep. (Sat.–Sun.)
 （コアタイム：9月27日（土）13：15～15：15） / (Core Time: 27 Sep. (Sat.) 13:15–15:15)

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

P-01 東海地方の放棄水田にみられる植生とその保全に向けて

星野 功征(帝京科学大)・片桐 浩司(帝京科学大)

P-02 都市公園の池における埋土種子と水草相について

*井上 堅仁(帝京科学大学)・片桐 浩司(帝京科学大学)

P-03 Urban Landscapes Restructure Fish Traits and Taxonomic Composition in Japan

Giovanna Collyer* (The University of Tokyo), Victor Saito (Federal University of Sao Carlos), Terutaka Mori (Aqua Restoration Research Center, Public Works Research Institute), Takehito Yoshida (The University of Tokyo)

P-04 印旛沼流域の谷津における水生昆虫の多様性に影響を与える要因

*堀田 和希（東京大学）・平野 佑奈（国立環境研究所）・今藤 夏子（国立環境研究所）・伊藤 洋（国立環境研究所）・田和康太（国立環境研究所）・西廣 淳（国立環境研究所）・吉田 丈人（東京大学）

P-05 カイビルの寄生によるタテボシガイへの影響

*松本 優（滋賀県立大学）

P-06 Laboratory Determination of Clams Burrowing Response to Marine Thermal Stress using Acoustic Monitoring

*Liang Weizhen (GSFS, UTokyo), Katsunori Mizuno (GSFS, UTokyo), Yohei Uehara (Shizuoka FRI), Yoshimoto Saito (MaOI), Kazutoshi Okamoto (MaOI)

P-07 クマムシ・ワムシ等の微小動物と雪氷藻類の捕食-被食関係

*北岡 久苑（横浜国立大）, 和田 智竹（横浜国立大）, 高階 眞丈（横浜国立大）, 加藤 汐夏（横浜国立大）, 鏡味 麻衣子（横浜国立大）

P-08 琵琶湖の微生物ループはどこへ繋がるのか：カラヌス目カイアシ類*Eodiaptomus japonicus*による原生生物の摂食の検証

*井上 聖花(京都市大学生態学研究センター)・伴 修平(滋賀県立大学)

P-09 湖沼およびその流域に由来する細菌群集の浄水場における存在実態

*江口大斗（立命館大院）・浅田安廣（京都大）・沈尚（立命館大）

P-10 Temporal Analysis of Picocyanobacteria in Lake Biwa with regards to Vertical and Thermal Stratification

Mohammad Nuqman Maher, Ji Cai, Shin-ichi Nakano (Kyoto University)

P-11 Ecology of *Micrasterias hardyi* dominating in Lake Biwa with special reference to nutrient utilization

*Fuji Xie (Kyoto University), Naoki Fujiwara (Lake Biwa Environmental Research Institute)
 Fumiaki Nasu (Lake Biwa Environmental Research Institute), Kenya Iwamoto (Lake Biwa Environmental Research Institute), Arata Kawakami (Lake Biwa Environmental Research Institute), Shin-ichi Nakano (Kyoto University)

P-12 諏訪湖における植物プランクトン増殖と窒素循環

*奥石 庸行（信州大）・浦井暖史（信州大）・宮原裕一（信州大）

P-13 ダム湖のアオコ発生と水質および降雨量との関係

安里 海人・林 昌平・仲村 康秀・鮎川 和泰・金 相暉（島根大）

P-14 堆積物DNAを用いた南極湖沼生態系成立の解明

高平夏芽（総合研究大学院大学）, 工藤栄（総合研究大学院大学,国立極地研究所）, Wong Shu-Kuan（国立極地研究所）, 菅沼悠介（総合研究大学院大学,国立極地研究所）, 川又基人（総合研究大学院大学,寒地土木研究所）, 香月興太（島根大学）, 柴田大輔（筑波大学下田臨海実験センター, 神奈川工科大学）, 石輪健樹（総合研究大学院大学,国立極地研究所）

P-15 Py-GC/MSによる琵琶湖沈降粒子の化学特性解析

*中川 雄仁（京工織大院・工芸科学）・初 雪（京工織大・分子化学系）・中村 航（滋賀県琵琶湖研セ）・山口 保彦（滋賀県琵琶湖研セ）・早川 和秀（滋賀県琵琶湖研セ）・中野 伸一（京大・生態研）・布施 泰朗（京工織大・分子化学）

P-16 琵琶湖北湖における湖水サブミクロン粒子の特性評価

*中家伶捺（京工織大院・工芸科学）・初 雪（京工織大・分子化学）・山口 保彦（滋賀県琵琶湖研セ）・早川 和秀（滋賀県琵琶湖研セ）・中野 伸一（京大・生態研セ）・布施 泰朗（京工織大・分子化学）

P-17 谷津干潟における2回の藻類レジームシフトと水質との関係

*汪 雨嵐・町山 果鈴・千賀 有希子（東邦大）

ポスター発表 9月27日（土）～9月28日（日） / Poster Session, 27–28 Sep. (Sat.–Sun.)
 （コアタイム：9月27日（土）13：15～15：15） / (Core Time: 27 Sep. (Sat.) 13:15–15:15)

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

P-18 相関・因果関係解析に基づくORP応答の駆動因探索

*森本 響子（奈良女子大学大学院・人間文化総合科学研究科）・伊藤 真奈（水産研究・教育機構）・伊藤 克敏（水産研究・教育機構）・和田 茂樹（広島大学・瀬戸内CN国際共同研究センター）・板井 啓明（東京大学・理学系研究科地球惑星科学専攻）・篠原 隆一郎（国立環境研究所）・鹿島 裕之（海洋研究開発機構）・東樹 宏和（京都大学・生命科学研究科）・桐原 怜子（奈良女子大学大学院・人間文化総合科学研究科）・瀬戸 蘭美（奈良女子大学・理学部化学生物環境学科）

P-19 海色衛星を用いた相模湾における陸域影響解析の可能性

*楯洋行（横浜国立大）・比嘉紘士（横浜国立大）・鏡味麻衣子（横浜国立大）

P-20 山岳泥炭湿原におけるDOM光分解から放出される温室効果ガス（CO₂、CH₄、CO）

*渡邊 健介・千賀 有希子（東邦大）

P-21 琵琶湖湖底における腐植物質由来活性酸素種の動態解析

*塩田 来快（京工繊大院・工芸科学）・初 雪（京工繊大・分子化学）・山口 保彦（滋賀県琵琶湖研セ）・早川 和秀（滋賀県琵琶湖研セ）・中野 伸一（京大・生態研セ）・布施 泰朗（京工繊大・分子化学）

P-22 穴道湖西岸における底成層湧昇メカニズムの解析

*和田 尚己（島根大）・吉村 祐輝（島根大）・藤田 香純（島根大）・佐藤 詩織（島根大）・菅原 庄吾（島根大）

P-23 新規バッシブサンプラーによる湖沼底泥中PO₄の高解像度マッピングと内部リン溶出速度の推定

*佐野 航士（北海道大）・羽深 昭（北海道大）・木村 克輝（北海道大）

P-24 四国の地質と水質の関係性（第1報）

*中岡 和好（法政大・院）・小寺 浩二（法政大・地理）

P-25 長野県における地下水中放射性ラドンの分布と濃度形成要因の解明

*谷和音（信州大）・榊原厚一（信州大）・廣田昌大（信州大）

P-26 藻類の付着状態と浮遊状態における光合成活性の違い

東 飛雄河（元大阪教大）・*広谷 博史（大阪教大）

P-27 結氷がもたらす温度・光環境の変化に対する阿寒湖の緑藻マリモ（*Aegagropila linnaei*）光合成系の応答

*河野 優（ABC）・小原 晶奈（神奈川大）・尾山 洋一（釧路市教育委員会）

P-28 阿寒パンケトーにおけるヒメマス環境DNAの鉛直分布

伊藤 雅浩（道総研）・春日井 潔（道総研）

P-29 環境DNA分析を用いた水田におけるカエル類の生息状況と水文学的要因との関係の解明

*小倉 彰紀（神戸大学）・鵜 倩倩（神戸大学）・中尾 遼平（山口大学）・丑丸 敦史（神戸大学）・源 利文（神戸大学）

P-30 針葉樹人工林の源流域におけるムカシトンボ幼虫の生息要因

*東川 航（森林総研）

P-31 琵琶湖北湖深湖底における底生動物の分布と長期変化

*井上 栄壮・永田 貴丸（滋賀県琵琶湖研セ）・大高 明史（元・弘前大）・西野 麻知子（元・びわこ成蹊スポ大）

P-32 湧水は生物多様性の普遍的なレフュジアか？：物理化学的環境と捕食圧が底生無脊椎動物群集に与える効果

*植村 洋亮（道総研・さけます）・吉野 裕生（北海道大・環境）・山田 太平（水大校・生物生産）・小泉 逸郎（北海道大・地環）

P-33 三方五湖の環境と細菌摂食性原生生物

*近藤 竜二・片岡 剛文（福井県立大）・矢吹 彬憲（海洋研究開発機構）

P-34 大水深湖を対象とした微生物環境ゲノムデータベースの構築

*岡寄友輔（京大・化研）・Liwen Zhang（京大・化研）・緒方博之（京大・化研）

P-35 Comparative analysis of rotifer trait-based functional group composition in response to environmental characteristics of freshwater lakes

*Hye-Ji Oh (Nara Women's Univ.), Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee Univ.), Nan-Young Kim (Konkuk Univ.), Soon-Jin Hwang (Konkuk Univ.), Min-Ho Jang (Kongju National Univ.), Izumi Katano (Nara Women's Univ.)

ポスター発表 9月27日（土）～9月28日（日） / Poster Session, 27–28 Sep. (Sat.–Sun.)
 （コアタイム：9月27日（土） 13：15～15：15） / (Core Time: 27 Sep. (Sat.) 13:15–15:15)

P-36 蛍光染色によるミジンコ休眠卵の生存確認方法の検討

*小田 悠介（国立環境研究所）

P-37 諏訪湖における植物プランクトン増殖と栄養塩

*宮原 裕一（信州大学）・奥石 庸行（信州大学）

P-38 ドローンとGIS技術を活用した西の湖におけるアオコ発生範囲の評価

*蔡吉（琵琶湖研セ, 京大・生態研）・石川可奈子・酒井陽一郎（琵琶湖研セ）・松田直往（琵琶湖保全再生課）・中野伸一（京大・生態研）

P-39 北海道阿寒湖における季節的貧酸素の影響を受けた栄養塩動態の近年の変化

*木塚 俊和・五十嵐 聖貴・三上 英敏・山口 高志・大屋 祐太（道総研・エネ環地研）・長谷川 祥樹（道総研・北総研）

P-40 気候変動による福島県内のダム湖の水質影響の検討のための時系列分析等の統計学的手法を用いた水温の将来推計について

*蛭田 真史（福島県環創セ）

P-41 河北潟調整池における水質の季節変動（2023年6月から2024年10月）

*永坂正夫（金沢星稜大）・福原 晴夫・奥川 光治（河北潟湖沼研究所）・高野 典礼（石川高専）

P-42 河北潟調整池における電気伝導度の変化とその要因

*高野 典礼（石川高専）・永坂 正夫（金沢星稜大学）・福原 晴夫（河北潟湖沼研究所）・奥川 光治（河北潟湖沼研究所）

P-43 札幌市平岡公園に造成された人工湿地における水質の変遷

*中谷 暢文（酪農学園大）・今井 健人（酪農学園大）・矢部 和夫（札幌市立大）

P-44 宍道湖全流入河川水中の鉄濃度

*菅原 庄吾・和田 尚己・吉村 祐輝・藤田 香純・佐藤 詩織・西村 悠・昌子 大和・岡崎 楓（島根大）

P-45 旭川に生息するモンカゲロウ属(*Ephemera*)が排出するDOCおよび蛍光性溶存有機物の特徴

*杉山 裕子, 北上 陽大, 野島 涼太, 齋藤 達昭（岡山理大）

P-46 三方五湖を通じた陸域から沿岸海域にかけてのDOM分布

*仲 あいり（福井県立大・海洋）・片岡 剛文（福井県立大・海洋）

P-47 諏訪湖から湧出するメタンが表層生態系に与える影響：放射性炭素アイソスケープ解析

*浦井 暖史（信州大）・高野 淑識（JAMSTEC）・松井 洋平（JAMSTEC）・岩田 拓記（信州大）・宮入 陽介（東京大）・横山 裕典（東京大）・宮原 裕一（信州大）・大河内 直彦（JAMSTEC）・朴 虎東（信州大）

P-48 西の湖における溶存CO₂・CH₄濃度と過相関法を用いたCO₂・CH₄放出量推定

尾坂 兼一*(滋賀県大)・坂部綾香(京大)・徳井勇斗(滋賀県大)・大林和暉(滋賀県大)・永田鈴奈(滋賀県大)・伊藤雅之(京大)

P-49 長期観測データが示す亜熱帯湖のメタン濃度の変動要因

*伊藤 雅之（京都大）・小林 由紀（山口大）・福井 学（北海道大）・尾坂 兼一（滋賀県立大）・奥田 昇（神戸大）・Shiah FK（中央研究院）

P-50 地表水ー地下水交換フラックスを考慮した狩野川集水域の水の動き

森康二（株・BES）、村井展子（株・BES）、クー・ウェイ・ハン（株・BES）、加藤憲二（静岡大）

P-51 第四紀火山岩分布域で観測される地下水温の長期傾向

*鈴木啓明（道総研）・森下 匠（水産研究・教育機構）・外山義典（水産研究・教育機構）・ト部浩一（道総研）

P-52 火山性大深湖の鉛直循環に関する研究：秋田県田沢湖

知北 和久（北大・北極セ）・網田 和宏（秋田大・理工）・大八木 英夫（南山大・総合政策）

P-53 琵琶湖と集水域におけるマイクロプラスチックの分布と挙動

守屋優作・大平真未佳・大畠由紀・*丸尾雅啓（滋賀県大・環境科学）

P-54 淀川におけるマイクロプラスチック分布

*相子伸之（大阪環農水研）、近藤美麻（大阪環農水研）、田中周平（京都大）

ポスター発表 9月27日（土）～9月28日（日） / Poster Session, 27–28 Sep. (Sat.–Sun.)

（小中高生ポスターコアタイム：9月28日（日）10：00～11：00） /

（School Students Poster Core Time: 28 Sep. (Sun.) 10:00–11:00）

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

P-55 マリモの糸状体の分枝成長に与える培地成分とFe（Ⅲ）の影響

前田 妃奈（北海道釧路湖陵高等学校）、鈴木 佐和（北海道釧路湖陵高等学校）、島田 歩果（北海道釧路湖陵高等学校）

P-56 光学顕微鏡で観察した都市緑地公園に生息する単細胞真核微生物

篠崎 友音・長島 暖・小澤 森・針生 松伍・加藤 杏奈・山崎 美詩（星槎高等学校）

P-57 植物バイオマスの利用による流域土壌炭素および河川水質への影響

白戸湊愛（北海道岩見沢農業高等学校農業土木工学科） 塚田晴斗（北海道岩見沢農業高等学校農業土木工学科）

一般講演・課題講演 A 会場（講堂）

O-A01～O-A32

日時：9月26日（金）	9時15分～12時00分
9月27日（土）	9時00分～12時30分
9月28日（日）	9時00分～12時00分

O-A01

琵琶湖北湖における底泥酸素消費特性の化学量論評価

*木村 元幹, 奥田 浩子 (京工繊大院・工芸科学)

初 雪 (京工繊大・分子化学), 山口 保彦

早川 和秀 (滋賀県琵琶湖研セ), 中野 伸一 (京大生態研セ)

布施 泰朗 (京工繊大・分子化学)

1. はじめに

琵琶湖のような閉鎖性水域では、温暖化の影響により、底層に溶存酸素量(DO)が低い貧酸素水塊が頻繁に発生している。底層 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おり、それらに関わる物質循環を解明することは重要である。底泥酸素消費量(SOD)は環境基準の底層 DO の変動に大きな影響を与える要因の一つであり、水環境の実態を直感的に把握できる指標として注目されている。しかし、既存の SOD 測定法では、試料採取後初期の酸素消費を捉える方法と評価が確立されていない。本研究では、不攪乱採泥器で採取した底泥コアと同様の層構造を有する小型コア試料による SOD の現場測定を行うことで初期の酸素消費を捉えるとともに、底泥の有機物組成を Py-GC/MS にて分析し、酸素消費の主要因となる物質の探索を試みた。

2. 材料と方法

琵琶湖北湖今津沖中央(St. 17B)にて底泥コアを採取し、直ちにガラス管にて小型コアを船上で層構造を保ったまま抜き出した。酸素が飽和した直上水を底泥の巻き上げが起こらないように注ぎ、試料内で酸素が循環するように回転子を取り付けた後に密栓した。これを 7 °C の小型冷蔵庫内で保存し、非接触型溶存酸素計で小型コア採取 30 分後から 3 日間、DO を測定した。加えて、同底質コアから直上水、底質表層の懸濁態を採取し、同様にガラス管に酸素を飽和させた後に封入し、各時間における DO を測定した。

Py-GC/MS を用いた分析では、乾燥させた底質表層試料(表層 0-0.5 cm)を使用し、EGA-MS 法では 150-600 °C で昇温加熱を行い、分離カラムを介さず直接検出器に導入した。msPy-GC/MS 法では①225-330 °C, ②330-398 °C, ③398-525 °C の各温度画分でそれぞれ昇温し、順に発生ガスを GC/MS に導入して分析した。

3. 結果と考察

底泥コア、底泥表層、直上水試料すべての経時変化の測定結果では、測定開始 0-12 時間にかけての急激な DO 減少(初期酸素消費)と 12-72 時間にかけての緩やかな減少(二次酸素消費)が確認できた。底泥コア試料における直上水試料の酸素消費を減算補正した DO 対数値の経時変化は、直線的な負の傾きを示し、底泥の酸素消費が一次反応モデルに近似できることが示された (Fig. 1)。これにより、底層の酸素消費は、初期段階では直上水と底泥の両方による易分解性有機物の消費が同時に進行し、約 12 時間後には底泥のみの酸素消費に移行すると考えられた。したがって、底泥の酸素消費は底泥から溶出する還元性物質による消費の影響は極めて小さく、易分解性有機物の好気分解による消費の影響が大きいことが示唆された。

各月の底層 DO と算出された SOD および一次反応速度定数 k との間に有意な相関は認められず、Py-GC/MS によって検出された底質中有機物組成の季節変動においても相関は認められなかった。この結果から、底泥の酸素消費は有機物の化学特性だけでなく、より複合的な環境要因の影響を受けて変動することが考えられた。一方で、大型緑藻類の代謝物と考えられる多糖類由来物質と底層 DO の値に負の相関($R^2=0.50$)が確認でき、この有機物の分解過程が底層における酸素消費の主要因である可能性が考えられた。

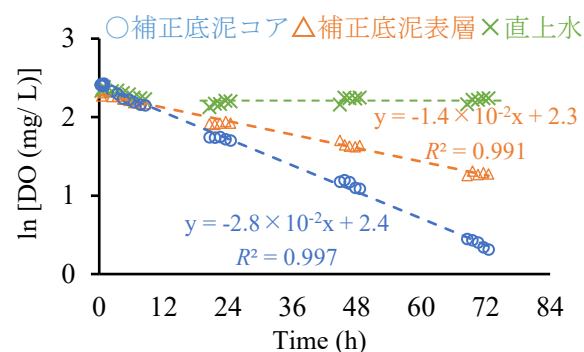


Fig. 1 2025 年 6 月試料における DO 対数値の経時変化

O-A02

深水層を有する琵琶湖北湖における 溶存有機物の化学特性解析

*植松大輝（京工繊大院・工学科学）、初雪（京工繊大・分子化学）、山口保彦
早川和秀（滋賀県琵琶湖研セ）、中野伸一（京大・生態研セ）、布施泰朗（京工繊大・分子化学）

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ありながら、低調であるが基礎生産が維持されている。その要因には、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。湖内の物質循環において、DOMは重要な役割を果たしており、その化学的特性を明らかにすることが求められている。本研究は、熱分解GC/MS（Py-GC/MS）を用いて琵琶湖湖水DOM試料を分析し、湖水DOMの起源の解明を試みた。

2. 材料と方法

湖水試料は今津沖中央地点（st.17B）で2024年2月から12月にかけて深度別（0.5m、15m、40m、85m）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。Py-GC/MS分析では、昇温による①150℃-345℃と②345℃-600℃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。パイログラムの解析では重なり合ったピークをデコンボリューション解析し、NIST化合物マスペクトルライブラリーと照合することで、化合物の同定を行った。

3. 結果と考察

Py-GC/MSより検出された有機化合物を炭素数6以上の脂肪族炭化水素（Lp）、構造内に窒素を含む含窒素化合物（N）、フェノール類などの芳香族化合物（Ar）、フラン類やレボ糖といった多糖類由来物質（Ps）の4つに分類し、ピーク面積をもとに各成分の成分比率を求めた。また、DOMの季節及び深度別変化を捉えるために、算出した成分比率を用いて主成分分析を行った。Fig. 1~2に主成分分析の結果を示す（2024年6月~12月採取試料）。6月~9月採取試料では成層強度が強くなるにつれて、表層やクロ

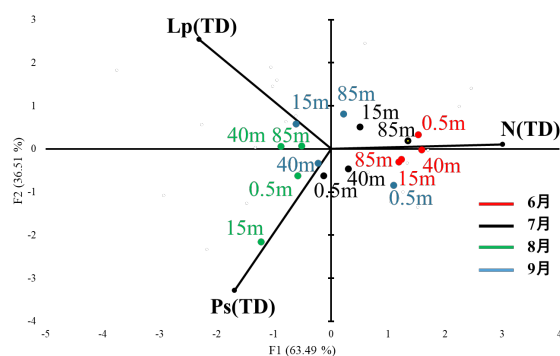


Fig. 1 6月~9月採取試料の主成分分析の結果

ロフィル極大の15m水深と深層とで差が明確になっていく傾向がみられた。易分解のPsは深層に移動すると途中で分解して残らず、Lpは比較的残存するか底層における供給源の存在が推測された。

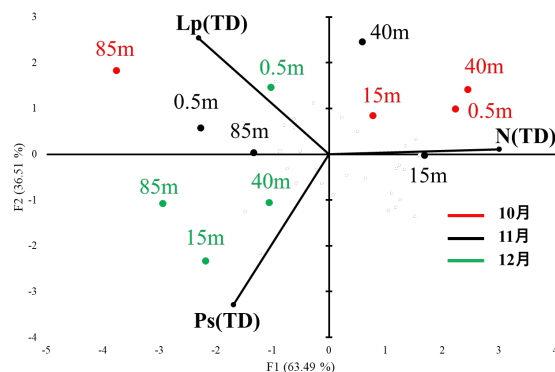


Fig. 2 10月~12月採取の主成分分析の結果

6月や10月ではNの比率が高くなった。特に、熱分解生成物であるImidazole誘導体が季節により大きく増減し、Nは複数の起源の存在が推測された。一方、12月ではPsの比率が高くなる傾向がみられた。12月は表層や15m水深でクロロフィルa濃度が他の月と比べて高い値を示しており、その影響を受けたのではないかと考えられた。これらDOMの化学特性変化と、沈降粒子や底質のパイログラム、プランクトンの優占種を比較することで、より複合的かつ定量・定性的に湖水DOMの起源を探索する。

O-A03

硫化水素を用いた Fe(III) の比色定量法

*佐藤詩織，和田尚己，吉村祐輝，
藤田香純，管原庄吾（島根大院・自然）

1. はじめに

Fe は生物にとって必須元素であり，その毒性が問題となることは少ない。しかし環境水中に鉄が過剰に存在すると，濁度の上昇や水の着色，臭味など水質へ影響を及ぼす¹⁾。環境水において Fe は，Fe(II) と Fe(III) の 2 つの形態で存在し，好気性条件下では Fe(III) に，嫌気性条件下では Fe(II) へ変化する。これら 2 つの存在比は水中の酸化還元状態を示すため，水質の重要な指標となる。

Fe の定量には，一般的に 1,10-フェナントロリン法²⁾が用いられている。本法では，Fe(III) の濃度は試料中の全鉄(T-Fe)の濃度から Fe(II) の濃度を引くことで間接的に算出される。よって処理操作による誤差が生じやすく，正確な定量が困難である。また先述したとおり，Fe は容易に形態が変化するため，試料中の Fe(III) の測定には，迅速で簡便な定量法の確立が必要である³⁾。

そこで本研究では硫化水素の定量に用いられるメチレンブルー法に着目した。メチレンブルー法は，硫化水素がジアミンと反応して還元型メチレンブルーを形成し，還元型メチレンブルーと Fe(III) の酸化還元反応によって溶液が青色に呈色することを利用している。この原理を応用し，硫化水素とジアミンの混合溶液を発色試薬として用いて，Fe(III) を比色定量する方法について検討を行った。

2. 標準定量操作

試料水 25 mL を比色管に入れ，塩酸を加えて酸性に振った後，混合発色試薬を加えた。15 分放置後 667 nm における吸光度を測定した。吸光度の測定には，紫外可視分光光度計(株式会社島津製作所，UV1800)を用いた。

3. 結果

硫化水素を用いる Fe(III) の吸光度定量が可能かどうかを判断するため，Fe(III) の標準液を用いて実験

を行った。Fe(III) の標準液を，イオン交換水を用いて 1, 5 mgFe L⁻¹ に調整した。希釈した標準液 25 mL を比色管にうつし，塩酸と発色試薬をそれぞれ添加し，15 分放置後 667 nm における吸光度を 5 cm セルを用いて測定した。その結果，Fe(III) の濃度が 1, 5 mgFe L⁻¹ の吸光度は，それぞれ 0.4 および 2.0 であった。

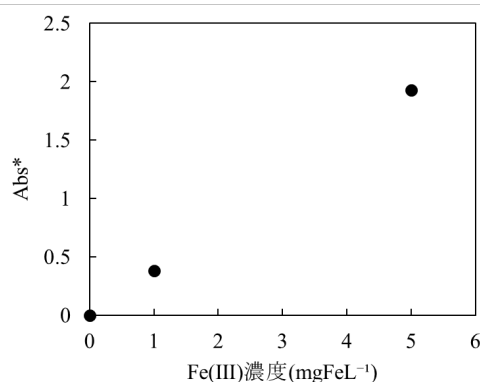


Fig. 1 Fe(III)の吸光度

4. 考察

吸光度測定の結果より，鉄の濃度が 5 倍になると吸光度も 5 倍になった。このことから，ベールの法則が成り立つことが分かり，比色定量が可能であることが分かった。また本法は，感度が高いため低濃度の Fe(III) の定量が期待できる。

発表では，発色試薬に用いる硫化水素溶液の濃度の検討結果，添加する塩酸の濃度の検討結果等も合わせて報告する。

参考文献

- 1)一般社団法人埼玉県環境計量協議会(2008)，懸濁及び溶存状態の鉄化合物を含む水試料中の溶存鉄定量共同実験，p.1
- 2)日本規格協会(2016)，工業用水・工場排水試験方法(JIS K 0102)，p.232-234
- 3)阿部ら(1988)，反応速度差を利用する鉄(II)及び鉄(III)の同時簡易吸光分析 分析化学 vol.37,p.466

O-A04

宍道湖西岸におけるメタンの挙動

*和田 尚己, 吉村 祐輝, 藤田 香純, 佐藤 詩織
管原 庄吾 (島根大院・自然)

1. はじめに

当研究室で定期的実施している湖岸調査において、宍道湖西岸域の湖水中の溶存メタン濃度(CH_4 ; $\mu\text{L L}^{-1}$)は、他の地点に比べて高い傾向にあった。管原 他(2020)は、湖岸部に水草が堆積・腐敗することで湖水中の CH_4 が高くなることを指摘しているが、少なくとも2024年の西岸域でこのような現象は見られなかった。そこで、宍道湖西岸域における CH_4 の挙動を明らかにすることを目的に調査を行った。また、宍道湖全流入河川(24河川)を対象に調査を行い、西岸域と比較・検討した。

2. 材料と方法

宍道湖西岸域に位置する4つの河川(平田船川、斐伊川、五右衛門川、新建川; R1~R4)、及び排水機場遊水池(C1~C12)を対象に、自転車で周回しサンプリングを行った(Fig. 1)。試料水をバケツで採水し、バイアル瓶(35 mL)に密栓して持ち帰り、GC-FIDで CH_4 を測定した。現地では、水温($^{\circ}\text{C}$)、pH、電気伝導度(EC; $\mu\text{S cm}^{-1}$)を測定した。加えて、排水機場ではDO計で溶存酸素濃度(DO; mg L^{-1})を測定した。



Fig. 1 Map of survey locations in this study.
北側から順に、赤●は排水機場(C1~C12)を、緑■は流入河川(R1~R4)を示した。なお、C1は調査期間中に工事が行われていたため、採水ができず、結果は欠測としている。

3. 結果

多くの排水機場から、 $100 \mu\text{L L}^{-1}$ を超える CH_4 が検出された(Fig. 2)。特に、5月27日のC4排水機場からは、最大で $2405 \mu\text{L L}^{-1}$ の CH_4 が検出された。7月15日は、前日に雨(計25.0 mm)が降っていた

め、遊水地の水が希釈を受けた可能性があるが、C4では $1469 \mu\text{L L}^{-1}$ の CH_4 が検出された。

排水機場の排水が流入する河川水中からも、比較的高濃度の CH_4 が検出された。また、宍道湖の流入河川の一つから、最大で $85 \mu\text{L L}^{-1}$ の CH_4 を検出した河川もあった。

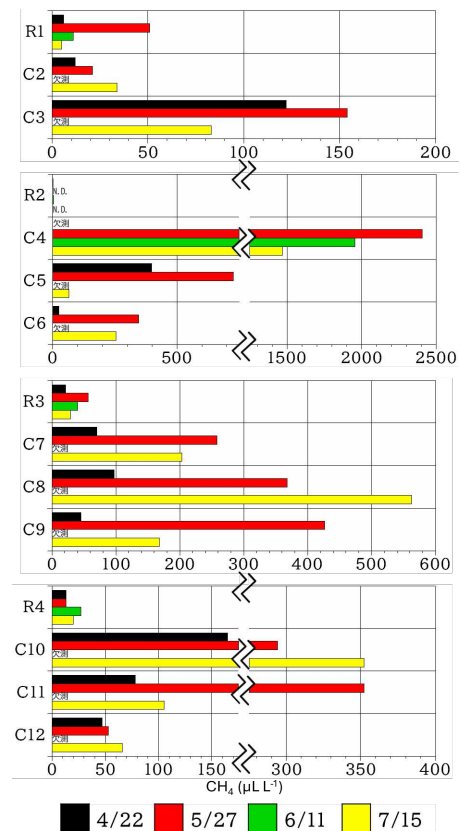


Fig. 2 Changes in methane concentration.

4. 考察

大気中の CH_4 濃度が1.8 ppmとすると、気液平衡時の CH_4 は約 $0.045 \sim 0.090 \mu\text{L L}^{-1}$ である(野尻, 1994)。C4排水機場で検出された CH_4 は、気液平衡時の約53000倍に相当する。排水機場の排水は、西岸の河川や宍道湖に排水されることから、宍道湖西岸域で検出された CH_4 の由来は、排水機場である可能性が高い。宍道湖に流入する他の河川で、比較的高濃度の CH_4 を検出した河川では、上流部に田圃が分布していたことから、農業排水等の影響を受けていた可能性が示唆された。

野尻 (1994) 地球環境研究総合推進費成果報告書, 国立環境研究所
管原 他(2020) 日本水環境学会シンポジウム講演集, 23, 15

O-A05

琵琶湖周辺内湖における

メタンフラックスに影響を与える要因の解析

*永田鈴奈（滋賀県立大院・環境）、尾坂兼一（滋賀県大・環境）

伊藤雅之（京大・生存研）、杉浦健介（滋賀県大・環境）

徳井勇斗（滋賀県大・環境）、後藤直成（滋賀県大・環境）

1. はじめに

CH₄ は主要な温室効果ガスであり、湖沼はその重要な自然発生源である。一方で、湖沼内では CH₄ の生成と消費(酸化)が共存するため、湖沼から大気への CH₄ 放出プロセスの解明は十分に進んでいない。内湖のような比較的水深が浅い湖沼では、湖底堆積物中で生成した CH₄ が水中で酸化されずに大気中へ放出されやすいため、CH₄ 発生のホットスポットとなりうる。湖沼での CH₄ ガス排出経路は、気泡(バブル)としての放出、溶存 CH₄ からの放出、植物体を通じた放出に大きく分けられるが、それぞれの重要性についても十分に明らかになっていない。本研究は琵琶湖周辺の内湖を対象に、フローティングチャンバー法を用いた CH₄ フラックス測定と、その他の水質などの環境因子を異なる季節で測定する。それにより内湖からの CH₄ 放出メカニズムと内湖での CH₄ フラックス量を明らかにすることを目的とする。

2. 材料と方法

調査は琵琶湖周辺に位置する 7 つの内湖(神上沼、彦根野田沼、蓮池、細江内湖、湖北野田沼、北沢沼、曾根沼)で、2024 年の夏季(8 月)と冬季(11 月)に実施した。水面からの CH₄ フラックスはフローティングチャンバー法を用いて測定した。各調査地点では同時に表層と深層で採水を行い、溶存 CH₄ 濃度、溶存酸素濃度、クロロフィル a 濃度、栄養塩濃度などを測定した。

3. 結果

内湖における CH₄ の動態は季節によって著しく異なっていた。夏季の CH₄ フラックスは 2.8 から 9,000 nmol m⁻² s⁻¹ 以上と 3 桁を超える極めて大きなばらつきを示し、湖水中の溶存 CH₄ 濃度が低い地点でも、高い CH₄ フラックスであった(図 1)。また、溶存酸素濃度が高い地点ほど溶存 CH₄ 濃度が低い傾向が見られ、水中の CH₄ 酸化が溶存 CH₄ 濃度に影響を与えている可能性が示された。対照的に、冬季の CH₄ フラックスは夏季に比べてばらつきが非常に小さく、溶存 CH₄ 濃度と強い関係性を示した。

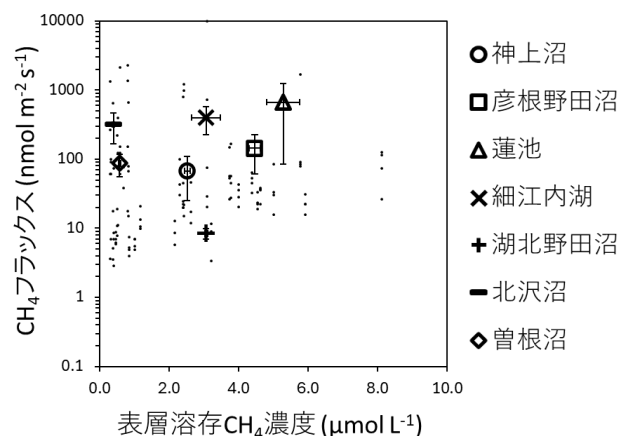
各内湖における夏季 CH₄ フラックスの平均値は 8.4–666.8 nmol m⁻² s⁻¹、冬季 CH₄ フラックスの平均値は 2.3–87.2 nmol m⁻² s⁻¹ であった。

4. 考察

結果で示された季節差は、CH₄ の主要な放出メカニズムが夏季と冬季で異なることを示唆している。夏季は溶存 CH₄ 濃度が低い地点でも大きな CH₄ 放出量がみられたことから、水に溶けている CH₄ が水面から放出される以外のプロセスが寄与していると考えられた。例えば、高い水温により底泥の微生物による CH₄ 生成が活発化し、生成された CH₄ が水に溶けきれずにバブルとして不均一に放出される「Ebullition」によるものである。この突発的なバブル放出が、フラックスの大きなばらつきと、水中の溶存 CH₄ 濃度と一部無関係の原因と考えられた。

一方、冬季は低い水温で底泥中の CH₄ 生成が穏やかになり、バブルとしての放出が顕著に減少し、「溶存 CH₄ の大気への放出」が支配的になると考えられた。このプロセスは水中の溶存 CH₄ 濃度に依存するため、両者の間に強い関係が見られたと考えられた。これらのことから、内湖からの CH₄ 放出プロセスは季節によって異なり、その評価には季節ごとのメカニズムの違いを考慮する必要があることが示された。

他の湿地における CH₄ フラックスは、フロリダ南西部で平均 130.8 nmol m⁻² s⁻¹ (Ward et al, 2015)、米国オハイオ州で 9.3–509.3 nmol m⁻² s⁻¹ (Waletzko et al, 2013) の範囲で報告されている。本研究の内湖からの CH₄ フラックスはそれら湿地と比べて同等の水準であることが明らかとなった。

図 1 夏季溶存 CH₄ 濃度と CH₄ フラックスの関係

O-A06

Remotely estimating suspended particulate matter concentration in various water bodies

*Mailisu, Bunkei Matsushita (Tsukuba Univ.)

1. Introduction

Suspended particulate matter concentration (SPM) is a crucial parameter for assessing water quality, which includes both organic and inorganic particles such as plankton, organic debris, and sediment. Satellite remote sensing provides an efficient approach to routinely monitor SPM in water bodies worldwide. The concentration of SPM represents the sum of the two optically active substances (OASs, i.e., phytoplankton and non-algal particles) and can be estimated from remote sensing reflectance (Rrs) or water-leaving reflectance (ρ_w) using empirical or semi-analytical algorithms. The semi-analytical algorithm has the potential to be applied globally, as it does not require frequent recalibration and has good applicability. However, Rrs values vary not only with SPM but also with particle composition (organic-dominated or mineral-dominated), making it difficult to accurately estimate SPM with a single semi-analytical algorithm in diverse aquatic environments. This study focused on developing a semi-analytical algorithm and combined two water type classification schemes capable of estimating SPM concentrations in diverse water environments where both turbidity and particle composition vary.

2. Data and Methods

To evaluate the performance of the developed algorithm, in-situ dataset and satellite dataset were collected. The in-situ dataset was collected from the Global Reflectance community dataset for Imaging and optical sensing of Aquatic environments (GLORIA). The dataset contains 4,513 Rrs-SPM data pairs. SPM values range from 0.09 g/m³ to 2626.82 g/m³. The satellite matchup dataset contains 226 matchups taken from 14 lakes between 2004 and 2020. Also, we apply the algorithm to real MERIS and OLCI satellite images and present the spatial distributions of optical water type, particle composition and SPM in four lakes (Lake Kasumigaura, Lake Erie, Lake Turkana, Lake Qinghai) and three estuaries (Maludam River estuary, Nile River Estuary, Amazon River Estuary).

For any water body, SPM can be analytically calculated by the following formula:

$$SPM = b_{bp}(\lambda_0)/b_{bp}^*(\lambda_0) \quad (1)$$

where $b_{bp}(\lambda_0)$ and $b_{bp}^*(\lambda_0)$ are the particulate backscattering coefficient and the mass-specific particulate backscattering coefficient, respectively.

The optical water type (OWT) classification scheme, which classifies water bodies into four types according to turbidity (clear, moderately turbid, highly turbid, or extremely turbid waters), is used to identify the optimal reference band (λ_0) that meets the key requirements of the quasi-analytical algorithm (QAA) used to estimate the $b_{bp}(\lambda_0)$ for each OWT. The particle composition

(PC) classification scheme is used to classify water bodies into three different types (organic-dominated, mixed, or mineral-dominated waters) according to the proportion of particulate organic matter and minerals contained in the water body, and to select more appropriate mass-specific particulate backscattering coefficients at the same reference band ($b_{bp}^*(\lambda_0)$) based on the estimated ratio of particulate organic carbon (POC) to SPM from Rrs. By combining these two classification schemes, we classified water bodies around the world into 12 water types and developed corresponding SPM estimation algorithms for each water type.

3. Results

The performance of the newly developed SPM estimation algorithm was compared with 11 existing SPM estimation algorithms using in situ measured Rrs-SPM pairs and the results show that the median absolute percentage error (*MdAPE*) was reduced from 51.3 – 58.9% to 43.2%. The performance of the proposed method was also evaluated using 226 satellite matchups and the *MdAPE* was obtained as 43.4%. The further comparative analysis and showcase based on several satellite images demonstrate that the two water type classification schemes play different roles that can effectively enhance the accuracy of SPM estimation.

4. Discussion and Conclusion

The new SPM estimation algorithm combines two different water type classification schemes to define 12 water types and allows different calculation formulas for each defined water type, thus improving the accuracy of SPM estimation across different water bodies. Using only the OWT-based water type classification scheme can help select appropriate wavelengths for SPM estimation, but it cannot address the issue that water bodies with the same SPM concentration have different Rrs due to differences in particle composition. Using only the PC-based water type classification scheme makes it difficult to select appropriate wavelengths for more accurate SPM estimation. The method developed in this study has two challenges. First, since equation for estimating the POC/SPM ratio by Rrs used in this study is based only on data collected from limited water bodies, the applicability of this equation needs to be further evaluated using more field data. Additionally, the POC/SPM thresholds also need to be further tested. More importantly, a semi-analytical method that can continuously estimate the $b_{bp}^*(\lambda_0)$ value from Rrs(λ_0) could further improve the accuracy of SPM estimation. Second, the proposed method can only be applied to MERIS and OLCI data that can provide sufficient required bands (e.g. 620 nm). Future research should explore whether this method can be extended to apply to other satellite data

O-A07

鉱山周辺の河川における重金属濃度の経日変化：降水量と土地利用に着目した検討

*藤田優里（東洋大院），横溝裕行（国環研），
都築洋一（東京大），竹下和貴（東洋大院）

1. はじめに

鉱山周辺の河川における重金属汚染は，世界的な環境問題の一つであり，生態系に及ぼすリスクの評価が重要である。降雨時には，雨が地表や地下を通して河川に流入することで，採掘対象以外のものも含めた重金属類の河川水中濃度が時間的に変動することが報告されている。しかし，降雨による重金属濃度の変動に関するこれまでの研究は季節性を伴う極端な降水量の変動（例：雨季，乾季の間の違い）に着目したものが多く，温帯地域で年間を通じてみられる強度の降水量を対象とした知見は少ない。また，降雨による土壌の流出量や雨水の保持能力は土地利用形態（森林，裸地など）によって異なるため，鉱山周辺における重金属濃度の変動の理解には，降水量と土地利用の双方を踏まえた検討が必要であると考えられる。

栃木県日光市の足尾銅山付近の河川において，周辺の土地利用形態が異なる9地点において27日間の連続水質調査を実施し，①各地点における降雨と重金属濃度の時間的変動の関連の大きさを推定し，②①の推定結果を地点間で比較して土地利用形態の違いによる影響を考察することを，本研究の目的とした。

2. 方法

2024年8月3日から29日までの27日間にわたって，足尾銅山の近くを流れる4河川における連続水質調査を実施した。採水地点は，調査地内のおよそ15kmの範囲において，渡良瀬川本川上に6つ，支川上に3つ設定した。これらの採水地点の集水域の土地利用は，裸地や草地の割合が高い場合や，森林の割合が高い場合など，さまざまな違いがみられる。採水は各日一回とし，それぞれの地点での採水時刻は調査期間を通じて固定した。採取した河川水は，ICP-MS（Agilent 8800）を用いて，銅，亜鉛，カドミウム，鉛，ニッケルの溶存

態濃度を定量した。

重金属濃度の時系列観測値から降水量の変動による影響を評価するため，Takeshita and Iwasaki (2023) *Limnology* を参考に，地点および重金属ごとにバイズ状態空間モデルを構築した。このモデルにより，重金属濃度の時系列観測値を，トレンド成分，降水量の変化による変動，観測誤差に定量的に分解した。降水量のデータは調査域中央部に位置する気象庁足尾観測所から取得し，それぞれの採水前24時間の合計降水量をモデルに用いた。

3. 結果と考察

銅，亜鉛およびニッケルの溶存態濃度は地点ごとに様々な時間変動を示した。一方で，カドミウムの濃度は一部の地点で一時的な上昇がみられたものの，調査期間全体としては概ね低い値であり，鉛の濃度もほとんど変動がみられなかった。

調査期間中は様々な強さの降雨が観測されたが（採水前24時間降水量：0–204 mm，中央値2.5 mm），裸地や草地が多い地点では，降水量の増加に伴う銅の濃度の一時的な低下（希釈）がみられた。これには河川の水量の増加が関連していると考えられ，そのような地点の下流側に位置する地点でも，雨水による希釈とみられる同様の濃度低下が確認された。一方，集水域に森林が多い地点では，降水量の増加に伴う銅の濃度低下はみとめられず，これには森林土壌による雨水の高い保持能力が関連していると考えられた。このような傾向は，亜鉛において同様のものがみられた。一方で，カドミウム，鉛およびニッケルでは，降雨と関連した濃度の変動は特にみられなかった。

以上の結果から，限られた空間的範囲内においても，土地利用形態の違いや流域内の位置関係の違いなどによって，降雨量の変動に対する重金属濃度の応答にバリエーションが存在することが示された。

O-A08

湖沼底泥中 PO_4 の酸素同位体比分析

におけるパッシブサンプリングの応用

*佐野 航士（北海道大・工）、石田 卓也（広島大・先進理工）、守屋 凜（北海道大・工）
羽深 昭（北海道大・工）、木村 克輝（北海道大・工）

1. はじめに

湖沼の富栄養化は有害藻類ブルームの発生など水環境に深刻な影響を及ぼす。その要因の一つである内部リン溶出を評価するには、底泥中のリン酸態リン（ PO_4 ）の動態把握が不可欠である。中でも、 PO_4 の起源や循環を推定する指標として酸素安定同位体比（ $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ ）の分析は有望であるが、分析には高純度（ $100 \pm 10\%$ ）かつ 0.5 mg 以上の Ag_3PO_4 が必要であり、従来法では 1 kg 超の底泥採取と煩雑な処理を要していた。また、底泥中の不純物が Ag_3PO_4 の生成・精製を妨げることも課題である。本研究では、独自のパッシブサンプリング技術^{1,2)}を用いて底泥中の PO_4 を効率的に捕集し、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ 分析に適した前処理法の確立を目指した。

2. 材料と方法

室内実験では、サンプリングによる同位体分別の有無を評価するため、独自に開発したパッシブサンプラー¹⁾を 20°C に恒温管理した PO_4 溶液（ 0.2 および 0.5 mg-P/L ）に一定期間浸漬した。回収後、 PO_4 受容相を 0.3 M NaOH に 24 時間浸漬して PO_4 を脱着し、既報の手法³⁾に従って Ag_3PO_4 を生成・精製した。比較のため、サンプラー浸漬前の溶液からも同様に Ag_3PO_4 を生成し、両試料の $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ を熱分解型元素分析装置付き安定同位体比質量分析計（TC/EA-IRMS）により測定した。

野外実験は北海道札幌市の茨戸湖にて、2024 年 7 月および 10 月に実施した。パッシブサンプラー²⁾を湖底に約 1 週間設置し、回収後に PO_4 受容相を鉛直方向に約 20 mm 間隔で裁断した。各断片から室内実験と同様の手順で Ag_3PO_4 を生成し、純度および $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ を TC-EA/IRMS により分析した。また、設置期間中に採取した湖水の酸素安定同位体比を水同位体分析装置（CRDS）により測定した。得られた値と水温をもとに、加水分解平衡に基づく理論平衡値（ $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4\text{Eq}}$ ）を算出した。

3. 結果と考察

室内実験では、 PO_4 濃度 0.5 mg-P/L 条件で、捕集前後の $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ （ $15.4 \pm 0.2\%$ および $15.4 \pm 0.4\%$ ）に有意差はなかった。 0.2 mg-P/L では捕集後の値（ $14.9 \pm 0.1\%$ ）が有意に低下したが、この差は分析精度（ 0.4% ）の約 1.2 倍であり、顕著な同位体分別は認められなかった。これにより、本サンプラーは低濃度条件下でも $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ の傾向把握に適用可能であると示された。

野外実験では、すべての試料から 0.5 mg 以上の Ag_3PO_4 を生成し、純度も $88.4 \sim 108.8\%$ と十分であった。7 月は $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ が -1.0 cm で 11.5% 、 -7.2 cm で 12.5% と深度とともに増加し、算出された $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4\text{Eq}}$ （ $12.1 \pm 0.3\%$ ）に近かった（図 1）。これは微生物の関与により PO_4 が水との同位体平衡に近づく反応が進行した結果と考えられる。一方、10 月の $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ （ $12.1 \sim 12.8\%$ ）は $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4\text{Eq}}$ （ $15.0 \pm 0.6\%$ ）からの乖離が大きく、水温低下による微生物活性の低下が影響したと推察される。

以上の結果から、本手法は、約 20 mm の空間分解能で底泥中の $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ プロファイルを取得でき、湖沼におけるリン動態の解明に有効な手段であることが示された。

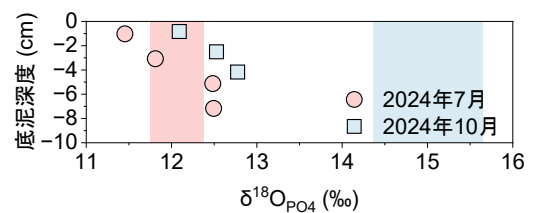


図 1. 2024 年 7 月および 10 月における底泥中の $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ 鉛直プロファイル。各月の $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4\text{Eq}}$ は、それぞれ $12.1 \pm 0.3\%$ （7 月）および $15.0 \pm 0.6\%$ （10 月）。

- 1) Hafuka et al., 2023. *Water Research.*, 243, 120412
- 2) Sano et al., 2025. *Water Research.*, 282, 123634
- 3) Ishida et al., 2022. *Rapid Communication in Mass Spectrometry.*, 36, 22, e9384

O-A09

アメリカザリガニの営巣による水田からの
メタン放出可能性をさぐる一予報一*佐々木真歩（神戸大・理）,伊藤雅之（京都大・生存圏研究所）
藤林恵（九州大・工）,奥田昇（神戸大・内海センター）

1. はじめに

自然由来のメタン放出源として湿地が最も大きな割合を占める(IPCC, 2023)。一方で、水田は人工的な湿地として人為的なメタン主要放出源となっている。滋賀県などでは圃場整備された乾田を湿田化する冬季湛水が、湿地生物のビオトープとして見直されているが、冬季湛水田は土壌が還元化しやすく、メタン放出ポテンシャルが高いことが指摘されている。また、吉岡ら（未発表）は、冬期湛水によって恒常的な湿地環境が維持されることでアメリカザリガニ（以下、ザリガニ）の個体数が増加することを報告した。ザリガニは日本の侵略的外来種ワースト100に挙げられ、水草切除による生息地劣化や底泥攪拌など湿地環境を改変する生態系エンジニアとして知られる。水田においても、稲株の切除や巣穴形成による田面水の漏出など深刻な農業被害をもたらす。

本研究は、ザリガニの新たな生態系エンジニア的な効果として、営巣が湿田のメタン放出に及ぼす相乗効果に着目し、湿田土壌の深層に蓄積する高濃度メタンがザリガニの巣穴を介して、水田生態系の炭素循環や大気放出に影響するという仮説を検証することを目的とする。この仮説に従い、以下の予測を立てた。1) 田面水に比べて巣穴内の溶存メタン濃度が高いこと、2) 田面から大気に放出されるメタン放出は巣穴の存在下で増加すること、3) 巣穴から拡散する溶存メタンの一部はメタン酸化細菌(MOB)に同化され、水田の食物網に組み込まれること。以上の作業仮説を検証するために、滋賀県甲賀市小佐治地区の谷津田で野外観測・操作実験の予備調査を行った。

2. 材料と方法

2025年の田植期（5-6月）および中干後（7月）に小佐治地区の水田においてメタン動態に関する予備調査を実施した。まず、メタン貯留場として深層土壌間隙水を6月と7月に採水し、GC分析によってメタン濃度を測定した。次に、ザリガニがメタン動態に与える影響を検討するため、以下の3つのプロセスに着目した。1) ザリガニの巣穴を介した

底泥深層からの溶存メタン移送を評価するため、巣穴内部および巣穴近傍の田面(対照区)からそれぞれ2反復ずつ採水し、GC分析によって溶存メタン濃度を測定した。2) 巣穴の有無が田面水から大気へのメタン放出に及ぼす影響を評価するため、それぞれに小型チャンバーを設置し内部の空気をシリンジ採取する、クローズドチャンバー法によりメタンフラックスを算出した。3) ザリガニがMOB豊度およびメタン栄養食物網に与える影響を評価するために野外操作実験を行った。5月に2つの谷筋それぞれにザリガニ除去と非除去(対照)水田を配置した。5月と6月に田面水をGF/Fフィルターで濾過し、粒子態有機物(POM)を採取するとともに、底生動物群集を定量採集した。各試料をGC-MSによる脂肪酸分析に供試し、POM試料中のMOB特異的脂肪酸割合(MOBの相対豊度の指標)、単位面積当たり底生動物群集バイオマスに含まれるMOB特異的脂肪酸量(MOBの栄養転送量の指標)を各谷筋の除去・非除去水田間、および季節間で比較した。

3. 結果・考察

深層土壌間隙水のメタン濃度は、田面水よりも45~50倍程度高く、谷津田の深層土壌がメタンの主要な生成・蓄積場であると示唆された。また、溶存メタン濃度は、田面水より巣穴内部で有意に高く、さらに、大気中へのメタンフラックスは、巣穴の存在下で有意に増加した。これらの結果から、ザリガニの営巣行動は、谷津田の深層土壌に貯留されたメタンの大気放出を促進する可能性が示唆された。

次に、MOBの相対豊度は、操作前のザリガニ初期密度が高い水田でザリガニ除去後に顕著に低下した。全体として、ザリガニ密度とPOM中のMOB脂肪酸割合には正の相関がある傾向がみられ、ザリガニの巣穴から拡散した溶存メタンがMOBの増殖に寄与する可能性が示唆された。他方、底生動物群集におけるMOB転送量に明確な傾向は確認されなかったことから、ザリガニの密度がメタン栄養食物網の発達に寄与しているとは結論できなかった。

次年度の本調査では、調査水田・地点数を増やして作業仮説の頑健性を確認したい。

O-A10

オオシロカゲロウ種内の両性生殖系統と 単為生殖系統間における発現遺伝子の比較解析 —単為生殖原因遺伝子の探索—

*野堀 貴仁（信州大院・理），竹中 將起（筑波大），東城 幸治（信州大・理）

1. はじめに

オオシロカゲロウ *Ephoron shigae*（カゲロウ目，シロイロカゲロウ科）は大型のカゲロウ種であり，東アジア地域に生息する。同一種内に，両性生殖を行う系統と，単為生殖を行う系統が存在する地理的単為生殖種であり，さらに両系統が地理的傾向もなくモザイク状に分布していることは興味深い。単為生殖系統は，大陸系統と日本列島の系統が分化した後に，さらに，東日本系統と西日本系統が分化した後の西日本系統内において一度だけ派生した単一起源であることが知られており，広い分布域の中で確認されているのは日本列島のみである。さらに，元々両性生殖個体群が分布していた地域に新たに単為生殖系統が入り込み，その爆発的な繁殖力によって徐々に単為生殖個体群に置き換わりつつある事例が報告されている。

本研究では，「同一種内において異なる生殖様式をもつ2つの系統が存在する」こと，すなわち「両系統間で生殖様式以外の差異が極めて小さい」というオオシロカゲロウの特性に着目し，次世代シーケンサーを用いた RNA-seq により，両性生殖系統と単為生殖系統間における発現遺伝子を網羅的に探求し，それらのサブトラクション解析を実施することで，両性生殖時と単為生殖時において発現が大きく異なる遺伝子（＝単為生殖に関与している可能性が高い遺伝子）を探索し，単為生殖に関わる遺伝的基盤の究明（原因遺伝子の究明）を目的とした。また，単為生殖の分子メカニズムの解明は，先述した単為生殖個体群の分布拡大に伴う生殖様式の置換を理解する上でも重要な知見になると言える。

2. 材料と方法

単為生殖系統では，交尾後のメスが産下する受精卵は，産卵前のメス体内で，減数第一分裂中期にて停止していた卵母細胞（2n）が産卵により水に浸か

る刺激で減数分裂を再開することや，雌性前核（n）と第二極体核（n）との合一（染色体数の倍加）が，卵の着水後 5.5–6.5 時間までの間に起こることが明らかになっている。そのため本研究では，メス成虫に産卵させてから 4.5，5.0，5.5，6.0，7.0 時間後の計 5 つの胚発生ステージにおいて採取した卵から RNA を抽出する操作を，両性生殖系統と単為生殖系統のそれぞれで実施した。抽出した RNA サンプルについて次世代シーケンサーを用いた RNA-seq により，各初期発生ステージにおける網羅的な発現遺伝子の比較解析を行った。

3. 結果・考察

両系統の各 5 つの初期発生ステージの卵を用いた RNA-seq により約 457,000,000 本の clean reads が得られ，それらを用いて 55,126 の推定タンパク質をコードする 206,095 のコンティグからなる de novo トランスクリプトーム配列を得た。発現変動解析の結果，各胚発生ステージにおいて両性生殖-単為生殖間で 13,217–23,499 の発現変動遺伝子（DEG）が検出され，さらに，同じカゲロウ目昆虫の *Ephemera danica* などを用いて機能アノテーションを行った結果，4,534–6,641 の DEG に GO term が付与された。その後の GO エンリッチメント解析により，受精卵に比べて未受精（単為発生）卵では，微小管の輸送や結合に関わる遺伝子などが常に多く発現していた。さらに産卵後 5.5 時間後から 7 時間後では，受精卵では発現がみられず，未受精（単為発生）卵でのみ発現する遺伝子も検出され，これは未受精卵において雌性前核と第二極体核との合一タイミングと一致しており，オオシロカゲロウの単為発生に関与している可能性が示唆された。

今後は，候補遺伝子に関する RT-qPCR による発現量の定量化や，ノックアウト個体の作成による機能解析を試みる予定である。

O-A11

オオシロカゲロウ幼虫の巣穴内の行動分析

*紺野有哉（帝京大学・理工），蓮田裕一（帝京大・理工）

1. はじめに

オオシロカゲロウ幼虫は河川底にU字型の巣穴をほり生息するカゲロウの一種であり、毎年9月に大量発生することが知られている。しかし、幼虫期は流水の底に巣穴を掘り生活しているため、その生態には未解明な点が多い。そこで、本研究では、AIによる画像検出技術を用いて、オオシロカゲロウ幼虫の巣穴内における行動を分析した。

巣穴内の滞在エリアと反転行動をAIで検出し、これらのデータをグラフ化することで、どのエリアで、どのような行動を行っているのか、また、巣穴内での反転後の行動を明らかにした。

2. 研究方法

2.1. エリア判定と反転検知システム

エリア判定は幼虫が作ったU字型巣穴を、流水の上流側 (upstream)、最深部 (bottom)、下流側 (downstream) の3つエリアに分けた。AIモデルであるYolov8を用いて幼虫の頭部 (head) と尾部 (tail) を検出し、頭部の位置座標に基づいて、滞在エリアを時系列で記録した¹⁾。さらに頭部 (head) と尾部 (tail) の位置関係 (x座標) が逆転した瞬間を「反転行動」として検知した²⁾。

2.2. データ分析

上記の手法で得られた滞在エリアと反転行動のデータを統合し、時系列グラフを作成した。このグラフを用いて、特定のエリアにおける滞在時間の長さや、反転行動が発生するエリアと頻度を可視化・分析した

3. 結果

AIによる画像解析から得られた、オオシロカゲロウ幼虫の巣穴内における滞在エリアと反転行動の時系列変化を図1に示す

グラフの横軸は時間、縦軸の各色は幼虫が滞在していたエリアを示す。青色は downstream、緑色は bottom、赤色は upstream を表す。グラフ上のマークは反転後の行動を示しており黒丸 (●) は捕食、黄色三角 (▲) は巣のメンテナンスを表している。

幼虫のエリア滞在には、upstream エリアで長時間過ごす傾向がみられた。3個体全体の平均滞在時間の割合は upstream エリアが 63.9%、bottom エリアが 18.7%、downstream エリアが 17.8%であった。

全反転行動のうち 71.6% が捕食行動に繋がっており、その多くはデトリタスや石に付着している藻類を捕食していた。その内、upstream エリアが 68%、bottom エリアが 11%、downstream エリアが 21%であった。また、捕食直後に排泄し、その糞を巣穴の壁のメンテナンスに利用する特異な行動も見られた

参考文献

- 1) 山口修平他(2024), AIを用いたオオシロカゲロウ幼虫の巣穴内の行動分析, 日本陸水学会 88 回大会, B07
- 2) 多賀楓真他(2024), オオシロカゲロウ幼虫の巣穴内での反転の自動検出, 日本陸水学会 88 回大会, B10

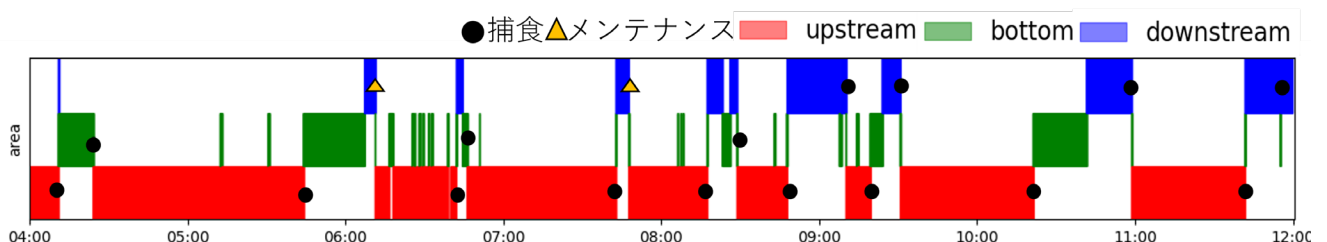


図1 エリア滞在と反転行動の時系列グラフ

都市域の湧水河川における水生植物の分布と生育環境

O-A12

*有賀 光洋（帝京科学大・自然環境），片桐浩司（帝京科学大・自然環境）

1. はじめに

本研究の対象地である野川は、東京都の南西部を流れる多摩川水系の支流であり、国分寺崖線の湧水を水源とする比較的自然性の高い河川である。一方で、沿岸の宅地化や河川整備の影響を受ける区間も多く、自然と都市が混在する都市河川として特有の環境条件を持っている。野川では、1990年代前半に水草の分布や水質との関係についての、研究が行われ（山崎・津久井 1997）、これまでにエビモやアイノコイトモなどの沈水植物の生育が報告されている。しかしそれ以降の水生植物についての調査例は少なく、約 30 年にわたって植生の変遷や外来種の侵入などに関する体系的な研究は行われていない。また野川を対象に、水草と環境条件との関係性を解析した研究も報告されていない。そこで本研究では、野川における現時点での水草の分布状況を把握するとともに、水質や底質といった環境条件との関係性を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

本研究では、野川の上流～下流の全域を調査対象とし、徒歩による現地踏査を通じて水草の分布と生育環境について調査を行った。生育環境調査では、流路内に 1×1m の調査区を複数設置し、調査区内で確認された水草の種類および被度を記録した。あわせて環境条件について、各調査区で、水温、溶存酸素量（D0）、pH、電気伝導度（EC）、流速・水深を計測した。底質は、砂・泥・礫を wentworth 法により目視で区分した。得られた植生データおよび環境条件データを用いて、環境条件と水草分布との関連性を解析した。広範囲にわたって水草が繁茂している区間においては、種数と各種の分布状況を把握・記録した。加えて、調査中に目視にて確認された水生生物については、個体数をカウントし、生息状況の補足的情報として記録した。水草の種同定は、角野康朗『日本の水草』を主な参照文献とし、現地観察、写真撮影および一部の種では、標本の採取を行った。

3. 結果・考察

野川上流域ではコンクリート三面張りの河川改

修が施された区間が多く、沈水植物の生育はほとんど確認されなかった。一部にカワゴケ類がわずかに見られたが、植生の多様性は極めて低かった。

一方、中流域～下流部では河川が公園の緑地内を通過するなど豊かな自然環境が成立しており、豊富な水草相が見られた。中流・下流域では、アイノコイトモ、ホザキノフサモ、オオカナダモが優占し、特にアイノコイトモは流速のある礫質の湧水流入区間から、流れの緩やかなワンド状地形にも広く繁茂していた。ホザキノフサモは流速が比較的速く、底質が礫主体の水温の低い区間に集中して見られた。オオカナダモは、ホザキノフサモが優占する区間の下流で、水深が深く、流速が緩やかな区間で流路全域を覆うように繁茂していた。また、オオカワヂシャとオランダガラシは、流速が速く水深が浅い箇所でも確認され、ウチワゼニクサおよびオオフサモは、流速が緩やかで底質が泥質の箇所に生育していたが、出現頻度は低かった。水質項目である D0、pH、EC と水草分布には明瞭な関係は見られなかった。一方、水草分布と、水深、水温、流速、底質といった物理環境との間に一定の傾向がみられた。特に、湧水の流入により水温が周囲より低い区間では、ホザキノフサモのような特定の種が優占するなど、水草の分布と局所的な物理環境の関係性が示唆された。また、護岸の構造と水草の多様性には明らかな差が認められた。コンクリート三面張りの人工的な区間ではほとんど水草が確認されず、自然性の高い区間では多様な種が生育していたことから、河川構造の自然性が水草の分布や多様性に大きく影響していることが示唆される。既往研究（山崎・津久井 1997）との比較では、オオカナダモ、ウチワゼニクサ、オオフサモといった近年拡大傾向にある水草の出現が新たに確認された。このことから、野川では近年 30 年間の間に水草相の変化が進んでおり、河川環境の変化や外来水草の拡大などが影響している可能性がある。今後の課題としては、今回の結果を踏まえて季節的・年次的なモニタリングを継続することにより、河川の自然性や環境変化に対する水草群落の応答を長期的に評価する必要がある。

O-A13

府中用水における水生植物の分布

*名古 建・片桐浩司（帝京科学大 自然環境）

1. はじめに

近年、農業用水が持つ多面的な機能が改めて注目されている。農業生産のための資源という本来の役割に加え、生物多様性の保全、水質浄化、景観形成、さらには地域の文化的景観の維持など、さまざまな生態系サービスを提供しており、その公共的価値は非常に高い。しかし、都市化の進行や農業従事者の高齢化、水路の構造改変、水質の悪化などによって、これらの機能の維持が次第に困難になっている。加えて、外来種の拡大や生育環境の均質化などの影響により、水辺環境に依存する在来の動植物の生息地が減少し、生態系の劣化が懸念されている。こうした中、水生植物は水域環境における重要な構成要素として位置づけられる。水中の栄養や光環境に応じて多様な形態で生育し、水質浄化や底質の安定、さらには生物のすみかの提供といった役割を担っている。また、水生植物はその存在や分布によって環境の状態を反映する指標ともなりうるが、他の水生生物と比べて学術的な調査が少なく、とくに都市近郊の農業用水路における研究は限られているのが現状である。

本研究では、東京都府中市を流れる農業用水路「府中用水」を対象に、水生植物の分布状況を把握するとともに、水生植物の分布と環境条件との関係を明らかにすることを目的とした。府中用水は江戸時代初期に玉川上水から分水して整備された歴史ある水路で、現在も農地や市街地を横断しながら約10kmにわたって流れている。水路沿いには自然護岸や植生が一部残されており、都市部における貴重な水辺環境としての価値を有している。本研究によって得られた知見は、今後の水域環境の保全や管理方針を検討する上での基礎的な資料となることが期待される。

2. 材料と方法

府中用水の上流・中流・下流に位置する複数地点を対象とした。各地点において出現した水生植物の種類と被度を記録するとともに、水温、水深、流速、底質などの物理的環境を測定した。あわせて、pH、溶存酸素（DO）、電気伝導度（EC）といった水質項目についてもデータを取得した。これらのデータをもとに、水生植物の分布との関係性を分析した。

3. 結果と考察

調査の結果、府中用水ではホザキノフサモ、オオカワジシャ、オオカナダモ、コカナダモ、ミクリ、ナガエミクリ、セキシヨウモ、アイノコイトモ、フラスコモ（車軸藻類）、ウチワゼニクサ、ササバモ、エビモ、イケノミズハコベなど、計十数種の水生植物が確認された。これらの植物は水路全域にまんべんなく分布していたわけではなく、特定の環境条件を満たした地点に多く見られた。特に水温が25℃前後で安定している地点では植物の種類・被度ともに高く、水質項目からも湧水の影響が考えられた。水草がよく生育していた地点では、底質に礫のみならず砂やシルトが一定の割合で混ざっており、植物の定着に適した環境であったと考えられる。加えて、分布が多い地点では溶存酸素（DO）量が比較的高く、pHも中性に近く軟水傾向を示していた。これらの条件はいずれも湧水によってもたらされる環境特性と一致しており、湧水の存在が水生植物の生育に重要な役割を果たしている可能性が示唆された。とくに、フラスコモのような車軸藻類や、アイノコイトモなどの希少種が分布していた地点では、他の地点に比べて環境が安定しており、湧水の直接的・間接的な影響を強く受けていると考えられる。これらの結果から、府中用水における湧水は水生植物の多様性を支える重要な要因の一つであることが明らかになった。

O-A14

アカツキシロカゲロウ幼虫のU字型巣穴の形状

*神山聖韻（帝京大・理工），蓮田裕一（帝京大・理工）

1. はじめに

アカツキシロカゲロウ(図 1)は、関東では利根川水系等に生息している。茨城県常総市を流れる鬼怒川では、同幼虫は発達した大顎を用いて粘土質の河床にU字型の巣穴を掘って生息しているが、その巣穴形状や生態に言及した研究は極めて少ない¹⁾。

本研究では、アカツキシロカゲロウ幼虫の巣穴形状を測定すると共に、ロボティクス AI を活用した観察を試みる。



図 1 アカツキシロカゲロウ幼虫

2. 研究方法および結果

2.1 巣穴の採取

2024 年 1 月、茨城県常総市を流れる鬼怒川の石下橋付近において、スコップを用いて川底から粘土質の堆積物を採取した。アカツキシロカゲロウは前年の 9 月までに羽化が終了しており、巣穴に幼虫は見られなかった。

2.2 巣穴の形状測定

図 2(a)に示すように、アカツキシロカゲロウ幼虫は U 字型の巣穴を形成しており、底部の湾曲は非常に急で、形状としてはヘアピンに近い。

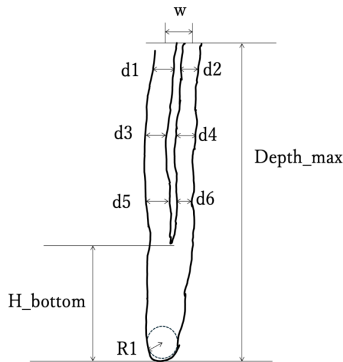
巣穴形状を確認するため、粘土の一部を切り取り、その断面から計 7 つの巣穴の形状を測定した。図 2(b)のように、巣穴の直径(d1~d6)、2 つの開口部の中心間隔(w)、深さ(Dmax) をノギスを用いて計測した。各巣穴の直径(d1~d6)は 3~9mm で、2 つの開口部の間隔(w)は 6~10mm、深さ(Dmax)は 37~98mm であった(表 1 参照)。

表 1 平均測定値

d	w	Dmax
5.8 mm	7.4 mm	70 mm



(a) 巣穴



(b) 測定値定義

w : 巣穴の間隔 (二つの穴の中心の長さ)
d1、d3、d5 : 巣穴の左側の穴の直径
d2、d4、d6 : 巣穴の右側の穴の直径
H_bottom : カーブ地点の直径
R1 : カーブ地点の半径
Depth_max : 巣穴全体の深さ

図 2 巣穴の形状

2.3 近縁種の巣穴との比較

Uchman et al. (2016)²⁾の報告では、Ephoron virgo の巣穴が硬質な泥中に形成され、直径は 2~3mm、2 つの開口部の中心間隔は 15mm、深さは最大で 10cm に達する。また、底部の湾曲は非常に急で、ヘアピン型に近い形状でもある。本研究で観察されたアカツキシロカゲロウの巣穴もこれと非常によく似た形状を示していた。

3 考察

蓮田・角濱ら(2013)³⁾は、砂礫質で緩やかな U 字型巣穴を作る近縁種のおオシロカゲロウを粘土質で造巣させたところ、ヘアピン型の巣穴を形成することを報告している。アカツキシロカゲロウや Ephoron virgo が非常に似たヘアピン状の U 字型巣穴を形成するのは、硬い粘土質の川底に適応した行動である可能性が考えられる。

参考文献

- 1) 石綿(2024),埼玉県立川の博物館紀要,pp.13-24
- 2) Uchman, A., Mikuláš, R., & Stachacz, M. (2016) Ichtnos, 24(3), pp.191-203.
- 3) 蓮田,角濱,和地(2023),日本陸水学会第 87 回大会 (大分),C-09

O-A15

重金属がミジンコの誘導防御と 個体群動態に与える影響

*米山貴将（富山県大院・工），神戸一喜（富山県大・工），
坂本正樹（富山県大・工）

1. はじめに

多くの水生生物は、特定の捕食者の密度に応じて行動、形態、生活史特性などの表現型を変化させる。

Daphnia 属のミジンコの防御形態は、フサカ幼虫

（*Chaoborus* spp.）が放出する情報化学物質（カイロモン）により誘導される。しかし、工業排水等に含まれる重金属は、湖沼におけるこれらの捕食―被食関係を攪乱する可能性がある。例えば、銅はミジンコの誘導防御を抑制することがわかっている。水中で金属はフリーイオンや有機錯体など、さまざまな形態で存在するが、そのうちのどれがミジンコの形態変化に作用するかは検証されていない。また、銅以外の金属による影響は不明である。

本研究では、銅と亜鉛によるミジンコの形態変化と個体群動態に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、実験的解析を行った。

2. 材料と方法

実験 1. 防御形態の誘導への影響

実験に使用したマギレミジンコ（*D. ambigua*）とフサカ幼虫は富山市古洞池から採集したものである。銅と亜鉛による影響を調べるため、マギレミジンコをフサカカイロモンと金属に単独または複合的に曝した。同時に、金属形態の違いによる影響を検証するため、各処理にキレート剤（EDTA）添加の有無の条件を用意した。マギレミジンコの形態（尖頭形成の有無）は仔虫が2齢になってから確認した。

実験 2. 個体群動態への影響

実験には *D. pulex*（MEP 系統）を使用し、個体群動態への影響を確かめるために、半止水式の実験系（容量 3 L）を構築した。処理区は①対照区、②捕食者（フサカ幼虫を3個体投入）、③銅（5 µg/L, 1 µg/L）、捕食者＋銅とした。63日間の実験中、定期的に採水し、ミジンコの密度と防御形態（ネックティース）の発現の確認、水質分析を行った。

3. 結果と考察

実験 1 では、フサカカイロモンがマギレミジンコの尖頭を誘導したが、銅への曝露によりその発現率が低下した（図 1a）。形態変化の抑制は、EDTA を添加した処理区でも確認されたことから、これは銅の形態に依存しないことが示唆された。反対に、亜鉛はマギレミジンコの形態変化を誘導することがわかった（図 1b）。ただし、この誘導は EDTA を添加した処理区では起こらなかったことから、フリーの亜鉛イオンが作用したと考えられる。

実験 2 では、銅や捕食者による個体群密度への有意な影響は検出されなかった。幼体の密度は捕食者の存在下で低下する傾向があったが、銅添加の有無による密度の違いは認められなかった。銅による影響が小さかった理由として、生物由来の有機物と銅が錯形成し、イオン濃度が低くなり、毒性が弱くなったと考えられる。銅の添加によって、防御形態（ネックティース）の発現率が低下する傾向があったが、防御形態の発現抑制による、個体群動態への有意な影響は検出されなかった。

本研究によって金属の種類や形態によってミジンコの形態変化への影響も異なることが明らかになった。

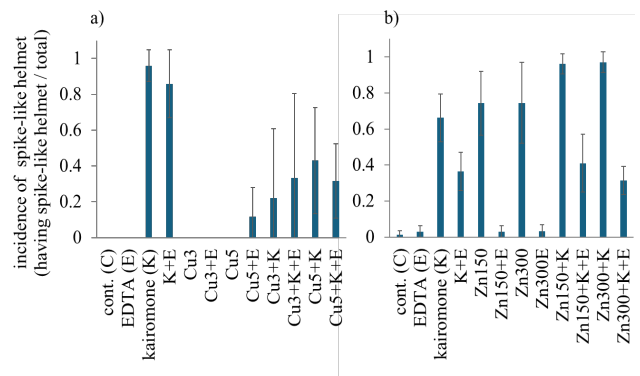


図 1, a) 銅と b) 亜鉛曝露による *D. ambigua* の形態変化（防御形態の発現率）への影響。

O-A16

動物プランクトンの分類群によって農薬影響は異なる：
イミダクロプリドを例に

*鈴木碩通（東北大院・生命）、牧野渡（東北大院・生命）、
高橋真司（東北大院・工）、Jamie M. Kass（東北大院・生命）、占部城太郎（東北大院・生命）

1. はじめに

ネオニコチノイド系農薬暴露は、1992年に日本で登録されて以来、その害虫防除効率の高さから世界中で使用されている。この農薬は、耕作地から河川や湖沼に流出することで、様々な水生生物に悪影響を及ぼす可能性が指摘されている。

水生生物の中で、動物プランクトンは低次生産と高次生産とをつなぐ重要な役割を果たしている。そのため、水圏生態系に対するネオニコチノイド系農薬の暴露影響を評価するためには、動物プランクトン群集への影響を把握することが不可欠である。しかし、動物プランクトン群集に対するネオニコチノイド系農薬の影響を調べた研究では、必ずしも一貫した結果が得られていない。その原因として、実験における動物プランクトンの分類解像度が低いことや、攪乱発生時の群集構造を考慮していない可能性が考えられる。したがって、再現性のある影響評価を行うためには、農薬暴露に対する感受性を種レベルで把握するとともに、攪乱発生時の群集構造を把握した群集応答解析が必要である。

そこで、本研究では、最も一般的なネオニコチノイド系農薬であるイミダクロプリドを対象に、その動物プランクトンへの影響を種レベルで把握するとともに、群集応答の再現性もしくは予測性を評価するために種組成を変えたモック群集に対する暴露実験を行った。

2. 材料と方法

種レベルの影響は、日本各地の湖沼や水田から採集した27種（枝角類18種・ヒゲナガケンミジンコ類3種・ケンミジンコ類6種）の動物プランクトンを急性毒性試験に供することで評価した。この試験では、各種を6段階の濃度（0, 0.5, 5, 50, 100, 500 μ g/L）のイミダクロプリドに96時間暴露

し、24時間ごとに生死を顕微鏡観察下で確認した。この結果を元に、各種における半致死濃度を算出することで、種レベルの感受性を評価した。

群集実験では、仙台市内のため池で採集した枝角類2種（*Daphnia cf. pulex*, *Ceriodaphnia cf. smirnovi*）とケンミジンコ類1種（*Cyclops vicinus*）を用いて、①*D. pulex*のみ、②*C. smirnovi*のみ、③*C. vicinus*のみ、④*D. pulex*と*C. smirnovi*、⑤*D. pulex*と*C. vicinus*、⑥*C. smirnovi*と*C. vicinus*、⑦3種混合の7通りのモック群集を作成し、それぞれにイミダクロプリドを3段階の濃度（0, 5, 50 μ g/L）で暴露した。農薬暴露後は各群集を12週間継続し、毎週飼育水を10%ずつ交換することで各種の個体数を計数した。得られた時系列データから、処理間・内の群集動態の差異を評価した。

3. 結果と考察

27種を対象とした急性毒性試験の結果、イミダクロプリドは、ほとんどの枝角類とヒゲナガケンミジンコ類には短期的な時間スケールでは影響を与えなかった。しかし、ケンミジンコ類では、実験に供した6種全てで暴露による有意な死亡率の上昇が見られた。この結果は、イミダクロプリドがケンミジンコ類に対して選択的な毒性を持つことを示唆している。また、群集実験において、*D. pulex*のみと*C. smirnovi*のみの群集では農薬による個体数の減少は生じなかったが、*C. vicinus*のみの群集では、低濃度でも個体数は激減した。この結果は、イミダクロプリドが長期的な時間スケールでもケンミジンコ類に選択的に影響することを示唆している。また、*C. vicinus*を含む多種系では、農薬暴露により、その他の群集と比べて群集動態が複雑化した。このことから、イミダクロプリドはケンミジンコ類に選択的攪乱を及ぼすことで、群集動態の予測性を下げることが示唆された。

O-A17

濾過食者シマトビケラ科幼虫が捕捉・摂食する流下物は何か？
：流下プランクトン相・捕獲網捕捉物・消化管内容物の比較

*上田 満優季（奈良女子大・院），Hye-Ji Oh（奈良女子大），原 直子（奈良女子大・院），
荒木 志保（奈良女子大・院），片野 泉（奈良女子大・研究院）

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、捕獲網にかかった有機物を摂食する造網型の濾過食者である（中川 1952, 小林ら 2015）。シマトビケラをはじめとする濾過食者は、流下有機物量が増加するダム下流で著しく優占すること（Oswood 1979, 古谷 1998）、流下有機物の多くを占める流下プランクトンが濾過食者にとって栄養価の高い餌であることが知られている。よって、シマトビケラは流下プランクトンを積極的に摂食していることが考えられるが、文献に記載されたシマトビケラの餌資源は様々である。また、シマトビケラと同様にダム下流で優占するカイメン類や二枚貝類は、流下有機物を含む水をそのまま体内に取り込み濾過する（根岸ら 2008, 船山ら 2009）ため、明確な餌の選択性はないと予想される一方、捕獲網を用いるシマトビケラの摂食は「捕獲網による捕捉」および「摂食行動」という2種類の餌選択が起こることが予想される。

そこで、シマトビケラ科幼虫が餌資源をどのように摂食しているか、機能学的に明らかにすることを目的として本研究を行った。第一に、走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope, SEM）を用いて、シマトビケラの捕獲網を観察し、捕獲網に捕捉された流下物を明らかにした。第二に、流下プランクトン相・捕獲網捕捉物・シマトビケラの消化管内容物の3つを比較した。

2. 材料と方法

宇治川（淀川水系、京都府宇治市）、四郷川（紀ノ川水系、奈良県東吉野村）の各1地点を調査地点として設定した。調査は、2024年10月22日に宇治川で、2024年12月10日に四郷川で行った。各調査では、シマトビケラ個体を見つけ採りで採集しホルマリン固定すると同時に、採集個体の捕獲網を、形態を保ったまま採集して実験室に持ち

帰った（図）。また、環境要因の測定、河川表層水の採水、プランクトンネットを用いた流下物採集も行った。

実験室では、採水サンプルを用いて水中 Chl. *a* 量、流下細粒状有機物（Drifted Fine Particle Organic Matter, DFPOM）量を測定した。また、採水・流下物サンプルを検鏡し、植物・動物プランクトン群集組成と個体数を調べた。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トビケラ *Macrostemum radiatum*（宇治川）、ウルマーシマトビケラ *Hydropsyche orientalis*（四郷川）を用いて、消化管内容物分析を行った。捕獲網は、自然乾燥あるいは固定・凍結乾燥させた後、イオンスパッタリングで白金を蒸着させ、SEMで検鏡した。



図 ストローを用いた捕獲網の採集方法と採集

3. 結果・考察

宇治川の調査結果では、流下プランクトン相・捕獲網捕捉物・シマトビケラの消化管内容物の組成が、異なる傾向を示した。具体的には、流下プランクトン相では、ワムシ類やミジンコ類などの動物プランクトンが多く確認されたが、これらは捕獲網や消化管内ではほとんどみられなかった。捕獲網には、群体を形成するスジタルケイソウ属 *Aulacoseira* sp.やオビケイソウ属 *Fragilaria* sp.が、消化管内には、緑藻やタイコケイソウ属 *Cyclotella* sp.が、他の2つよりも高い割合で観察された。これらの結果より、捕獲網にかかるのは流下物のうちの一部であり、さらにその一部をシマトビケラが摂食している可能性が示唆された。

O-A18

携巣トビケラに与えるダム下流土砂還元の影響

*植村 愛可（奈良女子大・理），片野 泉（奈良女子大・研究院）

1. はじめに

ダムは河川の流れを分断するため、様々な環境変化が問題視されている。ダム下流における環境変化の例として、上流から下流への土砂運搬の阻害による河床材料の粗粒化（Katano et al. 2009）や、河川流量が少量で安定することによる付着藻類の異常繁茂が挙げられる（皆川ら 2007）。そこで一部のダムでは、フラッシュ放流にあわせて、ダム上流に堆積された土砂をダム下流に再供給する「土砂還元」を環境緩和策として実施している。

携巣トビケラ幼虫は、自身で吐いた糸と細かい砂や小石などの河床材料を使用し、携巣（持ち運びのできる巣）を作る。携巣に使用される巣材の粒子サイズは分類群（Mason 2019）や幼虫齢（Tolkamp, 1980）で異なる可能性が報告されている。また、不的確な粒子を使用して携巣を作る場合には、生糸の使用量が増加することも分かっている（Smart 1976; Becker 2001）。ダム下流では巣材となる細粒な河床材料が不足し（Katano et al. 2009）、付着藻類の繁茂により餌の質が低下するため（Peterson and Stevenson 1992; Allan et al. 1997）、携巣トビケラの個体数は減少する。一方、現在実施されている土砂還元は、携巣作りに適した粒子を河床材料として補給し、クレンジング効果により付着藻類を掃流するため、携巣トビケラの生息地環境の改善につながることも期待される。実際、土砂還元が実施されたダム河川では、携巣トビケラの1種ヤマトビケラ属の回復が報告されているが（Katano et al. 2021）、これまで携巣トビケラに対する土砂還元の影響についての知見は少ない。

そこで本研究は、土砂還元実施ダム河川における藻類食者の生態を明らかにすることを目的とし、土砂還元前後での付着藻類量の変化、および携巣トビケラの巣材と消化管内容物の変化を比較した。加えて、自然河川との比較も行った。

2. 材料と方法

調査地点として、比奈知ダム（三重県名張市、淀

川水系）のダム上流とダム下流の2地点、加えて自然河川として四郷川（奈良県東吉野村、紀ノ川水系）の1地点を設定した。比奈知ダムでは、フラッシュ放流に合わせた土砂還元（以下還元）が実施されているため、還元前後の日程で調査を行い、四郷川でも同時期に調査を実施した。調査では、見つけ採りで携巣トビケラ幼虫を採集すると同時に、環境要因の測定、付着藻類採集、河床材料の採集も行った。実験室では、付着藻類サンプルから Chl.a 量、有機物（OM）・無機物（IOM）量を測定し、河床材料サンプルから土砂粒径を算出した。さらに、採集した携巣トビケラの携巣は、OM・IOM 量を測定した後、粒子数を数え、ImageJ を用いて粒子サイズを測定した。幼虫は、頭幅測定の後、解剖し前腸を用いて消化管内容物分析を行った。

3. 結果と考察

今回上流・下流の2地点で共通して採集できた分類群は、タテヒゲナガトビケラ属 *Ceraclea* sp. とニンギョウトビケラ属 *Goera* sp. であったため、比較にはこの分類群に加え、四郷川で豊富であった指標種ヤマトビケラ属 *Glossosoma* sp. を用いた。

付着藻類について、還元前後で比較すると、上流では大きな変化は見られなかった。一方で、下流では、Chl.a 量は直後に減少しその後増加、OM・IOM 量は直後に IOM の割合が一時的に増加しその後減少した。また、消化管内では珪藻が高い割合を占めていたが、還元後の下流における消化管内では、特にツメケイソウ属 *Achnanthes* が多く観察された。これらより、付着藻類層が土砂還元により一度一掃され、異なる付着藻類分類群が摂食されるようになった可能性が示唆された。携巣について、下流で比較すると、還元後により大きな粒子を利用していることが分かった。このことから、還元後ではより適した粒子サイズを使用可能になったことが示唆される。今後は、さらに土砂還元実施による巣材の変化を詳細に明らかにしていきたい。

O-A19

濾過食者オオシマトビケラの食性における季節変化 ：流下プランクトンと消化管内容物の比較

*荒木 志保（奈良女子大・院），Hye-Ji Oh（奈良女子大・研究院），原 直子（奈良女子大・院），上田 満
優季（奈良女子大・院），田代 喬（名古屋大・減災連携研究センター），片野 泉（奈良女子大・研究院）

1. はじめに

シマトビケラは幼虫時に川底の石に巣網を張り、流下する微細な有機物を摂食して成長する造網型の濾過食者である。河川内の流下有機物を体内に固定して成長し、羽化後には陸域に持ち出すことから、河川の自浄作用に貢献する可能性が示唆されてきたものの、実際にどの程度の有機物を河川水中から除去し、河川全体の自浄作用にどの程度寄与しているか、その詳細については不明な点が多い。日本最大の琵琶湖また天ヶ瀬ダムを上流にもつ宇治川では、生息するシマトビケラ分類群としてオオシマトビケラ、ナカハラシマトビケラ、コガタシマトビケラの3種が優占している。これら3種は、生活史のうちわずか1週間程度と短い成虫期間に観光地も多い宇治川周辺に大量発生することで、不快害虫として人間社会の問題となっている一方で、生活史の大部分を占める幼虫期間には上述のような自浄作用に寄与する可能性が指摘されている。そのため、幼虫の持つ自浄作用を定量的に明らかにすることは、シマトビケラの機能面の評価にとって重要と考えられる。そこで本研究では、シマトビケラ幼虫のもつ自浄作用を詳細に知る第一歩として、宇治川の流下プランクトンとシマトビケラの消化管内容物の季節変化を調べることで、シマトビケラが河川水から除去しうるプランクトンの季節変化を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

宇治川（京都府宇治市、淀川水系）において、天ヶ瀬ダムから700m下流（St. 天ヶ瀬橋下）と、天ヶ瀬ダムから4km下流（St. 南部小裏）の2地点を調査地として設定した。2024年の4月から約2週間に一度、各地点で水質測定、河川表層水の採水、プランクトンネットで流下物採集を行い、併せてシマトビケラ幼虫を見つけ取りで採集した。実験室では、採水サンプルを用いて河川水中 Chl.a

量、DFPOM 量、DFPIM 量を測定した。流下物サンプルを用いて植物・動物プランクトンの密度・組成を検鏡により調べた。さらに、採集したシマトビケラ幼虫を解剖し、前腸の内容物を検鏡して消化管内容物の同定・計数を行った。

3. 結果と考察

植物、動物プランクトン群集ともに密度、優占種について季節変化が見られた。一方で、オオシマトビケラ幼虫の消化管内容物には、調査期間を通して植物プランクトンが多く、動物プランクトンはわずかに観察されるのみであった。また、優占種は季節による変化は小さかった。これらを総合すると、河川水中の優占種が消化管内の優占種となるとは限らず、幼虫は河川水中の流下プランクトンを無選択に餌資源としているとは考えにくかった。つまり、幼虫は捕獲網による選別などを通して、餌資源のサイズもしくは分類群等を選択していることが考えられる。消化管内に特に多かった植物プランクトンに着目して、流下植物プランクトン群集と消化管内容物の月変化をより詳しく解釈するため、非計量多次元尺度法(NMDS)で解析した結果、河川水中の群集と消化管内容物の類似度はどの月においても低く、大きく異なっていることが示された。河川水中の群集では、調査時期による変化が顕著であったが、消化管内容物はそうではなかった。

本研究は、河川水中に存在する餌資源が時期により変化しても、オオシマトビケラが摂食除去する餌資源は変わらず、時期によって自浄作用の効果が変化する可能性を示唆している。今後、餌資源、オオシマトビケラについて同位体比・脂肪酸分析を併せて行うことで、濾過食者シマトビケラ科の餌資源と栄養状態をさらに詳細に評価し、餌の選択理由と個体・周辺環境に及ぼす影響とを考えていきたい。

O-A20

滋賀県内における *Metagonimus* 属吸虫の 分類、分布および第二中間宿主の再検討

*益桃子（滋賀県立大院・環境科学），浦部美佐子（滋賀県立大・環境科学）

1. はじめに

Metagonimus 属吸虫は日本、台湾、韓国および中国を含むアジア地域やロシア、ヨーロッパ、中東に主に分布しており、人獣共通感染症を引き起こすことが知られている。本属の第一中間宿主は淡水性巻貝であるカワニナ類、第二中間宿主は淡水魚、終宿主は哺乳類および鳥類である。

1912年に最初に横川吸虫 *M. yokogawai* が報告されて以降、日本に分布する種として *M. yokogawai* の他、*M. takahashii*、*M. katsuradai*、*M. otsurui*、*M. miyatai*、*M. hakubaensis* の6種が記載された。

近年、分子生物学的手法の発展により、同属に隠蔽種が複数含まれていたことが明らかになり、2022年に *M. saitoi*、*M. kogai*、*M. shimazui*、*M. kinoi* の4種が記載され、また既知種についてもその分布範囲の情報が整理されつつある。それに伴い、それぞれの種の宿主と吸虫の分布範囲を総合的に再検討する必要性が生じている。

本研究では、分子生物学的手法により、琵琶湖水系における *Metagonimus* 属吸虫の分類、分布および第二中間宿主の再検討を行うことを目的とする。

2. 材料と方法

中間宿主である淡水魚は琵琶湖、琵琶湖水系の河川および水路でたも網または投網を用いて採集した。採集した魚類の鰭、鱗および筋肉をそれぞれ人工胃液で溶解した後、スライドガラスとカバーガラスを用いて吸虫のメタセルカリアを圧迫することで物理的に脱囊させた。回収したメタセルカリアから抽出したDNAを用い、Polymerase Chain Reaction (PCR) 法を用いてCOI遺伝子の増幅を試みた。増幅された産物を用いてシーケンス解析を行い、INSDCに登録された *Metagonimus* 属吸虫の塩基配列とともに系統樹を作成した。

3. 結果

検査した淡水魚43種のうち10種から5種の *Metagonimus* 属吸虫が検出された。フナ類の鰭および鱗、ビワヒガイおよびニゴイの鰭から *M. takahashii*、タナゴ類およびビワヒガイの鱗から *M. katsuradai*、トウヨシノボリの鱗から *M. otsurui*、アユの筋肉から *M. miyatai*、オイカワ、カワムツおよびアユの鱗から *M. saitoi* が得られた。

また、ニゴイの鱗から検出された1種 (*Metagonimus* sp.) は *M. yokogawai* と92%のCOI塩基配列の相同性を示し、系統樹において既知種のいずれとも異なるクレードに属した。*Metagonimus* sp. と *M. yokogawai* の *p*-distance は0.092–0.100であった。

4. 考察

本研究により、*Metagonimus* 属吸虫の宿主として新たにビワヒガイおよびニゴイの2種が報告された。また、ニゴイの鱗から検出された種は未記載種である可能性がある。

アユの鱗には *M. miyatai*、筋肉には *M. yokogawai* が好んで寄生するとされてきたが、本研究では鱗から *M. saitoi*、筋肉から *M. miyatai* が検出され、*M. yokogawai* は検出されなかった。この結果から、滋賀県内で *M. yokogawai* が減少しているか、あるいは過去に滋賀県で採集された *M. yokogawai* とされてきた種は *M. miyatai* あるいは *M. saitoi* である可能性が示された。

また、本研究では、メタセルカリアの感染を宿主の部位ごとに調査したが、特定の部位のみに寄生し、かつ広範な魚種に寄生する種は確認できなかった。このことから、*Metagonimus* 属吸虫は部位よりも宿主の魚種に特異性がある可能性が高く、その分類において、宿主-寄生虫関係が重要であることが改めて示された。

O-A21

放射性同位体を用いない

ウイルス生産速度測定法の開発と琵琶湖への適用

*三堂朋美 (立命館大院・理工), 土屋健司 (国立環境研究所)
沈尚 (立命館大学)

1. はじめに

水圏のウイルスは、感染を通じて細菌の多様性を維持し、溶菌によって細胞内有機物を DOM プールに再供給するなど、炭素循環において重要な役割を果たしている。このため、ウイルスの活性を表すウイルス生産速度 (VP) は、炭素循環におけるウイルスの寄与を理解する上で不可欠である。VP は、放射性同位体で標識されたチミジンをトレーサーとして用いる方法 (^3H -TdR 法; Wilhelm et al. 2010) や顕微鏡による直接計数法 (Yang et al. 2010) によって測定されてきた。しかしながら、放射性同位体の野外利用規制や定量値の不安定性、ウイルス濃縮・精製の難しさから、その研究例は限られていた。本研究では、 ^3H -TdR の代わりに安定同位体 ^{15}N で標識したデオキシアデノシン ($^{15}\text{N}_5$ -dA) を用い、高精度なウイルス濃縮・精製法や LC-MS/MS による定量を組み合わせ、新しい VP 測定法を開発した。

さらに、本手法の湖沼への適用性を検証するとともに、湖内炭素循環へのウイルスの寄与を評価することを目的とし、琵琶湖における VP を測定した。

2. 方法

本手法は、1) $^{15}\text{N}_5$ -dA を試料に添加・培養、2) 細菌細胞の除去、3) ウイルス濃縮 (鉄共沈法)、4) フリーDNA およびフリー $^{15}\text{N}_5$ -dA の除去、5) ウイルス DNA の抽出、6) ヌクレオシドまで酵素加水分解、7) LC-MS/MS による $^{15}\text{N}_5$ -dA 取り込み速度の測定、を経て VP を見積もる。DNA 抽出、酵素加水分解、LC-MS/MS による定量は ^{15}N -dA 法 (Tsuchiya et al. 2015) に従い行った。さらに、ウイルスの $^{15}\text{N}_5$ -dA 取り込み量の過大評価を防ぐため、①細菌細胞、②フリーDNA、③フリー $^{15}\text{N}_5$ -dA (取り込まれずに残存した $^{15}\text{N}_5$ -dA) の除去方法、および④培養時間、について次の手順で検討した。①試料 2 L を孔径 0.2 μm 、0.1 μm のポリカーボネート (PC, ADVANTEC) およびセルロース混合エステル (MCE, GVS) フィルターでろ過し、ろ液中の細菌・ウイルス数を蛍光顕微鏡

(BX53, Olympus) で測定した。②Ascorbic-EDTA で希釈した細菌 DNA 溶液 2 mL (最終濃度 0.76 ng/ μL) に、Recombinant DNase I (Takara Bio) を添加後、孔径 0.025 μm の MCE フィルター (Merck Millipore) でろ過した。このフィルターを用いてウイルス DNA 抽出と同様の操作を実施し、得られた最終溶液の DNA 濃度を Qubit Fluorometer (Thermo Fisher Scientific) で測定した。③超純水で希釈した $^{15}\text{N}_5$ -dA (最終濃度 50 μM) を孔径 0.025 μm の MCE フィルターにろ過し、フィルターにトラップされた $^{15}\text{N}_5$ -dA の濃度を LC-MS/MS で測定した。また、ウイルス精製した河川水を同様にろ過し、そのろ液中のウイルス粒子を蛍光顕微鏡で計数した。④試料 2 L に $^{15}\text{N}_5$ -dA を添加し、6~36 時間培養したときの、ウイルス DNA への $^{15}\text{N}_5$ -dA 取り込み速度を検討した。

3. 結果と考察

① 孔径 0.1 μm の PC フィルターを用いることで、細菌細胞を全て除去し、かつ、ろ液中にウイルス粒子を損失なく回収できた。一方で、MCE フィルターによるウイルス回収率は低かった。これは、MCE フィルターが、内部の多層構造で粒子を分離するデブスフィルターであることから (Tanaka 2020)、ウイルス粒子が内部構造にトラップされ、ろ液への流出が阻害された可能性が考えられる。

② フィルター上のフリーDNA を定量限界以下まで分解できた。

③ 孔径 0.025 μm MCE フィルターによりウイルス粒子を保持しつつ、フリー $^{15}\text{N}_5$ -dA を定量限界以下まで除去できた。

④ 培養 12 時間で $^{15}\text{N}_5$ -dA の取り込みはほぼ飽和し、それ以降の取り込み速度は安定していた。本発表ではこの他に、 $^{15}\text{N}_5$ -dA 法で測定した琵琶湖における VP、および細菌生産との関係などについて紹介する。

謝辞：本研究は科研費 25K2286 の助成を受けて実施した

O-A22

Streams Under Pressure: Diverging Energy Patterns in Fish and Invertebrates

*Giovanna Collyer (The University of Tokyo),
Victor Saito (Federal University of Sao Carlos),
Terutaka Mori (Aqua Restoration Research Center),
Takehito Yoshida (The University of Tokyo)

1. Introduction

Land use change is one of the biggest threats to biodiversity worldwide, especially in freshwater ecosystems. Human impacts, such as urbanization and agriculture, not only alter environmental conditions but also restructure community composition, impacting the size and abundance distribution of aquatic organisms.

One method of assessing these community-level impacts is the *size spectrum* which measures how biomass or abundance is distributed across body sizes in an ecosystem. Because body size has direct consequences for metabolism, predation, and energy transfer, size spectrum changes can indicate ecosystem function and resilience.

Here, we applied the size spectrum analysis to understand how agricultural and urban land use influence fish and macroinvertebrate community composition and structure in Japanese streams.

2. Materials and Methods

We used data from 441 headwater streams distributed across Japan, from Hokkaido to Kyushu, using the National Census on River Environments dataset. The dataset includes 250 locations for macroinvertebrates and 191 locations for fish, sampled between 2018 and 2022. Macroinvertebrates were collected using Surber samplers, and fish were collected using throw nets.

Land use was quantified using a 400-meter radius buffer around each location using the JAXA high-resolution classification dataset (30 meters). The land use along with mean seasonal and yearly temperature were used to derive two principal components (PC1 and PC2), which are gradients of representations of agricultural and urban land use, respectively. These were used as predictors in all the following analyses.

Individual body mass was estimated from published length-weight regressions. Maximum likelihood estimation and linear regression were used to construct community size spectra and estimate slopes, intercepts, and model fits (R^2). These metrics were then analyzed using linear mixed models to investigate their correlations with PC1 and PC2. Other analyses included taxonomic richness (Chao1), community composition (PERMANOVA), and taxon-specific responses to environmental gradients (Pearson correlations).

3. Results

Agricultural land use influenced macroinvertebrate communities, with higher intercepts (more small organisms), steeper slopes (less efficient energy transfer), and greater total biomass. Urban land use led to higher model fit (R^2) and reduced both total biomass and species richness.

For fish, urban land use was associated with higher

intercept and total biomass, broader size ranges, and increased species richness. However, agricultural land use did not affect fish size spectrum parameters.

Community composition varied significantly across the land use gradient in both groups. In macroinvertebrate communities, sensitive taxa such as Elmidae declined in agricultural and urban environments, while fish communities were increasingly dominated by tolerant and generalist taxa, such as *Mugil*.

4. Discussion

Our findings revealed that land use change, particularly urbanization and agriculture, is an important driver of size-structured and taxonomic shifts in freshwater ecosystems. In agricultural streams, macroinvertebrate communities were dominated by small-bodied taxa, resulting in steeper size spectrum slopes and higher biomass. These patterns likely reflect increased nutrient input and light exposure due to deforestation, favoring opportunistic species that thrive at the base of the food web. Urban streams, in turn, showed higher size spectrum fit (R^2) combined with lower biomass and species richness. This suggests that the community becomes more size-structured and predictable, with fewer species fulfilling distinct roles. As a result, trophic interactions are likely simplified, and energy transfer across the food web is less efficient, reflecting a loss in ecological complexity.

Fish communities responded in a different way. Urban streams supported higher biomass, broader size ranges, and increased richness. However, rather than indicating a healthy ecosystem, this apparent complexity may reflect biotic homogenization, driven by the dominance of tolerant, generalist taxa like *Mugil*. While predators seem to persist or even benefit, macroinvertebrate prey communities decline under both land use types, revealing a potential disconnect between trophic levels.

These mismatches suggest land use intensification alters energy transfer among trophic levels, degrading food web connectivity and potentially compromising long-term ecosystem resilience. By combining size-based and taxonomic approaches, this study shows that richness can actually be a misleading measure: even when diversity appears to increase, the ecosystem may still be losing essential functions and becoming structurally simplified. Thus, protecting low-order streams from human pressures is essential not only to preserve species, but also to maintain the ecological processes, energy flow, and resilience that freshwater ecosystems need to function and endure.

O-A220

AI を活用したヒゲナガカワトビケラ幼虫の食性の解析

*松田果恋（帝京大・理工），蓮田裕一（帝京大・理工）

1. はじめに

河川に生息するヒゲナガカワトビケラ幼虫は、小石の間に網を張って巣を形成し、そこに漂着する藻類やデトリタスを摂食すると考えられている¹⁾。新名(1995)²⁾は、ヒゲナガカワトビケラ 5 齢幼虫の消化管内容に 24.9%の動物質が含まれることを報告しており、本種の多様な摂食行動が確認されている。さらに、蓮田(2024)³⁾は観察ロボットを駆使してヒゲナガカワトビケラ幼虫が生きたモンカゲロウ幼虫を襲い食えることを報告している。

本研究では、AI を用いてヒゲナガカワトビケラ幼虫の「頭(head)」および「口(mouth)」を検出し、巣周辺の 3 つの要素「網(net)」、「小石(rock)」、「巣(burrow)」との位置関係をもとに、食性の解析を試みる。

2. 物体検出とエリア判定

人工水路内で飼育しているヒゲナガカワトビケラ幼虫はほぼ休みなく摂食行動を示す。検出された head あるいは mouth の矩形中心座標が、net、rock、burrow のいずれかの領域内に位置するかをもとに、幼虫が摂食している可能性の高いエリアを判定する。なお、head と mouth の両方が検出された場合は、摂食に直接関与する mouth の矩形中心座標を優先的に用いる。図 1 に、ヒゲナガカワトビケラ幼虫の head および mouth の検出と巣周辺の要素を示す。

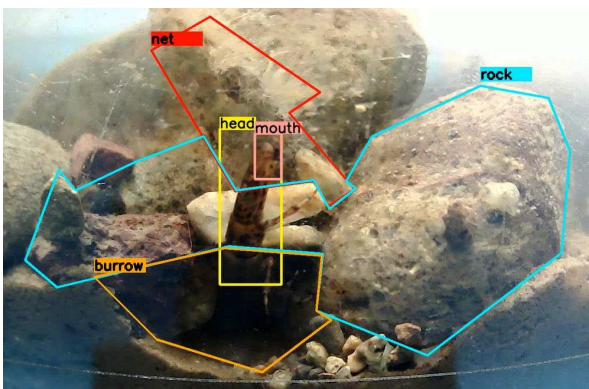


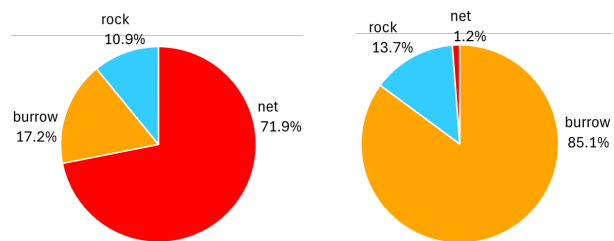
図 1 AI による幼虫の物体検出と巣周辺の要素

図 1 において、net、rock、burrow の領域は赤色、青緑色、橙色の多角形で描画されており、AI により検出された head および mouth は黄色、桃色の矩形で表示した。この手法により、幼虫の head や mouth が巣周辺のどのエリアに位置しているかを視覚的に認識しやすくなった。

3. ヒゲナガカワトビケラ幼虫の食性

ヒゲナガカワトビケラ幼虫の食性を解析するために、2025 年 5 月および 2023 年 11 月に撮影された映像を用いてエリア判定を行った。図 2 に、head または mouth の矩形中心座標が属したエリア(net、rock、burrow)の割合を円グラフで示す。

2025 年 5 月には、水路内に流下藻類のみを与えた。図 2(a)に示すように、net 71.9%、burrow 17.2%、rock 10.9%の割合となり、幼虫は主に net に漂着する藻類を摂食していた。一方、2023 年 11 月の映像には、幼虫に稚魚を与えたところ、その稚魚を襲い巣内に運び込み食える様子が記録されている。図 2(b)に示すように、burrow 85.1%、rock 13.7%、net 1.2%の割合となった。head および mouth の矩形中心座標が burrow に集中しており、巣に引き摺り込んだ稚魚の捕食に時間を費やしていたと思われる。

図 2 (a)流下藻類を与えた場合 (b)稚魚を与えた場合
図 2 ヒゲナガカワトビケラ幼虫の食性エリア

4. おわりに

本研究では、AI を用いてヒゲナガカワトビケラ幼虫の head および mouth を検出し、巣周辺の要素との位置関係をもとに食性の解明を試みた。

人工水路内で飼育したヒゲナガカワトビケラ幼虫はほぼ休みなく摂食行動を示した。エリア判定の結果、幼虫は net に漂着する藻類を摂食していることが確認でき、従来の認識を支持するデータ¹⁾が得られた。稚魚を捕食しているときは、burrow に居続けることから、栄養素の高い食料が得られたときは、net に付着した藻類を摂食しないことも確認できた。この行動は、ヒゲナガカワトビケラ幼虫が肉食性を発揮することを示しており、新名(1995)の報告と整合している。

参考文献

- 1) 西村登(1964)兵庫生物,4,pp.219-221.
- 2) 新名(1995) 平成 6 年度文部科学省研究補助金報告書:pp.60-69.
- 3) 蓮田(2024)日本陸水学会年次大会, P-34

O-A23

水温とマリモの成長

*中山恵介（神戸大・工），伊賀美理（神戸大・工），尾山洋一（釧路市教委），岡田健太郎（神戸大・工），松本海太（神戸大・工）

1. はじめに

過去の研究について，マリモは，球状という形態を反映して直径が増大するほど光補償点および最大総光合成速度が上昇することがわかっている．さらに，光合成速度が呼吸速度の3倍から6倍に達することも示されている．一般的に，光合成は最適水温により最大値を示すこと，そして呼吸速度は水温の増大に伴い指数関数的に増加することが知られている．よって地球温暖化は，3倍から6倍と言われている光合成速度と呼吸速度の比を，減少させる可能性がある．その結果，成長が抑制されることとなり，阿寒湖のマリモのサイズが以前に比較して小さくなる可能性がある．そこで本研究では，Nakayama et al. (Scientific Reports, 2023) の研究をレビューしつつ，水温がマリモの成長に与える影響を検討することを目的とする．

2. 結果・考察

Nakayama et al. (2023) は，暗条件を与えることで，呼吸が卓越する環境においてマリモの乾燥重量がどのように変化するかを計測するため，縦，横，高さが40cm, 40cm, 50cmの亚克力水槽にマリモを入れ，2019年12月16日から2020年9月30日までの289日間の実験を行った．水深は0.40mとし，用いたマリモのサイズは直径15cmとした．乾燥密度の3次元的な空間分布を計測するために，magnetic resonance imaging (Intera Achieva 1.5T Nova Dual; Philips) を利用した．MRI values を乾燥密度に変換するため，分解実験の対象とした直径15cmのマリモを利用し，マリモ内部の3箇所から標本を採取し，体積および乾燥重量を計測することで乾燥密度を得た．体積は，定規を用いて各辺の長さを10分の1ミリメートルの精度をもって計測された．その乾燥密度に対応するMRI values を利用して検量線を作成し，3次元的な乾燥密度の推定に用いた．マリモの

標本の乾燥には，定温恒温乾燥機(EYELA 製 NDO-400)を用いた．

マリモの乾燥密度は，2019年12月16日は50.1 kg/m³，2020年2月17日は49.4 kg/m³，7月9日は39.2 kg/m³，9月4日は35.2 kg/m³，9月30日は32.8 kg/m³であり，分解実験期間中に乾燥密度が減少していったことが確認された．2019年12月17日から2月17日の冬季の2ヶ月間では0.7 kg/m³しか減少しなかったのに対し，2020年7月9日から9月4日の夏季の2ヶ月間では4.0 kg/m³と，ほぼ6倍の減少率であった．このことから，水温が大きく影響していることが推測された．そこで，他の植物と同じく，閾値を超えた水温分を取り出し合計した積算水温と密度の関係を調べた結果，基準水温は7°Cであることがわかった．また，その適用性は $r^2=0.99$ であり良好な再現性を得ることができた．これらの結果から，積算水温が大きくなるほど，マリモの表層厚さが薄くなり，マリモが割れやすい状態となることがわかった．

Nakayama et al. (2023) により，水温がマリモに与える影響が明らかとなったことから，阿寒湖におけるマリモ周辺の水温環境に関して，数値シミュレーションを利用した解析を実施した．数値シミュレーションには基礎方程式に非圧縮とブジネスク近似を利用した3次元環境流体モデルを採用した．水平グリッドサイズは，対象領域で25m，その他の領域で100mとした．鉛直メッシュについては表層から0.25m×16, 0.5m×8, 1m×10, 2m×12とした．解析期間は2023とした．

その結果，チュウルイ湾において河川水が与えられることで水温の上昇が抑えられていることがわかった．また，キネタンペ湾に関しては，沖側に存在する地形の盛り上がり，湾内の水温の上昇を抑制している可能性が示された．

O-A24

球状型緑藻マリモ (*Aegagropila brownii*) の光利用戦略と光合成応答

*河野 優 (ABC), 小原 晶奈 (神奈川大・理),
尾山 洋一 (釧路市教育委員会)

1. はじめに

生物が光エネルギーを利用して生命活動に必要なエネルギーを生成する過程は光合成として知られている。植物や藻類が行う光合成では、主に波長 400~700 nm の可視光が利用され、この光域は光合成有効放射 (PAR) と呼ばれる。

本研究の主演である淡水性緑藻マリモ (学名: *Aegagropila brownii*) もまた、この光合成によって成長する生物である。特に、北海道の阿寒湖に生育するマリモは、最大で直径 30 cm にも達する巨大な球状の集合体を形成することで世界的に有名であり、国の特別天然記念物にも指定されている。しかし、このマリモの「球状」という形には大きな謎が潜んでいる。球の内部は糸状性の細胞が密に絡み合った構造をしており、成長に不可欠な光 (PAR) が内部まで到達することは極めて困難である。マリモはどのようにして、できるだけ光を内部の細胞にまで届けているのだろうか？

この謎を解くヒントが、陸上植物の葉の研究にある。植物の葉が緑色に見えるのは、光合成色素であるクロロフィルが緑色光をあまり吸収しないためである。クロロフィルは PAR の中でも青色光と赤色光を強く吸収するため、これらの光は葉の表面近くでほとんど吸収されてしまう。一方で、吸収されにくい緑色光は散乱を繰り返しながら葉の内部深くまで浸透し、深層部の細胞の光合成を駆動することが知られている (Terashima et al. 2009)。発表者は、マリモの緻密な球状体においても、この「緑色光の窓」のようなメカニズムが機能しているのではないかと考えた。本講演では、マリモ内部の光環境を波長ごとに詳細に解析し、深部に到達する緑色光が内部細胞の光合成を駆動するという、マリモ独自の巧みな光利用戦略を明らかにした一連の研究成果を紹介する。

2. 結果と考察

マリモの内部光環境を解析するため、厚さの異なる切片 (2, 3, 5, 10 mm) を作成し、単色 LED 光

(青色、緑色、赤色) および白色光の透過特性を分光学的に解析した。その結果、PAR の 80% 以上が表層わずか 2 mm で吸収された。厚さ 5 mm の切片では、青色光と赤色光の透過率はほぼゼロになったのに対し、緑色光のみが約 2.5% の透過率を維持しており、マリモ内部には緑色光が選択的に到達することが示された。

次に、この深部に到達する緑色光が光合成を駆動できるかを検証するため、パルス変調 (PAM) クロロフィル蛍光測定法を用いて、切片の深部細胞の光化学系 II (PSII) の応答を測定した。厚さ 10 mm の切片に光を照射したところ、青色光や赤色光では PSII の光化学反応を示す蛍光過渡現象

(Kautsky 効果) は観察されなかった。これに対し、緑色光および白色光を照射した際には、明確な蛍光過渡現象が確認された。この結果は、マリモの表層から 10 mm もの深さにある細胞が、到達した緑色光を実際に利用して光合成を行っていることを初めて定性的に示したものである。

さらに、深さ別の色素含量を分析したところ、クロロフィル濃度は表層 (0 mm) から深さ約 3 mm で最大となり、それ以深では減少する傾向が見られた。また、吸光度とクロロフィル濃度から算出した消光係数 (ϵ) は深さによって変動し、表層と深部で高く、中間層 (3-5 mm) で低い値を示した。これらの結果は、陸上植物の陽葉と陰葉のように、マリモが球体内部の光勾配に応じて葉緑体の特性 (色素濃度や配置) を順化させている可能性を示唆した (sun/shade acclimation)。

本研究により、マリモは緑色光を選択的に深部へ透過させ、内部細胞の光合成を駆動するという、これまで知られていなかった巧みな光利用戦略を持つことが明らかとなった。この戦略は、構造的に複雑な水生生物における光合成適応の新たな一面を浮き彫りにするものであり、マリモの生存と巨大な球状体の維持に不可欠な生理メカニズムであると考えられる。

O-A25

異なる実験条件下におけるマリモの光合成パラメータの比較

*駒井克昭（北見工大・工学），尾山洋一（釧路市教委）

中山恵介（神戸大院・工学）

1. はじめに

阿寒湖のマリモは世界的にも稀な大型の球状群体を形成する点で極めて特徴的である。その生理特性に対する水環境の影響を明らかにすることは、群生地保全に向けた基礎的知見となりうる。本研究では、条件の異なる水槽実験から得られたデータに基づき、光合成と呼吸特性の統計的に比較し、水環境との関係について考察を加えた。

2. 研究手法

阿寒湖のマリモを用いた屋外水槽実験を行い、溶存無機炭素（DIC）の連続的な濃度変化から光合成および呼吸に関する非線形モデルを構築した¹⁾²⁾。すなわち、水温、光量子束密度、マリモの湿重量などを計測しつつ、経時的な DIC の変化をモニタリングし、得られた DIC の変化率をもとに、光合成および呼吸に関わる非線形モデルを用いて 6 つの生理パラメータ ($G_m, P_p, \alpha_p, R_a, \theta_p, \theta_r$) を推定した。ここに、 G_m ：単位 Chlorophyll-a 量当たりの最大光合成速度、 R_a ：基準温度（20℃）における呼吸速度、 P_p ：光飽和点、 α_p ：光合成初期感受性、 θ_p, θ_r ：光合成と呼吸の温度補正係数、である。パラメータ推定には最小二乗法に基づく非線形回帰を用い、最小二乗法により各パラメータの最適値とその標準誤差を同定した。以上により、本研究では、冷水¹⁾と常温²⁾の 2 つの水槽実験のデータに対して同一モデルによるパラメータ推定を行い、得られたパラメータ間の統計的差異を検討した。各パラメータについて、2 つの推定値の差と標準誤差を用いて z スコアを算出し、両側検定による p 値を導出した。加えて、各推定値の 95% 信頼区間の重複の有無により、有意差の有無を評価した。

3. 結果と考察

推定された 6 つの生理パラメータについて、2 系

列の実験データからそれぞれ最適推定値と標準誤差を得た。これらの推定結果に基づき、95% 信頼区間および Welch の t 検定（両側）による p 値を計算し、2 群間の統計的有意性を評価した。その結果、 P_p においてのみ統計的に有意な差 ($p < 0.001$) が確認された。 P_p は光合成速度が光強度に対して飽和する特性を示すパラメータであり、十分な光強度の変動がなければ推定は困難となる。本研究では屋外で広範な日射条件の下に実験が行われており、むしろこのパラメータの推定精度を高めた要因である。その上で P_p に有意差が認められたことは、個体の光応答特性の違いや生長段階の差が存在する可能性を示唆している。特に、マリモの大きさは光合成が可能な表面積に関わるため、呼吸に寄与する体積とは非線形な関係になると考えられる。

一方で、 G_m や R_a を含む他の 5 パラメータについては、有意差は確認されなかった。これらは水温への応答、クロロフィル量、呼吸特性に関するものであり、光強度よりも安定した条件下での制御が可能であったこと、あるいはマリモ個体の生理的変動が相対的に小さいことが背景にあると考えられる。

今後は、多様なサイズのマリモにおける光応答特性をさらに明らかにし、湖水環境の多様性に対する理解を一層深めていきたい。

参考文献

- 1) 寺田惇哉，駒井克昭，尾山洋一，中山恵介，倉本祥吾：阿寒湖のセンニンモとマリモによる溶存無機炭素の吸収速度の推定，令和 5 年度土木学会北海道支部年次技術研究発表会，G-06，2024。
- 2) 阿部剣，駒井克昭，伊藤凌汰，中山恵介，尾山洋一：マリモによる溶存無機炭素の吸収・放出の水温依存性，令和 6 年度土木学会北海道支部年次技術研究発表会，G-04，2025

O-A26

マリモの健全性の評価手法の提案

*伊賀美理（神戸大・工），中山恵介（神戸大・工），尾山洋一（釧路市教委），
駒井克昭（北見工大・工），堀井慎太郎（神戸大・附属病院），
曾宮雄一郎（神戸大・附属病院），熊本悦子（神戸大・シス情）

1. はじめに

マリモ (*Aegagropila brownii*) は、アオミソウ科に分類される淡水生の緑藻の一種である。現在、直径15cm 以上の大型マリモが群生する湖は世界でも北海道の阿寒湖のみといわれている。

令和6年度から釧路市教育委員会による「阿寒湖のマリモ」天然記念物緊急調査が行われている。その調査では、マリモの保護管理のために重要な要素であるマリモの健全度の指標がいまだ定められていないことを課題に挙げており、「マリモの健全度を科学的に評価しうる指標」の設定を目指している。そこで、本研究ではマリモの内容物質量を計測してマリモの水中落下実験により得られたマリモの弾性係数を阿寒湖のマリモ群生地であるチュウルイ湾とキネタンペ湾の2か所のマリモについて比較することで、マリモの健全性との関係について考察した。また、マリモのMR画像の比較を通してマリモの内部の状態についての比較を行った。

2. 材料・方法

マリモは2024年に阿寒湖で採取されたマリモについて計測・調査を行った。マリモはチュウルイ湾とキネタンペ湾のマリモをそれぞれ9個ずつの計18個用いた。サイズは直径5cm未満、5~10cm、10~15cmサイズのマリモが3個ずつを用いた。

マリモの内容物質量は、水の中でマリモに軽く振動を与えることで出し、70度で約72時間乾燥させてその質量を計測した。マリモの半径についてはマリモの短径、長径、高さをノギスで計測し、体積を求めてマリモを真球であると仮定して半径を求めた。

マリモの弾性係数についてはマリモを水槽内で静かに手を放し、水槽の底面でバウンドし再度水槽の底面に着くまでを撮影し、沈降速度やバウンド高さを計測することで弾性係数を導出した。

3. 結果・考察

マリモ内部は光合成が不可能で、マリモの隙間と空洞部分には有機物が付着、内包されていることが知られている。つまり、マリモの内容物の質量が多いほどマリモの密度が小さく空洞が大きいため、健全ではないと考え、弾性係数については弾性係数が高いほどマリモが壊れにくいと考えた。よって、マリモの内容物の質量が高いほどマリモの弾性係数が小さくなると予想した。しかし、結果として、予想していた関係は見られなかった。また、2つの湾の関係性を見ると、チュウルイ湾のマリモよりもキネタンペ湾のマリモの方が状態がいいという結果が示された。

次に、内容物の質量と半径、弾性係数と半径の関係について考えた。どちらも強弱はあるが、正の相関を示した。また、半径の値が近いマリモ同士で内容物質量と弾性係数の大小関係を比較した。全10組について比較を行い、内容物の質量が高いマリモの方が弾性係数が小さいという結果が8組で得られた。よって、半径が近いマリモ同士であれば予想と同様の結果が出ると分かった。

また、マリモのMR画像の比較によってチュウルイ湾のマリモよりキネタンペ湾のマリモの内側にマリモの糸状体が伸びていた。これが2つの湾のマリモにおける状態の好悪を判断する基準になると考えられる。マリモ内部の亀裂もチュウルイ湾のマリモの方が多かった。さらに、撮像を行ったチュウルイ湾のマリモ3個中2個は中央部に塊状の物質が2~3cmにわたって映っており、既往研究からこれはマリモ内部の剥離した藻の塊であり、腐敗・分解してマリモの栄養循環に寄与していると考えられている。よって、この白い塊はマリモ内部で腐敗・分解が進行していることを表しており、チュウルイ湾のマリモの方が状態が悪い傾向として考えられる。

O-A27

阿寒湖のマリモの湖内分布と遺伝的多様性

*今藤夏子，角谷拓，伊藤洋，土屋健司，三浦真吾，高津文人（国立環境研）
尾山洋一（釧路市教委）

1. はじめに

マリモ (*Aegagropila linnaei*) は、北半球に広く分布する緑藻の一種である。日本では、阿寒湖に生息する球状の「集合型」が広く知られており、特別天然記念物に指定されている。阿寒湖にはこの集合型のほか、岩などに付着して群生する「着生型」や、糸状体が不定形に集合して漂う「浮遊型」も存在する。大型の集合型は阿寒湖でも限られた区域に生息するが、着生型や浮遊型は阿寒湖以外にも北海道から東日本、近畿の湖沼に広く分布している。

マリモは環境省の絶滅危惧種 I 類にも指定されており、阿寒湖ではその保全に向けて、生態に影響を与える要因の解明やそれに基づく対策が進められている。生物の保全においては、種内の遺伝的多様性を考慮する必要がある。Boedeker et al. (2010) は、世界各地で採集したマリモの ITS 領域の塩基配列を解析し、阿寒湖には 2 つのハプロタイプが存在することを示した。しかし、3 つの形態型や湖内での分布の遺伝的な関係については未解明のままである。本研究は、ITS 領域よりも高感度な遺伝情報が得られるゲノムワイド塩基多型 (SNP) を用いて、阿寒湖内のマリモが遺伝的に分化しているか、また、分化している場合、それらが 3 つの形態型や湖内での分布とどのように関係しているかを明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

2023 年 5 月または 8 月に湖内の 14 地点でマリモを採集した。各地点において、3 つの形態型（集合型、着生型、浮遊型）の別に、1 個体から数本ずつの糸状体を採取し、うち 1 本から DNA を個別に抽出した。なお、集合型は 1 つの球体、着生型は 1 つの岩、浮遊型は独立したひと塊を 1 個体とみなした。抽出した DNA を用いて、MIG-seq 法 (Suyama and Matsuki 2015) によって SNP 情報を検出し、系統樹

と遺伝的部分集団の推定を行った。

3. 結果

阿寒湖内のマリモは複数の遺伝的な部分集団に判別された。また、検出された部分集団の一部は、形態型や採集地点との強い相関を示した。

4. 考察

マリモの遺伝的分化に関する先行研究 (Boedeker et al. 2010) では、ITS 領域に基づく解析によって全世界で 5 つ、阿寒湖内では 2 つのハプロタイプが存在することが報告された。本研究では、阿寒湖内のみでこれを上回る分集団構造が検出された。阿寒湖の面積は 13.25km² と日本の湖沼としては小さくはないが、最大深度 44.8m の湖内においてマリモは浅瀬にしか分布しないこと、また、一般に藻類は水鳥によって広域に移動分散する可能性があることを考慮すると、このような分集団構造が創出・維持されるメカニズムは簡単には説明できない。さらに、3 つの形態型と遺伝的分集団に関連があることが本研究で初めて示された。ただし、形態型が遺伝的に一意的に決定されているとは結論できなかった。

本研究の結果は、マリモの保全において、特に域外保全や優先的な保全区域の選択に際し、遺伝的多様性を考慮する重要性を示唆している。今後、分集団構造の維持機構について水質など物理化学的環境との関連も含めた総合的な検証を進めることで、マリモの保全策に有用な知見が得られると期待される。

引用文献

- Boedeker, C. et al. (2010) Journal of Biogeography, 37: 1491-1503. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2010.02309.x>
Suyama, Y. and Matsuki, Y. (2015) Scientific Reports, 5, 16963 (2015). <https://doi.org/10.1038/srep16963>

O-A28

完新世後期の阿寒湖北岸における珪藻群集と環境の変遷

*千葉 崇（酪農大），尾山洋一（釧路市教委）
辻 彰洋（科博），長井雅史（防災科研）

1. はじめに

阿寒湖における古湖岸環境変化を明らかにすることは、将来の阿寒湖の環境変化及び生態系変化を予測するうえで重要である。阿寒湖湖心部では Urabe et al., (2025) などの優れた研究がある。一方、短期的な浸食・堆積といった環境変化の影響をより受けやすい湖岸域の検討は不足している。

珪藻は湖沼生態系において主要な一次生産者であり、水質や底質により適応放散している。また珪藻の珪酸質よりなる被殻は物理的に丈夫であるため、微化石として地層中に保存されやすい。そのため、過去の湖沼環境推定には珪藻化石分析が広く用いられている。

阿寒湖では、これまで珪藻の分類学的研究が多く行われてきたが（例えば、河島・真山 2004）、湖心部や湖岸表層の水あるいは砂礫から採取されたものに限られており、河川、河口、浅水底といった阿寒湖に認められる多様な環境からは採取されておらず、堆積物中の珪藻化石を連続的に検討したものもない。そのため珪藻化石群集解析を行うためには分類が不十分であり、よりリストを整備する必要がある。そこで、まず珪藻化石について分類学的検討を行い、さらにそれを基礎として阿寒湖北岸域における環境の復元を行った。

2. 材料と方法

完新世後期における珪藻群集変化を調べるため、これまでに阿寒湖北岸域に位置するチュウルイ川河口域では、6 地点において柱状コア試料が採取されている。その中から、主に水深 1.5 m の地点においてダイバーによりアクリルパイプを用いて採取された L1 コア（長さ 47 cm）及びの水深 0.3 m の地点でハンドコアラーにより採取された L2 コア（長さ 100 cm）について検討を行った。

まず、採取されたコア試料の岩相を観察し、各種分析用の試料を深度 1~5 cm の間隔でスペーサーを用いて採取した。採取された試料は過酸化水素を用いて処理を行い、光学顕微鏡観察用のプレパラートと電子顕微鏡観察用のステージを作成して分析に用いた。観察された珪藻種について Mertens et al., (2025) に従って分類し、環境の推定を行った。

また、主に SEM-EDS を用いた火山灰の同定から、地質試料の堆積年代を推定した。

3. 結果

火山灰同定の結果、少なくとも L1 コアの深度 45~47 cm 及び L2 コアの深度 51~54 cm に 1694 年北海道駒ヶ岳噴火に伴う Ko-c2 火山灰が検出された。珪藻分析の結果、本研究では少なくとも 304 分類群が産出した。また、阿寒湖北岸域における珪藻化石リストが作成され、完新世後期における珪藻化石群集の変化が明らかになった。

珪藻群集について、まずどちらのコアにおいても上位に向けた珪藻殻の増加と種数の増加が認められた一方で、浮遊性種の頻度は減少傾向を示した。また、好アルカリ性種、酸素要求が低い種 (oxygen requirement: low), α 中腐水性種 (α -mesosaprobous) が上位へ向けてやや増加した。

4. 考察

珪藻群集から認められた種数増加と浮遊性種の減少は、堆積環境の浅水化を示している可能性が高い。また、最近の水質変化の調査に基づく、湖心付近の水質は過去数十年で改善しているが（例えば、長谷川ら 2024）、湖岸における珪藻群集の変化は異なる傾向を示していることが示唆された。このことは、湖岸における地形や水深を含む環境変化が、少なくとも珪藻群集に大きく影響していることを示唆する。特に、酸素要求が低い種 (oxygen requirement: low) と α 中腐水性種 (α -mesosaprobous) の増加は、湖岸における腐植物の増加と調和的である。

謝辞

本研究は、令和 4 年度河川基金助成事業 一般研究者（課題番号 2022-5211-054）を用いて行われた。

引用文献

- 長谷川ら (2024): 北海道内の 70 湖沼における水質と流域環境の特徴. エネルギー・環境・地質研究所研究報告, (3): 45-59.
- 河島・真山 (2004): 阿寒湖の珪藻(11. 羽状類-縦溝類: *Campylodiscus*, *Cymatopleura*, *Surirella* and additional 10 taxa). 自然環境科学研究, 17: 1-21.
- Mertens et al., (2025): A revised list of diatom ecological indicator values in The Netherlands. Ecological Indicators, 172: 113219.
- Urabe et al., (2025): Reconstruction of marimo population dynamics over 200 years using molecular markers and fossil plankton remains. Environmental DNA, 7(2): e70085.

O-A29

阿寒湖および周辺水域における溶存メタン動態

*土屋 健司・高津 文人・三浦 真吾・今藤 夏子・角谷 拓（国環研）
尾山 洋一（釧路市教委）

1. はじめに

湖沼は地球表面積のごく一部に過ぎないものの、炭素の貯留および放出において重要な役割を果たしており、特に温室効果ガスであるメタン (CH_4) の発生源として注目されている。メタンの地球温暖化係数 (GWP) は CO_2 の約 28 倍であり、その削減は気候変動緩和に直結する。従来、湖沼からのメタン排出の研究は開水面期（主に春～秋）に集中して行われてきたが、近年の研究では、冬季の結氷期にも顕著な炭素循環が継続しており、氷融解時のメタン放出が年間収支の中で無視できない比率を占めることが明らかになりつつある (Denfeld et al., 2018)。しかし、実際の観測に基づく冬季のメタン濃度データは依然として極めて限られており、多くの湖沼研究において冬季は「静的な期間」として扱われることが多かった。これは、冬季調査における技術的・気象的制約が一因であり、氷下におけるガス交換遮断、水温安定化、光量減少などの環境条件が複雑な炭素動態を引き起こすため、その解明には季節比較が不可欠である。

こうした背景を踏まえ、本研究では北海道・阿寒湖を対象に、2022 年 6 月、9 月（夏季）、2024 年 1 月、2025 年 2 月（冬季・結氷期）における水柱中の溶存メタン濃度を観測・比較によって、結氷による水圏のメタン蓄積プロセスを検討する。

2. 材料と方法

調査は 2022 年 6 月、9 月（夏季）、2024 年 1 月、2025 年 2 月（冬季）において、阿寒湖の湖心、チュウレイ湾、キネタンペ湾等において実施した。各地点において溶存メタン濃度、水質などを測定するための水試料を採取した。冬季の結氷期には、氷に穴をあけ、取っ手付きビーカーまたは地下水サンプラーにおいて水試料を採取した。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、有機物濃度は孔径 $0.45\text{-}\mu\text{m}$ 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 溶解係数を用いて溶存メタン濃度を見積もった。

3. 結果と考察

夏季 (6 月・9 月) における溶存メタン濃度の空間分布の特徴として、深水層 (30m) で高く、表水層で低いという典型的な鉛直分布を示した。特に湖心 20 m 付近にはメタン極小層 (MMZ : Methane Minimum Zone) が存在しており、この層では溶存酸素が残存していたことから、好氣的メタン酸化が進行している可能性が示唆された。また、メタン極小層の存在から、深水層から表水槽への鉛直的なメタン供給は妨げられていると考えられるため、表水層のメタン動態には水平輸送もしくは好氣的メタン生成が重要であることが示唆された。

冬季 (1 月・2 月) の調査では、湖面が完全に結氷していた地点の表層水の溶存メタン濃度は最大で $45\text{ }\mu\text{M}$ を示した。これは、夏季表層で見られた平均メタン濃度の 100 倍程度であった。また、結氷下の水柱を鉛直的に見てみると、表層メタン濃度は、底層メタン濃度と比較して平均で 9 倍程度高かった。以上の結果から、氷によって大気とのガス交換が遮断され、メタンが水中に蓄積された結果と解釈される。これらの知見は、阿寒湖におけるメタン動態が、単に温度や生成/酸化のバランスのみならず、氷下における拡散遮断や鉛直混合の制限、水文条件の季節変化といった物理的因子にも強く制御されていることを示唆している。

Denfeld et al. (2018) が指摘するように、氷下の炭素動態はこれまで過小評価されてきたが、氷融解期のメタン放出が年間フラックスの 27% にも達する可能性があることを考慮すると、冬季の現地観測の蓄積は不可欠であり、本研究はその一端を担う成果と位置づけられる。本発表では周辺水域のメタン動態についても紹介する。

O-A30

阿寒湖の多様な湧水探索と新規手法を用いた様々なアプローチ

*三浦真吾，高津文人，土屋健司（国立環境研究所）
尾山洋一（釧路市教育委員会）

1. はじめに

阿寒湖は2つの火山に囲まれ、河川以外にも温泉水や湧水が流入する多様な環境である。湧水の水質も雄阿寒岳系と雌阿寒岳系では異なり、湖底にも湧壺と呼ばれる大規模な湧水が存在する。マリモを構成する糸状藻は湖内各地に分布しているが、球状体のマリモ (*Aegagropila brownii*) については一部地域に限定されており、その原因を探るためには水質だけでなく、地形や微気象など様々な視点からのモニタリングが必要である。複雑な水環境を理解するためには、従来の方法だけでなく、新しいデバイスを柔軟に取り入れ、これまでと異なった視点からアプローチすることが重要である。ここでは我々が阿寒湖でトライした、湖沼環境保全に資する新たなリモートセンシング技術の開発について紹介する。

湧壺は冬季に完全結氷する阿寒湖において、湖面のあちこちに解氷部が見られる現象である。以前は解氷部に近付いて水質調査を行っていた記録があるものの¹⁾、落水のリスクもあるため安全面から同様の調査を行うことは難しい。これに対して我々は UAV を使ったリモートセンシングを実施した。夏季の調査ではバスフィッシングで多用されるようになった魚の動きを観察できる進化型魚探である Livescope Sonar を使った湧壺の探索を行った。球状体マリモの分布域ではボール型の魚探を使ってマリモの分布域の特定ができないかトライした。湧水探索を含めた水環境保全へのアプローチには、調査による破壊や調査時の安全性を考慮した遠隔探査技術の開発は欠かせないと考える。

2. 方法

冬季の結氷時モニタリングには、氷点下でのフライトが可能な Matrice300 (DJI) に望遠レンズを備えた Zenmuse H20 (DJI) を使用した。夏季の調査では GARMIN 製の魚探 GPSMAP 923xsv に Panoptix Livescope Plus Lvs34 トランスデューサーを組合せて Livescope Sonar として使用した。トランスデュー

サーは短時間で船側に機装できるようにカスタマイズしたポールを持ち込んだ。球状型マリモのモニタリングには、コンパクトで浅水域でも利用可能であるフロート型のボール型魚探 Deeper CHARP+2 (Deeper UAB) を使用した。

3. 結果及び考察

2024 年 1 月末に行った結氷期の湧壺のモニタリングでは、残念ながら解氷部を見つけることはできなかった。氷が発達する速度と湧水による水温やガスによる解氷速度のバランスが影響していると考えられ、厳冬期ではなく少し寒さが緩み始める時期に観察できるものであると推察された。湧壺は観察できなかったものの、これまで知られていなかったセセキモイやオオワンド付近の湖岸湧水を見つける事が出来た。

夏季の Livescope Sonar を使ったモニタリングでは、小島付近で多数の湖底湧水が存在していることが観察され、湧壺の形状やそれに伴うガスの噴出に加えて、その場所を利用している小魚の群れを捉える事ができた。

球状型マリモ分布域のボール型魚探によるモニタリングでは、湖底のシグナルと球状型マリモのシグナルは明らかに異なっており、球状型マリモの堆積厚が検出できる可能性が示された。調査を実施した日が荒天であったため、波浪の影響できれいなデータが取得できなかったこと。傭船した船舶では小回りが利かず、計画測線のトレースが困難だったことから、資源量の正確な計測につなげるためには、狭いエリアを正確に移動する手段が必要であることがわかった。UAV や USVs などを用いて、手法の最適化を検討していきたいと考えている。

引用文献

福富孝治・藤木忠美・須川明 (1969) : 阿寒湖の温泉湧壺についての予備的調査. 北海道大学地球物理学研究報告, 21 : 23-31.

O-A31

阿寒湖の水温・溶存酸素の鉛直構造と季節変化

*高津文人，土屋健司，三浦真吾（国環研・地域）
尾山洋一（釧路市教委）

1. はじめに

気候変動影響により北海道の平均気温は国内最大のスピードで上昇すると予想されており（文部科学省，気象庁 2020）、道東湖沼群の水環境への影響が懸念されている。高気温の湖沼への影響については、冷水性水生生物の減少、貧酸素化リスクの増大、藻類の異常増殖などがあると言われており（Woolway et al. 2022）、その水環境全体への影響は小さくない。

中でも貧酸素化リスクは重要で、多く水生生物の生存に必須の溶存酸素の濃度（DO）が低下し、湖底からのメタン発生や底泥からの栄養塩回帰を促進し、結果として湖沼の富栄養化リスクをも高める。そこで、大きな観光価値を有する阿寒湖の水温と DO の高頻度観測を実施し、阿寒湖の貧酸素化の気象要因について考察したので報告する。

2. 材料と方法

阿寒湖の湖心に 2022 年と 2024 年の高水温時期を中心にブイを設置し、深度別の水温と DO の高頻度観測を実施した。高頻度観測は 2022 年の 6 月 9 日～12 月 1 日までと 2024 年の 5 月 14 日～11 月 2 日までの 2 回実施した。2022 年は、水温を水深 1, 5, 10, 15, 20, 30m の 6 層で、DO を水深 1, 20, 30m の 3 層で 15 分ごとの高頻度で取得した。2024 年には、水温は 2022 年と同様の 6 層で、DO は 2022 年の 3 層に加えて水深 15m を加えた 4 層で 15 分ごとの高頻度で取得した。

水温ロガー（Tidbit5000, HOBO）および DO ロガー（U26, HOBO）から回収されたデータ取得期間に対応した時別気象データ（気温、降水量、日照時間、風向、風速）の 5 項目をアメダス（阿寒湖畔）よりダウンロードし、深度別水温や DO の時間変化と合わせて解析した。

3. 結果

夏場の阿寒湖の DO は表層 1m では 8 – 9 mgL⁻¹ で安定していたが、20m と 30m の水深では 6 月以

降ほぼ一定の割合で減少を続け、8 月中旬から全層循環が始まる秋まで貧酸素状態が続いた。特に水深 30m では DO がゼロとなる期間が 2022 年には 9 月初めから 11 月中旬までの 2 か月半にわたり続いた。2024 年も 9 月中旬以降 DO はゼロとなっていた。水深 20m では 2022 年、2024 年とも 9 月下旬には 1 mgL⁻¹ 以下にまで低下し、表層との鉛直混合が盛んなる 10 月中旬（2022 年）、10 月下旬（2024 年）まで、強い貧酸素状態となっていた。2024 年の水深 15m では 10 月はじめに 2 mgL⁻¹ 以下にまで低下したが、10 月中旬には表層との混合により貧酸素状態は解消した。各深度における DO の低下速度は以下の表のように深くなるにつれて高くなる傾向であった。

Year	Depth (m)	DO低下速度 (mg L ⁻¹ d ⁻¹)
2022	20	-0.081
	30	-0.112
2024	15	-0.073
	20	-0.086
	30	-0.099

4. 考察

阿寒湖の DO の季節変化はダム湖や深水湖沼で一般的にみられるものに近く、底層の DO の変動には移流と拡散と呼吸速度が大きく影響していると推察できた。一方で、2022 年と 2024 年の貧酸素状況を比較したところ、2024 年の方が、貧酸素期間が長く続いていた。気象因子と合わせて解析した結果、5 月の大風の有無と 6 月の気温の違いがこうした違いを引き起こした可能性の高いことが分かった。

引用文献

文部科学省，気象庁「日本の気候変動 2020 – 大気と陸・海洋に関する観測・予測
評価報告書 –」（詳細版）第 4 章 37-40.
Woolway R.I., Sharma S., Smol J.P. (2022) Lakes in Hot Water: The Impacts of a Changing Climate on Aquatic Ecosystems. BioScience

O-A32

湖内容存酸素環境が冷水性魚類の水平分布を介して
沖合食物網に与える影響

*片寄涼介 (国環研, 農工大) ・ 今藤夏子 (国環研) ・ 高津文人 (国環研)
・ 福森香代子 (農研機構) ・ 尾山洋一 (釧路市教委) ・ 角谷拓 (国環研)

1. はじめに

温暖化に伴う表層高水温化と底層貧酸素化は湖沼生態系にとって危機的な影響をもたらす。特に、高い移動能力を持つ冷水性魚類は沖合において生存に適した水温と溶存酸素環境を鉛直方向に制限される。表層高水温と比べて底層貧酸素環境は場所により発達強度が異なりうるため、それに応じて冷水性魚類の分布は空間的に不均一になる可能性がある。このことはさらに、冷水性魚類の動物プランクトンなどの沖合餌資源に対する捕食圧の空間的不均一性を生み出すことを通じて、食物網構造が不均一になることを示唆する。しかし表層高水温の発達による冷水性魚類の分布制限と食物網構造に対する影響と比較して、溶存酸素環境が食物網構造にもたらす影響に関する理解は不足している。本研究では不均一な湖内容存酸素環境の発達が、冷水性魚類の水平・垂直分布の変化を介してトップダウン影響を場所ごとに変える可能性を検証した。

2. 材料と方法

環境 DNA を用いた種特異的な水平方向の分布調査と魚群探知機を用いた垂直分布調査を組み合わせ、高水温、貧酸素環境に対する冷水性魚類分布の反応性を調査した。調査は栃木県日光市湯の湖(最大水深 13 m, 面積 12 km²)において 2022 年 6 月から 11 月に計 6 回行った。湯の湖は水深 6.8 m 付近に尾根地形が存在し、湖盆が南北に分断されている。また冷水性魚類である、ヒメマスとニジマスが多く放流されており、湖内の魚類相のほとんどを占める。ヒメマスとニジマスの水平方向の分布を把握するために両湖盆の最深部付近において水深別 (3, 5, 7, 9, 11 m) に湖水をくみ取りサンプルとした後、種特異プライマーを用いて 2 種の DNA コピー数を算出し 2 つの湖盆間で比較した。垂直方向の魚類分布は魚群探知機を用いたセンサス調査を 2 地点の半径 100 m 以内で行い、体長 20 cm 以上の個体の水深を観測した。水深 1 m ごとに魚類密度を算出し底層貧酸素環境、高水温との関係を比較した。また表層、

中層、底層において動物プランクトン密度を毎月計測した。鉛直方向の水質は ProDSS (Xylem) を用いて水深 1 m 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。

3. 結果

両湖盆において 7 月から 10 月に底層に貧酸素環境 (2 mg/L 以下)、表層にヒメマスにとっての高水温環境 (13 °C 以上) が形成されていた。また同時期の両湖盆の同一水深の水質は水温に明瞭な差は見られないが、溶存酸素濃度は平均 0.6 mg/L 北湖盆で高かった。魚群探知機の結果から溶存酸素濃度 2 mg/L 以上かつ水温 13 °C 以下の水域で魚類密度は高くなった。ヒメマスの環境 DNA 濃度は 8 月から 10 月に南湖盆と比較して北湖盆で高かったが、ニジマスの環境 DNA 濃度は湖盆間で差が見られなかった。ヒメマスに直接捕食されうる動物プランクトン種の密度は 8 月から 10 月において北湖盆と比較して最大 1.6 倍、南湖盆で高かった。

4. 考察

冷水性魚類の鉛直分布は表層高水温と底層貧酸素環境を避けるため好適な水温、溶存酸素環境の水域に集中したと考えられる。ニジマス (17 °C) と比較してヒメマス (13 °C) は最適水温が低いことから表層高水温による鉛直分布制限が強かかっていた。そのため湖盆を南北に分ける尾根地形を超える水平方向の移動制限を強く受け、比較的溶存酸素環境が良好な北湖盆に分布が集中したと考えられる。またヒメマスが北湖盆に集中したことで、動物プランクトンに対する捕食圧に湖盆間で差が生じ、ヒメマス個体密度が低いと考えられる南湖盆で動物プランクトン密度が高くなったと考えられる。このことは溶存酸素環境が水平方向に異なることでトップダウン影響が沖合で不均一になることを意味する。冷水性魚類の分布制限を介した沖合食物網構造の変化は高水温だけでなく、溶存酸素環境によっても変化する。本発表では現在進行している阿寒湖での環境 DNA 調査の結果についても一部紹介を行う。

一般講演・課題講演 B 会場（大集会室 1）

O-B01～O-B32

日時：9月26日（金）	9時15分～12時00分
9月27日（土）	9時00分～12時15分
9月28日（日）	9時00分～12時00分

O-B01

雪氷藻類はどこから来るのか？：コケとの関係を探る

*加藤汐夏, 高階眞丈, 中西博亮（横浜国立大院・環境情報）

植竹淳（北海道大・北方生物圏フィールド科学センター）、鏡味麻衣子（横浜国立大院・環境情報）

1. はじめに

世界各地の積雪中や氷河といった雪氷環境では、低温環境で繁殖することができる雪氷藻類が生息し、雪氷生態系を支えている。融雪期に積雪表層で大繁殖し、藻類がもつ色素によって雪を赤色や緑色に着色させる彩雪現象を起こす。雪氷藻類の起源については、積雪期に積雪下土壌から積雪表層へ移動し、その後完全に融雪すると土壌で休眠する「下から説」と、風や鳥によって大気中に分散し雪に到達する「上から説」がある（Hoham and Duval 2001）が、未だ不明点が多い。

北海道大学苫小牧研究林では、特にコケ（蘚類）が生えている場所で毎年彩雪現象が確認されているが、その要因は明らかになっていない。本研究では、積雪下のコケが雪氷藻類の出現に関与しているという仮説を立て、フィールド実験によりコケ植生が雪氷藻類の出現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

フィールド実験及びサンプリングを北海道大学苫小牧研究林にて実施した。2023年11月28日から30日に、研究林内で毎年緑色の彩雪現象（緑雪）が確認されているコケ植生地点に実験区を5つ設定し、コケ群落およびその直下の土壌を採取した。処理区は（1）コケ＋土、（2）土、（3）滅菌した土の3種類をそれぞれプランターに入れ作成した。なお、プランターの下にはプラダンボールを敷き、プランター下の土壌からの影響を遮断した。

2024年3月5日から6日にプランター上に積もった雪を処理区ごとに、積雪上層（0～15cm）・中層（15～30cm）・下層（30～45cm）の三層に分けて採取し冷凍庫で保管した。試料は実験室で流水解凍し、栄養塩の指標として電気伝導率を、藻類量の指標としてクロロフィルa相対蛍光強度（Chl.a蛍光値）を計測した。試料の一部（1-15mL）はフィルターに濾過濃縮し、フィルター上の藻類細胞を顕微鏡により計数し、細胞密度を求めた。Chl.a蛍光値、また細胞密度が処理区と積雪深によって異なるのかを二元配置分散分析により検定した。さらに、積雪を濾過濃縮し、QIAGEN DNeasy PowerSoil Pro Kitを用いてDNA抽出を行った。その後真核生物ユニバーサルプライマー（1391F/EukBr）を用いて18S rRNA遺伝子のV9領域を増幅し、DNAメタバーコーディング解析によって藻類

の種組成を把握した。

藻類がコケに付着しているのかどうか、また積雪前後やコケの種類（スギゴケ・ハイゴケの二種に大別）により藻類の組成に違いがあるのかを検証するため、積雪前および融雪後（2024年3月30日）にプランター内のコケを採取した。コケを蒸留水と共に50ml遠沈管へ入れボルテックスミキサーによって振盪し、コケ洗浄水を作成した。コケ洗浄水は検鏡し、藻類の存在を確認するとともに、積雪と同じ方法でDNAメタバーコーディング解析を行い、種組成を把握した。

3. 結果

電気伝導率は、3つの処理区とも積雪上層で有意に高かった一方、処理区による有意な差はみられなかった。

積雪中からは楕円形や球形の緑藻が確認された。Chl.a蛍光値および藻類細胞数はコケ処理区の積雪下層で最も高い値となった。DNAメタバーコーディング解析の結果、コケ処理区積雪内における緑藻植物門の種組成は、下層雪では緑藻*Chloromonas*属の氷雪性の種が優占しており、上層及び中層雪では*Apatococcus*属や*Trebouxia*属など地衣共生藻類が優占していた。

コケからは、積雪中で確認された雪氷藻類と同形状の藻類やその休眠胞子とみられる細胞が確認された。コケの種類により藻類細胞数は異なり、スギゴケに比べハイゴケの方が有意に多かった。コケ洗浄水におけるDNAメタバーコーディング解析の結果、雪と同様*Chloromonas*属が検出された。コケの種類によって緑藻植物門の種組成に有意な違いは見られなかった。

4. 考察

以上の結果から、本研究サイトの雪氷藻類は、無雪期間にコケ付近で休眠し、雪が積もると積雪中に移動して増殖し融雪後はコケに付着すること、また積雪上層には地衣共生藻類が飛来していることが示唆された。電気伝導率が積雪上層で高かったことから、積雪下からの栄養塩供給は少ないことが考えられる。したがって、コケが雪氷藻類に栄養塩を供給しているというよりはむしろ、コケ植生が雪氷藻類の休眠に適した環境であったと推測される。

O-B02

山形県月山ブナ林における異なる空間スケールでの
雪氷藻類の群集構造

*高階眞丈，中西博亮，田原将初，和田智竹（横浜国立大院・環境情報），瀬戸健介（横浜国立大・IMS）
松崎令（大阪工業大・工），竹内望（千葉大院・理），鏡味麻衣子（横浜国立大院・環境情報）

1. はじめに

氷河や山岳域などの積雪環境では、融雪期に積雪中で繁殖する雪氷藻類と呼ばれる微細藻類の存在が知られている。雪氷藻類が大繁殖すると、積雪が雪氷藻類自身の色で緑や赤にパッチ状に色づく彩雪と呼ばれる現象が発生する。彩雪の色は場所によって異なり、山岳域においては標高により彩雪の色や優占する種が異なることが知られている。また、標高が同じ樹林帯内においても、色の異なる彩雪パッチが出現するが、藻類群集の組成の違いやそれらに影響を与える要因は分かっていない。同一樹林帯でも光や積雪内の栄養塩などの環境要因に違いが生まれ、藻類群集が影響を受けている可能性が考えられる。そこで、本研究では、山形県月山ブナ林でみられた彩雪を対象に、標高の異なる地点および同標高の樹林帯で藻類組成を比較し、それらに影響を与える生物的・非生物的要因を検討した。

2. 材料と方法

山形県月山ブナ林の標高が異なる3地点（790 m、880 m、1180 m）において、積雪表層にみられた彩雪を調査した。積雪は表層3 cmを採取した。藻類組成の把握にはDNAメタバーコーディング解析（18S rDNA V4領域）と、藻類の形態ごとの細胞数の計数を行った。また、藻類の形態とDNA配列を結びつけるために、藻類細胞を1細胞ずつ単離しDNA解析（Single-cell PCR法）を行った。藻類群集の活性の指標として、光合成の最大量子収率（Fv/Fm）を測定した。環境要因として、彩雪パッチごとにpH、電気伝導度、開空率、溶存化学成分濃度（NO₃⁻、PO₄³⁻、NH₄⁺、K⁺）を測定した。また、藻類の捕食者と考えられている繊毛虫やクマムシの密度を計数した。

3. 結果と考察

すべての標高で緑雪（球形もしくは楕円形の遊泳細胞が優占）が出現しており、DNAメタバーコーディング解析の結果、標高によって藻類の群集構造が異なった（PERMANOVA、 $p < 0.01$ ）。標高による雪融け時期や樹木密度の違いといった環境の違いが藻類組成を規定している可能性がある。

低標高（790 m）の樹林帯では、緑雪だけでなく赤雪やオレンジ雪もみられた。赤雪には赤い球状のシスト（不動性の厚膜胞子）が優占しており、緑雪に比べてFv/Fmの値が有意に低かった（ $p < 0.001$ ）。したがって、それらのシストは強い光強度にも耐えられるよう休眠していると考えられる。DNAメタバーコーディング解析の結果、積雪の色によって藻類の群集構造が異なった（PERMANOVA、 $p < 0.01$ ）。開空率が群集構造と有意な関連性を示し（ $p < 0.01$ ）、開空率が大きい地点に赤雪が分布する傾向がみられた。赤雪では緑藻 *Chloromonas* 属の一種（Uncultured *Chloromonas*）が高い割合で存在していた一方、緑雪では全体の5%以下であった。Single-cell PCR法により、赤雪を優占した赤い球状のシストの多くは、このUncultured *Chloromonas*と塩基配列の相同性が高いことが判明した。このことから、本種のブナ林内における分布は光環境に強い影響を受けていると考えられる。

また、赤雪では緑雪に比べ、藻類の細胞密度が少なかった。クマムシの密度の違いはなかったが、赤雪では体内に緑色の色素を含む繊毛虫が多く観察された（ $p < 0.05$ ）。緑色の遊泳細胞が捕食されやすい場合、捕食されにくいシストの細胞数が相対的に増加する一因となる可能性がある。

本研究により、同一樹林帯における彩雪の色や藻類組成の違いには、ブナ林のギャップが生み出す光環境の違いや捕食者の存在が影響を与えていることが示唆された。

O-B03

一次消費者の炭素・窒素安定同位体比を用いた

ワンド・タマリの生態系機能の評価

*上羽 涼太郎（東京農工大学）

千賀 有希子（東邦大学）

梅澤 有（東京農工大学）

1. はじめに

河川中流域以降の氾濫原にはワンド（湾処）やタマリ（溜まり）と呼称される半閉鎖水域が多く分布する。国内河川においてワンド・タマリは数十 m～数百 m 程と小型でありながら、仔稚魚や水生動物の生育や避難場所、魚類の産卵場所として機能し、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, 2006）。発表者のこれまでの研究で多摩川のワンド・タマリでマルチ環境トレーサー（ $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$, ^{222}Rn , CDOM など）を用いることで、水の供給源や周辺環境が内部の栄養塩動態（濃度や構成比）に影響を与えることを示している。

そこで本研究では、水質指標（環境トレーサーや炭素、窒素に関わる指標）と食物網解析や有機物動態の把握に用いられている炭素・窒素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ）を掛け合わせ、ワンド・タマリが河川生態系に与える影響を水質化学的側面から評価することを目的とする。

2. 材料と方法

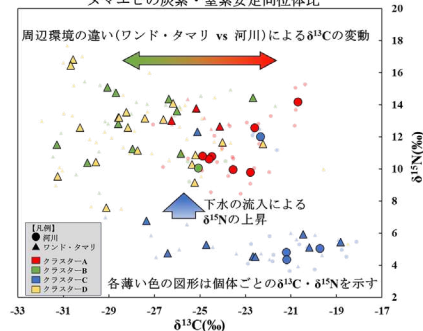
2024 年 10,11 月及び 2025 年 2,3 月に多摩川（河口から 15 km～55 km 区間）の河川本流、ワンド・タマリにおいて採水及びエビ類（*Atyidae*：以下ヌマエビ）、の採取を実施した。また餌資源の候補として付着藻類、POM、デトリタス、水生植物を採取した。得られたサンプルの炭素・窒素含量及び $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ は元素分析計(FlashEA 1112, Thermo Scientific)と接続した安定同位体比質量分析計(DELRA plus XP, Thermo Finnigan)により測定した。

また同じ地点で採水を行い各種環境トレーサーと水質項目を測定した。溶存有機物(DOM)の蛍光特性は Aqua-log(HORIBA)を用いて EEMs-PARAFAC 法により実施した。各種データ・統計解析には R(ver. 4.5.0)を使用した。

3. 結果・考察

マルチ環境トレーサーデータを基に 2024 年 10,11 月の調査地点を 4 つにクラスタリングした。クラスターA は主に河川本流で構成されている。クラスターB は地下水指標の ^{222}Rn の影響が大きく、地下水による涵養をワンド・タマリが受けている可能性が高い。クラスターC は多摩川最上流の下水処理場より上流の地点で構成され、人為的な影響が小さい水域が属する。クラスターD は幅広い水質を示し、主にタマリにより構成される。次にクラスタリング A～D に属する河川、ワンド・タマリで採取したヌマエビの $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ をプロットした（図 1）。ヌマエビの $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ は -31.3‰ ～ -18.8‰ 、 4.5‰ ～ 16.8‰ の間で変動し、特に $\delta^{15}\text{N}$ は下水処理水の流入前後で約 8‰上昇した。クラスターB のワンド・タマリに生息するヌマエビはクラスターA より軽い $\delta^{13}\text{C}$ を示した。これはワンド・タマリ周辺の陸源有機物の投入を反映している可能性がある。クラスターD のワンド・タマリに生息するヌマエビは $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ とも幅広く分布し、炭素・窒素源とも複数の要因が関係している可能性が高い。当日は各種水質指標を用いて水の起源や栄養塩構成比の違いと同位体比をはじめとした生態系との関係性についても議論を展開する。

図1. 各クラスターの河川、ワンド・タマリに生息するヌマエビの炭素・窒素安定同位体比



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

多様な砂州周辺河床間隙域の環境条件と生物群集を比較する

*島 彩乃（奈良女子大）、田中 亜季（大阪公立大）、片野 泉（奈良女子大）

1. はじめに

河床間隙域は、河床・河畔・州の下の礫・砂の間を満たす飽和水域であり、河川表層水と地下水の交換の場である。特に州周辺に着目すると、州頭では河川表層水が間隙域に浸透する down-welling 現象が起こり、州尻では間隙水が河川表層に滲出する up-welling 現象が起こっている。このように、近距離でも河床間隙域の環境特性は異なるため、河床間隙域に生息する生物群集は、例えば州内の位置や州の成り立ちによって異なると予想される。しかし多様な州の河床間隙域の生物群集を環境特性も合わせて比較した研究はほぼない。そこで、本研究では、多様な州周辺の微生物場所ごとに間隙水を採水し、環境 DNA 法を用いて、間隙域に生息する生物群集を明らかにし、間隙域の環境条件と生物群集とを比較した。

2. 材料と方法

(1)砂河川と礫河川の州

奈良県吉野郡東吉野村を流れる四郷川と平野川の州を調査した。どちらも紀の川水系高見川支流であるものの、高見川沿いに中央構造線が走っていることから、両者の地質は異なる。高見川左岸側は風化しにくい混在岩からなるため、左岸から流入する四郷川は礫河川である。右岸側は風化しやすい花崗岩であるため、右岸から流入する平野川は砂河川である。そのため州を構成する河床材料の粒径が異なり、他の環境要因や、生物群集に影響を与える可能性がある。

(2)置き土で成立した州

三重県名張市を流れる淀川水系名張川に設置された比奈知ダム直下を調査した。比奈知ダムでは、ダムに堆積した土砂をダム下流に置いて、フラッシュ放流や川の流れを利用して下流に土砂を流す土砂還元が実施されており、その置き土が州を形成している。置き土設置から、フラッシュ放流と川の流れにより置き土が下流に流出するまでを、置き土の上・下流も含め定期的に調査した。置き

土中の砂や泥により河床粗粒化が改善されるため、環境が変化し、本来のダム下流に見られる生物群集とは異なる生物群集が成立する可能性がある。

(3)岩周辺に成立した小州と勾配要因による大州
奈良県吉野郡東吉野村を流れる四郷川を調査した。岩が川の流れを妨げ砂が堆積し成立した州と、河川横断方向の勾配によって成立した州に定点を設けて調査を行った。両者は隣接するが、成り立ちが異なるため、環境が異なり、生物群集も異なる可能性がある。

以上3項目の調査で、砂州周辺の異なる位置に複数の調査地点を設定し、各地点の水質、河床材料、透水係数を測定し、採水により環境 DNA を採集した。各調査ではまず間隙水を採水し、電気伝導度、pH、溶存酸素量、水温を計測し、ピエゾメーターを用いた試験により各地点の透水性を計測した。さらに間隙土砂の採集も行った。また、環境 DNA 分析に使用するため間隙水に逆性石鹼を入れて持ち帰った。なお、(1)の調査は、生物の直接採捕も併せて実施した。実験室では環境 DNA を抽出し、抽出 DNA を用いた次世代シーケンスにより、河床間隙域に存在する無脊椎動物をリスト化した。河床材料の粒度組成を調べるため、間隙土砂サンプルをシーブでふるい分け、粒径加積曲線を作成して粒径中央値 D_{50} を算出した。以上の調査で得られた環境要因と生物データから、統計解析を行った。

3. 結果と考察

(1)では、直接採捕で得られた生物群集と透水係数の間に相関がみられた。さらに、ハエ目をはじめとして、多く得られた分類群も地点ごとに異なっていた。(2)(3)でも同様に透水係数をはじめとする環境要因が生物群集の構成に影響を及ぼしている可能性が示唆された。発表では、環境 DNA の分析結果も紹介し、考察していきたい。

O-B05

聖牛が創出する一時的水域と地下に広がる河床間隙水域： 生物群集の比較と季節変動から探る連結性

*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）

1. はじめに

ダムによる流量調節や護岸等の河川改修は、河川生態系における縦方向や横方向の連結性を分断する大きな要因となっている（Tickner et al., 2020）。京都府の木津川では、分断による河川環境の単調化を改善するため、聖牛による河床地形管理が行われている。聖牛は、本来堤防の浸食を防ぐために利用されていた伝統的河川工法であるが、高水時に聖牛周囲の河床が削られることで河道内に新たなワンドやたまり等の一時的水域を生み出し（図）、生息場を多様化させることが既往研究により示されている。



図：聖牛と一時的水域

一方で、河川生態系においては表層～地下という垂直方向の連結性も近年重要視されてきた。河床間隙水域は、表層水域と地下水域をつなぐ中間領域のことで、生物の生息場や攪乱時の避難場、産卵床として機能することが知られている（Brunke & Gonser, 1997; Dole-Olivier et al., 1997）。垂直方向の連結性は、物質や生物の移動を促進することで健全な河川生態系を支えていると考えられる。しかし、間隙水域は調査が困難なことから知見が不足しており、保全計画に含まれることもほとんどないのが現状である。

聖牛により創出された一時的水域においても間隙水域との密接な相互作用があると予想されるが、その詳細は不明である。そこで本研究では、一時的水域とその地下に広がる河床間隙水域の生物群集・環境特性を季節ごとに調査し比較することで、水域間の連結性の実態を把握することを目的とした。

2. 材料と方法

2023年6月から2024年8月までに計6回、京都

府井手町の木津川中流域（15 kp）にある聖牛が設置されている右岸側砂州において調査を行った。砂州上の一時的水域の表層水域と、その上流側の砂州下の河床間隙水域において、水温、水質（EC・pH・DO）、粒状有機物（POM）量を測定し、生物を採集した。間隙水域では、土砂粒径と透水係数の測定も併せて行った。また、表層水域においてはDフレームネットを使った時間単位定量採集（30秒×2）により底生生物を採集し、間隙水域においては間隙トラップ（20×20×20 cm³）を用いて間隙生物を採集した。さらに、各調査日にドローンを用いて上空から砂州を撮影し、オルソ画像を合成して砂州の地形変化を調べた。

3. 結果と考察

土砂粒径と透水係数を測定した結果、砂州上流部では粒径が大きく透水係数が低い傾向、中央部では粒径が小さく透水係数が高い傾向がみられた。これより、砂州中央部は水が通りやすく表層水域と間隙水域間の水の交換が活発である可能性が考えられる。

また、生物サンプルを分析した結果、表層水域と河床間隙水域どちらにも共通する分類群がみられた。例えばユスリカ科やミミズ綱、ガムシ科、ケンミジンコ目などが共通してみられ、様々な分類群が両水域を利用していることが示唆された。

さらに、各地点の生物群集データからNMDS（Non-metrical Multi-Dimensional Scaling）解析を行った結果、表層水域と間隙水域間、季節間に有意差がみられた。NMDS上の各地点のプロットは、表層水域と間隙水域ともに同じ方向への季節変動がみられ、水域間で群集が連動している可能性が考えられる。また、表層水域と比較し間隙水域は群集のばらつきが小さいことから、間隙生物群集の季節変動は小さく、群集として安定していることが示された。

O-B06

ダム下流プランクトン密度への濾過食者の寄与：
近畿7ダムを対象とした比較調査から原 直子 (奈良女子大)・土居 秀幸 (京都大)・
Oh Hye-Ji (奈良女子大)・片野 泉 (奈良女子大)

1. はじめに

ダム直下域では、ダム湖由来のプランクトンの流入により、プランクトン密度が著しく高いことが知られている。その密度は流下するうちに徐々に減衰するが、その要因として濾過食者の濾過・摂食による生物学的作用と土砂間隙による濾過、沈降、支川流入による希釈などの物理的作用が挙げられる。しかしながら、これらの作用がプランクトン減衰にどの程度寄与しているかを総合的に野外調査によって示した研究はほとんどない。加えて濾過食者は、捕獲網を利用する造網トビケラ、鰓で有機物を濾しとる二枚貝類、襟細胞を利用するカイメン類や、食扇を用いるブユ類などさまざまな濾過様式をもつが、これらの濾過様式の差異がもたらす濾過能力の違いについては研究が進んでいない。以上のことから、ダム下流域におけるプランクトン減衰のメカニズムやそれに関与する主な濾過様式・分類群については依然不明なままである。

そこで本研究では、濾過食者がダム河川においてプランクトン密度の減衰にどの程度寄与しているか、また濾過様式の違いによる寄与率の差異を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

調査地として、近畿地方の7つのダム(布目・室生・青蓮寺・比奈知・津風呂・初瀬・上津ダム)の下流域を選定した。調査は2022年に2回実施し、河川内で濾過食者が多いとされる冬季(1月下旬から2月)と、濾過食者水生昆虫が羽化して陸上に移出する春季(4月下旬から5月)に行った。ダム下流域に調査地点を2地点設定し、その間の約1 kmを調査区間とした。調査区間内の濾過食者密度を推定するため、各地点で底生動物を採集した。また物理的作用も含めて検討するため、オルソ画像による瀬淵構造の分類、河道勾配・蛇行度の算出・土砂粒径の測定も行った。これらの

変数を用いて、調査区間内で植物・動物プランクトン密度の減衰にどの変数がそれぞれどの程度寄与しているかを評価した。

3. 結果と考察

調査区間における植物・動物プランクトン密度の減衰傾向は、季節・ダムにより大きな違いが見られた。また濾過食者の組成はダムによって大きく異なった。オオシマトビケラ(*Macrostemum radiatum*)、ウルマーシマトビケラ(*Hydropsyche orientalis*)などの造網トビケラが大部分を占めたダム(布目・室生・青蓮寺・比奈知・初瀬ダム)があった一方で、津風呂ダムではカイメン類、上津ダムではブユ類が優占していた。また物理的変数についても、土砂の中間径が小さく、瀬・淵・植生など多様な環境が存在することで物理的作用が働きやすいと予想されるダムもあれば、一方で一樣な環境が続き物理的作用が限定的と予想されるダムも見られた。以上のような生物学的作用と物理的作用の違いにより、各ダムでのプランクトン減衰傾向が異なると考えられる。講演では、多様な濾過様式を持った濾過食者の生態機能の発揮力の違いについても検討したい。

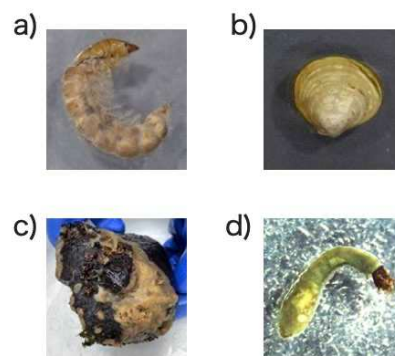


図1 近畿地方の7つのダム

a) 造網トビケラ, b) 二枚貝類,

c) カイメン類, d) ブユ類

O-B07

耕作放棄がセトウチサンショウウオ (*Hynobius setouchi*) の
生息に及ぼす影響の解明*松本奈々（神戸大学）・坂田雅之（北海道大学）・國政祐太（神戸大学）
山本優奈（神戸大学）・源利文（神戸大学）

1. はじめに

日本の里山景観における農業用ため池は、農業用水の確保だけではなく、希少種の隠れ家として生物多様性保全に重要な役割を果たしている。しかし近年、農業従事者の高齢化や後継者不足によってため池を含む農地の耕作放棄が進み、豊かな生物多様性が失われる危機にある。小型サンショウウオ類は里山環境を象徴する保全上重要な分類群のひとつであるが、耕作放棄が小型サンショウウオ類の生息にどのような影響を与えるのかはよくわかっていない。サンショウウオ類のモニタリングは、従来は主に目視調査や採捕調査によって行われてきた。しかしこれらの調査は生態系に影響を与えるだけでなく、時に個体を傷つけてしまうこともある。そこで本研究では、非侵襲的、非破壊的な生物モニタリング手法である環境 DNA 分析を用いて、耕作放棄がセトウチサンショウウオ (*Hynobius setouchi*) の生息に及ぼす影響を推定することを目的とした。

2. 材料と方法

セトウチサンショウウオの分布および生息に影響する環境要因を把握するため、2023 年 4 月から 2025 年 6 月に、環境 DNA 分析と水質調査（水温、pH、電気伝導度、溶存酸素濃度）を実施した。

兵庫県神戸市の六甲山系に属する山林地区の 6 箇所（F1~F6）と棚田地区の 5 箇所（P1~P5）の合計 11 のため池で調査を行った。いずれの地区もかつて棚田として利用されていた地域であり、山林地区は耕作放棄から約 40 年が経過し山林化が進行している。一方、棚田地区は現在も里山景観を維持するために人の手で管理が継続されている。各ため池の 3 地点で 500mL ずつ採水を行い、それぞれを GF/F フィル

ターで濾過した後、DNeasy Blood & Tissue Kit を用いて抽出した。F6 においては、ため池の干上がりにより一時的に採水できない時期があった。セトウチサンショウウオ特異的に環境 DNA 分析を実施し、各ため池での環境 DNA の検出/非検出を記録した（合計 837 サンプル）。また、本種の分布を規定する環境要因を解明するために、応答変数に環境 DNA の検出/非検出、説明変数に水質項目、ランダム項に採水年、採水月、ため池 ID を入れた一般化線形混合モデル（GLMM）による解析を行った。

3. 結果及び考察

環境 DNA 分析の結果、山林地区と棚田地区の 11 箇所すべてのため池から本種の環境 DNA が検出された。一方で一部のため池では、幼生の孵化と成長が進む春から初夏にかけては DNA が検出されたものの、幼生が変態、上陸する前の 7 月頃には検出されない地点も確認された。統計解析より、溶存酸素濃度が低下すると本種の DNA 検出確率が下がることが示された ($p < 0.05$)。このことから、孵化後の幼生が成長する過程で酸素不足により生残できなかった可能性がある。さらに、地区間の溶存酸素濃度を比較した結果、山林地区では棚田地区より有意に溶存酸素濃度が低かった。以上のことから、耕作放棄による周辺環境の山林化が、溶存酸素濃度の低下を引き起こし、本種の生息に悪影響を及ぼす可能性が示唆された。今後は、溶存酸素濃度を環境指標として活用し、耕作放棄地の適切な管理活動を行うことによって、止水性サンショウウオの保全に役立つと期待される。

O-B08

深層学習を用いた動物プランクトン の自動モニタリングシステムの開発

*宮崎真治¹, 大竹裕里恵², 伊藤康一¹, 牧野渡³, 占部城太郎³, 青木孝文¹

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

水圏生態系の健全性を評価するために、プランクトンの種類と個体数を調査するプランクトンモニタリングが行われている。このモニタリングは、専門家による手動のサンプル観察に依存しており、時間と労力を要する。そのため、プランクトン群集画像から個体の検出と分類を自動で行うシステムの需要が高い。現在までに、モニタリングの自動化を目的として、深層学習を用いたプランクトン個体画像の自動分類手法が提案されている [1]。分類精度は高いが、個体画像の入力を前提としている問題がある。これに対して、本稿では、深層学習を用いて群集画像からプランクトン個体を検出し、分類を行う手法を提案する。提案手法を用いたプランクトンモニタリングシステムにより、群集画像から個体の分類と計数が可能であることを示す。

2. 材料と方法

提案手法は、群集画像からの個体を検出と分類を行うとともに、個体の体長の採寸を行う。群集画像からの個体検出には、画像セグメンテーション手法である Mask2Former [2] をプランクトン画像でファインチューニングして用いる。個体分類は、たたみ込みニューラルネットワークを用いて、分類階級に従って階層的に分類を行う手法 [1] を用いる。また、検出された個体の骨格に基づいて体長の採寸を行う。性能評価実験では、プランクトン画像データセットである FREPJ-Z [3] を使用する。FREPJ-Z は、光学顕微鏡で撮影された群集画像と個体画像で構成されている。群集画像は、個体ごとに、検出枠および綱、目、科、属、種の分類群名のラベルが付与されている。

3. 結果

提案手法を用いたプランクトンモニタリングシステムの出力結果を図 1 に示す。検出に成功した個体の割合である再現率は 57.5%、検出結果のうち正しく検出した割合である適合率は 35.8% であっ

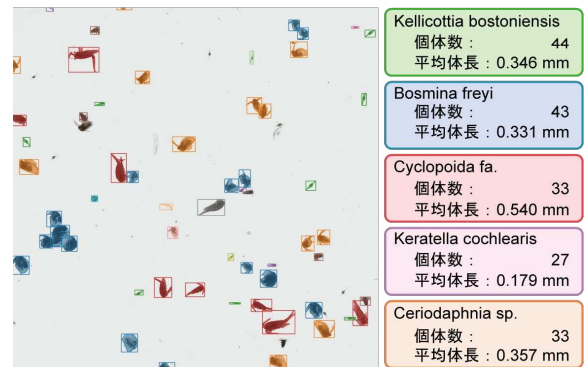


図 1 群集画像からのモニタリング結果

た。検出に成功した個体に対する種の分類精度は 91.6% であった。種ごとの個体数の予測と真値との平均絶対誤差は 7.96 であった。

4. 考察

提案手法を用いたモニタリングシステムにより、群集画像からプランクトンの検出・分類・計数・採寸ができることが示された。検出の再現率と適合率が低いため、検出漏れや誤りが多く、予測した個体数の誤差が大きい。一方で、分類精度が高いため、群集画像から個体を検出できれば、その個体を正確に分類できる。そのため、プランクトンに特化した画像セグメンテーションにより個体検出の精度を改善することで、プランクトンモニタリングの精度を改善することが今後の課題である。

参考文献

- [1] 早川ほか, “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,” 日本陸水学会第 88 回熊本大会, p. 98, Aug.
- [2] B. Cheng et al., “Masked-attention mask transformer for universal image segmentation,” IEEE/CVF Conf. Comput. Vis. Pattern Recog., pp. 1290-1299, June 2022.
- [3] Y. Otake et al., “High-resolution microscopic image dataset of freshwater plankton in Japanese lakes and reservoirs (FREPJ): I. Zooplankton,” Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. B, vol. 50, no. 4, pp. 159-164, Nov. 2024.

O-B10

諏訪湖の *Daphnia galeata* の食物の解明

*佐藤秀美（信州大学院・理），二木巧子（信州大・理）
笠原里恵（信州大・理）

1. はじめに

Daphnia galeata は湖沼に広く分布するミジンコの一つであるが、長野県の諏訪湖においては2020年から初夏に毎年短期間出現するようになった。本種は、一般に湖水中の藻類をろ過摂食しているが、諏訪湖の *D. galeata* では、出現後に湖水中の植物プランクトンの指標であるクロロフィル a 量が大きく減少した後も、約1か月高密度の状態が維持される傾向にあり、湖水中の植物プランクトン以外の食物を摂食している可能性がある。本研究では諏訪湖に出現する *D. galeata* の食物を明らかにすることを目的に、光学顕微鏡による腸内容物と糞を観察し、同時期の植物プランクトン優占種と比較した。また、腸内容物からDNAを抽出し、メタバーコーディングを行った。

2. 材料と方法

諏訪湖の湖心を調査地点とし、*D. galeata* の出現期間を含む2024年4月23日ー7月4日の間に週一回の頻度で湖水採取を行った。

クロロフィル a 濃度 (Chl.a) は、カラムサンプラーで採取した全層水を<40μm に分画し、GF/C フィルターの濾過物をエタノールで抽出し、Marker 法で算出した。植物プランクトンは全層水を中性ルゴール液で固定し、沈降濃縮したうえで Sedwick-Rafter chamber で観察し、種別に体積 Bio volume を求めた。*D. galeata* の密度は、全層水を40μm メッシュのプランクトンネットで濾した液を中性ルゴール液で固定後、顕微鏡で観察し計数した。*D. galeata* の腸内観察は、100μm メッシュの鉛直引きネットで採取した試料から個体を分別して冷却しつつ30分以内に持ち帰り、生存個体の腸と排出直後の糞を迅速に光学顕微鏡で観察した。持ち帰った個体の一部は-20℃で凍結した。後日解凍した *D. galeata* を1個体ずつ蒸留水で洗浄し、スライドグラス上で解剖し腸を採取した。10-25個体を1試料として、Qiagen の DNeasy Blood & Tissue Kit もしくは DNeasy Plant Mini Kit を用いてDNAを抽出し、真核生物は18SrRNA、藻類等の光

合成生物は psbA を対象領域として、メタバーコーディングを行った。分析は微生物技研に委託した。得られた塩基配列は BLAST 検索から相同性97%以上の種や群を採用して同定した。また、この他、出現期間中の *D. galeata* の食物の充足状況を調べるため、第三胸脚にあるろ過スクリーン面積と体長の測定も行なった。

3. 結果

D. galeata は5月10日ー6月20日まで出現が確認された。期間中の湖水の<40μm の Chl.a は4.6-18.7μg/L で、5月10日が最高値だった。同日の<40μm の植物プランクトンは *Cyclotella meneghiniana* が優占し高い体積量を示した。5月24日に *D. galeata* の密度は34個体/L となり、<40μm の Chl.a 及び *C. meneghiniana* を含む植物プランクトンは急減少し、その後低い値で推移したが、*D. galeata* の密度は100個体/L以上に増加し、体長も大きい個体が多かった。ただし、5月30日以降の個体はろ過スクリーン面積が拡大していたことから食量不足が示唆された。腸の顕微鏡観察からは *Cyclotella* に類似した細胞が5月2-16日に確認された。糞からは *Aulacoseira* 類似の1-2個の小個体が5月24日ー6月20日に観察された。遺伝子18SrRNAの結果からは藻類、繊毛虫類、鞭毛虫類、真菌類等が検出され、特に繊毛虫類が read 数に占める割合は、分析期間を通して大きかった。一方、psbAの結果から *Aulacoseira granulate* 及び、*Mychonastes homosphaera* が大きな割合を占めたほか、*Synechococcus* spp. *Nannochloropsis* spp. の picophytoplankton も検出された。

4. 考察

本研究から諏訪湖の *D. galeata* は出現時に *C. meneghiniana* を主要食物としながら、微生物ループを介し繊毛虫類等も摂食していたことが示唆された。主要食物の減少後の食物不足については、ろ過肢毛の形質変化によって効率的に picophytoplankton や小個体の *A. granulate* などを摂食し、高密度を維持できたと考えられる。

O-B11

渡島大沼における藍藻類が ワカサギの分布に与える影響の評価

*近藤陽太（北大・院環）、南憲吏（北大・フィールド科セ）、金相曄（島大・エスチュアリー研セ）
朱妍卉（北大・フィールド科セ）、宮下和士（北大・フィールド科セ）

1. はじめに

渡島大沼（以下、大沼）はラムサール条約に登録された湿地であり、観光業のみならず漁業やレジャーフィッシングに利用されている。大沼ではワカサギ漁が盛んであり、漁業資源の大部分をワカサギが占めている。大沼では近年、藍藻類が異常増殖する現象が見られ、景観の悪化、悪臭等の悪影響が確認されている。しかし、大沼における藍藻類が魚類に与える影響は分かっていない。藍藻類には、二次代謝産物として有害な毒素を生成する種が存在することや、藍藻類がエラに詰まると魚類は呼吸困難を引き起こすことが知られており、藍藻類は魚類にとって有害である。魚類分布には、水温と溶存酸素濃度（以下、DO）が影響することが一般的に知られているが、藍藻類も影響を与えている可能性がある。したがって、本研究は、藍藻類がワカサギの分布に与える影響を評価することを目的とし、計量魚群探知機を用いて藍藻類とワカサギの分布の関係を調査した。

2. 材料と方法

北海道亀田郡七飯町にある大沼にて、音響計測、環境計測、採水を行った。調査は、アオコの発生が確認されている期間である8月5日、9月18日、10月17日にそれぞれ実施した。音響計測は、藍藻類と魚類の分布を調べるために行い、周波数120 kHzのスプリットビーム式計量魚群探知機（KSE-300、ソニック社製）を用いて S_v （体積後方散乱強度）を計測した。環境計測は、魚類、藍藻類の分布と環境条件との関係を調べるために行い、CTD計（RINKO-Profilier ASTD102, JFE Advantech社製）を用いて水温、DOを計測した。採水は、音響反射が藍藻類に由来するものかを確認するために行った。湖心でバンドーン採水器（離合社製）を用いて採水を行い、植物プランクトンの種同定と細胞数の計数を行った。得られた

音響データは Echoview ver.13.1（Echoview Software社）を用いて解析を行い、藍藻類と魚類の S_v を算出した。算出されたそれぞれの S_v を基に、藍藻類と魚類の鉛直分布図を作成した。さらに、魚類分布に関わる要因を推定するために、一般化加法モデル（以下、GAM）を構築して統計解析を行った。説明変数は藍藻類の S_v 、水温、DO、各変数の交互作用の項とし、応答変数は魚類の S_v とした。

3. 結果

採水分析の結果、多数の藍藻類が確認された。藍藻類の S_v の鉛直分布図から、8月、9月において表層付近で藍藻類が多く分布し、10月は全域で比較的少ない様子が見られた。ワカサギの S_v の鉛直分布図では、藍藻類が多い8月、9月の表層付近において、比較的ワカサギの分布が少なかった。10月は、やや浅い深度においてもワカサギが分布していた。GAMにより各変数の影響を調べた結果、藍藻類の S_v 、及び藍藻類の S_v を含む交互作用の項全てにおいてp値が0.01未満であった。また、藍藻類の S_v が大きくなるにつれ、ワカサギの S_v が小さくなる傾向が見られた。

4. 考察

採水分析により藍藻類が多数確認され、藍藻類に由来する音響反射を捉えることができた。鉛直分布図から、藍藻類が多い場所にワカサギは少なく、藍藻類が減少するとワカサギはより浅い深度も利用することが分かった。GAMの結果から、ワカサギは藍藻類が多い場所を避けて分布していたことが示唆された。以上のことから、藍藻類が多く分布している水域では、魚類の管理において水温やDOに加え、藍藻類の影響も考慮する必要があると考えられる。

河川水中の溶存態及び懸濁態 ^{137}Cs 濃度と集水域 ^{137}Cs 蓄積量との関係

O-B12

*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

2011年3月の東京電力（株）福島第一原子力発電所事故に伴い、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、被ばく線量に大きな影響を与える放射性セシウム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。知見の一つとして、河川水中の放射性セシウムと流域に沈着した放射性セシウム量との関係がある。

そこで、本会では福島県浜通りの複数の河川を対象に河川水中の溶存態及び懸濁態成分について、それぞれの放射性セシウム濃度と流域に沈着した放射性セシウムとの関連について報告する。

2. 方法

福島県浜通りに位置する、太平洋への流入河川（阿武隈川、宇多川、真野川、新田川、太田川、小高川及び請戸川水系）を対象に、2012年～2020年の期間の平水時（基底流量条件下）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、実験室に持ち帰った。

実験室にて原水の一部を $0.45\ \mu\text{m}$ メンブランフィルターでろ過し、ろ過水を溶存態として分析に供した。原水及びろ過水における ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度は、イオン交換樹脂（Powdex® PAO and PCH, Ecodyn Co., USA）を充填したカラムに通水してイオン交換・粒子捕集した後、乾燥した樹脂を U8 容器に詰めて Ge 半導体検出器（Seiko EG&G ORTEC 社製）で測定した。懸濁態中の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度は、原水中の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度からろ過水中の放射性セシウム濃度を引いて算出した。

なお、本会では ^{137}Cs 濃度について報告する。

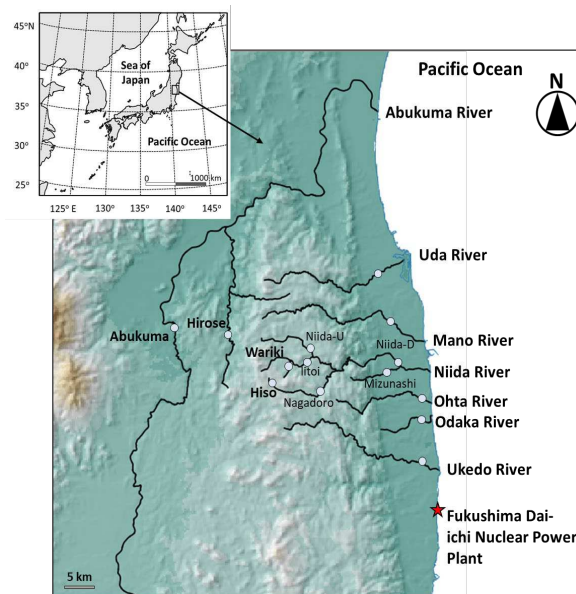


図1 福島県における河川水の採取地点（○）

3. 結果

溶存態 ^{137}Cs 濃度は、各採取地点より上流の集水域における ^{137}Cs インベントリの平均と有意な相関を示した。これは、基底流量条件下での溶存態 ^{137}Cs 濃度は主に採取地点より上流の集水域における ^{137}Cs インベントリによって決まることを示唆している。一方、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は、平均 ^{137}Cs インベントリと明確な関係を示さなかった。

そこで、集水域内の ^{137}Cs インベントリの寄与を評価するため、採水地点より上流の河川と斜面に沿って追跡した特定の流路長の範囲内の領域における ^{137}Cs 濃度と平均 ^{137}Cs インベントリとの関係を解析した。溶存態 ^{137}Cs 濃度の決定係数は、最長の流路、すなわち集水域全体で最も高く、より短い流路では低かった。一方、懸濁態 ^{137}Cs 濃度の決定係数は、最短流路で比較的高い値となった。これらの結果は、溶存態 ^{137}Cs は基底流量条件下でも集水域のより広い領域からの影響を受けている可能性があるが、懸濁態 ^{137}Cs は比較的近傍の流域の影響を受けていることを示唆している。

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。

O-B13

淡水域の湖底堆積物中における溶存ケイ酸の挙動

*朴 紫暎（島根大院），杉山 雅人（京都大教育院），
石川 尚人（富山大院），藤本 悠雅（富山大院），
大野 礼温（島根大院），江川 輝（島根大院），江川 美千子（島根大院）

1. はじめに

環境水中に存在する溶存態の重合体ケイ酸 (D_pSi : 五量体以上のオリゴマー，溶存態の高分子性重合体ケイ酸) に関する報告は著者ら以外のものはほとんどない。いくつかの研究では，重合体ケイ酸の存在を報告しているが，二量体や三量体など，モリブデン反応性ケイ酸 (RSi) の生物学的に利用可能な低分子性重合体（単量体から四量体）に関する報告である。ほかには，全溶存ケイ酸 (D_TSi) の濃度が，その溶解度を超える，湧水のような特殊な環境での粒子状として存在している報告がある。

本研究では，無酸素の還元的な環境の淡水域の湖底環境において D_pSi が湖底堆積物の間隙水中に溶出し，底層水中にも存在することを確認した。本発表では， D_TSi と溶存ミネラルのモル比を比較し， D_TSi や D_pSi の溶出メカニズムを報告する。

2. 材料と方法

淡水湖である池田湖と琵琶湖南湖，奥津湖を対象とし，湖水と湖底堆積物中の間隙水を採取した。 RSi を除いた全項目 (D_TSi 及び P, Fe, Al, Ca, Mg, Mn) は ICP-AES 法で測定した。 RSi はモリブデンブルー法で測定し， $[D_TSi]$ と $[RSi]$ の差を $[D_pSi]$ とした。

3. 結果

D_TSi/RSi のモル比から，淡水域では 1.08 と 1 に近い値を示し，0.96 の強い正の相関があった。しかし，池田湖では， D_TSi vs. RSi の近似曲線は対数関係であった。池田湖では，2024 年 5 月の堆積物深度 5 cm 以深から溶存 Al の濃度は徐々に増加していたが， D_TSi と RSi は 1300–1500 μM に維持されていたため，対数関係であったと考える。

また， D_TSi と溶存ミネラルのモル比は，溶存 Al のみ 5.00 ($R^2 = 0.44$) の大きい値を示した。 D_TSi と溶存 Fe や Ca, Mg, Mn のモル比は，それぞれ 0.85 と 0.23, 0.92, 2.13 の比較的に小さい値を示した。

池田湖での D_TSi/Ca または Mg, Mn は，他の淡水

域より 2.6 倍以上高い値を示しているが，これはカルデラ湖の特徴であると考ええる。

4. 考察

湖底付近での溶存酸素の有無による湖底堆積物中の D_TSi と溶存ミネラルのモル比を比較すると，湖底付近が無酸素のときに D_TSi と RSi を含め，溶存ミネラルの濃度が増加する傾向が見られた。また，溶存酸素有無による D_TSi と溶存ミネラルのモル比の変動を見ると， D_TSi/Fe が 1.9 倍， D_TSi/Mn が 1.4 倍となり，大きく変動した（図 1）。

間隙水中の D_pSi と他の溶存物質との間の分布相関をみると，池田湖は D_TSi と Fe, Mg が，琵琶湖南湖は D_TSi と P, Mn が，奥津湖は D_TSi と Fe, Ca, Mn で 0.40 以上の正の相関があった。琵琶湖南湖での D_pSi と Fe の相関は 0.27 であった。これらの結果から， D_pSi の分布が D_TSi と Fe の濃度分布と関連があることが推定された。したがって，湖底付近の溶存酸素涸渇による微生物的還元過程により鉄やマンガンなどが還元され，それに吸着または結合していたケイ酸が D_TSi として間隙水中に溶出されたと考える。そして，堆積物からの D_TSi の溶出は， D_pSi の出現とともに，その溶出源としてはケイ酸が吸着している水酸化鉄が関連していることを示唆する。

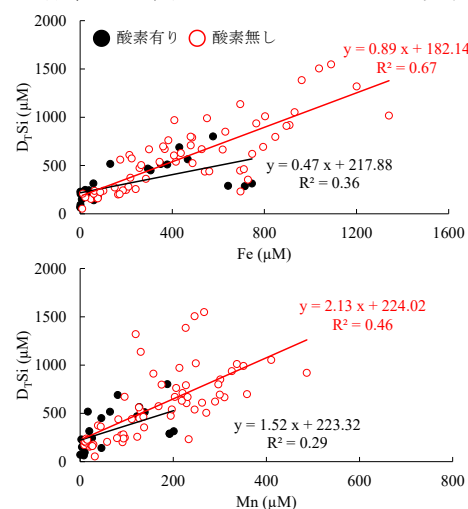


図 1 溶存酸素有無による D_TSi/Fe または Mn

O-B14

遠心力を利用した堆積物からの MPs 分取

*井上徹教（港湾空港技術研究所）、玉上和範、森澤友博、浅井貴恵（東亜建設工業）

1. はじめに

近年、マイクロプラスチック（MPs）は水域環境における新たな汚染物質として注目されており、特に堆積物中に蓄積される MPs の挙動解明は、沿岸域・内湾・汽水域の環境保全にとって重要な課題である。従来、堆積物中の MPs 抽出には、比重 1.4 前後の高濃度溶媒（ヨウ化ナトリウム等）を用いて浮上分離を行い、顕微鏡観察や FT-IR 分析によって同定する方法が主流であった。しかしこの手法は、高価な溶媒を大量に必要とし、操作に手間がかかること、試料処理に長時間を要することから、大量試料の迅速処理や現場対応には不向きであった。

本研究では、食品工場や鉱業プラントでも利用される工業用分離機器であるハイドロサイクロンに着目し、堆積物試料から MPs を遠心分離により効率的に抽出する新規手法を提案した。

2. 装置と方法

ハイドロサイクロンは、一定圧力で流体を旋回流として装置内に導入することで、粒子の比重差や粒径差を利用して分離を行う装置である。本研究では SUPER-30-CYCLONE（日本分離社製）を用いて、MPs を混入させた堆積物から MPs を回収する実験を行った。装置構成は、サンプル格納容器、コンプレッサー、空気圧調整器、配管から構成され、0.25～0.3 MPa の圧力下で堆積物懸濁液を 1 分間送泥した。

3. 結果

遠心分離により、高比重粗粒子はアンダーフロー（下部）から排出され、低比重微粒子や MPs はオーバーフロー（上部）から排出された。回収されたオーバーフロー試料はふるい分けによって MPs を抽出し、その回収率を評価した。実験では、ポリプロピレン（PP）、ポリエチレン（PE）、ポリスチレン（PS）、ポリアミド（PA）など、一般的な低比重プラスチックについて回収を試み、MPs とアンダーフローから排出される試料との密度差が 0.2 g/cm^3 を超える場合、MPs は 100%オーバーフローから排出された。特に、ポリスチレンおよびポリアミドについては、それぞれ 80%、65%の回収率が得られた。

一方、セルロースアセテート（CA）やポリアセタ

ール（POM）といった高密度プラスチックは、アンダーフローから回収される傾向にあり、ハイドロサイクロンが MPs の密度による選別に有効であることが確認された。また、処理速度についても評価を行ったところ、1 回あたり 3.8～9.8 kg の堆積物を処理することが可能であり、従来法に比べてはるかに高いスループットが達成された。

4. 考察

本手法の特長として、(1) 溶媒を使用せず水を媒体とするため環境負荷が低い、(2) 設備構成が比較的簡便であり既存インフラを活用可能、(3) 実験条件の調整によって分離特性の制御が可能、という点が挙げられる。さらに、粒径や形状に基づく分離挙動の差異も今後の検討課題として挙げられ、段階的な多段分離によってより精緻な MPs 選別が可能になる可能性も示唆される。

以上の結果から、ハイドロサイクロンを用いた本手法は、簡便・迅速・高効率なマイクロプラスチック抽出法として、今後の環境モニタリングや大規模汚染調査に広く応用可能であることが示された。また、本研究の成果は港湾・汽水域・内湾など、堆積物環境の動態把握を目指す研究分野において新たな技術的選択肢を提供するものである。

参考文献

Inoue, T., Asai, K., Morisawa, T., & Tamaue, K. (2024). New method for extracting microplastics from sediments using a hydrocyclone and sieve. Results in Engineering, 103232.



図1 機材一式の外観

O-B15

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
～硝酸-酸素同位体 ($\delta^{18}\text{O}$ - $\Delta^{17}\text{O}$) の適用～

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

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。

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指してきた。本講演では、硝酸-酸素同位体 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ - $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$) を用いて、河川生態系の窒素代謝機能を評価する手法を紹介する。本手法を琵琶湖に流入する複数の河川に適用し、集水域の土地利用が栄養バランスや窒素代謝機能に及ぼす影響を比較・解析することにより最適な栄養バランスの探索を試みる。

2. 材料と方法

琵琶湖流域において、集水域の土地利用、地質特性、集水面積・平均斜度の異なる22の流入河川を選定し、2024年の灌漑期(5月)と非灌漑期(9月)に観測調査を実施した。河川水に刻印された同位体情報が集水域全体の代謝履歴を反映するように、各河川の最下流部で採水した。河川水の全窒素(TN)・全リン(TP)濃度、硝酸およびリン酸の酸素安定同位体 ($\delta^{18}\text{O}$ - $\Delta^{17}\text{O}$) を測定後、Leroux et al.(2017)の景観化学量論の概念に基づいて、集水域

の土地利用や地質特性が河川の栄養バランス

(TN/TP)に及ぼす影響を評価した。続いて、河川の栄養バランスや集水域の地形特性が河川生態系の窒素・リン代謝に及ぼす影響を評価し、その代謝機能を最大化する諸条件を探索した。

河川生態系の窒素代謝を評価するマルチ同位体モデルの原理を以下に記す。流域に負荷される硝酸は、大気降下由来と陸域硝化由来に大別できる。Tsunogai et al. (2016)に基づいて、琵琶湖流域で測定された大気降下・陸域硝化由来硝酸の酸素同位体 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$) と三酸素同位体アノマリ ($\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$) を端成分とする同位体混合モデルを構築した。河川生態系で硝酸同化や脱窒が生じると河川水の $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ の観察値は上昇するが、 $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ は変化しないという原理に基づいて、硝酸同位体混合直線に対する河川水 $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ の観察値のズレ ($\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3-\sigma}$) を窒素代謝の指標とした。なお、リン酸-酸素同位体を用いて河川生態系のリン代謝を評価する手法の紹介は、石田ほか(2025)の講演に譲る。

3. 結果と考察

全てのデータを取得した灌漑期の解析結果を以下に報告する。河川間比較の結果、リン負荷の指標である TP は集水域の水田面積割合とともに増加した一方、窒素負荷の指標である TN は建物用地割合とともに増加した。栄養バランスの指標である TN/TP は、1 河川の外れ値(265.4)を除いて、6.2-63.3 の範囲で変動し、集水域の水田面積割合が中庸な河川で低くなる下に凸型の二次曲線に近似した。河川水中の硝酸は、平均 98.1%が硝化由来であった。硝酸同位体を用いた窒素代謝モデルによる解析の結果、河川の窒素代謝指標 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3-\sigma}$) は TN/TP に対して上に凸型の二次曲線に近似し、TN/TP=10.7 で極大となった。また、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3-\sigma}$ の観察値は、TN/TP が 20 近辺で最大値を示した。結論として、河川生態系の窒素代謝を最大化する栄養バランスは、レッドフィールド比(TN/TP=16)の近傍で変動した。

O-B16

硝酸は底泥リン溶出を抑制しているのか？

*篠原隆一郎 (国立環境研究所), 土屋健司(国立環境研究所)

1. はじめに

リンは植物プランクトンをはじめとする生物生産の制限要因となりうる物質である。底泥からのリンの溶出は全負荷量の半分以上を占めており、極めて重要な負荷源であることが以前から指摘されている。また、底泥溶出を抑制するためのリン吸着材も開発され、実際に現場で利用されている。また、もし硝酸濃度が底泥からのリン溶出を抑制しているならば、下水処理水の放出などを用いてリンを底泥に固着するなどの手法を考えることが可能になると考えられる。

一方で、硝酸がリン溶出を抑制しているのか？という点については懐疑的な点も残ると考えられる。リン溶出のためには、底泥中の酸化還元電位の変動と、リンを吸着しやすい Fe(III)-oxyhydroxides の還元が重要であることは以前から指摘されてきた。古典的な仮説によると、底泥が還元状態になると、Fe(III)-oxyhydroxides が Fe(II) に還元されることで、底泥間隙水中にリンが放出される。一方で硝酸は、electron acceptor として作用することで、底泥中を酸化状態にし、Fe(III)-oxyhydroxides の還元を抑制させ、その結果リンの溶出を抑制させる。しかしながら、霞ヶ浦におけるリン底泥溶出には、有機態リンの存在も重要であることが指摘されており、水温の上昇によってリン溶出が加速化されていることも示されている。有機態リンが底泥溶出の主要な要因である場合、硝酸による影響はどの程度あるのか、詳細に明らかにする必要がある。本研究では霞ヶ浦で採取された底泥柱状コアのデータを用いて、データ解析した。そのデータを用いて、水中における硝酸濃度の変化は底泥溶出に影響しているのか？という問いを検証する。

2. 結果と考察

硝酸によるリン底泥溶出の影響を検証するためには、①底泥内における硝酸濃度変化の検証、②酸

化還元電位と間隙水中の鉄濃度との関係、③鉄濃度とリン濃度との関係を詳細に検証していく必要がある。

① 底泥内における硝酸濃度変化について：

コアを鉛直にスライスし、底泥を遠心分離することで、固相と液相に分けた。間隙水中の硝酸濃度については、底泥直上においては高濃度で存在したが、0~1.5cm の間ほぼ 0 mg/L になっていた。計算された水中から底泥へのフラックスも存在していたが、それ以上に脱窒している可能性がある。

② 酸化還元電位と間隙水中の鉄濃度との関係：

酸化還元電位を白金電極で計測後、ICP-MS で分析した間隙水中の鉄濃度と比較した。その結果、酸化還元電位が 0mV 未満においては酸化還元電位と Fe 濃度は負相関が得られていた。その関係は泥の深度が 10cm 以深で見られ、底泥溶出がかかわる深度 (0~5cm 程度) とは異なる箇所が発生していた。底泥表層(0~5cm)においては、酸化還元電位が高い状態において、間隙水中の Fe 濃度が上昇する傾向であった。

③ Fe 濃度と PO_4^{3-} , DOP との関係

間隙水中の Fe 濃度と PO_4^{3-} とは負の相関である一方、DOP とは正の相関が得られた。もし間隙水中に Fe が放出されると同時に PO_4^{3-} が放出される場合には、正の相関が得られるはずであるが、実際にはその関係性は見られなかった。

以上の結果から、霞ヶ浦では硝酸の存在によってリンの底泥溶出が抑制されるという現象は、発生しにくいものと考えられる。以上の結果は Shinohara et al. (2025) に掲載された。

References:

Ryuichiro Shinohara, Kenji Tsuchiya, Ayato Kohzu(2025) Does nitrate suppress phosphorus release from sediment? A case study in Lake Kasumigaura, Japan. Journal of Hydrology: Regional Studies. 58, 102233.

O-B17

福島県郡山市の田んぼダムにおける土砂・りん流亡の抑制効果

辻 英樹, 境 優, 竹田 稔真, 林 誠二 (国立環境研究所)

1. はじめに

近年、流域治水対策の一環として、大雨時における水田からのピーク流出量の抑制を目的に落水口に流量調整板を設置する、「田んぼダム」装置の普及が全国的に進められている。この装置は粒子態栄養塩類の流出抑制などの副次的効果を有し(吉川・伊藤, 2016)、多角的な流域管理への貢献が期待されているものの、その効果を実証した例は少ない。本研究では福島県郡山市の水田を対象に、田んぼダムによる土砂・全りん流出の抑制効果を評価した。

2. 研究対象地と方法

福島県郡山市における減肥料栽培を行う水田 6 筆（面積 1,398～2,837 m²）を観測対象とした。3 筆ずつの田んぼダム設置区および非設置区において、2023 年 5 月・2024 年 5 月（代かきから数日経過後）に、排水開始（止水板または土嚢の取り外し）から 0, 2, 5, 10, 30 分後の排水試料を、孔径 2 mm のザルで濾しながら 20 L バケツで採水した。容器の満杯までに要した時間から各時刻の排水流量を計算した。

水試料は実験室に持ち帰り、孔径 1 μm のクロスフローフィルタおよび遠心分離機を用いて懸濁物質（土砂）を濃縮し、その後 105℃で乾燥して懸濁物質の重量を測定した。次に絶乾した粒子を 550℃で燃焼し、モリブデンブルー法によって懸濁物質単位重量あたりの全りん濃度を測定した。

以上の工程により、各水田からの懸濁物質および全りん排出量を田んぼダム実施区と未実施区で比較した。ただし落水開始前の湛水量は試験区によりまちまちであったことから、比較する流出量は総排水量 12 m³（落水後 30 分間における流出水量の試験

区内最小値）までの重量に統一した。

3. 結果と考察

排水流量は田んぼダム非実施区：4～20 L/s、実施区：0.4～1.3 L/s であり、排水中の懸濁物質濃度はいずれの試験区でも排水開始直後から急激に低下し、非実施区より実施区のほうが有意に低かった（図 1）。落水後 30 分間の懸濁物質の総流出量は実施区：0.25～0.61 kg、未実施区：3.8～28.7 kg で、12 m³排水時までの総流出量は実施区：0.19～0.54 kg（平均 0.35 kg）、未実施区：1.6～8.9 kg（平均 6.1 kg）であった。これらの流出量は落水開始直後の排水流量と強い正の相関を示したことから、土砂流出の抑制効果は排水能を決める水尻部の局所的構造とともに落水開始前の湛水深の影響を受けると見られる。

懸濁物質 1 g 中の全りん量は 0.8～3.2 mg で、経時的変動や田んぼダムの有無による有意差は見られなかった。落水後 30 分間の全りん流出量は実施区：0.34～1.03 g、非実施区：3.9～23.9 g で、12 m³排水時までの流出量は実施区：0.32～0.92 g（平均 0.53 g）、非実施区：2.9～9.2 g（平均 6.2 g）であった（図 2）。

以上の結果から、田んぼダムによる土砂流出量の低減率は平均 95%、全りん流出量の低減率は平均 91%と見積もられた。この値は吉川・伊藤(2016)の報告値（新潟市亀田郷地区、土砂低減率 74%、全りん低減率 77%）と有意差はなく、田んぼダムが栄養塩負荷の削減に効果的であることが示唆された。

引用文献

吉川夏樹・伊藤沙英美 (2016) 田んぼダムによる潟への土砂堆積抑制に関する研究、平成 27 年度 新潟市潟環境研究所 研究成果報告書

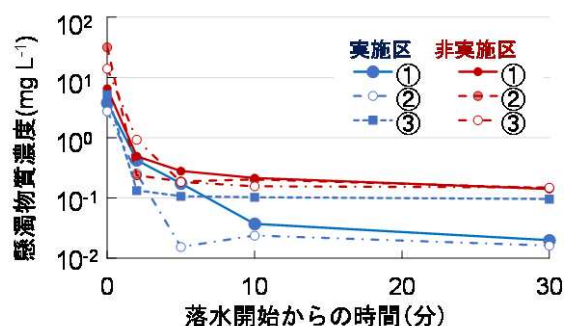


図 1 水田排水中の懸濁物質濃度の変化

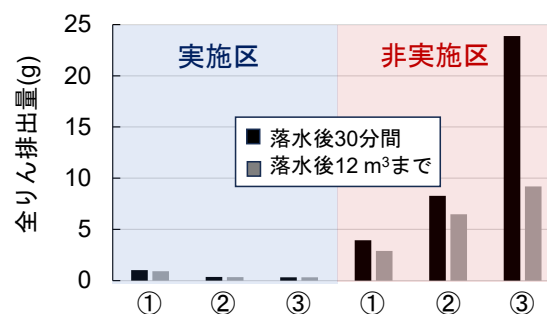


図 2 水田からの全りん排出量

O-B18

魚群探知機におけるダム湖のシアノバクテリア測定を試み

*金相嘩（島根大・EsReC）、林昌平（島根大・生物資源）
鮎川和泰、清家泰（島根大・EsReC）・南憲吏（北海道大、FSC）

1. はじめに

シアノバクテリアは、垂直移動により光や栄養環境に適応し、水面近くでの優勢を保つ特性がある。これにより、夏季には貯水池などでブルーム（アオコ）を引き起こし、水利用や生態系に影響を与える。本研究では、島根県大田市の三瓶ダムを対象に、低コストの観測手法によるシアノバクテリア分布の把握可能性を検討した。具体的には、光学式センサー（PCY）と普通魚群探知機を組み合わせ、分布傾向の可視化を試みた。特に魚群探知機による反射強度の空間分布が、シアノバクテリアモニタリングにおいて有効な代替指標となりうるかを検証した。

2. 材料と方法

図1示すに三瓶ダム（35°10'11.5"N; 132°33'45.2"E）は1996年に完成した多目的ダムで、洪水調整、農業・生活用水供給に加え、観光資源としても重要な役割を担っている。調査は2024年8月4日13:00～14:00に実施し、ダム湖面を航行しながら魚群探知機を用いた音響観測を行うとともに、10地点（GS1～GS10）で水質プロファイリングを行った。特にPCY値（シアノバクテリア指標）の鉛直分布と魚群探知機の音響反射強度との関係性を分析した。

3. 結果および考察

図2に示すように、PCY値は水深1～4mにかけて高値を示し、中央部（GS2～GS8）で特に顕著であった。エコーグラム（図3）では、水面付近（0～2m）に強い反射層（>-80 dB）が確認され、さらに2～6m層では反射強度が漸減し、-100 dB程度の層が6～10m付近に形成されていた。10m以深では、懸濁物質や魚類による複雑な反射がみられ、特に上流側では河川流入由来と推定される高反射域も検出された。

PCY値と音響反射強度（2～6m）との相関は

$R^2=0.663$ と比較的高く、魚群探知機がシアノバクテリアの分布をある程度反映している可能性が示唆された。これらの結果は、魚群探知機を簡易モニタリング機器として応用する可能性を示し、水質管理における現場観測の高度化に寄与すると考えられる。

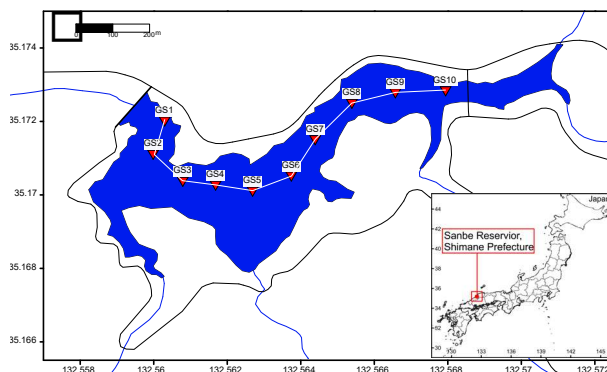


図1 調査地点と航路

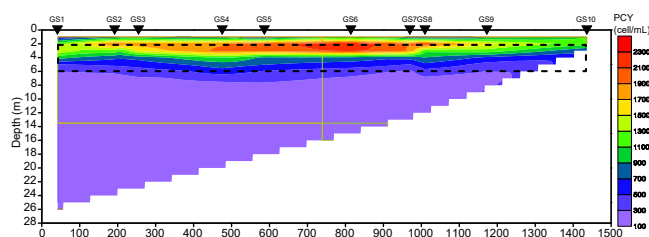


図2 PCY の鉛直分布

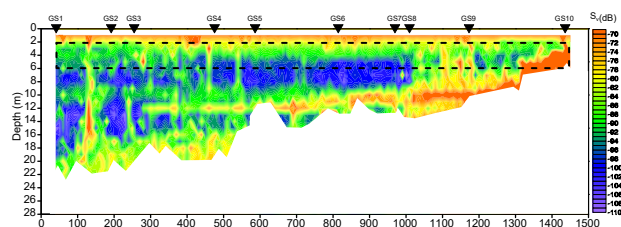


図3 音響反射強度のエコーグラム

O-B19

尾瀬ヶ原の微地形—特に指紋状パターンについて—

*福原晴夫（河北潟湖沼研）・永坂正夫（金沢星稜大）・野原精一（福島県尾瀬保護調査会）・村田智吉（国立環境研）

1. はじめに

尾瀬ヶ原は標高 1400 m に位置し、長さ 6 km、幅 2 km、面積 7.6 km² の「高位泥炭地特有の多様な景観を持った湿原（阪口（1980））」である。尾瀬ヶ原の微地形に関しては、第 1 次尾瀬ヶ原総合学術調査（1950～1952）で小谷（1954）が詳述し、その後、第 2 次（1977～1979）・第 3 次（1994～1996+1）調査で阪口（（1980, 1989, 2007）は「谷内坊主・ブルテ・ケルミ・浮島」, 「シュレンケ・リュレ（湿地溝）・池塘・割れ目池塘・竜宮」を挙げた。このうちケルミ・シュレンケ複合体（Banks and Hollows complex）, リュレは尾瀬ヶ原の代表的な微地形となっている。しかし、ケルミ・シュレンケ複合体の成因については、今なお、世界の湿地において様々な意見が出されている。野原・村田（2005）は尾瀬ヶ原の微地形に地震や地滑りの影響が及んでいることを実証的に報告した。

本発表ではケルミ・シュレンケ複合体のうち、尾瀬ヶ原において最も典型的な指紋状パターン（図）の成因について、地滑り現象の一つである「匍行」の可能性について検討する。

2. 調査地域

尾瀬ヶ原における調査は、北下田代 KS3 の Sakaguchi（1980）の No. 10（野原の A-Line）（図）で行った。

報告者ら（福原、永坂）の所属する NPO 法人河北潟湖沼研究所では、「令和 6 年能登半島地震」による河北潟周辺の被害状況の記録を行っており、その一部である石川県河北郡内灘町西荒屋地区児童公園内（約 100 m x 50 m）の液状化で発生したき裂群の調査結果と比較した。

3. 調査方法

国土地理院による GSI Maps について、指紋状パターンの形状や標高（DEM5A）を計測した。現地において、指紋状池塘の観察と計測、池塘内の水生植物の調査、池塘堆積物の堆積状態等の調査を行った。

西荒屋においてはドローン（Mavic 2 Pro）による上空からのき裂の規模と位置の記録、現場におけるき裂の形状及び規模の計測（GNSS）を行った。

4. 結果と考察

指紋状パターンは指紋状池塘（湛水シュレンケ、以下池塘）と畔（ケルミ）からなり、およその規模は 200 m x 250 m、標高は 1408 m～1413 m で斜面勾配は約 2 % である。大小さまざまな大きさの指紋状池塘が斜面方向に対してほぼ鉛直方向に分布し、大きく 3 種類、小規模な tear 状、湖底全面が湿生植物（主にミカヅキグサ、ミヤマイヌノハナヒゲ）で覆われるもの、一部に湿生植物が無く湖底泥が



図 指紋状パターン（尾瀬ヶ原北下田代 KS3）。黒く見える部分がシュレンケ（池塘）、明るい部分がヌマガヤを主体とするケルミ（畔）。周辺には多くのリュレ（湿地溝）がみられる。撮影：野原精一氏（2021 年 6 月 2 日）。

露出しているものが見られた。池塘の配列は、詳細なパターン図化から、小規模き裂の点在。斜面上部に凸型、斜面下部に向けて凸型、斜面に鉛直の型が見られた。指紋状パターンの周囲には多くのリュレ（湿地溝）が分布しており（図）、池塘から湧水が流出しているものとみられる。

能登半島地震による調査地のき裂には、最上部の段差の大きなき裂、その上部の凸型の引張亀裂や小き裂、下部の直線的な亀裂が特徴的であった。

指紋状パターンを含む Bank and hollow complexes の成因について言及し、本調査の指紋状パターンは地滑り地形との類似性から、Sakaguchi（1980）による Thatch line 説ではなく、地滑り現象（集団移動、Mass Movements）の一種である「匍行（Creep）」の可能性が高いことを指摘した。

謝辞

西荒屋地区児童公園の調査は、内灘町「都市公園占用許可」を得て調査を実施した。尾瀬ヶ原における調査は、尾瀬の自然保護の実態に関する調査・研究や普及活動を実施している福島県尾瀬保護調査会の一環で行なわれた。

O-B20

尾瀬ヶ原池澮から放出される温室効果ガス —フローティングチャンバー法を用いた検討—

*千賀有希子・遠藤信峻・菊地黄・渡邊健介（東邦大・理）
野原精一（福島県尾瀬保護調査会）

1. はじめに

泥炭湿原は、有機物貯留の重要な場であると認識されている。泥炭湿原には、池澮と呼ばれる池沼が形成されることが多く、その池沼水に存在する主要な有機物は溶存有機物（DOM）である。近年の気候変動にともない泥炭湿原から放出される温室効果ガスが懸念されているが、池澮において温室効果ガスの放出速度を測定した例は少ない。

池澮における DOM を起点とした温室効果ガスの生成は2つの過程が考えられる；1) バクテリアなどによる微生物過程、2) 太陽光による光分解過程。微生物過程に関してはある程度報告があるものの、光分解過程に関しては不明な部分が多く、定量的な知見はない。泥炭湿原から放出される温室効果ガスを正確に把握するには、各過程から放出される温室効果ガスの放出速度を明らかにする必要がある。

本研究では、尾瀬ヶ原池澮を対象に、DOM の微生物過程および光分解過程を介した温室効果ガス CO_2 , CH_4 , CO の放出速度を測定する簡易方法をチャンバー法によって検討した。

2. 材料と方法

チャンバー法の検討は、2023 年 6, 8, 9 月に尾瀬ヶ原中田代の池澮で行った。DOM の微生物過程から放出される温室効果ガス速度を測定するために黒色アクリルチャンバー（暗チャンバー）を、光分解過程に関しては透明アクリルチャンバー（明チャンバー）を用いた（内径 15 cm×高さ 20 cm）。これらのチャンバーに池澮水をそれぞれ 1.5 L ずつ加え、湿原内に設置した。暗チャンバーの蓋には黒色アクリル板、明チャンバーには石英板を使用した。両チャンバーの蓋とも真空採血針を固定し、時間を追って気相を真空バイアル瓶に回収した。チャンバーの繰返しは3個とした。また、光合成光量子束密度（PPFD）の測定も行なった。

CO_2 , CH_4 , CO 濃度の測定は、メタナイザーを装備した水素炎イオン化検出器（FID）付きガスクロマトグラフで行った。

3. 結果と考察

チャンバー法検討の前に、池澮水における各溶存態ガス濃度を測定したところ、全てのガスで飽和濃度よりはるかに高い濃度が検出された。したがって、チャンバー法によって微生物過程および光分解過程由来の温室効果ガスを追う際には、溶存態濃度を考慮する必要があると考えられた。

明チャンバーでは、全てのガス放出が確認され、その放出速度は $\text{CO}_2 > \text{CO} > \text{CH}_4$ の順であった。これらのガス放出速度は8月の方が9月より大きかった。8月のDOC濃度は9月よりも高かったことに加え、太陽光の放射強度も8月の方が高かったため、DOM 光分解にともなうガスの放出速度は8月の方が高かったと考えられた。また、CO 放出速度は、PPFD と正の相関を示した（ $p < 0.05$, $r = 0.884$ ）。したがって、尾瀬ヶ原池澮における CO のほとんどは微生物過程ではなく光分解過程に由来すると考えられた。一方で、 CO_2 と CH_4 の放出速度は PPFD と相関を示さなかった。明チャンバーにおいて光分解によって生じた CO_2 は、一部植物プランクトンなどによる光合成によって消費されている可能性が示唆された。 CH_4 に関しては、好気的な表層においてメタン酸化菌による消費が推察された。

8月の暗チャンバーにおいては、各ガス放出速度は明チャンバーよりも小さく、池澮表層における温室効果ガスの放出は、太陽光放射が強い時期には光分解過程の方が微生物過程よりも寄与が大きいことがわかった。一方、9月には CO_2 放出速度は明チャンバーより大きく、 CH_4 と CO の放出速度はマイナスとなった。太陽光放射が弱い時期ではこれらのガス動態に微生物過程の方がより影響すると考えられた。

本研究は、微生物過程および光分解過程を介した温室効果ガス放出速度の測定に、改良する必要があるが、明暗チャンバー法が有用であることを示唆した。

O-B21

尾瀬ヶ原の融雪期に現れるアカシボを ニッチとするメタン酸化細菌

*梅澤和寛（静岡県立大学）、Jackson Tsuji（JAMSTEC）、野原精一（福島県尾瀬保護調査会）、
谷幸則（静岡県立大学）、福井学（北海道大学）

1. はじめに

尾瀬ヶ原湿原は標高約 1400m に位置する山岳湿原であり、冬季には積雪量が数 m に達する。本湿原では、雪表面が赤褐色に彩雪する「アカシボ」現象が融雪末期にみられる。本現象は、微生物作用によって生じた酸化鉄（アカシボ）による着色によるものである。アカシボは融雪にともない雪中で発達し、アカシボを中心とした特徴的な微生物生態系が形成されることが明らかとなりつつある(Kojima et al., 2012)。また、一部のアカシボは無雪期にも残存し、微生物マットを形成する。湿原は温室効果ガスであるメタンの主要な放出源であり、アカシボがメタン動態に与える影響について理解することが重要である。本研究では、無雪期のアカシボ微生物マットから分離培養した新規糸状性メタン酸化細菌のアカシボにおける生態を明らかにすること目的とした。

2. 材料と方法

2022 年に採取したアカシボ残存物を含む微生物マットを接種源として酸化鉄を含むメタン酸化条件下で培養を行った。分離培養後、全ゲノム解析および TEM 観察を行った。2024 年の融雪期にアカシボを含む雪試料について、16S rRNA 遺伝子を対象としたアンプリコンシーケンス解析を行った。さらに、CARD-FISH 法による蛍光免疫染色を行った。

3. 結果および考察

糸状性のメタン酸化細菌の分離培養に成功し、ゲノム及び 16S rRNA 遺伝子に基づく系統分類の結果、湖沼に優占する *Crenothrix*（湖沼型 *Crenothrix*）に分類されることが明らかとなった。TEM 観察によって、隣接する細胞が接合すること

が判明した。ゲノム解析により、タイプ VI 型の分泌機構による接合であると示唆された。また、I 型メタン酸化細菌に特徴的な内膜構造も観察され、メタン酸化に必要な遺伝子も見つかった。また、鉄に関連する遺伝子を探索した結果、鉄タンパク質で酸素の運搬に関わるヘムエリスリンをコードする遺伝子が見つかった。

アンプリコンシーケンス解析の結果、本菌は雪中における発達段階のアカシボから多く検出された。CARD-FISH 法においても糸状性の I 型メタン酸化細菌が観察された。

以上の結果から、湖沼型 *Crenothrix* が積雪中に生息していることが明らかとなった。冬季の間、メタンは積雪により湿原から大気への放出が抑制され、湿原にはメタンが高濃度に蓄積している。一方で、積雪により大気からの酸素の供給は制限されて、低酸素が維持されている。湖沼型 *Crenothrix* がヘムエリスリンの生合成に酸化鉄を利用し、酸素を効率的に取り込むことで低酸素環境に適応する可能性が示された。

湖沼型 *Crenothrix* は融雪期にメタンを消費することでメタンフィルターとして機能していることが見出された。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 24K20919 の助成を受けたものです。

文献

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

O-B22

気温上昇、洪水・無降水期の増加によって

尾瀬ヶ原湿原は乾燥化するか

* 野原 精一（福島県尾瀬保護調査会）、村田 智吉（国立環境研究所）、
千賀 有希子（東邦大学）

1. はじめに

尾瀬ヶ原は、「生きている泥炭地」（阪口，1989）であり，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の微地形の発達した平坦面は「浮島プラトー」と呼ばれている（桼村ら，2007）．桼村らが発見した荒廃地や東南隅に阪口（1989）のいう割れ目池塘がある．吉岡（1954）は尾瀬ヶ原のミズゴケ類が微地形に応じたすみわけをみせ，微地形発達の要因とした．桼村（生物科学 1981、第 33 巻第 4 号）は，高層湿原の微地形とミズゴケの分布を詳細に報告し，尾瀬ヶ原は僅かな気候変動がその発達や衰退を左右するとした．そこで，桼村（1979）の調査から 45 年後に地形と植生変化を見るために再調査を行った．

2. 調査地と方法

近年ドローンを活用して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用いられている．ドローン（ファントム 4 プロ、DJI）を用い低空（149m）から自動で写真を撮り、合成画像を作成し，池塘の形状から位置を推定して桼村（1979）の方形区の植生図（20m*50m）を再現した．みちびき衛星を比較 GPS データとしたデファレンシャル GPS 測量（JPS 社，GNSS 測量システム）の地形測量を実施した．

植生調査は 8 月に 1m 方形区を写真に撮り，後日写真から相観植生の植被率を計算した．主な浅い池塘において，自記式水位計（H0B0，U20-001-04）を湖底に沈めて，水位変化と水温変化を計測した．主な植生（ミズゴケ、ヌマガヤ、ホロムイスゲ等）に 0.9m 深のピゾメータ（地下水位）とテンシオメータ（DIKI）をインターバルカメラで撮影し，地下水位・土壌水分変化を記録した．また地温・照度・土壌水分を 1 時間毎にロガーに記録した．

3. 調査結果と考察

再現した調査区は，地理院地図のレーザー観測の地形図と比較した結果，約 1m の地盤沈下があり過去の中越地震等の影響と推察された．

過去（1979 年）に調査された植生図にドローン画像を重ねてその 45 年の変化を比較した．ヌマガヤ、ホロムイスゲの分布範囲が広がり，ミズゴケ群落の縮小が確認された．尾瀬ヶ原の植生は遷移していることが明らかになった．その植生遷移は気候変動（気温上昇、洪水・無降水期の増加）による草本植生の増加（高層湿原の中間湿原化，草原化）によるかどうか等の関連性を確認する方法を模索している．

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．



左図：2019 年 8 月の画像に 1979 年の植生図を重ねた．



右図：左図のトレース線画．

O-B23

千葉県手賀沼の有機物分解特性と炭素循環への影響

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

1. はじめに

光合成による有機物の生産は、大気中から二酸化炭素を除去することとなる。生産された有機物のうち、バクテリアなどにより分解を受けにくい有機物(難分解)は、時には地質学的年代において大気から二酸化炭素を固定するため、二酸化炭素による温暖化を緩和する働きを持つ。しかし、分解を受けやすい有機物(易分解)は直ちに大気に二酸化炭素として戻ってしまうため温暖化を緩和する働きを持たない。すなわち、生産される有機物の分解されやすさ(分解特性)もまた、炭素循環、ひいては地球の気候に影響を与えうる。本発表では、富栄養状態のため有機物生産性が高まった千葉県手賀沼の有機物の分解特性と手賀沼における炭素循環の関係について報告する。

2. 実験方法

手賀沼湖水および流入河川水について、有機炭素濃度(TOC)およびマンガン法およびカドミウム法による化学的酸素要求量(COD(Mn)、COD(Cr))の測定を行った。また、暗瓶法により有機炭素分解量および分解速度の見積もりを行った。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。

3. 実験結果と考察

手賀沼湖水の有機炭素濃度は年平均で 2.8 ± 0.7 (mg-C/L) 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。手賀沼への流入水と手賀沼湖水を比較すると、比較的酸化力の弱い COD(Mn) 法で分解可能な有機炭素が流入水に比べて手賀沼湖水で大きく増加していた。すなわち、手賀沼湖内で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。

酸素の供給を行いながら暗瓶中で5日間保存した試料に対して COD(Mn) 法を適応したところ、サンプリング当初と比較して大きく COD(Mn) 値が減少している様子が確認された。すなわち、化学的に分解を受けやすい有機物を手賀沼のバクテリアなどは優先的に利用していることとなる。

一方、酸化力の強い COD(Cr) 法でも分解されない有機物は、流入水に比べて湖水で減少していた。それらの多くは粒子態として存在していることから、湖内で生産された粒子に吸着し湖底へと除かれていると考えた。

暗瓶法で評価される試料水の有機物(有機炭素)分解速度は基質である有機炭素濃度に依存するので、有機炭素濃度を分解速度で除して得られる「水柱での有機物分解による Turnover Time」(=有機炭素濃度/分解速度)を関東周辺の湖沼について評価したところ、手賀沼における Turnover Time は他の湖沼に比べ短かった。富栄養化した手賀沼においては、高い生物生産性を有しているにもかかわらず、大気から二酸化炭素を吸収するのではなく、大気に大量の二酸化炭素の放出を行っている。すなわち大気二酸化炭素の供給源となっている。大気に二酸化炭素を放出するためには、水中で無機態炭素濃度が高く維持されていることが必要となるが、今回観測された手賀沼湖内で生産される有機物が生産後、速やかに酸化、無機化されることで湖内での無機炭素濃度が高く維持され、結果的に大気への二酸化炭素の放出を可能としているものと考えられる。

4. 結論

千葉県手賀沼に存在する有機物の分解特性の調査を実施した結果、手賀沼においては化学的に分解されやすく、バクテリアなどにより優先的に利用される有機物が生産されることがわかった。その結果、富栄養状態にあり高い生物生産性を有していても、大気への二酸化炭素の放出を可能としているようである。

20 世紀後半の手賀沼の有機汚濁問題の解消のため、2000 年より手賀沼の上流域から利根川の河川水が大量に注水されている。ケイ素濃度の高い利根川河川水を手賀沼に注水することにより、現在の手賀沼における植物プランクトンの優占種はケイ藻となっている。すなわち、手賀沼の有機物の主要な生産者はケイ藻となるが、ケイ藻の生産する有機物は分解されやすいものなのかもしれない。

O-B24

鉱山閉鎖後における河川の底生動物群集の変化

富山公晴（東洋大院），横溝裕行（国環研），*竹下和貴（東洋大院）

1. はじめに

休廃止鉱山周辺の河川における重金属汚染は、世界各地での長年にわたる環境問題の一つである。鉱山の閉鎖後、鉱山による河川生態系などへの影響を低減し回復を図るため、一部の休廃止鉱山では坑廃水处理などの施策が実施されている。しかし、施策開始から数年の間は、世代時間が比較的短い底生動物群集であっても不安定な変動を示すことが報告されており、施策の効果の評価には、数十年といった長期的な時間スケールでの生態系調査が不可欠である。また、重金属汚染に対する感受性には生物種の間で差がみられるため、総个体数や総種数といったシンプルな指標に基づくモニタリングでは、重金属汚染に敏感な種と鈍感な種の置き換わりを見逃してしまう恐れがある。したがって、群集構造の変化にも着目した総合的な評価が重要である。

本研究では、閉山から約 50 年が経過した関東地方のある鉱山の周辺河川において底生動物群集の採集および河川水質を含む野外調査を実施し、長期的な坑廃水处理施策の効果を検討することを目的とした。

2. 方法

野外調査は、2022 年 11 月、および 2023 年の 2 月、5 月、8 月の計 4 回（各季節 1 回）実施した。処理廃水が流入する地点の上流および下流の地点や支川（対照区）を含む計 8 地点にて、サーバーネットを用いた底生動物の採集を行った（各地点で 3 回の繰り返し）。採集した底生動物は、実体顕微鏡を用いて種同定した後に種別個体数をカウントした。また、底生動物の採集と同時に河川水を採取し、銅、亜鉛、ニッケル、鉛、カドミウムの溶存態濃度を ICP-MS により定量した。さらに、底生動物の採集地点では、流速などの物理的要因も記録した。

重金属汚染の程度と底生動物群集の特徴の関連を評価するために、目的変数を底生動物の個体数または種数、説明変数を重金属類の相加的な複合影響の大きさ（各重金属の濃度を米国環境基準値で除した上で足したもの）、流速、河床の礫サイズ、調査月、調査地点とする一般化線形混合モデルを構築した。また、文献調査を通じて鉱山の閉山前後における底生動物調査データを入手し、現在（本研究による調査）との群集構造の比較を行った。比較には、*morisita* 指数を用いた非計量多次元尺度法（Non-metric Multidimensional Scaling ; NMDS）を用いた。

3. 結果と考察

一般化線形混合モデルの結果、底生動物の個体数および種数のいずれについても、重金属汚染の程度との統計的に有意な関連はみられなかった。しかし、各調査地点の優占種を比較すると、地点間の距離ではなく重金属汚染の程度と対応した違いがみられたため、本調査地では、総個体数や総種数では評価できない群集構造のバリエーションが存在していることが示唆された。

NMDS によってまず現在の群集構造を二次元平面上に座標付けした結果、過去あるいは現在において重金属汚染を経験している地点の群集構造は、対照区の群集構造とはいずれも大きく異なっていた。鉱山が閉山した時期（約 50 年前）の底生動物データを用いて NMDS を実行したところ、底生動物の群集構造は閉山の前後で大きく変化していたこと、対照区（現在の対照区と同一）の群集構造のみが閉山前後でも唯一変化していなかったことが明らかとなった。したがって、かつての重金属汚染によって形成された底生動物の群集構造の空間的なバリエーションが、その後の水質改善にもかかわらず現在まで維持され続けている可能性が明らかとなった。

O-B25

フナ属における ^{137}Cs 濃度と腸内細菌叢との関係

*石井伸昌（量研機構・放医研），風呂田利夫（東邦大・理）

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、その一部は放射性降下物として陸域環境に沈着し、長期的な汚染を引き起こした。中でも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年と長いいため、環境中に長期間残留することが懸念されている。陸水環境においては、淡水魚に対する ^{137}Cs 汚染が高止まりの状態では推移しており、一部魚種では現在も出荷制限や出荷自粛が継続されている。

淡水魚の ^{137}Cs 濃度に影響を与える要因として、餌資源や生息環境が挙げられている。腸内細菌はミネラルの腸管吸収に関与することから、 ^{137}Cs 濃度にも影響を及ぼす可能性がある。

こうした背景のもと、淡水魚における ^{137}Cs 濃度の決定要因を明らかにすることは、将来的な濃度予測および汚染の低減に向けた重要な知見となる。そこで、本研究では食性の異なるギンブナとゲンゴロウブナを対象に腸内細菌叢を比較し、それぞれの ^{137}Cs 濃度との関係について検討した結果について報告する。

2. 材料と方法

千葉県の印旛沼において、採捕日の前日に印旛沼漁協組合員が設置した張網により採取されたフナ類を試料とした。採捕個体は実験室に持ち帰り、腸管内容物を採取後、DNAを抽出した。抽出したDNAから16S rDNAのV3-V4領域を増幅し、Illumina Nexseq systemにより塩基配列の網羅的解析を実施した。窒素安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$ ）分析には筋肉組織を用い、凍結乾燥・粉碎後に分析試料とした。 ^{137}Cs 分析には粉碎した筋肉および筋肉以外の試料の全てを混合した試料を用いた。ゲルマニウム半導体検出器により測定を行い、得られた値と魚の水分含量から全新鮮重量当たりの ^{137}Cs 濃度を算出した。

なお、採捕したフナ類は鰓耙数に基づき分類

し、55本以下の個体をギンブナ、80本以上の個体をゲンゴロウブナとした。

3. 結果と考察

体長に差のないギンブナ（ $n=6$ ）およびゲンゴロウブナ（ $n=9$ ）において、 $\delta^{15}\text{N}$ を比較した結果、ギンブナは14.1‰、ゲンゴロウブナは12.7‰を示し、両者の間に有意な差が認められた。これにより、種間で食性が異なることが確認された。

一般に食性は ^{137}Cs 濃度に影響することが知られているが、本試験に用いたフナでは両種間に ^{137}Cs 濃度の差は確認されず、濃度には食性以外の因子が関与する可能性が示された。また、 ^{137}Cs 濃度の変動係数はギンブナで0.40、ゲンゴロウブナで0.25と比較的大きく、種内でも個体間にばらつきがあることが明らかとなった。

このばらつきの要因を探るため、体形は類似しているが ^{137}Cs 濃度が異なる個体の腸内細菌叢を比較した。その結果、シャノン指標によって評価した腸内細菌叢の多様性と ^{137}Cs 濃度の間には明確な関係は認められなかった。一方、腸内細菌の機能的な側面に着目すると、宿主に有益な細菌の比率が高い、あるいは個体病原性が疑われる細菌の比率が低い個体ほど ^{137}Cs 濃度が高い傾向が認められた。

例えば、ギンブナでは、ビタミン B_{12} 産生が知られる *Cetobacterium* や、消化機能に関与する可能性のある *Romboutsia*、*Barnesiellaceae*、*Bacteroides* などの有益な細菌の存在割合が、 ^{137}Cs 濃度の低い個体（9.4%）よりも高い個体（38.7%）で高いことが確認された。これらの知見は、魚類における健康状態が ^{137}Cs 濃度に影響を及ぼす可能性を示しており、今後のさらなる検証が求められる。

4. 謝辞

本研究はJSPS科研費21K05758および25K02046の助成を受けたものです。

O-B26

琵琶湖南湖における在来コイ科魚類 8 種の 57 年間の
資源量変化とその要因

*松崎慎一郎（国立環境研究所）、深谷肇一（国立環境研究所）、
馬淵浩司（国立環境研究所）、亀甲武志（近畿大）、
高村典子（長野県諏訪湖環境研究センター）

1. はじめに

琵琶湖南湖は、琵琶湖全体の 12 分 1 程度の面積であるが、固有種ホンモロコ、ニゴロブナ、ゲンゴロウブナ等のコイ科魚類の産卵や生育を支える重要な場所であった。近年、南湖は、湖岸改変、水位操作、外来魚の侵入、水草の繁茂など様々な人為的影響を受け、漁獲量が減少している。減少要因の特定に関する研究の多くが漁獲量に基づいており、資源量の長期動態と人為的要因の影響は必ずしも明らかではない。また、資源回復のための様々な保全施策も行われてきているが、これらの効果の有無は十分に評価されていない。

本研究では、南湖の志那漁協から提供された 57 年間の資料をもとに、コイ科魚類 8 種（オイカワ、ハス、ワタカ、ホンモロコ、ヒガイ類、スゴモロコ、コイ、フナ類）の資源量指標 CPUE（catch unit per effort）を推定し、減少要因の特定と保全施策の効果検証を試みた。

2. 材料と方法

【CPUE の推定】1966 年から 2022 年までの魚種別漁獲量と漁獲努力量の指標となる組合員数のデータを用いて、各種の CPUE の長期変化を状態空間モデルによって推定した。また、個体群成長率つまり CPUE 変化率（ $CPUE_t/CPUE_{t-1}$ ）も算出した。

【減少要因の解析】4 つの人為的要因（湖岸改変・水位操作・外来魚・気候変動）の影響に着目した。まず、湖岸改変、水位操作、外来魚急増が起きた時期から、下記の 3 つの期間に分け、どの期間に個体群成長率が最も低下したかを解析した。

- ・期間 1（1966～1975 年）
人為的影響が小さい
- ・期間 2（1976～1991 年）
湖岸の改変とオオクチバスの急増
- ・期間 3（1992～2022 年）
水位低下操作の開始とブルーギルの急増

次に、気候変動の長期指標として年平均気温を用いた。上記の局所要因影響と区別するため、各期間における平均気温から偏差を算出し、それらと個体群成長率の関係を解析した。

【保全施策の効果】ワタカは 2009 年から南湖で大規模種苗放流、ホンモロコは 2012 年から自主禁漁や水田育成を行っていることから、それぞれの開始年から 2022 年までを期間 4 として、個体群成長率に変化があるかを解析した。

3. 結果および考察

全種において、CPUE の長期的な減少が認められたが、顕著に減少した時期は種間で異なった。コイ、フナ類、ハス、ワタカ、ヒガイ類の個体群成長率は期間 2 に顕著に減少したことから、湖岸改変 and/or オオクチバス急増が減少要因の可能性が示唆された。一方、ホンモロコ、オイカワ、スゴモロコの個体群成長率は、期間 3 に顕著に減少したことから、水位操作 and/or ブルーギル急増が減少要因の可能性が示唆された。前者 5 種と後者 3 種間で生活史形質が異なったことから、種によって影響を受ける要因やメカニズムが異なることが考えられた。また、気温上昇が個体群成長率に与える影響は、コイを除く 7 種において負の傾向が認められたが、統計的に有意ではなかった。

ワタカとホンモロコは、期間 4 において個体群成長率が有意にプラスに転換し、保全施策の効果が示唆された。しかし、両種ともに 1970 年代の資源量レベルまでは回復していなかった。

本研究から、琵琶湖南湖では人為的要因が増えるにつれ、影響を受けるコイ科魚類が増えた可能性（累積的影響）、加えて持続的な保全施策によって資源減少を食い止められる可能性が示唆された。

O-B27

北海道の湖沼保全に向けた水環境の現状評価と情報発信

*木塚俊和，五十嵐聖貴，三上英敏，山口高志，鈴木啓明，大屋祐太，
野口泉（道総研・エネ環地研），長谷川祥樹（道総研・北総研）

1. はじめに

全国にある天然湖沼（面積 1 ha 以上）のおよそ 4 分の 1 が北海道にあるとされ（環境庁, 1993），多種多様な湖沼は，水資源，水産，観光など多くの生態系サービスを提供する。道総研エネルギー・環境・地質研究所（以下「当所」）では，湖沼保全のための基礎情報を提供するため，道内の主要な湖沼の諸元や水質の特徴についてまとめた「北海道の湖沼」を刊行してきた（北海道公害防止研究所, 1990; 北海道環境科学研究センター, 2005）。前回（第 2 版）の刊行から 20 年が経過し，道内の多くの湖沼において，水環境の現状や，過去からの長期的な変化についての知見が不足していた。そこで，本研究では，道内の主要な天然湖沼を対象に，水質や流域環境の現状を調査し，水質の特徴や流域環境との関連性，及び長期変化について明らかにするとともに，得られた情報の活用を図るため，Web サイトを作成し，情報発信することを目的とした。

2. 材料と方法

道内の面積 1 ha 以上の主要な天然湖沼（134 湖沼; 北海道, 1989）のうち，70 湖沼について，2021～2023 年の非積雪期に湖心の表層水を採水し，水質分析を行った。水質の特徴把握のため，主要イオン濃度（ Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ），COD, DOC, 紫外吸光度, Chl-a, SS, TN, TP を対象に主成分分析（PCA）を行った。さらに，主成分得点を目的変数，土地利用や人口などの流域環境を説明変数とする一般化線形モデル（GLM）を構築した。次に，水質の長期変化解析として，[i] 1970-1980 年代，[ii] 1990-2000 年代及び[iii] 2010-2020 年代の各年代について COD, TN 及び TP の各平均濃度を算出し，経年変化を調べた。最後に，上記 70 湖沼に，当所で近年水質調査や UAV による空中写真撮影を行った 30 湖沼（天然湖 29，ダム湖 1）を加えた計 100 湖沼について，各湖沼の諸元や水質の特徴等を観測データや現地写真とともに解説した Web ページを作成した。さらに，道内の天然湖沼の成因や物

理特性，水質特性，地域特性などの解説も加え，「北海道の湖沼 第 3 版」として，2025 年 5 月に道総研のホームページ上に公開した（図 1）。

3. 結果と考察

淡水湖（ $n = 53$ ）を対象とした主成分分析により，14 の水質項目は，主要イオン成分の豊富さ（PC1）と，有機物や栄養塩の豊富さ（PC2）の大きく 2 つの主成分に集約された。GLM 解析の結果，PC1 に対して温泉密度が，PC2 に対して農地や泥炭地の各面積率等が有意な正の回帰係数を示した。このことから，温泉，農業，湿原などの北海道を特徴づける自然環境や生産活動が湖沼の水質形成に影響していると考えられた。水質の経年変化から，COD, TN, TP の各濃度が上昇傾向にある 24 湖沼が抽出され，その 7 割近くは，行政機関等による水質の定期的なモニタリングがされていないことが分かった。このことから，湖沼の水環境保全や水質悪化等の早期対策のためには，モニタリングされていない中小の湖沼を含む全道の湖沼を対象とした水環境の現状や長期変化の把握が重要と考えられた。



図 1 作成した Web サイトの一部（縮小版）

引用文献：

北海道（1989）：北海道湖沼環境保全基本指針。北海道環境科学研究センター（2005）：北海道の湖沼 改訂版，北海道環境科学研究センター。北海道公害防止研究所（1990）：北海道の湖沼，北海道公害防止研究所。環境庁（1993）：第 4 回自然環境保全基礎調査湖沼調査報告書（全国版），本編・資料集。

O-B28

藻類リソース普及のための
効率的な無菌化技術の開発

鈴木 重勝（筑波大・生命環境、国立環境研究所）、大田 修平（国立環境研究所）、
*田辺 雄彦（国立環境研究所）

1. はじめに

微細藻類は生態系において1次生産者として重要な役割を果たしている一方、異常な大量増殖やラン藻毒に代表される様々な代謝産物の産生により、陸水環境に大きな悪影響を及ぼすこともある。このことから、これまでも多くの微細藻類株が研究材料として陸水学研究者に使われている。国立環境研究所微生物系統保存施設（MCC-NIES）では、4,000株を超える微細藻類株を保存しており、世界中の研究者に向けて分譲を行っている。当施設は諸外国の藻類コレクションと比べて多くの無菌株を保有しているが、依然として細菌の混入している非無菌株も多い。藻類の増殖は、共存する細菌組成の変動による影響を大きく受けるため、非無菌株を使用して培養を行った場合、安定した実験結果を得られないことがよくある。また、非無菌株を使用して遺伝子解析を行うと、取得した配列データに共存細菌由来の配列が混入してノイズとなる。このため、研究材料としての藻類株は無菌であることが望ましいが、これまでの藻類株の無菌化は職人技術的な要素が大きく、無菌化作業効率の改善が望まれていた。

2. 材料と方法

本研究では混入細菌を効率よく除くための新しい技術として、積層ゲル無菌化法（LGA法）を開発した。本手法は特殊な組成のポリマーに藻類培養液を通過させ、遊離細菌の削減と付着細菌の除去の相乗効果により無菌化を行うものである。本手法の効果を検証するために、これまで無菌化困難とされていた藻類株を含む様々な細胞サイズ・形状の微細藻類の無菌化を試みた。また、環境中の微細藻類の分離における本手法の有効性を検証した。さらに、本手法を用いた、培養を介さない新規ゲノム解析手法の検証も試みた。

3. 結果

本手法を採用することにより、MCC-NIESで保存している多くの株の無菌化に成功した。の中には、これまでに無菌化困難とされてきた藻類種21株も含まれる。環境中から採集したサンプルに本手法を施した後に単離をすることにより、ブルーム形成糸状性ラン藻、これまで株樹立報告のないケイソウ等の無菌株の作成にも成功した。本手法実施後に単離したケイソウ5細胞から全ゲノム増幅法を行い、Oxford Nanopore シークエンサーによりシーケンスを行ったところ、染色体全体が網羅されたゲノム配列を得ることができた。

4. 考察

本手法の開発により、これまで無菌化できなかった多くの微細藻類株の無菌化に成功した。これにより、MCC-NIESが保有する微細藻類株の品質向上を図ることができた。また、本手法は新規株の確立や環境ゲノミクス研究にも大きく貢献する可能性がある。さらに、本手法は種特異的なプロセスを含まず、多様な外部構造をもつ細胞に適用可能なため、微細藻類に限らず多くの微生物に適用可能である。今後はセルソーター等の導入により、無菌化手法の職人技術依存からのさらなる脱却を目指して技術のハイスループット化を進めていく予定である。

O-B29

矢作川におけるコケ植物の流程分布と一次生産

* 内田朝子（豊田市矢作川研究所）・山田佳裕（香川大・農）

1. はじめに

水生コケ植物は、川の浅瀬や石のシュブラッシュゾーンなどに生育している。コケ植物は源流や山地溪流の流域面 100 km² 未満の水域で多く報告されているが、流域面積 1000 km² を越える矢作川の上中流域でも、瀬の河床に蘚綱 10 種、苔類 2 種のコケ植物の生育が確認され、通年水没した河床では、*Ectropothecium obtusulum*, *Rhynchostegium riparioides* が優占している（Uchida et al. 2023）。

矢作川では河畔の開けた場所が多く、付着藻が主たる一次生産者である。しかし、コケ植物が同所に生育した場所では、水生動物の生息環境や食物網が変化し、河川生態系の機能が異なっていると考えられる。本研究では、矢作川本流におけるコケ植物密度の流程分布、季節変化を明らかにし、コケ植物と付着藻群落の光合成を比較した。

2. 材料と方法

水生コケ植物の密度分布調査は矢作川の上中流の 11 地点において、夏冬に実施した。各地点の横断面上に原則 10 m のメッシュを置き、その交点 1 m² を潜水目視により、コケ植物の植被を 5% 刻みで記録した。中流域の Site 6 ではこの調査を各季節に実施し、コケ植物の季節変化を把握した。コケ植物と付着藻群落の光合成速度および一次生産量の調査は原則、月 1 回実施した。阿摺ダム下流約 0.7 km で採取した試料を用い、室内で人工気象器内（FLI-301N・EYELA 東京理化工学株式会社）で 3h 培養し、明暗びん法で見積もった。光量子密度は、約 18–720 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の間で 5 段階に設定した。光合成—光曲線（*P-I* 曲線）は Iwakuma & Yasuno（1983）の式で近似させた。日総生産量の見積もりは Nozaki（2001）に従った。

3. 結果

コケ植物は全調査地点の半数で生育しており、

確認地点はダム下流に位置していた。Site 6 ではコケ植物の年平均植被率は 13.8% であり、河川断面の 1 割を越えていた。植被率は、非出水期の冬季に 17.3% と高く、出水期直後の晩秋には 10.5% に低下するという季節性が示された。

コケ植物群落の最大の光合成速度（以下 P_{max} ）は、8 月の 0.86 mg C mg Chl.a⁻¹ h⁻¹ であった。付着藻群落では 4 月と 10 月の 1.71 mg C mg Chl.a⁻¹ h⁻¹ であった。年を通し日総生産量（ P_g ）は、コケ植物群落で 231.4–1153.7 mg C m⁻² day、付着藻群落で 42.2–430.3 mg C m⁻² day の範囲にあり、12 月以外でコケ植物群落が高かった。

4. 考察

コケ植物の植被と水深および流速との関係から、コケ植物は流速の速い地点で定着をはじめ、植物体の断片を下流へ供給することで、分布を拡大していると考えられた。コケ植物には捕食者がほとんど存在せず、仮根で速い流速環境に適応している。そのため、出水があっても付着藻のように容易に剥離除去されず、更新されにくいと考えられる。

P_g / R_d の年平均値は、コケ植物群落で 2.1、付着藻群落で 2.5 であり、両者とも独立栄養型であった。滞留時間を炭素量／総生産量でみると、コケ植物では冬季に約 135–155 日と長く、付着藻の最大値 60 日の 2 倍以上で、更新速度が遅いことがわかった。

河床におけるコケ植物の参入は、総生産量が高く光合成速度の鈍化した空間をもたらす。コケ植物の増加は、付着藻の生育面積を圧迫すれば、河川の生産量が低下し、河川の一次生産機能に変化をもたらすであろう。これは、付着藻を餌としているアユやヒラタカゲロウなど二次生産者の餌源を減少させることになる。

O-B30

諏訪湖の植物プランクトンの季節変化-2017-2023 年

*久保田伊央里，高村典子（長野県諏訪湖環境研究センター）

1. はじめに

諏訪湖の植物プランクトンについては、これまで1911-2002年における優占種の出現傾向（朴2005），1999年以降アオコ形成種である *Microcystis* 属現存量の大幅な減少と同属の種構成の変化（花里・朴 2008），2011-2016年の *Mougeotia* と *Dolichospermum* の増殖要因の検討（Futatsugi *et al.* in press）等の報告がある。長野県は，2011年より定期的に諏訪湖の植物プランクトンを調査しており，2016年7月に起きたワカサギの大量死を契機として，2017年度より更に詳細に調査を行っている。本講演では，2017-2023年度にかけて，諏訪湖湖心の表層と下層で測定した植物プランクトン（クロロフィル a 濃度と種類組成）の季節変化と，その特徴について報告する。

2. 材料と方法

諏訪湖湖心の表層（水深 0.5 m）と下層（湖底から 0.5 m 上）において，毎月 1 回調査を行った。なお，2017年度の2月と2021年度の1月は結氷のため欠測である。クロロフィル a は「上水試験方法 2011 年版 IV.有機物編（日本水道協会 2011）」に従い測定した。植物プランクトン調査は，採水した試料に中性緩衝ホルマリン液を 5 %濃度になるよう添加し，静置濃縮した後，「上水試験方法 2011 年版VI.生物編（日本水道協会 2011）」を参考に，標準計数板を用いて検鏡・計数し，試料 1 mL あたりの細胞数を算出した。同定は属レベルまで行った。記録された学名は，「辻彰洋・新山優子（2025）ダム湖の植物プランクトンチェックリスト。URL:

<https://www.kahaku.go.jp/research/db/botany/microalgae/dam/>（2025年7月23日時点）」に従って再分類した。*Phormidium* 属及び *Synedra* 属については，再分類が困難であるため，旧属名を用いた。なお，当該調査は，武居薫（2017年10月まで），宮下紘介（2017年8月-2020年3月），原寿恵（2017年11月-2018年3月），豊川奈於（2018年6月-10月），平澤晴人（2020年4月-2021年3月），町田諒太

（2021年4月-2024年3月）の各氏により行われた。また，植物プランクトンのデータに関しては，当センターHP「長野県（2025）：プランクトン調査。URL:

<https://www.lserc.pref.nagano.lg.jp/watercreature-index/>

（2025年7月23日時点）」に掲載している。

3. 結果と考察

クロロフィル a 濃度がピークとなる月は毎年同じではなく，4，5月もしくは10，11月で，80-130 $\mu\text{g/L}$ と高い値を示していた。4，5月は水温と日射量が上昇するため，10，11月は夏の間底層の貧酸素水塊に蓄えられた栄養塩が湖水の循環により表層にもたらされ，植物プランクトンの増殖が活発になるためだと考えられた。また，秋から春にかけては表層と下層で差がなく，その期間は表層と下層の植物プランクトンの優占種もほぼ同じであった。成層期には表層の値が下層より高くなる傾向があったが，成層期でも表層と下層の濃度差がほとんどない調査日があった。それらの日は，それ以外に比べて，調査日前日の風速が速い傾向があった。さらに，7年間に7回下層の値が表層を上回る日が観測されたが，その場合には珪藻類の密度が表層より下層で高かった。7回の内5回は，観測日の前月に表層で珪藻が多く出現していたため，翌月には下層に沈んだのだと推測された。

諏訪湖で優占する植物プランクトンの傾向としては，冬から夏にかけてはオビケイソウ綱が優占し，特に冬から春にかけては *Asterionella* 属，春から夏にかけては *Synedra* 属が多くを占めた。夏から冬にかけてはシアノバクテリアが優占し，夏から秋は *Microcystis* 属，*Aphanocapsa* 属，*Chroococcus* 属が多く，秋から冬は *Phormidium* 属が多かった。2019年，2022年，2023年においては，夏から秋にホシミドロ綱が優占し，*Mougeotia* 属の割合が高かった。また，2017年8，9月は黄金色藻綱の *Uroglena* 属，2019年7月は渦鞭毛藻綱の *Peridinium* 属，2020年2，3月には黄金色藻綱の *Dinobryon* 属が多く観察された。

O-B31

地理的単為生殖種オオシロカゲロウを対象とした
「単為生殖」原因遺伝子の追究

*東城 幸治（信州大・理），関根 一希（立正大・地球環境科学）

1. はじめに

オオシロカゲロウ *Ephoron shigae*（カゲロウ目，シロイロカゲロウ科）は，日本列島広域に生息するほか，ユーラシア大陸東部（朝鮮半島，中国東北部，ロシア沿海州）に生息する。毎秋，大規模な一斉羽化を行うことで知られ，古くは大正時代から記録されている。信州（上田から戸倉上山田温泉への道中）千曲川にて本種の大発生に遭遇した志賀直哉は，その様子を短編小説「豊年蟲」として著している。

現在，本種の大発生は害虫として扱われ，そのユニークな生態から，1980年代から数多くの研究が展開され，陸水学会でも多く発表され，陸水生物學報や *Limnology* 誌などを中心に成果が報告されてきた（Watanabe et al., 1989, 1998; Watanabe and Ohkita, 2000; Tojo et al., 2006; Sekine and Tojo, 2010, b）。

こうして研究が進展する中，オス不在の地域集団や，性比が極端にメスに偏った地域集団の存在が明らかとなってきた。しかし，これらの集団タイプには何ら地理的傾向はなく，両タイプの集団がモザイク状に分布することも明らかとなってきた。

こうした状況下，集団レベルでの性比構成を精査するとともに，集団レベルでの遺伝構造解析を実施してきた。発表者のうち，関根が韓国・高麗大学校にポスドクとして在籍していたこともあり，日本列島と朝鮮半島のオオシロカゲロウ集団をほぼ網羅するような系統進化・生物地理解析を実施することができた。そして，単為生殖系統は日本列島内でだけ確認されることも判明した。また，大陸（朝鮮半島）と日本列島のオオシロカゲロウの遺伝的分化は大きく，日本列島内でも東日本と西日本の系統間の遺伝的分化が極めて大きいことが確認された。そして，単為生殖系統は，西日本系統の中から比較的新しく派生した単一系統であることも判明した。現在，単為生殖系統は，東日本にも分布しているが，単一個体の移動・分散でも新規集団を形成することができる単為生殖系統の利点を活かす形で，急激に分布拡大していることも明らかとなった。また，元々は両性生殖系統が生息していたエリア内に単為生殖系統が二次的に進入し，集団の性比を著しく

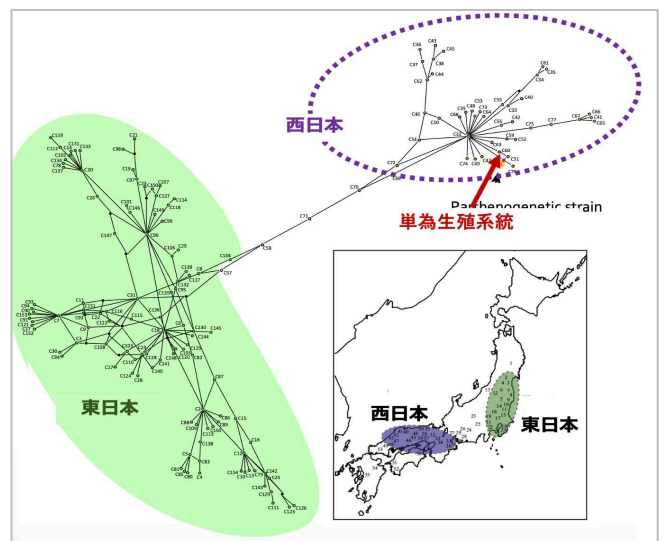
メスへと偏らせている最中にある集団も存在する。単為生殖系統メスと両性生殖系統オス間での交尾は確認され，単為発生卵内への精子の進入も確認されているが，精子由来の雄性前核と雌性前核の受精（狭義）前に卵内の極体核との合一により核相が復帰し，胚発生が開始することも明らかで，両性系統間での交雑が生じていないことも確認している。

オオシロカゲロウが有する，こうしたユニークな進化生態学的特性や，東日本では両系統がモザイク的に（集団によっては同所的に）存在することを利用し，単為生殖を可能とする原因遺伝子の究明に着手した。モデル昆虫であるショウジョウバエ類でも，単為生殖を誘導する原因遺伝子の探究は緒についた段階であり，生命科学分野の重要課題でありながら，未解明な謎の多い，興味深い課題といえる。

2. 研究フィールド，方法，結果・考察

単為生殖系統だけで構成される千曲川集団，単為生殖系統が未進入である多摩川水系・日野用水の両性生殖集団を対象に，野外から採卵した未受精卵（千曲川）と受精卵（日野用水）の初期発生（第1減数中期以降，第2減数分裂やその後の核相復帰）ステージの卵を多数採取し，RNA-seqにより，各初期発生ステージで発現する遺伝子の網羅的探索，両系統間でのサブトラクション解析を実施した。

これらの成果の詳細や今後の展望等については，今大会での関連発表（野堀ほか）において詳述する。



O-B32

撮影画像を用いた機械学習によるヒシ検出と精度の向上

*溝口優作（三重大・生），近藤雅秋（三重大・生）

1. はじめに

水生植物の分布状況の把握は、生態系管理や水質評価において重要な指標となる。従来の現地での分布調査には手間がかかるため、ドローンを用いた画像解析による効率的な観測手法が模索されている（安井一人ら,2023）。本研究では、ため池の水面を対象に、ドローン撮影画像に対して大津の二値化処理を適用し、ヒシの自動抽出精度を評価した。また、太陽光の反射によって処理精度が低下する問題に対し、深層学習モデル U-Net を用いた高輝度領域の自動的な除去手法の有効性も検討した。

2. 方法

撮影はドローンを用いて行い、三重県津市の大澤池の水面を録画した。撮影期間は2021年5月から11月までとし、
表1 画像の特徴
雨天および強風時を避け、日中に実施した。ヒシ検出には、撮影された動画から切り出した静止画像のうち、表1に示す特徴を持つ画像を使用した。

表1に示す画像に対して、大津の二値化処理を適用した。大津の二値化処理とは、画像の輝度ヒストグラムに基づいて自動的に最適なしきい値を決定し、画像を前景と背景に二値化する手法である。大津の二値化処理を適用して得た画像と、目視により作成した二値化画像との一致度を、IoU（Intersection over Union）を用いて評価した。

大津の二値化処理は、輝度分布にばらつきがある画像において精度が低下する傾向がある。特に、表1(f)に示すような太陽光が水面に反射して高輝度領域が生じた画像では、正確な抽出が困難となる。この問題に対処するため、本研究では深層学習モデルの一種である U-Net を用いて、太陽光の反射による高輝度領域を事前に学習させ、これらの領域を除去した後に再度大津の二値化処理を適用した。そのうえで、処理前後における IoU の

変化を比較し、精度の向上を評価した。U-Net の学習には、訓練用画像として 259 枚、検証用画像として 65 枚を使用し、エポック数は 30 とした。解析対象画像は 16 分割し、各分割領域に対して学習済み U-Net モデルを適用することで、太陽光の強い反射が認められる領域を検出・除去した。残存する領域に対して大津の二値化処理を適用し、得られた二値化画像と目視によって作成した二値化画像との IoU を算出した。

3. 結果・考察

まず、U-Net モデルを使用せず、大津の二値化処理のみを適用して得られた IoU 値を表2に示す。

表2 大津の二値化処理と画像の IoU 値(%)

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
大津の二値化処理	92	90	71	67	75	26

結果として、ヒシと背景との輝度差が明瞭な画像においては、大津の二値化処理が良好な精度を示した。これは、大津の二値化処理が画像の輝度ヒストグラムに現れる二峰性を基にしきい値を自動決定するものであり、対象と背景の区別が明確な場合に高精度な分類が可能となるためである。一方、表1(f)においては、強い太陽光の反射による高輝度領域の影響で、IoU が著しく低下した。このような画像では、輝度分布が一樣でなく二峰性が崩れてしまうため、大津の二値化処理では適切なしきい値が得られず、ヒシの領域を正確に抽出できないことが明らかとなった。

そこで、深層学習モデルの一種である U-Net を用いて太陽の反射を自動的に除去する前処理を行い、再度大津の二値化処理を適用した。その結果、表1(f)の IoU は 26%から 72%へと大幅に改善された。対象と背景のコントラストが回復し、大津の二値化処理の有効性が高まった。

以上の結果より、U-Net による高輝度領域の自動的な除去は、太陽光の影響が顕著な画像において特に有効であり、二値化処理の精度向上に寄与することが示された。今後は、モデルの汎用性の検証や、異なる気象条件における適用可能性の評価が課題として挙げられる。

一般講演・課題講演 C 会場（大集会室 2A）

O-C01～O-C25

日時：9月26日（金）	9時15分～11時35分
9月27日（土）	9時00分～12時15分
9月28日（日）	9時00分～12時00分

O-C01

有珠火山を熱源とする洞爺湖温泉冷鉱泉の 水温上昇と含有成分の変化

*高野敬志・大塚 侑・市橋大山・吉田優也（北海道立衛生研究所）

1. はじめに

洞爺湖温泉は明治 43 年の噴火後に湧出が確認された比較的新しい温泉であり、有珠火山の活動と密接に結びついている。2015 年以前の源泉は、1910 年の噴火による爆裂火口周辺に掘削された十数ヶ所の井戸が主体であったが、近年泉温が低下していることから、2015 年および 2018 年に、2000 年の噴火による爆裂火口近くに KH-1 および KH-2 源泉を開発した。KH-1 源泉は湧出直後の泉温が 100℃近く、ガス成分を除く溶存物質濃度は 9 g/kg ほどの性質を持つ療養泉であるが、KH-2 は泉温が 12℃、溶存物質濃度は 0.8 g/L であり、温泉ではあるが、療養泉の基準は満たさなかった。

我々は、2000 年の噴火以来、洞爺湖温泉の源泉の泉温、pH および含有成分濃度等のモニタリングを行っている。KH-2 源泉も開発以来、水質の変化を追ってきた。その観測結果から KH-2 源泉が徐々に熱水系の影響を受けてきた兆候が認められた。今回は KH-2 の泉温上昇に伴う含有成分の変化や、KH-1 との関連性について報告を行う。

2. 材料と方法

調査期間は 2018～2024 年で、6 月および 10 月の年 2 回の周期で調査を行った。調査項目は泉温、pH、陰イオン成分 (Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^-)、陽イオン成分 (Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+})、ガス成分 (CO_2 、 Rn) および非解離成分 (Si 、 B) である。試料採取時に泉温および pH をハンディ型測定器により測定し、 HCO_3^- および CO_2 を中和滴定により測定した。 Rn は試料採取時に温泉試料にシンチレーターを溶解したトルエンを添加して 2 分間混和し、その後実験室に持ち帰ってから液体シンチレーションカウンターによって測定した。 Cl^- はモール法による容量法、 SO_4^{2-} はイオンクロマトグラフ法、 Na^+ および K^+ は炎光法、 Ca^{2+} および Mg^{2+} はキレート

(EDTA) 法による容量法、 Si はモリブデンイエロー法による比色法、 B はマンニット法による容量法によって測定した。

3. 結果および考察

KH-2 源泉では、調査開始時から泉温が徐々に上昇し、2024 年には 21.7℃で、約 6 年間で 10℃ほど上昇した。これは、一年間に平均で 1.86℃上昇したことになる。一方、pH は調査開始時には 7.4 であったのが、2024 年には 6.5 まで低下した。溶存成分およびガス成分のうち、回帰分析によって調査期間中の濃度変化に有意水準 5%で有意と判定されたのは、 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ および Si (増加)、 HCO_3^- (減少) であった。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 B 、 CO_2 および Rn に変化は認められなかった。特に目立って変化したのは Cl^- および HCO_3^- であり、回帰分析の傾きの数値から、調査期間中、 Cl^- は 16.1 mg/kg・year 増加、 HCO_3^- は 28.7 mg/kg・year 減少したことが明らかとなった。

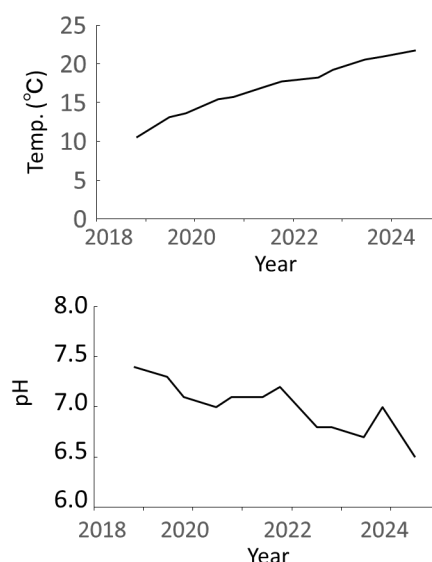


図 KH-2 源泉の泉温および pH の変化

O-C02

北海道内の活火山における火山活動に関連した温泉水の変化

*高橋 良，藤原 寛，荻野 激，大森一人（北海道立総合研究機構）

1. はじめに

マグマに由来する火山ガスは火口から噴気として放出されるほか、地下水に溶け込んで温泉水をつくる。噴火に向かってマグマの活動が活発化すると、マグマから分離する火山ガスの量が増えたり、ガス組成が変化したりすることがあり、それが温泉水の温度や成分濃度の変化として現れることが予想される。したがって、活火山周辺の温泉水や地下水を長期にわたって観測することで、活火山の活動状況の把握や、噴火の前兆現象の把握に活用できる。北海道立総合研究機構では北海道内の活動的な火山（雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、登別、有珠山、北海道駒ヶ岳）において、長期にわたる温泉水観測を継続している。本発表では、これまで行ってきた観測事例を基に、火山活動に関連した温泉水の温度や成分濃度の変化について報告する。

2. 温泉水観測

1980年代以降、活火山周辺において主に自然湧出の温泉水を継続的に観測している。現地では湧出温度やpH、酸化還元電位、電気伝導度を測定している。採取した温泉水について、主要な陽イオンと陰イオンの濃度はイオンクロマトグラフで、 HCO_3^- 濃度はHClの滴定によって測定している。2011年以降は、酸素・水素同位体比も測定している。また、一部の温泉では温度の連続観測も行っている。

3. 観測事例

十勝岳

十勝岳では1986年から西山腹の吹上温泉地域と十勝岳温泉地域において観測を続けている。吹上温泉地域の温泉では、1988-1989年のマグマ噴火の2年半前から温泉水の温度とCl濃度が急激に上昇した。これはマグマに由来する高温・高NaCl濃度の熱水の供給で説明でき、マグマ噴火の前兆変化と考えられる（Takahashi et al., 2015BV）。また、十勝岳温泉地域の一部の温泉では、温泉水のCl濃度が噴気高度と正の相関を持って変化しており、マグマからの火山

ガスの供給量の相対的な変化を温泉水の成分濃度から把握できることが示唆された（Takahashi et al., 2019JVGR）。

雌阿寒岳

雌阿寒岳では1986年から山麓の温泉やオンネトー（湖）などで観測を続けている。雌阿寒岳は複数の山体からなり、現在は中マチネシリとポンマチネシリで噴気・熱水活動が活発である。西麓の雌阿寒温泉では、中マチネシリの活動の活発化に伴って温泉水の温度やCl濃度の上昇が観測されている。また、湯の滝やオンネトーでは、ポンマチネシリの噴気活動や地震活動の活発化に伴って成分濃度に変化が出ることが分かった。これらのことから、雌阿寒温泉では中マチネシリの、湯の滝やオンネトーではポンマチネシリの活動状況を把握できることが明らかになった（Takahashi et al., 2023JVGR）。

4. 活火山における温泉水観測の意義

温泉水や噴気を対象とした地球化学的観測は、地震観測などの地球物理的観測のように連続的に観測することは難しい。しかし、マグマや熱水系の変化を、温泉水の温度や成分濃度の変化として直接的に検知できる可能性がある。今回示した十勝岳や雌阿寒岳だけではなく、他の火山においても噴気活動や地震活動に関連した温泉水の変化が観測されている。また、十勝岳の吹上温泉地域のように、マグマ噴火の前兆変化と考えられる大きな変化を捉えることができる事例はまれであるが、雌阿寒岳においてもオンネトーでは水蒸気噴火の数年前から成分濃度の上昇が認められるなど、噴火の前兆現象を把握できる可能性もある。したがって、地球物理的観測の結果と合わせて火山活動の現況を解釈する上で温泉水の観測は重要である。ただし、火山災害の軽減に役立てるため、温泉水のこのような変化が示す意味を正しく理解するためには、単に観測を行うだけでは不十分であり、地質調査や物理探査などの結果も踏まえて、各火山での熱水系について検討することが重要である。

O-C03

北海道・白金青い池の呈色機構研究

*花石竜治（青森県），知北和久（北海道大学北極域研究センター）

1. はじめに

北海道美瑛町の「白金（しろがね）青い池」は青色（色調は浅葱（あさぎ）色）を呈する。その青色呈色の原因について，高貝ら(2014)は火山活動由来のコロイド粒子による光散乱が原因と報告したが，呈色の再現による光物理学的考察はこれまでになかった。一方，演者らは，白金青い池としばしば対比される青森県深浦町の「十二湖青池」の青色（色調は紺碧）呈色機構を研究してきた。

本発表では，青森県・青池の光物理学的モデル研究の成果を白金青い池に応用し，浅葱色呈色の原因について考察したので報告する。

2. 材料と方法

(1) 画像撮影と線形 RGB 値の抽出

湖岸の定点から 3 種類のデジタルカメラ（例：Panasonic 社 DC-TZ90）で湖面を撮影し，その RAW ファイルから線形 RGB 値を抽出した。撮影日は2024年 7 月 14 日および 9 月 3 日であり，撮影時の天候は，両日ともに快晴であった。

画像のピクセル座標と湖面上座標は，ホモグラフィ変換の関係にある。この変換行列は，構造が既知の物体の画像を複数のカメラアングルから撮影して求めた内部パラメータ行列と，カメラアングルの外部パラメータ行列から求めた。以上により，湖面上座標に対応する線形 RGB 値を求めた。

(2) 呈色モデルとモデルによる当てはめ

水中からの散乱光として，花石・知北(2024)が提案した光強度式を一部改変し，水の分子散乱および懸濁物質のミー散乱を考慮した。また，ミーの散乱理論に基づき，単一の大きさの散乱球と仮定した水中の微小粒子（コロイド粒子）による散乱光を想定した。ここで散乱球はアルミノけい酸塩からなるものとし，その複素屈折率を $1.55 - 0i$ と仮定した。

日射は直散分離により推定した直達日射と，天頂の 1 方向由来と近似した散乱日射の重ね合わせとした。さらに，空の色として，大気中の空気分子によるレイリー散乱およびエアロゾル粒子によるミー散乱を考慮して算出した湖面反射光強度を，上記の光強度に重ね合わせた。エアロゾル散乱の寄与は，散乱日射強度が，経験式から算出された各天空要素

からの放射輝度を再現するように決定した。

撮影で得られた線形 RGB 値を，各光学的パラメータを変えてモデル式から得られた理論的な線形 RGB 値で当てはめ，光学的パラメータを推定した。

3. 結果と考察

両撮影日の白金青い池の湖面画像は，ミーの散乱理論に基づく微小粒子の散乱光と空の色の重ね合わせとしてよく再現された。水の分子散乱および懸濁物質によるミー散乱は相対的に寄与が小さかった。懸濁物質によるミー散乱は，寄与が大きいと仮定すると散乱による光の減衰効果が大きくなり，強い浅葱色呈色の原因となるとは考えられなかった。

デジタルカメラ DC-TZ90 の画像の解析結果から，ミーの散乱理論における微小粒子の半径は，7 月 14 日では 42 nm，9 月 3 日では 46 nm と推定された。なお，DC-TZ90 以外のデジタルカメラによっては，半径が 10 nm 以下と推定されることもあったため，今後検討を要する。

ミーの散乱理論における散乱係数は，7 月 14 日より 9 月 3 日のほうが大きかった。しかし，単位体積当たりの微小粒子の個数濃度はこれらでほぼ一致した。9 月 3 日の青い池の湖面画像は 7 月 14 日より緑色を強く帯びていたが，これはコロイド粒子が大きくなったためと考えられた。

課題としては，演者らは，直径が 100 nm 以下と推定されるコロイド粒子の粒度分析を行っていないこと，およびこの微小粒子の本体がアルミノけい酸塩のコロイドか，あるいは温泉水由来のイオウ（斜方イオウの複素屈折率 $2.04 - 0i$ ）のコロイドかを特定していないことである。これらについては現段階では断定できないが，コロイド粒子は，その大きさから火山活動に由来すると推定された。つまり，白金青い池の浅葱色の原因は，十勝岳の火山活動によるものであると結論された。

＜謝辞＞本研究の一部は，令和 6 年度十勝岳ジオパーク研究活動助成金により行ったものです。関係各位に感謝します。

＜参考文献＞

Hanaishi, R, Chikita, KA (2024): *Limnology*, **25**, 125-142.
DOI 10.1007/s10201-023-00734-5

O-C04

活火山火口湖の熱と水の循環に関する比較研究

*知北和久（北大・北極セ），後藤章夫（東北大・東北アジア）
岡田 純（気象研），大八木英夫（南山大），山口高志（道総研）

1. はじめに

今回は、宮城県にある2つの火口湖、蔵王・御釜と鳴子・湯沼について、熱と水の循環に関する研究結果を報告する（図1）。蔵王火山と鳴子火山は、共に気象庁に登録されている活火山であり、前者は24時間監視対象の火山である。両火山の活動は、現在、比較的静穏な状態にあり、特に地下熱源と水循環との関係に焦点を当てて調べた。

2. 方法

(1) 調査方法

各湖の最深点 MD（図1）に、水温ロガー8～9台、電導度ロガー1台を水深方向に係留設置し、1時間間隔で年間の水温・電導度の変動を調べた。同時に、L地点に水压ロガー、M地点に気象ステーションを設置して、それぞれ水位と気象の1時間データを得た。期間は、御釜では2020～2024年の5年間、湯沼は2023年から現在まで、である。以上のモニタリング中に、随時、MD点でプロファイラー観測を行い、水温・電導度・DO・クロロフィル濃度の鉛直分布を10cm深ピッチで求めた。他方、湖水・河川水および湖底泥の間隙水を採取し、その化学分析を行った。

(2) 地下水量の評価法

両湖の水循環系を調べるため、先ず両湖への地下水流入量 G_{in} と湖からの地下水流出量 G_{out} を量的に評価した。そのために湖に対する水収支式と化学物質収支式を連立で解き、2つの未知量 G_{in} , G_{out} を日単位で求めた。これに基づいて両湖に対する熱収支評価を行い、同時に湖底から地殻熱流量を求めた。

3. 結果と考察

計算結果として、湖の地下水流入量 G_{in} および地下水流出量 G_{out} は、湯沼に対し $G_{in} = 0.079 \text{ m}^3/\text{s}$, $G_{out} = 0.087 \text{ m}^3/\text{s}$ 、御釜に対し $G_{in} = 0.012 \text{ m}^3/\text{s}$, $G_{out} = 0.033 \text{ m}^3/\text{s}$ と求められた。両湖の貯留量は、湯沼で $6.36 \times$

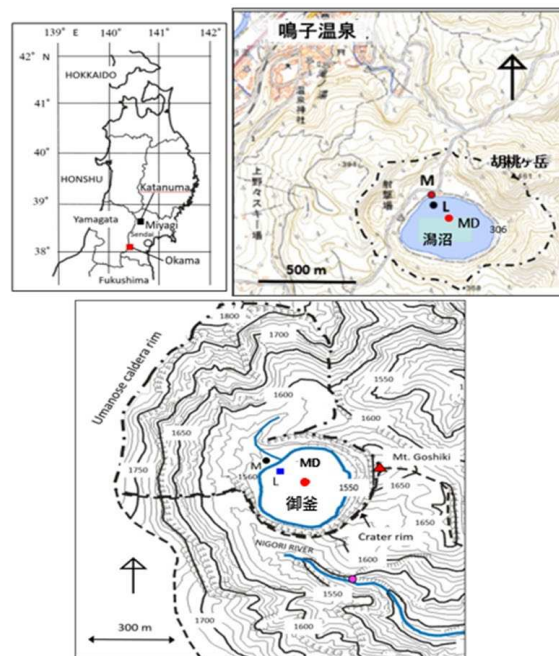


図1. 鳴子・湯沼と蔵王・御釜、および観測点の位置。湖周辺の一点鎖線は流域分水界。MD: 最深点, L: 水位観測点, M: 気象観測点。

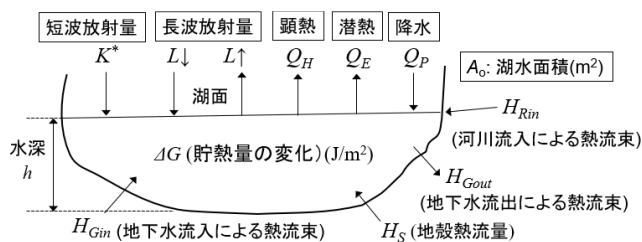


図2. 閉塞湖の熱収支。

10^5 m^3 、御釜で $1.27 \times 10^6 \text{ m}^3$ で、湯沼は御釜の約50%である。にもかかわらず、湯沼の G_{in} , G_{out} が御釜よりかなり大きいのは、礫岩を含む鳴子火山体の高透水性に因るものと考えられる。また、湖底からの地殻熱流量は、湯沼で 23.6 W/m^2 、御釜で 3.9 W/m^2 が得られている。以上のことと全層水温変動から、湯沼の地下熱流量は地下熱水の流入による移流 H_{Gin} 、御釜の場合は地下熱だまりからの熱伝導 H_S によって起こることが示唆された（図2）。

<謝辞>本研究の一部は、2024-2025年度東大地震研・公募研究2024-KOBO06に依った。

O-C05

十和田湖の水質と火山熱水系の関係について

*網田和宏（秋田大・理工）

1. はじめに

十和田湖は、青森県と秋田県の県境に位置する二重陥没式カルデラ湖である。水域面積 60 km²、平均水深 70 m（最大水深 327 m）、貯水量 4.19 km³であるこの湖では、以前より水深 150～200 m 以深で水温が上昇をみせ、湖底付近において 5℃前後の値をとることが知られてきた（例えば、半谷，1973；Boehrer *et al.*, 2009）。また、Nishimura *et al.*（1999）は、湖心域（本研究では最深点が位置する中海[なかのうみ]の中心域を「湖心域」と呼ぶ）において深度別採水を実施し、湖水に溶存する CH₄ 濃度および δ¹³C の測定を行ったが、その結果、水深 150m に CH₄ 濃度の極大値があることを明らかにした。これらの既往研究の結果より、十和田湖の深部には水温や溶存成分に変化をもたらす湧水あるいは温泉水の流入が生じていることが示唆されてきた。しかし、十和田湖の水質に関する調査の多くは COD や全窒素など、水質汚濁に関連する指標を取り扱ったものがほとんどであり、特に湖心域における主要化学組成の鉛直分布については不明な点も多く残されていた。そこで本研究では十和田湖の湖心域において深度別の採水調査を実施し、その化学組成を明らかにすることで湖の深部における流体（湧水/温泉）供給の有無について検討し、さらに流体の供給があると見込まれる場合には、その水質についても推定を行うことを主な目的とした。

2. 研究手法

現地調査では船で湖心域まで移動し、最深点直上水面より水温・圧力ロガー（Star-Oddi 社製，Starmon mini 型，チタニウムハウジング）を湖底部まで下ろし水温測定を行った。水試料については General Oceanics 社製ニスキン採水器を使用して深度別の採水を行った。pH、電気伝導率（EC）、酸化還元電位（ORP）、および溶存酸素濃度（DO）については、ポータブル型測定器を用いて現地で測定し、主要化学組成については水試料を実験室に持ち帰り分析した。調査は 2020 年より開始しており、これまで

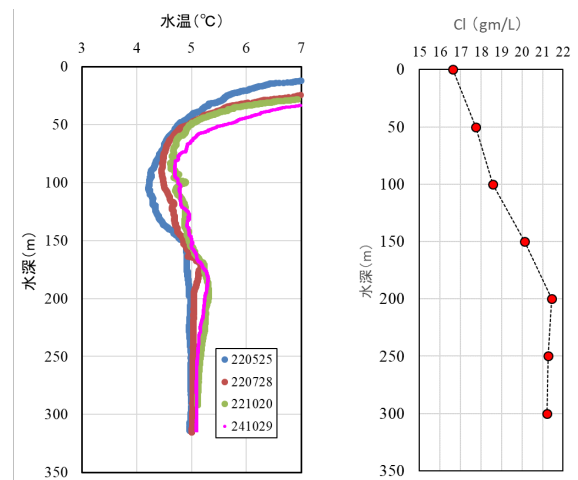
に 8 回の調査を実施している。また、湖心域における水質と比較することを目的として十和田湖の湖岸 2 地点においても表層水の採水調査および水質測定を行った。

3. 結果および考察

結果の一例として、2022 年 5・7・10 月および 2024 年 10 月に得られた水温（左図）と、2024 年 10 月の採水試料から得られた塩化物イオン（Cl⁻）濃度（右図）の鉛直分布を示すグラフを示した。

左図より十和田湖の鉛直方向の温度構造は水深 50 m～100 m の範囲で極小値、150 m～200 m の範囲で極大値をとるなど、季節によって、極小・極大値をとる深度が少しずつ変化していく様子が示されているが、最深部については季節にかかわらず 5℃付近の温度を取っていることが分かる。また、2024 年と 2022 年の 10 月に得られたグラフは互いに似ており、水温構造が年周変化的に推移していることを示唆するような結果が得られた。

一方、Cl 濃度については水深 200 m まで徐々に濃度が上昇していく様相が示されていたが、この傾向は、他のイオン濃度についても認められた。講演では、各種化学組成と温度構造との関係を示し、十和田湖の深部に火山熱水系に関連する流体の供給が生じている可能性について考察を行う。



図：湖心域における水温および Cl 濃度の分布

O-C06

屈斜路湖は再び酸性化するのか?その酸性度の長期変動

*山口高志（北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所）

1. はじめに

道東に位置する屈斜路湖ではpHが大きく変動してきた。この原因解明が試みられたが(田中ら, 2008 等)、水質不明な地下水の流入量が河川水と同程度あり(知北, 2000)、現在も原因は不明である。

pH変動に関係するデータとして1970年代以降のpHや塩化物イオン(Cl⁻)がある。一方、屈斜路湖の主要な酸性物質は硫酸だが、硫酸イオン(SO₄²⁻)やアルカリ度は継続したデータがない。今回これらpH変動に関する調査結果を収集整理したので報告する。

2. 方法

pH、Cl⁻、アルカリ度(pH4.8)及びSO₄²⁻について公共用水域測定結果と文献調査及び最近の結果を整理した。地点は湖心もしくは流出点である。

3. 結果

1800年代からのpH変動を図1に示す。これは堆積物の分析(望月ら, 1996)及び漁獲などからの推定(黒萩ら, 1991)等の調査結果をまとめたものである。1980年代まではpH4.5前後で1990年代に中性化が

進んだ。2005年頃に7.5前後になり現在は7.0程度である。

Cl⁻は1980年ごろまで40~50mg/Lだったが2005年前後に25 mg/Lまで低下した。その後は約45 mg/Lまで上昇している。アルカリ度は2003~4年には0.45 meq/Lまで増加したが、2020年の測定では0.3 meq/Lに低下していた。SO₄²⁻は長期に60~80mg/Lの範囲にあり、pH変化の前後も大きな増減はない。

4. 考察

SO₄²⁻濃度の変化がないことから、pHの変動要因はアルカリ成分の増減であることが示唆される。一方でCl⁻はアルカリ度の減少時期に増加しており、Cl⁻に伴う何らかの酸性物質増加も考えられる。今後の変化に備え、中性時の屈斜路湖の水質データとして流入河川や周囲の温泉についてより多くの成分を分析し、知見を集積していく。

- 1) 田中ら(2008) 中性化した屈斜路湖に見られる近年の水質変化
- 2) 知北和久(2000) 火山性湖沼における水質の形成と変動の機構に関する研究
- 3) 望月ら(1996) 屈斜路湖堆積物にみる環境変動 II
- 4) 黒萩ら(1991) 空からみる日本の湖沼

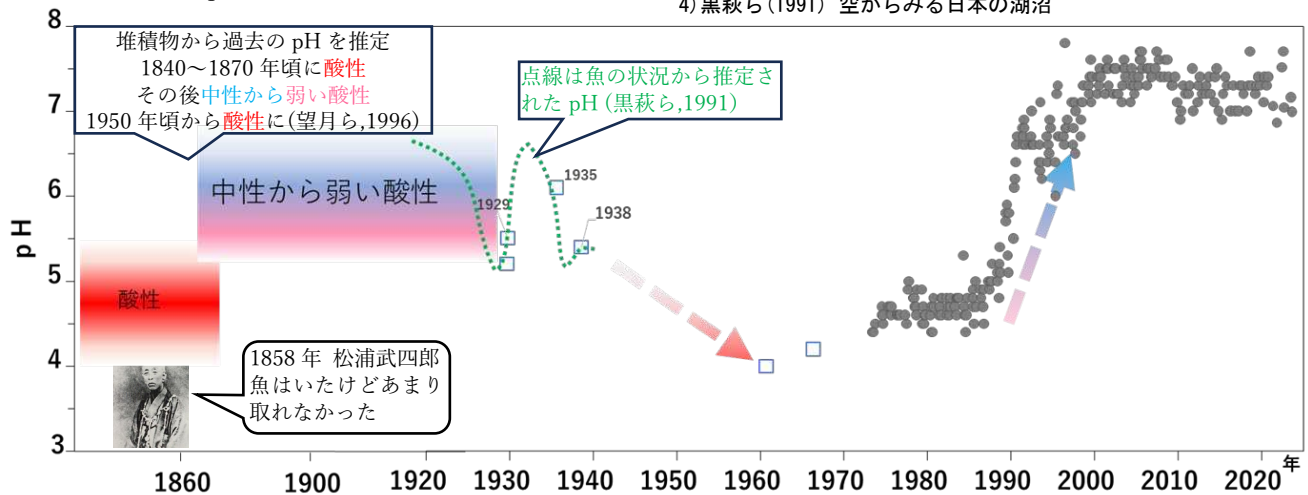


図1 整理した pH の調査結果

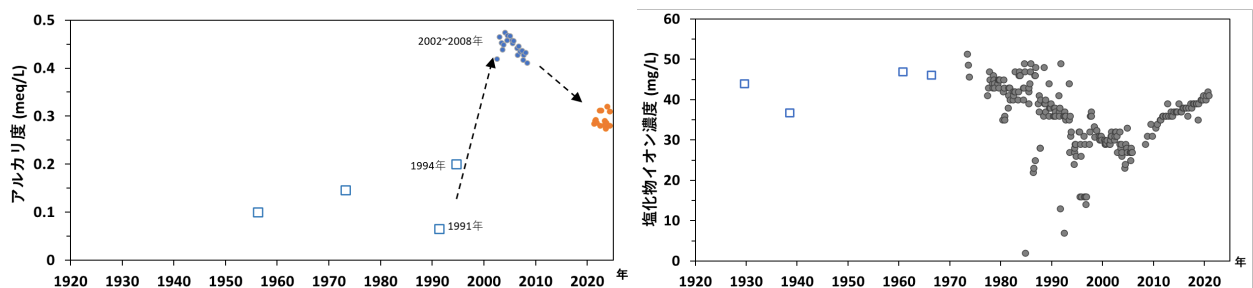


図2 調査結果 左:アルカリ度 (meq/L)、右:塩化物イオン濃度(mg/L)

御嶽山 2014 年噴火前後の周辺水環境の変化

- 噴火前 2013 年から 2025 年まで 12 年間の観測を踏まえて -

O-C07

*小寺浩二(法政大・地理)・浅見和希(国際航業)・猪狩彬寛(法政大院/日本工営)・小田理人(千葉大・院)

1. はじめに

長野県と岐阜県の境に位置する御嶽山が、2014 年 9 月 27 日に水蒸気爆発により噴火した。発生した火山噴出物は山頂付近の湖沼や周辺河川流域に降り注ぎ、水環境への大きな影響があった。高山湖沼研究の関係で、噴火前に数回、現地調査を行い平常時の水質を把握していた法政大学水文地理学研究室では、その後約 13 年間にわたって継続調査を行ってきた。今回は、その結果を改めて整理し、噴火前後の水質変化を明確に示したい。

2. 研究方法

山頂域の湖沼水質調査は、噴火前の 2013 年 8 月に 1 回、2014 年 8 月に 2 回行っており、その後、規制解除に従い調査範囲を広げながら、入山できる夏場は月 1 回の調査を 3 年続け（周辺河川は通年で）、その後は、徐々に頻度を減らしながらも、年 2 回（7 月・10 月）の調査を継続してきた。

現地調査項目は AT, WT, pH, RpH, EC 等である。また、一部の地点では他項目自記録計を用いて、降雨に伴う水質変化を記録し、鉛直方向の水質測定も行って横断水質変化を記録した。調査時に加え、山小屋などで採水していただいたサンプルを研究室にて TOC, 主要溶存成分の分析を行い、解析した。

3. 結果と考察

(1) 前回 1979 年噴火との比較

噴火 1 か月後の周辺河川の水質組成は、1979 年と今回で非常に似通っており、空間分布も一致していた。しかし、濁川では 1979 年が硫酸カルシウム型なのに対し、今回は塩化ナトリウム型で差異があり、各成分濃度も異なっていた。また、二ノ池では、硫酸カルシウム型で共通しているが、今回の噴火後の方が濃度が高いことがわかった。

(2) 御嶽山周辺河川の変化

南麓を流下する濁川と濁川合流後の王滝川は、噴火後白濁し pH が低く電気伝導度 (EC) が高い状態が長く続いたが、次第に透明度も高くなり、pH 値が上がり EC 値が下がってきた。東麓の一部河川でも噴火後同様に pH や EC に変化が見られたが、濁川と比較して早く噴火の影響が解消された。また、融雪よりも豪雨時に水質変化が激しいことがわかり、堆積している火山噴出物からは、豪雨時に成分が多く溶出することがわかった。

(3) 山頂域湖沼群の変化

火口からの距離に応じて差異がみられ、最も近い二ノ池で pH が低く EC が高く、噴火の影響を最も強く受けていた。また、距離のある三ノ池、五ノ池でも噴火前より pH が低くなり EC が上昇していたが、四ノ池ではほとんど変わらず湧水により常に流水があることが影響していると考えられた。

(4) 水中の主要溶存成分

河川水質は基本的に低濃度の重炭酸カルシウム型で、噴出物の影響を受けた河川では硫酸カルシウム型で濃度も高かった。濁川ではさらに Na と Cl も高濃度だった。山頂域湖沼群の水質もほとんど硫酸カルシウム型で、二ノ池は特に高濃度だった。

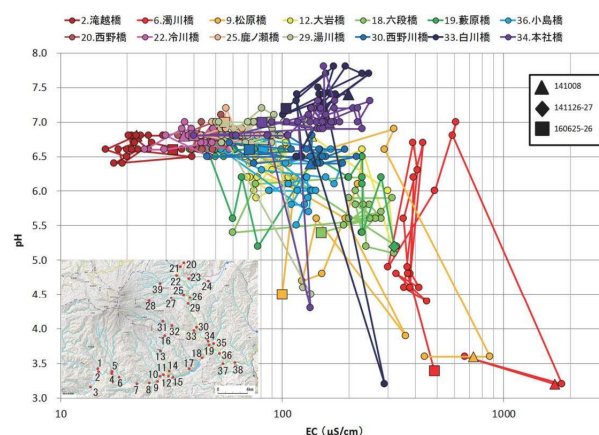


図 1 河川水質の変化(2014~2016)

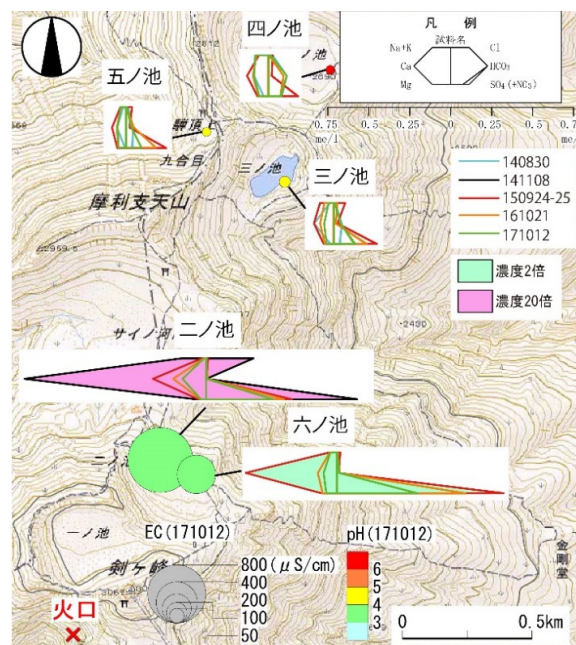


図 2 山頂域の水質(2014~2017)

4. おわりに

噴火後 3 年の調査を経て、約 15 年で水質が改善すると予測したが、11 年を経て二ノ池・濁川を除き、ほぼ平常時の水質に回復しつつある。

今後も調査を継続し、変化を追跡していきたい。

参考文献

小寺浩二・浅見和希・齋藤 圭 (2015) : 御嶽山噴火(140927)後の周辺水環境に関する研究(1). 2015 年度日本地理学会発表要旨集 (春), 115.

O-C08

カリマンタン島パラカラヤ近郊の湖沼

・ 河川における溶存有機物の特性評価

*野田蒔志（信州大・工），小松一弘（信州大・工）

1. はじめに

湖沼における溶存有機物は、微量汚染物質の光化学反応に強く影響を及ぼす。また、その影響の強さは溶存有機物の特性に関連することが知られている。そこで我々は様々な湖沼で溶存有機物の特性評価を実施しているところであるが、本報告ではそのうち、カリマンタン島パラカラヤ近郊における湖沼で実施した調査について報告する。

2. 材料と方法

インドネシアのカリマンタン島、パラカラヤ市の周辺に位置するハンジュルトゥング湖、テロック湖、タハイ湖、サバング川で採取した水試料について、DOC (Dissolved Organic Carbon)、UV254、EEM (Excitation Emission Matrix)の測定を行い、それぞれ比較をした。また、分子量 10,000 の限外ろ過膜によって試料を高分子画分(HMW: High Molecular Weight)と低分子画分(LMW: Low Molecular Weight)に分画し、各画分に対し同様の計測を実施した。

3. 結果

採取した試料は、その見た目から赤褐色透明試料と白濁試料の2種類に分けられた。各試料のDOC濃度を図1に示す。赤褐色透明試料のDOCは22.0～26.4 mgC/Lであり、白濁試料のそれ(3.8～7.1 mgC/L)よりも高かった。また、赤褐色透明試料のUV254は2.0～2.7 mABS/cmであり、白濁試料のそれ(0.2～0.4 mABS/cm)よりも高かった。

4. 考察

試料の色とDOC、UV254の値には対応関係が見られたが、UV/DOCにはその対応関係は見られなかった。つまり、赤褐色透明試料のDOCやUV254は白濁試料よりも明らかに高かったが、算出したUV254/DOCでは両者に差異が見られなかった。

赤褐色透明試料について、その色はフミン物質

に由来すると考えられる。ただし図1に示す通り、赤褐色透明試料では高分子画分が卓越していることから、フミン物質の中でも低分子のフルボ酸より、高分子のフミン酸が着色に強く影響していると考えられる。

赤褐色透明試料の高分子画分のEEMを図2に示す。赤褐色透明試料の高分子画分のみで、フミン酸に由来するピーク(励起/蛍光波長=300/500nm)が単独で観察されており、そうした考察が裏付けられた。

5. 謝辞

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

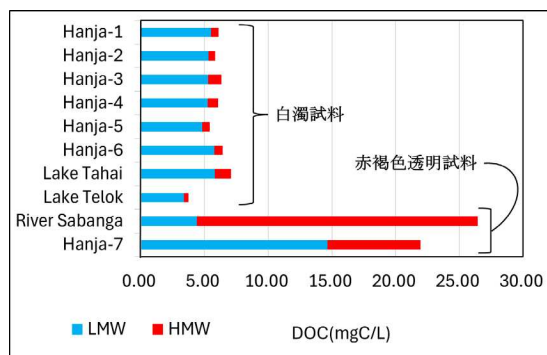
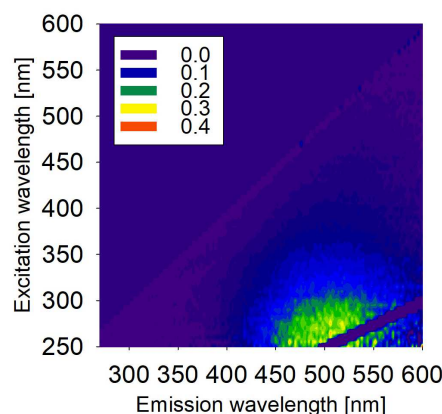


図1: 各水試料のDOC濃度

図2: 赤褐色透明試料
高分子画分のEEM

O-C09

溶存有機物による不活性化を考慮した
一重項酸素の量子収率の推定

*波多野雄大（東京科学大・環社）、Guo Zhongyu（フランス国科研）
吉村千洋（東京科学大・環社）

1. はじめに

湖沼や貯水池における有機微量汚染物質の分解には、光化学反応が重要な役割を果たしている。水中における光分解は直接的または反応性中間体（三重項溶存有機物、一重項酸素（ $^1\text{O}_2$ ）、ヒドロキシラジカル等）を介して間接的に作用し、いずれのプロセスに対しても溶存有機物（DOM）や無機イオンなどが反応経路・速度を決定する。

反応性中間体の量子収率を推定するモデルは、これまで多くの研究で報告されてきた。しかし、これらのモデルでは反応性中間体の不活性化として水との反応のみを考慮し、不活性化速度定数を一定（ k_{Δ} ）と仮定して算出されてきた。そこで、この仮定を見直し、DOM による不活性化も加味した $^1\text{O}_2$ の不活性化速度定数（ k_{Δ}' ）を定量化し、光学特性に基づいてモデル化することで、量子収率のモデル精度向上を目指した。

2. 材料と方法

$^1\text{O}_2$ 光増感剤としてローズベンガルと $^1\text{O}_2$ プローブとしてフルフルリアルコール（FFA）を含む溶液（pH 8 ± 0.2 ）に対し模擬太陽光を照射し、 $^1\text{O}_2$ 生成速度を測定した。クエンチャーとなる DOM としてフェノール類、アミノ酸、炭水化物のモデル物質（50-800 μM ）を添加し、光増感剤を用いた $^1\text{O}_2$ 生成速度一定条件における k_{Δ}' を測定した。

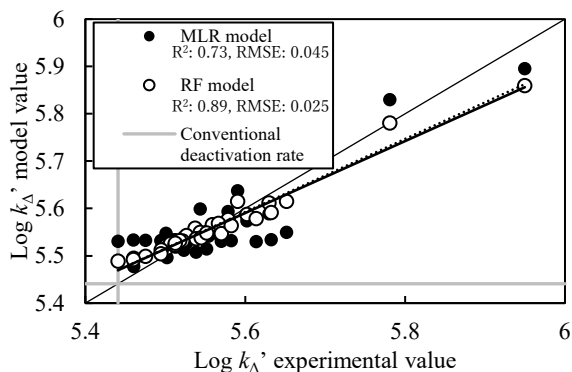
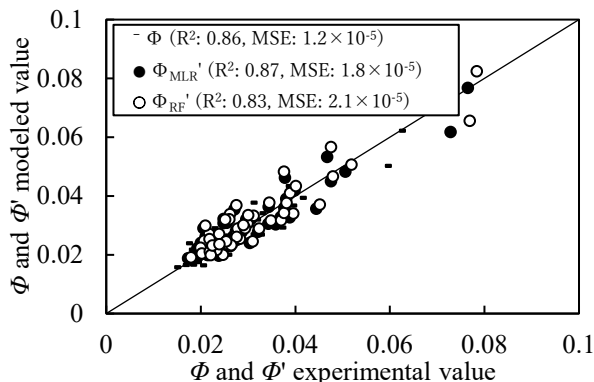
測定された k_{Δ}' に対し重回帰分析（MLR）およびランダムフォレスト回帰分析（RF）を実施し、 k_{Δ}' モデルを構築した。説明変数として測定された光学特性を用いた。

ダム湖水における $^1\text{O}_2$ 生成実験を行い、 k_{Δ} および k_{Δ}' モデル値に基づく量子収率（ Φ および Φ' ）の光学特性による重回帰モデルの精度を比較した。

3. 結果

各 DOM は物質や濃度によって異なる k_{Δ}' を示し、全ての条件において従来の一定値（ $k_{\Delta}=2.76 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$ ）より大きな（1.04-3.23 倍） k_{Δ}' を示した（図 1）。測定された k_{Δ}' に対して、RF モデルは MLR モデルよりも高精度（adjusted R^2 および RMSE）に回帰した（図 1）。MLR モデルでは、芳香族基（ a_{254} , SUVA_{254} ）および分子量など（ $E_2:E_3$, $E_4:E_6$ ）の指標となる特性が有意な説明変数として採用された。

ダム湖水における Φ および Φ' はいずれの算出方法を用いても高精度（adjusted $R^2 > 0.83$ ）で回帰された。全てのモデルにおいて低分子量（ $S_{350-400}$ ）および DOM の微生物由来性（BIX）の指標となる特性が有意な説明変数として採用された。

図 1 k_{Δ}' の測定値およびモデル値の関係図 2 ダム湖水における Φ および Φ' の測定値およびモデル値の関係

4. 考察

DOM の添加によって k_{Δ}' が増加したことから、本研究で用いられた自然水中に存在し得る DOM による $^1\text{O}_2$ の不活性化が確認され、従来法の k_{Δ} および Φ は過小評価されてきたと考えられる。また k_{Δ}' に対して芳香族基の指標となる特性が有意な影響を及ぼしたことから、 k_{Δ}' はフェノール類に代表される抗酸化物質濃度に依存すると考えられる。

ダム湖水における $^1\text{O}_2$ 生成に関しては、従来法の Φ が高精度にモデル化された一方で、 Φ' も同程度の精度で回帰された。したがって、 Φ が高精度にモデル化可能なサンプルに対しては、 k_{Δ}' モデル予測値を用いて算出された Φ' も高精度にモデル化されることが確認された。 Φ モデルがより低精度のサンプル（湖沼水や下水処理水等）に対して、従来法による過小評価を是正した Φ' によるモデル精度向上の検討が求められる。また、重回帰モデルにおいて低分子性や微生物由来性を表す特性が有意な正の係数を示したことから、ダム湖水においては微生物由来の低分子 DOM が主な $^1\text{O}_2$ の光増感剤となると考えられる。

O-C10

Photo-reactivity of lacustrine DOM in relation to catchment and lake conditions

Zhang Run (Institute of Science Tokyo),

*Zhang Ye (Institute of Science Tokyo),

Luki Subehi (The National Research and Innovation Agency),

Vouchlay Theng (Institute of Technology of Cambodia),

Yoshimura Chihiro (Institute of Science Tokyo)

1. Introduction

Dissolved organic matter (DOM) regulates carbon dynamics in freshwater systems, which is an important factor for fate of organic pollutants and the global carbon cycling. Catchment condition can be a significant determinant on DOM in lakes. However, numerous field sampling studies tend to focus primarily on temperate regions, neglecting comparison between different catchment conditions¹. It is imperative to shift attention towards tropical and cold regions. Therefore, this research aims to reveal how DOM and its photochemical property are associated with lakes and catchment conditions in tropical, temperate and cold-climate regions.

2. Materials and Methods

We sampled surface water of 50 lakes and 51 reservoirs in Japan, Indonesia and Cambodia. UV-vis absorption spectra and fluorescence excitation-emission matrices (EEMs) were measured. Meanwhile, PARAFAC analysis (staRdom package in R) was used to analyze the EEMs of the lake samples. Catchment/lake conditions for all the lakes (e.g., arial land cover ratio) were collected by ArcGIS. The photochemical parameters were determined under simulated sunlight using chemical probe method with 2,4,6-trimethylphenol (TMP) for $^3\text{DOM}^*$, furfuryl alcohol (FFA) for $^1\text{O}_2$ and terephthalate (TPA) for $\bullet\text{OH}$ ^{2,4}. The time series data of chemical probe concentrations were then used to determine the photochemical parameters of the quantum yield coefficients to produce $^3\text{DOM}^*$ (f_{TMP}), quantum yield for photo-production of $^1\text{O}_2$ ($\Phi_{1\text{O}_2}$), steady-state concentration of $^1\text{O}_2$ ($[\text{O}_2]_{\text{ss}}$) and quantum yield for photo-production of $\bullet\text{OH}$ ($\Phi_{\bullet\text{OH}}$). All data were normalized and analyzed by spearman correlation coefficient, canonical correspondence analysis.

3. Results

For 101 lake water samples, regarding the photo-reactivity of DOM, the mean of f_{TMP} , $\Phi_{1\text{O}_2}$, $[\text{O}_2]_{\text{ss}}$ and $\Phi_{\bullet\text{OH}}$ were 44.9 M^{-1} , 1.8×10^{-2} , $3.71 \times 10^{-14} \text{ M}$ and 8.8×10^{-4} . Spearman correlation test showed significant correlations between catchment/lake conditions and photochemical parameters although all these correlations were weak or moderate. CCA yielded two major canonical variates accounting 44.8% and 13.9% of the total variance, respectively (Figure 1). Axis 1 primarily reflects catchment land cover conditions while Axis 2 possibly stands for ecological-hydrological conditions. DO, artificial surface coverage, pH, latitude and tree coverage positively associated with Axis 1 aligning with the increases in a/DOC , c/DOC , $S_{300-400}$, f_{TMP} and $\Phi_{1\text{O}_2}$. In contrast, the negative loadings of conductivity, cropland, herbaceous vegetation, sparse vegetation and shrubs coverage, catchment area, and water temperature on Axis 1 are associated with high levels of DOC concentration, t/DOC , SUVA_{254} , BIX, $\Phi_{\bullet\text{OH}}$ and $[\text{O}_2]_{\text{ss}}$. DO and artificial

surfaces, which positively correlate with Axis 2, correspond to high levels of component 3 and 5 (C3 and C5), and DOC concentration. Meanwhile, herbaceous vegetation and tree land cover, catchment area, pH and latitude, which negatively associate with Axis 2, correspond to relatively high $\Phi_{1\text{O}_2}$ and $[\text{O}_2]_{\text{ss}}$.

4. Discussion

Overall, our results underscore the interplay among catchment topography, land cover, and anthropogenic influence in determining lacustrine DOM concentration, property, and photo-reactivity. Lakes in cooler, higher-latitude or more urbanized/forested catchments tend to contain DOM that is less aromatic but more photochemically active, whereas warmer, agricultural basins accumulate more aromatic, microbial DOM with lower photochemical yield.

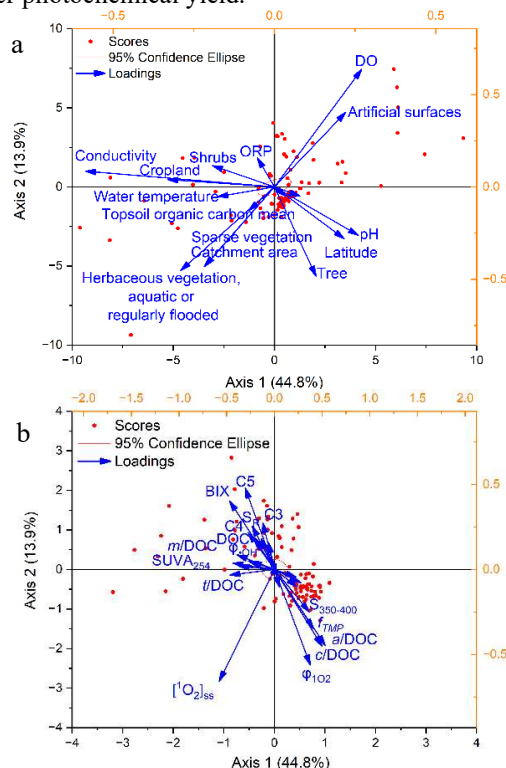


Figure 1. Canonical correlation biplots: a) Catchment/lake condition loadings (blue arrows) and the distribution of 101 lakes in the canonical space defined by their catchment/lake conditions (red points); b) DOM concentration and property loadings (blue arrows) and the distribution of 101 lakes in the canonical space defined by their DOM concentration and property (red points).

References

- DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162427.
- DOI: 10.1016/j.watres.2023.120456.
- DOI: 10.1016/j.watres.2024.121260.
- DOI: 10.1039/c0em00160k.

O-C11

インドネシアの熱帯泥炭湿原と富栄養湖における

DOM 光分解から放出される温室効果ガス（CO₂、CH₄、CO）

*渡邊健介，千賀有希子（東邦大・理）

1. はじめに

近年進行している地球温暖化とは、大気中における温室効果ガス濃度が増加し、本来宇宙空間に放出されるべき地表面熱放射が遮蔽され気温の上昇が生じる現象である（半田, 1996）。代表的な温室効果ガスとして CO₂ や CH₄ があげられる。また、近年では間接的温室効果ガスとして CO が注目されているが、その詳しい動態はわかっていない。

水域において、これらのガス放出の起点の1つは、溶存有機物（Dissolved Organic Matter : DOM）である。DOM の1部は、太陽光、特に紫外線をよく吸収し分解され、CO₂、CH₄、CO などの温室効果ガスを放出する。

地球上の様々な水域の中でも熱帯における水域の表層では太陽光放射を強く受ける。したがって、熱帯における DOM の太陽光分解を介した温室効果ガスの放出量は他の水域に比べて高いと推察される。そこで本研究では、熱帯における DOM 光分解を介した温室効果ガスの放出を把握するために、泥炭湿原の湿原水と富栄養湖の湖水を対象に、人工太陽光ライトを用いた光分解実験を行い、温室効果ガスの放出速度を測定した。また、温室効果ガスの放出と DOM の量と質の変化との関係を考察した。

2. 材料と方法

Sabanga 川は、カリマンタン島のパラカラヤの泥炭湿原を流れる河川であり 2024 年 8 月に採水を行った。Rawa Besar 湖は、ジャワ島のボゴールに位置する富栄養湖であり、アオコの発生がみられた。湖水は 2024 年 9 月に採水した。

[光分解実験] Sabanga 川と Rawa Besar 湖の試料水をガラス繊維ろ紙でろ過後、試料水を石英三角フラスコ（明条件）とアルミホイルで遮光した三角フラスコ（暗条件）に 80 mL ずつ分取し、ゴム栓で密閉した。これらの三角フラスコは、人工太陽光

ライトで 2 週間（光合成光量子束密度：約 1,700 μmol/m²/s、UV-A : 9.6 w/m²、UV-B : 1.7 w/m²）露光した。時間を追って気相のガスを真空バイアル瓶に回収した。CO₂、CH₄、CO は、メタナイザーを装備した水素炎イオン化検出器（FID）つきガスクロマトグラフを用いて測定した。また実験前後の水を回収し、DOM の量と質を測定した。

3. 結果・考察

[光分解実験] Sabanga 川の湿原水を用いた光分解実験の結果、DOC 濃度は明条件で 2.6% 有意に減少した（ $p < 0.05$ ）。一方、暗条件の DOC 濃度には有意な差はみられなかった。Rawa Besar 湖においては、DOC 濃度は明条件で 16.4% 減少し（ $p < 0.05$ ）、暗条件では 25.1% 減少した（ $p < 0.001$ ）。これらの結果から、Rawa Besar 湖の DOM の方が、Sabanga 川よりも光分解性が高いことが示された。また、Rawa Besar 湖の暗条件の DOC 濃度減少率は明条件よりも大きかったことから、Rawa Besar 湖の湖水には微生物利用性の高い DOM も存在していたと考えられた。

温室効果ガス放出速度は、Sabanga 川と Rawa Besar 湖どちらも CO₂ > CO > CH₄ の順に高かった。CO₂ と CO の放出速度は、Sabanga 川の方が Rawa Besar 湖よりも高かった。CH₄ の放出速度に関しては、Rawa Besar 湖の方が Sabanga 川よりも高かった。また、各ガスの放出速度を実験前の DOC 濃度で割った放出ポテンシャルも算出した。その結果、両水域とも CO₂ > CO > CH₄ の順に高かった。また、全ての放出ポテンシャルにおいて、Rawa Besar 湖の方が Sabanga 川よりも高かった。これらの結果から DOM 光分解による温室効果ガスの放出は、富栄養湖の方が熱帯泥炭湿原よりも高いことがわかった。水域の富栄養化は DOM 光分解を介した温室効果ガス放出にとっても、重要であると考えられた。これらのガスの放出と DOM の量と質との関係は現在検討中である。

O-C12

湖沼水中におけるラジカルの定常濃度と
ノロウイルス不活化の関係

*安東滉生（東北大学），吉村千洋（東京科学大学），丸尾知佳子（東北大学）
佐野大輔（東北大学），大石若菜（東北大学）

1. はじめに

発展途上国における湖沼周辺のコミュニティでは，身近な湖沼水が生活用水として用いられている．適切に処理されない排水が水源に流入した場合，その水を利用することにより感染性胃腸炎の原因であるノロウイルスなどへの曝露が懸念される．一方で，湖沼には自浄作用があるため，湖沼がもつ自浄作用のポテンシャルをあらかじめ適切に評価できれば，効率的なリスク管理を講じることが可能である．そこで本研究では，湖沼の表層における自浄作用として支配的とされている太陽光による光化学反応に着目し，熱帯湖沼中の光化学反応によるウイルス不活化速度と水質を測定することで，ウイルスの不活化に寄与する水質項目を同定することを目的とした．

2. 材料と方法

本研究では，インドネシアの湖沼および河川の水（Lake Tahai, River Sabangau, Lake Hanjalutung, No name river, Rawa Besar, Lake Cikaret）から採水された試料を用いて実験を行った．測定した水質は，pH，全有機体炭素濃度（Total Organic Carbon: TOC, mg/L），硝酸イオン濃度（mg/L），および亜硝酸イオン濃度（mg/L）である．光化学反応によって生じるラジカルは反応性が高いため，本研究では定常状態を仮定して，一重項酸素（ $^1\text{O}_2$ ），ヒドロキシルラジカル（ $^{\bullet}\text{OH}$ ），および励起三重項溶存有機物（ $^3\text{DOM}^*$ ）の定常濃度を算出した．また，光化学反応によるウイルス不活化を定量するために，マウスノロウイルス（murine norovirus: MNV）を用いた．試料水に MNV を添加し，光化学装置にて一定の照射強度の光を照射し，照射開始から 0.5 時間後において 100 μL の試料水を採取した．採取したサンプル中の MNV の感染価をプラーク法により測定し，対数減少値（Log Reduction Value: LRV）を算出した．

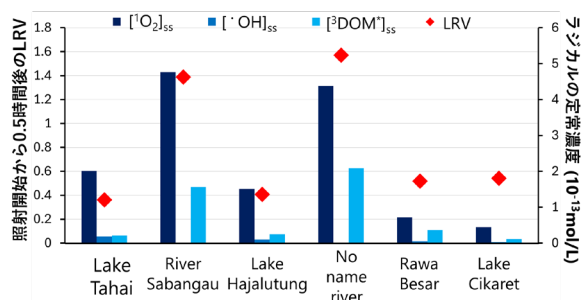


図 1. ラジカルの定常濃度および
照射開始から 0.5 時間後のウイルス対数減少値
(LRV)

3. 結果

試料水への光照射実験の結果，算出された各種ラジカルの定常濃度は，一重項酸素は 10^{-13} mol/L のオーダー，ヒドロキシルラジカルは 10^{-16} から 10^{-14} mol/L のオーダー，および励起三重項溶存有機物は 10^{-14} から 10^{-13} mol/L のオーダーであった（図 1）．照射開始から 0.5 時間後の LRV（ $\text{LRV}_{\text{MNV}, 0.5\text{h}}$ ）に基づき MNV の不活化を評価した． $\text{LRV}_{\text{MNV}, 0.5\text{h}}$ の平均値が最大の 1.57 を示した No name river におけるラジカルの定常濃度はそれぞれ，一重項酸素が 4.38×10^{-13} mol/L，ヒドロキシルラジカルが 8.58×10^{-16} mol/L，励起三重項溶存有機物が 2.09×10^{-13} mol/L であった．また，t 検定の結果，一重項酸素および励起三重項溶存有機物の定常濃度と $\text{LRV}_{\text{MNV}, 0.5\text{h}}$ に有意な相関が検出された．

4. 考察

光照射実験および検定の結果から，湖沼水中における光化学反応による MNV の不活化には，一重項酸素および励起三重項溶存有機物による間接光分解が寄与していることが示唆された．湖沼中の DOM 特性から，励起三重項溶存有機物と一重項酸素の生成を評価することで，MNV の不活化率を推定することが可能であると考えられる．

O-C13

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

リン酸-酸素同位体の適用

*石田卓也（広大院・先進）、尾坂兼一（滋賀県大・環境）、三歩一孝（名大院・環境）、岩田智也（山梨大院・総合）、陀安一郎（地球研）、角皆潤（名大院・環境）、中川書子（名大院・環境）、小澤優介（神戸大院・理）、奥田昇（神戸大・内海センター）

1. はじめに

本研究は、硝酸およびリン酸（ PO_4 ）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指している（詳細は奥田ほかの要旨を参照のこと）。本講演では、リン酸-酸素同位体（ $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ - $\Delta^{17}\text{O}_{\text{PO}_4}$ ）を用いて、河川生態系におけるリンの供給源の推定および代謝機能を評価する手法を検討する。本手法を琵琶湖に流入する複数の河川に適用し、集水域の土地利用が栄養バランスやリン代謝機能に及ぼす影響を比較・解析することにより最適な栄養バランスの探索を試みる。

2. 材料と方法

琵琶湖流域において、集水域の土地利用、地質特性、集水面積・平均斜度の異なる 22 の流入河川を選定し、2024 年の灌漑期(5 月)と非灌漑期(9 月)に観測調査を実施した。河川水に刻印された同位体情報が集水域全体の代謝履歴を反映するように、各河川の最下流部で採水した。 $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ および $\Delta^{17}\text{O}_{\text{PO}_4}$ の測定のためには、試料の PO_4 濃度に応じて時には 100 L 以上の採水が必要となる。本研究では採水の代わりに PO_4 を特異的に吸着するジルコニウム担持樹脂を河川内に設置するパッシブサンプリング法（Ishida et al., 2022a）を用いて、同位体用試料を得た。樹脂から回収した PO_4 は、固相抽出法を用いて Ag_3PO_4 へと変換し（Ishida et al., 2022b）、総合地球環境学研究所の熱分解型質量分析計を用いて $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ 値を測定した。 $\Delta^{17}\text{O}_{\text{PO}_4}$ はフッ素化法を用いて Ag_3PO_4 を O_2 へと変換し（Sambuichi et al., 2023）、名古屋大学角皆研究室の拡散導入型質量分析計を用いて測定した。

河川生態系のリン代謝を評価するマルチ同位体モデルの原理を以下に記す。河川水中の $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ 値は、岩石や土壌、農業排水、下水処理水といった

供給源の混合と生物代謝に伴う同位体分別によって決まる。生物代謝の中でも、生物による再循環（吸収と放出）は、水圏環境で支配的な生物代謝として考えられており、環境水中の水-酸素安定同位体との同位体平衡反応を伴う（Chang and Blake, 2015）。本研究は、この生物平衡値と河川水中の $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ 値の偏差を生物代謝の指標として用いる。さらに $\Delta^{17}\text{O}_{\text{PO}_4}$ もまた生物による再循環の指標になりうる（Sambuichi et al., under review）。 $\Delta^{17}\text{O}_{\text{PO}_4}$ 分析を加えることで、供給源の混合で“たまたま”生物平衡値になっているのか、真に再循環されているのかを判別することができる。

3. 結果と考察

河川中の $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ 値は、灌漑期（ $14.4 \pm 1.2\text{‰}$ ）と非灌漑期（ $11.9 \pm 2.1\text{‰}$ ）で異なる範囲を示した。一部の河川を除き、生物平衡値と河川中の $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ 値は一致しなかったが、灌漑期では両者に有意な正の相関が認められた。灌漑期、非灌漑期ともに、河川中の $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ 値は流域に占める地質面積との間に有意な相関があり、それは非灌漑期においてより顕著であった。生物平衡値と河川中の $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ 値が一致した河川に対し $\Delta^{17}\text{O}_{\text{PO}_4}$ 分析を適用したところ、対象河川中の PO_4 は、ほとんど再循環されていることを示していた。これらの結果は、灌漑期および一部の河川では、地質（岩石）の風化によって河川へと供給された PO_4 が生物に利用されながら最下流へと流下していることを示している。一方、非灌漑期においては、岩石から供給された PO_4 の多くは、生物に利用されずに最下流まで到達している可能性を示唆している。今後、これらの情報を硝酸-酸素同位体や栄養塩バランスの指標と統合し、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指す。

O-C14

琵琶湖北湖における物質循環フラックスの季節変動と
温暖化・貧栄養化の影響

*早川和秀, 永田貴丸, 中村航, 山口保彦, 佐藤祐一, 井上栄壮,
焦春萌（琵琶研セ）, 布施泰朗, 初雪（京工繊大）, 霜鳥孝一（国環研）,
中野伸一（京大生態研）

1. はじめに

気候変動に伴う気温上昇や降雨特性の変化は、湖沼生態系の基盤をなす物質循環に大きな影響を及ぼす。湖沼の基礎生産者である植物プランクトンは、水温や栄養塩環境の変化に応じて生理状態や群集構造を変化させ、それに連なる捕食者や分解者も温暖化の影響を受けるとみられる。こうした変化の把握には、個々の要素の解析だけでなく、物質フラックスの観測が有効な手法となる。光合成生産フラックスは、植物プランクトンの状態把握や富栄養化の評価に有効であり、沈降粒子フラックスは、深層での栄養塩の無機化や酸素消費の過程の理解に役立つ。しかし、これらの観測は技術的負荷が大きく、実測例は限られてきた。

琵琶湖では、北湖定点（17B）における年平均水温が1980年から2023年の間に約2.8℃上昇し、成層期間の長期化も進行している。一方、1970年代以降の富栄養化対策により栄養塩濃度は低下し、夏季にはリン酸や硝酸イオンの枯渇も観測されるなど、温暖化と貧栄養化が同時に進行している。今後の湖沼生態系の変化を予測するには、フラックス情報に基づく物質循環の把握が重要である。我々グループでは、2023年から琵琶湖北湖での光合成生産および沈降粒子の観測を継続している。それら結果に基づき、温暖化・貧栄養化の影響について検討した。

2. 材料と方法

調査は琵琶湖北湖の定点17Bにて、2023年4月から月1回程度実施した。光合成生産速度は多波長励起FRR蛍光光度計（FastOcean, CTG）を用いて測定し、併せて水質プロファイラー（AAQ-RINKO, JFE Advantech）および太陽放射スペクトル計（Ramses, TriOS）による補正を行った。生産速度の換算はKazama et al. (2021)によった。採水は5 m間隔で多筒型採水器（AWS）にて実施し、クロロフィルa（Chl.a）、懸濁態有機炭素（POC）、栄養塩濃度、植物プランクトン組成を計測した。沈降

粒子の観測には、時系列型セジメントトラップ（SMCS7、日油技研）を水深60 mに設置し、8～15日間隔で試料を採取、元素分析計で測定した。

3. 結果

表層（0-20 m）のChl.a濃度は、2か年とも5～6月に大きなピーク、11～12月に小さなピークが観測された。5～6月の増加は*Micrasterias* および*Staurostrum* 種の増殖であった。POC濃度は5～6月に増加したが、11～12月には顕著なピークは認められなかった。光合成総生産速度は0～10 mで高く、深度とともに減少した。季節変動では4～6月と10～12月にピークがみられた。沈降粒子中の有機炭素フラックスは6～7月および冬季に高い傾向が認められた。

4. 考察

過去のデータとの比較から、光合成生産には3つの特徴が認められた：(1) 4～5月の生産速度の上昇、(2) 8～9月の10 m以深での生産の持続、(3) 12月の遅延的な生産維持。春季の生産は、4月から水温と栄養塩の条件が整うことで早期化している。一方、12月に低照度で光合成が維持されるのは、秋冬にも水温が少しずつ温暖になっていることによると推察される。これらの現象は、温暖化・貧栄養化の影響を反映しているとみられる。

有機炭素の沈降フラックスは、有光層での生産量の約30%に相当した。ただし、本観測は有光層直下ではないため、下層での横方向からの移流粒子の寄与も無視できない。沈降フラックスの増加は光合成生産そのものよりも大型緑藻類の沈降や冬季の物理輸送の影響が大きいと考えられた。したがって、沈降フラックスには、直接的な温暖化の影響ではなく、その背景をふまえた複層的な考察が必要である。

謝辞 本研究は、研究助成JP22H00382, JP24K0307, JP25K03248, JPMEERF20232M02を受けたものです。

O-C15

諏訪湖の水温成層と内部静振-2024 年夏季の事例

*岩木真穂(信大・理), 岩田拓記(信州大・理)宮原裕一(信州大・理)

1. はじめに

諏訪湖の夏季の水温成層は、強固な成層ではないとされている。鉛直方向に混合する要因として、強風や強雨時の河川流入や内部静振が考えられるが、夏季の水温成層状態は継続的に観測されている。したがって、一旦、鉛直方向に混合しても、再度成層している可能性が考えられた。そこで、2024 年度信州大学理学部附属湖沼高地教育研究センターにおける諏訪湖定期観測結果や水質自動連続観測装置「すわこウォッチ」より得られた観測結果等を用いて、諏訪湖における水温成層と内部静振について調べた。

2. 方法

2.1 観測地点：諏訪湖(長野県)

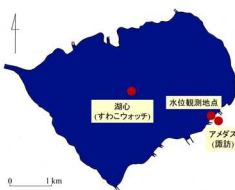


図 1. 調査地

2.2 観測期間：2024/03/10-2024/12/19

2.3 観測内容

2.3.1 水温 i)湖心にて 1 時間間隔, 6 深(0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 5 m), 上川河口にて, 1 深(1.5 m)で測定された水温の連続観測データを使用した。ii)湖心にて 2 週間に 1 回行われている信州大学定期観測データの 12 深(0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 m, 湖底直上より-10cm)の水温と溶存酸素濃度の値を使用した。

2.3.2 溶存酸素濃度 すわこウォッチ(湖心付近)による連続観測データ, 測定間隔: 1 時間, 水深: 5.0 m

2.3.3 濁度 諏訪湖湖心付近, すわこウォッチによる連続観測データ, 測定間隔: 1 時間

2.3.4 水位 観測地点: 諏訪湖湖岸にて Campbell Scientific 社, 水位計(CS451)を用いて 1 秒間隔で測定している水位データを使用した。

2.4 気象データの利用

アメダスデータ(気象庁)の諏訪(諏訪市)の 10 分間隔の降水量, 風速風向データを使用した。

3. 結果と考察

諏訪湖の湖心において観測された水温と溶存酸素濃度, そして上川河口における水温を図 2 に示した。6 月頃より水深毎の水温が異なる状態が 9 月頃まで続き, 10~11 月頃には全水深の水温が均一になった。水温鉛直分布より 6 月頃から水温成層し, 10~11 月頃に鉛直混合したと考えられた(図 2)。そこで, 2024 年 7 月 9 日と 8 月 7 日の水温観測データより, 湖の成層の安定性を示す指標であるシュミット安定度(Schmidt stability)を算出したところ, 3.5~4.3 J/m²となった。これより, 弱成層に近い状態であったと考えられた。

次に, 溶存酸素濃度に着目すると, 8 月 27 日頃に水温は均一となり(5 m 深以外), 溶存酸素濃度は一時的に上昇したが, その後, 再成層し, 貧酸素状態に戻る事例がみられた(図 3-a)。一方, 9 月 22 日頃には水温が均一となり(全層), 溶存酸素濃度が上昇し, その後, 貧酸素に戻らない事例がみられた(図 3-b)。この 2 例には時期の違いもあるが, 貧酸素状態の解消の違いが生じており, その貧酸素状態の解消の違いの原因として, 風に加えて, 内部静振による影響が考えられた。内部静振は水温躍層の振動により生じるため, 内部静振により混合したと仮定すると, どの深さまで混ざるかということが, 再成層される/されないということに影響するのではないかと考えられた。そこで, 湖心における 3.5 m 深と 5 m 深の水温や湖岸での水位観測値について, フーリエ変換を行い, 内部静振の周期を調べ, その影響について考察した(会場にて示す)。

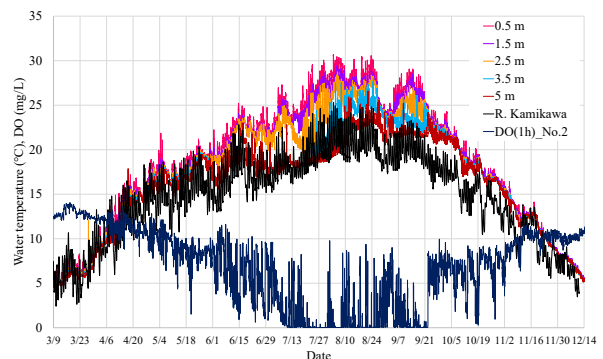


図 2: 水温と溶存酸素濃度の観測結果(湖心)

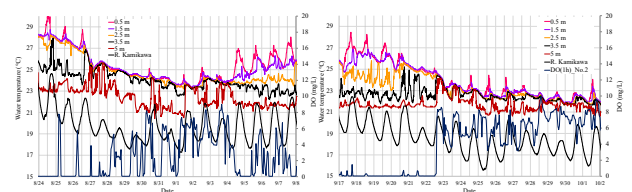


図 3: 混合後の溶存酸素濃度の違い(左:a, 右:b)

5. まとめ

諏訪湖の成層は, 夏季の水温観測値を用いて, シュミット安定度を計算したところ, 弱成層であると判断した。また, 成層時は内部静振(水温躍層の振動)により湖水が混合し, 水温躍層の位置(深さや厚さ)により, 表層のみ混合する場合や湖底付近まで混合する場合があることが示唆された。

謝辞: 諏訪臨湖実験所の諏訪湖の定期観測の結果(水温と溶存酸素濃度)を使用しました。水質プロジェクト「すわこウォッチ」のデータを使用しました。気象データは気象庁のデータを使用しました。ここに感謝いたします。

O-C16

貯水池での気泡式循環装置によるラン藻類の増殖抑制

*鮎川和泰（島根大 EsReC），本橋佑季（島根大 EsReC）
三上育英（島根大 EsReC），清家泰（島根大 EsReC）

1. はじめに

筆者らが 2015 年から調査を行う三瓶ダムは、島根県大田市に位置する貯水量 6,4001 千 m^3 の貯水池で、大田市の水道水源として利用される。大田市浄水場においては直接取水により三瓶ダムの水を取水するが、例年ラン藻類によるカビ臭が発生し、浄水処理に負担をかけている。2024 年より島根県土木部河川課により、ラン藻類の異常増殖によるカビ臭軽減を目的とした水質改善対策として曝気装置（以下気泡式循環装置）が設置された。

通常気泡式循環装置の最適吐出深度は 25m 深度であるが、三瓶ダムの最深部は常時満水位より 30m 程度であり、堤体から 500m 程度上流では 18m 程度の水深となる。そのため、三瓶ダムでは気泡式循環装置の吐出深度が制限される。浅いダムでは気泡式循環装置の運用時、水温勾配が小さくなる中間層の幅が少なく、上下層の温度差が無くなる問題が生じる。上下層の温度差がなくなると、水温差を利用して循環させる気泡式循環装置の効果は期待出来ない。

筆者らは、広島灰塚ダムで得た浅い貯水池で効率的な気泡式循環装置の運用方法を三瓶ダムに適応し、ラン藻類異常増殖によるカビ臭の軽減を試みた。

2. 材料と方法

水質状況を把握すべく、水質計自動昇降装置マイクロプロファイラー（環境システム株式会社製）を用いた。この装置では約 20m の水深を 0.02m 深度間隔で 1 時間に 1 回一定速度にて鉛直方向に多項目水質計を降下させ観測した。観測項目は、水温、深度、クロロフィル a、PCY（アオコの指標）、pH、電導度、濁度、溶存酸素である。気象予報は、tenki.jp の 10 日間予報を参照した。

3. 結果

2025 年 5 月、三瓶ダムで空回り状態を検出した。気泡式循環装置の運転は継続しているが、5 月 10 日より徐々に表層 pH はアルカリ化し、PCY 及

びクロロフィル a 濃度も上昇を始めた (Fig.1)。そこで、外気温が高く天気の良い予報がある 5 月 15 日から 4 日間気泡式循環装置の運転を停止し、表面の水温の上昇と水温勾配の増加を狙った。その後 5 月 19 日は期待通り 4℃以上の水温差が生じ、気泡式循環装置の運用再開に伴い貯水池内の水は再び循環を促された結果、pH のアルカリ化は減少し、それに伴いラン藻類は抑制された。

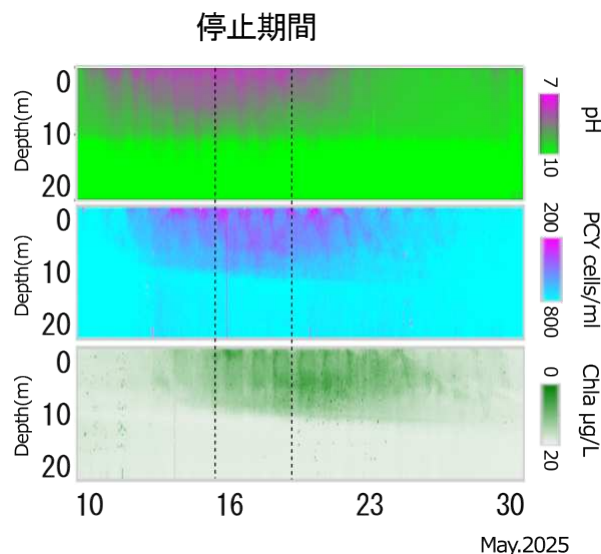


図1 三瓶ダムにおける気泡循環装置
間欠運転による水質変化(2025 年 5 月)

4. 考察

筆者らは、現在水質データを Microsoft Azure に取り込み、AI による浅い貯水池の気泡式循環装置運用支援が行えるプログラムを作成している。本気泡式循環装置とあわせて支援ソフトを運用することにより、水源地でのラン藻類由来のカビ臭軽減を目指す。

謝辞

本研究は、島根県土木部河川課からの助成金を受けて行った。ここに記載し謝意を表する。

O-C17

アオコ形成藍藻 *Dolichospermum* に
寄生するツボカビの分子系統解析

*瀬戸健介（横浜国立大・IMS）、鏡味麻衣子（横浜国立大院・環境情報）

1. はじめに

近年、環境 DNA 解析により、真菌類の膨大な多様性が明らかになった一方、Dark Matter Fungi

（DMF）と称される正体不明の真菌類の存在が示された。DMF の配列が相次いで発見される原因の一つに、寄生菌の塩基配列データの不足が考えられる。特にツボカビでは古くから藻類寄生性種が多数記載されているが、培養が困難であることから DNA 解析がなされていないことが多い。こうした難培養性菌類の研究を進める方法の一つに、観察した細胞を単離し培養をすることなく直接 DNA 解析を行うシングルセル解析が挙げられる。

本研究では、アオコ形成藍藻 *Dolichospermum* 属藻に寄生するツボカビ *Rhizosiphon* 属菌に着目した。本属菌は、先行研究で rDNA 領域の塩基配列を用いた分子系統解析が行われたが、解析精度が足りず系統的位置は未解明である。そこで本研究では、シングルセルゲノム解析を行うことで、大規模系統解析により *Rhizosiphon* 属菌の系統的位置を明らかにすること、宿主藍藻の同定をゲノムに基づく分類により検証することを目的とした。

2. 材料と方法

2024 年 8–10 月に、琵琶湖、白樺湖、諏訪湖にて湖水を採集した。湖水を倒立顕微鏡により直接観察し、検出した藍藻寄生菌を 1 細胞（寄生菌が付着した宿主藍藻 1 コロニー）ずつ、キャピラリーピペットを用いて単離した。単離細胞に対し、シングルセルゲノム解析（全ゲノム増幅、ショートリードシーケンス、ゲノムアッセムブル）を行い、寄生菌と宿主藍藻の配列を分別しそれぞれのドラフトゲノムを得た。得られたゲノムデータを用いて、大規模系統解析（IQ-TREE v2.4.0 による最尤法解析）、Average Nucleotide Identity（ANI）の計算、ゲノム配列に基づく宿主藍藻の分類群の割り当て（DFAST Taxonomy Check）を行った。

3. 結果

琵琶湖より *D. cf. affine* のアキネートに寄生する *R. akinetum*、白樺湖より *Dolichospermum* sp. の栄養細胞に寄生する *R. crassum*、諏訪湖より *D. hangangense* の栄養細胞に寄生する *R. crassum* を発見し、それぞれについて寄生菌、宿主藍藻のゲノムを構築、分別することに成功した。

寄生菌の大規模系統解析の結果、*Rhizosiphon* 属菌 2 種は、真菌類のいずれの門にも属さない新門相当の新規系統群をなすことが分かった。属内では、*R. akinetum* と *R. crassum* が大きく離れた。また、*R. crassum* では、白樺湖産菌と諏訪湖産菌は ANI が 99.2% となり非常に近縁であった。

宿主藍藻の大規模系統の結果、得られた *Dolichospermum* 属藻は全てネンジュモ目の ADA（*Anabaena-Dolichospermum-Aphanizomenon*）グループ内の ADA-1 クレードに属した。ゲノムに基づく分類（GTDB taxonomy）では、琵琶湖産藍藻は *D. circinale* に割り当てられた。白樺湖および諏訪湖産藍藻は、ANI が一般的な種の境界である 95–96% をわずかに上回る 96.3% であり、同種とされ、いずれも *D. planktonicum* に割り当てられた。

4. 考察

本研究により、藍藻寄生菌 *Rhizosiphon* 属の既知種が新門相当の新規系統群に位置することが示された。藍藻寄生菌に限らず、系統的位置が検証されていない藻類寄生菌は未だ多く、さらなる解析が真菌類全体の系統学的研究に重要である。

白樺湖と諏訪湖から得られた寄生菌 *R. crassum* はほぼ一致していたが、それらの宿主藍藻は同種に割り当てられたものの ANI および形態により区別された。同種の *Rhizosiphon* 属菌の中に宿主が異なる感染型の違いが存在する可能性があり、培養株を用いた宿主特異性の検証が必要である。

十勝川の氾濫原水域における沈水植物群落の成立条件

O-C18

*片桐浩司 (帝京科学大・自然環境)

1. はじめに

沈水植物群落は、水域を代表する植物群落のひとつである。これらは近年、主要な生育場所である湖沼やため池において富栄養化等が進行したために、全国的に減少の一途をたどってきた。現在では、ワンド、たまりといった河川の氾濫原水域が、数少ないハビタットのひとつになっている。既存研究によれば、攪乱頻度が極端に低いか、極端に高い環境で、バイオマスや種の多様性が最も低くなること (Bornette and Amoros 1996)、孤立した水域では種多様性が低下すること (Pereira ほか 2021)、洪水頻度が中程度の環境で種が豊富になること (Pollock ほか 1998) がわかっている。これらの知見から、近年の河床低下により洪水攪乱を受けなくなった氾濫原水域では、年数の経過とともに水草群落が衰退していくことが想定される。

このように、河川の沈水植物群落のバイオマスや種多様性に対して、中程度の攪乱が重要であることが示されてきた。しかし氾濫原水域の沈水植物群落がいかなる条件のもとで成立し、さらにこれらがどのように維持されているのかについては依然として不明である。

以上の背景から、本研究では河川の沈水植物をはじめとする水生植物群落がどのような条件で成立するのか、種多様性は何によって決定づけられているのかを、環境条件との対応関係に着目して明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

十勝川は、北海道の十勝平野を南下し、太平洋へと注ぐ流域面積 9,010 km² の一級河川である。十勝川では 1937 年に新水路が掘削され、1970 年代には堤防が完成した。その後、様々な治水対策が実施され、現在に至っている。

本研究では、十勝川の 0~40km の区間を対象に、この区間に成立するワンド、たまりを対象に調査を実施した。各調査地において、生育する水生植物(狭義)の量、環境条件(水温およびその変動、泥厚、流速、pH、EC、DO、Chl-a、NO₃-N、PO₄-P、Ca²⁺、

シリカ)、本川との接続状況を計測した。また、これまでとくに水温の安定性や底質の攪乱などの湧水環境が、水生植物の生育に重要であることが指摘されてきた。ここではとくに湧水の流入や湧出の有無を明らかにするために、計 10 地点に水温ロガーを設置して水温変動を把握したほか、シリカ濃度を計測することで湧水箇所を明らかにした。

得られたデータについては、nMDS をはじめとする解析手法により統計的な検討を行い、水生植物が成立する環境条件の特性を把握した。

3. 結果と考察

調査の結果、十勝川のワンド、たまりにおいて、23 種の水生植物が確認された。このうち、アギナシ、エビモ、センニンモ、ヤナギモ、オオタヌキモ、ネムロコウホネ、オヒルムシロの 7 種は、ワンド、たまりのみに生育していた。これらの種の分布はきわめて局所的であった。nMDS の結果、上記のエビモ、センニンモのほか、湧水性のバイカモ、エゾミクリは、夏季の低水温、速い流速、低泥厚、高シリカによって特徴づけられた。これらは湧水の流入による影響と考えられた。

無植生の調査地は、高窒素・高リン、もしくは高泥厚によって特徴づけられた。こうした環境は主に帯広市街地周辺にみられ、市街地からの生活排水・工場排水の流入による影響によるものと考えられる。

種多様性は、本川から切り離されてから年数が経過した古いたまりか、湧水の流入する調査地で高くなる傾向にあった。とくに β 多様性は、湧水の流入箇所でも高くなった。これはバイカモ、エゾミクリなどの湧水性の種の分布が、十勝川流域ではきわめて局所的であることによる。

以上の結果から、十勝川における水生植物の種多様性は、湧水の湧出や流入に伴って引き起こされる小~中規模の攪乱によって維持されていることが示唆された。十勝川の水生植物群落を保全するために、流域における湧水環境の分布とその詳細を把握しておくことが必要である。

O-C19

生物個体群における集団遺伝構造の形成過程とその影響要因 :5 湖沼における *Daphnia* cf. *pulex* 休眠卵を用いた 古陸水学的分析

大竹裕里恵（京都大学）・大西由花（東大）・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な研究課題の一つである。集団遺伝構造の決定要因として、環境フィルタリング・分散能力ならびに遺伝子流動・遺伝的浮動・移入順などが示唆されているが、その相対的な重要性などは未だ統一知見が得られていない。この一因として、移入初期からの長期的な集団遺伝動態の観察が困難であるため、多くの先行研究は地理的に離れた複数個体群の空間的な比較によりこの課題に取り組んできたことが挙げられる。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。古陸水学的手法に基づき、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。

2. 方法

ミジンコの遺伝的に離れた 2 系統の共存が報告されている 6 湖沼（畑谷大沼・安達沼・中山のため池・江木沼・ひよんの池・深見池）で堆積物コアサンプルを採集した。これを 1cm 間隔で切断し、年代推定・栄養塩（全リン）動態・クロロフィル a 動態・捕食者となるフサカ幼虫の動態・休眠卵を用いた個体群動態・集団遺伝動態の分析を行った。年代推定は ^{210}Pb 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。PCR-RFLP で核 DNA 配列を判別し、2 系統の個体数変動を分析した。更に、各湖沼におけるミジンコの出現初期・近年・各系統の共存時期を中心に、1 年あたり休眠卵 10 個を目安としてミトコンドリア DNA（コントロール領域 837 塩基、ND5 領域 755 塩基）に基づく遺伝子型分析も行った。

3. 結果・考察

6 湖沼のうち、2 系統の共存が見られたのは 4 湖沼であった。安達沼ではミジンコの卵鞘が検出されるのみで、休眠卵を取得できなかったため、解析から除いた。江木沼は堆積物の取得できた 1950 年代から現在まで JPN1 のみが出現した。畑谷大沼・中山のため池・ひよんの池では、個体群形成初期・古い年代に 2 系統が共に見られ、近年では JPN1 が優占した。ひよんの池では JPN2 は消失した。一方で深見池では、個体群形成初期は JPN2 のみからなり、10 年後に JPN1 が出現したが、近年まで JPN2 が優占していた。ミトコンドリア DNA による遺伝子型分析の結果、4 湖沼いずれにおいても初期に優占した遺伝子型が近年まで優占する傾向が見られた。興味深いことに、先行研究において最も広い分布が見られた遺伝子型 Jpn1A-C2T1 が、個体群形成初期から優占した畑谷大沼・江木沼では優占を維持したのに対し、初期に出現しなかったひよんの池では数年に一度少数が出現するにとどまった。したがって、同じ遺伝子型であっても湖沼により優占度合が異なった。これらから、早期移入や他系統・遺伝子型と離れた移入時期が優占を促進した可能性が考えられた。環境要因と 2 系統の頻度の関係について、RDA による分析の結果、フサカ幼虫が多いほど JPN2 が多い傾向が見られた。しかし、Variation partitioning では残差が 0.69 であり、2 系統の比率には環境要因以外の要因も影響した可能性が考えられた。このように、環境要因のみならず、移入順もミジンコの集団遺伝構造を決める重要な要因となる可能性が考えられた。

O-C20

機械学習で検出試行した淡水珪藻類の季節変動

*近藤雅秋（三重大・生），中川陽勇（三重大・生），溝口優作（三重大・生）

1. はじめに

水草のある水域で植物プランクトンを計測するとき、水草とプランクトンのクロロフィルが干渉することが懸念される。そのため、プランクトンの細胞数を計測することで代替することがあるようだ。検鏡は知識や時間などを必要とし測定要件は高い場合があるので、要件を緩和する方法を必要としている。本研究では、要件を緩和する手法として機械学習を利用して実際の池水に含まれるプランクトンの計測を試み測定上の問題点を把握することを目的とした。

2. 方法

(1) 現地採取

調査池は津市嘉間池（満水面積 2.8ha）と大沢池（満水面積 8.5ha）である。調査は 4 月から 12 月まで毎月 1 回程実施した。大沢池では例年 4 月下旬から浮葉植物ヒシが群落を形成し始め 7 月～8 月で最盛期を迎え秋には枯死する。嘉間池では水草の繁茂は確認されなかった。

大沢池の形状は東西に長く 3 分割した。嘉間池は大沢池の近接し比較的小規模な池であり、比較対象として選定した。両池の表層水を採水し、水温などを現地測定し研究室でも窒素リン等を測定した。さらに別途採水しルゴール液で固定した。

(2) 顕微鏡動画

現地で固定し静置させた上水を排水し濃縮した。濃縮液を計数板に注入し顕微鏡観察に供した。倒立顕微鏡に設置したデジカメを介して顕微鏡撮影の動画を保存した。計数板 20×20 メッシュのうち半分を撮影した。

(3) 機械学習

・解析の流れ 画像解析の物体検出では、何が画像のどこに写っているかを取得できる。YOLO は画像を一度見るだけで物体検出できることを謳い、そして既習のモデルを利用可能のほかに、新規に自分が検出したいモデルを作成できる。

・モデル 1，2 による基本パターンの検討 珪藻の一種 *aulacoseria japonica* に着目し写っている座標

を取得しラベル付けしたデータセットを作成した。データセットは訓練用と検証用に 8:2 に分け学習させた。モデル 1 は基本的パターンの画像を学習させたものであり、モデル 2 では精度が低かったパターンを追加し学習したものである。

・季節変化の検討 モデル 2 に基づいて毎月分の画像を解析した。比較のためモデル 1，目視による解析も行った。なお、本報告では毎月分を目視でカウントすることを踏まえ計測対象を計数板一行に絞った。

3. 結果および考察

(1) 学習のパターンや量が異なるモデル 1，2 による結果

検出された *aulacoseria japonica* は枠で囲まれ。検出名と枠に含まれる確率を表す信頼度が表示される。学習のパターンや量が多いモデル 2 はモデル 1 が見逃すパターンを検出できたほか、信頼度もモデル 2 は高い結果となった。しかし、信頼度は 30～70%が多く占め信頼度は学習回数を重ねても変化が少なく思うように改善しなかった。

(2) モデル 2 による季節変化の計測結果

より高精度であるモデル 2 を用いて、毎月分を解析した。表 1 に嘉間池の検出結果を示す。

定量的視点では、4 月から 9 月の検出数が少ない時期で、モデル 2 の誤差は 1 より小さいことが分かる。10 月から 12 月にかけての検出数が多い時期では、モデル 2 の 11 月は目視の精度に迫ったが、10 月での精度は明らかに劣った。10 月画像にはモデル 2 の未学習パターンが含まれていた。

定性的視点では、4 月から 12 月を通して、モデル 2 による検出は、目視が極小の時期を少ないととらえ、目視が多めの時期は多く検出し珪藻類の出現特性を捉えたことが分かる。12 月に減少したが、モデル 2 による検出は追従した。

表 1 検出数の変化（個）

嘉間池	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
モデル 1	4	1	8	0	0	0	66	94	13
モデル 2	1	2	0	0	0	0	118	208	23
目視	1	3	3	0	0	1	198	213	31

O-C21

Understanding methane oxidation by “aerobic” methanotrophs in oxygen-depleted waters

*Jackson M. Tsuji¹, Cerrise Weiblen², Paula Reis³, Yongcui Deng⁴,
Dominic Sauvageau², Sherry Schiff³, Lisa Y. Stein², Josh D. Neufeld³

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Japan, ²University of Alberta, Canada,

³University of Waterloo, Canada, ⁴Nanjing Normal University, China

Introduction

Methane, an important greenhouse gas, is produced in large quantities in anoxic environments, such as lake and ocean sediments, yet is mostly consumed by methanotrophic microorganisms before reaching the atmosphere. In freshwater systems, aerobic bacterial methanotrophs typically dominate methane consumption using molecular oxygen (O₂) as a reactant in the first step of the methane oxidation process. How such consumption of methane will be impacted by global change, including aquatic deoxygenation, is unclear due to limited understanding of the ecology and physiology of methanotrophs. Despite their need for O₂, aerobic methanotrophs have recently been detected in diverse and seemingly anoxic freshwater ecosystems, which suggests they may have a broader ecological niche than previously assumed. Here we combine field sampling, DNA/RNA sequencing, and laboratory incubations to explore the distribution, potential metabolisms, and activity of aerobic methanotrophs in stratified lakes with the goal of understanding the adaptations and life strategies these bacteria employ to inhabit O₂-depleted ecosystems.

Materials and Methods

We sampled eight seasonally anoxic and iron-rich lakes at the IISD-Experimental Lakes Area (Canada) during summer and/or fall of 2016-2018 and took physico-chemical measures along with samples for DNA/RNA sequencing. 16S rRNA gene amplicon sequencing and metagenome sequencing were performed for samples from all eight lakes, and in addition, metatranscriptome sequencing was performed for samples along the water column of a single lake (Lake 227). Two of the lakes (Lake 227 and Lake 304) were re-sampled in 2023-2024 to perform *ex-situ* methane oxidation rate measurements. To further investigate their metabolism, we also measured methane oxidation rates of a representative aerobic methanotroph, *Methylobacter* sp. S3L5C, under O₂ limitation.

Results

Potential aerobic methanotrophs belonging to the *Methylococcales* order were detected in the seemingly anoxic waters of all eight lakes, using amplicon and metagenome sequencing, and in some cases had relative abundances of over 15%. The majority of metagenome-assembled genomes we obtained for *Methylococcales* members included the particulate methane monooxygenase (*pmoA*) gene, a key marker for methanotrophy, along with a homolog of bacteriohemerythrin (*bhr-00*) encoding an O₂ carrier protein and a key marker gene for gas vesicles (*gvpA*) involved in cell buoyancy. All three of these genes had upregulated gene expression even in the deepest and aphotic parts of the anoxic zone of Lake 227 based on metatranscriptome data. Yet in *ex-situ* incubations and laboratory cultivation tests, we could only measure methane oxidation by the targeted methanotrophs when trace O₂ was present and not under complete anoxia.

Discussion

Despite residing in seemingly anoxic environments, our data support that low levels of O₂ are still required by aerobic methanotrophs for methane metabolism. We identified possible mechanisms these bacteria can use to access and conserve O₂ in anoxic ecosystems, including gas vesicles that could allow them to migrate through the water column and bacteriohemerythrins that could allow them to store O₂ for later use. Yet our data still leave open how these methanotrophs become dominant microbial community members in the anoxic zones of the surveyed lakes. Aside from methane oxidation, these bacteria could potentially supplement their metabolisms with alternative pathways such as iron-based electron transport or fermentation, or they could access sources of “dark O₂” that are yet to be identified. Understanding the adaptations and behaviour of these methanotrophs under O₂ stress will be key to predicting how methane cycling could shift as global change leads to changes in lake O₂ dynamics.

O-C22

高位泥炭地における地中水の動き

*岩熊 敏夫（北海道大），野原 精一（福島県尾瀬保護調査会）

1. はじめに

高位泥炭地では地下水面は泥炭表層よりも低い。泥炭地の地形は地盤を反映して起伏に富むことが多い。高位泥炭地の水文モデルでは有機物が未分解で透水性の高い泥炭上部と有機物分解が進み透水性の低い下部の2層に分けて地中水の動きが論じられることが多いが¹⁾、その境界深度の解明には現地調査を必要とする。

本研究では尾瀬ヶ原及び宮床湿原での現地調査に基づき、(1) 採取した泥炭試料の透水係数測定と泥炭の分解度との関係の解明、(2) 既存の泥炭分解度の深度分布資料との比較、(3) 野外に設置したピエゾメータの水位変化から泥炭の深度別透水係数を推定する方法の検討、(4) 典型的な高位泥炭地とされる尾瀬ヶ原中田代における透水係数の3次元空間分布の推定、を行うことを目的とした。

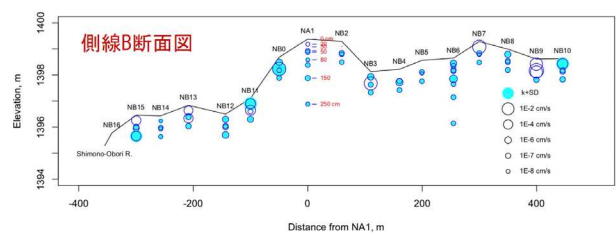
2. 材料と方法

(1) 表層泥炭試料：尾瀬ヶ原中田代の最大標高地点でハサミ、ナイフ、カッターで表層植生を切り取り、18 cm までの深さの泥炭コアを採取した。また、別途水平方向の試料も採取した。鉛直方向試料は概ね 50 cm ごとに分割した。透水係数 K (cm s^{-1}) は異径変水位法により、泥炭試料に 50 cm のパイプで水頭を与え、パイプ内の水位減少速度から求めた。泥炭分解度は洗泥法²⁾によった。(2) 泥炭分解度の深度分布資料：阪口らが 1973 年に中田代の最大標高地点で掘削したピットホールデータ³⁾に基づいた。(3) ピエゾメータ水位：既に報告されている尾瀬ヶ原⁴⁾、宮床湿原⁵⁾のデータと未発表試料に基づいた。中田代では 40 地点、それぞれ 10, 20, 30, 45, 50, 80, 100, 150, 250 cm 深度の水位 6 回分のデータを解析した。ピエゾメータ先端における地下水の移動は複数の形状係数⁶⁾を仮定した。

3. 結果および考察

(1) 表層泥炭：透水係数は $0.01 \sim 0.00054 \text{ cm s}^{-1}$ 、分解度は $0.171 \sim 0.754$ 、強熱減量は $75.9 \sim 95.7\%$ の範囲であった。異方性の明瞭な結果は得られなかったが、少なくとも 20 cm の深度までの地中水は

迅速に水平方向に流動すると考えられた。透水係数の対数値と分解度との間には有意ではないものの負の相関傾向が見られた ($n=16, p=0.22$)。 (2) 中田代では 2 cm ごとに約 4 m までの分解度が測定され、表層から 20 cm までの深さ迄の間に 0.04 から 0.5 まで減少し、それ以深では約 0.5 の周りに 0.3～0.63 の間で変動を示している。分解度だけからは、20 cm 以深の透水係数を推定するのは難しい。 (3) ピエゾメータ水位変動から透水係数の推定：中田代の表層 20 cm までは降水で常に湛水されている。透水係数および測定日間の表層水位を未知変数として R の `optim` 関数による最適化法でピエゾメータ内の水位変動を推定した。その水位変動を元に仮定した形状係数を用いてピエゾメータ先端地点での泥炭の透水係数を求めた。 (4) 中田代における透水係数の 3 次元空間分布：30 cm 以深では $K=10^{-9} \sim 10^{-8} \text{ cm s}^{-1}$ となった。地点によっては 50～80 cm 深度で $10^{-4} \sim 10^{-2} \text{ cm s}^{-1}$ と高い値を示した。泥炭は異質性と異方性が著しく透水係数は空間的に大きく異なる⁷⁾。また、中田代の池塘は河川の蛇行した名残であることなど、高位泥炭地においても地下空間は空隙に富む場所が存在する事を示唆していた。



中田代横断面に沿った深度別透水係数

引用文献 1) Ingram, H.A.P. (1982) Nature 297:300-303. 2) 阪口豊 (1957) 資源科学研究所彙報, 45, 23-32. 3) 阪口豊 (1989) 『尾瀬ヶ原の自然史』中央公論社. 4) 岩熊敏夫他 (1999) 『尾瀬の総合研究』p.258-273. 5) 岩熊敏夫他 (1995) 国立環境研究所研究報告, 134 号. 6) Hvorslev, M.J. (1951) Bull. 36, Waterways Exper. Sta., Corps of Engineers, US Army. 7) 和田保他 (1961) 農業土木研究, 28, 287-296.

O-C23

水温が底泥酸素要求量（SOD）に及ぼす影響の評価

*小笠原 翔（滋琵環研セ）、霜鳥 孝一（国環研）、安達 大輝、
岡本 高弘、七里 将一、南 真紀、山本 春樹（滋琵環研セ）

1. はじめに

底泥酸素要求量（SOD）は底層の溶存酸素（底層DO）を消費する主な因子の一つとして重要であるが、気候変動に伴う底層水温の上昇のSODへの影響を評価した事例は限られている。また、SOD測定のための底泥の培養は現場水温で行うこととされている¹。そのため、底層水温が異なる地点間のデータ比較にあたっては補正計算などが行われてきたが、その妥当性は検証が必要である。そこで本研究では、同日・同一地点で採取した底泥を複数の処理区に分け、幅広い温度帯で、SODを測定し、温度の影響を定量的に調べた。

2. 材料と方法

底泥は、琵琶湖において底層DOに係る環境基準値を下回ることが問題となっている北湖今津沖中央（17B 基準値：3 mg L⁻¹）および、その他湖岸域を含む4地点の計5地点で採取した。SODの測定は小型バイアル法²で行った。底泥は、内径11 cm、長さ50 cmのアクリルパイプを取り付けた不かく乱柱状採泥器（離合社）で複数本採取し、内径1.28 cm×長さ12.5 cmのガラスバイアル内にマクロピペットを用いて層構造を乱さないよう静かにバイアルのおおよそ半分の量の泥を吸引した。泥の直上水は、ろ過後空気ばっ気した底層の水に置換した。ろ過はガラス繊維ろ紙（WhatmanTM GF/B（粒子保持能1.0 μm）：Cytiva）で行った。直上水を攪拌するため、ステンレス棒を貫通させ水中で縦回転するよう調整した攪拌子をバイアル内に入れ、バイアルの上端と下端はブチルゴムとアルミキャップで密封した。こうして調製した小型バイアル試料を、各四連で現場の水温を含む4℃から28℃の幅で攪拌子を回転させながら恒温器内で培養し、培養中の直上水のDO減少速度からSODを算出した。試料は可能な限り同一コア由来のバイアルが同じ処理区に入らないよう組み合わせ、コアごとの差を平均化した。

3. 結果と考察

本要旨では紙面の都合上17Bの結果のみ示す。培

養温度とそれぞれのSODをプロットしたものが図1で、培養温度が高いほどSODも高くなる関係が得られた。培養温度とSODの関係は一次関数よりも指数関数でよく近似できた。

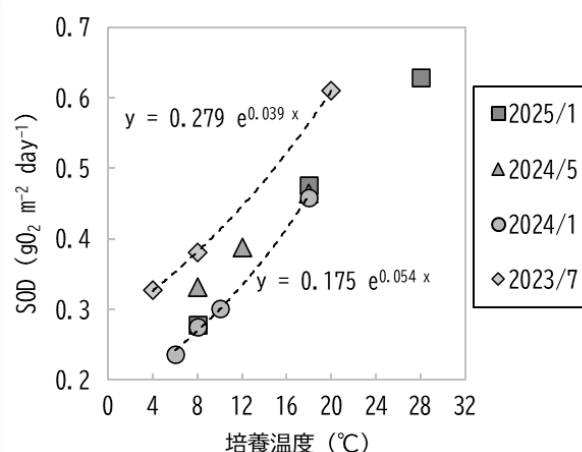


図1 今津沖中央における培養温度とSODの関係。
（回帰曲線は2023年7月と2024年1月のもの）

培養温度が10℃上昇した時の反応速度増加率をSODの比から算出すると1.3～1.8であり、一般的な酵素反応で言われる2～3よりも低く、データ比較にあたっての補正計算では、実際の温度依存性から確認した値を使用するのがよいと考えられた。なお、17Bの年間を通じた湖底水温である8℃付近においては、培養温度が2℃上昇するとSODが0.03 gO₂ m⁻² day⁻¹程度上昇し、2000年頃の7℃前後と近年の9℃前後の2℃の底層水温の増加は10%程度SODを増加させると推定された。

培養温度とSODの回帰曲線において、採泥の時期は、自然対数の底（e）の乗数にはあまり影響していなかったものの、切片に当たるeの係数には大きく影響していた。このことから、採泥の時期による温度依存性の差異は小さかったが、培養温度によらない因子がSODに強く影響していると考えられた。この因子の解明はSODの本質的な理解に繋がることが期待される。

1 環境省 水・大気環境局（2012）：底質調査方法

2 Shimotori et al. (2021) J. Soils Sediments, 21:1222-1231

O-C24

尻別川流域の土地利用形態が 河川水中の栄養物質濃度に与える影響

*河野 晃大（北海道大院・環境科学），A.R. Chittenden（北海道大・水産）

1. はじめに

北海道南西に位置する尻別川は全長 126km、流域面積 1,640km² の一級河川であり、その流域では森林、畑や水田、市街地やニセコ地域のような観光開発地域など様々な用途で利用されている。尻別川流域について、過去の研究では水温や・濁度など物理的水質項目と土地利用との関連は調査されてきたが(江角, 2023)、硝酸塩・鉄など化学的水質項目と土地利用との関連は調査されてこなかった。

今回の研究では、尻別川の河川水質を物理的・化学的双方の水質項目から調査すること、流域の土地利用について調査することを通じて、尻別川流域の土地利用と河川水質の関係について説明することを目的とした。

2. 材料と方法

・河川水質分析

尻別川の上流から下流にかけての全 16 地点で、2024 年 5 月から 11 月までの 7 か月間、毎月末に一回採水した。現場での測定には HORIBA Advanced Techno の MULTI-PARAMETER WATER QUALITY CHECKER U-50series を用い、水温(TEMP)、pH、酸化還元電位(ORP)、電気伝導率(COND)、濁度(TURB)、溶存酸素(DO)、総溶解固形物(TDS)、塩分(SALT)の 8 項目を測定した。また、各地点では橋の上からバケツで表層水を採水し、事前に洗浄した 100mL ボトル 2 本にそれぞれ河川水を採水した。1 本は当日中に孔径 0.2 μm フィルターでろ過した後分析まで冷凍し、実験室で解凍後オートアナライザーQuAAtro (BRAN+LUEBBE) を用いて NO₃, NO₂, NH₄, PO₄, SiO₂ 濃度を測定した。もう 1 本は当日中に塩酸 1.7mL を加え、フェロジン法で Fe 濃度を測定した。

・土地利用分析

尻別川調査地周辺の土地利用には、宇宙航空研

究開発機構(JAXA)地球観測研究センター(EORC)の ALOS/AKOS-2 解析研究プロジェクト、高解像度土地利用土地被覆図の日本域 10m 解像度土地利用土地被覆図[2018~2020 年](バージョン 21.11)中の 10m 相当解像度版日本全域 GeoTiff 形式データ)を用いた。調査地点の景観中の土地被覆割合算出には地理空間情報システム QGIS による各地点を中心とした半径 1000m 円内の被覆割合を用いた。

・統計解析

各 4 項目(人工物・水田・畑・森林)の土地被覆が景観に占める割合と TEMP・SALT を除いた水質 6 項目の関連を調べることを目的として、マン・ホイットニーの U 検定を行った。各土地被覆項目を、その被覆割合が高いグループと低いグループの 2 グループに中央値を閾値として分け、水質の違いに有意差があるか検定を行った。ただし、異常値を示した地点 8、海水の影響を否定できない地点 15、16 の水質データは統計解析には用いなかった。また、分析操作上のミスが否定できないことから、SiO₂ の測定値も用いなかった。

3. 結果・考察

2 グループ間のマン・ホイットニーの U 検定の結果の内、38 の結果で有意差を示した。その一方で、各 4 項目（人工物・水田・畑・森林）のグループ分けに着目すると、「畑、森林」以外の土地被覆項目で各 2 グループを構成する地点の要素が、上流(地点～#7)と下流(#9～)のグループ分けと似た傾向を持つ。そこで、上流・下流グループ間での水質項目の違いを同様に調べたところ、DO, NH₄ 以外で有意差を示した。有意差があった 38 の結果の内、「森林-NH₄」以外の結果は、土地利用と河川水質の関係よりも、むしろ上流からの河川の流れの影響によって成り立っている可能性が大きい (Kitani et al, 2011)と判断した。

O-C25

大阪湾奥の人工干潟における底泥酸素消費量

*霜鳥孝一（国環研），大谷壮介（武庫女），平井研（MIZUKEN）

1. はじめに

大阪湾湾奥は沿岸域の開発に伴う埋立てで干潟や浅場の大半が消失した。これに伴い、生物の生息環境が失われ、水質悪化や生態系機能の喪失が生じた。このような背景から、2000年代以降、環境修復を目的とした人工干潟や浅場の造成が行われた。人工干潟や浅場の造成は良好な生物の生息場所を創出し、底生生物による有機物分解や栄養塩類の除去、海藻による窒素吸収など水質改善に寄与する。しかし、長期的には底質環境の変化や維持管理不足により機能が低下する可能性も想定される。そこで本研究では、造成から長期経過した兵庫県西宮市の人工浅場である御前浜と大阪府の人工干潟の大阪南港野鳥園（野鳥園）において、生物相に直接的な影響を与える溶存酸素の変動要因である底泥の酸素消費量（SOD）を調査した。

2. 材料と方法

SODの測定には、内径4.6cm、長さ50cmのアクリルパイプを用いて採取した底泥コアを使用した。御前浜では、人工浅場（DL-1m）と浅場外（DL-4m）の2地点、野鳥園においては、造成の経緯が異なる北池、西池、南池（潮間帯）の3地点で底泥コアを採取した。底泥コアの直上水は、孔径0.2μmのメンブレンフィルターでろ過した現場海水に置換した。アクリルパイプ上部は天然ゴム栓とアルミテープで密閉し、現場水温で培養した。直上水の攪拌には自作した攪拌子を使用した。アクリルパイプ内には溶存酸素量（DO）を外部から測定可能なセンサーチップを取り付け、蛍光式酸素センサー（Fibox4, PreSens）を用いてDOを測定しSODを算出した。SODの算出は以下の式に従った。

$$\text{SOD (g m}^{-2} \text{ day}^{-1}) = \Delta[\text{DO}]/\text{dt} \times (\text{直上水量}/\text{底泥表面積}) \times 24/1000$$

$\Delta[\text{DO}]/\text{dt}$: 培養時間 t (h) における DO 濃度 (mg L^{-1}) 変化から求めた近似曲線の傾き ($\text{mg L}^{-1} \text{ h}^{-1}$)、
24/1000: 単位換算係数

調査地点の水質は多項目水質計（Xylem, EXO2s）で

測定した。植物プランクトンは光学顕微鏡下で種の同定と計数を行った。

3. 結果

御前浜の SOD は、水温 28℃の夏季に最も高く、冬季の 8℃で最も低かった。浅場外では温度変化による差が顕著であり、高水温で SOD が増加する傾向にあった。一方、野鳥園の北池、西池、南池の3地点は、地点間でのばらつきはあるものの、御前浜に比べて数倍高い値を示していた。

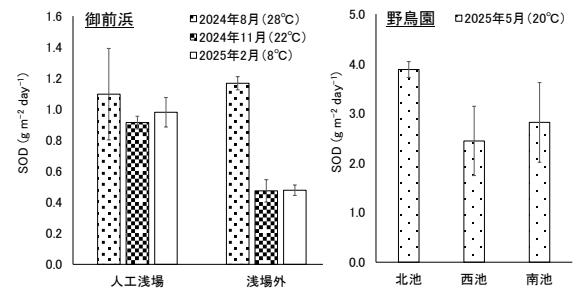


図 御前浜と野鳥園の SOD。（ ）内は現場水温

4. 考察

SOD は有機物の分解や底泥からの還元物質の溶出から影響を受ける。その影響は温度依存性があることから、夏季に値が最大となることは整合していると考えられる。一方で、冬季の低水温時も人工浅場で夏季と同等の SOD となっていたことについては、*Skeletonema costatum* が夏季と同等量発生していたことから、呼吸や分解による酸素消費が寄与していると推測される。野鳥園の SOD は、泥質の調査地点である北池で最も高く、糸状藻類が繁茂し、その呼吸量が見込まれる西池、南池を上回った。この差を生んだ要因については、有機物含量や微生物群集解析等の更なる調査を行い検討する必要がある。

5. 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（JPMEERF24S12309）により実施した。植物プランクトン分析は、日本海洋生物研究所のご助力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

ポスター発表

P-01～P-57

コアタイム：9月27日（土） 13時15分～15時15分

小中高生ポスターコアタイム：9月28日（日） 10時00分～11時00分

P-01

東海地方の放棄水田にみられる植生とその保全に向けて

*星野功征（帝京科学大・自然環境）、片桐浩司（帝京科学大・自然環境）

1. はじめに

近年、全国各地では毎年のように自然災害が頻発している。雨の発生の増加や台風の大型化等により、浸水被害が頻発しており、既に地球温暖化の影響が顕在化していることが報告されている。こうした中、気候変動による降雨量の増加に対応するため、流域のあらゆる既存施設を活用し、流域のあらゆる関係者との協働により、流域全体で総合的かつ多層的な対策を実施する「流域治水」という考え方が注目されている（国土交通省 2025）。

岐阜県を流れる長良川流域では、河川の氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策として、雨水を一時的に貯留する機能を持つ放棄水田の活用が注目されている。

東海地方の丘陵地では人口減少や高齢化により農業従事者が減少し、維持管理されなくなった放棄水田が各地に見られる。このうち一部の放棄水田は、年月の経過とともに湿地環境となり、多様な水生・湿生植物や希少種の生息地としての役割を果たしている。その一方で、セイタカアワダチソウなどの外来種が優占し、乾燥した草地となった放棄水田も数多くみられる。このように放棄水田にはさまざまなタイプが存在するものの、東海地方、とくに岐阜県内において放棄水田の植生を対象とした研究はきわめて限られている。

以上の背景を踏まえ、本研究では、岐阜県関市の丘陵地にある 5~6 年間耕作が行われていない複数の放棄水田を対象に植生調査を行い、植物相および外来種、希少種の種数を把握した。さらに、現地の環境条件(水深、土壌特性、管理状態など)と植生との関連性を解析した。また放棄水田に雨水を貯留した場合、生育する植物に対してどのような影響が及ぼされるのかを明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

岐阜県関市志津野の 3 か所の放棄水田において、水田の面ごとに区画分けし、志津野西で 6 区

画、志津野東で 3 区画、中部電力変電所下で 3 区画とため池 1 区画の調査地を設定した（計 13 区画）。各区画内に 1m×1m のコドラートを 5 個ずつ設置し、Braun-Blanquet 法を用いた植生調査を行った。また、コドラートごとに土壌水分量、土壌硬度、土壌の電気伝導度と pH、水深、土壌の温度、簡易土性、泥厚の計 8 項目を計測した。調査は 2025 年の 5 月 16・17 日、6 月 13・14 日、7 月 22・23 日の計 6 日間で実践した。

3. 結果・考察

志津野西の区画 4 の開放水面にはシャジクモ *Chara barunii* や沈水植物のイバラモ属 *Nitella* sp.、区画 5 の開放水面にはイバラモ属 *Nitella* sp. やミズゴケ類 *Sphagnum* sp.、区画 6 ではミズゴケ類 *Sphagnum* sp. など、水生・湿生植物の希少種の優占群落が成立していた。

水生・湿生植物が優占するこれらの区画は、土壌水分量が多く、深い水深で特徴づけられた。一方、土壌水分量が少なく、乾燥している環境ではセイタカアワダチソウ *Solidago altissima* などの外来種が優占していた。

また、湿生植物の優占群落では、日本最小のトンボとして知られるハッチョウトンボ *Nannophyapygmaea* の生息が確認された。

3 か所の放棄水田の植生と環境条件との関係は、水分勾配に応じて植生の遷移が生じていることを示しており、保水性や土壌水分量の差異が生態系の構造に強く影響していると考えられた。外来種率と土壌水分量の関係から、湿地の乾燥化が進むことで外来種が優占する植生へと遷移し、地域本来の生物多様性が損なわれることが示唆された。

放棄水田の希少な植生の保全にあたっては、開放水面を増やし、水位や土壌水分量が経年的に維持されることが必要である。さらに、区画における環境の多様さを示すハッチョウトンボ *Nannophyapygmaea* を湿地環境のモニタリングに適した「指標昆虫」として継続的に調査していくことが必要である。

P-02

都市公園における埋土種子と水草相について

*井上 堅仁・片桐 浩司 (帝京科学大学 自然環境)

1. はじめに

近年の都市化の影響により、池のなどの水質問題が顕在化してきている。1960 年度以降に都市部では都心に移住するものが増え、急速に都市化が進行した。アスファルトやコンクリートで覆われた不浸透面が増加化したことにより、雨水が浸透しづらくなり湧水が減少し、生活排水が流れ込んだことにより、池の水質に悪影響を与えた。(かいぼり報告会 森田 優 2017)

東京都にある井の頭池では、井の頭池では 2013 年、2015 年、2017 年と 3 回かいぼりが実施されてきた。その結果、イノカシラフラスコモをはじめとする希少な水草が発芽、再生した。これは池底にある埋土種子が発芽したものによると考察された。(かいぼり報告会 認定 NPO 法人生態工房 2019)

しかしその後、かいぼりが実施されなくなると外来種のコカナダモや緑藻類の異常繁茂が確認されるようになった。池の保全に当たっては、池底にある埋土を活用することが効果的であるが、現在の埋土種子相については把握できていない。

そこで本研究では、井の頭池(お茶の水池、弁天池)を対象に、池内の埋土種子相を把握し、そして現在みられる水草相についての調査を行うことで、池の環境改善や在来植生再生の基礎的な情報を得ることを目的とした。

2. 材料と方法

お茶の水池、弁天池において、それぞれ 3 地点、計 6 地点で調査を行った。エクスマンバージ採泥器で 1 地点につき 2 回泥を採取した。調査にはゴムボートを用いた。4 地点の調査地点において、水草相、水深、水温、泥厚、pH、電気伝導度、溶存酸素量、NO₃-N の計 8 項目を行った。また溶存酸素量については、表層、底層の 2 層で測定を行った。また 2 地点の調査地点では水草相のみを調査した。

各地点で採取した泥を網目が細くなるようにふるいを重ねて(4mm→2mm→0.5mm→0.06mm)上部から泥を投入して分別を行った。ふるいにかけて分別した泥をシャーレにのせ目視とルーペ、実体顕微

鏡(×2.0)で観察し、ピンセットを使用して埋土種子と思われる種子の抽出を行いった。(牛木 純 2009)。種の同定を行った。なお種子の同定は、日本植物種子図鑑(中山 至大・井之口 希秀・南谷 忠志 2000)、日本種子写真図鑑(石川 茂雄 1994)に従った。

3. 結果と考察

お茶の水池では計測を行った 2 地点では、何れも植生が見られなかった。1 つの地点ではツツイトモ 40%、コカナダモ 40%の被度で生育していた。埋土種子としてツツイトモ(233 個)、イバラモ科 sp(4 個)の 2 種類が確認された。お茶の水池では現在、生育の見られない種が埋土種子として池底に休眠していることが分かった。環境条件の測定結果から、お茶の水池では、水底に泥が厚く堆積しており(最大 1.3m)、さらに水底付近が嫌気的な環境になっているため埋土種子がはつがでぎに無植生となっていることが示唆された。このためお茶の水池では、埋土種子の発芽を促し、さらに嫌気的な環境を改善するために、池の水を抜き、池底を一定期間干し上げるかいぼりを再度実施することが必要である。これまでの 3 回の実施で、かいぼりが環境改善に効果的であることが確認されている。(東京都 2018)。一方弁天池では、90%の被度でコカナダモがまた 15%の被度でツツイトモが生育していた。さらに付近ではイノカシラフラスコモの生育が確認された。この地点で採取された埋土種子としてはツツイトモが最も多く(36 個)、他に、カンガレイ aff(1 個)、サンカクイ aff(1 個)などが確認された。しかし、埋土種子と確認された多くが現在は見られないことが分かった。外来種であるコカナダモは国内では雌雄のみが導入されており(角野 1994)、種子繁殖を行わないことから埋土種子が形成されない。栄養繁殖のみです急速に拡大することから、現在みられる植物体を除去することで光環境が改善され、埋土種子の発芽につながる可能性がある。

P-03

Urban Landscapes Restructure Fish Traits and Taxonomic Composition in Japan

*Giovanna Collyer (The University of Tokyo),
Victor Saito (Federal University of Sao Carlos),
Terutaka Mori (Aqua Restoration Research Center),
Takehito Yoshida (The University of Tokyo)

1. Introduction

Anthropogenic impacts, especially land-use change, have long-lasting effects on freshwater ecosystems, influencing not only which species are present but also how communities function ecologically. Traits such as body size, trophic level, and habitat preference determine how fish interact with their environment and affect ecosystem-level processes.

Focusing on traits instead of just species identities reveals which ecological roles persist and which are gradually lost as human impact intensifies. In doing so, we can detect subtle but meaningful shifts in community function as natural landscapes are transformed into agricultural or urban areas.

In this study, we investigated how fish communities across Japanese headwater streams respond to land-use gradients in taxonomic identity and functional structure. By examining key traits, we assessed how functional diversity and redundancy shift along disturbance gradients. This approach helps determine whether ecosystems are losing important roles, even when species richness remains unchanged.

2. Materials and Methods

Fish data were obtained from the National Census on River Environments dataset, covering 191 headwater streams across Japan and spanning a wide range of environmental conditions and land-use types. At each site, fish were sampled between 2018 and 2022 using throw nets, with species identity and abundance recorded. For each species, we compiled key functional traits related to body size, feeding group, habitat preference, water column position, and migratory behavior.

Environmental variables were quantified using the JAXA high-resolution land classification dataset (30 meters), within a 400-meter buffer surrounding each site. Land-use categories and mean seasonal and annual temperatures were used to generate two principal components: one representing agricultural land use (PC1) and the other urban land use (PC2). These gradients were used as predictors in all subsequent analyses.

To assess changes in functional structure, we estimated genus richness (Chao1), functional richness (FRic), functional dispersion (FDis), community composition, and trait-weighted structure (CWM). We also performed RLQ analyses to explore associations between traits and environmental variables. Finally, linear mixed models were used to test how FRic and FDis varied with PC1, PC2, and season.

3. Results

Fish communities showed significant shifts in taxonomic and functional structure along land-use

gradients. Urban land use (PC2) was associated with higher genus richness (Chao1) and greater functional richness (FRic), while functional dispersion (FDis) did not change. Agricultural land use (PC1) also led to increased FRic, but had no effect on Chao1 or FDis.

Community composition varied significantly with urban land use, but not with agricultural one. However, beta dispersion did not differ across gradients. RLQ analysis confirmed a significant overall structure linking traits, species abundances, and environmental gradients. Trait-environment correlations were only significant when species abundances were included.

Community-weighted means (CWMs) revealed that urban sites had more tolerant species, short and deep-bodied taxa, and fish with marine-associated habitat use. Agricultural sites, on the other hand, were associated with more carnivorous taxa, while forested sites had higher proportions of omnivores and marine-affiliated species.

4. Discussion

We show that urban and agricultural land use alters the functional structure of fish assemblages of Japanese streams. Species richness was higher in urban streams, whereas functional richness increased along both gradients, and these increases do not automatically imply healthier or more diverse ecosystems. Instead, they suggest a shift toward communities dominated by species with similar ecological strategies.

Urban land use was related with tolerant, short and deep-bodied, and marine-associated taxa, which are traits typically expressed in generalist and disturbance-tolerant species. Such shift coupled with increased redundancy and constant FDis suggests functional homogenization: different species occupying similar roles, reducing the function diversity within the system. Agricultural land use, in turn, was associated with increased richness of carnivorous taxa and FRic, suggesting improvement in certain functional niches but not necessarily greater overall ecological diversity.

The stability of functional dispersion despite richness and composition changes means that land use alters what is dominant, but not the range at which traits are spread in trait space. Trait-environment correlations were only significant when species abundances were included, stating again that composition and dominance must be given attention when making inferences about functional responses.

This study illustrates that human pressures reorganize freshwater fish communities not only taxonomically, but also functionally. True conservation goes beyond species counts; it requires maintaining the ecological roles that ecosystems depend on to stay balanced and resilient.

P-04

印旛沼流域の水生昆虫群集の多様性に影響を与える要因

*堀田和希（東京大学），平野 佑奈・今藤 夏子・

伊藤 洋・田和 康太・西廣 淳（国立環境研究所），吉田 丈人（東京大学）

1. はじめに

水生昆虫とは、生活史の一部、または全ての期間を水中もしくは水面で過ごす昆虫類の総称であり、湿地を主な生息地としている (Lancaster et al., 2013)。耕作放棄や侵略的外来種、都市開発による湧水量の減少等の影響により、水生昆虫の個体数や生息地は減少傾向にある (Ohba 2011; Watanabe et al. 2021; Hirano et al. 2022)。このような減少の理解には、水生昆虫群集の構造とその環境への応答を解明することが重要である。

そこで、本研究では千葉県印旛沼流域の谷津を対象として、そこに生息する水生昆虫の群集構造と、環境要因が群集構造に与える影響について評価した。

2. 材料と方法

印旛沼流域に存在する多数の谷津から 24 ヶ所をランダムに選定し、2024 年 7 月から 8 月にかけて調査を行った。水生昆虫の採集方法は掬い取り法であり、谷津内の水域でタモ網を用いて反復採集した。採集した水生昆虫は、同定可能な分類群ごとに同定し個体数を記録した。

群集構造に影響を与える環境要因として、谷津の谷底の面積、集水域面積（台地を含む）、集水域内の浸透面面積、集水域内の浸透面割合を計算した。また、採集地が水田であるかどうか、同時に採集したアメリカザリガニの単位努力量当たりの個体数（掬い取り 1 回あたりの個体数）も評価した。統計解析には R の *vegan* パッケージ(Oksaiej et al., 2022)を使用した。まず、入れ子構造の指標である NODF を用いて、在不在データから入れ子構造の有無を検討した。そして、分類群間の非類似度をもとに、群平均法による出現分類群のクラスタリングと NMDS による群集構造の評価を行った。また、入れ子構造における谷津ごとの水生昆虫の分類群数と環境要因との関係を GLM で分析したほか、各分類群の出現個体数と環境要因との関係を RDA を用いて解析した。

3. 結果

NODF は 43.609 ($p < 0.001$)であり、ヌルモデルと比較し有意に高く、入れ子構造の存在が確認された。

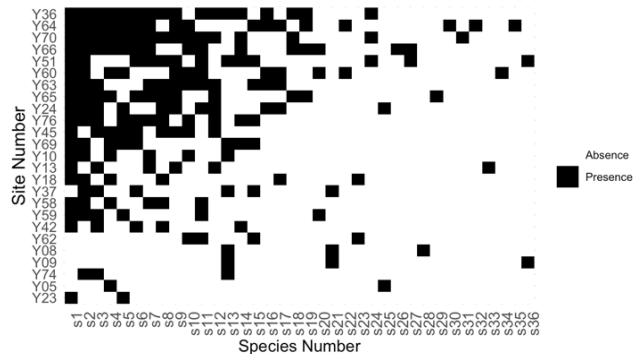


図. 各分類群の在不在データに基づくバイナリヒートマップ

クラスタリングの結果、多くの分類群を含むクラスター1と少数の分類群からなる 14 のクラスターの計 15 クラスターに分かれた。NMDS では、クラスター1に属する分類群が中心に位置し、他のクラスターに属する分類群がその周辺を囲むように位置していた。

GLM の結果、谷津の谷底の面積のみが分類群数と有意な正の相関を示した。また、並べ替え検定の結果、RDA のフルモデルと各正準軸は共に有意性が見られなかった。

4. 考察

印旛沼流域の谷津に生息する水生昆虫の群集は入れ子構造を持つことが明らかとなった。クラスター1に属する種は多くの谷津に共通して出現した普通種であり、他のクラスターに属する種はそれぞれが好む環境の谷津にのみ出現したことにより、入れ子構造が形成されると考えられた。谷津の谷底の面積は、大きいほど多様な湿地環境を含むために入れ子構造の形成に寄与していると考えられるが、より直接的な指標での比較が必要である。そのため発表においては、さらに耕作放棄年代などの環境要因を追加して議論を行いたい。

P-05

カイビルの寄生によるタテボシガイへの影響

松本 優（滋賀県立大院・環境動態）

1. はじめに

カイビル（環形動物門ヒル綱グロシフォニ科）は、淡水二枚貝に外部寄生する水生のヒルの一種である。カイビルの宿主となるイシガイ類は世界的に減少している。カイダニ科や吸虫類などの寄生物がイシガイ類に負の影響（グロキディウム幼生の生産量の低下など）を与えていることが知られている。また、淡水魚類のタナゴ類はイシガイ類の鰓に卵を産み付けるが、この卵が鰓の換水を妨げ、イシガイ類の成長、繁殖、生存率を低下させると考えられている。このようにイシガイ類を利用する生物が宿主に負の影響を与えることが知られているが、カイビルがイシガイ類に与える影響は明らかになっていない。そこで、本研究はカイビルの寄生がタテボシガイの成長量と肥満度へ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

2023年9月17、25日に滋賀県長浜市琵琶湖沿岸部にてタテボシガイを採集した。9月24日に別の水路にてイシガイ類を採集し、水を張ったバケツの中で約30分間振動を与え、それにより殻外へ移動したカイビルを回収した。9月25日から10月1日までの間、琵琶湖産タテボシガイ1個体をカイビル5個体と共に水の入ったプラカップに入れ、カイビルを寄生させた。この処理を19個体のタテボシガイで行った（寄生処理群）。一方、別のタテボシガイ19個体はカイビルの寄生処理を行わず、プラカップに水を入れて1個体ずつ保管した（対照群）。合計38個体のタテボシガイを滋賀県立大学の屋外水槽で10月1日から11月23日まで53日間飼育した。飼育開始時に殻長、終了時に殻長と殻幅、殻高をデジタルノギスで0.01 mmの単位まで計測した。その後、軟体部の摘出と乾燥処理を行い、乾燥重量[g]を測定した。これをもとに肥満度（乾燥重量÷〔殻長×殻高×殻幅〕）を算出した。

カイビルの寄生処理の有無がタテボシガイの殻長の成長量、肥満度に影響を与えるかを、ベイズ推定の一般化線形モデルを用いて解析を行った。応答変数は殻長の成長量もしくは肥満度、説明変数は寄生処理の有無とした。

3. 結果

タテボシガイ1個体あたりカイビル寄生数の平均値は寄生処理群で1.6個体、対照群で0個体であった。成長量の中央値は寄生処理群で0.55 mm、対照群で0.57 mm、肥満度の中央値は寄生処理群で0.015、対照群で0.018であった。

タテボシガイの成長量と肥満度に対する寄生処理の影響の解析において、MCMCの結果から推定されたパラメータには95%信用区間に0が含まれていた。従って、カイビル寄生によるタテボシガイの成長量、肥満度への影響は確認されなかった。

4. 考察

カイビルは宿主に与える影響が少ない寄生虫である可能性が示された。

カイビルはイシガイ類の鰓に産み付けられたタナゴの卵を摂食することが知られている。また、タナゴの一種であるアブラボテは、カイビルが寄生しているイシガイ類を避けて産卵を行うことが明らかになっている。タナゴの卵はイシガイ類に負の影響を与えるため、カイビルに寄生されることは、宿主のイシガイ類にとってタナゴ類から受ける負の影響を低減させる可能性がある。

本実験では、カイビルの寄生数は5個体であった。しかし、野生下では1個体の宿主から55個体のカイビルが確認された例がある。このため、さらにカイビルの寄生数を増やした場合に宿主に影響を与えるかについて、さらに調査を行う必要がある。

P-06

Laboratory Determination of Clams Burrowing Response to Marine Thermal Stress using Acoustic Monitoring

Liang Weizhen (GSFS, UTokyo), Katsunori Mizuno (GSFS, UTokyo), Yohei Uehara (Shizuoka FRI), Yoshimoto Saito (MaOI), Kazutoshi Okamoto (MaOI)

1. Introduction

Infaunal bivalves play an important role in benthic ecosystems. Their activities not only enhance nutrient cycling but also support carbon storage. However, as poikilothermic animals, infaunal clams are very vulnerable to temperature fluctuations. Among their key behaviors, burrowing serves as a primary survival strategy, allowing clams to avoid predation, desiccation, and thermal stress. Despite its ecological significance, the burrowing behavior of clams under thermal stress remains poorly understood, largely due to the limitations of conventional observation methods, which are often restricted to low-resolution and invasive measurements.

To address the methodological limitations, we conducted a laboratory experiment and applied high-resolution ultrasound technique to quantify the burrowing behavior of Hamaguri (*Meretrix lusoria*) under different temperature conditions.

2. Materials and Methods

A total of 18 clams sampled from Hamana Lake were assigned to two temperature conditions (22°C and 30°C), with 9 clams in each group. For each temperature, three trials were conducted, and each trial included one large, one medium, and one small individual. The clams were maintained in the aquarium system with controlled feeding, lighting, and water parameters.

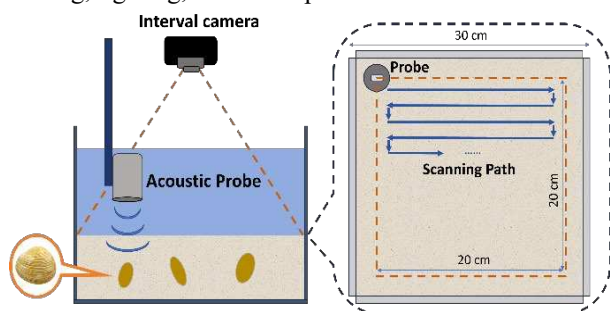


Fig. 2-1 Configuration of Monitoring System

Each monitoring lasted 24 hours, using an ultrasound probe with 500 kHz mounted on a 2D scanning platform (A-core-30). Simultaneously, a top-view time-lapse camera was fixed on a support frame to record surface behavior from above.

We designed six indicators to quantify clam's burrowing behavior, including burrowing time, depth, body posture, displacement, behavioral stability, and sediment disturbed volume.

Additionally, statistical analyses were conducted to examine the effects of temperature and body size on clam behavior. Non-parametric tests (Mann-Whitney U and Kruskal-Wallis) were used to assess group differences, while piecewise structural equation modeling (SEM) was applied to explore causal pathways linking temperature, behavioral responses, and sediment disturbance.

3. Results

At 30°C, Hamaguri tended to burrow more quickly (Fig. 3-2) with shallower depths and increased horizontal displacement compared to 22°C. Body size also affected burrowing depth at 22°C, as larger clams dug deeper. Under thermal stress, horizontal stability declined notably, accompanied by increased sediment disturbance. Vertical displacement and posture remained relatively unchanged.

Clam Burrowing Time at 22°C and 30°C

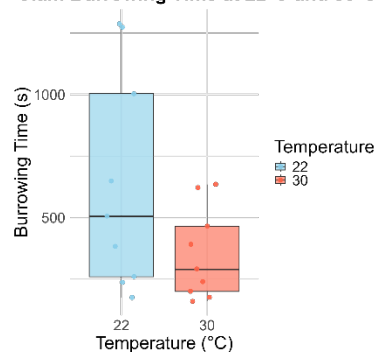


Fig. 3-2 Burrowing time at 22°C and 30°C

SEM further confirmed two indirect behavioral pathways from temperature to disturbed volume. The horizontal pathway was more pronounced.

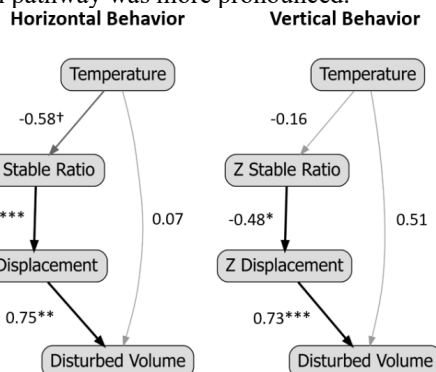


Fig. 3-2 SEM linking temperature to disturbed volume

4. Discussion

Clams adapt to thermal stress through multiple strategies. At 30 °C, they burrowed faster but shallower, suggesting a trade-off between escape and energy cost. Horizontal movement increased, showing lateral and oblique patterns as adaptive spatial responses. SEM revealed that reduced horizontal stability mediated the link between temperature and sediment disturbance, suggesting its potential as an early indicator of marine heat stress. These findings lay a foundation for understanding behavioral adaptation to climate change.

Acknowledgements

This work was supported by KAKENHI (20H02362, 20K15587, and 20KK0238). This study was also partially funded by JST, PRESTO (Grant Number JPMJPR24G9), Japan.

P-07

クマムシ・ワムシ等の微小動物と 雪氷藻類の捕食-被食関係

*北岡久苑 (横浜国立大・都市科学), 和田智竹
高階眞丈, 加藤汐夏, 鏡味麻衣子 (横浜国立大院・環境情報)

1. はじめに

雪氷環境には、一次生産者である雪氷藻類やそれらを捕食する微小動物からなる食物網が形成されている。雪氷藻類は雪氷環境に生息する光合成微生物であり、繁殖により雪を緑や赤に着色する彩雪現象を引き起こす（それぞれ緑雪、赤雪）。緑雪ではクマムシが藻類の主要な捕食者であることが示唆されている (Ono et al. 2021. *Sci Rep.*)。一方、赤雪では繊毛虫やワムシ、クマムシの存在が報告されている (Yakimovich et al. 2020. *Front. Microbiol.*)。しかし、これら微小動物の餌選択性や藻類の種組成に与える影響は明らかではない。そこで、本研究では、藻類と微小動物の種組成が異なる緑雪と赤雪において、微小動物の摂食速度と餌選択性を摂食実験により検討し、雪氷藻類と微小動物の捕食-被食関係を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

実験は2025年5月4-6日に山形県月山のブナ林で実施した。ブナ林内で観察できた緑雪4パッチと赤雪1パッチを採取し、解凍後、色ごとに混ぜた。20 μm 、100 μm メッシュを用いてサイズ分画により捕食者相を変化させた。小型の微小動物（繊毛虫）を含む<20、中型微小動物（クマムシ・ワムシ）も含む<100、すべての微小動物を含む All の3処理区を5つずつ、緑雪と赤雪で用意した。培養ボトルに40mlずつ分注し、サンプルを採取した場所の深さ約15cmの雪の中に埋め36時間培養した。実験の開始時と終了時に藻類量（Chl.a 蛍光値）をTurner (Aquafluor) を用いて測定し、培養期間中の藻類量の変化（Chl.a 変化率）を算出した。観察用の試料をグルタルアルデヒドで固定し

微小動物と雪氷藻類の計数に用いた。処理区によって Chl.a 変化率が異なるのかを一元配置分散分析および多重比較法により検定した。

3. 結果と考察

顕微鏡観察の結果、緑雪・赤雪ともに小型で球形（長径 20 μm 以下）の緑色の藻類（*Chloromonas* 属、*Ochromonas* 属）が多く見られた。加えて、赤雪には大型で楕円形（長径約 40 μm ）の *Chloromonas* 属の休眠細胞が見られた。緑雪ではクマムシ・ワムシが共に多かったのに対し、赤雪ではクマムシがほとんど見られず、ワムシが多く見られた。Chl.a 変化率は緑雪、赤雪ともに各処理区で有意差が見られたが、その傾向は異なった（図）。緑雪では、ワムシやクマムシなどを取り除いた<20 処理区で変化率が有意に高くなったことから、ワムシやクマムシが主要な捕食者であると考えられる。赤雪でも<20 処理区で Chl.a 変化率が有意に高く、ワムシが主要な捕食者と考えられる。ただし、All 処理区は<100 処理区よりも Chl.a 変化率が高くなった。赤雪では大型（体長 200 μm 以上）の微小動物が確認されており、中型（20 μm ~100 μm ）の藻類食者が捕食された結果、藻類への捕食圧が軽減された可能性がある。

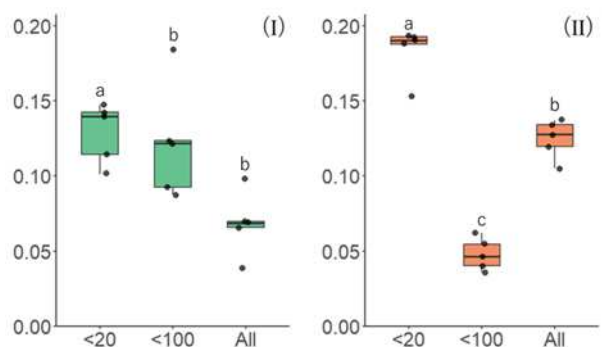


図. 緑雪 (I) と赤雪 (II) における Chl.a 量変化率 (/day) 緑雪、赤雪それぞれにおいて、有意に異なる処理区 ($p < 0.05$) は、異なるアルファベットで示した。

P-08

琵琶湖の微生物ループはどこへ繋がるのか：

カラヌス目カイアシ類 *Eodiaptomus japonicus* による

原生生物の摂食の検証

*井上聖花（京大・理）、伴修平（滋賀県立大・環境科学）

1. はじめに

プランクトン食物網において、甲殻類動物プランクトンは、生食食物連鎖における植物プランクトンへの摂食と、微生物ループにおける原生生物への捕食を通じて、有機物を高次栄養段階へ輸送する重要な役割を果たしている。しかしながら、微生物ループにおいて具体的にどの甲殻類動物プランクトン種が原生生物を捕食しているかを現場で実証した研究例はほとんどない。

日本最大の湖である琵琶湖では、大型の枝角類とカイアシ類が甲殻類動物プランクトン群集の大部分を占めている。カラヌス目カイアシ類 *Eodiaptomus japonicus* は、過去 40 年間にわたり、琵琶湖北湖における動物プランクトンバイオマスの約 70% を占めている優占種である。その生態学的重要性と魚類仔魚の餌としての役割にもかかわらず、その食性は未だ十分に解明されていない。近年の研究により、本種のバイオマス変動は餌生物として考えられている植物プランクトンの餌利用性の変動と相関を持たないことが明らかになり、本種には別の餌資源が存在する可能性が示唆された。本研究では、*E. japonicus* は植物プランクトンだけでなく、細菌食性の原生生物も摂食し、微生物ループ由来の有機物を生食食物連鎖に組み込む役割を果たしているという仮説を立てた。本研究ではその仮説の検証のため、24 時間培養実験を実施し、*E. japonicus* の原生生物に対する摂食速度と餌選択性を測定した。

2. 材料と方法

サンプリングは 2024 年 8 月から 11 月にかけて計 4 回行った。10 月は同日に異なる 2 地点でサンプリングを行った。琵琶湖北湖の水深 0~5 m から湖水を採集し、100 μm のプランクトンネットで濾過して大型動物プランクトンを取り除いた。

E. japonicus は水深 0~20 m にかけて 200 μm ノルパックネットを鉛直曳きして採集し持ち帰った。6 本のボトルに濾過湖水を 1 L ずつ分注し、うち 3 本を実験区、残り 3 本を対照区とした。実験区ボトルには *E. japonicus* の成体雌 20 匹を加えた。これらのボトルを 24 時間培養し、培養開始時および終了時の湖水を固定した。実験開始時および終了時の実験区対照区の湖水中の餌生物濃度を、緑藻・珪藻・シアノバクテリア・クリプト藻・ANF（独立栄養性ナノサイズ鞭毛藻）・繊毛虫・HNF（従属栄養性ナノサイズ鞭毛虫）の 7 カテゴリーに分けて計数した。計数値から、各餌生物に対する *E. japonicus* の濾過速度、摂食速度、餌選択指数 W' を求めた。

3. 結果

E. japonicus の 1 日あたり餌摂食体積は餌生物種によって異なったが、どの実験においても繊毛虫に対する摂食体積が最も大きかった。

E. japonicus の餌選択指数 W' は季節によって変化した。8 月は繊毛虫が最も選択され、次いで珪藻、クリプト藻が選択された。10 月はどちらの地点も HNF が最も選択された。11 月は HNF が最も選択され、次いで珪藻、シアノバクテリアが選択された。8 月を除く全ての実験で最も HNF が選択された。

4. 考察

結果より、*E. japonicus* は植物プランクトンだけでなく原生生物である HNF や繊毛虫も選択して摂食していることが示唆された。このことから、*E. japonicus* は琵琶湖の食物網において、微生物ループ由来の物質を生食食物連鎖へ組み込む働きをもつ可能性があることが示唆された。

P-09

湖沼および流域に由来する細菌群集の 浄水場における存在実態

*江口大斗（立命館大院・理工），浅田安廣（京都大院・工）
沈尚（立命館大院・理工）

1. はじめに

湖沼は、地域の水道水源として利用されており、その水質の把握は重要である。湖沼には多数の河川や下水処理水、農業・畜産排水が流入しており、様々な起源の細菌が存在する。河川を通じて流入した細菌の一部が、湖沼内でどの程度残存し、さらに浄水場原水まで到達しているかについては、十分に明らかになっていない。

本研究では、湖沼および流域に由来する細菌群集の浄水場における存在実態を明らかにすることを目的とし、湖沼、流入河川、下水処理水、浄水場原水における細菌群集の組成を、メタゲノム解析を用いて比較した。

2. 材料と方法

2022年3月22日に湖沼表層（0.5 m）4地点、2022年3月3日から8日にかけて流入河川11地点、2021年10月13日に下水処理水1地点、2024年10月17日に浄水場の着水井1地点から採水した。採水した試料は、孔径0.2 μm のフィルターでろ過し、細菌を捕集した。その後、DNeasy Power Water kit (QIAGEN) を用いてDNAを抽出し、ショットガンシーケンス（150bp $\times$ 2、~5GB）を行った。得られたリードは、metaSPAdes（v3.15.5）でアセンブリを行い、MetaBAT2（v2.15）、MaxBin2（v2.2.7）、CONCOCT（v1.10）によりビンニングを実施した。得られた bin から、MAGRE（v0.1.2）およびgeNomad（v1.5.1）を用いてプラスミドやウイルスなどの非細菌配列を除去し、細菌ゲノムを再構築した。

3. 結果

採水した試料から、計491種の細菌ゲノムを再構築した。検出種数は、流入河川と下水処理水を合わせた流入源で268種、湖沼で117種、浄水場原水で79種であった。

図1に示すように、流入源で検出された細菌のうち浄水場原水でも検出された細菌は23種（8.6%）、湖沼で検出された細菌のうち浄水場原水でも検出された細菌は15種（12.8%）であった。湖沼で検出された細菌のうち、流入源と重複したものは40種（34.2%）であり、湖沼固有の細菌が優占していた。また、流入源のみで検出された細菌は214種、湖沼のみで72種、浄水場原水のみで51種であった。全ての水域で共通して検出された細菌は10種にとどまった。

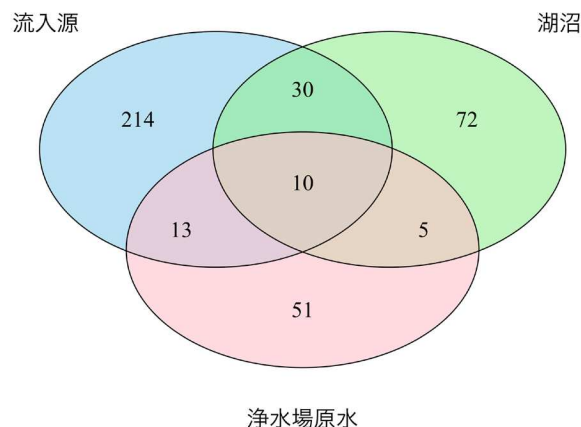


図1 各水域における細菌種の重複

4. 考察

本研究では、流入源（流入河川・下水処理水）から湖沼、浄水場原水まで継続して検出された細菌種はごくわずか（10種）であった。この主な原因として、流入源由来の細菌群集が、湖沼での希釈や沈降などにより増殖・定着できず、検出されなくなったことが考えられる。また、浄水場原水で検出された細菌は限られており、湖沼に流入した後、環境変化に適応し残存した一部の細菌が到達したと考えられる。本発表では、これらの細菌の種類や遺伝子について、さらにくわしく議論する。

P-10

Temporal Analysis of Picocyanobacteria in Lake Biwa with regards to Vertical and Thermal Stratification

Mohammad Nuqman Maher (Kyoto University), Ji Cai (Kyoto University)
Shin-ichi Nakano (Kyoto University)

1. Introduction

Picocyanobacteria (Pcy) are widespread autotrophic phytoplankton and key primary producers mainly in oligotrophic lakes, existing as single cells or colonies. Therefore, understanding the ecology of Pcy is essential — yet knowledge of the abiotic and biotic factors influencing them remain limited and can be conflicting. Schallenberg et al. (2021) have reported that research regarding Pcy should be site specific as Pcy dynamics are shaped by local environmental conditions. Moreover, the temporal and vertical changes in Pcy composition are also poorly understood. We proposed that Lake Biwa's Pcy cell density changes based on a number of abiotic factors that are specific to Lake Biwa. As these factors can possibly differ temporally and vertically, we hypothesized that there would be a seasonal variation, and that the abiotic factors most likely influencing the cell density and composition of Pcy would be also different. To highlight the changes in species composition in each month, the existing Pcy communities may able to affect the changes in abiotic factors on the microbiome. By referencing Pcy as Amplicon Sequence Variants (ASVs), we can possibly highlight the potential rare variants that produce niche strategies in Lake Biwa.

2. Materials and Methods

In the present study, 500 ml water samples will be collected in Lake Biwa (35°03.5480'N 135°53.3634'E) every month in a 1-year timespan from 0m, 3m, 6m, 10m, 15m, and 20m depth. For each depth, the chlorophyll-a concentration (µg/L), dissolved oxygen (mg/L), and temperature (°C) will be vertically measured by using CTD RINKO Profiler (JFE Advantech Co., Ltd). Total nitrogen (mg/m³) and total phosphorus (mg/m³) will be manually measured. The water samples collected are immediately stored after sampling and filtered by using Whatman Nuclepore Track-Etch Membrane 0.2µm for environmental DNA (eDNA) extraction and cell density enumeration. Next, eDNA from the filtered samples are extracted. PCR will be performed by using cyanobacterial 16s rRNA primer set CYB359-F - 5'-GGGGAATYTTCCGCAATGGG-3' and CYB784-R - 5'-ACTACWGGGGTATCTAATCCC-3' (Nübel et al., 1997) that amplify the V3-V4 region. This is to detect Picocyanobacterial and Cyanobacteria species that exist inside the ecosystem within a given month. The PCR protocol is followed as highlighted in Schallenberg et al.,

(2021). Next, the PCR product is purified and will be sent for DNA sequencing and library preparation. For cell enumeration, filtered samples are counted by using an autofluorescence microscope (Olympus Model BX53) under a GW filter and categorize based on their (i) pigment type: Phycocyanin (autofluoresce bright red) or Phycoerythrin (autofluoresce bright orange) and their (ii) life strategy: single cell or colonies. All statistical analysis will be done by using R version 4.5.0 software (R Core Team, 2025). Analysis models that will be used are, for example, Principal component analysis (PCA), Shannon Alpha and Beta diversity. The analysis is done to examine the relationship between abiotic factors and cell abundance, population difference and uncovering the presence of ASVs in the population.

3. Expected Results

As the present study is focusing on the vertical and temporal distribution of Pcy, we expect the density would be dynamically influenced by multiple abiotic factors. As temperature can be contradicting with regards to its potential as the driving force for Pcy abundance differences (Schallenberg et al., 2021), it is possible that temperature alone cannot determine Pcy cell density, but is in accordance with multiple other abiotic factors. As such, the relationship on the aforementioned measured abiotic factors (temperature, dissolved oxygen, etc.) and Pcy cell density could elucidate the factors that most likely be responsible for changes in its density within a given month. For Pcy composition, comparing Shannon Alpha and Beta diversity within and between depth is likely valuable. Moreover, for every depth in each month, the *in situ* Picocyanobacterial species will be recorded as to understand the changes of each species presence with regards to the measured abiotic factors. These changes may able to capture a snapshot on the species diversity exist in each month that is often neglected in other Pcy analysis research. The phenotypic plasticity of Pcy has been highlighted by recent studies (Callieri 2017; Huber et al., 2017; Schallenberg et al., 2021) with some harboring different cases: for example, surviving in hypoxia, in hypertrophic, and extreme temperature. This adaptability is of interest as to understand the impact, process and factors influencing them. As such, we expect that the Pcy community influenced by certain abiotic factors would have niche variants that are able to survive extreme conditions. To do this, by referencing as ASVs and aligning them based on PCA, niche Pcy can be highlighted.

Ecology of *Micrasterias hardyi* dominating in Lake Biwa with special reference to nutrient utilization

P-11

*Fuji Xie 1 (Kyoto Univ.),

Naoki Fujiwara 2 (Lake Biwa Environmental Research Inst.),

Fumiaki Nasu 3 (Lake Biwa Environmental Research Inst.),

Kenya Iwamoto 4 (Lake Biwa Environmental Research Inst.),

Arata Kawakami 5 (Lake Biwa Environmental Research Inst.),

Nakano Shin-ichi 6 (Kyoto Univ.)

1. Introduction

Invasive phytoplankton can significantly alter aquatic ecosystems, especially in oligotrophic environments where large-celled species are typically considered disadvantaged due to low nutrient uptake efficiency. In Lake Biwa, Japan's largest oligotrophic lake, the green alga *Micrasterias hardyi*—an Australian native—has become dominant since 2016, despite its large cell size (~200 µm). Previous studies have not clarified the physiological mechanisms enabling its success. This study aims to elucidate the factors contributing to the dominance of *M. hardyi* by combining field investigations with nutrient-controlled laboratory experiments, with particular focus on nutrient uptake traits and comparison with a native species, *Staurastrum dorsidentiferum*.

2. Materials and Methods

Field observations were conducted monthly from July 2024 to July 2025 at Lake Biwa, with water and phytoplankton samples collected from 11 depths. Environmental parameters and nutrient concentrations were measured, and cells of *Micrasterias hardyi* and *Staurastrum dorsidentiferum* were counted microscopically.

Laboratory culture experiments were performed using an isolated *M. hardyi* strain under controlled conditions. Growth responses to nitrogen and phosphorus gradients were examined to evaluate nutrient uptake characteristics.

3. Results

1. The vertical distribution of *M. hardyi* varied seasonally.

2. *M. hardyi* density was independent of temperature.

3. Compared to the native dominant species *S. dorsidentiferum*, *M. hardyi* exhibits a higher affinity for nitrogen but a lower affinity for phosphorus.

4. Discussion

1. The vertical distribution of *M. hardyi* varied seasonally. However, it remains unclear whether this variation in vertical distribution is a response to environmental conditions such as nutrient availability, or simply a result of a physical equilibrium between sinking velocity and buoyancy at specific depths.

2. *M. hardyi* density was independent of temperature, suggesting higher temperature-tolerance than other phytoplankton in Lake Biwa.

3. Compared to the native dominant species *S. dorsidentiferum*, *M. hardyi* exhibits a higher affinity for nitrogen but a lower affinity for phosphorus. These results collectively indicate that *M. hardyi* is likely to dominate under low N:P ratio conditions.

oo
oo
oo
oo
oo
oo
oo
oo
oo
oo
oo

P-12

諏訪湖の植物プランクトン増殖と窒素循環

*奥石庸行（信州大学・大学院）、浦井暖史（信州大学）
宮原裕一（信州大学）

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、その増減は生態系に大きな影響を及ぼす。一般的に、湖沼における植物プランクトンの増殖は、不足している栄養塩（主にリン、窒素のどちらか）が湖底や流入河川などからどれほど供給されるかによって制御されている（Elser et al., 1990）。そのため、植物プランクトンの増殖において制限要因となっている栄養塩を把握し、その動態を解明することは、湖沼生態系の理解へ向けた重要な情報となる。栄養塩の動態解明では近年、物質の起源や履歴を反映するという特徴から、安定同位体比を用いた研究が行われている。しかし、それらの先行研究では、植物プランクトン・水草間の栄養塩循環、特に枯死した水草からの栄養塩の再放出とその影響についてはほとんど明らかになっていない。

本研究は水草が夏から秋にかけて大量繁茂するという特徴を持つ諏訪湖において、窒素循環の季節・経年変化が植物プランクトンの増殖や一次生産へ与える影響を明らかにすることが目的である。

2. 材料と方法

本研究では、過去の植物プランクトン試料の炭素・窒素の安定同位体比の測定を行った。過去の植物プランクトン試料として、2008-24年に採取された新生沈殿物試料を用いた。諏訪湖湖心において水深5mの湖水を採取し、採取した湖水を蓋の空いたガラス容器に入れ、それを水深5mへ沈めた。約1日後、容器を引き上げ、内容物をGF/Cでろ過し、GF/C上に新生沈殿物を採取した。採取した試料は乾燥の後、アルミホイルに包み、常温で保存した。

炭素・窒素安定同位体比の測定は、試料をスズ箔で包んだ後、元素分析-安定同位体比質量分析計（EA-IRMS）を用いて微量試料炭素窒素安定同位体比測定法（木庭ら、2021）で行った。

また、水温、溶存酸素濃度、栄養塩濃度といった環境データは、諏訪湖臨湖実験所において実施されている定期観測のデータより取得した。

3. 結果

炭素・窒素安定同位体比は現在測定中のため、ここでは諏訪湖の環境データに関する結果を示す。

2008-24年において、諏訪湖全層水のクロロフィル濃度は、ほとんどの年で3-5月と7-10月に上昇がみられ、季節的な植物プランクトンのブルームが確認された。しかし2018年の7-10月、2019年の3-5月はブルームがほとんど確認されなかった。

溶存無機態窒素（DIN）濃度は、どの年も5-6月、8-10月のどちらか、もしくは両方で大幅に低下していた。DIN濃度と水温を比較すると、水温成層時に底層のDIN濃度が高く、表層との間で大きな濃度差が確認された。また、DIN濃度とクロロフィル濃度を比較すると、ブルーム発生時にDIN濃度が大幅に低下していることが確認された。

4. 考察

諏訪湖で3-5月に発生するブルームは、水温上昇による湖内の有機物分解促進と、全層循環による栄養塩の内部負荷が主な要因であると考えられる。また、7-10月に発生するブルームは、全層循環と水生植物の枯死により、栄養塩の内部負荷が生じることが主な要因であると考えられる。2018年7-10月のブルーム抑制は、9月の大雨（降水量364.5mm/月）による湖水の滞留時間減少が要因であると推測される。それに続いて生じた2019年3-5月のブルーム抑制は、2018年7-10月のブルーム抑制と、冬季の少雨（25.0mm/月）により、湖内の有機物蓄積量が低下したことで、窒素・リンの内部負荷量が減少したため発生したと推測される。

また、溶存無機態窒素の濃度低下がブルームとほとんど同時に発生することに加え、諏訪湖の流入河川水のN/P比が高いことから、ブルーム発生時の諏訪湖ではN/P比の低い栄養塩の内部負荷が発生していると推測される。

ポスター発表では安定同位体比の測定結果を含めることで、窒素負荷源と一次生産力の経年変化に言及した考察を追加する。

P-13

ダム湖のアオコ発生と水質および降雨量との関係

*安里 海人, 林 昌平（島根大・生物資源科学部）

仲村 康秀, 鮎川 和泰, 金 相暉（島根大・エスチュアリー研究センター）

1. はじめに

アオコとは、富栄養化などによってシアノバクテリアが異常増殖し、湖面が緑色の粉をまいたようになる現象である。これにより、景観の損失やカビ臭の発生などの問題が日本のみならず世界各地の湖沼で生じている。また、アオコがダム湖で発生するとそのカビ臭を取り除ききれず、水道水の異臭味障害を引き起こすこともある。このようなアオコの被害は一度生じると人為的に改善することは難しいため、事前にアオコの発生を抑制する技術が必要とされている。本研究では、アオコの発生に重要な要因の特定を目指し、統計的手法からダム湖のアオコと周辺の水質および降水量との関係を明らかにした。

2. 材料と方法

島根県大田市三瓶町野城に位置する三瓶ダムを対象とし、重回帰分析からアオコの発生と降雨量および気温の関係を分析した。重回帰分析では、過去1～21日前までの日毎の合計雨量と過去1～14日前までの日降水量の2つを説明変数とし、アオコの発生指標（目的変数）としてカビ臭の原因物質である geosmin と 2-MIB をそれぞれ用いて分析を行った。geosmin と 2-MIB については三瓶ダムで、2018年から2021年までの4月～12月間に月一回の定期調査データを利用した。また、降雨量と気温データについては、気象庁が計測している大田市のアメダスの1時間毎のデータを用いた。

水質データについては、降雨量と関連があると考えられる pH を対象とし、geosmin、2-MIB が測定された日の2週間前までの pH と降雨量の変化をグラフに示し、視覚的にアオコ発生との関連性を分析した。水質データについては三瓶ダムに設置されている自動昇降装置によって1時間に一回測定されたデータを用いて一日の平均値を求めた。

3. 結果

geosmin および 2-MIB と降雨量および気温の重回帰分析の結果を表1に示す。2-MIB の場合は、短

期的（1～4 日前）な気象条件と相関が見られたのに対し、geosmin は、長期的（7～11 日前）な気象条件と相関が見られた。一方で、図1に示すように、pH とアオコ発生については、アオコが多量に発生していなかった年（2018 年）においては、図1の左図のように pH は 7.5～9 程度であるのに対し、アオコが発生した年（2021 年）においては図1の右図のように2週間前から 8.8～9.6 程度の高 pH であることが確認された。

4. 考察

重回帰分析において geosmin と 2-MIB で相関が見られた気象条件の期間が異なる要因としては、geosmin、2-MIB の生産種が異なるため、それらの増殖速度や物質の生産速度の違いが影響しているのではないかと推測される。また、アオコが発生する際に高 pH であるのは、それらの要因となるシアノバクテリアが他の種と異なり、高 pH でも増殖でき、優占種となりやすいからであることが示唆された。現在、自動昇降装置によってダム湖下流において毎時取得されている水質連続データを用い、アオコと気象・水質要因とのさらなる関係性について検討を進めており、その結果については会場で報告する予定である。

【2-MIB】 ・1～4 日前の 短期的な 気象条件が 相関として見られるものが多かった。	① 1日前の20℃を超える時間	正の相関
	② 4日前の20℃を超える時間	負の相関
	③ 1日前の合計降水量	正の相関
	④ 2日前の合計降水量	正の相関
【geosmin】 ・7～11 日前の 長期的な 気象条件が 相関として見られるものが多かった。	① 10日前の28℃を超える時間	負の相関
	② 7日前までの合計降水量	負の相関
	③ 8日前の21℃を超える時間	正の相関
	④ 11日前の30℃を超える時間	負の相関

表1 2-MIB,geosmin と降雨量および気温の関係

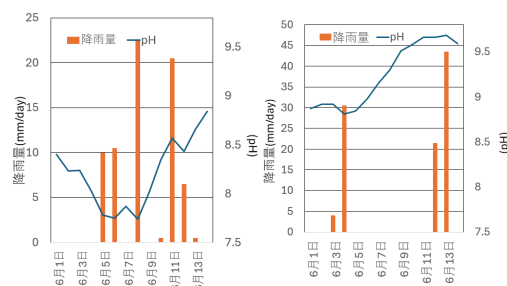


図1 pH と降雨量 (左 2018 年、右 2021 年)

堆積物 DNA を用いた南極湖沼生態系の成立の解明

P-14

*高平夏芽¹, 工藤榮^{1,2}, Wong Shu-Kuan², 菅沼悠介^{1,2}, 川又基人^{1,3},
香月興太⁴, 柴田大輔^{5,6}, 石輪健樹^{1,2}1 総合研究大学院大学, 2 国立極地研究所, 3 寒地土木研究所, 4 島根大学,
5 筑波大学下田臨海実験センター, 6 神奈川工科大学

1. はじめに

最終氷期以降、拡大した大陸氷床は後退し、現在に至った。しかし、近代の温暖化により地域によっては氷床の融解速度が加速している (Zemp et al., 2019)。氷床の縮小は、下流の水域生物多様性に多大な影響を与えうる (Cauvy-Fraunié and Dangles 2019)。しかし、こうした多様性の変動の背後にある一次遷移のメカニズム、とりわけ微生物群集の一次遷移については依然として解明されていない点が多い。氷河後退により形成される湖沼は、無生物から始まる一次遷移の場であり、氷河後退の初期生態系の成立過程を読み解く上で重要なフィールドである。そこで、私たちは東南極リュツォ・ホルム湾、スカルプスネスの露岩域に点在する淡水湖沼に着目した。この地域の湖沼では、流入河川がなく、冬季は結氷するため風撓乱の影響を受けないことから、堆積物がほとんど撓乱されない。したがって、各年代で発生した生物遺骸が地層中に保存されている。この堆積物中の生物指標を分析することで、氷床後退後の湖沼形成時から現在に至るまでの生態系の長期における変遷を明らかにすることが可能である。本研究では、氷床後退後、約 7000 年かけて形成された湖沼堆積物コアにおける原核・真核生物群集構造を遺伝子解析により明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

湖沼堆積物コアは、スカルプスネスの露岩域にある淡水湖沼・長池で、JARE58/59 で採取された。約 130 cm の長さのコアが採取され、冷凍保存後、約 1 cm ずつスライスされ、物理化学指標として、磁化率、堆積物密度、TOC/TON、pH、塩分を測定した。また、放射性炭素年代測定によって堆積物の年代を求めた。堆積物中の原核・真核生物の群集構造の変化を明らかにするために 16SrRNA (341F/805R) と 18SrRNA (960F/NSR1438R) をターゲットとしたアンプリコンシーケンシングを行った。

3. 結果・考察

堆積構造や生物組成の解析結果から、堆積物は 3 つのステージに区分され、各ステージは約 2000 年間、安定した生物群集構造となっていた。最も古いステージ (約 7600-4000 年前) は氷河性堆積物であり、有機物指標から推定される生物量は極めて低かった (乾燥重量当たり TOC: 0.1-4.3%)。一方、生物多様性は原核・真核生物ともに中程度の値を示した。原核生物は氷河周辺で報告のある Firmicutes 門や塩分環境に適応する Halanaerobiaecota 門が、真核生物は緑藻門の割合が高かった。第 2 ステージ (約 4000-2000 年前) は、生物量の増加が認められ、湖沼への土砂流入イベントの前後に生物量変動が認められた。原核生物多様性は、Planctomycetota 門の優占により低下した。真核生物の多様性は上昇し、共生・寄生性の Labyrinthulomycetes 門が多く検出された。これは堆積物が十分な有機物を含むため、湖沼内で分解を行う生物群集が増殖したものと考えた。現在を含む最も新しいステージ (約 2000 年前 - 現在) では、土砂流入のイベントがほぼなく、生物量・多様性ともに最高値を示した。原核生物はシアノバクテリアの割合が増え、真核生物ではクマムシ、ワムシなどの微小動物の割合が大きく上昇した。これらは、湖沼生態系が藻類などの基礎生産者が主体の群集から始まり、有機物の蓄積に応じ Labyrinthulomycetes 門などの分解者を含む群集が加入し、その後、ワムシやクマムシなどの消費・捕食者を含む高次生態系に変遷してきたものと考えられる。

Cauvy-Fraunié, Sophie, and Olivier Dangles. 2019. "A Global Synthesis of Biodiversity Responses to Glacier Retreat." *Nature Ecology & Evolution* 3 (12): 1675–85.

Zemp, M., M. Huss, E. Thibert, N. Eckert, R. McNabb, J. Huber, M. Barandun, et al. 2019. "Global Glacier Mass Changes and Their Contributions to Sea-Level Rise from 1961 to 2016." *Nature* 568 (7752): 382–86.

P-15

Py-GC/MS による琵琶湖沈降粒子の化学特性解析

*中川雄仁（京工繊大・工芸科学） 初雪（京工繊大・分子化学） 中村航 山口保彦
早川和秀（滋賀県琵琶湖研セ） 中野伸一（京大生態研セ） 布施泰朗（京工繊大・分子化学）

1. はじめに

近年、琵琶湖では地球温暖化の影響により、湖底の貧酸素化が進行し、貧酸素化による底生生物への影響及び、水質悪化が懸念されている。琵琶湖北湖は大きな深水層を有し、表層付近から湖底へ物質を移動させる沈降粒子があり、深水層での生分解によって酸素を消費する。沈降粒子の挙動は、湖内の生産と分解、流入河川及び沿岸帯からの影響、大気からの沈着など複雑な要因に支配されており、沈降粒子の化学特性と動態を把握することは湖内物質循環を解析する上で重要である。本研究では、琵琶湖北湖を対象として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、沈降粒子の有機物を解析することでその動態を捉えることを目的とした。

2. 材料と方法

琵琶湖北湖今津中央（St.17B、水深 60 m）に 2023 年 6 月 21 日から 2024 年 6 月 18 日まで係留したセジメントトラップ装置（日油技研社 SMC7S-500ex）により、12 日間ごとに試料を採集した。得られた沈降粒子試料は、45-250 μm と 45 μm 未満に分画し、凍結乾燥した。沈降粒子試料を発生ガス質量分析法（EGA-MS）と Py-GC/MS を用いて、分析し、Py-GC/MS では 2 つの温度画分で測定した。

3. 結果と考察

EGA-MS の結果、全試料で約 330°C および約 440°C にピークが確認され、これに基づき熱脱着領域（TD）を 150 ~ 375°C、熱分解領域（PY）を 375 ~ 600°C に設定した。Py-GC/MS で検出された化合物は、多糖類由来（Ps）、含窒素化合物（N）、脂肪族炭化水素（Lp）、芳香族炭化水素（AH）に分類した。Fig.1 に粒径 45-250 μm 画分における各成分のピーク面積（炭素量 300 μgC あたり）を示す。ただし、TD 領域の AH は微量のため除外した。春から夏にかけて脂肪族炭化水素化合物（Lp）の増加が確認され、これは水温の上昇に伴い湖内の植物プランクトンの増殖が活発化し、それに呼応して動物プランクトンの代謝物が増加したことによる影響と考えられる。さらに同粒径において、易分解性有機物に由来するとされる多糖類由来（Ps）は、生物生産の高まる季節に増加する傾向があった。含窒素化合物（N）は Ps と正の相関を示し、これは主に湖水表層におけるプランクトンの代謝活動に由来し、それらの代謝生成物が粒子状有機物として沈降した結果であると推察された。

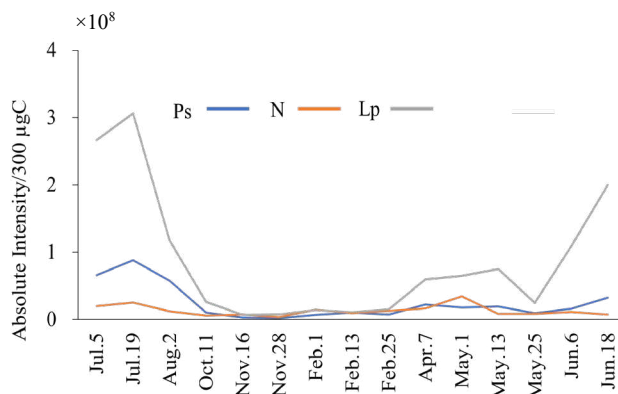


Fig.1 粒径 45-250 μm の各成分面積（TD）

次に、Fig.2 に粒径 45 μm 未満の沈降粒子における各成分面積（炭素量 300 μgC あたり）を示す。

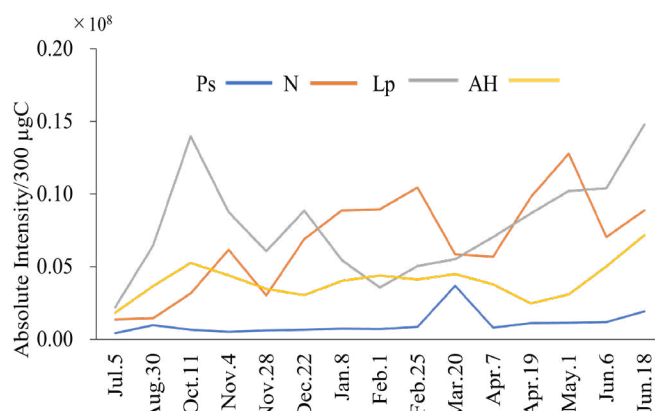


Fig.2 粒径 45 μm 未満画分の各成分面積（PY）

冬期～春季には全層循環により湖底堆積物の巻き上げが生じ、再懸濁粒子として水中に取り込まれた可能性が考えられた。これにより、粒径 45 μm 未満含窒素有機化合物の濃度増加は底質由来粒子の影響を強く受けている可能性が高い。今後の研究展開としては、本仮説の定量的検証を目的に、誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）を用いた無機元素の定量分析を計画している。特に、湖底堆積物に豊富に含まれるマンガン（Mn）および鉄（Fe）といった指標元素の粒径別濃度を測定・比較することで、試料中に占める底質由来粒子の寄与度を定量的に評価することが期待される。

P-16

琵琶湖北湖における
湖水サブミクロン粒子の特性評価

*中家 伶捺（京工繊大院・工学科学）、・初 雪（京工繊大・分子化学）
山口 保彦・早川 和秀（滋賀県琵琶湖研セ）
中野 伸一（京大・生態研セ）・布施 泰朗（京工繊大・分子化学）

1. はじめに

水圏環境においては、表層から深層へと粒子状有機物（POM）が沈降し、そこで分解や無機化を経る「生物ポンプ」と呼ばれる仕組みが、物質循環の中でも特に重要なプロセスを担っている。この生物ポンプを駆動する主な要因として、従来はサイズの大きな粒子、すなわち粗大 POM(>粒径 1 mm)の関与が重視されてきた。しかし、琵琶湖で得られた観測結果の中には、深層における物質収支を粗大 POM の沈降のみでは説明できないケースが存在した。

そこで本研究では、粒径 0.1~1.0 μm のサブミクロン粒子が存在し、それが有機物および栄養塩の輸送に関与する可能性があるとの仮説のもと、その発生源や構成成分を解明することで、水圏における新たな物質循環プロセスを明らかにすることを目指した。具体的には、琵琶湖にて 0.1~45 μm の粒径範囲の粒子を採取し、Py-GC/MS（熱分解ガスクロマトグラフ質量分析）、XRF（波長分散型蛍光 X 線分析）、および ICP-MS（誘導結合プラズマ質量分析）を用いて、有機および無機成分の組成を解析し、高い再現性をもつ分析手法の確立に取り組んだ。

2. 材料と方法

2024 年 7 月-2025 年 6 月にかけて滋賀県の環境基準点である今津沖中央（St. 17B）にて、水深 0.5、15、60、85 m の湖水を採取した。採水には、バケツまたは自立型多筒採水システムを用い、10-20 L 採取した。採水後は直ちに船上で孔径 20 μm のナイロンフィルターを用いて濾過を行い、粒径 20 μm 未満の粒子を含む湖水を持ち帰った。実験室では孔径 1.2、0.3 μm のガラスフィルター、1.0、0.2 μm のメンブレンフィルターを用いて吸引濾過し、各粒子を濾紙上に回収した。得られた試料はデシケーターで十分に乾燥させ、熱分解 GC/MS、WD-XRF、及び ICP-MS により有機・及び無機成分の分

析を行った。

3. 結果

<Py-GC/MS 分析>

2025 年 6 月に水深 15 m で採取された粒子試料のピログラムを Fig. 1 に示す。

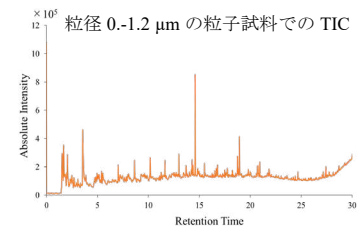


Fig. 1 2025/6 水深 15 m のピログラム

全試料の約 4 分の 1 を使用することで半定量解析が可能な感度で約 150 種のピークが検出された。Ethylbenzene や p-Cresol などの芳香族炭化水素、3-Tetradecene -(Z)-や Cyclopropane octyl などの脂肪族炭化水素が多く検出され、これらは植物プランクトンや高等植物、藻類の代謝成分に由来すると考えられる。またセジメントトラップで捕集された粒子との比較から、サブミクロン粒子には 0.05-0.5 $\mu\text{gC/L}$ 程度の有機炭素が含まれていると推定された。

<WD-XRF 分析> 9 種の元素を定量し、月ごとの有機化合物の変動と比較することで、プランクトンブルームの発生や底質の巻き上げなどの複合的な影響が推測された。

<ICP-MS 分析> 濾紙を含めた酸分解法による前処理では、溶解不良によってブランクの安定性に課題があったが、加熱時間を延長し、添加酸濃度を調整することで良好な定量性が得られた。

4. 考察

これまで溶存態画分として評価されてきた画分にサブミクロン粒子が存在し、粒径 0.3-1.2 μm の範囲には 1L あたりに約 0.05-0.5 μgC と微量であったが、熱分解 GC/MS 法で有機成分の特性解析が可能であった。また、サイズ分画と有機・無機成分の両面から行った半定量および定量分析法により、サブミクロン粒子の特性解析に有用なデータが得られ、本手法の有効性も示唆された。今後は季節変化や気候イベントによる影響の解析を進める。

P-17

谷津干潟における

2 回の藻類レジームシフトと水質との関係

*汪雨嵐, 町山果鈴, 千賀有希子（東邦大・理）

1. はじめに

谷津干潟は千葉県習志野市西部に位置する約 40 ha の干潟である。東京湾の埋め立てによって取り残された半閉鎖性の水域で、海水は人工的な 2 本の水路を介して東京湾から谷津干潟へ出入りしている。富栄養化にともなって緑藻アオサ (*Ulva* spp.) の異常繁殖が頻発していたが、2018 年以降アオサが突然衰退し、紅藻オゴノリ (*Gracilaria* sp.) が優占種となる第 1 段階レジームシフトが起こった。その後オゴノリが優占していたが、2024 年 9 月に第 2 段階レジームシフトが起こり、糸状性緑藻ジュズモ (*Chaetomorpha brachygona*) が優占種となった。

本研究では、これらのレジームシフトと水質との関係を明らかにするために、それぞれの藻類を用いて塩分を変化させた培養実験と栄養塩の取込み実験を行った。

2. 材料と方法

・藻類バイオマスの経月変化

千葉県習志野市西部に位置する谷津干潟の中央にある調査地点 St. SC において月に 1 回、コドラート (33.5 × 33.5 cm) を無作為に設置した。コドラート内の海藻を採取し、アオサ、オゴノリ、ジュズモおよびその他の海藻に分類し、1 m² あたりの乾燥重量を測定した。

・塩分濃度を変化させた培養実験

塩分 0, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 55 psu に調製した人工海水 1 L に、それぞれの藻類を 1.6 g-dry となるように加え、14 日間培養を行った。基質として 0、7 日目に NH₄Cl を 10 mgN/L、KH₂PO₄ を 1 mgP/L となるように添加した。また、珪藻類の増殖を抑制するため GeO₂ を 5 mg/L になるように添加した。培養は、明 (約 60 μmol/m²/s) : 暗 = 12h : 12h 条件下で行い、繰り返しは 3 回とした。また、実験前後に藻類を回収し、湿重量を測定して生長率を求めた。

・栄養塩の取込み特性

ろ過をした海水 1 L に海藻をそれぞれ 1.6 g-dry となるように加えた。この三角フラスコに N 源として

NH₄Cl と KNO₃ を各 5 mg/L、P 源として KH₂PO₄ を 1 mg/L となるように加えた。また、珪藻類の増殖を抑制するため GeO₂ を 5 mg/L になるように添加した。培養は、明 (約 40 μmol/m²/s) : 暗 = 12h : 12h 条件下で行い、繰り返しは 3 回とした。0, 0.5, 1, 1.5, 2, 3 日目に各三角フラスコから 50 ml ずつ採水した後、NO₃⁻、NH₄⁺、PO₄³⁻濃度を測定し、それぞれの栄養塩の取込み速度を算出した。

3. 結果と考察

・藻類バイオマスの経月変化

図 1 にアオサ、オゴノリ、ジュズモのバイオマスの経月変化および第 1 レジームシフトと第 2 レジームシフトの時期を示した。

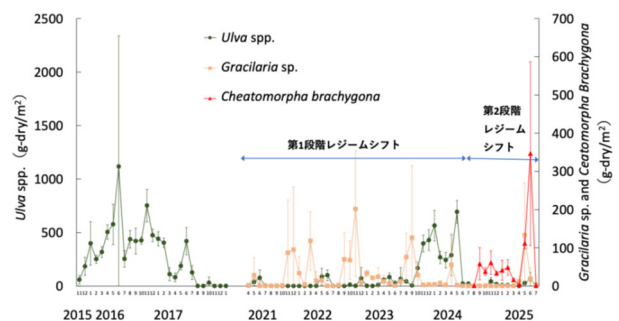


図1 藻類バイオマスの経月変化

・塩分濃度を変化させた培養実験

アオサの生長は 20~55 psu でみられ、最適塩分は 25~55 psu であった。ジュズモの生長は 20~35 psu でみられた。谷津干潟では毎年夏季に塩分が約 20 psu まで低下することが確認されており、これがアオサの衰退に関与していた可能性が推察された。オゴノリと塩分の関係については現在検討中である。

・栄養塩の取込み特性

栄養塩取込み実験から、アオサとオゴノリは N 基質として NO₃⁻よりも NH₄⁺を優先的に取り込むことが示された。また、オゴノリの PO₄³⁻取込み速度はアオサより速かった。これらの結果より、アオサからオゴノリのレジームシフトは、谷津干潟の栄養塩動態に影響することがわかった。ジュズモの栄養塩取込み特性に関しては現在検討中である。

P-18

相関・因果関係解析に基づく ORP 応答の駆動因探索

*森本響子(奈良女), 伊藤真奈(水産機構), 伊藤克敏(水産機構),
鹿島裕之(JAMSTEC), 和田茂樹(広大), 板井啓明(東大),
篠原隆一郎(国環研), 東樹宏和(京大), 桐原怜子(奈良女), 瀬戸繭美(奈良女)

1. はじめに

酸化還元電位 (ORP) は、水環境における酸化還元状態を示す総合的な指標として広く用いられている。電池反応系では、ORP を特定の酸化還元対と対応づけて解釈することが可能である。しかし、多様な酸化還元化学種が存在する自然環境では、ORP を特定の酸化還元対と対応づけて理解することは難しく、その物理化学的・生物学的意味の解釈には課題がある。

奈良女子大学構内の人工池で実施した 1 年半にわたるモニタリングでは、溶存酸素 (DO) の対数濃度と ORP の間に正の相関が確認された。これは、当該池において酸素が主要な電子受容体として機能し、水中の酸化還元状態を支配している可能性を示唆する。一方で、因果性解析の結果、DO と ORP の間には明確な因果関係は検出されなかった。この結果は、水圏化学における一般的な理解と直感的に反するものである。

そこで本研究では、バッチ培養実験において酸化還元鋭敏化学種を高頻度でモニタリングしたデータを活用し、相関・因果解析を通じて、各化学種と ORP との関係性の再構築を試みた。

2. 材料と方法

バッチ培養実験は、水産研究・教育機構の伊藤真奈氏・伊藤克敏氏によって実施された。本実験では、沿岸養殖場から採取した堆積物試料 (200 g) を 10 L の人工海水に接種し、スターラーで均一に攪拌しながら、11 日間静置した。ORP、DO、温度、 N_2O 、 H_2S は 10 分間隔でプローブによって計測した。また、酸化還元鋭敏元素である C、N、S、Fe、Mn、O、H の化学種 (NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、溶存態 Mn・Fe、 CH_4 、 CO_2 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、DOC など) は、3 時間間隔で採取した試料より定量評価された。

時系列因果推論の手法には、Empirical Dynamic Modeling (EDM) と、EcoNet (Suzuki et al., 2022) を

用いた。

3. 結果

相関解析 3 時間間隔データでは、ORP と高い相関 ($R^2 > 0.7$) を示した変数は NH_4^+ 、バクテリアコピー数、リン酸塩であった。また、DOC と温度との間にも中程度の相関が認められた。一方、 $\ln[\text{O}_2]$ と ORP との間には有意な相関は見られなかったが、1 時間間隔データでは両者の間に高い正の相関 ($R^2 = 0.85$) が認められた。

主成分分析 第 1 主成分には、ORP、温度、 NH_4^+ が強く寄与した。一方、DO は第 2 主成分への寄与が大きく、DO が ORP とは独立した変動軸を持つことが示された。

因果解析 本実験データにおいては $\text{DO} \rightarrow \text{ORP}$ の一方向の因果関係が検出された。ORP に対し因果を持つ因子は、その強さの順に ORP、温度、DO、pH、リン酸塩であった。

4. 考察

培養実験は、貧栄養条件下で開始され、その後、養殖場で使用されていた餌を段階的に付与することで、徐々に富栄養化が進行する設定で実施された。ORP と NH_4^+ 、バクテリアコピー数、リン酸塩との間に強い相関が見られたことは、窒素およびリンの供給増加によりバクテリアの増殖が促され、それに伴ってバクテリアのエネルギー源としての酸化還元反応が活性化されたことを反映していると考えられる。さらに、 NH_4^+ 自身も電子ドナーとして作用し、ORP を低下させた可能性がある。

$\text{DO} \rightarrow \text{ORP}$ への因果関係が検出されたのは、DO と ORP の関係が中間的な酸化還元プロセスを介して構築されているためと解釈できる。本実験では、多様な酸化還元化学種を高頻度かつ網羅的に測定した。このことにより、中間プロセスの因果関係を捉えることができ、 $\text{DO} \rightarrow \text{ORP}$ の因果関係を検出できたと考えられる。

P-19

海色衛星を用いた相模湾における陸域影響解析の可能性

*榎洋行(横浜国立大・都市科学),比嘉紘士(横浜国立大院・都市イノベーション),
鏡味麻衣子(横浜国立大院・環境情報)

1. はじめに

陸域からの栄養塩・有機物流入は、沿岸の生産を促進し、沿岸海洋生態系に大きく影響を与える。この陸域影響を評価する際、河川から流入する有機物の指標となる有色溶存有機物（CDOM）の観測が有効である。CDOMはその光吸収係数であるaCDOMとして衛星から観測できる。また、陸域から流入した栄養塩への海洋一次生産の応答を捕える指標として、植物プランクトンの持つ色素クロロフィルa(Chl.a)の変化も衛星から観測可能である。これらの指標を組み合わせ陸域からの栄養塩・有機物流入を衛星から捉えることで、現場観測では実現しえない高頻度かつ広範囲での解析が可能となる。本研究では、相模湾における陸域の影響を解析するために、全球を観測するJAXAの衛星のセンサであるSGLIと、韓国によって打ち上げられた静止軌道衛星のセンサGOCI-IIを比較検討した。

2. 材料と方法

本研究で用いる海色衛星センサの特徴を表1に示す。両センサはいずれも多波長の反射率を観測しており、これらの反射率データから、様々な海洋物理量データが推定され提供されている。本研究では、SGLIについては、Chl.a及びaCDOMのデータをJASMESから取得した。GOCI-IIについては、National Ocean Satellite Centerより取得した反射率データから、KIOST(2021)の推定式を用いてChl.a、aCDOMを算出した。

解析方法として、相模湾における2024年の各月から、雲量が最も少ない日を1日ずつ選定し、計12日分のデータを用いた。GOCI-IIのデータはSGLIの観測時刻に最も近い12時台のデータを用いてSGLIとGOCI-IIの比較を行った。ノイズ低減の

	SGLI	GOCI-II
運用主体	JAXA	KIOST(韓国)
運用開始	2017年～	2020年～
観測頻度	約2日に1回	1日に8回
空間解像度	250m	250m
軌道高度	798km	35786km

表 1 SGLIとGOCI-IIの特徴

ため、両衛星データは2km四方のビンニング処理を施した上、相関係数、平均誤差（ME）、二乗平均平方根誤差（RMSE）、決定係数（R²）などの統計指標を用いてChl.a及びaCDOMの比較検討を行った。

$$ME = \frac{1}{n} \sum (GOCI - SGLI), RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (GOCI - SGLI)^2}$$

3. 結果と考察

Chl.aの挙動は、SGLIとGOCI-IIで類似した濃度パターンを示し、東京湾や相模湾沿岸で高濃度Chl.aが見られ、さらに東京湾から相模湾へChl.aが流出する様子が捉えられた（図）。SGLIとGOCI-IIから推定した濃度（対数スケール）の回帰分析を行った結果、両者の間に有意な相関関係(r=0.840)がみられた（p<0.01）。GOCI-IIの方がわずかに値が低めであり、高濃度のChl.aでは衛星間の推定値の乖離が大きくなる傾向が見られた。

aCDOMに関しても、SGLIとGOCI-IIの類似性は比較的高く、両者の推定濃度に有意な相関があった（p<0.01）。ただし、Chl.aほどの強い相関関係は見られず(r=0.507)、高濃度の海域で衛星間の推定値の差が大きくなった。aCDOMでの推定値の差が大きい原因として、衛星間の推定アルゴリズムの違いが影響していると考えられる。また、aCDOMとChl.a共に衛星での沿岸域における濃度推定は発展途上であり、現場の実測値との差が大きいことも考慮する必要がある。今後、相模湾での海水の分析値と衛星データとの照合を行うことで衛星による推定値の精度を向上していく予定である。

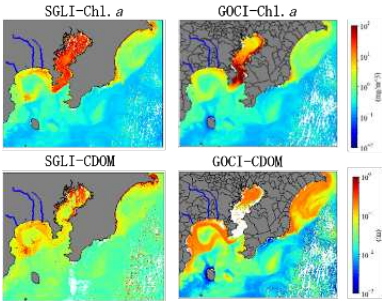


図 2025年6月5日のChl.aとCDOM分布

P-20

山岳泥炭湿原における DOM 光分解から放出される

温室効果ガス (CO₂、CH₄、CO)

*渡邊健介, 千賀有希子 (東邦大・理)

1. はじめに

泥炭湿原には光化学反応性が高い溶存有機物 (DOM) が多く存在しており、太陽光下における DOM 分解を介した温室効果ガス (CO₂、CH₄、CO) の放出が懸念されている。このような泥炭湿原は、日本の本州において標高が高い山岳地帯に形成されていることが多い (富士田, 2009)。山岳地帯では、標高にともなって太陽光の放射、特に紫外線量が高くなる。したがって、山岳泥炭湿原における DOM 光分解由来の温室効果ガスの放出は重要であると考えられる。しかしながら、定量的にこれらのガスの放出を提示した例は少ない。

そこで本研究では、まず標高差による光環境の違いが DOM 特性に与える影響を明らかにするために、尾瀬ヶ原 (約 1,400 m)、広沢田代と熊沢田代、会津駒ヶ岳 (約 2,000 m) における池塘の DOM の量と質の測定を行った。次に、各湿原の DOM 光分解から放出される温室効果ガスの放出速度をみるために、人工太陽光ライトを用いた光分解実験を行った。

2. 材料と方法

2024 年 6, 8, 9 月に尾瀬ヶ原の池塘 15 ヶ所、8 月広沢・熊沢田代の池塘 3 ヶ所、10 月会津駒ヶ岳の池塘 5 ヶ所の表層水、直上水を採水した。

[泥炭湿原の DOM 特性]池塘水はガラス繊維ろ紙でろ過をした。DOC 濃度は光触媒酸化チタン酸化法で測定した。水系腐植物質 (AHS) の量の指標として Abs₂₅₄、AHS 含有率の指標として SUVA₂₅₄ 値を求めた。また、蛍光性 DOM 成分を三次元励起蛍光スペクトル (EEM) -多変量解析 PARAFAC 法で検出した。

[光分解実験]尾瀬ヶ原、熊沢田代、会津駒ヶ岳の池塘水をガラス繊維ろ紙でろ過後、試料水を石英三角フラスコ (明条件) とアルミホイルで遮光した三角フラスコ (暗条件) に 80 mL ずつ分取し、ゴム栓で密封した。これらの三角フラスコは、人工太陽光ライトで 2 週間 (光合成光量子束密度: 約

1,700 μmol/m²/s) 露光した。時間を追って気相のガスを回収した。CO₂、CH₄、CO 濃度は、メタナイザーを装備した水素炎イオン化検出器 (FID) つきガスクロマトグラフを用いて測定した。また実験前後の水を回収し、DOM の量と質を測定した。

3. 結果・考察

[泥炭湿原の DOM 特性]各湿原の DOC 濃度間に有意な差はみられなかった。8 月における広沢・熊沢田代と尾瀬ヶ原の Abs₂₅₄ と SUVA₂₅₄ 値を比較したところ、広沢・熊沢田代の方が尾瀬ヶ原よりも有意に高く ($p < 0.01$)、標高の高い地点で AHS が高いことが示唆された。また蛍光成分に違いはなかったものの、尾瀬ヶ原と標高 2,000 m の泥炭湿原で検出された成分の確率が異なった。地点間におけるこれらの違いは標高の高い池塘の DOM は低分子 DOM へ光分解されやすいためと推察された。

[光分解実験]ほとんどの池塘水において明条件下で DOC 濃度、Abs₂₅₄、SUVA₂₅₄ 値、蛍光性 DOM 成分濃度で有意な減少がみられた ($p < 0.05$)。この結果は、DOM 光分解にともなう揮発性物質の生成を示唆している。明条件の温室効果ガス放出速度は、全池塘水で CO₂ > CO > CH₄ の順に高かった。尾瀬ヶ原の CO の放出速度は、熊沢田代よりも有意に高かった ($p < 0.05$)。また、各ガスの放出速度を実験前の DOC 濃度で割った温室効果ガス放出ポテンシャルについても CO₂ > CO > CH₄ の順に高いことが分かった。会津駒ヶ岳の全ての放出ポテンシャルはどの地点よりも高い傾向があった。地点間におけるこれらの放出速度とポテンシャルの違いは標高差にともなう DOM 特性の違いと予測された。また、暗条件については実験前後の DOM の量と質およびガスの放出速度に大きな差はみられなかった。紫外線の割合が高い山岳泥炭湿原からの DOM 光分解から放出される CO₂、CH₄、CO は量的に大きく、近年紫外線量が増加するなかで、DOM の質を含めた解析は重要であると考えられた。

P-21

琵琶湖湖底における腐植物質由来活性酸素種の動態解析

*塩田来快 (京工繊大院・工学科学) 初 雪 (京工繊大・分子化学)
 山口 保彦 早川 和秀 (滋賀県琵琶湖研セ)
 中野 伸一 (京大・生態研セ) 布施 泰朗 (京工繊大・分子化学)

1. はじめに

近年、地球温暖化によって、琵琶湖深水域の湖底で比較的濁度の高い貧酸素水塊が形成されやすい環境となった。また、貧酸素水塊は湖内流により湖盆を移動することで湖底の溶存酸素量(DO)の変動や湖底の巻き上げを引き起こし、酸化還元雰囲気の変化やさまざまな化学反応を誘発する。特に、底質、懸濁および溶存成分に多く含まれる腐植様物質のキノン骨格は、酸化還元雰囲気の変動に伴う構造変換過程で H_2O_2 を生成する。 H_2O_2 は湖水中の Fe^{2+} や Mn^{2+} とのフェントン反応により活性酸素種であるヒドロキシラジカル($\cdot\text{OH}$)を生成する。本研究では、この腐植物質由来 $\cdot\text{OH}$ が難分解性有機物を無差別に酸化分解し、生物が利用可能な物質に回帰させる可能性に着目した。そこで、湖底の酸化還元環境を想定したシミュレーション実験を行い、その反応過程と物質変換の実態解明を試みた。

2. 材料と方法

琵琶湖北湖今津沖中央水深 89m の地点で底質表層を採取した。これを風乾、粉碎後に国際腐植物質学会の推奨する精製法でフミン酸を抽出した。この琵琶湖底質フミン酸(LBHA)の 100 mg/L 水溶液を N_2 ガス、10 ppm H_2S ガスおよび空気中でパージし、湖底中の嫌気と好気環境および酸化還元雰囲気の変動を再現した。 $\cdot\text{OH}$ はテレフタル酸(TPA)でトラップし、生成したヒドロキシテレフタル酸(HTPA)の濃度を蛍光検出 HPLC 法で測定した。また、 $\cdot\text{OH}$ の反応経路を確認するためにウシ肝臓由来カタラーゼ、 FeO(II) 、鉄標準液および MnO(IV) を溶解して $\cdot\text{OH}$ の生成量を比較した。

3. 結果

$\cdot\text{OH}$ 生成量は N_2 ガスより H_2S ガスを用いた方が多く、最大 2.97 $\mu\text{mol/L}$ 生成した(Fig. 1)。この結果を $\cdot\text{OH}$ 生成に関与すると推測した物質を添加した実験での $\cdot\text{OH}$ 生成量と比較した(Fig. 2)。LBHA のみの場合と比較すると、カタラーゼを添加した

場合の $\cdot\text{OH}$ の生成量が 30 %以下に抑制されたことから、 H_2O_2 の生成を経て $\cdot\text{OH}$ が生成されることが示唆された。一方、鉄標準液が 1 ppm、酸化鉄が 10 ppm となるように添加した場合は $\cdot\text{OH}$ 生成量が 5.9 $\mu\text{mol/L}$ 、3.9 $\mu\text{mol/L}$ まで増加したことから、フェントン反応および Fe^{2+} の酸化に伴う反応で $\cdot\text{OH}$ が生成した可能性が確認できた。

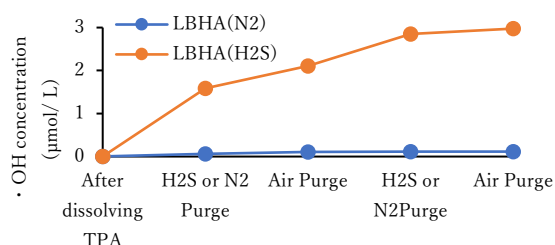


Fig. 1 Concentration of $\cdot\text{OH}$ generated from LBHA by switched the redox atmosphere

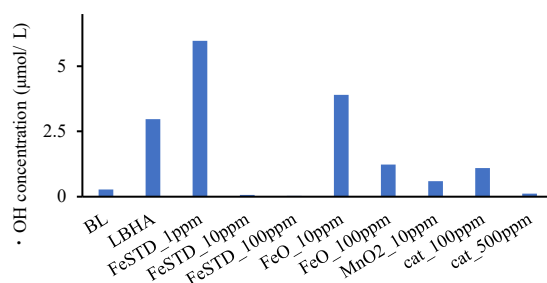


Fig. 2 Comparison of $\cdot\text{OH}$ radical concentration when each additive is added (using H_2S gas).

4. 考察

今回のシミュレーション実験では、フミン酸水溶液の酸化還元雰囲気を変動させると $\cdot\text{OH}$ の生成が確認され、フミン酸を豊富に含む琵琶湖底質表面および高濁度層で $\cdot\text{OH}$ が有意に生成している可能性が推測された。また、琵琶湖湖盆(60km²)では貧酸素水塊が2日で1周するため、1年で湖盆に底質が3mm蓄積する場合、底質表層3mmおよび湖底直上5mに含まれるフミン酸に由来する $\cdot\text{OH}$ は反応系内に含まれる難分解性有機物の約8.5%と反応する可能性があると考えられた。

P-22

宍道湖西岸における底成層湧昇
メカニズムの解析

*和田 尚己, 吉村 祐輝, 藤田 香純
佐藤 詩織, 管原 庄吾（島根大院・自然）

1. はじめに

近年、宍道湖では青潮らしき現象がしばしば発生し、魚類の斃死が確認・報告されている^[1]。

青潮の原因物質は硫化水素である。宍道湖に海水が流入すると、湖盆部で成層化する。その後、躍層を破壊するような風等の影響が無ければ、底層の無酸素化が進行し、加えて湖底から硫化水素が溶出し、還元化する。国土交通省では、宍道湖の湖心において水質の自動観測が行われているものの、湖岸部では行われていない^[2]。

そこで本研究では、宍道湖の湖岸調査を行い、特に、西岸表層の電気伝導度(EC)と風況から、底層水塊の湧昇条件について検討した。

2. 材料と方法

宍道湖湖岸の各地点を自転車で周回し、表層水の採水と、水温、pH、電気伝導度(EC)、溶存酸素濃度(DO)の測定を行った。また、同時期の風況について気象庁の気象データ(観測点；斐川)を参考に解析を行った^[3]。調査期間は、2024年5月～2025年7月とした。

3. 結果

調査期間中、西岸2地点のECが上昇する現象が確認され(2024年12月4日、2025年4月16日、4月22日、6月2日、6月11日、7月15日)、西岸

の湖水のECが最大で約10 mS cm⁻¹となることもあった(Fig. 1)。また、西岸のECが上昇する以前には、西寄りで風速5～10 m s⁻¹以上の風が、10時間程度継続していたことが分かった。

4. 考察

湖岸調査の結果から、西岸表層水のEC上昇には、強い西風が関与している可能性が示唆された。そこで、実際に青潮が観測された2023年11月7日の事例について、気象データと湖心水質から解析を行った^[3]。青潮が発生する前の宍道湖湖心は、底層が貧酸素・無酸素化しており、11月6日夕方から6～15 m s⁻¹の強い西寄りの風が観測された(Fig. 2)。11月7日11:00の宍道湖西岸にあるなぎさ公園付近において、水質を測定したところ、表層のECとDOがそれぞれ21.7 mS cm⁻¹、及び45.6%であった(Table 1)。つまり、湖岸調査における風況と水質結果と同様に、西風の連吹によって、湖心底層の無酸素水塊が、湖岸表層まで湧昇してきたと言える。

以上より、西風の連吹前後の湖岸水質から、5～10 m s⁻¹以上の西風が、10時間以上連吹した際に、宍道湖底層付近に存在する水塊が湧昇する可能性があり、また、湖心の底層水中に硫化水素が含まれている場合は、青潮が発生する可能性が示唆された。

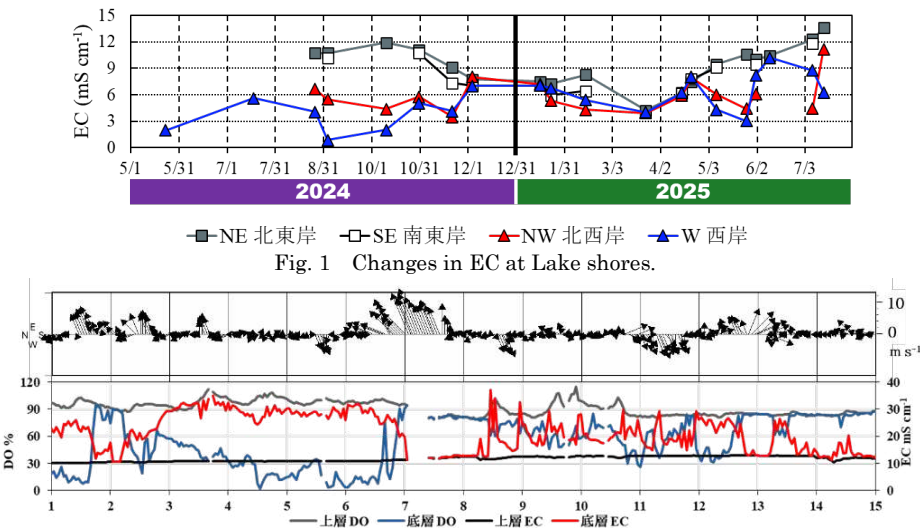


Fig. 1 Changes in EC at Lake shores.

Table 1 Water quality on the west shore on 7 November 2023.

2023/11/7 10:57	
Temp (°C)	18.51
pH	7.1
EC (mS cm ⁻¹)	21.7
DO (%)	45.6

Fig. 2 Changes in wind direction, speed and water quality of Lake Shinji in November 2023. 気象データは気象庁のデータ^[3]、水質データは国土交通省出雲河川事務所より提供していただいたデータを用いた。

[1] 国土交通省(2023) 記者発表資料
[2] 国土交通省(2025) 水文水質データベース
[3] 気象庁(2025) 過去の気象データ検索

P-23

新規パッシブサンプラーによる 湖沼底泥中 PO_4 の高解像度マッピングと 内部リン溶出速度の推定

*佐野 航士 (北海道大・工), 羽深 昭 (北海道大・工), 木村 克輝 (北海道大・工)

1. はじめに

内部リン溶出とは湖沼底泥に堆積したリン化合物からリン酸態リン (PO_4) が水柱へ回帰する現象であり, 近年の湖沼富栄養化や有害藻類ブルーム発生の一因とされる. その定量評価には底泥コアのサンプリングを用いた既存法があるが, 作業が煩雑で精度にも課題がある. 本研究では独自に開発したパッシブサンプラーを用いて, 底泥中の PO_4 濃度分布を高解像度でマッピングし, 簡易かつ高精度な内部リン溶出速度の算出を試みた.

2. 材料と方法

札幌市と石狩市にまたがる茨戸湖中部湖盆の湖底に 2023 年 6 月から 2023 年 10 月の間, 毎月 1 回パッシブサンプラーを約 1 週間設置した. この際, PO_4 受容相が水-底泥界面に垂直にまたがるように設置した. サンプラー回収後, 既報の方法¹⁾に従い PO_4 の時間加重平均濃度 ($C_{\text{TWA}}\text{-PO}_4$) を算出し, 水-底泥界面付近における 2 次元 PO_4 濃度分布を作成した. さらに PO_4 濃度分布を鉛直 1 次元化し, 水-底泥界面付近における濃度勾配から Fick の第一法則により PO_4 拡散フラックスとして内部リン溶出速度 (PO_4 溶出フラックス) を算出した.

3. 結果と考察

パッシブサンプラーにより, 水-底泥界面付近における 2 次元 PO_4 濃度分布 (約 10 cm × 20 cm) を高解像度で取得することができた (図 1). 特に 7 月と 8 月には, 深度 -2.5 cm 付近に高濃度の PO_4 が局在する PO_4 ホットスポットが観測され, その発達過程を明瞭に捉えることができた. 得られた鉛直 1 次元 PO_4 濃度分布 (分解能 5 mm) は全期間において高い連続性を示し, PO_4 溶出フラックス算出に必要な水-底泥界面付近の PO_4 濃度分布を安定的に取得できた (図 2). PO_4 濃度勾配は 7 月に最大

となり, 以降は減少傾向を示した. 算出された PO_4 溶出フラックスは $0.05\sim 0.37 \text{ mg-P/m}^2/\text{d}$ の範囲内にあり, PO_4 ホットスポットの発達とともに増加する傾向を示した. また, 7 月から 8 月にかけては水温成層の影響によって底層の溶存酸素濃度が 2 mg/L 以下となる貧酸素状態が頻発しており, この時期のフラックスの増加と一致していた. 以上より, 本研究で開発したパッシブサンプラーは内部リン溶出の評価に有用であることが示された.

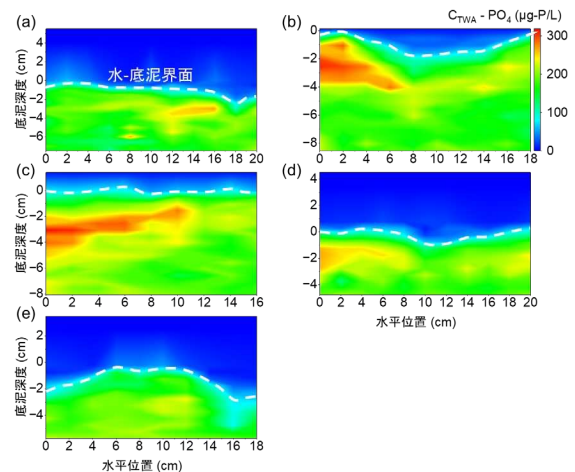


図 1. 2023 年 6 月～10 月における水-底泥界面付近の 2 次元 PO_4 濃度分布: (a) 6 月, (b) 7 月, (c) 8 月, (d) 9 月, (e) 10 月.

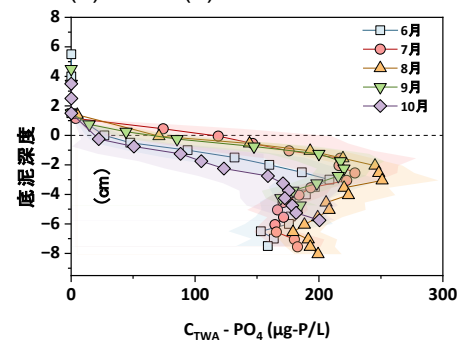


図 2. 底泥中の鉛直 1 次元 PO_4 濃度分布.

1) Hafuka et al., 2023. *Water Research.*, 243, 120412

P-24

四国の地質と水質の関係性（第1報）

*中岡和好（法政大・院），小寺浩二（法政大・地理）

1. はじめに

四国の地質は、領家帯、三波川帯、秩父帯、四万十帯などで構成され、その境界は、中央構造線、御荷鉾構造線、仏像構造線といった大規模な断層帯となっている。中でも四国中央部の三波川帯は中央構造線と御荷鉾構造線に挟まれ、地質帯全体に多くの断層が発達し、この断層による破碎帯も多く、全国有数の地すべり地帯となっている。

河川が、こうした破碎帯や、地すべり地帯を通過するとき、水質が変化することが知られており（天田、1982）、四国の河川の地質帯ごとの特徴を調査し、水質と破碎帯の関係性を明らかにすることができれば、地質調査の簡易化を図ることができ、防災に寄与できると考え本研究を実施する。

本報告はその第1報である。

2. 対象地域と研究の方法

島嶼部を除く四国の全域の主要河川において、調査地点数、約172地点、河川数112、水系32。調査項目は、現地において、水温、EC、pH、RpHを計測、自宅において、硝酸、亜硝酸、アンモニウム、リン酸等を計測した。また、主要な箇所については、大学の研究室において、TOCおよびイオンクロマトグラフを使用し溶存成分の分析を行う。

これらの測定結果を、地質の区分ごとに分析し、その特徴を明らかにする。

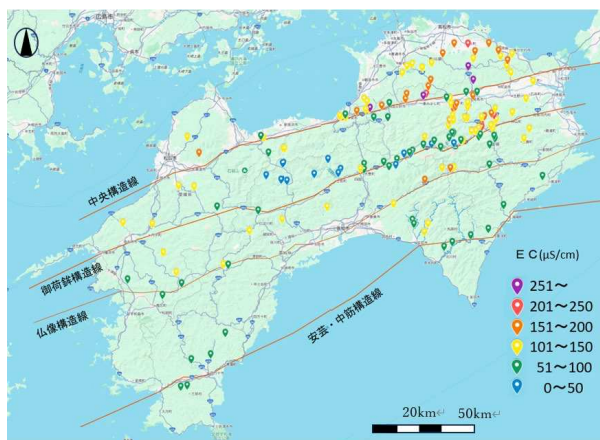


図1 調査地点と、主要な断層・ECの分布

3. 結果

領家帯においては、他の地質帯より、ECの値が大きく特に中央構造線近辺はより高い値を示した。御荷鉾構造線と、中央構造線に挟まれた三波川帯においては、ECは非常に小さい値を示したが、断層近辺で高い値を示した。御荷鉾構造線より、南側の秩父帯・四万十帯についても、小さい値を示したが、広見川、仁淀川の一部に高い場所もあった。

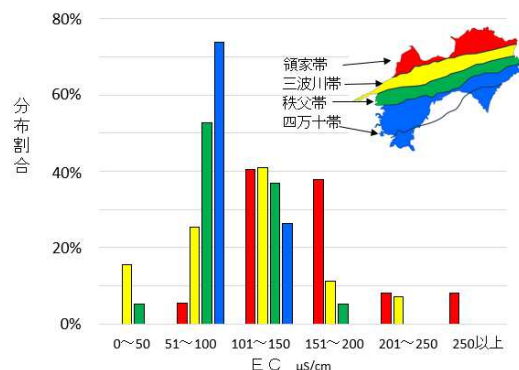


図2 地質帯別 EC の分布

4. 考察

領家帯の和泉層は、砂岩と頁岩の互層であり、大きな熱変異も受けてなく、岩石の成分が溶存しやすい地質である。このため、 HCO_3^- や、 Ca^{2+} が多く溶存している。こうした成分の濃度は、ECとほぼ比例することが確かめられた。

三波川帯については、大部分が強い熱変異を受けた、緑色片岩、緑泥片岩で構成されており、溶存しにくいいため、低いECとなるが、構造線近くは、破碎帯となっており、ここを地下水が通過した時、その成分が溶存し高いECを示す。

秩父帯については、三波川帯と近い岩石成分であり、三波川帯と似た水質であるが、一部、石灰岩帯を通過する河川は、高いECとpHとなる。

参考文献

天田 高白，近藤 浩一(1982)、「破碎帯地域における地すべり、崩壊と水質特性について：吉野川流域を例として」、砂防学会誌 34(4)、P12-P19

P-25

長野県における地下水中放射性ラドンの 分布と濃度形成要因の解明

*谷和音（信州大・総合理工）、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）

1. はじめに

放射性ラドン (^{222}Rn) は、ウラン系列に属する自然放射性同位体であり、地下の鉱物中に存在する放射性ラジウム (^{226}Ra) の放射性壊変によって生成される。ラドンは水溶性であることから、近年、ラドンが多く溶存している地下水の飲用による内部被ばくが問題視されてきており (e.g., Pyuskyulyan et al., 2024)、公衆衛生の観点から地下水中ラドン濃度の測定は重要である。加えて、ラドンはこれまで地震予測 (Trique et al., 1999) や断層探査 (Przylibski, 2005)、地下水トレーサー (Cook et al., 2013) など多岐にわたる分野で有用な指標とされており、その空間分布を測定することは地質学・陸水学的解析への応用も期待される。

地下水中のラドン濃度は、主に岩石中のラジウム含有量や断層の存在など帯水層の地質条件によって決定される (Naskar et al., 2022)。特に、花崗岩地質や断層付近ではラドン濃度が高くなることが報告されている (e.g., Benà et al., 2022)。長野県は、活発な火山・断層活動により花崗岩地質や断層が広く分布するとともに、地質構造も複雑である。このため、本地域における地下水中ラドン濃度の測定は、放射能評価だけでなく、地下水流動や地質構造の解明にも資すると考えられる。

そこで本研究では、これまで地下水中ラドン濃度の広域な測定が行われてこなかった長野県全域を対象に、地下水中ラドン濃度の分布と、その濃度形成要因を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

2024 年 6 月から 11 月にかけて長野県内に位置する、一般にアクセスが可能な湧水・井戸水 233 地点を対象に採水を行った。現地では水温、pH、電気伝導度 (EC) を測定し、実験室にて酸素・水素安定同位体比、主要無機溶存イオン濃度、ラドン濃度（液体シンチレーションカウンタ法）、微量元素濃度 (ICP-MS) の分析を行った。

3. 結果・考察

地下水中ラドン濃度は全試料において、0.0–115.3 Bq/L で分布していた。地質ごとの平均濃度（最高濃度）は、花崗岩 32.5 (114.2) Bq/L、火山岩 9.4 (115.3) Bq/L、変成岩 9.6 (33.0) Bq/L、堆積岩 11.7 (33.7) Bq/L であった。今回の調査で、100 Bq/L 以上の高いラドン濃度が観測された 2 地点は、花崗岩や一部の火山岩など、一般にウランやラジウムを比較的多く含むとされる地質に分布していた。このことから、高ラドン濃度の形成には、地質中のウラン・ラジウム含有量が影響していることが示唆される。一方で、一般的に地質中ウラン濃度が低いとされる堆積岩の地下水中ラドンの平均濃度が火山岩や変成岩より高くなった。これは、中～低ラドン濃度の形成には、地質中のラジウム濃度以外にも、地下水の滞留時間や水-岩石反応の程度などの水理・化学的要因が影響していることを示唆している。

花崗岩地質に存在する地下水では、 F^- 、 Cl^- 、 Na^+ 、 Li がラドン濃度と正の相関を示した一方、 Ca^{2+} や Mg^{2+} では相関は示さなかった。これは、偏在するウラン・ラジウム濃度の高い地質の影響を受けていると考えられる。実際、花崗岩マグマの結晶分化過程では H_2O 、 F 、 Cl 、 B などの揮発性成分や不適合元素 (Li 、 Sn 、 W 、 U など) が残留メルトに濃縮されやすいことが知られており (e.g., Candela & Piccoli, 1995)、ラドン濃度との相関は鉱物との接触時間だけでなく、岩石形成時の初期成分濃度の濃縮履歴も影響している可能性がある。また、比較的高いラドン濃度 (50 Bq/L 以上) を示す試料では、 Na^+/Cl^- 比が低下する傾向がみられ、地質中の Cl 濃度が高いことを示唆しているが、他の地球化学的影響も否定できない。

以上の結果から、地下水中ラドン濃度は、水-岩石相互作用や滞留時間に加え、地質起源の元素濃集など多因的なプロセスに影響される。そのため、水質や地質の一側面だけでは説明できず、被ばくリスク評価やラドンデータの活用には、ラドン濃度の測定が不可欠である。

P-26

藻類の付着状態と浮遊状態における光合成活性の違い

東 飛雄河 (元大阪教大)、*広谷 博史 (大阪教大)

1. はじめに

固液界面で形成される生物膜に生息する微生物は一般に活性が高いとされる。これは多様な微生物の存在により有機物の代謝が効率的に進むことや、細胞外ポリマーにより乾燥や毒性物質から細胞が保護されるためと考えられる。単一の微生物が浮遊または付着と生息状態が変化した際の生理的な違いは明らかでない。

そこで、本研究では純培養したクロレラを浮遊状態、または付着状態にした際の光合成活性の違いを、異なる pH のもとで調べた。

2. 材料と方法

Chlorella vulgaris を MBM 培地で、明暗 12h ずつ (光量子 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、 25°C の条件で培養し維持した。付着状態のクロレラを作成するため、光合成活性測定に使用する 4 面透過アクリルセル内面にポリペプトン溶液を塗布し乾燥させた後、クロレラ培養液に 3d 浸漬してクロレラを付着させた。付着したクロレラ数は、蛍光顕微鏡 (B 励起) でセル面を直接顕鏡し計数した。

付着または浮遊させたクロレラの光合成活性を pH6.0、7.4、または 8.4 の緩衝液中で測定した。光合成活性の測定は、パルス変調クロロフィル蛍光測定法による Quenching Analysis 測定 (PSI、Fluorometer FL3500) を行い、最大量子収率 (F_v/F_m)、実効量子収率 (ϕ_{II})、非光化学的消光 (NPQ) を算出した。結果は二次元配置法により分析した。

3. 結果と考察

培養したクロレラをセル壁面に付着させるためにあらかじめ塗布するポリペプトン液の濃度を変えて、クロレラ細胞の付着数を計数したところ、ポリペプトン濃度と単位面積あたり付着数には正の直線関係が認められた ($R^2 = 0.97$)。この結果から、 1 mg/L のポリペプトン液を塗布しクロレラ細胞をセル表面に付着させた。

クロレラの光化学系 II の最大量子収率 (図 1) は、付着状態が浮遊状態に比べ有意に高かった ($p < 0.01$) が、pH による違いには有意差は認められなかった。

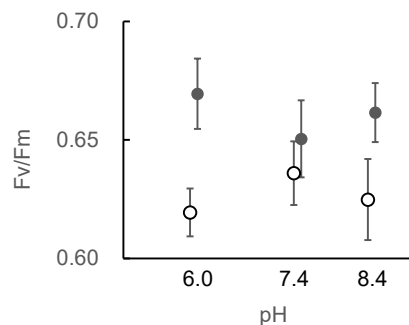


図 1 付着 (●) または付着 (○) しているクロレラの最大量子収率 (F_v/F_m)

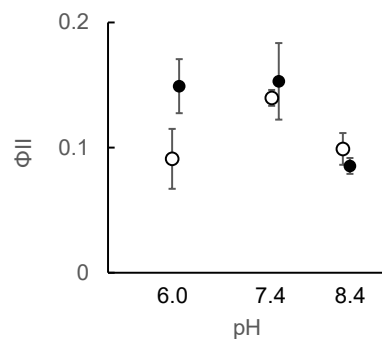


図 2 付着 (●) または付着 (○) しているクロレラの実効量子収率 (ϕ_{II})

クロレラの光化学系 II の実効量子収率 (図 2) は、pH による有意な差が認められた ($p < 0.01$)。付着浮遊間には有意な差は認められなかった。

クロレラの光化学系 II の非光化学的消光は、pH が高いとやや低下する傾向が認められたものの、付着浮遊、pH のいずれでも差は有意ではなかった。

以上のことから、付着したクロレラは、浮遊状態に比べ、光化学系の潜在的な効率率は向上するものの、実際の光合成効率は pH にかかわらず差異が少ないことが示唆された。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 19580380 の助成を受けた。

P-27

結氷がもたらす温度・光環境の変化に対する阿寒湖の

緑藻マリモ (*Aegagropila linnaei*) 光合成系の応答

*河野 優 (ABC), 小原 晶奈 (神奈川大・理),
尾山 洋一 (釧路市教育委員会)

1. はじめに

北海道・阿寒湖に生育する球状緑藻マリモ (*Aegagropila linnaei*) は、国の特別天然記念物である。冬季、阿寒湖は厚い氷と雪に覆われ、マリモは強光から保護されている。しかし、近年の気候変動による結氷期間の短縮は、マリモが低温・強光 (Low Temperature-High Light; LT-HL) という過酷なストレス環境に晒される危険性を高めている。本研究は、結氷期とその前後の季節移行期に焦点を当て、阿寒湖の現場観測と室内実験を組み合わせることで、マリモの光合成系が受ける影響とその応答メカニズムを明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

本研究では、阿寒湖のマリモ生育地 (水深約 1.5 m) において、水温と水中光量子束密度 (PPFD) の通年モニタリングを行うとともに、結氷前 (12 月下旬)、結氷中 (3 月)、融氷直後 (4 月上旬)、融氷後 (5 月)、夏期 (8 月) の計 5 つの時期にマリモを採集した。採集したマリモの光合成活性は、パルス変調 (PAM) クロロフィル蛍光測定法を用いて評価し、葉緑体光合成膜の光合成電子伝達成分のひとつである光化学系 II (PSII) の最大量子収率 (F_v/F_m) を光障害の指標とした。さらに、現場で観測された融氷後の LT-HL 環境 (水温 2-4°C, PPFD 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) を室内で人工的に再現し、マリモ糸状体細胞レベルでの光合成応答、光障害耐性、および PSII 修復過程を詳細に解析した。

3. 結果

現場観測により、結氷前と融氷直後の期間には、水温約 4°C で PPFD が 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ を超える LT-HL 環境が実際に存在することが確認された。一方、

結氷中は厚い氷と雪に光が遮られ、PPFD は 10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以下に抑えられており、マリモは安定した低光環境下に置かれていた。このような環境変化に対し、マリモの光合成活性は顕著な季節変動を示した。夏期および結氷中のマリモは、 F_v/F_m 値が 0.6 前後と高く健全な状態であったのに対し、融氷直後に採集したマリモでは 0.3 以下にまで著しく低下し、深刻な光障害を受けていた。しかし、融氷から 20-30 日が経過した 5 月のマリモでは、水温の上昇とともに F_v/F_m 値は 0.55 程度まで回復した。室内での LT-HL 曝露実験においても、マリモの PSII は短時間で著しい光障害を受けたが、低温下でも PSII を修復する能力を持つことが示された。ただし、その修復能力には限界があり、日周レベルの長期的な LT-HL 曝露下では修復が追いつかず、最終的に細胞枯死に至ることが確認された。

4. 考察

本研究から、阿寒湖のマリモにとって融氷直後が、深刻な光障害を受ける脆弱な期間であることが明らかになった。現状では、その後の水温上昇に伴い、マリモは致命的なダメージを受ける前に光合成機能を回復できている。しかし、室内実験が示したように、マリモの低温下での修復能力には限界がある。気候変動により結氷期間が短縮され、春先の LT-HL 環境に晒される期間が長引けば、この修復能力を超えた不可逆的なダメージが蓄積し、マリモ群集の生存を脅かす危険性がある。結論として、阿寒湖の結氷はマリモを冬の強光から保護する上で極めて重要な役割を担っており、今後の気候変動がマリモに与える影響を評価するためには、継続的な環境および生理状態のモニタリングが不可欠である。

P-28

阿寒パンケトーにおけるヒメマス環境 DNA の鉛直分布

*伊藤 雅浩・春日井 潔（道総研・さけます内水試）

1. はじめに

パンケトー（北海道釧路市）は阿寒湖の上流に位置する貧栄養湖で、主要な漁獲物であるヒメマス *Oncorhynchus nerka* の稚魚が地元漁業者により毎年放流されている。近年、ヒメマスの漁獲量が大きく減少している。冷水性魚類であるヒメマスは水温によって分布が制限を受けると考えられる。パンケトーは例年 5-11 月に成層し、時期によって異なるものの水深 10-15m の位置に水温躍層が形成される。パンケトーの表層水温は近年上昇傾向にあり、成層期間の長期化や水温躍層の形成深度の変化がヒメマスの生息域の縮小を引き起こし、個体数の減少につながっている可能性がある。しかしながら、ヒメマスの分布生態には不明点が多く、実際に成層期において分布がどの程度制限されているかは定かでない。そこで、本研究は種特異的かつ多地点・高頻度の調査が可能な環境 DNA 手法を用いて、ヒメマスの鉛直分布が成層初期（5 月）と成層の発達後（7 月）でどのように変化するか把握することを試みた。

2. 材料と方法

2025 年 5 月と 7 月に湖内 3 か所の定点（St.1: 水深 52m, St.2: 32m, St.3: 26m）で、水深 1m から湖底付近までの 5-6 点でバンドーン採水器により 1L を採水した。あわせて水温と溶存酸素量の鉛直観測、透明度の観測、動物プランクトンの採集等を行った。採水サンプルは冷蔵して実験室へ持ち帰り、GF/F フィルターでろ過後、環境 DNA を抽出した。先行研究で公開されているプライマーを用い、リアルタイム PCR によりヒメマスの環境 DNA 濃度を定量した。採水月、定点、水深ごとの DNA 濃度を比較するとともに、環境 DNA の鉛直分布に影響を及ぼす環境要因について検討した。

3. 結果

St.1 の水温は、5 月の時点では表層から底層まで

の水温差は 2℃程度と小さかったが、7 月には水深 0m で 5 月の 6.7℃から 21.9℃に上昇するとともに水深 5m と 10m の間で 10℃以上の水温差が見られ（水深 5m: 20.9℃、10m: 10.4℃）、水温躍層の形成が認められた。5 月・7 月ともすべての定点と水深でヒメマスの環境 DNA が検出された（図 1）。5 月の時点では水深による環境 DNA 濃度の差は明瞭ではなかったが、7 月には St.1 および 3 の水深 10m、St.2 の水深 20m で濃度が大きく増加した。

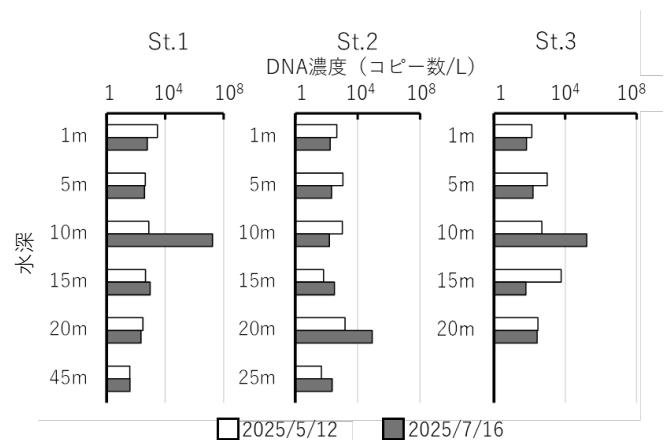


図 1 ヒメマス環境 DNA の鉛直分布

4. 考察

表層から底層までの水温差が小さい 5 月は水深による環境 DNA の濃度差が小さく、水温が上昇した 7 月は水深 10m 以深に集中していた。7 月の表層水温はヒメマスの適水温の上限（13℃）を大きく上回っていたため、分布が水温躍層以深に制限されていたとみられる。過去の調査で夏季は躍層付近に植物プランクトンの極大が見られることがわかっており、ヒメマスの餌となる動物プランクトンも同じ層に多く存在していた可能性がある。

この後も継続して 9 月、11 月に調査を行う予定であり、底層の溶存酸素量の低下や秋季の循環に応じた環境 DNA の分布の変化を明らかにするとともに、魚探調査と組み合わせて実際の魚類の分布との対応についても検討を重ねたい。

環境 DNA 分析を用いた水田におけるカエル類の

P-29

生息状況と水文学的要因との関係の解明

*小倉 彰紀（神戸大学）、邬 倩倩（神戸大学）

中尾 遼平（山口大学）、丑丸 敦史（神戸大学）、源 利文（神戸大学）

1. はじめに

水田は自然湿地の代替環境として、多種多様なカエル類の生息地となってきた。しかし、耕作放棄や開発により、水田の数は減少している。また水田は、その立地によって水文学的な環境条件が異なり、この環境の違いがカエル類の分布を決定づけている可能性がある。カエル類の生息地を保全するためには、水田におけるカエル類の生息状況と環境の関係を把握することが重要である。しかし、捕獲調査や目視観察などの従来の調査は労力的コストが大きく、広範囲の調査が難しい。そこで、現地でのサンプリングが採水のみで、労力的コストが小さく、短期間に広範囲の調査が可能な環境 DNA 分析手法による調査を行った。本研究では、トノサマガエル、ニホンアマガエル、ヌマガエルの生息状況と水田の水文学的環境との関係について議論する。

2. 材料と方法

調査は兵庫県南東部に位置する 16 区域（伝統地：8 区域、整備地：8 区域）の水田地帯で実施した。各区域で、2018 年の夏季（6 月-7 月）に水田 2 地点、ため池 2 地点、用水路 1 地点で採水した(n:16 × 5=80)。水サンプルから DNA を抽出し、新たに設計したトノサマガエル、ニホンアマガエル、ヌマガエルの種特異的な環境 DNA 検出系を用いて、リアルタイム PCR によって環境 DNA の検出を試みた。次に目的変数に各種の PCR3 繰り返し中の陽性率、説明変数に水田の管理形態(伝統地 or 整備地)、標高、標高²、地形湿潤指数(TWI)、TWI²、最近接水路鉛直距離(HAND)、HAND²、空間共変量(SC)、ランダム項に採水区域(1-16)/採水地点(水田 or ため池 or 用水路)を用いた一般化線形混合モデルを構築し、最も低い AIC 値に基づいて、総当たり法によるモデル選択を行った。

3. 結果

リアルタイム PCR の結果、トノサマガエルは 80 地点中 39 地点、ニホンアマガエルは 42 地点、ヌマガエルは、21 地点で陽性だった。モデル選択の結果、トノサマガエルでは、標高²・HAND・TWI を含むモデルが最良とされ、いずれも陽性率と正の関係を示した。ニホンアマガエルでは、標高・HAND・HAND²・TWI を含むモデルが最良で、標高と HAND²は正、HAND と TWI は負の関係を示した。ヌマガエルでは、管理形態（伝統）・標高・標高²・HAND²・TWI・SC を含むモデルが最良で、標高²・HAND²・TWI は正、管理形態（伝統）・標高・SC は負の関係を示した。

4. 考察

トノサマガエルは標高が高く、湿潤な水田に生息する傾向が確認された。これは、山間部の湿地に由来する谷津田や棚田の特徴と一致する。つまり、山間部に位置し、湧水により年中湿潤な湿地を好む可能性がある。ニホンアマガエルは、標高が高く、河川からの比高が低い水田に多く分布し、本種の高い分散能力は、冠水を回避する際に役立つ。したがって、洪水時に冠水しやすい湿地に適応的だと考えられる。ヌマガエルは標高が低く、河川からの比高が高い水田に分布する傾向が確認された。本種の幼生は高温耐性があり、約 1 か月で変態する。したがって、下流に水が抜けやすく、干上がりやすい湿地に本種は適応的だと考えられる。以上の結果から、3 種は、水文学的に異なる生息地選好性を示した。これらのことから、水文学的に多様な水田を維持することが、広域スケールでのカエル類の多様性の保全に繋がることが示唆された。

P-30

針葉樹人工林の源流域における
ムカシトンボ幼虫の生息要因

*東川 航（森林総合研究所）

1. はじめに

ムカシトンボは、約2億年前からの依存生物と考えられるムカシトンボ科の一種であり、河川源流にのみ生息する特異なトンボ種である。本種の幼虫は溪流中において5～8年もの長期間を過ごすことから、安定した源流環境のよい指標種となりうる。近年、本種は全国的に減少しており、特に針葉樹人工林の皆伐が盛んな熊本県においては絶滅危惧Ⅱ類に指定され、伐採に伴う溪流への土砂流入や洪水などによる悪影響が疑われている（熊本県，2019）。しかし実際には、原生的な森林だけでなくスギやヒノキといった針葉樹の人工林からなる源流域にも本種が生息するのかが確かめられていない。また、人工林の皆伐によって本種の生息状況にどのような影響があるかということについても詳細な知見がない。

本研究では、針葉樹人工林からなる源流域において、ムカシトンボの幼虫が生息するのかを明らかにするとともに、人工林の皆伐が幼虫の生息密度に与える影響を解析した。

2. 材料と方法

熊本県内において、隣接した4つの針葉樹人工林またはその伐採跡地からなる源流域を調査地とした。これらの流域は、皆伐状況が異なる（①流域の全体、②下流側3割、③上流側5割、④皆伐なし）。各流域において、2025年2月および5月にムカシトンボ幼虫の採集調査を実施した。採集はDフレームネットにより行い、両月に溪流の瀬においてランダムに設定した3つの40cm四方コドラートから幼虫を採集した。得られた個体数をカウントするとともに、体サイズを計測した。体サイズは、呼吸等によって伸び縮みしない頭幅（mm）を用いた。次に、コドラートあたりの個体数（以下、生息密度）が流域によって異なるかをKruskal-Wallis検定によりテストし、事後検定としてDunn検定による多重比較を行った。

3. 結果

ムカシトンボの幼虫は合計で46個体採集された（流域①，2個体；流域②，1個体；流域③，5個体；流域④，38個体）。特に個体数の少なかった流域①および②で得られた幼虫の頭幅（流域①，

3.5mm，1.7mm；流域②，5.1mm）は、頭幅の全体平均2.2mm（SD = 0.91）と比べて大きい傾向があった。その他には、サナエトンボ科（合計25個体）、アサヒナカワトンボ（合計5個体）、オニヤンマ（合計7個体）の幼虫も得られた。

ムカシトンボ幼虫の生息密度は流域によって有意に異なり（ $p = 0.03$ ）、流域④では流域②に比べて生息密度が有意に大きかった（ $p = 0.02$ ）。流域①および③では、流域④と比べて個体数は小さかったものの、生息密度の有意差は検出されなかった。体サイズが3mm以下の若齢幼虫に限定して同様の解析をしたところ、流域④では流域①（ $p = 0.02$ ）および②（ $p < 0.01$ ）に比べて生息密度が有意に大きく、流域③との間には有意差が検出されなかった。なお、本種の次に個体数の多かったサナエトンボ科幼虫についても同様の解析を実施したが、流域の間で生息密度は有意に異ならなかった。

4. 考察

針葉樹人工林からなる源流域においても、ムカシトンボの幼虫が生息していることが分かった。皆伐された流域①②③では、皆伐なし流域④に比べて幼虫の総個体数がかなり小さかったことから、皆伐によって幼虫個体数の減少する可能性が示唆された。特に若齢幼虫については、流域の全体や下流側が大きく皆伐された場合に生息密度が顕著に低下することが分かった。上流側が皆伐された流域③で生息密度の有意な低下が検出されなかったのは、サンプルサイズが小さかったことが原因と考えられる。皆伐によって、溪流への土砂流入が増加することで特に若齢幼虫の生息が困難になる可能性に加えて、皆伐によって光量が増大することにより本種の産卵基質となる溪畔のジャゴケやシダ類といった組織の柔らかい植物が減少し、本種の再生産が困難となる可能性も考えられる。一方、サナエトンボ科では皆伐による幼虫の生息状況への影響が検出されなかった。源流に生息する本科の各種は植物組織内に産卵しないため、皆伐された流域の溪流においても産卵可能であるのかもしれない。これらの結果に関して、今後サンプルサイズや地点数を増やし、より一般的な傾向を明らかにする必要がある。

P-31

琵琶湖北湖深湖底における底生動物の生息状況

*井上栄壮，永田貴丸（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター），
大高明史（元・弘前大），西野麻知子（元・びわこ成蹊スポ大）

1. はじめに

琵琶湖は冬季に全層循環する年1回循環湖で、北湖では秋から冬にかけて水深約 90 m までの深湖底の溶存酸素濃度 (DO) が年最低値から年最高値に回復した後、翌年の全層循環まで低下し続ける。近年、気候変動の影響か、特に 2018 年度および 2019 年度に全層循環が未完了となり、水深約 90 m の深湖底では底層 DO 環境基準の生物 3 類型 2 mg L^{-1} を頻繁に下回るようになっている。

底生動物の生息状況については、2012 年～2022 年まで水深約 90 m の深湖底で水中有索ロボットによる映像撮影を行ったところ、DO 低下時に固有種の甲殻類アナンデルヨコエビがへい死した状況等が報告されている（石川ら, 2024）。また、湖底泥採取による 1992 年から 2019 年までの調査結果が報告されている（大高ら, 2021）。演者らは、その後も年 1 回の湖底泥採取による調査を続けてきた。

本研究では、気候変動による深湖底の DO 低下等が底生動物に及ぼす影響と、それによる湖内の物質循環への影響の評価に資するため、底生動物の生息状況について 2023 年から調査地点数および頻度を増して現状把握を行った。また、過去の調査結果と比較可能な地点における生息密度の長期変化について評価した。

2. 材料と方法

琵琶湖北湖の第一湖盆 4 地点（水深約 60～90 m）、第二湖盆 2 地点（水深約 60～75 m）の計 6 地点において、2023 年 4 月から 2025 年 4 月まで 3 か月毎に現地調査を行った。底生動物は、エクマン・バージ採泥器（底口部 $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ ）で湖底泥を 3 回採集し、目合 $250 \mu\text{m}$ のネットでふるった残渣を 10 %ホルマリンで固定した後、マクロベントスを選別・計数した。第一湖盆の 17B 地点（＝早崎 90m 地点、水深約 90 m）および第二湖盆の 1e 地点（水深約 75 m）については、同地点における過去の調査結果（大高ら, 2021）と比較した。

3. 結果と考察

2023 年 4 月～2025 年 4 月まで底生動物の調査を行った結果、生息密度では全調査地点、全調査時期とも貧毛類（ミミズ類）が優占し、平均 $8,039.0 \pm 3,334.2$ 個体 m^{-2} であった。その他の主な分類群では、ユスリカ科は全調査地点で採取され、平均 100.6 ± 107.2 個体 m^{-2} であった。マメシジミ属の 1 種 *Pisidium* sp. は、水深約 80 m 以浅の 4 地点で採取され、特に第二湖盆の 2 地点で生息密度が高く、これらの 4 地点の密度は平均 174.5 ± 155.7 個体 m^{-2} であった。

1992～2025 年の生息密度について、貧毛類は 17B 地点、1e 地点とも明瞭な変化は認められなかった。ユスリカ科は 17B 地点、1e 地点とも 2000 年代後半から増加傾向で、特に 1e 地点で顕著であった（図 1）。マメシジミ属は、17B 地点で確認できない一方、1e 地点では 2010 年代から増加傾向で、特に 2020 年代から顕著であった。発表では、これらの変化の要因についても考察を加える予定である。

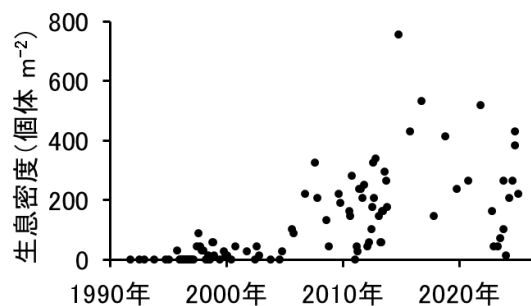


図 1 琵琶湖北湖 1e 地点（水深約 75 m）におけるユスリカ科の生息密度（1992 年 1 月～2025 年 4 月）

文献

石川可奈子ら (2024): 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書, 19: 88-107.
大高明史ら (2021): 陸水学雑誌, 82: 17-37.

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（JPMEERF20232M02）により実施した。

P-32

湧水は生物多様性の普遍的なレフュジアか？

：物理化学的環境と捕食圧が底生無脊椎動物群集に与える効果

*植村洋亮（道総研・さけます），吉野裕生（北海道大・環境），
山田太平（水大校・生物生産），小泉逸郎（北海道大・地環）

1. はじめに

淡水生態系は全動物種の約 10%、脊椎動物の 35%を支える極めて重要な生物多様性ホットスポットである。しかし近年、気候変動に伴う水温上昇や極端気象の頻発により、淡水種の生息環境は不安定化している。湧水は年間を通じて水温や流量などが安定しており、環境変動に対するレフュジアとして機能する可能性がある。これまでの研究では、湧水による環境の物理化学的環境条件がボトムアップ的に多様性維持を支えるとの仮説が中心であった。一方、そのような安定的な環境では捕食者も定着しやすく、捕食圧が下位栄養段階の群集構造に与えるトップダウン効果も無視できない。とくに中程度の捕食はアバンダンスを減少させるが、優占種を抑制することでむしろ多様性を高めることも予想される。本研究では、湧水が多く流れ込む湧水河川とそれ以外の雨水などが流れ込む非湧水河川がランダムに分布する北海道空知川水系の上流域において底生無脊椎動物群集をモデルに群集の多様性とその要因を明らかにした。

2. 材料と方法

空知川水系内の湧水・非湧水河川を含む 9 河川 45 地点において、底生無脊椎動物類をサーベネットで定量採集し、水温、流速、底質組成、水深、河川幅、水面被覆率、水質（NO₃ 等）、捕食者（サケ科魚類）の密度を測定した。そして、地点ごとの底生無脊椎動物類の出現科数、科ごとの全アバンダンス、多様度指数を算出した。地理的距離の効果を確認した後（Moran's *I*）、局所環境および底生無脊椎動物群集が湧水・非湧水で異なっているか PERMANOVA、また群集構造に対してどのような局所環境が予測因子となりうるか、Distance-based redundancy analysis (db-RDA) により明らかにした。そして、出現科数、科ごとの全アバンダンス、各多様度指数に対して、どのような局所環

境が効果をもつのか GLM と AIC により評価した。

3. 結果

湧水河川と非湧水河川の間では局所環境変数に明確な差異が認められた。群集の非類似度に関しては、両群間で統計的に有意な差は検出されなかった。一方、db-RDA の結果、水温および中礫率が群集構造を説明する変数として選択された。そして、GLM と AIC によるモデル選択の結果、群集のアバンダンスおよび科数に対しては捕食者密度（負の有意な効果）のみのモデルがベストモデルであった。シャノンの多様度指数に対しては、流速、リター率、捕食者密度の 3 変数によるモデルがベストモデルであったが、リター率が負、捕食者密度が正の有意な効果を示した。シンプソンの多様度指数に対しては、流速、中礫率、リター率、河川幅、捕食率の 5 変数によるモデルがベストモデルであり、流速、中礫率、捕食者密度が正、リター率が負の有意な効果を示した。

4. 考察

湧水河川と非湧水河川における連続的な環境勾配（水温・底質組成）に対しては群集構造との相関関係がみられた。このことから、湧水の生物多様性への効果について、「湧水の有無」というカテゴリではなく、湧水が形成する局所環境条件を通じて生物多様性へ影響していると考えられる。また、捕食者密度が底生無脊椎動物群集の多様度指数に正の効果をもっていた点から、湧水のうみだす環境条件が捕食者の定着を可能にし、被食者である底生無脊椎動物群集の多様性を高めるというトップダウン効果が示唆された。これらのことから、湧水は「普遍的なレフュジア」ではなく一部分類群にとって選択的に機能する「限定的なレフュジア」であることが示唆された。本研究は、湧水の生態系機能は物理化学的環境と生物間相互作用の両面から評価すべきであることを強調する。

P-33

三方五湖の環境と細菌摂食性原生生物

*近藤竜二，片岡剛文（福井県立大・海洋）
矢吹彬憲（海洋研究開発機構）

1. はじめに

微生物ループとは、植物プランクトンなどが排出する溶存態有機物を細菌が栄養基質として利用し、細菌を原生生物が摂食し、さらに原生生物が動物プランクトンに捕食されることによって従来の生食連鎖につながる系で、水圏における重要な物質循環系である。湖沼や海洋の微生物ループにおいて、細菌摂食として微小鞭毛虫が重要な役割を担っている。本研究では、塩分環境の異なる湖で構成される三方五湖の環境を概観するとともに、それぞれの湖から単離した細菌摂食性の原生生物について紹介する。

2. 三方五湖の概要

福井県沿岸のほぼ中央部に位置する三方五湖は、三方湖、水月湖、菅湖、久々子湖、日向湖からなる湖群で、それぞれの湖が水路によって結ばれ、一つの水系をなしている（図1）。これらのうち久々子湖と日向湖は日本海と接しており、海水が流入するために海水湖となっている。一方、最も陸側に位置する三方湖は、淡水湖である。三方五湖の中央にある水月湖と菅湖は、久々子湖からの海水と三方湖から淡水の流入があるため、一年を通して密度成層しており、底層には多量の硫化水素が蓄積している。このように三方五湖の各湖は塩分が異なる独特の環境となっている。

3. 細菌摂食性原生生物

我々は細菌摂食原生生物の生態を明らかにするために、三方五湖から原生生物を単離してきた。このうち特徴的な3種の鞭毛虫について紹介する。

3-1. 水月湖の通性嫌気性鞭毛虫

水月湖の酸化還元境界層直下の嫌気層から通性嫌気性の鞭毛虫を単離した。18S rRNA 遺伝子を用いた系統解析と電子顕微鏡を用いた細胞内の微細構造の観察から、Stramenopiles 生物群の Placidida 目に属する新属新種であることが明らかとなり、*Suigetsumonas clinomigrationis* と命名した。この株は淡水でも海水でも増殖可能で、さらに嫌気条件下で

も細菌摂食を行っていることから、水月湖の酸化還元境界層を行き来することが可能な特徴を有していた。

3-2. 日向湖の好気性鞭毛虫

海水湖である日向湖水柱から Stramenopiles 生物群の Bicosoecida 目に属する鞭毛虫を単離した。18S rRNA 遺伝子を用いた系統解析と細胞内の微細構造から、この株を新属新種の *Hirugamonas aperieos* と提案した。増殖の至適塩分濃度と至適温度から、中温性の海洋種であると結論づけた。

3-3. 日向湖の偏性嫌気性鞭毛虫

硫化物が蓄積した日向湖の底泥から鞭毛を4本持つ偏性嫌気性の鞭毛虫を単離した。嫌気性の原生生物は、4遺伝子（18S rRNA, α -tubulin, β -tubulin, hsp90）の連結解析から、Heterolobosea に属するが、18S rRNA 遺伝子による系統解析の結果と細胞内の微細構造から少なくとも科レベルで新しい種類の鞭毛虫であることが示唆された。細胞内には食胞を有し、摂食された細菌も観察された。現在、この株の形態学的特徴を詳細に調べるとともに、底泥における生態学的な役割を明らかにしようとしている。

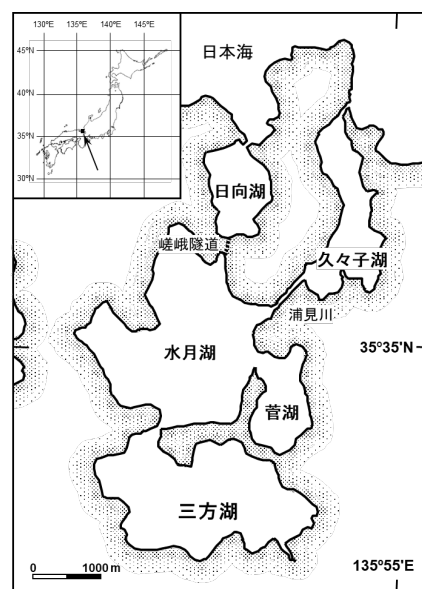


図1 三方五湖の地図

P-34

大水深湖を対象とした微生物環境ゲノムデータベースの構築

*岡寄友輔 (京大・化研), Liwen Zhang (京大・化研)
緒方博之 (京大・化研)

1. はじめに

湖に生息する微生物・ウイルスは、水中の物質循環や食物網の基盤を支え、生態系の理解において重要な研究対象である。しかし環境中の微生物・ウイルスのほとんどは難培養であり、その生理的・生態的特性の実験的解明が困難である。近年の次世代シーケンス技術の進展により登場した「メタゲノム解析」により、環境中の微生物やウイルスのゲノム情報を、培養を経ることなく直接かつ網羅的に取得することが可能となった。この技術革新により、従来ブラックボックスとして扱われていた未培養の微生物の多様性や生態が急速に明らかになりつつある。

物理的に隔てられた湖に生息する微生物群集は、その進化的背景を探るうえでも興味深い研究対象である。異なる湖には、系統的には類似しつつも、それぞれ独自の進化の道をたどってきた微生物群集が存在する。すなわち、湖間で微生物ゲノムを高解像度で比較することにより、遺伝子やゲノムの多様化、進化の駆動要因や制約条件を明らかにできる可能性がある。

火山・地殻活動が活発な日本には、多くの大水深湖が存在する。これらの湖は、浅い湖に比べて気象イベントの影響を受けにくく、微生物群集の構成が比較的安定している。一方でそれぞれの湖は気候帯・水深・湖盆形態・流入河川等の特性に応じ、成層型の違いをはじめとした多様な物理化学的特徴を示すため、環境要因と微生物組成の相互作用の比較解析に適している。さらに、多くの大水深湖の物理化学的環境は、明瞭かつ予測可能な季節変動を示すことから、環境変化に対する微生物やゲノム・遺伝子のふるまいを理解するうえでも優れた研究対象である。

こうした大水深湖の特性を念頭に、本研究では、国内の主要な大水深湖の微生物・ウイルス多様性を網羅し、得られたデータからその生態学的特性や陸水学的因子との相互関係、さらには環境微生物ゲノムの遺伝学的・進化学的な背景を明ら

かにする基盤として活用することを目的とした

「大水深湖微生物環境ゲノムデータベース」の構築を進めている。本発表では、これまでの取り組みと、その進捗状況について報告する。

2. 材料と方法

国内の約 20 の大水深淡水湖(水深約 50 m 以上)を対象とし、主に夏～秋の成層期に調査を行っている。湖心の最深点にて、鉛直的に複数水深より採水し、5.0 μm 、0.2 μm のフィルターで順次濾過することで、真核微生物画分、原核微生物画分、ウイルス画分を得た。各サンプルより DNA を抽出し、ショットガンメタゲノム解析に供した。高品質なデータを得るため、広範に使われているショートリードシーケンサーに加え、ロングリードシーケンサーを用いた解析も行った。得られたデータをアセンブリ、ビニングの各解析工程に供し、微生物・ウイルスのゲノム情報を構築した。環境データとしては、CTD プローブによって水温、クロロフィル濃度、溶存酸素濃度の鉛直分布と、フローサイトメーターによって細菌現存量を得た。さらに、公共データベース上の海外の大水深湖のメタゲノムデータを取得し、同様の解析手法を適用することで、国内外の湖を横断的に比較可能な情報基盤を構築した。

3. 結果と考察

これまでに国内の 13 湖から 42 のメタゲノムサンプルを得ており、公共データベースの海外の湖のデータを併せて、5 大陸 37 湖の大水深湖の 209 サンプルを解析している。5 万を超える微生物・ウイルスゲノムが得られており、高品質なものに限定しても、約 15,000 の細菌ゲノムと、約 1500 のウイルスゲノムが得られている。このうち、特に優占的系統に着目して先行的に解析を進めており、細菌・ウイルスいずれにおいても、種の解像度で、普遍的(cosmopolitan)系統と、固有(endemic)な系統が存在し、共存していた。これは湖の微生物多様性が環境要因と地理的隔離の両者の影響を複合的に受けて形成されることを示唆する結果である。

P-35

Comparative analysis of rotifer trait-based functional group composition in response to environmental characteristics of freshwater lakes

*Hye-Ji Oh (Nara Women's Univ.), Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee Univ.)
Nan-Young Kim (Konkuk Univ.), Soon-Jin Hwang (Konkuk Univ.)
Min-Ho Jang (Kongju National Univ.), Izumi Katano (Nara Women's Univ.)

1. Introduction

Rotifers serve as crucial intermediaries connecting the microbial loop with the grazing food web in aquatic ecosystems, thereby playing a pivotal role in mediating energy flow. Their community composition and density are shaped by a complex interplay of environmental factors, including trophic status, food availability, interspecific competition, and predation pressure. While traditional taxonomic approaches have provided valuable insights into rotifer community structure, they often fail to capture functional differences among taxa in response to environmental gradients. In contrast, trait-based approaches—based on taxon-specific characteristics related to growth, feeding, and survival—provide a functional perspective for interpreting community dynamics and predicting ecological responses more effectively.

Despite growing interest in trait-based classification, studies on the relationship between rotifer traits and environmental characteristics have primarily focused on feeding-related traits or been conducted under limited environmental conditions. Consequently, it remains unclear which trait-based classification schemes best reflect environmental gradients and under what conditions particular functional groups become dominant. Accordingly, this study analyzed rotifer communities across freshwater lakes with diverse environmental conditions, aiming to (1) identify ecological traits closely associated with lake environmental characteristics, and (2) examine how rotifer communities are functionally structured across complex environmental gradients.

2. Materials and Methods

This study was conducted at 82 freshwater lakes across South Korea, with data collected during the summer season (28 sites in 2023, 26 sites in 2024, 28 sites in 2025). A total of 14 environmental variables were selected, including pollution-related, water quality, and biological variables, after evaluating multicollinearity using Pearson's correlation and variance inflation factor analyses. In the case of biological variable, it covered food availability (e.g., total phytoplankton and morphology-based functional composition), and the pressure of predation and competition focusing on crustacean species. Rotifer genera were classified into functional groups based on seven ecological traits related to feeding (corona type, trophi type, feeding mode, trophic group, food niche) and survival (tegument type, scape strategy).

To assess the relationship between rotifer trait composition and environmental characteristics, Mantel tests were conducted: first, it was applied at the rotifer trait

category level to identify which lake environmental characteristics showed the highest structural similarity with each category; subsequently, specific environmental variables significantly associated with individual traits were identified. The environmental variables selected through the Mantel test were then used to cluster the 82 lakes, and the resulting clusters were examined to identify the predominant structure of trait-based rotifer communities across environmental gradients. All statistical analyses were performed using R software (version 4.5.0).

3. Results & Discussion

Mantel test results indicated that rotifer trait categories exhibited higher structural similarity with composite environmental characteristics than with single environmental characteristics, and the environmental conditions with the highest explanatory power differed among categories. Based on environmental variables significantly associated with rotifer traits, 82 lakes were clustered, revealing two distinct groups. In Group 1 (eutrophic and biologically intense lakes), traits adapted to low food availability and high predation/competition pressure were dominant, whereas in Group 2 (less enriched lakes), traits exhibiting active feeding strategies under limited food conditions were more prominent (Fig. 1).

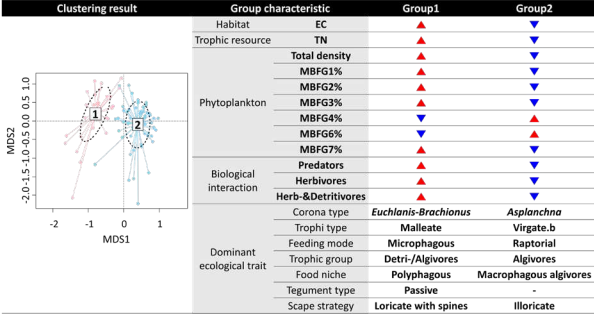


Fig. 1 Clustering of 82 lakes based on environmental variables associated with rotifer traits, with dominant characteristics and trait types for each group

These findings showed that rotifer functional groups respond to environmental gradients not through single traits, but through interrelated combinations of traits, providing an important basis for further studies aimed at understanding trait-based rotifer community dynamics in relation to changes in lake environments. Accordingly, this presentation will provide a more detailed examination of the interrelationships among rotifer trait combinations identified for each environmental characteristic.

P-36

蛍光染色によるミジンコ休眠卵の生存確認方法の検討

*小田 悠介（国立環境研究所）

1. はじめに

ミジンコは温度や密度、日照周期などの変化により休眠卵を生産する。多くは湖底に堆積し、例えば *Daphnia* 属ミジンコでは約 1,000–100,000/m² の密度で底質中（表層 4–8 cm）に存在することが報告されている（e.g., Carvalho and Wolf, 1989）。

底質中のミジンコ休眠卵は数十年単位でも生存しており、例えば休眠卵からふ化した仔虫を利用して環境汚染物質に対する感受性や遺伝的変異の鉛直プロファイルを調べ、長期的な影響の解明に用いられている（e.g., Abdullahi et al., 2021）。

一方、野外では仔虫だけでなく、休眠卵も化学物質に曝露されていることが想定され、例えば農薬は休眠卵のふ化・生存に影響することが示されている（Navis et al., 2013）。休眠卵への影響はふ化率で検出されているが、休眠卵は対照条件でふ化しない場合も多く、実験の初期段階で生存個体を適切に選別する手法が必要である。本研究では、ミジンコ休眠卵の生存確認手法として TO-PRO-1 iodide による DNA 蛍光染色法の確立を検討した。

2. 材料と方法

MicroBioTests 社から購入した DAPHTOXKIT F に含まれる *Daphnia magna* の休眠卵を使用した。TO-PRO-1 iodide による蛍光染色は、Elena（2010）の研究例・手法を参考に以下の流れで検討した。

休眠卵を 100 個ずつランダムに選び、4 処理区（対照区及び処理区 A、B、C：後述）に分け、飼育水（活性炭ろ過後の曝気水）5 mL を含むシャーレに振り分けた。TO-PRO-1 ストック溶液（100 mg 試薬/L 飼育水）を、10 mg/L の濃度となるよう処理区 A、B に添加した。処理区 A、C については染色液の浸透性を高めるため、-80℃ の Deep freezer 内で 10 分間冷凍し、その後対照区と全ての処理区を 30 分間インキュベーター内（21℃）で静置し、蛍光顕微鏡による観察（蛍光波長 495–540 nm）を実施した。その後、インキュベーターで 120h 静置し、対照区及び各処理のふ化数をカウントした。

3. 結果

図 1 に対照区と各処理区における累積ふ化率を示す。同程度のふ化率が記録（対照区: 40%, 処理区 A: 38%, 処理区 B: 45%, 処理区 C: 44%）され、TO-PRO-1 曝露や-80℃冷凍処理でふ化への影響はみられないことが分かった。一方、本検討の TO-PRO-1 iodide の曝露濃度・時間では十分な蛍光染色が確認できなかったため、今後追加の検討を実施し、生態毒性試験などに応用する予定である。

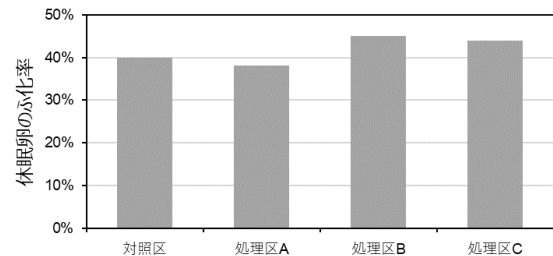


図 1 対照区と各処理における休眠卵のふ化率。

処理区 A: TO-PRO-1 曝露 + -80℃処理

処理区 B: TO-PRO-1 曝露、処理区 C: -80℃処理

参考文献

- Abdullahi, M., Zhou, J., Dandhapani, V., Chaturvedi, A., & Orsini, L. (2022). Historical exposure to chemicals reduces tolerance to novel chemical stress in *Daphnia* (waterflea). *Molecular Ecology* 31:3098–3111.
- Carvalho, G. R., & Wolf, H. G. (1989). Resting eggs of lake - *Daphnia* I. Distribution, abundance and hatching of eggs collected from various depths in lake sediments. *Freshwater Biology* 22:459–470.
- Gorokhova, E. (2010). A single-step staining method to evaluate egg viability in zooplankton. *Limnology and Oceanography: Methods* 8:414–423.
- Navis, S., Waterkeyn, A., Voet, T., De Meester, L., Brendonck, L., (2013). Pesticide exposure impacts not only hatching of dormant eggs, but also hatchling survival and performance in the water flea *Daphnia magna*. *Ecotoxicology* 22:803–814.

P-37

諏訪湖における植物プランクトン増殖と栄養塩

*宮原裕一（信州大・理），奥石庸行（信州大・院）

1. はじめに

長野県諏訪湖は，下水道の普及により栄養塩の外部負荷量が減少し，近年，植物プランクトン量の減少やその種組成の変化が生じている．また，栄養塩添加実験から，諏訪湖の植物プランクトンは常時リン制限下にあり，夏季にはリンと窒素の共制限となることが示され，水温が低下する冬季を除き植物プランクトンの増殖は栄養塩によって制御されていると推測されている．しかし，実際の湖水中の植物プランクトン量の季節的な変化に，どのような環境要因が深く関わっているかは明確ではない，

そこで本研究では，実際の湖水を培養し植物プランクトン量の変化と，その時の環境要因（水温・水質）との関係を解析した．

2. 材料と方法

2024年3月から12月にかけて，諏訪湖湖心にて表層水（水深0mから3.5m）を採取し，培養実験に供した．培養実験では，湖水原液もしくは孔径75 μ mのステンレスメッシュふるいを通し大型の動物プランクトンや大型の植物プランクトンを除去した湖水（75 μ mろ過水）を湖水ろ液で2倍希釈したものを試水とした．試水は温度管理の元，培養器中で5日間培養した．培養温度は，湖水採取時の水温（6～27℃）とし，明期，暗期は常に12時間とした．

培養の前後に試水（原液，75 μ mろ過水）はGF/Cでろ過した．そのGF/Cはエタノール抽出し，クロロフィル濃度を測定し，培養前後の植物プランクトン量とした．また，培養前後の試水ろ液中の，溶存態ケイ素，リン酸態リン，アンモニア態窒素，硝酸態窒素を定量し，培養前後の差分を植物プランクトンによる同化量もしくは放出量とした．さらに，培養期間中の一次生産量の目安として，培養前後に試水原液の溶存有機炭素濃度を測定した．これらデータと諏訪湖定期観測の結果を合わせ，諏訪湖における植物プランクトン増殖と栄養塩の関係を解析した．

3. 結果

培養実験において，原液，75 μ mろ過水ともに，培養後のクロロフィル増加量は4月から7月上旬にかけて多く，それ以降は減少する傾向が見られた．一次生産の指標として測定した有機炭素の増加量も同様であった．アンモニア態窒素と硝酸態窒素を合わせた溶存態無機窒素の同化量は4月と6月下旬から11月上旬にかけて多かった．

植物プランクトン増殖の指標として算出されたクロロフィル増加量は，原液および75 μ mろ過水ともに，培養時の水温，培養前のクロロフィル濃度，各栄養塩濃度とは正の相関は認められなかった．このクロロフィル増加量と正の相関が認められたのは，硝酸態窒素を主とする溶存態無機窒素の同化量であった．

4. 考察

本研究での75 μ mろ過水は大型の植物プランクトンとの競争がない状態での小型の植物プランクトンの増殖を見るために行ったものである．培養実験において，原液，75 μ mろ過水ともに，培養によるクロロフィルの増加量は同様な季節変動を示したが，その増加量は5月末から7月上旬にかけて原液の方が75 μ mろ過水よりも多かった．この期間は，75 μ m以上の大型の植物プランクトンが大半を占めており，大型の植物プランクトンの方が小型の植物プランクトンよりも増殖しやすかったと言える．この期間の水温は16～24℃と比較的高温で，溶存態無機窒素濃度が200 μ g/L以上と高かったことが，小型ではなく大型の植物プランクトンに有利に作用していた可能性が高い．

一方，諏訪湖表水中のクロロフィル濃度は2024年5月初頭，8月中旬，11月上旬に3回極大が見られた．このうち5月初頭の極大時に，小型の植物プランクトンが約6割を占めていたことから，この極大には，培養実験で観察された春先の小型の植物プランクトンの増殖が反映されていたと考えられる．

P-38

ドローンと GIS 技術を活用した 西の湖におけるアオコ発生範囲の評価

*蔡吉（琵琶湖研セ，京大・生態研），
石川可奈子，酒井陽一郎（琵琶湖研セ），
松田直往（琵琶湖保全再生課）， 中野伸一（京大・生態研）

1. はじめに

琵琶湖最大の内湖である西の湖では、近年アオコの発生が頻発しており、地元の水道事業、水産業ならびに観光業等に悪影響を及ぼしている。これを受けて滋賀県は、アオコの発生抑制および水質改善を目的としたモニタリング調査や各種対策実験を実施してきた。

従来の調査方法では、目視によりアオコの発生状況を確認し、アオコ指標レベルを判定するとともに、発生面積を推定していた。しかし、目視による測定は観測者の主観に左右されやすく、定量性に欠けるという課題があった。そのため、現場でアオコ指標レベルを正確かつ効率的に把握するには、簡便で定量性の高い評価手法が求められている。近年では、スマートフォンなどで撮影した RGB 画像を特定の解析手法で処理し、目視結果と比較することでアオコ指標レベルを推定する手法が確立された（吉田ら 2018）。

一方、アオコ調査は湖岸道路からのパトロールが中心であり、樹木などによりアクセスが困難な沿岸部や、沖帯の状況を把握するには船を出す必要があるため、調査の実施は容易ではない。そこで本研究は、小型無人航空機（ドローン）を用いて航空写真を取得し、画像解析に基づいてアオコの指標レベルごとの分布と面積を把握することを試みた。

2. 材料と方法

2024 年 9 月 25 日、西の湖湾奥部にて、Mavic 3M（DJI 製）を用いて高度 350m から航空写真を撮影し、アオコの発生状況を調査した。取得した複数の写真は Metashape（Agisoft 社）で処理・統合され、地理情報を付加したオルソ画像として出力された。その後、オルソ画像を QGIS に読み込み、ラスター計算によって Green チャンネルと Blue チャ

ンネルの差（G-B 値）を求めた。最後に、先行研究の分類基準に従って、出力ラスターの値をアオコ指標レベルに分類し、其々の面積を計算した。

3. 結果と考察

今回の調査では、湾奥部ほぼ全域でレベル 4 以上のアオコが発生し、湖面全体が膜状のアオコに覆われている状態であることが確認された。さらに、レベル 5 以上のアオコが沿岸及び沖帯に分布し、その面積が約 13,000 m²に達した（図 1）。そのうち約 60%は、目視での確認が困難な沿岸部、沖帯や防波堤裏などの水域で発生しており、ドローンによる広域観測の有効性が示された。これにより、従来の調査手法ではアオコの発生状況を正確に評価できていなかった可能性が高いことも明らかになった。

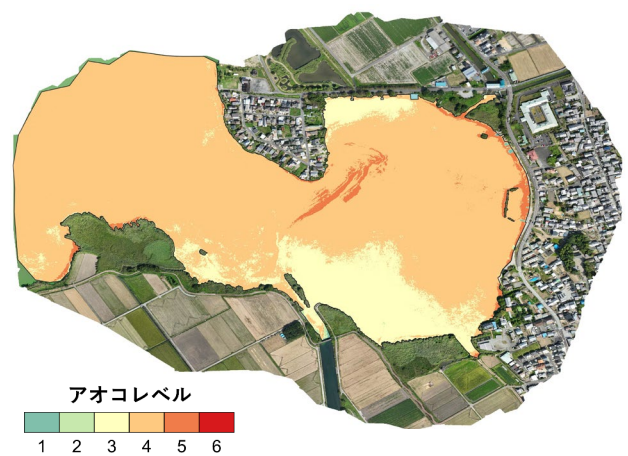


図 1： 西の湖湾奥部のアオコ発生状況

本研究は、ドローンと GIS 技術の活用が、広範囲にわたるアオコの発生状況を迅速かつ効率的に把握する有効な手法であることを示した。一方で、ドローンの飛行時間や飛行高度には制限があるため、西の湖全域など、より広域な調査を行うには、調査手法の改良や他の技術との統合が求められる。

P-39

北海道阿寒湖における季節的貧酸素の影響を受けた 栄養塩動態の近年の変化

*木塚俊和，五十嵐聖貴，三上英敏，山口高志，大屋祐太（道総研・エネ環地研）
長谷川祥樹（道総研・北総研）

1. はじめに

一般に、湖水の成層発達に伴う深水層の貧酸素化は、堆積物からの窒素やリンなどの栄養塩の溶出を助長し、湖水中の栄養塩循環や内部生産に影響を及ぼし得る。北海道東部に位置する阿寒湖は、観光や水産など地域産業を支える重要な湖であり、その水質保全策を検討する上で、深水層での蓄積を含む栄養塩の循環を解明することが重要である。しかし、行政による定期的な水質測定は表層水のみを対象としており、深水層における貧酸素化や栄養塩の蓄積の現状についての知見は不足している。そこで本研究では、温度成層に伴う阿寒湖深水層の貧酸素化と栄養塩蓄積の現状を明らかにするとともに、10年前の測定値との比較から近年の水質変化について明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

阿寒湖は面積 13.25 km²、最大水深 44.8 m の淡水湖で、湖水は春と秋に循環する二回循環湖である。その流域は国立公園に含まれ、流域全体の 9 割近くは森林である。かつて、観光客の増加とともに富栄養化が進んだが、1980 年代に流入負荷削減などの対策が行われた。現在、表層水の TN 及び TP 濃度はそれぞれ貧栄養及び中栄養レベルである。

2022-2024 年の 5 月から 11 月にかけて計 11 回の水質調査を行った。湖心（水深約 31 m）で、多項目水質計による水温、溶存酸素の鉛直プロファイルを測定した。さらに、表層水及び表層から 5 m ごとの深さの層、並びに底から 1 m 層の水を採水し、窒素とリンの形態別濃度を測定した。近年の水質変化を調べるため、同地点における 2012・2013 年の測定値と比較した。また、水質変化の要因を検討するため、阿寒湖畔アメダスにおける気温、降水量及び風速について、現在（2022-2024）と 10 年前（2012・2013）の観測値を比較した。さらに、公共用水域の水質測定結果を用いて、1980 年代から現在までの、

阿寒湖表層水の TN, TP 及び TN/TP 比の変化傾向を調べた。

3. 結果

7 月から 10 月頃にかけて温度成層の発達に伴い、深水層で貧酸素化し、10 月には概ね 20 m 以深はほぼ無酸素となっていた。貧酸素化とともに深水層の TN と TP 濃度が上昇し（主に DIN と PO₄-P の濃度上昇による）、それらの濃度は湖底に近いほど高かった。10 年前に比べ、近年は湖底付近の溶存酸素濃度の低下速度が大きく、無酸素期間が長い傾向が見られた。また、10 年前に比べ、近年は成層終期（10 月頃）における湖底付近の TN 濃度は同程度かやや低いのにに対し、TP 濃度は 1.5 倍程度高くなっていた。阿寒湖畔の気象観測値の比較から、10 年前に比べ、近年は冬（1-3 月）、春（4-6 月）及び夏（7-10 月）の気温が高い傾向が見られた。長期の水質変化傾向の解析から、阿寒湖表層水の TN と TP 濃度は 1980 年代から 2000 年代にかけて低下傾向にあったが、2000 年代中頃以降は概ね横ばいであった。また、TN/TP 比は夏を除いて低下傾向を示し、2000 年代中頃以降はレッドフィールド比（7.2）を下回っていた。

4. 考察

10 年前に比べ、近年は温度成層がより発達しやすく、湖底付近の無酸素期間の長期化を介してリンの蓄積量が増加していることが考えられる。阿寒湖では、深水層に蓄積した栄養塩が秋の湖水循環によって全層へ供給される。従って、深水層におけるリンの蓄積増加は、阿寒湖の内部生産に対する窒素制限の傾向を強めている可能性が考えられる。一般に、窒素制限下の湖沼では、窒素固定能を有するラン藻類が優占しやすいとされている。このことから、阿寒湖の水質保全において、今後はとくに成層の発達や湖底付近の無酸素期間、湖水のリン濃度などの変化を注視していくことが重要と考えられる。

P-40

気候変動による福島県内のダム湖の水質影響の検討のための時系列分析等の統計的手法を用いた水温の将来推計について

*蛭田真史（福島県環境創造センター）

1. はじめに

気候変動による気温や降雨などの変化によりダム湖の水質への影響が懸念され、本県のほぼ中央に位置する東山ダム(福島県会津若松市)では、夏季に植物プランクトンの繁殖による水道利水への影響が懸念されている。現況の東山ダムの水温、近傍のアメダス若松(東山ダムから北西約 6.7 km)の気温の観測値や温室効果ガスの排出シナリオごとのアメダス若松の気温の将来予測値から、時系列分析等の統計的手法を用いて東山ダムの水温の将来推計を行ったので報告する。

2. 方法

(1) 現況の観測値の時系列分析

現況の東山ダムの水温、近傍のアメダス若松の月平均気温の観測値（2001 年～2023 年の月間値（ただし、東山ダムの水温は1 月～3 月は欠測））を①長期変動、②季節変動、③不規則変動の3 種類の波形に分解した。

(2) 気温を変数とした水温の推計値の検討

気温の長期変動や季節変動を変数として東山ダムの水質の長期変動と季節変動を算出した。これから算出した長期変動と季節変動の水温の各月間値を合成した値が、各月の水温の観測値と近似するように一次回帰式で補正した。

(3) アメダス若松の気温の将来予測値から水温の将来予測値の算出

国立環境研究所が開発した、全球気候モデル MICRO6 による将来予測値を 1 km メッシュにスケールダウンした気候シナリオデータ「NIES2020」を用いて、温室効果ガスの排出シナリオ①SSP1_2.6、②SSP2_4.5、③SSP5_8.6) ごとくのアメダス若松の月平均気温の将来予測値を利用した。この月平均気温の変動を現況と同様に①長期変動、②季節変動、③不規則変動の3 種類の波形に分解し、(2) で検討した算出方法を用いて、東山ダムの水温の将来推計値を算出した。

3. 結果と考察

(1) 現況の観測値の時系列分析

現況の東山ダムの水温、近傍のアメダス若松の月平均気温の観測値を①長期変動、②季節変動、③不規則変動の3 種類の波形に分解した結果を図1 に示す。長期変動のトレンドは、東山ダムの水温が $0.053^{\circ}\text{C}/10$ 年、アメダス若松の気温が $0.66^{\circ}\text{C}/10$ 年であり、気温の上昇が大きい。季節変動は、東山ダムの水温とアメダス若松の気温が共に最大が8 月、最小が1 月で、

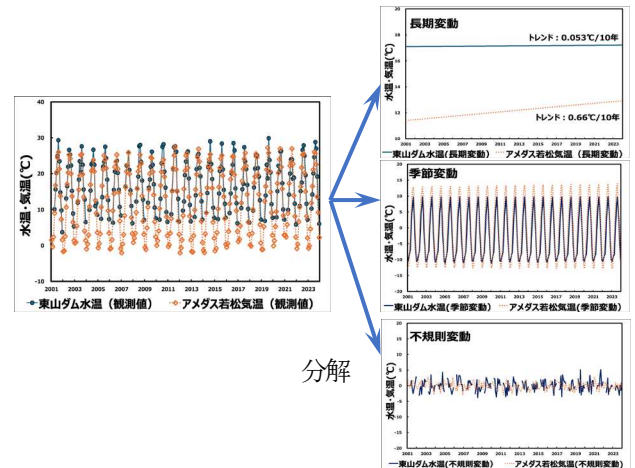


図1 時系列分析

季節変動の幅はアメダス若松の気温(25.8°C)の方が東山ダムの水温(20.4°C)より大きい。

(2) 気温を変数とした水温の推計値の検討

気温を変数として算出した水温の長期変動と季節変動の水温の各月間値を合成した値が、各月の水温の観測値と近似するように一次回帰式で補正した推計値と観測値は8 月と12 月で差が見られたが、他の月においてはほぼ一致していた。

(3) アメダス若松の気温の将来予測値から水温の将来推計値の算出

温室効果ガスの排出シナリオ③SSP5_8.6 におけるアメダス若松の将来予測の月平均気温の長期変動、現状の観測値の東山ダムの長期変動の延長、将来予測気温を変数とした2100 年までの東山ダムの水温の長期変動を図2 に示す。2100 年における東山ダムの水温は現状の長期変動の延長は 17.6°C で、温室効果ガスの排出シナリオ③SSP5_8.6 の将来予測気温を変数とした長期変動では 17.5°C であった。

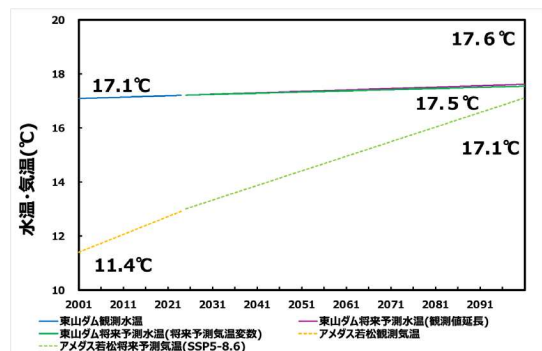


図2 2100 年までの長期変動

P-41

河北潟調整池における水質の季節変動
(2023 年 6 月から 2024 年 10 月)*永坂正夫 (金沢星稜大), 福原晴夫・奥川光治
(河北潟湖沼研究所), 高野典礼 (石川高専)

1. はじめに

石川県の加賀平野に位置する河北潟は、内灘砂丘の発達により形成された海跡湖である。1963 年に始まった国営干拓事業により湖面積の約 3/4 は干拓地となり、流出河川の大野川には防潮水門が設けられ、淡水の調整池（面積 4.2 km²）となった。干拓地での営農が始まった 1980 年代中頃から水質汚濁が進行し、流域の下水対策が完了した現在も調整池の環境基準（COD 湖沼 B 類型, TN・TP 湖沼 IV 類型）は達成できていない。

干拓以前の 1911-12 年には水産資源の把握を目的とした調査で湖水の比重が継続測定され（石川県, 1913）、1946-47 年夏季には塩分濃度とプランクトン相（益子, 1949）、1973-75 年にも塩素濃度が測定されている（川喜田・小林, 1976）。防潮水門の運用以降は、県による公共用水域の水質測定のほか、1983-86 年に調整池の複数地点での水質調査（石川県, 1983 ; 1986 ; 1987）、1992-93 年のプランクトンの季節推移が報告されたが（奥川ほか, 1994）、近年において生物相の記録を伴った定期観測は実施されていない。調整池の現況を把握し、自然再生に向けた基礎資料を得ることを目的に、2023 年 6 月から 2024 年 10 月まで、調整池において定期観測を実施した。

2. 材料と方法

調整池の湖心付近（St.1, 水深 2.9 m）と防潮水門付近（St.2, 水深 3.0 m）に定点を設け、2023 年 6 月から 2024 年 10 月（St.2 は 6 月）まで、月 1 回以上の頻度で定期観測を実施した。定点では水温・pH・EC（TOADKK 製 WM-22EP）、DO（YSI 製 Pro-Do）、光量子（Li-cor 製 SA193）、濁度（TOADKK 製 TB31）、セッキ透明度を計測し、表層（0.1 m）と下層（2.3 m）の採水をおこなった。また動物プランクトン（NXX25）、植物プランクトンと底生動物の採集を行った。

試水のクロロフィル a 量、懸濁物質質量（SS 量）とその強熱減量を測定し、冷凍保管した試水について比色により PO₄-P 量、NH₄-N 量、NO₂-N 量、

TP 量、全有機体炭素計により TN 量、TOC 量、イオンクロマト計により各種イオン量を測定した。

3. 結果と考察

湖心付近（St.1）と防潮水門付近（St.2）は類似した動態を示したことから、St.1 の表層 0.1 m について特徴的な結果を述べる。

観測期間中の SS 量は 2023 年 7 月の豪雨直後に高く、その後の夏季は低く、11 月から 3 月の冬季に高かった。期間中の SS 量は 21.8±12.2（平均±SD）mg l⁻¹、濁度は 18.5±14.8 NTU であり、両者は同じ傾向で推移した（ $r=0.954$ ）。セッキ透明度 70±15 cm も同じ傾向で推移した（ $r=0.844$ ）。

St.1 の表層 0.1m における EC は 2023 年 8 月から 10 月にかけて 26-33 mS m⁻¹ となり、11 月以降の冬季に 13-18 mS m⁻¹ に低下した。2024 年は 5 月から 9 月にかけて 21-51 mS m⁻¹ の高い値が続いた。

2023 年 8 月には *Microcystis* spp, *Anabaena* spp のブルームが発生し、St.1 の表層 0.1m におけるクロロフィル a 量は 99 μg l⁻¹ を記録した。2024 年 7 月にも 113 μg l⁻¹ を記録した。

St.1 の表層 0.1m における TP 量は 2023 年 7 月から 9 月にかけて 0.11-0.16 mg l⁻¹ となり、2024 年 6 月から 8 月にかけても高い値となり、クロロフィル a 量と類似した推移を示した。

4. 考察

干拓以前の河北潟の水質の動態は、集水域からの流入水量と遡上する海水量に強く影響され、夏季に塩分濃度が上昇することが報告されている

（石川県, 1913 ; 川喜田・小林, 1976）。防潮水門により淡水化された現在も、夏季に EC が上昇する傾向が見られたことは、何らかの海水の流入があることを示唆している。河北潟の濁度、セッキ透明度は SS 量に支配され、流入河川水の影響を強く受けていることが考えられる。

謝辞

石川県ボート協会には調査船使用を配慮頂いた。金沢星稜大学プロジェクト研究所の資金を使用した。関係各位に御礼申し上げます。

P-42

河北潟調整池における電気伝導度の変化とその要因

*高野 典礼 (石川高専), 永坂 正夫 (金沢星稷大学)
 福原 晴夫・奥川 光治 (河北潟湖沼研究所)

1. はじめに

河北潟は、石川県加賀平野に位置する海跡湖であり、内灘砂丘の発達によって形成された。かつては日本海とつながる潟湖であったが、1963年に始まった国営干拓事業により、湖面積の約4分の3が干拓地となった。唯一の流出河川である大野川には防潮水門が設置されて潟は淡水化され、現在では「調整池」として利用されている。

2021年の調査では、大野川貯木場の電気伝導度(EC)が高くなると、調整池内に隣接する蓮湖渚公園でも同様に高くなることがわかった。これは防潮水門の開閉や潮位の変化によって海水が潟内に流入することが原因と考えられている。

本研究は、防潮水門付近と湖心付近の定期観測から塩水の遡上を明らかにすることを目的として、2023年6月から2024年10月までの調査について報告する。

2. 材料と方法

調整池の湖心付近(St.1, 水深2.9 m)と防潮水門付近(St.2, 水深3.0 m)に定点を設け、2023年6月から2024年10月(St.2は6月)まで、月1回以上の頻度で定期観測を実施した。定点では水温・pH・EC(TOADKK製WM-22EP)、DO(YSI製Pro-Do)、光量子(Li-cor製SA193)、濁度(TOADKK製TB31)、セッキ透明度を計測し、表層(0.1 m)と下層(2.3 m)の採水をおこなった。また動物プランクトン(NXX25)、植物プランクト

ンと底生動物の採集を行った。

試水のクロロフィルa量、懸濁物質量(SS量)とその強熱減量を測定し、冷凍保管した試水について比色によりPO₄-P量、NH₄-N量、NO₂-N量、TP量、全有機体炭素計(SHIMAZU TOC-V)によりTN量、TOC量、イオンクロマト計(ThermoFisher Dionex Inuvion IC)により各種イオン量を測定した。また、湖心付近(St.3, 水深0.2 m, 0.3 m)にはロガー(HOBO製U24)を設置し、定期観測で採水できない期間のECと水温(WT)を計測した。

3. 結果

図1に2024年7月のSt.3における電気伝導度(EC)と水温(WT)の変化を示す。ECは0.2 mおよび2.0 mの深度で両者ともに複数回の急激な上昇を示している。WT(水温)は表層(0.2 m)と深層(2.0 m)で異なる動きを示すこともあったが、概ね一致していた。

4. 考察

本研究で夏季にECが突発的に上昇する傾向が見られ、また過去の防潮水門付近での調査でも季節的な潮位変動と強く関連しており、海水が湖心付近にまで及んでいる可能性が示唆された。

謝辞

石川県ボート協会には調査船使用を配慮頂いた。金沢星稷大学プロジェクト研究所の資金を使用した。関係各位に御礼申し上げます。

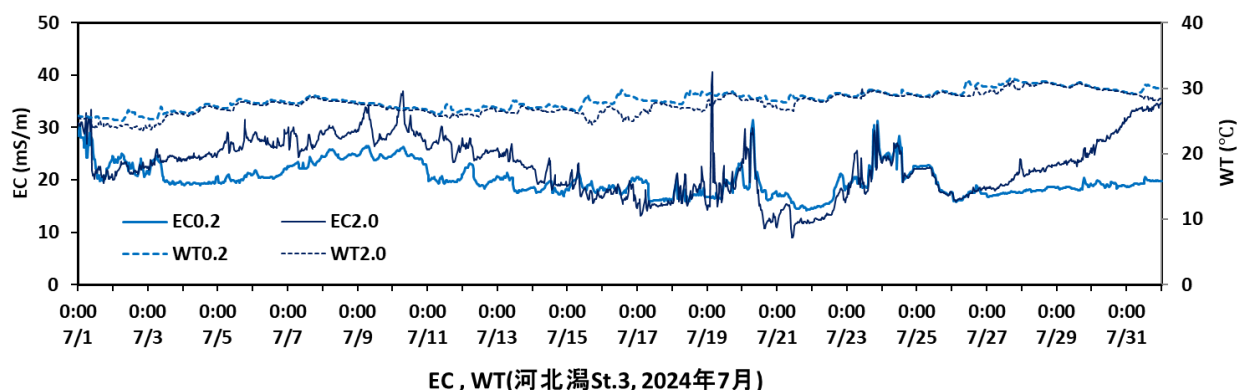


図1 St.3におけるECとWTの変化

札幌市平岡公園に造成された人工湿地における水質の変遷

P-43

*中谷暢丈（酪農学園大・農食環境）、今井健人（酪農学園大・農食環境）、矢部和夫（札幌市立大）

1. はじめに

札幌市清田区に位置する平岡公園では、石狩川流域に一般的に存在していた湿地環境の再生を目的として、1999 年秋より人工湿地および人工池の造成工事が始まり、2000 年度には湿性植物が植栽された。以降、これらの管理の基礎資料を得ることを目的に、2005 年度、2011 年度、2016 年度に水質・植物・動物に関する調査が実施されてきた。

本研究では、造成から 15 年以上が経過した人工湿地および池の現況について、2023 年度に実施した水環境調査の結果を報告するとともに、過去の調査結果と比較し、水環境の変遷について検討した。

2. 材料と方法

調査は、平岡公園内の人工湿地および人工池の岸辺に設置した塩化ビニル製水位観測管（直径 5 cm、長さ 50 cm）計 45 か所において、2023 年 7 月から 10 月にかけて計 4 回実施した。各地点で水位観測および採水を行い、さらに湿地の水源となる公園内の小川や流出先の公園外の河川も同様に調査した。採取した水試料の一部は、現地にて pH および電気伝導度（EC）を測定し、残りは 0.45 μm のシリンジフィルターでろ過後、研究室に持ち帰ってイオンクロマトグラフィーにより主要な陽イオンおよび陰イオン濃度を測定した。また、過去同様に行った調査データも収集し、比較検討を行った。

3. 結果

現況として、人工湿地周縁部では地表面水位がマイナスとなっており地下水の状態であったが、湿地内の木道沿いでは水位が地表面を上回り、冠水している箇所が確認された。特に 2023 年 9 月 14 日に三里川が氾濫し、河川水が湿地内に流入した後は、人工湿地の広範囲が冠水状態となった。標高水位で見ると湿地西側が高く、東側にかけて 2~3 cm の水位

差があったが、冠水時には水位差はほとんど認められなかった。常時冠水している箇所の pH は弱酸性、EC は低値を示していたが、洪水後には pH が中性、EC が高値となり、カルシウムイオン濃度の上昇が確認された。加えて、広場に面した区域ではナトリウムイオン濃度が高くなる傾向も見られた。

造成直後は地表面水位がほぼ平坦で湿地全体が冠水していたが、経年とともに周縁部から陸地化が進行した。水質の経年変化として、pH は中性から弱酸性へと緩やかに移行し、一定の範囲に収束する傾向を示した。EC も年々ばらつきが小さくなる一方で、全体としては上昇傾向が認められた。

4. 考察

造成以降、人工湿地内では土砂流入や植物遺骸の堆積により地表面が高くなり、相対的に水位は低下していた。また、湿地内の木道は光環境に影響を与えることで、植生の繁茂が抑制され、一部で常時冠水状態が維持されていた。pH は中性から弱酸性へと緩やかに推移しており、ミズゴケやモウセンゴケが生育する高層湿地のような環境に近づいていると考えられる。一方で、夏季に起こる三里川の増水イベントによって高濃度の塩類を含む水が流入し、湿地内の EC 値が徐々に上昇する傾向も見られた。これについては、三里川の河川改修により洪水時の逆流が抑制されることで改善が期待される。また、近年では湿地内におけるハンノキの急速な増加が確認されており、これに伴う下層植生の変化と水質に及ぼす影響について、継続的な観察と検討が必要である。

P-44

宍道湖全流入河川水中の鉄濃度

*菅原庄吾, 和田尚己, 吉村祐輝, 藤田香純, 佐藤詩織（島根大院・自然）
西村悠, 昌子大和, 岡崎楓（島根大・総理工）

1. はじめに

宍道湖西岸の平野部は、斐伊川の「川違い」による陸地形成以降、地盤が低く、古くから浸水被害が多発する地域であった。現在、宍道湖西岸域には、その内水氾濫対策のため、多数の排水機場が整備されている。排水機場の遊水池の水は茶色を呈しており、この水の色や斐伊川の特徴等を考え合わせると、茶色の原因は鉄だと考えられる

(Fig. 1)。遊水池の水は、宍道湖西岸の河川や宍道湖に直接排水されていることから、西岸域の河川や湖水は、少なからずこの排水の影響を受けている可能性がある。そこで本研究では、宍道湖西岸にある排水機場の遊水池、および宍道湖全流入河川を対象に調査を行い、鉄濃度の比較、検討をした。



Fig. 1 （左）排水機場の遊水池、（右）排水機場から宍道湖に排水される様子。

2. 材料と方法

調査は、2025年4月～7月にかけて月1回の頻度で行った。調査地点は菅井ら（2016）¹⁾を参考に決定し、自転車です道湖の北西岸～北岸と南西岸～南岸の2班に分かれて採水し、全ての試料水を6時間以内に行った（Fig. 2）。全鉄（T-Fe）は、予めHClを入れた遠沈管に試料水を加え、実験室に持ち帰った。その後、孔径1.0 μmのガラスろ紙（GS-25）でろ過し、NaOH溶液、アスコルビン酸溶液、酢酸-酢酸ナトリウム緩衝溶液、o-フェナントロリン溶液をそれぞれ加え、5分放置後510 nmにおける吸光度を測定した。溶存態（D-Fe）は予めHClを入れた遠沈管に、孔径1.0 μmのガラスろ紙でろ過したろ液を入れ、実験室に持ち帰った。その

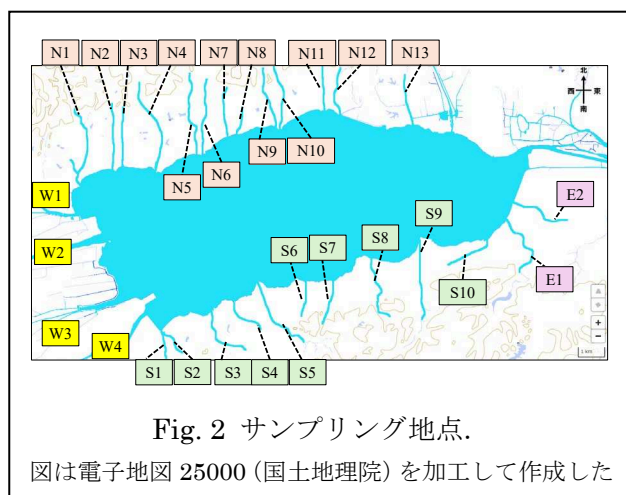


Fig. 2 サンプリング地点.

図は電子地図 25000（国土地理院）を加工して作成した

後、T-Feと同様の操作を行った。懸濁態鉄（P-Fe）は、T-Feの濃度からD-Feの濃度を引いて求めた。

3. 結果

宍道湖の最大流入河川である斐伊川のD-FeとP-Fe濃度は、それぞれ平均で0.4 mgFe L⁻¹および0.6 mgFe L⁻¹であった。北岸・南岸・東岸の溶存態鉄の濃度は、0.4~2.4 mgFe L⁻¹であり、その濃度は全鉄中の4割以上であった。排水機場遊水池の全鉄濃度は、最大で6.5 mgFe L⁻¹あった。

4. 考察

宍道湖の流入河川水中全鉄の濃度は、斐伊川河川水中の鉄濃度の0.8~2.4倍であった。これは、宍道湖周辺では稲作が行われており、4月～7月の時期は代掻き等の作業の影響を受けた可能性がある。排水機場の鉄濃度は、流入河川水中の鉄濃度よりも高かった。排水機場から排水のタイミングや排水量によっては、河川や宍道湖に大きな影響を与えることが予想される。今後も継続した調査が必要である。

- 1) 菅井隆吉, 溝山勇, 菅原庄吾, 清家泰（2016）：周辺部河川からの宍道湖への汚濁負荷流入特性。陸水学雑誌, 77巻（2）, 117-136.

P-45

旭川に生息するモンカゲロウ属(*Ephemera*)が排出する
DOC および蛍光性溶存有機物の特徴*杉山裕子¹, 北上陽大¹, 野島涼太², 齋藤達昭¹
¹岡山理科大学理学部, ²岡山理科大学理工学研究科

1. はじめに

河川は、陸起源物質を海洋に運搬する重要な経路であるとともに、物質循環を行う場でもある。つまり河川は単に物質を運ぶ水路ではなく、流下しながら、河畔や氾濫原、堆積物とのあいだで常に物質の変換をおこない、活発な物質循環の場として機能している。

河川生態系における有機物循環において、重要な役割を果たしているのが水生昆虫である。たとえばモンカゲロウ属は、岡山県の旭川に生息する主要な水生昆虫であるが、幼生の時期に河床に生息し、粒子状有機物(POM)を摂食する、収集食者といわれる摂食機能群に分類される。我々は、水生昆虫による POM 分解が特に上流部の河川水における有機物循環と河川水質を支配していると考え、水生昆虫飼育実験により POM 摂食と DOM 排出過程の解明を目指している。今回は岡山県旭川支川の河川水を用い、モンカゲロウ属の飼育実験を行った結果排出された溶存有機炭素(DOC)濃度変化と蛍光分析(3D-EEM)結果について発表する。

2. 材料と方法

サンプリング

サンプリングは 2024 年 9 月 6 日旭川支川(岡山県)の明連川 2 地点と湯船川 1 地点で行った。キックサンプリングを行ってトウヨウモンカゲロウとフタスジモンカゲロウの幼虫を採取した。河川水は、14 L を採取した。

トウヨウモンカゲロウ・フタスジモンカゲロウ)の超純水・河川水を用いた飼育実験を行った。超純水または河川水 1.5 L を入れたバットの中でトウヨウモンカゲロウまたはフタスジモンカゲロウ 6~8 匹を暗条件、10℃ で飼育し、日数 (0, 2, 4, 6, 8, 10 日) が経過するごとに 100 mL の試料水を取り出してろ過を行い、EEM 測定、DOC 測定を行った。EEM 測定には Aqualog (HORIBA)を使用した。励起波長は 250~550 nm (5 nm 間隔)、蛍光波長は 215~620 nm (3 nm 間隔)の範囲を設定した。DOC の測定は、全有機炭素分析装置 (TOC-V

CSH, SHIMADZU) を用いて行い、検量線はフタル酸水素カリウム標準溶液 0, 2, 4, 8 mgC/L を用いて作成し、測定は 3 回以上行った。

3. 結果と考察

モンカゲロウ属の飼育実験の結果、飼育日数が経過するにつれて DOC 濃度は増加した。飼育に用いた河川水の DOC 濃度は 0.41 mgC/L であったが、トウヨウモンカゲロウの河川水での飼育 2 日目の DOC 濃度は 0.64 mgC/L、10 日目の DOC 濃度は 1.11 mgC/L、フタスジモンカゲロウの河川水での飼育 2 日目の DOC 濃度は 0.73 mgC/L、10 日目の DOC 濃度は 3.83 mgC/L であった。両者共に実験開始時の河川水濃度の 2~9 倍の DOC 濃度の上昇がみられた。また、フタスジモンカゲロウがトウヨウモンカゲロウより高濃度で DOM を排出することが示された。

フタスジモンカゲロウの飼育実験における EEM スペクトルの経時変化を図 1 に示した。タンパク様蛍光ピーク P (Ex : Em= 275/330 nm)および腐植物質様ピーク H1 (EX : Em=350/440 nm), H2 (275/330 nm)が観測され、飼育日数が進むにつれて全てのピーク強度が増加した。飼育期間の 10 日間においてピーク波長の変化は見られなかった。モンカゲロウ属が河川水によく見られる蛍光物質を排出していることが明らかとなった。

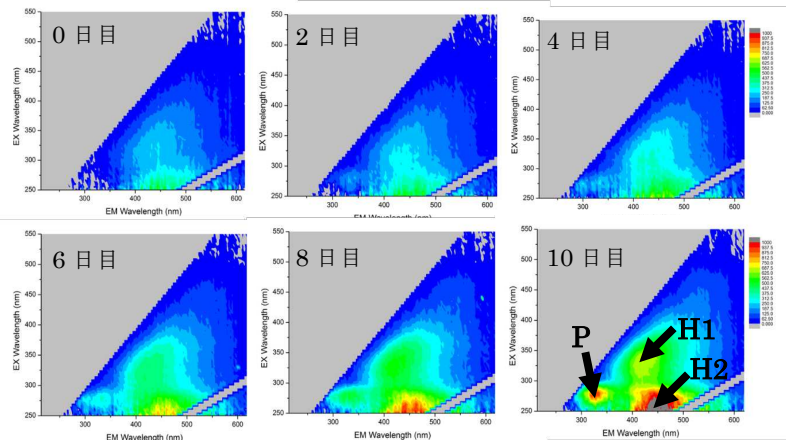


図 1. 河川水によるフタスジモンカゲロウ飼育実験試料の EEM スペクトル

P-46

三方五湖を通じた陸域から沿岸海域にかけての DOM 分布

*仲あいり（福井県立大・海洋）、片岡剛文（福井県立大・海洋）

1. はじめに

沿岸域には河川や湖沼を経て有機物や栄養塩が輸送される。特に溶存有機物（DOM）は細菌に利用される炭素源として、生態系内で重要な役割を果たしている。DOM は河川や湖沼を経由する過程で、微生物による利用や凝集および光分解などの作用を受けて量や組成が変化することが知られている。そのため、その分布を明らかにすることは、沿岸域の炭素循環を理解するうえで重要である。

福井県三方五湖は陸域から海域にかけて、はす川を主要な淡水源とする三方湖、汽水の水月湖と若狭湾と連結した久々子湖、および若狭湾とのみ連結した日向湖があり、流域に沿った DOM の分布を追跡するのに適している。これら 4 つの湖において、溶存有機炭素（DOC）に加えて、DOM の光学特性を把握するために有色溶存有機物（CDOM）および蛍光溶存有機物（FDOM）を測定し比較した。

2. 材料と方法

2024 年 9 月に三方湖と久々子湖は最大水深が 1m 前後のため、水深 0.5m で採水した。水月湖と日向湖は好気層、嫌気層、および境界層の 3 水深で採水した。多項目水質計を用いて、水温、塩分濃度、溶存酸素濃度およびクロロフィル a 蛍光を測定した。湖水を孔径 $0.2\mu\text{m}$ のヌクレポアポリカーボネートフィルターを用いてろ過し、無機栄養塩濃度、DOC 濃度、および有色溶存有機物（CDOM）の吸光度を測定した。そして蛍光光度計（RF-6000, 島津製作所）を使用して三次元励起蛍光分析を行った。励起波長 250nm~450nm、蛍光波長 300~500nm の範囲で測定した。また、12 月に日向湖湖心において表層から湖底直上にかけて 8 水深で採水し同様の測定を実施した。加えて、2025 年 4 月は DOC 濃度を測定した。

3. 結果

CDOM 濃度は三方湖（淡水）で最も高く、水月湖（汽水）、久々子湖および日向湖（海水）に向けて低い値を示した（図 1）。DOC 濃度は水月湖で最も高く、次

に三方湖が続いた。水月湖の水深 20m は、DOC と CDOM 濃度ともに顕著に高い値を示した。FDOM は、励起波長 320 nm、蛍光波長 400 nm 付近で強い蛍光ピークが検出され、三方湖で特に蛍光強度が高かった。日向湖の湖底付近では、タンパク質様蛍光と考えられるピークが強く検出された。4 月は、すべての湖で DOC 濃度が 1~1.5mg/L と低かった。

4. 考察

淡水から海水にかけての CDOM 濃度の減少は、はす川から流入する陸域起源の CDOM が、希釈されながら沿岸域へ輸送されていることを示唆している。特に水月湖の水深 20m 付近で CDOM 濃度が高いことから、CDOM の貯留に加え湖内での DOM 変換などによる CDOM の生成や蓄積などの可能性もある。日向湖の湖底付近で観測された強いタンパク質様蛍光は、堆積物からの溶出や嫌気性細菌の代謝による産生が考えられる。また、4 月の DOC 濃度に湖間で顕著な差がないことから、DOM の濃度や組成は季節変動をする可能性がある。このような流域内における季節ごとの DOM 分布をより詳細に調査し、微生物による DOM 分解過程の特徴を明らかにすることで、DOM 動態の理解を深め、沿岸域の炭素循環の把握に貢献できると期待される。

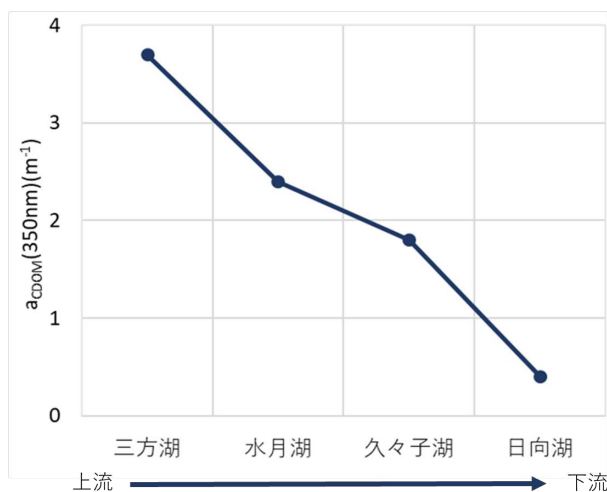


図 1. 波長 350nm における CDOM 光吸収係数

P-47

諏訪湖から湧出するメタンが表層生態系に与える影響： 放射性炭素アイソスケープ解析

*浦井暖史，岩田拓記，宮原裕一，朴虎東（信州大・理），
宮入陽介，横山裕典（東大），高野淑識，松井洋平，大河内直彦（JAMSTEC）

糸魚川静岡構造線（ISTL）と中央構造線（MTL）の交点に位置する諏訪湖は，ユーラシアプレートと北アメリカプレート境界のプルアパート堆積盆というユニークな地質学的特徴を持つ，日本でも代表的な断層湖である．諏訪湖は湖面積の約 40 倍の集水域（512km²）と 31 の流入河川を持つため，堆積速度が非常に速く（～1cm/yr），諏訪湖の堆積層は 370m 以上とされている．この堆積層の深部には膨大なメタンガスが埋蔵されており，諏訪湖内の複数箇所です活発なメタン湧出を定常的に確認することができる．諏訪湖の厳冬期には全面結氷が起こるが，この活発なガスの湧出地点は凍らない「釜穴（かまあな）」として知られる．湧出ガスの主要成分はメタン（90.1%）であり，その他には二酸化炭素（7.0%）や窒素（0.5%）が含まれている．メタンの炭素同位体比（ $\delta^{13}\text{C} = -65.6\text{‰}$ ）やメタン/エタン比（ 2.2×10^4 ）から，湧出ガスに含まれるメタンは微生物起源と推定される．放射性炭素を分析した結果，メタンや二酸化炭素は ^{14}C -dead を示し（ $\Delta^{14}\text{C}_{\text{CH}_4} = -989.8 \pm 0.3 \text{‰}$ ， $\Delta^{14}\text{C}_{\text{CO}_2} = -951.2 \pm 1.0 \text{‰}$ ），大気と隔離された深部地下圏由来であることが分かっている．また，湧出サイト周辺で採水した表層湖水の溶存無機炭素（DIC）の値は $\Delta^{14}\text{C}_{\text{DIC}} = -630.6 \pm 1.7\text{‰}$ であり，深部由来の炭素が無機化および溶存を経て，湖水に取り込まれている様子が明らかになった（Urai et al. 2022 ACS Earth Space Chem）．

本発表では，湧出ガスに由来する深部炭素の影響について，湖水系全体の放射性炭素アイソスケープ解析を行ったので報告する．表層湖水および河川水を計 12 か所で採水し，既報（Yokoyama et al. 2019 NIM-B）の通りに分析した結果，放射性炭素の値は $\Delta^{14}\text{C}_{\text{DIC}} = -459.7 \sim -97.0 \text{‰}$ であり，唯一の流出河川である天竜川では $\Delta^{14}\text{C}_{\text{DIC}} = -127.3 \text{‰}$ であった．また，主要流入 4 河川（上川，宮川，砥川，横河川）の DIC の値は $\Delta^{14}\text{C}_{\text{DIC}} = -91.8 \sim -60.8 \text{‰}$ であったため，この差分は湧出ガスに含まれる深部炭素の影響と推測される．諏訪湖全体をみると，諏訪湖南部の値は北部よりも ^{14}C -depleted の傾向がある．これは諏訪湖北部に比べ，南部の方が深部炭素の湧出フラックスが大きい可能性が考えられる．放射性炭素アイソスケープと比較するために，その空間的な赤外線イメージマップを作製した．

次に，水圏の基礎生産者（Urai et al. 2021 PEPS）を起点とする生態系全体に目を向けると，諏訪湖に生息するワカサギ（ $\Delta^{14}\text{C} = -97.9 \sim -89.0\text{‰}$ ）やオオクチバス（ $\Delta^{14}\text{C} = -97.7 \sim -82.0\text{‰}$ ）は湖水 DIC と河川水 DIC の中間の値となった．この結果から，ワカサギやオオクチバスは，湖内生産された餌資源以外にも，陸域や河川由来の餌資源を捕食していることが強く示唆された．本研究は，JAMSTEC と信州大学との共同研究による成果の一部である．

P-48

西の湖における溶存 CO_2 ・ CH_4 濃度と渦相関法を用いた
 CO_2 ・ CH_4 放出量推定

*尾坂兼一（滋賀県大・環境）、坂部綾香（京大・農）、
徳井勇斗、大林和暉、永田鈴奈、後藤直成（滋賀県大・環境）、
伊藤雅之（京大・生存研）

1. はじめに

メタン(CH_4)は二酸化炭素(CO_2)と共に重要な温室効果ガスであることが知られている。 CH_4 は嫌気条件の堆積物中などで生成され、好気的な水中では酸化消費される。湿地は地球規模の CH_4 排出源の中でも重要と考えられているが、湿地からの CH_4 放出プロセスは①水中の溶存 CH_4 の放出、②湖底堆積物中の CH_4 バブルの放出、③湖底堆積物中 CH_4 の植物体内を通じた放出など複数の経路が報告されており (Bastviken et al., 2004)、湿地全体からの CH_4 放出量推定は容易ではなく、十分にデータの蓄積があるとは言えない。

湿地全体からの CH_4 放出量推定は、鉛直風速と気体濃度の共分散から輸送量を見積もる渦相関法で測定が可能である。本研究では琵琶湖周辺の”内湖”と呼ばれる湿地の一つである西の湖において渦相関法を用いて湿地からの CH_4 放出量の測定を行なったのでその結果について報告する。

2. 材料と方法

本研究では滋賀県近江八幡市に位置する西の湖(面積: 285 ha, 平均水深: 約 1.5 m, 滞留時間: 約 19 日, 滋賀県)の河畔の湖上に、超音波風速計(CSAT3B, CAMPBELL SCIENTIFIC Inc)、オープンパス型 CH_4 計(LI-7700, LI-COR)、オープンパス型 CO_2 計(LI7500, LI-COR)を設置し、渦相関法により CH_4 、 CO_2 放出量推定を行った。気温、風速、気圧などの気象要素の測定も同時に行った。

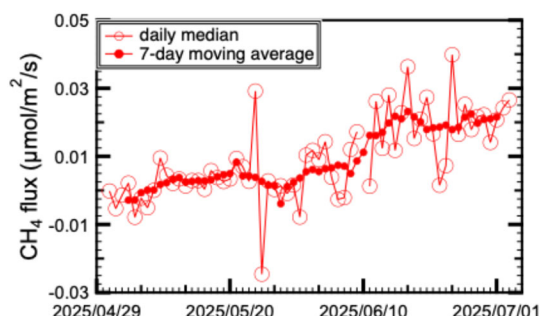
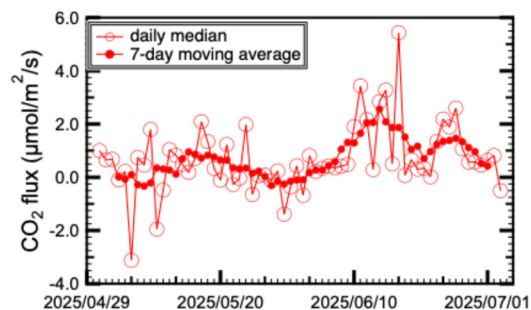
これらの気象計を設置した観測地点の湖水中に水温計付き DO 計(OPTOD, AQUALABO)、クロロフィル濁度計(ACLW-USB, JFE Advantech Co., Ltd)、水位計(SimpleLog-MIZU, Field Pro)を用いて水文水質観測も同時に行った。

3. 結果と考察

西の湖からの CH_4 放出量、 CO_2 放出量の日中央値の時間変動を図 1、2 に示す。西の湖からの CH_4 放出量について、5 月は顕著な吸収、放出も見られなかったが、6 月に入ってから放出量が増加した。

湖水深層の 5、6 月の平均 DO 濃度はそれぞれ 6.1、6.9 mg/L であり、 CH_4 放出量が大きかった 6 月の方が湖水の DO は平均して高かった。一方、平均水温は 19.7、24.1℃であった。日射増加に伴う植物プランクトンによる光合成活性の増加により湖水中には 6 月の方が酸化的であるものの、水温の上昇による微生物活性の活発化により堆積物中は 6 月の方が嫌气的であった可能性がある。また、少雨、琵琶湖の水位管理により 5 月から 6 月にかけて西の湖の水位は 50cm 程度低下しており、水圧の低下により 6 月は湖底堆積物中の CH_4 がバブルとして大気中へ放出されやすかった可能性も考えられる。

CO_2 放出量も 5 月は顕著な吸収、放出も見られず、6 月に入ってから放出量が増加したが、 CH_4 放出量とは異なり、6 月中旬から減少に転じた。この減少は日射増加に伴う植物プランクトンによる光合成活性の増加の影響である可能性が考えられる。

図 1. 西の湖からの CH_4 放出量の暫定値図 2. 西の湖からの CO_2 放出量の暫定値

Bastviken et al., 2004, GBC, GB4009; 滋賀県,
<https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/kankyoshizen/biwaiko/329126.html>

P-49

長期観測データが示す亜熱帯湖のメタン濃度の変動要因

*伊藤雅之 (京都大), 小林由紀 (山口大), 福井学 (北海道大),
尾坂兼一 (滋賀県立大), 奥田昇 (神戸大), Shiah FK (中央研究院)

1. はじめに

湖沼は重要な大気へのメタン放出源と考えられている。しかし、全球の湖沼からの放出量の推定値($159 \text{ Tg CH}_4 \text{ yr}^{-1}$)はその時空間的変動の大きさから未だ不確実なものとなっている(Saunois et al., 2020)。推定に用いられる多くのデータは温帯や寒帯のものであり、高温条件でメタン生成が活発と予測される低緯度域の観測データが十分に反映されていない。本発表では、台湾の亜熱帯ダム湖で2004年から20年間にわたり連続観測された気象および湖水の物理化学パラメータに関するデータから、長期間の水温変動やそれに伴う酸化還元環境の変化について検討した。また、10年近くに及ぶ水柱の溶存メタン濃度データから、その変動要因を明らかにし、未解明な部分の多い低緯度湖沼のメタン動態を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

台湾の新北市に位置するダム湖 (翡翠水湖; Fei-Tsui Reservoir: 以下FTR; 採水地点の最大深度約100 m; 24.5°N , 121.3°E)で観測を行った。年平均気温・年降水量は各 21.7°C , 3735 mm (2004-23)である。深度別の湖水試料を Go-Flo ボトル (General Oceanics, USA)を用いて採水した。2004年から1~2週間に1度の間隔で主要な溶存イオン濃度の測定 (イオンクロマトグラフィー他)、水温・溶存酸素濃度 (DO) 等のデータを台湾中央研究院の研究チームと採取した。2012年からは、各深度の水試料でガラスバイアル(20-30ml: 溶存メタン濃度)に採取し、FID 検出器付ガスクロマトグラフを用いてメタン濃度を測定した(ヘッドスペース法)。2012~13年にかけては2週間ごと、以降は3か月ごとに観測した。比較対象地としてフィリピンのマニラ近郊の火山湖やびわ湖でも観測を行った。

3. 結果

20年間にわたる観測データから、夏期(7~9月)の表層 (0m; $0.06^\circ \text{C yr}^{-1}$, $p < 0.005$)、鉛直混合直前の成層期 (11~12月)の表層及び底層などで、大型台

風による攪乱のあった年を除いて経年的に水温が上昇した。夏期の表層~底層の DO は経年的に低下した。溶存メタン濃度の平均は表層 $0.03 \mu\text{mol L}^{-1}$ (range 0~0.17), 深底層 $72 \mu\text{mol L}^{-1}$ (range 0~342)だった。FTR では冬期 (1-2月)に部分的もしくは最深部まで完全に湖水が鉛直混合することが報告されているが、冬期混合の直前に底層の濃度が増加する年と増加しない年があった。底層メタン濃度は熱帯域のフィリピンの火山湖の深底層の平均溶存メタン濃度 Yambo ($421 \mu\text{mol L}^{-1}$), Pandin ($1121 \mu\text{mol L}^{-1}$), Calibato ($943 \mu\text{mol L}^{-1}$, Mendoza-Pascual et al., 2021)と比べ低く、びわ湖の深底層の濃度 ($0.02 \mu\text{mol L}^{-1}$)と比べ高かった。

4. 考察

台湾 FTR における長期観測データから、表層水温などの経年的な上昇に伴う湖水の DO 低下が観測された。Itoh et al. (2015)の同湖における2年間の観測から示した「前年冬の鉛直混合の強度が翌夏の成層期の底層の還元環境を規定し、その結果メタン生成や蓄積にも影響する」という現象が長期データからも支持された。冬期の表層水温が高いと鉛直混合が弱まり、底層に貧酸素塊が残るため、翌夏の底層の還元環境が発達したことが複数年で観測された。強還元環境下で堆積物中のメタン生成菌の働きが活発になり、メタンが高濃度で蓄積することが示された。このことは、温暖化に伴い暖冬年が増え、鉛直混合が弱まることで亜熱帯湖の深底部のメタン生成や蓄積が増加し、熱帯の湖のように高濃度のメタンを蓄積する機会が増加する可能性を示している。他方、強い台風などの攪乱による鉛直混合の影響は数か月に及ぶことも示された。フィリピン熱帯湖は深底層の水温が台湾より高いことに加え、鉛直混合による表層 DO の深部への供給が起こりにくいことから底層に高濃度のメタンが蓄積されたと考えられた。熱帯湖の30m以深では強風や降雨によっても混合しか起こらないことが多くより高濃度のメタンが蓄積すると考えられた。

P-50

地表水—地下水交換フラックス から読み解く狩野川流域の水の動き

*森康二（株・ブルーアースセキュリティ）、村井展子（同）、
クー・ウェイ・ハン（同）、知花武佳（政策研究大学院大学）、
五三裕太（九州大・比文）、徳岡徹（静岡大・理）、塚越哲（同）、
加藤憲二（同）

1. はじめに

狩野川流域を対象とし河川流況の変化に対する生態系応答を明らかにしていくための統合型流域モデルを開発した。狩野川には昭和40年に河口から約17.8km地点に洪水を江浦湾に注ぐ放水路が建設され、下流域に対する氾濫抑制機能を果たしている。著者らは、この狩野川放水路が出水時の流況に与える影響や推定される生態系の応答、さらに平常時と出水時の違い等を検討するため、地表水—地下水交換フラックス（Hyporheic Exchange Flux, HEF）に着目した3次元統合型流域モデリングを進めてきた。

本研究では対象領域と空間解像度の異なる2つのモデルを構築した。一つは狩野川流域の全体をカバーする流域スケールモデル、もう一つは狩野川放水路の付近を詳細にモデル化した河道スケールモデルである。

2. 材料と方法

シミュレーションにはカナダAquanty社製シミュレータHydroGeoSphereを用いた。流域スケールモデルでは、源流域から河口までの狩野川の集水域構造を可視化するとともに、詳細な河道スケールモデルで推定されたHEFに基づき、これを流域全体へ拡張する手法（アップスケーリング手法）を検討した。

河道スケールモデルでは、狩野川放水路の有無による洪水時の流況変化やHEFの詳細な時空間分布を解析した。いずれのモデルも、河道沿いにメッシュ分割を細密にし、おおよその要素サイズは河道、狩野川流域スケールのそれぞれで7.5～10m, 50～400mである。

3. 結果

1. 河道スケールモデルおよび流域スケールモデルは観測値との再現性から、平常時、洪水時の流況変化を復元したことが確認された。
2. 2019年台風19号時には、放水路が過剰な水量を分派させる役割を果たす様子を示し、下流域での流速変化が河畔生態系に影響を与える可能性を示唆した。
3. 豪雨時には河川、森林が一時的な貯留域として機能し、洪水後も地下涵養が継続され、地表水・地下水交換、地下水位、水飽和度の変化が流域の水収支と生態系に影響を与えている可能性を示唆した。
4. 河畔林植生の中からメダケ群落の生育分布に着目し、特に河道湾曲部での河川流況との関連性を考察した。実際に観測されたメダケ群落は、堆積物が定着しやすい湾曲部外側で形成する傾向がある。モデルの湾曲部で、かつ流速が大きい箇所は、観測メダケの形成箇所と概ね一致する。

4. 考察

採用した手法は、河道断面を正確にモデル化することが難しい広域スケール特有の問題点（例えば、河川水位の再現性が乏しい、河川水位とHyporheic Zoneの地下水位の差が過大に評価され易い等）に対処するものである。本研究で構築した流域スケールモデルは、平常時と豪雨時の流域水収支を定量し可視化すると共に、流域を構成する河道、水田、森林、地層等の様々な要素に着目し、特に豪雨時の洪水体積変化の応答解析、近年の極端気象に対する狩野川流域に固有の水の動きの解明へ貢献すると考えられる。

P-51

第四紀火山岩分布域で観測される地下水温の長期傾向

*鈴木啓明（道総研），森下 匠（水産研究・教育機構）
外山義典（水産研究・教育機構），卜部浩一（道総研）

1. はじめに

気温の上昇に対する地下水温の応答に関して、わが国における科学的知見は不足している。第四紀火山岩分布域に立地するさけます孵化場では、湧水（地下水）が稚魚飼育等に用いられ、長期的な水温が観測されている場合がある。この水温の傾向を把握し、その間の気温の変化に対する水温変化を把握できれば、水温の将来予測に活かせると考えた。そこで発表者らは、北海道内におけるさけます孵化場で観測された地下水温の長期傾向を把握することを目的に、これらのデータを収集し、長期変化の解析を行った。

2. 対象地点と解析手法

対象地点は北海道東部における水産研究・教育機構 水産資源研究所 虹別さけます事業所（標茶町虹別）、斜里さけます事業所（清里）、北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場 道東センター（中標津）である。各地点周辺では、完新世または後期更新世の火砕流堆積物が厚く分布する。各地点で採取される地下水の水温は年間を通して比較的安定しており、火砕流堆積物中を浸透する際に水温の変動が抑えられると推察される。

水温の変化と比較検証するための気温データについては、それぞれの観測地点の直近にある気象庁アメダスの観測データを使用した。水温及び気温の変化傾向の取り扱いについては、各年の年平均値を計算した後、線形回帰で変化傾向を求め、その統計的有意性をt検定で判定した。99%以上、95%以上および90%以上について判定し、それに満たない場合には有意性なしとして扱った。

3. 結果と考察

観測された変化傾向を図に示す。虹別では1986～2008年の直近のアメダスの気温変化が $+0.023$ K/yrであったのに対し、地下水温の変化はその約6割の $+0.013$ K/yrであった。一方、清里では直近のアメダスの気温変化は $+0.041$ K/yrであったの対

し、地下水温の変化はほぼ認められなかった。中標津では2004～2016年に 0.076 K/yrの地下水温の低下傾向が認められ、1995～2003年頃に気温が一時的に低下した影響を受けたこと、あるいは何らかの局地的な低下要因があったと考えられた。

このように、地下水温の気温に対する応答は、地点により、気温を追従するような変化を示す場合とそうではない場合の両方が認められた。今後、地下水温の気温に対する長期傾向に関する理解を深めるため、より多くの事例を対象に、地下水温のモデリングと観測を比較するなど、検証を進める必要がある。

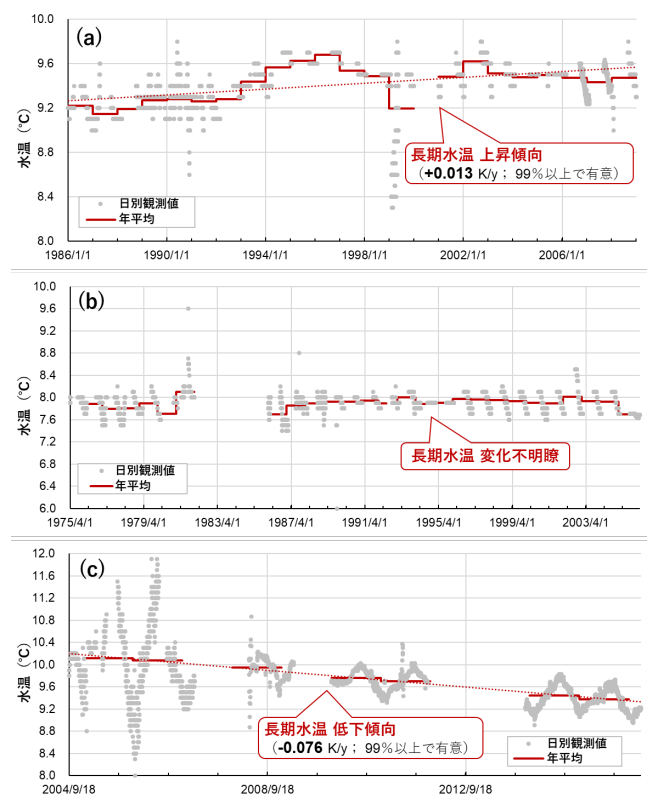


図 (a) 虹別・(b) 清里・(c) 中標津の地下水温変化

謝辞 水産研究・教育機構 平間美信様、佐藤恵久雄様、高橋昌也様には、過去の水温観測データの収集・ご提供にご協力を賜りました。記してお礼申し上げます。

P-52

火山性大深湖の鉛直循環に関する研究：秋田県田沢湖

*知北和久（北大・北極セ），網田和宏（秋田大・理工）
大八木英夫（南山大・総合政策）

1. はじめに

日本最深の湖である秋田県・田沢湖（図 1）は、1940 年に東部のカルデラ外壁を流れる酸性(pH～3.8)の玉川を、図 1 の導水路 A を通して導入したことにより pH～4.5 の酸性湖となった。現在は、pH=5～6 で推移している。また、年間の表層湖水温の最低値は約 4℃であり、年に一回全層循環する亜熱帯湖と言われている。ここでは、2020 年に開始した水文気象と水温・電導度の連続測定を基に、同湖の全層循環の実態について議論する。

2. 方法

(1) 観測方法

湖の最深点 MD（図 1）に、水温ロガー8～9 台、を水深方向に係留設置し、1 時間間隔で年間の水温変動を調べた。同時に、L 地点に水圧ロガーと水温・電導度ロガー、M 地点に気象ステーションを設置し、それぞれ水位・0.1m 深水温・0.1m 深電導度と気象の 1 時間データを得た。期間は、2018～2024 年の 6 年間である。他方、流入河川の玉川と先達川の水温・電導度をそれぞれ T, S 地点で連続測定した。これらのモニタリング中に、年 2 回、水位測量と MD 点でのプロファイラー観測を行い、後者では水温・電導度・DO・クロロフィル濃度の鉛直分布を 10cm 深ピッチで求めた。

(2) 気温データセット

秋田県全体の温暖化傾向を調べるため、秋田県と周辺の計 36 のアメダス地点から 1977～2023 年間の気温データをダウンロードし、空間分布解析を行った。

3. 結果と考察

図 2 に、最深点における 70 m 以深での水温変化を示す。この期間では、2021 年、2022 年、2023 年の 2 月に、0.1m 深が 4℃以下になる時期があった。しかし、全層循環が確認されたのは 2021 年のみで、他の年は上層の下降が不十分で湖底水温は上昇を続けた。2012 年が湖底まで下降できた要因として、

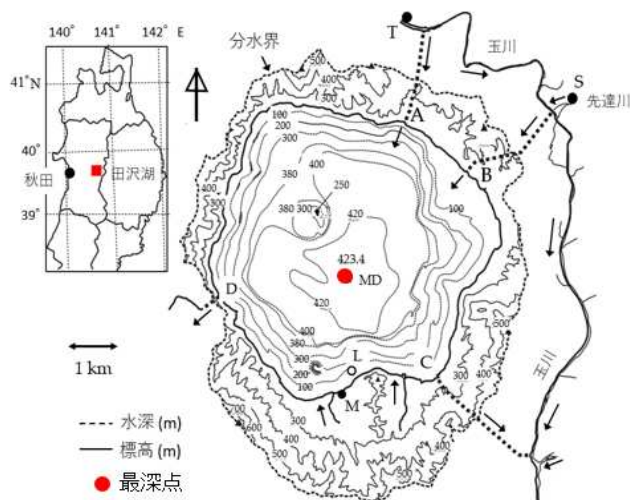


図 1. 秋田県田沢湖の位置と観測点の位置。湖周辺の太い点線は分水界（カルデラ・リム）。MD: 最深点, L: 水位観測点, M: 気象観測点. T: 玉川観測点, S: 先達川観測点。

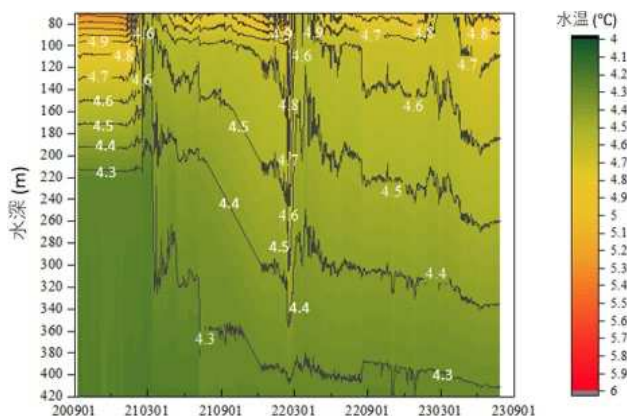


図 2. MD 地点における 2020 年 9 月～2023 年 7 月における 70 m 以深での日平均水温変動。

0.1m 水温が 4℃以下になった同期間に風速 2 m/s 以上の強風が継続的に起こり、湖内で条件付き不安定が発生したことが上げられる。田沢湖の南東 6.6 km にあるアメダス仙北地点の気温データでは、現在の 1～2 月気温上昇率は 0.028℃/年（信頼水準 98.7%）である。このため、田沢湖は、近い将来、常に meromictic な状態になる可能性が高い。

<謝辞>本研究の一部は、2024-2025 年度東大地震研・公募研究 2024-KOBO08（代表：網田和宏）に依った。

P-53

琵琶湖と集水域におけるマイクロプラスチックの分布と挙動

守屋優作, 大平真未佳, 大畠由紀, *丸尾雅啓 (滋賀県大・環境科学)

1. はじめに

マイクロプラスチック(以下 MP s)、ナノプラスチックは生態系、生体そのものにも悪影響を及ぼす懸念があり、人体への蓄積も問題となっている。水域では海洋を中心に研究が急速に進んでいる。琵琶湖では2020年に滋賀県による MPs 調査、田中ら(2020)による調査が行われている。滋賀県の河辺林には多くの不法投棄ごみがみられるが、彦根近辺の琵琶湖岸や周辺河川(芹川や宇曾川)における MPs の現状など詳細な調査は未実施である。このため、琵琶湖北湖の沖合や湖岸、周辺の流入河川における MPs について、調査対象とされていなかった微小な MPs の現状を調査し、今後の琵琶湖環境を保全していくための対策を検討した。今回対象としたのは、MPs のうち幅 0.1mm のふるいに捕集されたものであり、最大でも長径 0.3mm ほどである。

2. 材料と方法

2021 年 12 月調査船“はっさかⅡ”を用い、琵琶湖北湖第一湖盆 T1、犬上川河口付近、両者の中間点、の 3 か所、また流入河川(芹川、宇曾川)で試料採取を行った。水試料をそれぞれ 90L(琵琶湖内)、5L(河川河口)ずつ採取し、0.1mm 径のテフロンメッシュで試料を濾して残存した MPs と思われる固形物を計数した。湖内採水深度は 0.5m、T1 のみ水深 2.5m、5.0m でも採取した。分析には実体顕微鏡を使用し、MPs の可能性がある粒子を撮影し、色、形状、長径(μ m)を記録した。芹川河口試料はナイルレッドで染色し、蛍光顕微鏡で観察した。励起波長域は 330-385nm と 400-440nm であった。流入河川については、2022 年春期と秋期に中流域、下流域で試料採取を実施、同様に MPs を計数した。琵琶湖試料は T1 地点よりやや北東の地点で 2024 年 12 月、2025 年 1 月に深度 70m までの 6 深度で試料採取を行ったのち、環境省の指針に従い過酸化水素処理を施した資料を検鏡し、粒子をその形状により分類、計数した。

3. 結果

2021 年の琵琶湖内 3 地点と河川河口 2 地点を比較すると、単位体積当たりの MPs は河川河口試料の方が多かった。琵琶湖内 3 地点では沖から岸に近づくほど、MP s が多く見られた。また、琵琶湖北湖 T1 では、水深が浅い方で個数が多かった。色の比率および形状の比率を見ると、青い繊維状と白および透明な破片状の粒子が多く見られた。2024 年度の調査では、単位体積当たりの個数は同程度であったが、深度の浅いものの方がやや数が多い傾向を示した。河川試料については 2021 年、2022 年ともに同程度の個数が観察され、琵琶湖と比較すると一桁多くなった。

4. 考察

琵琶湖内試料よりも河川河口試料で MPs が多く見られたことから、河川が MPs の主要な流出源になっている可能性が高い。今回計数された琵琶湖採取試料 MPs の大部分は、ナイルレッドに染色されること、また形状からポリエチレン、ポリプロピレンであると考えられる。PET やアクリル、ポリカーボネートなどは高密度であり、琵琶湖では沈降して水中から除去されている可能性も考えられるので、河川と琵琶湖水中の組成の差異について、今後詳細に調査する必要がある。特に河川水中に存在する MPs の組成や個数については、気象の影響、人間活動の影響を考慮する必要があるので、季節別あるいは気象の影響を受けているときと平水時の違いなども今後比較することで、琵琶湖への河川水の影響がより明確になると考えられる。

参考文献：田中周平他：琵琶湖およびその流域におけるマイクロプラスチック汚染の現況. 地球環境 25 (1-2) 15-21 (2020).

淀川におけるマイクロプラスチック分布

*相子伸之，近藤美麻（大阪環農水研）
田中周平（京大院・地環）

1. はじめに

大阪府を流れる淀川は、約 100 種の淡水魚の生息が確認されている全国有数の淡水魚類相の豊かな河川である。特に淀川の沿岸には、「ワンド」と呼ばれる独特の入江構造があり、このワンドに由来する複雑な構造は、多くの水生生物に好適なすみかを提供している。一方で、発表者らのこれまでの調査では淀川本流のみならずワンドの底質からも比較的高い密度でマイクロプラスチック（以下、MPs）を検出し、二枚貝などの体内からも検出されるなど生物への影響が懸念された。しかし、淀川の下流は流速が遅く、MPs 測定ガイドライン法に記載される水流による通水法では十分な試料が採取できない。そこで止水で実施可能な曳網法による調査を行い、上流から下流にかけて MPs の密度変化を調べることができた。加えて、ワンド水中でも曳網法による調査し、淀川の MPs 分布状況が明らかになってきたのでまとめて報告する。

2. 材料と方法

水中の MPs については、淀川の本流 3 地点、およびワンド 2 地点において動力付の船舶を用いて曳網法によりプランクトンネットに通水して採取した。また、底質は、淀川の本流 4 地点およびワンド 6 地点においてエッグマンバージ採泥器を用いて採取した。なお、試料を採取したワンドのうち 5 地点は石組みや土壌で本流と仕切られた閉鎖系の構造であるが、庭窪 25-1 ワンドに隣接する 24 号ワンドは平水時から本流側に開口部をもつ開放系である。

採取した試料は実験室に持ち帰り、H₂O₂を加えて 45℃で有機物を分解したのちに、NaI により比重分離を行った。夾雑物を除去した試料中の MPs は、実体顕微鏡にて検鏡し、撮影した画像をもとに長軸径、短軸径を計測した。長軸径 300 μm 以上の MPs について、ダイヤモンド ATR 検出器を装着したフーリエ変換赤外分光光度計（FTIR ; Agilent 社製）を用いて同定を行った。MPs の同定には、Agilent Micro Lab FT-IR ソフトウェアのライブラリを用いた。

3. 結果と考察

本流水中の MPs は、枚方大橋（上流）、点野（中流）、および淀川大堰付近（下流）の順に、5.4、4.3、および 2.1 個/m³であり、下流に行くにつれて個数密度が低下する傾向にあった（表 1）。これに対して、本流底質の MPs は下流側の八雲において 5.2 個/g（乾燥重量）と上流側の地点より高い値を示した。

ワンド水中の MPs は、開放系の 24 号ワンドで 10.3 個/m³、一方、閉鎖系の 25-1 号ワンドで 26.8 個/m³と本流の水中よりかなり高い値を示した（表 1）。また、底質の MPs は、開放系の庭窪 24 号ワンドで 5.9 個/g と特に高い値を示した。

以上の結果から、淀川では流下の過程で MPs の一部が開放系のワンドで一時的に滞留する、あるいは底質へ沈降することにより水中の個数密度は下流ほど低下することが推察された。

表 1. 淀川水中および底質中の MPs の個数密度

地点 ¹⁾	水中	底質
	個/m ³	個/gDW
本流	枚方大橋（上流）	5.4
	唐崎	-
	新出口本流	-
	点野（中流）	4.3
	八雲	-
	淀川大堰（下流）	2.1
	樋之上	-
ワンド	唐崎	-
	庭窪24	10.3
	庭窪25-1	26.8
	八雲	-
	城北	-
		1.71

1) 本流、ワンドは上流から順に標記

4. 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 22K12471 および 22KK0059 の助成を受けたものです。

P-55

培地成分と Fe(III) が マリモの糸状体の分枝成長に与える影響

島田歩果, 鈴木佐和, 前田妃奈 (釧路湖陵高校)

1. はじめに

特別天然記念物に指定されている阿寒湖のマリモは、長期的な数、分布面積ともに減少傾向が見られている。そこで私たちは、マリモの生育に最適な培地条件を見出すことで、今後のマリモの保全についての培養実験に貢献したいと考えた。水質の観点で私たちは以下の理由から Fe(III) に注目した。

- ・マリモの生育地に、腐植酸鉄を多く含むと考えられる水が流入している箇所があり、その周辺では固く締まったマリモが比較的多い
- ・光合成過程で、鉄硫黄クラスターという鉄を含むタンパク質が電子伝達体として働いている
- ・クロロフィル合成に必要である

2. 材料と方法

(1) 実験 1

使用した培地は、蒸留水、蒸留水 100ml あたりにハイポネックスを 0.1ml 添加したハイポネックス培地、ハイポネックス培地に Fe(III) を加えたもの、蒸留水 100ml あたりに栄養剤を 4 滴添加した栄養剤培地、栄養剤培地に Fe(III) を加えたものの 5 種類である。Fe(III) は、蒸留水 100ml に対して、EDTA-Fe を 0.17g 加えたものを指す。また、全ての培地にリン酸緩衝液 (0.1mol/L, pH7.0) を培地 100ml あたり 1.0ml の割合で添加した。

培地 1 種類毎に試験管を 3 本ずつ用意し、それぞれの試験管に培地 15mL と糸状体 5 本を入れ、20 度に設定した恒温器に保管した。そして、2 週間ごとに糸状体の分枝数を調べた。

(2) 実験 2

実験 1 と同様の蒸留水、ハイポネックス培地、栄養剤培地に加え、蒸留水に Fe(III) を添加したものを使用した。

培地 1 種類毎にシャーレを 1 つ用意し、培地 60mL と糸状体 10 本を入れ、15 度に設定した恒温器に光を当てた状態で保管した。2 週間ごとに培地を新しいものに変えた。

3. 結果

(1) 実験 1

培地のみで比較すると、蒸留水培地で分枝数が最も増加し、栄養剤培地で最も減少した。培地のみと Fe(III) を添加したもので比較すると、Fe(III) を添加したものの方が培地のみよりも増加した。

(2) 実験 2

培地のみで最も増加したのは栄養剤培地であり、蒸留水培地とハイポネックス培地は同程度だった。蒸留水に Fe(III) を添加したものよりも、蒸留水培地の方が増加した。

4. 考察

(1) 実験 1

蒸留水培地にはマリモに必要な栄養素が全く含まれておらず、栄養剤培地には栄養素が多く含まれているため、この結果は信憑性がないと考えられる。また、光がない状態で実験を行ったため、光合成について正確に実験をできたとはいえない。再度、実験をする必要がある。

(2) 実験 2

ハイポネックスの主な成分と栄養剤の主な成分から、既にマリモの生長に必要なとわかっている、または生長に影響しない元素を除いて、栄養剤にのみ含まれている成分は SO_4^{2-} である。よって、 SO_4^{2-} がマリモの生長を促進していると考えられる。

先行実験において、Fe を加えると生長が促進されることがわかっているが、今回の実験では Fe を加えた方はあまり変化していない。よって、植物が Fe を吸収するには他の成分が必要な可能性があると考える。その成分は蒸留水には含まれておらず、ハイポネックスや栄養剤には含まれていると考えられる。

P-56

光学顕微鏡で観察した都市緑地公園に生息する
単細胞真核微生物

*篠崎友音・長島暖・小澤森・針生松伍・加藤杏奈・山崎美詩
（学校法人星槎 星槎高等学校）

1. はじめに

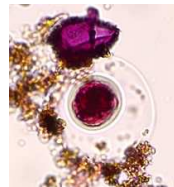
2016 年から、学校に隣接する大貫谷公園で土壌の単細胞真核微生物を観察してきた。どのような形態の微生物種がどれ位存在するか全く解らないところから始めたが、グリセリンで固定した永久標本を作ることができ、同じ標本を繰り返し観察することで理解が進んだ。2024 年公園内 A, B, C, D, E1, E2 の 6 地点で採取した土壌試料を培養計数し、周辺環境の異なる地点では、検出される微生物種類も異なるという結果を得た。そこで、本年 3 月 24 日に 6 地点の中で最も古くから手つかずの状態にある D 地点において、深さ 80 cm まで土壌を縦掘りして観察を行った。これらをもとに、土壌に生息する土壌本来の微生物種類に関して報告する。なお、2016 年から 2024 年までに得られた結果は、日本微生物生態学会において高校生ポスターとして発表した。

2. 材料と方法

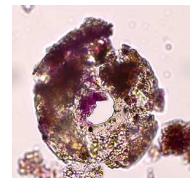
採取した土壌は冷蔵庫で保存した。ガラスシャーレに土壌試料 2 g を秤量して、市販の飲料水 20ml を加え 15℃ で培養した。ここから 1 か月に 1 回、シャーレを攪拌して土壌試料 10 μ l をスライドグラスに取り、オルセイン染色後グリセリン包埋して永久標本を作成した。これについて全量を顕微鏡（オリンパス CX-23）で観察・計数した。図鑑等をもとに微生物種類の数を数えたが、解らないものは欄外にスケッチした。同時にこれら微生物種類と形態的に類似したプラントオパールを数を計数した。また、培養により数が増えたことから顕微鏡観察で動く微生物の観察を行った。

3. 結果

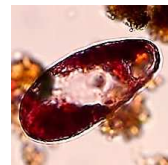
検出された単細胞真核微生物のうち、ナベカムリの仲間はすべての縦方向の試料で観られたが、フセウロコカムリの仲間は表層のみで散見された。また、縦方向の土壌試料では深さにより種類構成が異なった。



ナベカムリ



ナベカムリ



フセウロコカムリ



プラントオパール

4. 考察

大貫谷公園の土壌は 100 年以上手つかずで、保存されているクロボク土である。高さ 10m 以上のコナラの大木が茂っているが、近年のナラ枯れにより多くが調査期間中に伐採された。この地点の土壌の真核微生物はナベカムリの仲間が特徴的な構成種類であり、ナベカムリがクロボク土からなる土壌本来の単細胞真核微生物と考えられた。調査地点の周辺は開発されており、土壌は土盛りされている。土壌は水を加えて長時間培養することにより団粒構造が壊れて、微生物相が変化した。土壌で観察されたこれらの微生物種は、雨水や沢等の水の流れによって移動することが推測された。

P-57

バイオマス利用による流域土壌炭素および河川水質への影響

*○白戸湊愛・塚田晴斗（北海道岩見沢農業高等学校農業土木工学科）

1. はじめに

石狩川の中流域、下流域は、かつて日本有数の湿原であり、泥炭土が広く分布している。1800年代の後半以降、農耕地として開発が進行し泥炭土に周辺の山地・台地から鉱質土（埴土）を地表30cmに客土した。結果として、日本の米生産の4%を担う水田地帯となった。

このように石狩川中下流域は、土地利用が大きく変化するとともに、施肥という人為的物質投入も発生した。これらのことは、石狩川水系の流量や水質に大きな影響を与えてことが予想される。

一方、河川流域土壌の全炭素含有率によって、土壌の保水性や流出する物質量が変化し、河川流量や水質、そして農業生産性に变化があることも指摘されている。

そこで、本研究では河川流域土壌の炭素含有率が河川流量や水質に与える影響をまず検討する。その上で、土壌炭素含有率が土壌水分および農業生産性に与える影響を検討する。そして、土壌炭素含有率に影響する堆肥の投入に注目し、石狩川中下流域において堆肥の原料となる草本系バイオマス資源量を推定する手法について検討した。

2. 材料と方法

石狩川下流域の支流である利根別川（岩見沢市9条西8丁目）、東利根別川（岩見沢市並木町）を調査河川とした。2023年から2024年にかけて4月から10月の間に月1回、総合水質計（HORIBA）にてpH、EC、ORPを測定した。ORPからBODを算出した。同時に水深、流路幅、流速を測定した。

堤外地と農耕地・林地において、各流域合計10カ所、0-10cmの土壌を採取し、灼熱損両法で土壌全炭素含有率を測定した。

岩見沢農業高校芝試験地において、2024年4月に1区画2×3mの区画を12区設置した。4月と7月、10月に0-10cmの土壌を採取し、含水比を炉乾法で、全炭素を灼熱損両法で測定した。7月に草丈と乾物草量を測定した。同時に小型ドローン（DJI Mini3）で地上高3mから模擬空撮を行い、オルソ

画像を得た。この画像をQGISで処理し、撮影表面高から地盤高を差し引き、ドローンによる植生高とした。

3. 結果

本研究の河川観測サイトでは、河川流域の土壌炭素含有率が高い方が比流量は小さくなり

（Fig.1）、BODは小さくなる傾向が見られた。

また芝試験地では、土壌含水比の増加により乾物収量が増加する傾向が見られ、土壌含水比は土壌炭素含有率の増加によって増加する傾向が見られた。そして、ドローンにより取得された草丈と実測の草丈には、正の相関が見られた（Fig.2）。

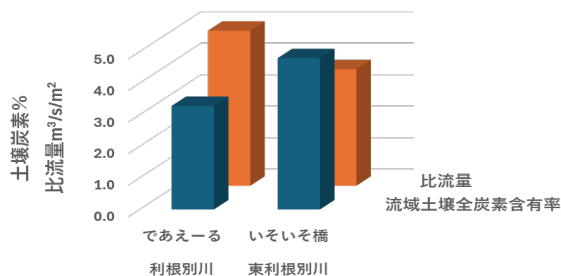


Fig. 1 土壌炭素と比流量との関係

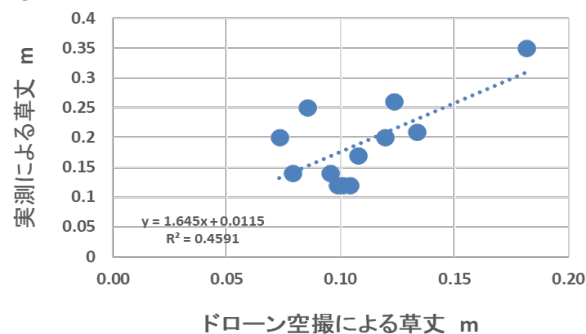


Fig. 2 ドローンによる草丈と実測値の関係

4. 考察

流域土壌炭素の増加によって、流量が安定化し、BODが低下する可能性が示唆された。これは土壌炭素の増加が含水比を上昇させることによると考えられ、農業生産性も安定化する可能性が考えられた。バイオマス堆肥原料量把握のため、ドローンの活用は有効であると考えられ、農業生産性と渇水対策、水質保全に資すると考えられた。

日本陸水学会 第89回札幌大会

2025

9.25^木 ~ 28^日

プログラム

9/25(木)

- 自由集会

9/26(金)

- 口頭発表
- 課題講演1「火山活動と陸水循環」
- ◆ 公開シンポジウム
「気候変動と北海道の陸水」
～ 川・湖・湿原の水環境と
生き物の現状・将来 ～
- 自由集会

9/27(土)

- 口頭発表
- 課題講演2「太陽光と溶存有機物：
光化学から見える湖沼の物質動態」
- 課題講演3「湿地の変化から何を読み解くか」
- ポスター発表
- 総会・学会賞授賞式 ● 懇親会
- 企業展示 (28日まで)

9/28(日)

- 口頭発表
- 課題講演4「北の大地の陸水学 -マリモを
みまもる阿寒湖の学際研究の夜明け-」
- 小中高生ポスター発表
- 発表賞授賞式

会 場 北海道大学 クラーク会館

主 催 日本陸水学会

協 賛 一般財団法人 北海道河川財団

詳細は大会ホームページをご覧ください <https://sites.google.com/view/jslim89>

お問い合わせ先 日本陸水学会第89回札幌大会実行委員会 jslim89.sap@gmail.com



大会ポスター

デザイン: 及川雅稔

写真提供: (上: 摩周湖) 五十嵐聖貴, (中: 美笛川中の滝) 小亀友也, (下: ファミリーパーク更別) 室岡瑞恵

日本陸水学会第 89 回札幌大会実行委員会

大会会長	福 井 学（北海道大学）
実行委員長	木 塚 俊 和（北海道立総合研究機構）
総務事務局長	石 川 靖（北海道立総合研究機構）
幹事	根岸淳二郎（北海道大学）
〃	高 野 敬 志（北海道立衛生研究所）
〃	知 北 和 久（北海道大学）
〃	五十嵐聖貴（北海道立総合研究機構）
〃	鈴 木 啓 明（北海道立総合研究機構）
〃	山 口 高 志（北海道立総合研究機構）
〃	中 津 川 誠（室蘭工業大学）
サポートスタッフ	中 谷 暢 丈（酪農学園大学）
〃	室 岡 瑞 恵（北海道立総合研究機構）
〃	佐々木典子（北海道立総合研究機構）
〃	高 木 悠 司（北海道大学大学院環境科学院 院生）
〃	浅 見 大 樹（北海道立総合研究機構）

幹事・サポートスタッフは実行委員会参加順

スペシャルアドバイザー 伊 藤 紘 晃（熊本大学（第 88 回熊本大会実行委員長））

日本陸水学会企画委員会

企画委員長	土 屋 健 司（国立環境研究所）
企画委員（50 音順）	石 井 伸 昌（量子科学技術研究開発機構）
	伊 藤 紘 晃（熊本大学）
	岡 寄 友 輔（京都大学）
	初 雪（京都工芸繊維大学）
	沈 尚（立命館大学）
	竹 中 將 起（信州大学）

本講演要旨集に記載の各要旨の内容に関する全責任は著者にあり当学会は一切の責任を負いません。

日本陸水学会第 89 回札幌大会講演要旨集

2025 年 9 月 18 日発行

編集・発行 日本陸水学会第 89 回札幌大会実行委員会

〒060-0819 北海道札幌市北区北 19 条西 12 丁目

北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所内

URL: <https://sites.google.com/view/jslim89>

E-mail : jslim89.sap@gmail.com
