

日本陸水学会 第82回大会

# 仙北市田沢湖大会

講演要旨集



2017年9月28日(木)～10月1日(日)

田沢湖高原温泉郷 駒ヶ岳グランドホテル  
仙北市生保内小学校体育館

## 【目次】

<b>公開講演会</b>	<b>1</b>
「酸性化した田沢湖の現状と将来への取り組み」	2
プログラム	3
講演者紹介	4
<b>講演・ポスタープログラム</b>	<b>9</b>
アウトライン	10
会場案内図	11
発表者の方へ	12
講演中止課題	13
<b>講演プログラム</b>	<b>14</b>
ポスターセッション	18
課題講演	21
自由集会	22
企業展示	27
ランチョンセミナー	27
懇親会のご案内	28
<b>講演要旨</b>	
1日目	29
2日目	49
3日目	101
ポスター発表)	123
2日目	124
3日目	163
<b>著者索引</b>	<b>189</b>
<b>広告</b>	<b>197</b>
<b>大会実行委員会・大会企画委員会</b>	<b>201</b>

# 公開講演会 (2017年10月1日)



会場の生保内小学校体育館は JR 田沢湖駅から徒歩 12 分です。

# 陸水学会第 82 回大会

## 公開講演会

# 「酸性化した田沢湖の現状と 将来への取り組み」

2017 年 10 月 1 日（日）

於 生保内小学校体育館

共催：秋田魁新報社

協力：仙北市役所

田沢湖は日本最深の湖ですが、国策事業により酸性化したため、クニマスは絶滅し生物相の乏しい湖になりました。しかし、田沢湖は重要な自然資本であり、本来の豊かな生物相の回復を目指した取り組みが必要です。そこで、この公開講演会では、陸水学会会員により世界の湖沼での環境問題への取り組みや、酸性環境での生物・生態系の特色について紹介します。一方、地元の行政担当者や研究者から、田沢湖の将来へ向けたビジョンや克服すべき問題点について紹介していただきます。それら講演を受けて、市民と湖の専門家である陸水学会員でパネルディスカッションを行い、将来へ向けた市民や研究者の取り組みについて、意見交換を行い議論します。

#### プログラム：

13：00 開会挨拶（門脇 光浩 市長）

#### 陸水学会員から

- 1) 13：05～13：35 生態系と社会における地球温暖化の影響と緩和策  
（熊谷道夫：立命館大学教授）
- 2) 13：35～14：05 川虫の多様な暮らしと酸性水域に住む川虫たち  
（谷田一三：大阪自然史博物館館長）

14:05～14:15 休憩

#### 地元研究者から

- 3) 14：15～14：45 田沢湖の現状と将来について  
（小田野直光：仙北市地方創生・総合戦略統括監）
- 4) 14：45～15：15 田沢湖にはアユやクニマスがいて漁師がいた  
（杉山秀樹：秋田県立大学客員教授）
- 5) 15：15～15：45 田沢湖の中性化に向けた取り組みについて  
（大沼克彦：大曲農業高校教諭、生徒有志：大曲農業高校生物工学部）

15：45～15：55 休憩

#### パネルディスカッション

- 6) 15：55～16：55（モデレーター 占部城太郎：東北大学）  
登壇者：各講演者、小松嘉和記者（秋田魁新報社）

16：55 閉会挨拶（陸水学会長 山室真澄：東京大学）

# 熊谷 道夫

立命館大学総合科学技術研究機構教授



## ◇主な経歴（学歴、職歴など）

- 昭和 55 年 京都大学大学院理学部研究科 博士課程後期 修了
- 昭和 55 年 英国サウサンプトン大学海洋学部客員研究員
- 昭和 58 年 滋賀県琵琶湖研究所研究員
- 平成 17 年 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター上席総括研究員
- 平成 24 年 立命館大学総合科学技術研究機構教授（～現在）
- 平成 26 年 独立行政法人海上安全技術研究所特別研究員（～平成 28 年）

## ◇主な活動（著書、役職、受賞など）

- ・1993 年 琵琶湖国際共同観測(BITEX' 93) 総括コーディネーター
- ・1997 年 日本学術会議陸水研連委員
- ・1999 年 国際学術雑誌 Limnology 編集委員長
- ・2007 年 国際陸水学会 (SIL) Baldi 賞受賞
- ・2012 年 日本陸水学会会長
- ・2012 年 ASLO 日本大会共同議長

主な著書、論文：「琵琶湖は呼吸する」（2015 年、海鳴社）、「Climatic Change and Global Warming of Inland Waters: Impacts and Mitigation for Ecosystems and Societies」（Wiley、2013 年）、「温暖化の湖沼学」（京都大学出版会、2013）、「Time for in situ renaissance」（Science、2015）など。

## ◇研究テーマ、興味・関心事など

自律型水中ロボット開発、逆エネルギーカスケード問題、水圏生態系問題、地球温暖化問題など

## ◇講演概要

### 「生態系と社会における地球温暖化の影響と緩和策」

地球温暖化の影響は極域で特に顕著に現れている（Polar amplification）。氷河の後退や永久凍土の溶解に伴って、動植物の大きな変化が発生している。地球は確実に変化している。

ガイア仮説で有名な Lovelock は、1994 年に Nature に投稿した論文「Failure of climate regulation in a geophysiological model」の中で、生物を含むフィードバック系が気温に対してどのように変化するかについて、以下の 3 つのカテゴリーに分けて議論している。（1）氷河期には、海洋と陸上の生態系は気温上昇に対して共に負のフィードバック系となる。（2）気温が現在の数値まで上昇すると、海洋植物は気候に対する強い影響を失うが、陸上植物は継続的に気候を緩和する。（3）もし地球規模での平均気温が 20℃を越えると、陸上および海洋生態系は正のフィードバック系に変わり、気温上昇をさらに加速する。本講演では身近な事例を紹介しながら、Lovelock の仮説を検証する。

このままの状況が推移すれば、2030 年後半には大きな気温上昇が予想されるので、直接的な緩和策が必要となるのかもしれない。人類が取りうる手段は多くはないが、最悪の事態に備える必要がある。

谷田 一三

大阪市立自然史博物館

館長

大阪府立大学名誉教授



#### ◇主な経歴（学歴、職歴など）

昭和 54 年 京都大学大学院理学研究科動物学専攻単位取得退学；昭和 59 年理学博士（京都大学）

昭和 58 年 大阪府立大学総合科学部助手

平成 8 年 大阪府立大学総合科学部教授（組織改編で平成 17 年大学院理学研究科教授）

平成 25 年 大阪府立大学 名誉教授

平成 27 年～ 現職

#### ◇主な活動（著書、役職、活動など）

・「日本産水生昆虫検索図説」, 「日本の水生昆虫 - 種分化とすみわけをめぐって」, 「日本産水生昆虫 科・属・種への検索」(以上東海大学出版会), 「河川環境の指標生物学」(北隆館), 「水辺と人の環境学 上, 中, 下」(朝倉書店) など多数

・国土交通省河川整備基本方針検討小委員会委員, 環境省水生生物保全環境基準類型指定専門委員会委員, (一財) 水源地環境センター理事, 全国科学博物館協議会理事, 河川財団評議員など

#### ◇研究テーマ、興味・関心事など

- ・トビケラを中心とした水生生物の分類・生態と生物地理
- ・河川環境の生物モニタリング, バイオアッセイ

#### ◇講演概要

タイトル「川虫の多様な暮らしと酸性水域にすむ川虫たち」

水生昆虫というと、ゲンゴロウやタガメ、それにトンボ（ヤゴ）を思い浮かべる方が多いでしょう。しかし、それだけではなく多くの昆虫が、幼虫時代には水生（主に淡水）生活を送ります。そのなかで川にすむ水生昆虫を愛をこめて「川虫」と呼んでいます。川虫にはカワトンボやサナエトンボなどのトンボ類も多いのですが、カゲロウ、カワゲラ、トビケラ、ユスリカ（ハエ目）、それに甲虫が、種数も個体数も圧倒的に多くなっています。とくに最初のカゲロウ、カワゲラ、トビケラは、学名の頭文字をとってEPTと呼ばれ、いい水質と河川環境の指標生物になっています。それらの様々な生活と多様性について紹介します。

秋田県の玉川や大分県の別府周辺に河川は、強い無機酸性の水域があります。種数は少ないですが、そこにも生息する川虫がいます。サンユスリカがその代表ですが、カワゲラ、トンボ、トビケラにも強酸性河川に生きる種がいます。私どもが昔に玉川、田沢湖、別府などで調査した資料に基づいて、酸性河川の川虫についても紹介する予定です。

## 小田野 直光

秋田県仙北市役所 総務部

地方創生・総合戦略統括監



### ◇主な経歴（学歴、職歴など）

平成 4 年 東北大学大学院工学研究科原子核工学専攻 博士課程後期修了 博士（工学）  
平成 4 年 運輸省船舶技術研究所東海支所 研究官  
平成 10 年 日本原子力研究所原子力船研究開発室 研究員  
平成 13 年 独立行政法人海上技術安全研究所原子力技術部 主任研究員  
平成 21 年 同上 海洋リスク評価系長  
平成 26 年 同上 研究統括主幹  
平成 28 年～ 現職

### ◇研究テーマ、興味・関心事など

- ・放射線計測、危険物船舶運送、リスク評価・リスクマネジメント、水中機器開発
- ・仙北市における国家戦略特区関連事業、近未来技術実証事業、ヘルスケア産業創出事業

### ◇講演概要

#### 「田沢湖の現状と将来について」

田沢湖は、水深 423.4m を誇り、かつては透明度も高く、漁業がさかんに行われていた。昭和 15 年に玉川の酸性水が導水されたことに伴い、湖水は酸性化し、田沢湖の固有種といわれていたクニマスをはじめ、ほとんどの生物が死滅した。その後、玉川の中和処理施設の稼働により、田の pH は回復しつつあるが、平成 27 年の観測では 5.2 までしか回復しておらず、魚類では、酸性に強いウグイが湖畔に生息していることが確認されている程度である。

秋田県と仙北市では、平成 27 年度から、あきた未来づくり協働プログラム事業の一環として、「田沢湖再生クニマス里帰りプロジェクト」を開始し、田沢湖クニマス未来館の建設（平成 29 年 7 月開館）、田沢湖畔の鳴き砂を復活させる事業等を実施している。

クニマスの里帰りの本来の意味は、クニマスが田沢湖で泳ぎ、かつてのように繁殖することであり、失われた生態系を復活させることに他ならないが、この目標の実現には、多くの年月を要することは、想像に難くない。これまでに、田沢湖の環境に係る研究はいくつかの機関によって実施されているが、あくまでも現状の分析に留まっており、田沢湖の環境修復への道程が必ずしも明確に示されていないのが現状である。今後、関連する学術分野の融合により、田沢湖の環境修復に向けた総合的な調査研究を実施し、環境修復のランドデザインを描く努力が必要である。講演では、平成 27 年に海上技術安全研究所が実施した田沢湖湖底調査（仙北市等との共同研究）の結果を紹介しつつ、田沢湖の環境修復に向け、今後どのような取組みが必要か提案したい。

## 杉山 秀樹

秋田県立大学生物資源科学部

客員教授



### ◇主な経歴（学歴、職歴など）

昭和49年 東京水産大学（現：東京海洋大学）卒業

昭和52年 秋田県庁水産課

平成20年 秋田県水産振興センター 所長

平成22年～ 秋田県立大学生物資源科学部 客員教授  
博士（海洋科学）・技術士（水産増殖）

### ◇主な活動

- ・NPO 法人 秋田水生生物保全協会 理事長
- ・日本魚類学会・自然保護委員会委員
- ・希少野生動植物種保存推進委員（環境省）
- ・杉山秀樹：田沢湖 まぼろしの魚 クニマス百科、秋田魁新報社、2000年
- ・同上：クニマス・ハタハタ 秋田の魚 100、東北出版企画、2013年

### ◇研究テーマ、興味・関心事など

- ・八郎湖・田沢湖および十和田湖の生物、漁業、人間との関係
- ・クニマス・ハタハタの生活史、生態、漁業、資源管理等

### ◇講演概要

「田沢湖にはアユやクニマスがいて漁師がいた」

田沢湖の面積は日本で19番目だが水容積は4番目で、湖岸は樹林が繁茂し、沿岸は砂礫で、水位変動はほとんどなく、水質はほぼ中性であったが、動物プランクトンは貧弱でした。

湖には多数の小沢が入り、湖水は瀧尻川・玉川・雄物川を経て日本海へと流出し、逆に、サクラマス、アユなどが遡上していました。そこには約60人の漁業者がいて、ウナギ、コイ、ウグイなどとともに、多いときは年間約6万尾のクニマスが漁獲されていました。

クニマス *Oncorhynchus kawamurae* は成熟したオスの背が隆起せず、体色が黒色で斑点を欠き、幾つかの特異な形質があることから、Jordan, D. S. と McGregor, E. A. により 1925 年にサケ科サケ属の新種として、ベニザケの陸封派生種として記載されました。しかし 1940 年玉川の強酸性水を導入し、固有種であるクニマスを含めウグイを除きすべての魚類は絶滅しました。クニマスは現在も遺伝的、形態的および生態的に不明な点が多いままです。



（写真：クニマスのタイプ標本）

# 大沼 克彦

秋田県立大曲農業高等学校

教諭



## ◇主な経歴（学歴、職歴など）

平成 6年 岩手大学農学部 卒業

平成 8年 岩手大学大学院農学研究科 修士課程 修了

平成12年 岩手大学大学院連合農学研究科 博士課程 修了

平成12～13年 農林水産省 農業生物資源研究所 特別研究員

平成15～17年 日本学術振興会 特別研究員

平成18年 独立行政法人 農業生物資源研究所 特別研究員

平成18～21年 独立行政法人 産業技術総合研究所 特別研究員

平成22年～ 現職

## ◇主な活動（著書、役職）

- ・クニマス 「過去は未来への扉」 中坊徹次・三浦久監修 p54-p55 2017年 （秋田県仙北市編）
- ・新しい国語のワーク1 p105 2016年 （秀学社）資料提供
- ・よくわかる国語の学習1 p121 2016年 （明治図書）資料提供
- ・博士教員教育研究会 会長

## ◇研究テーマ、興味・関心事など

- ・生殖細胞の分化メカニズムと妊娠機構の解明
- ・田沢湖の中性化に関連する諸問題の解決
- ・宇宙船内農業で農業の未来を考える
- ・久慈層群玉川層から発見される化石の調査

## ◇講演概要

タイトル「田沢湖の中性化に向けた取り組みについて」

大曲農業高校生物工学部では平成23年から電気分解で田沢湖を中性にする方法を考案して、実験室内で効率化を図ってきた。なお本講演では、一部を本校生物工学部（永井天智、高橋佑誠、荒川海斗、佐々木巧、鈴木雅子、高橋花恋）に発表してもらう予定である。生徒の発表では、本校生物工学部のクニマスは田沢湖の生物学的、文化的な資源だったことから、田沢湖を中性化することが、クニマスとクニマスがいた田沢湖の文化の継承に関わることを紹介する。田沢湖の中性化に関わる研究は、これまで本校生物工学部に所属した生徒の力で進められてきた。これまでの7年間の研究を総括して現状の問題点を提示し、その上で田沢湖の中性化に向けて、新たなアイデアを紹介して将来展望について話したい。

# 講演・ポスタープログラム

## 【アウトライン】

### 【各種委員会】

9月28日(木)	10:00-12:00	拡大幹事会	会議室2
9月28日(木)	13:00-14:30	和文誌編集委員会	会議室2
9月28日(木)	13:00-14:30	英文誌編集委員会	会議室3
9月28日(木)	13:00-14:30	企画委員会	会議室1

### 【評議員会】

9月28日(木)	20:00-23:30		A会場
----------	-------------	--	-----

### 【総会・表彰式】

9月30日(土)	9:00-12:30		B会場
----------	------------	--	-----

### 【一般講演・課題講演】

9月28日(木)	15:00-17:30		A・B会場
9月29日(金)	9:00-12:00		A・B会場
	13:30-18:30		A・B会場
9月30日(土)	15:00-17:45		A・B会場

### 【ポスターセッション】

9月29日(金)	19:30-21:30	(審査対象発表)	2F第2ロビー
9月30日(金)	13:00-15:00		2F第2ロビー

### 【ランチョンセミナー】

9月29日(金)	12:15-13:15		A会場
----------	-------------	--	-----

### 【自由集会】

9月28日(木)	18:30- 又は 20:00-		各会場
----------	------------------	--	-----

### 【E会】

9月28日(木)	20:00-		会議室1
9月29日(金)	21:30-		会議室1

### 【懇親会】

9月30日(土)	18:30-21:00		ロイヤルホール
----------	-------------	--	---------

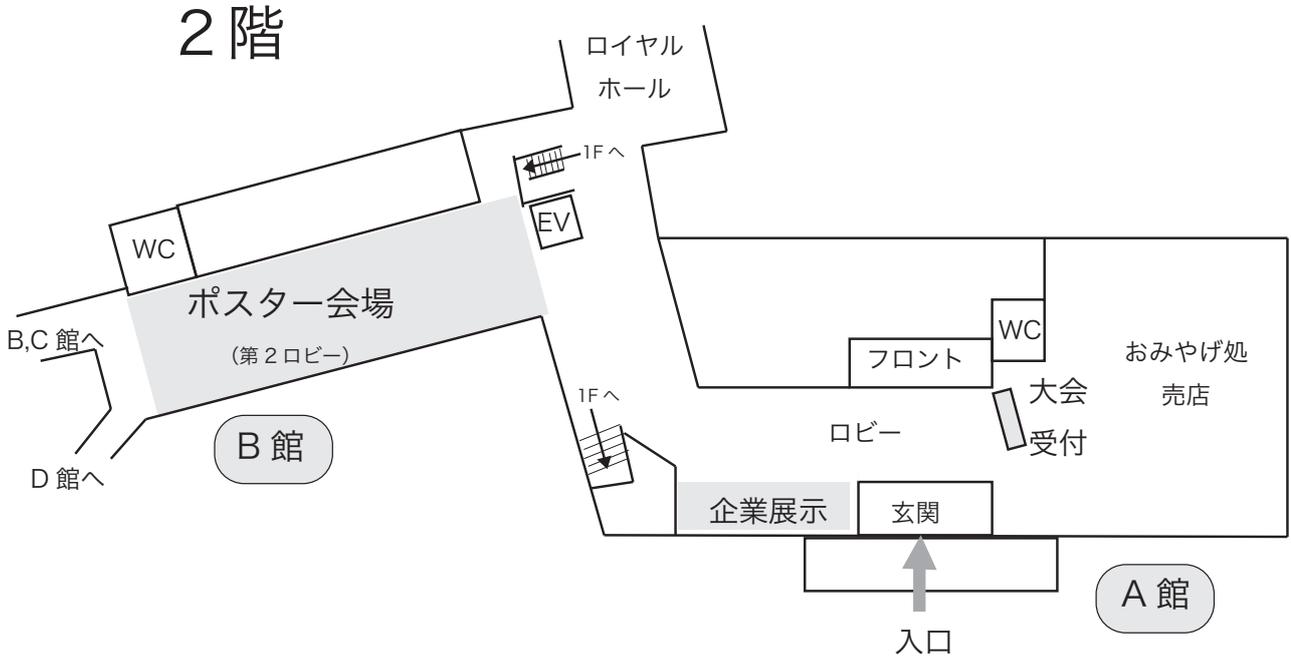
### 【エクスカージョン】

10月1日(日)	8:30-13:00		田沢湖
----------	------------	--	-----

### 【公開講演会】

10月1日(日)	13:00-17:00		生保内小学校体育館
----------	-------------	--	-----------

# 【会場案内図】



## 【 発 表 者 の 方 へ 】

### (1) 口頭発表

1. 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。
2. 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。液晶プロジェクターは、Microsoft PowerPoint 2007 または 2010 および Adobe Acrobat Reader を備えた Windows パソコンに接続します。演者は PowerPoint のファイルもしくは PDF ファイルを講演者名を明記した USB メモリーまたは CD-R に保存してお持ち下さい。ファイルは事前に各会場受付でお預かりすることになります。Macintosh 等をご使用の方で PowerPoint を利用される場合は、Windows 版 Microsoft PowerPoint 2007 または 2010 で予め動作確認したファイルをお持ち下さい。
3. 容量が極端に大きい PowerPoint ファイルは、表示に時間がかかるなど、不具合の原因となりますので、ファイル容量は必ず 10MB 未満にして下さい。
4. 一般講演の講演者は、講演者名を明記した発表のファイルの入った USB メモリーまたは CD-R を、各セッション開始 30 分前に各講演会場受付にお渡し下さい。

### (2) ポスター発表

1. ポスターの大きさは A0 を原則とします。パネルの大きさは、縦 1800mm×横 900mm です。ポスターは、ポスターセッション開始 30 分前にプログラムに記したポスター番号のパネルに掲示し、セッション終了後 30 分以内に撤去して下さい。ポスター・パネルには必ず画鋲または虫ピンでポスターを貼って下さい。

### (3) 課題講演

1. 課題講演の講演者は、事前に、もしくはセッション開始 30 分前に会場にて発表ファイルをコンビンナーにお渡し下さい。
2. 発表時間等、発表にあたっては、コンビンナーの指示に従って下さい。

## 【講演中止課題】

### 2日目

講演番号 2A25

講演番号 2B17

講演番号 2B28

### 3日目ポスター

講演番号 3P07

# - プログラム -

1日目 9月28日(木)

10:00-12:00 拡大幹事会 (会議室2)
13:00-14:30 和文誌委員会 (会議室2), 英文誌委員会 (会議室3), 企画委員会 (会議室1)
一般受け付け
14:00 ~

A会場		
課題講演：森里海の連携		
15:00	森里海の連環研究に関するレビューと課題の抽出	1A01
大西健夫 (岐阜大)		
15:15	技術者が扱う森・川・海(湖)のつながり修復	1A02
井上祥一郎 (名邦テクノ・エステム・アーステクノ・日吉)		
15:30	水文条件の変化が森林の土地利用からの栄養塩輸送に及ぼす影響	1A03
井手淳一郎 (九州大)・武田育郎・宗村広昭 (島根大)・森也寸志 (岡山大)・作野裕司 (広島大)・米康充・高橋絵里奈 (島根大)		
15:45	森と海のつながりにおける鉄と有機物の動態	1A04
藤井学 (東工大)		
16:15	水系網における陸上有機物の代謝と沿岸域への輸送	1A05
岩田智也 (山梨大)		
16:30	極東ロシアにおける永久凍土の季節的変動が鉄の挙動に与える影響：土壌間隙水及び河川の溶存鉄濃度7月-10月観測結果	1A06
田代悠人・楊宗興 (東京農工大)・白岩孝之 (北海道大)・大西健夫 (岐阜大)・Vladimir I Kim・Vladimir P. Shesterkin (ロシア科学院マカシンスキー研究所 (北海道大))		
16:45	干潟におけるきわめて高いリン酸濃度：何が生じているのか?	1A07
中野正隆・*楊宗興 (東京農工大)・野原精一 (国環研)		
17:00	River Metabolism along the Latitudinal Gradients across Japan	1A08
Gurung Anandeeta・Jotaro Urabe・Tomoya Iwata and Nakano Daisuke		

B会場		
一般公演		
15:00	琵琶湖北湖水中リン酸イオンの動態	1B01
山本麻由佳・宮下治希・石丸真菜・*丸尾雅啓 (滋賀県大)・小畑元 (東大)		
15:15	琵琶湖北湖深水層における低酸素水塊の移動について	1B02
焦春萌・早川和秀・石川可奈子 (琵琶湖研セ)		
15:30	安定同位体比を用いた水田生物群集の栄養ポジションの推定	1B03
安野翔 (仙台市)・金谷弦 (国環研)・菊地永祐 (宮教大)		
15:45	谷津干潟におけるグリーンタイドと微生物活性	1B04
千賀有希子・北村友佳・王川香澄・柴木叶・小林渉・佐藤翼・成岡知佳 (東邦大)・北沢俊幸・李盛源・白木洋平 (立正大)		
16:00	メタロゲニウム粒子生成と植物プランクトンの関係性	1B05
古田世子・中村光穂・池田将平・山本春樹・一瀬諭 (琵琶湖研セ)・宮田直幸 (秋田県大)		
16:15	琵琶湖におけるミクラステリアスの大量発生について	1B06
一瀬諭・池田将平・中村光穂・岡本高弘・七里将一・古田世子 (琵琶湖研セ)		
16:30	諏訪湖における貧栄養化に伴う植物プランクトンの変遷	1B07
二木功子・宮原裕一・花里孝幸・朴虎東 (信州大)		
16:45	浅い湖におけるハス群落の拡大に伴う魚類の餌資源の変化	1B08
鹿野秀一 (東北大)・安野翔 (仙台市)・藤本泰文・嶋田哲郎 (伊豆沼・内沼環境保全財団)		
17:00	北海道渡島大沼の湖底堆積物における植物プランクトン休眠期細胞の密度変動	1B09
今井一郎・小林淳希・宮下洋平・大洞裕貴 (北海道大)・田中邦明 (北教大)		
17:15	河川の氾濫原水域における沈水植物群落の遷移過程の解明	1B10
片桐浩司 (秋田中央高)		

夕食 17:30-20:00			自由集会: ライトニングトーク
評議員会 20:00 ~ 23:00 (A会場)	自由集会: 環境DNA 20:00 ~ (B会場)	自由集会: 陸水物理研究会 20:00 ~ (第2会議室)	E会 20:00 ~ (第1会議室)

2日目 9月29日(金)

A会場	
課題講演：火山と陸水	
9:00	火山と陸水—火山による定常・非定常の攪乱と陸水環境 (趣旨説明) 2A01 野崎健太郎 (福山女学園大)・田代喬 (名古屋大)・小野田幸生 (土木研究所)・松本嘉孝 (豊田工業高等専門学校)・谷口智雅 (三重大)
9:15	御嶽山周辺河川の微量元素の存在状態 2A02 宇佐見亜希子 (愛知工業大)・登めぐみ (公益財団法人三重県建設技術センター)・松本嘉孝 (豊田工業高等専門学校)・岩月栄治 (愛知工業大)・八木明彦 (愛知工業大)
9:30	御嶽山噴火後の周辺河川の水質変遷 2A03 松本嘉孝 (豊田工業高等専門学校)・田代喬 (名古屋大)・野崎健太郎 (福山女学園大)
9:45	火山性酸性河川における付着藻群落の光合成活性 2A04 野崎健太郎 (福山女学園大)・田代喬 (名古屋大)
10:00	山体崩壊による大規模攪乱と渓流魚：避難場所としての支流の重要性 2A05 小野田幸生・萱場祐一 (土木研究所)
10:15	火山周辺地域における災害リスク、供給サービスとその水環境への影響 2A06 田代喬 (名古屋大)

課題講演：放射性物質	
10:45	福島河川水中の溶存態 <sup>137</sup> Csと <sup>3H</sup> 濃度の長期変動 2A07 植田真司・長谷川英尚・柿内秀樹・佐藤雄飛・大塚良仁・久松俊一 (環境研)
11:00	山岳湖沼における放射性セシウムの挙動 2A08 野原精一 (国環研)・横塚哲也・阿久津正浩・小堀功男 (栃木)
11:15	福島第一原発 (FDNPP) 事故による放射性セシウム放出の課題 2A09 吉村真由美・赤間亮夫 (森林総研)
11:30	栃木県中禅寺湖における魚類の放射性物質汚染の現状と課題 2A10 横塚哲也・阿久津正浩・小堀功男 (栃木水試)・野原精一 (国)
11:45	魚による放射性セシウムの蓄積 2A11 石井 伸昌 (放医研)

B会場	
一般講演 (優秀講演審査有)	
9:00	飼育水中の浮遊DNAを用いたトンボ目幼虫の分子同定手法の開発 2B01 東川航・櫻井智之 (神戸大)・吉村真由美 (森林総研)・前藤薫 (神戸大)
9:15	Are life history traits related with genetic distance: an experimental test with <i>Daphnia pulex</i> 2B02 Xiaofei Tian・Hajime Otsuki・Jotaro Urabe (Tohoku Univ)
9:30	雄物川本流における絶滅危惧種ゼニタナゴの再発見と繁殖地特定 2B03 坂田雅之 (神戸大)・真木伸隆 (パシフィックコンサルタンツ(株))・杉山秀樹 (秋田県大)・源利文 (神戸大)
9:45	Phenology of zooplankton: Relative importance of temporal scales in the variation 2B04 Perera,Ishara Uhanie・Urabe,Jotaro・Makino,Wataru・Maruoka,Natsumi (東西北大)
10:00	BAC-FISH法を用いたヒゲナガカワトビケラとチョウ目昆虫の性染色体比較 2B05 藤本章晃 (岩大)・木村友祐 (岩大)・安河内祐二 (農研機構)・鈴木剛 (大教大)・佐原健 (岩大)
10:15	<i>Aulacoseira</i> 属珪藻寄生性ツボカビの系統的位置および宿主特異性 2B06 瀬戸康介・鏡味麻衣子 (東邦大)・出川洋介 (筑波大)
10:45	韓国の四大河川におけるアオコ毒素microcystinの現状 2B07 全逢錫・韓智仙・朴虎東 (信州大)
11:00	諏訪湖における水草ヒシ <i>Trapa japonica</i> の含有ポリフェノールの溶藻活性と季節変動 2B08 土屋俊雄・朴虎東・船山啓・丸山あい (信州大)
11:15	アオコ原因種 <i>Microcystis aeruginosa</i> に対する殺藻細菌の殺菌機構におけるクオラムセンシング関与の可能性 2B09 大洞裕貴・宮下洋平・小林淳希・小峯佳奈子・藤田雅紀・酒井隆一 (北海道大)・織田さやか・田中邦明 (北教大)・今井一郎 (北海道大)
11:30	函館市五稜郭外堀における水草群落と植物プランクトン群集の拮抗関係 2B10 宮下洋平・大洞裕貴・小林淳希 (北海道大)・織田さやか・岩塚咲・嶋津桃華・田中邦明 (北教大)・今井一郎 (北海道大)
11:45	長野県深見池における長期環境変動と枝角類群集の形成過程：年縞堆積物による長期動態の解明 2B11 大竹裕里恵 (東大)・大槻朝・占部城太郎 (東西北大)・木村成子 (滋賀県大)・山田和芳 (ふじのくに地球環境史ミュージアム)・吉田丈人 (東大)

12:15-13:15

ランチョンセミナー (A会場)

課題講演：流域ガバナンス	
13:30	趣旨説明 2A12 奥田昇 (地球研)
13:45	琵琶湖流域の順応的ガバナンス：流域圏社会-生態システムの健全性 2A13 奥田昇・池谷透・石田卓也・上原佳敏 (地球研)・浅野悟史 (琵琶湖研セ)・岩田智也 (山梨大)・大園亨司 (同志社大)・陀安一郎 (地球研)・伴修平 (滋賀県大)・谷内重雄 (京大)・脇田健一 (龍谷大)

一般講演 (優秀講演審査有)	
13:30	福井県三方湖におけるヒシ分布の時空間動態と塩分濃度の関係 2B12 石川みくり (東大)・石井潤 (福井県里山里海湖研究所)・西廣淳 (東邦大)・瀧本岳・宇野文貴・吉田丈人 (東大)
13:45	分子マーカーを用いた止水棲昆虫のワンド利用およびワンドの接続性—河川生態系における河川ワンド・たまりの機能評価— 2B13 竹中將起・富田 和宏・谷野宏樹・東城 幸治 (信州大)

14:00	「地域の環境ものさし」は地域の生物多様性の指標になりうるか？—滋賀県甲賀市小佐治地区のニホンアカガエルの卵塊数との比較から 浅野悟史（琵琶研セ）・上原佳敏・石田卓也・池谷透・奥田昇（地球研）	2A14
14:15	田越灌漑によって水田の栄養塩循環はどう変わるか？水田からの栄養塩流出抑制を目指して 石田卓也・上原佳敏・池谷透（地球研）・浅野悟史（琵琶研セ）・奥田昇（地球研）	2A15
14:30	ピワマス湖上・産卵環境再生の取組：多主体協働による魚道設置と産卵床造成 佐藤祐一（琵琶研セ）・中野良博・西村拓巳（野洲市）・幡野真隆（滋賀県）・北出肇（NPO家棟川流域観光船）	2A16
14:45	琵琶湖と内湖の繋がりに耳石Sr安定同位体比を用いたニゴロブナの回遊履歴推定の試み 上原佳敏（地球研）・中川隼人・小北智之（福井県大）奥田昇（地球研）	2A17
15:00	琵琶湖及び周辺内湖における環境DNA分析手法の適用例 郎情情・河野健（神戸大）・上原佳敏・奥田昇（地球研）・辻冨月・山中裕樹（龍谷大）・源利文（神戸大）	2A18
15:15	中規模内湖の水質保全にむけたとりくみ —平湖・柳平湖の導水管理をめぐる課題を検討する— 池谷透（地球研）・易容・伴修平（滋賀県大）・石田卓也・上原佳敏（地球研）・大久保卓也（滋賀県大）・脇田健一（龍谷大）・谷内茂雄（京大）・奥田昇（地球研）	2A19
15:30	What is difference between orthophosphate and SRP in lake waters? 易容・宋培学・丸尾 雅啓・伴修平（滋賀県大）・石田卓也・奥田昇（地球研）	2A20
15:45	国の天然記念物・深泥池（みぞろがいがけ）の生態系管理を目指した市民活動 北尾晃一（京大）・加藤義和（地球研）・成田研一（深泥池自然観察会）・木村満（深泥池を美しくする会）・竹門康弘（京大）	2A21
16:00	福井県三方五湖における自然再生：多様な主体の協働 吉田丈人（東大）	2A22
16:15	秋田県八郎湖のアオコ発生メカニズムと住民参加型調査 岡野 邦宏・荒木 美穂（秋田県大）・松尾 歩（東西北大）・藤林 恵・宮田 直幸（秋田県大）	2A23
16:30	八郎湖流域の水質および元素循環の特徴と流域ガバナンス 早川敦（秋田県大）・片野登（元、秋田県大）・石川祐一（秋田県大）・日高伸（土壌協会）・高橋正（秋田県大）	2A24
16:45	流域住民への意識調査から示唆される自然認識の空間スケール—流域ガバナンスにどう活かすか— 長坂晶子（道総研林試）	2A25
17:00	総合討論（20-30分） 参加者全員	2A26

14:00	光：栄養塩バランスと生態転送効率—プランクトンを用いた野外操作実験 風間健宏・平間文也（東北大）・Tyler Tappenback（モンタナ州立大）・土居秀幸（兵庫県大）・片野泉（奈良女子大）・吉田丈人（東大）・山道真人（京大）・James Elser（モンタナ州立大）・占部城太郎（東北大）	2B14
14:15	細菌生産速度から見る霞ヶ浦湖心の物質収支 土屋健司・佐野友春・富岡典子・高村典子・中川恵・高津文人・小松一弘・今井章雄（国環研）	2B15
14:30	御嶽山噴火（140927）前後の水環境の研究 浅見和希・小寺浩二（法政大）	2B16
14:45	秋田県六郷扇状地の湧水の流量変化と水質にみられる関係 溝口宏和（秋田大）・網田和宏（秋田大）	2B17
15:00	霞ヶ浦高浜入りにおける水変り現象とそれによる水質変動について 中川圭太（茨環環科セ）・小日向寿夫（茨漁政）・神谷航一（茨環対）・大内孝雄（茨環対）・吉尾卓宏（茨農研）・菅谷和寿（茨鹿流下事）・相崎守弘（前茨環環科セ）	2B18
15:30	水生昆虫成虫の陸域への分散におよぼすダムおよびダム湖の影響 松岡真梨奈（奈良女子大）・水守裕一（兵庫県大）・布野隆之（兵庫県立人と自然の博物館）・一柳英隆（九州大）・土居秀幸（兵庫県大）・片野泉（奈良女子大）	2B19
15:45	小規模ダム河川の底生動物群集がダム・堰堤・支川流入から受ける影響 水守裕一（兵庫県大）・松岡真梨奈（奈良女子大）・相馬理央（兵庫県大）・一柳英隆（九州大）・土居秀幸（兵庫県大）・片野泉（奈良女子大）	2B20
16:00	諏訪湖における植物プランクトンへの栄養塩組成の影響 横内雅大・宮原裕一（信州大）	2B21
16:15	釧路市春採湖におけるウチダザリガニの食性解析 河野明斗・照井滋晴（NPO・PEG）・對馬孝治（日大）	2B22
16:30	千苜貯水池における内部振動が取水域に及ぼす影響 常村将太・藤井智康（奈良教育大）・藤原建紀（京都大・名誉教授）・中山恵介（神戸大）・清水武俊・中島祐輔・大藪智久・伊藤博之（神戸市水道局）	2B23
16:45	Determination of dissolved thiols in Lake Biwa water and extracted fulvic acid by HPLC-fluorescence detection with SPE Md. Rasheduzzaman・川口舞・丸尾雅啓（滋賀県大）	2B24
17:00	熱分解GC/MSを用いた琵琶湖北湖底質中化学成分の動態解析 村山耀平・初雪・布施泰朗（京工繊大）・岡本高弘・早川和秀（琵琶研セ）・柄谷肇・山田悦（京工繊大）	2B25
17:15	多環芳香族炭化水素など化学指標を用いた琵琶湖北湖における粒子状物質の動態解析 初雪・村山耀平・水口裕尊・布施泰朗（京工繊大）・早川和秀（琵琶研セ）・柄谷肇・山田悦（京工繊大）	2B26

Special Session: Internationalizing Limnology II		
17:45	Unknown protists with high grazing characterize the microbial eukaryotic community in Lake Biwa Indranil Mukherjee・Yoshikuni Hodoki・Yusuke Okazaki・Shin-ichi Nakano（Center for Ecological Research, Kyoto University）	2B27
18:00	DO PLANTS' STRESS PARAMETERS REVEAL THE COMMUNITY STRUCTURE OF RIPARIAN VEGETATION? *Lekkala Vamsi Krishna *Takashi Asaeda *Bhagya Nallaperuma（Saitama University）	2B28
18:15	MODELLING RIPARIAN VEGETATION DISPOSITION CONJOINING HYDROMORPHOLOGICAL AND ECOLOGICAL PROCESSES: A CASE STUDY AT A PLAGUED SITE *Bhagya Nallaperuma *Takashi Asaeda *Lekkala Vamsi Krishna（Saitama University）	2B29

夕食 18:30-19:30

ポスターセッション(優秀賞審査対象)

19:30 ~ 21:30

E会

21:30~

(第1会議室)

3日目 9月30日(土)

総会・各種表彰式  
(B会場)

9:00~12:00

ポスターセッション

13:00~15:00

A会場	
一般講演	
15:00	奥能登丘陵・宝達丘陵・両白山地の東西溪流群の水質分布 3A01 海老瀬潜一(元、摂南大)・川村裕紀(キョーワ(株))・永淵修(福岡工大)
15:15	阿蘇火山の火口湖「湯だまり」の水同位体組成 3A02 大沢信二(京大)・齋藤武士(信州大)・網田和宏(秋田大)
15:30	長期連続観測が示す南極湖沼の水温変動と循環特性: Cold 3A03 monomictic lakes 工藤栄(極地研)
15:45	浅層地下水地域における地下水位変動と自然電位分布の 3A04 関係 田中宏尚・網田和宏(秋田大)
16:00	泥炭地の形成と維持に及ぼす地形・水文要因, とくに尾 3A05 瀬を例にして 岩熊敏夫(北海道大)・野原精一(国環研)
16:15	今半世紀における陸水流入による陸水生態系変遷の研究 3A06 特色と課題 坂本充(名古屋大、滋賀県大)
16:30	2013年に発生した台風18号の通過後に再形成され 3A07 た琵琶湖環流の数値シミュレーション AUGER, Guillaume (IBM Research)・*WELLS, John C. (立命 館大学)
16:45	鳥取県東郷池の成層構造 3A08 大久保賢治・齋藤光代(岡山大)
17:00	岡山県鹿久居島の海底湧水について 3A09 大久保賢治・齋藤光代・川下勝也・土居鯨太(岡山大)
17:15	十和田湖の流入河川が湖水の水質に与える影響について 3A10 網田和宏・鷹巣真(秋田大)・田中輝(青森県・三沢市)
17:30	亜寒帯域における深湖の熱環境と永年不凍化へのシナリ 3A11 オ 知北和久(北海道大)・大八木英夫(日大)・相山忠男(福 田水文セ)・板谷利久(新技術コンサル)・岡田操(水工リ サーチ)・坂元秀行(ヒグマ博物館)

B会場	
一般講演	
15:00	北日本における止水性ヒメシロカゲロウ属(カゲロウ目: 3B01 ヒメシロカゲロウ科)の遺伝的多様性 林宏至朗・兼子伸吾・塘忠顕(福島大)
15:15	ため池のユスリカ多様性4類型の指標としての理解 3B02 高村健二・上野隆平・今藤夏子(国環研)・大林夏湖(東 大)
15:30	止水棲昆虫類におけるファインスケールでの移動分散に 3B03 ついて 富田和宏・*東城幸治(信州大)
15:45	酸性河川渋黒川において優占する捕食者レゼイナガレト 3B04 ビケラと被食者ユビオナシカワゲラ属の増減関係の季節 的变化(予報) 青谷晃吉(大仙市教育委員会)
16:00	地理的単為生殖昆虫オオシロカゲロウの両性生殖系統と 3B05 単為生殖系統の流程分布 関根一希(立正大)・東城幸治(信州大)
16:15	環境DNAによる河川・湿地での希少種の探索: ハコネサ 3B06 ンショウウオとヒメタイコウチを例に 片野泉・原田憲・酒多勇輔・相馬理央・土居秀幸(兵庫県 大)
16:30	核DNAマーカーを用いた環境DNA分析 3B07 内井喜美子(大阪大谷大)・土居秀幸(兵庫県大)・山中裕 樹(龍谷大)・源利文(神戸大)
16:45	珪藻寄生性菌類がバクテリア群集構造およびDOM組成に 3B08 与える影響 鏡味麻衣子・千賀有希子(東邦大)・Jason Woodhouse (IGB- Berlin)・Christian Wurzbacher (Gothenburg Univ.)・Hans-Peter Grossart (IGB-Berlin)
17:00	高密度化された津久井湖・相模湖ラン藻におけるVOC産生 3B09 と青色化を伴う溶藻現象 山下竜司・有井鈴江(名城大)、辻 清美(神奈川衛研)、 富田浩嗣(愛知衛研)、*原田健一(名城大)
17:15	Microcystin分解性細菌B-9株における新たな加水分解酵素 3B10 MrEおよびアミノ酸輸送担体 金海燕・平柳里奈・川島湖都美・Andrea R.J. ANAS(名城 大)・辻清美(神奈川衛研)・*原田健一(名城大)

懇親会

18:30 ~ 21:00

ポスターセッション

2日目 9月29日(金) 19:30~21:30

3日目 9月30日(土) 13:00~15:00

ポスター (審査有)	
ミジンコの適応度に及ぼす腸内細菌	2P01
張 璇・占部城太郎・牧野渡・大槻朝 (東北大)	
木葉・ミジンコ：湖沼二次生産に対する外来性有機物の影響	2P02
平間文也・風間健宏・野口拓水 (東北大)・山道真人 (京大)・片野泉 (奈良女子大・生物)・土井秀幸 (兵庫県立大)・吉田丈人 (東大)・Tyler Tappenbeck・Jim Elser (Montana Univ.)・占部城太郎 (東北大)	
Seasonal variation of fungal community, especially zoospore fungi, in Lake Biwa based on LSU region of rDNA	2P03
宋培学・伴修平・田辺祥子・易容 (滋慶大)	
造網型トビケラと環境要因との関係について	2P04
中村虎之介 (広島大)	
琵琶湖深底部における次世代シーケンサーを用いた底生生物消化管内容物の解析	2P05
三田村学歩・岩本興治・細井祥子 (滋賀県大)・石川可奈子 (琵琶湖研セ)	
ヒメドロムシ科幼虫群集の組成と水質との関わりについて	2P06
三谷岳・河合幸一郎 (広島大)	
Evolution of Malwain Cichlids in Lake malawi	2P07
Hashem Shaharior, Kawai Koichiro (Hiroshima University, Graduate School of Biosphere Science)	
環境DNA技術におけるPCR阻害要因の検討：ため池の水とゼブラフィッシュを用いた飼育実験	2P08
相馬理央 (兵庫県大)・山中裕樹 (龍谷大)・土居秀幸 (兵庫県大)・片野泉 (奈良女子大)	
トゲマダラカゲロウ属数種における幼虫の体色斑に関連した遺伝的分化	2P09
田村繁明・加賀谷隆 (東大)・加賀谷悦子 (森林総研)	
琵琶湖湖底堆積物におけるカイアシ類Eodiaptomus japonicus休眠卵の現存量・孵化率および発育可能性	2P10
刘鑫・Delphine Beyrend・伴修平 (滋賀県大)・Gaël Dur (静岡大)・牧野渡・占部城太郎 (東北大)	
水生昆虫を主としたオオサンショウウオ幼生の食性について	2P11
児玉敦也・中村虎之介・神林千晶 (広島大)・清水則雄 (広島大学総合博物館)・河合幸一郎 (広島大)	
兵庫県中播磨地域のため池におけるトブガイの分布制限要因	2P12
東垣大祐・覚田青空・相馬理央・土居秀幸 (兵庫県大)・片野泉 (奈良女子大)	
アカミミガメを対象とした目視調査と環境DNA調査の精度比較：ため池への外来種侵入予測ポテンシャルマップ構築に向けて	2P13
覚田青空・東垣大祐・相馬理央 (兵庫県大)・源利文 (神戸大)・土居秀幸 (兵庫県大)・片野泉 (奈良女子大)	
日本における <i>D. pulex</i> のクローン分布を決める要因：種内競争能力からの考察	2P14
丸岡奈津美・占部城太郎 (東北大)	
長野県深見池の年縞堆積物における微生物群集構造解析	2P15
木村成子 (滋賀県大)・大前公保・吉田天士・左子彦彦 (京大)・大竹裕里恵 (東大)・大槻朝・占部城太郎 (東北大)・山田和芳 (ふじのくに地球環境史ミュージアム)・吉田丈人 (東大)	

ポスター	
水生菌類を用いたハイスループット培養試験法の検討	3P01
永井孝志 (農研機構・農環研)	
水草の刈取り・除去による生物群集への影響評価	3P02
石川可奈子・井上栄壮 (琵琶湖研セ)・芳賀裕樹 (琵琶湖研)・伴修平 (滋賀県大)	
環境DNAによる淡水エビ分布調査を目的とした在来種-外来種群判別 Multiplex PCR法の確立	3P03
石黒直哉・石田季久・飯島大智 (城西大)	
鳥屋野潟の動物プランクトン相	3P04
帆苅信 (新潟河川生態研究グループ)	
河川の健全度指標におけるウグイの利用価値について	3P05
西家大輔 (広島大)	
Daphniaにおける真菌類の餌料価値	3P06
豊田真樹・牧野渡・占部城太郎 (東北大)	
ダム建設予定地下流の河川における糸状藻類と流速の関係	3P07
相子伸之・山本義彦・近藤美麻・小田優花・山口翔吾・内藤馨 (大阪環農水研)	
霞ヶ浦底泥からのMicrocystis rDNAの抽出と定量	3P08
長濱祐美 (茨城県科セ)・富岡典子 (国環研)・松本俊一・福島武彦 (茨城県科セ)	
福島湖 (新潟県) の陸水生物相 1. 水質と微小生物	3P09
帆苅信 (新潟河川生態研究グループ)・佐久間昌孝・伊藤章・安部信之・富樫繁春	
微量セシウム蛍光検出プローブを用いたトビケラの流下物取り込みに関する試み	3P10
佐藤翔 (埼玉大)・藤野毅	
琵琶湖北湖における微生物群集の季節変化	3P11
富岡典子・土屋健司・小松一弘・高津文人・今井章雄 (国環研)・早川和秀・廣瀬佳則・岡本高弘・永田貴丸 (琵琶湖研セ)	
水生昆虫の生息可能温度：北米のデータベースを用いた解析	3P12
土居秀幸 (兵庫県大)・John S. Kominoski (Florida International University)・片野泉 (奈良女子大)	
深見池のC,N,Pの特異性と長期変動	3P13
八木明彦 (愛知工業大学)・大八木麻希 (四日市大学)・登めぐみ (三重県建設技術センター)・寺野ひろ実 (ニックKK)・宇佐見亜希子 (Kkウォーターエージェンシー)	
白神山地山麓十二湖青池の呈色機構に関する研究	3P14
花石竜治・野澤直史・佐藤裕久 (青森県環境保健センター)・工藤志保 (青森県中南部地域県民局環境管理部)	
湖底環境シミュレーション実験による湖水-底質間における化学成分の動態評価	3P15
布施泰朗・初雪・村山耀平 (京工織大)・岡本高弘・早川和秀 (琵琶湖研セ)・柄谷肇・山田悦 (京工織大)	

Application of DNA barcoding for identification of rotifer gut contents	2P16	生物	琵琶湖における湖水中と湖底堆積物中の窒素循環過程の関連性	3P16	生物以外
Oh Hye-Ji (Kyunghee Univ.)・Jo Hyun-Bin (Pusan National University)・Chang Kwang-hyeon (Kyunghee Univ.)・Joo Gea-jae (Pusan National University)			尾坂兼一・土橋直哉・鈴木悠平・山田沙希・丸尾雅啓(滋賀県大)・中村高志・西田継(山梨大)		
日本産陸生シアノバクテリアNostoc communeの毒素生産の有無とその他の二次代謝産物の探索	2P17	生物	琵琶湖水における有機物の生分解性について	3P17	生物以外
黒澤航軌・朴虎東・全逢錫(信州大)			早川和秀・廣瀬佳則・岡本高弘・佐藤祐一・永田貴丸(琵琶湖研セ)・後藤直成(滋賀県大)・中野伸一(京大)・富岡典子・今井章雄(国環研)		
ミジンコの成長に及ぼす自生性と外来性有機物の栄養評価	2P18	生物	Current situation and problems of Inle lake water management in Myanmar	3P18	生物以外
野口拓水・風間健宏・平間文也(東北大)・Tyler Tappenback(モンタナ州立大・FLBS)・土居秀幸(兵庫県大)・片野泉(奈良女子大)・吉田丈人(東大)・山道真人(京大)・James Elser(モンタナ州立大・FLBS)・占部城太郎(東北大)			Htet Htet Moe(埼玉大)・Yint Wai Phyo・Takeshi Fujino		
Seasonal variations of autotrophic picoplankton abundance in Lake Biwa, with special reference to their grazers	2P19	生物	塩基性化する淀川水系河川水に関する研究	3P19	生物以外
蔡吉(京大)			中口謙・辻直樹・下方康汰(近畿大)		
昆虫食が貢献する食料生産：水域からの漁獲資源減少を考慮して	2P20	生物	猪苗代湖における底層DOの変動	3P20	生物以外
Randy Nathaniel Mulia・土居秀幸(兵庫県大)			大沼紗織・佐藤貴之(福島県環境創造センター)		
印旛沼におけるMicrocystis aeruginosaの遺伝的多様性と分布パターン	2P21	生物	衛星リモートセンシングによる琵琶湖におけるクロロフィルa濃度分布の解析	3P21	生物以外
岡崎一真(東邦大)・田辺雄彦(筑波大)・鏡味麻衣子(東邦大)			後藤直成・新井那莉・塚本浩貴(滋賀県大)・林正能(株)サイエンスアンドテクノロジー)・石坂丞二(名古屋大)		
メタバーコーディングが明らかにする河川水中の菌類相とその空間構造	2P22	生物	乾式メタン発酵残渣を施用したハス田における窒素挙動	3P22	生物以外
松岡俊将(兵庫県大)・佐藤博俊(龍谷大)・原田憲(兵庫県大)・片野泉(奈良女子大)・土居秀幸(兵庫県大)			利谷翔平・那須啓亮・島村誠人・寺田昭彦・細見正明(東京農工大)		
琵琶湖のプランクトンを環境DNAから探る！	2P23	生物	隔離水界を用いたウナギの水生態系と水質への影響	3P23	生物以外
永野真理子(兵庫県大)・牧野渡(東北大)・土居秀幸・松岡俊将(兵庫県大)			河鎮龍(信州大)・坂本正樹(富山県大)・小林宏輝・花里孝幸・朴虎東(信州大)		
諏訪湖における植物プランクトンへの栄養塩組成の影響	2P24	生物以外	千曲川中流域における一次生産の推定	3P24	生物以外
横内雅大・宮原裕一(信州大)			宮原裕一・平林公男(信州大)・傳田正利(土木研)		
Pseudopolarographyを用いた琵琶湖水中溶存有機配位子の分離及び銅錯化容量の測定	2P25	生物以外	中禪寺湖における放射性セシウムの挙動	3P25	生物以外
湯川孝紀(岡山理科大)・森本喬也(神戸大)・丸尾雅啓(滋賀県大)・早川和秀(琵琶湖研セ)・小畑元(東大)・杉山裕子(岡山理科大)			野原精一(国環研)・横塚哲也・小堀功男(栃木県水産試験場)		
岡山城内堀に溶存する蛍光性有機物のPARAFAC解析-ヒシ成育の有無が成分スペクトルに与える影響	2P26	生物以外	ダム湖がもたらす弊害解消策；佐久間ダムについての提案	3P26	生物以外
浦川泰弘・土居愛美・重松直樹・福田史紗・澤近美咲・齋藤達昭・杉山裕子(岡山理科大学)			戸田三津夫(静岡大)		
高等植物におけるアオコ抑制物質の探索	2P27	生物以外	水温制御による水草繁茂の抑制実験について(予備研究)	3P27	生物以外
王居婷・朴虎東・牧田直樹(信州大)			植本佳樹(株式会社新洲)・熊谷道夫・青田容明(立命館大)		
湖底堆積中のアオコ毒microcystin定量方法の確立	2P28	生物以外			
出口博之・全逢錫・朴虎東(信州大)					
汽水湖穴道湖湖心の硫化水素の挙動	2P29	生物以外			
野里久幸・菅原庄吾・江川美千子(島根大)					
テドラーバッグを用いる硫酸還元反応の半飽和定数の決定	2P30	生物以外			
菅原庄吾(島根大)・神谷宏(島根県保環研)・馬場達也・江川美千子・清家泰(島根大)					
琵琶湖北湖水中に含まれるマンガンの形態別分析とその挙動	2P31	生物以外			
浅岡昂志・丸尾雅啓(滋賀県大)					
腐植栄養湖赤沼における水系腐植物質動態に微生物が与える影響	2P32	生物以外			
成岡知佳・千賀有希子(東邦大)					

谷津干潟堆積物における脱窒とアナモックスの集積培養	2P33	生物以外
佐藤翼（東邦大）・諏訪裕一・黒岩恵（中央大）・千賀有希子（東邦大）		
遺伝子発現解析と微小電極による水田の亜酸化窒素生成反応の推定	2P34	生物以外
利谷翔平・竹内裕貴・寺田昭彦・細見正明（東京農工大）		
浅い富栄養化湖沼におけるアオコの日周鉛直移動と栄養塩動態について	2P35	生物以外
菅原巧太郎・藤林恵（秋田県大）・遠田幸生（秋田県産業技術センター）・荒木美穂・岡野邦宏・宮田直幸（秋田県大）		
New Index of Organic Pollution for Brackish Lake Using BOD and COD-Cr	2P36	生物以外
戸田三津夫・*Adelia Anju Asmara・加藤幹也（静岡大）		
高濃度酸素水供給装置の自動運転による布部ダム深水層の窒素浄化に関する研究	2P37	生物以外
引野愛子・増木新吾・菅原庄吾・江川美千子・清家泰（島根大）		
活火山地域における水環境の比較	2P38	生物以外
浅見和希・小寺浩二・猪狩彬寛・堀内雅生・山崎康熙・諸星幸子（法政大）		
赤城山に存在する一時湖沼の出現と消失プロセス	2P39	生物以外
船生泰寛（立正大）		

## 【 課 題 講 演 】

### 陸水を介した森・川・海のつながり

コンビナー:大西健夫(岐阜大学)・岩田智也(山梨大学)

9月28日(木) A会場 15:00-17:15

陸域における人間活動は陸水を介して上流域から下流域に影響が波及するため、流域的視点が不可欠である。流域の「統合的水資源管理」や「森里海連関学」、「LOICZ (Land and Ocean Interaction at Coastal Zone)」など、陸域と海洋の一体的な水系管理の重要性は従来から認識はされていたものの、未だ概念論にとどまっており、政策決定の場でも広く利用可能な形に実体化していくためには、流域の変化を包括的に評価すること、そして、その変化が沿岸域と海洋へ及ぼす影響を科学的に評価する必要がある。しかし、従来の研究では個別プロセスの研究が主体であったため、流域全体をひとつのシステムとして捉える方法論、視点、課題自体が明確にされていない。そこで本課題講演では、上流域から森林、農地、都市、湖沼、湿地、沿岸域と多様な土地利用・土地被覆を経由しながら、河川や湖沼を形成し、海洋へ到達する陸水のプロセスを包括的に取り扱うための手法、概念、課題を明らかにすることを意図して数年にわたるシリーズとして企画するものである。今年度は広く課題を明らかにすることを目的として、「森・川・海のとつながりと人間活動」との関係に着目した研究であれば、いかなる課題も歓迎である。課題の抽出を行うことに主眼をおいた課題講演としたい。

### 火山と陸水

コンビナー:野崎健太郎(椋山女学園大学教育学部)・田代喬(名古屋大学減災連携研究センター)

9月29日(金) A会場 9:00-10:30

火山は、その活動によって、カルデラ湖、強酸性環境、温泉など、陸水学にとって魅力的な研究対象を私たちに提供してくれます。例えば、火山性酸性湖の美しくも不思議な水色の形成過程(Ohsawa et al. 2010: *Limnology*, 11: 207-215)、特異な生物相と物質代謝(Doi et al. 2003: *Aquatic Microbial Ecology*, 33: 87-94)、今日でも興味深い現象が報告され続けています。一方で火山の噴火は大きな自然災害を引き起こし、御嶽山(長野県・岐阜県)の2014年噴火では、58名が犠牲者になり、火山噴出物が王滝川水系の濁りと酸性化を引き起こしたことは記憶に新しいところです(日本陸水学会東海支部会 <http://rikusui-tokai.sakura.ne.jp/356-2/>)。本課題講演は、陸水学会第82回大会が、日

本有数の火山地帯である東北地方、しかも火山性酸性河川の人為的な流入によって環境が改変された田沢湖近隣で開催されることから、火山と陸水との関係に改めて着目し、基礎科学に留まらず、防災を含んだ応用科学に至る、幅広い範囲で議論することを目的に企画しました。

### 陸水環境における放射性物質の挙動 – 原発事故後 6 年間を振り返って –

コンピーナー:野原精一 (国立環境研究所)・植田真司 (環境科学技術研究所)

9 月 29 日 (金) A 会場 10:45-12:00

2011 年 3 月に東京電力福島第一原子力発電所事故から放出された放射性物質は世界的規模の環境汚染を引き起こした。特に東北・関東地方には特に多く沈着し、降雨などのイベントに伴い徐々に流域内を降下している。河川水を通じた放射性セシウムの移動は、水田などの水を用いた農作物への影響、山林などからの放射性セシウムの拡散状況の把握、河川底質や河口付近への放射性セシウムの移動などの環境動態評価が重要となる。また、水中の放射性 Cs は主に溶存態と懸濁態で存在し、その異なる挙動が予想される。そこで、陸水環境での懸濁粒子の挙動、沈殿量の季節変化、流量観測と放射性物質の挙動、河口域に洪水時に流れ込んだ放射性物質の分布と蓄積量、水生生物相と放射性物質の蓄積量を定量的に明らかにすることが陸水学者に求められている。第 79 回つくば大会の課題講演に引き続き、原発事故後 6 年間を振り返って各地の陸水における環境放射能研究を総合的に考察し、今後地元東北の環境改善に還元して行く方法について議論する。また、関係するポスター発表も同時に投稿して頂き、合わせて総合的に議論を深める予定である。

### 流域ガバナンス：陸水学が果たす学術的貢献と社会的役割

コンピーナー:奥田昇 (総合地球環境学研究所)

9 月 29 日 (金) A 会場 13:30-17:30

陸水学は、陸水域の物理・化学・生物プロセスを総合的に理解する学際科学として 19 世紀に誕生しました。さらに、近代化の中で人間活動が陸水環境に及ぼす影響が無視できないほど増大するにつれ、応用陸水学が発展してきました。近年では、研究者や行政が中心となって、陸水環境を統合的に管理する「流域管理」が実践されるようになりました。しかし、流域社会における環境問題が複雑・重層化するにつれて、行政や研究者だけで問題を解決するのが困難になってきました。流域ガバナンスとは、流域で顕在化する社会的課題や環境問題を解決するために社会の多様な主体が問題と向き合い、協働

する仕組みです。

本課題講演は、流域ガバナンスに携わる研究者の実践事例や体験談を持ち寄り、流域ガバナンスに対する理解を深め、情報共有する場を醸成することを目的とします。流域ガバナンスにおける陸水学の学術的貢献や社会的役割について闊達な議論を期待します。

## Internationalizing Limnology II

Convener: Indranil Mukherjee

Convener: Indranil Mukherjee (Center for Ecological Research, Kyoto University)

9月29日 (Fri) B会場 17:45-18:30

After a successful English session in JSL 2016 (Internationalizing Limnology), we decided to continue the session to provide a platform to bring together and interact with various researchers from Japan and various countries of the world. All the researchers working in any field of limnology who wish to present in English and those who are not confident in presenting their work in Japanese are welcome to present in this session. We hope that this opportunity will help in exchanging novel ideas from the researchers working in various aspects of limnology and this will also help in initiating international collaborations.

## 【自由集会】

### 環境 DNA 調査：分析方法の解説と採水調査の実践

源利文・徐寿明（神戸大学）・土居秀幸（兵庫県立大学）

9月28日（木）B会場 20:00 -

近年発展している環境 DNA を用いた生物調査について、これから始めようとする方むけに、具体的な分析方法の解説と、調査のデモンストレーションを行う。また、若手の研究者から最新の話題について提供してもらう。

### 陸水物理研究会

知北和久（北海道大学）

9月28日（木）会議室2 20:00 -

同研究会は、陸水学会会員を中心として1981年に設立され、年一回、研究発表会と巡検を実施し、今年は11月に奈良で開催される。会員は、特に「水に関わる環境変動と自然災害」に関係する研究者が多い。生物系の方も大いに歓迎する。関心のある方は、どうぞ、お越し下さい。

### 陸水学ライトニングトーク

鏡味麻衣子（東邦大学）・高巢裕之（長崎大学）・宮下洋平（北海道大学）・土居秀幸（兵庫県立大学）・大澤剛士（農環研）

9月28日（木）会議室1 18:30 -20:00

5分間という限られた時間で、ご自身のトピックを自由に話しませんか。また、聴衆として参加していただければ、短時間で様々な分野を勉強で、多岐にわたる「陸水学」の研究を勉強できます。発表プログラムはネット上に公表します。演題は15題、1人5分、5名に発表していただいた後、5名全員への質疑応答を5分設けます。ぜひ演者として、あるいは聴衆としてご参加ください。

陸水学は、「陸水」という場を共有した学問分野で、研究内容は物理や化学、生物学など多岐にわたります。陸水学会に参加しても、特に若手の方は、自分の研究を理解してもらえないかも、他分野の研究を理解するのは難しいかも、といった不安はないでしょうか？

ライトニングトークとは、**Lightning**（稲妻、電光石火）のように、短時間でインパクトのある話をするところが基本コンセプトになっています。5分間という限られた時間で、自分の大胆なアイデアを提示したり、始めたばかりの実験デザインを紹介したり、最近出版した論文を宣伝したり、陸水学のトピックを自由に話しませんか。また、5分という短い時間なので1つ1つの発表に集中することができ、短時間で様々な分野を勉強できます。ライトニングトークは他の学会でも見られる企画で、日本生態学会では学部3年生も積極的に発表に挑戦し、発表側、聴衆の双方から大好評を博しました。面白さは保証します。ぜひ演者として、あるいは聴衆としてご参加ください。

<<5分で発表なんかまとまらないよ>> いえいえ、5分でまとめることが大事なのです。枝葉末節をそぎ落とす作業は、自分の研究の本質を見つめ直す良い機会になります。この作業は本当に伝えたいことを再認識でき、普段の口頭発表への良いトレーニングにもなります。さらに、就職や学振などの面接にも生きてくることでしょう。

<<自分の専門外の発表が5分じゃ理解できないよ>> いえいえ、演者は要点のみに中身を搾ってくるので、むしろわかりやすくなっています。興味を持った内容があったら、ぜひ懇親会等で演者を捕まえましょう。

<<何を発表すれば良いの？>> ご自由にどうぞ！最新のデータでも、最近発表された論文の宣伝でも、本大会の一般講演の宣伝でも一切お任せします。ただし、自身の研究や取り組みに関わる内容としてください。例えば他人の論文レビューや本の紹介だけではダメです。

<<発表プログラム>> 大会前にネット上で発表します。演題は15-20を予定しています。各部30分を基本単位とし、5名に5分ずつ発表していただいた後、5名全員への質疑応答を5分設けます。

## 【陸水学会若手の会 E 会】

宮下洋平（北海道大学）・高巢裕之（長崎大学）

9月28日（木）会議室1 20:00 - 懇親会

9月29日（金）会議室1 21:30 - 研究発表会

（会議室1はE会ブース）

陸水学会若手の会(E 会)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、毎年、大会期間中に開催し、自由な熱い議論を繰り広げています。今年のE会は、「E会に中堅以上の研究者を巻き込む」ことをコンセプトに掲げています。飛び入り自由、出入り自由、飲食自由ですので、ぜひ中堅以上の研究者の皆様も積極的にご参加ください。

また、大会期間中は終日、若手のたまり場としてE会ブースを設けております。空いた時間には是非お立ち寄りいただき、他大学の学生やポスドク研究者との交流の場としてご活用ください。自称若手、昔は若手だった方など、どなたでも大歓迎です。

こちらもぜひご参照ください。

陸水学会若手会（E会）HP：<http://ekaijsl.tumblr.com/>



## 【 企 業 展 示 】

### 2F ロビー

大会期間中、会場は2F ロビーにて大会参加企業による観測・測定機器等の展示・解説・導入相談を行っています。是非足をお運び下さい。

#### 参加企業・団体

JFE アドバンテック  
日科機バイオス  
エス・イー・エイ  
日本海洋（株）  
ハイドロシステム開発  
アムラボ  
いばらぎ霞ヶ浦 2018

## 【 ランチョンセミナー 】

9月29日（金）12:15 -13:15 A会場

参加企業による観測・測定機器等の説明や導入・実践例をスライド等により解説していただきます。ふるってご参加下さい。

先着30名に昼食を差し上げます。

#### 講演企業・団体（質疑応答含め15分）

エス・イー・エイ  
日本海洋（株）  
アムラボ  
いばらぎ霞ヶ浦 2018

## 【懇親会のご案内】

9月30日（土） 18:30-21:00

ロイヤルホールにて懇親会を行います。懇親会に申し込まれた方はご出席下さい。酒類等の持ち込みも歓迎いたします。

## 【昼食のご案内】

大会期間中、2Fロビーにてお弁当を販売いたします。お部屋、もしくは休憩室にてお食べ下さい。なお、近隣には飲食店も数軒ございますが、営業時間等についてはご自身でご確認下さい。

# **1 日目 (2017 年 9 月 28 日)**

## 1. はじめに

2015年に国連採択された「持続可能な開発目標」(SDGs)のひとつには、陸域生態系の保全・回復が掲げられている。陸域における人間活動は陸水を介して上流域から下流域に影響が波及するため、人間活動を維持しながら陸域生態系の保全を行うためには、流域的視点が必要不可欠である。流域の「統合的水資源管理」や「森里海連関学」,「LOICZ (Land and Ocean Interaction at Coastal Zone)」など、陸域と海洋の一体的な水系管理の重要性は従来から認識はされていたものの、未だ概念論にとどまっており、政策決定の場でも広く利用可能な形に実体化していくためには、陸域生態系の変化を包括的に評価すること、そして、その変化が海洋へ及ぼす影響を科学的に評価する必要がある。しかし、従来の研究では個別プロセスの研究が主体であったため、流域全体をひとつのシステムとして捉える方法論、視点、課題自体が明確にされていない。そこで本報告では、森里海の連環研究に関する研究をレビューしつつ課題の抽出を試みる。

## 2. 森里海の水・物質動態

第1に、水・物質動態という視点から森里海研究における研究の進展および方向性を観測とモデリングの双方から検討してみたい。観測とモデリングの相乗効果により、陸域における水・物質動態のモデル化は、流域全体を対象とした数値シミュレーションが原理的には可能となりつつあり、流域をひとつの単位として水動態の変動を時空間的に可視化することが可能となりつつある。このような点においては、過去20年ほどの間に大きな進展が見られ、特に計算機能力の飛躍的向上がこの進展の駆動力になっている。他方、水・物質動態に関する本質的理解に大きな進展があったかと問うたときには、その答えは心もとない。いわゆる水文学における水質のパラドクスである「古い水の多様な水質」が問題の本質を象徴している。言い換えると、小流域でさえ水質形成のメカニズムは不明な点が多い。解決すべき課題は、対象とする物質ごとに詳細な検討が必要ではあるが、水文学的視点からは、土壌圏・岩石圏における不均一性がひとつの大きな課題として残されていると考える。したがって、現時点では、流

域から沿岸域へもたらされる水量の時空間的分布をある程度表現することができるが、水質については、十分信頼に足る結果を与えることができていないのが現状である。

## 3. 森里海の連環研究

第2に森里海の連環研究の課題を考察する。連環研究を実施する上では、個別の素過程の解明が不可欠であるとも考えられるが、流域あるいは流域圏(海洋を含む)を対象とした連環研究の視点と、個別の素過程研究は相補的關係にあると考えられる。重要な理由のひとつは流域や流域圏というマクロな視点のもとに、絶えず素過程というミクロな視点を位置づけなおしつづけることが森里海の連環研究、素過程研究の双方にとって必要であるからである。「河川連続仮説」はその典型である。したがって、素過程の完全な解明を待たずとも、森里海の連環研究は可能である。次に森里海連環研究においてどのような研究課題が重要となるかを考察する。

第1に、システムとして流域を捉える方法論の確立が望まれる。システムとは複数の相互作用する構成要素からなり、相互作用から個別要素にはない特性が創発する。森里海連環研究では、システムの構成要素として森、里、海を最初の階層におくが、各要素には下位の階層が想定されており、重層的な構造になっていると想定されている。しかし、その実態や詳細な概念検討は明かにされていない。「代謝」、「滞留時間」といった概念整理とともに、流域をシステムとしてとらえるために概念検討を行う必要があると考える。第2には、生態系サービスと水・物質動態との関係を明らかにする研究が重要となると考えられる。第1の課題とも密接に関係するが、流域をシステムとして捉えるときに生態系サービスという考え方がひとつの軸になると考えられるからである。最後に、人間活動に起因した物質動態を考慮することが重要であると考えられる。

## 1. はじめに

愛知県唯一の天然湖沼である汽水湖油ヶ淵では、「ミレニアム生態系評価計画(MA)」が示す、供給、調整、文化的および基盤の全カテゴリーに係わる、食料、ろ過食性による水質浄化、風物詩たる貝採り等で、生態系が持つ栄養塩の循環に寄与するヤマトシジミが肥料になるほど漁獲されたという。

淡水化後の八郎湖(秋田県)では、昭和62年に一時的な海水流入があり、ヤマトシジミの繁殖力が回復し、平成元年からの6年間で、汽水時代の年2千トンの倍にあたる2万4千トンを水揚げした。つまり、孵化できた幼生が着底できる砂泥底質、餌料のケイ藻類の豊産、貧酸素や硫化水素の発生抑制等、好適な衣食住環境があったと考えられる。漁獲サイズに至った以降3年間は、透明度の上昇、CODの低下等が記録されている。この環境要因の再現を図ることで、森里海連携の課題解決法が見えてくる。因みに近くの男鹿半島は豊富な湧水量を誇り、地域の重要な水産資源のハタハタ漁を支えていた。

## 2. 材料と方法

平成8年に、油ヶ淵は富栄養化が著しく底質はヘドロ化し、ヤマトシジミは生息していないと報告されている。この改善策として下水道整備、浚渫・覆砂、河川浄化施設等が施策に取り入れられた。

平成15(冬季)、16年度(夏季)に、平成2年に琵琶湖南湖赤野井湾で125m<sup>3</sup>の反応槽を使って修得した小山・岸式底質改善法を、油ヶ淵湖畔に5m<sup>3</sup>の水槽を3槽並べ再現実施した。小山・岸法の原理は、小山忠四郎が明らかにした環境水と底質間におけるFeの酸素運搬機能の利用にある。すなわち、底質から砂を分級後、含泥水の好気化をバッチ方式で行う。砂分は撒き戻す。これで、砂泥質への改善と、底泥中のFeを酸素を保持する三価のFeにする。

また、平成17年度、愛知県庄内川の汽水域に位置する南陽大橋下の底質を試料にして、水温を室温(5~10℃)と、夏季を想定した30~35℃に設定し、テーブルテスト規模で好気化処理試験を実施した。

## 3. 結果

油ヶ淵底質の透水速度は、原泥0.874 cm/日、分級砂は約16m/日であった。污水处理に類似のシステムなので嫌気泥水中の易分解性有機物は分解されるが、MLVSS/MLSS値は分離泥で15.1%、改善泥で15.8%とほぼ同等。鉄分は共に4~5%であった。

曝気処理により泥水は黒色から褐色に変化するが、曝気後のpH値は、冬季は5台、夏季は3台であった。原泥のpH(H<sub>2</sub>O)は7.42、酸性硫酸塩土壌簡易判定法のpH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)で3.05を示した。

## 4. 考察

小山・岸法は湖沼・内湾のオンサイトシステムであり、下記の結果を八郎湖の事例に重ねて検討することで、森里海の流域連携が具体化できる。

- ① 分級法は底質改善(砂供給)の臨床的方法
- ② MLVSS/MLSS値の僅差は、無機SSの寄与大を示唆し、ここでは水田濁水が挙げられる
- ③ 曝気処理に係る泥色とpHへの変化は、潜在的酸性硫酸塩土壌中のパイライトの、高水温・好気性細菌によるヘマタイトと硫酸生成である

八郎湖では、森林の保全で土壌の健全化を維持し、濁水を出さないイネ作りも進められている。目視できる無機SSに起因する底質悪化への対応である。

一方、人工林の間伐遅れによる土壌流失は分り易いが、これが湧水量の減少を招き溶存ケイ酸量に影響し、水産資源量に反映することには関心が低い。

ケイ酸の溶存は風化作用で人為的な管理はできないとの思い込みがあるが、ダムでの減少もあれば、森林土壌健全化で回復もし、ケイ酸施肥もある。

ケイ藻のレッドフィールド比はC:P:N:Fe:Si=106:1:16:0.001:15~50とされ、Siはガラス質の殻になる。鉱物化した殻は死滅後溶解に時間が掛かり、窒素やリンの循環とは時間軸が異なる。

筆者は現在、宍道湖漁協のワカサギ孵化場でケイ酸及びフルボ酸という森林土壌由来物質を付加し、微細藻類の種組成変化を捉えようと活動している。地域資源のヤマトシジミの豊産を維持する上流域の土地利用施策に反映できればと考えている。以上

# 1A03

\*井手淳一郎（九州大・決断科学セ），武田育郎（島根大・生資），宗村広昭（島根大・生資），森也寸志（岡山大・環境理工），作野裕司（広島大・工），米康充（島根大・生資），高橋絵里奈（島根大・生資）

## 1. はじめに

近年，地方の過疎・高齢化を背景として，管理の十分に行き届かない森林や農地が増加している。我が国の国土の多くは森林で覆われており，そのうち約40%は人工林であり，スギやヒノキのような針葉樹林が多く存在する。このような針葉樹林では，管理が不十分なために下層植生が貧弱で土壌が露出している場合がある。したがって，降雨があれば雨滴による侵食が生じ，土壌表層の窒素（N）やリン（P）等の栄養塩が土砂とともに多量に流出する可能性がある。農地においては，その限られた面積から集約的農業により多量の施肥が行われ，とくに作物に吸収されなかったPが土壌に多く残留している。したがって，農地においても降雨時，土壌侵食によって栄養塩の流亡が生じる可能性がある。これらのことは陸域からの栄養塩流失を意味するだけでなく，下流の水環境における栄養度の上昇等のリスクをもたらさう。

森林や農地等の土地利用が下流の水環境に及ぼす影響は多くの場合，河川の栄養塩濃度と土地利用との関係（C-L関係）によって評価されてきた（例えば，Osborne&Wiley 1988）。一方，既往研究においてC-L関係のほとんどが平水時の単発の調査で評価されてきた。森林や農地からは主に降雨時，多量の栄養塩が輸送され河川に流入し，河川の栄養塩濃度が変動する。したがって，C-L関係も降雨量や河川流量によって変化すると考えられる。すなわち，土地利用が下流の水環境に及ぼす影響は水文条件を考慮した評価が必要とされる。しかし，このような評価を実施した研究は殆どないのが現状である。

本研究では，過疎・高齢化が進行した河川流域において森林や農地等の土地利用が及ぼす河川水質への影響が水文条件によってどのように変化するかを検討することを目的とした。

## 2. 材料と方法

調査対象河川の斐伊川は宍道湖・中海に流入する最大の河川であり，斐伊川からの栄養塩はこれら二

つの汽水湖の水質に大きく影響している。斐伊川の流域面積は約911 km<sup>2</sup>であり，土地利用は森林が82%を占め，農地が13%を占める。また，流域内の針葉樹人工林の63%は間伐遅れであった。

斐伊川流域の8つの水質観測地点において，1992年から2009年までの間，原則として年1回の頻度で，水質分析用の河川水を採取した。1993-1995と2008-2009の期間については月1回の頻度で河川水を採取した。これら8つの観測地点は流域（サブ流域）の末端に位置し，各地点の水質はサブ流域の土地利用を反映していると考えられる。水質分析項目は全窒素（TN），全リン（TP），硝酸イオン（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>），リン酸イオン（PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>）である。

## 3. 結果と考察

河川水の栄養塩（TN, TP, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>）濃度の観測期間における平均値は，NO<sub>3</sub><sup>-</sup>を除くと，流域に占める森林面積割合が大きいほど低く，また，農地や宅地の面積割合が小さいほど高かった。

針葉樹林と広葉樹林の面積割合を説明変数，栄養塩濃度を目的変数とした，観測日ごとの重回帰分析から，針葉樹林と広葉樹林の偏回帰係数はいずれも負の値で，降雨量の増加とともに減少することがわかった。一方，河川の栄養塩濃度は降雨量や河川流量とともに上昇した。これらの結果は，森林タイプが針葉樹林か広葉樹林かに関わらず，降雨が多いほど森林が河川の栄養塩濃度の上昇を効率的に抑えることを示唆する。農地におけるC-L関係の回帰係数はいずれの観測日も正の値であり，降雨量とともに増加した。また，その絶対値は森林のそれと比べ大きかった。これらの結果は，降雨が強くなるほど小さな面積の農地が下流河川の栄養塩濃度の上昇に寄与することを示す。本研究の結果は，流域の大部分を占める森林が降雨による栄養塩流亡を緩和し，一方で，小さな面積の農地からは降雨に応じて多量の栄養塩が河川に排出されることを示唆する。

参考文献: Osborne&Wiley, J Environ Manage, 26, 9-27, 1988.

自然水中において鉄は生物に必須な微量金属である。海洋やいくつか沿岸域において、鉄が不足することで植物プランクトンの増殖（一次生産）が制限されていることが明らかになっている。従って、河川や大気を介した鉄の供給は、海洋・沿岸域の一次生産の維持に貢献していると考えられている。

鉄と一次生産の関係について議論する場合、鉄の生物利用性について考えなければならない。鉄の生物利用性は鉄の化学種に大きく依存し、鉄濃度のみならず pH や溶存酸素、溶存有機物などに影響を受けダイナミックに変化する。自然水中で、鉄は二価(Fe(II))もしくは三価(Fe(III))で存在するが、好気的かつ中性 pH 条件下では Fe(III)が熱力学的に安定である。しかし、中性 pH で Fe(III)の鉄の溶解度はサブナノモラーと微量であり、溶存鉄の多くは溶存有機物(DOM)と錯形成していることが明らかにされている。

有機物の中でも、森林土壌などで生産される腐植物質は、陸域から河川を通して下流域へ鉄を輸送する上で重要なキャリアと考えられている。腐植物質は微生物による酸化分解を受けて生成されるため酸性官能基を多数有し、これらに鉄が配位することで鉄の溶解性、すなわち生物利用性を高めると考えられる。一方で、腐植物質は操作的に分類される疎水性有機酸の総称であり、起源や流下プロセス（微生物分解や光分解）でその性質は少なからず変化する。そのような腐植物質の特性変化が鉄との錯形成や酸化還元特性に及ぼす影響はこれまで十分に調べられていない。

また、湖沼や沿岸域では一次生産により多糖類などの有機物が植物プランクトン等から生成される。このような内部生産により生じる有機物質が鉄を含めた微量金属元素の動態に及ぼしている可能性があるが、腐植物質と比較してその研究例は多くない。流域スケールでの鉄の動態を理解するためには、このような自生有機物との作用についても検討しなければならない。

溶存態有機物の性質を評価する手法としては、溶存炭素濃度や元素比、紫外吸光度、蛍光強度スペクトル等が広く用いられてきた。一方で、近年超高精度質量分析が溶存態有機物の性質分析に応用され、分子レベルで溶存有機物動態を評価可能となってきた。固層抽出による回収率は60%程度であるものの、溶存有機物に鉄を添加した試料について、鉄の安定同位体の質量差( $\Delta Fe$ )から鉄が自然水中でどのような有機物と錯形成しているかを明らかにしようとする試みもみられる。

以上を踏まえて、本発表では、河川から沿岸域にかけての鉄の動態について、特に有機物の性質変化に着目して、既往研究を紹介する。その上で、森と海のつながりにおける鉄と有機物の動態研究の今後の展望について議論する。

### 1. はじめに

水系は、陸域の炭素循環に大きな役割を果たしている。森林や農地、市街地から入力した陸上有機物は、河川を流下する過程で生物群集に取り込まれ、呼吸によって無機化されて大気へと放出されてゆく。この河川食物網による陸上有機物の代謝は、海洋への炭素フラックスに影響することが明らかとなってきた。しかし、源流から河口域に至る流域全体で陸上炭素の代謝速度を推定した研究はない。本研究は、富士川水系を対象に、陸上有機物を基質とする呼吸速度を流域スケールで推定する。また、河川食物網による陸上炭素の分解速度と平均回転距離を計測し、陸域から海洋への有機物輸送における水系の機能的役割を定量評価することを目的とする。

### 2. 方法

調査は 2007~08 年に富士川水系全域で行った。河川次数 1~6 次の計 44 河川（森林・農地・都市河川；標高 10~1,950m）において、総生産（GPP）と群集呼吸速度（CR）を溶存酸素濃度の連続観測と大気との  $O_2$  交換速度の計測により推定した。陸上有機物を基質とする呼吸速度（ $R_{TER}$ ）は、河床堆積物の培養で得た呼吸  $CO_2$  の炭素安定同位体比の変化から呼吸基質の起源推定を行って算出した。得られた推定値を一般化線形モデルで定式化し、GIS 上で流域全体に補間することで、富士川水系の流域代謝速度（ $tC\ basin^{-1}\ d^{-1}$ ）を推定した。また、陸上有機物のフラックスと分解速度（ $R_{TER}$ ）をもとに、河川内における平均回転距離と取り込み速度を算出した。

### 3. 結果と考察

富士川水系の森林河川では、上流から下流方向に代謝活性（GPP と CR）が高くなっていった。一方、農地や市街地では上流の小河川ほど高い代謝速度を示した。また、CR に占める  $R_{TER}$  の割合も河川規模によって変化し、中・大河川では主に藻類の生産が生物群集に利用されていたが、小河川では反対に陸上炭素が多く利用されていた。この流程に沿った生態系代謝の変化は河川連続仮説（River Continuum Concept: RCC）の予測

に合致するものであり、RCC が国内の河川にも適用可能であることが明らかとなった。また、陸起源有機物は、森林、農地および市街地流域ともに小河川の生物群集にとって重要なエネルギー源となっていることも明らかとなった。

河川内における陸上有機物の平均回転距離についてみると、小さな河川ほどその長さが短く（流量  $0.1\ m^3/s$  の川で  $< 10\ km$ ）、陸上有機物の分解効率が高いことが明らかとなった。生物群集が呼吸基質として陸上有機物に大きく依存していることに加え、浅い水深と水の滞留時間が長いことが、小河川での高い分解効率をもたらしている。一方、富士川本流（6 次河川、流量  $> 10\ m^3/s$ ）における陸上有機物の回転距離は  $100\ km$  以上に達し、分解効率が著しく低いことが明らかとなった。本流から沿岸域までの流程は  $100\ km$  に満たないことから、6 次河川に入力した陸上有機物の大半は、河川内では分解されずに駿河湾まで輸送されることを意味している。このように、水系から海洋への陸上炭素の輸送には、小河川の代謝が重要な役割を果たしていることが本研究で明らかとなった。また、農地・都市河川の陸上 C の取り込み速度も著しく高く、陸域からの高い負荷にも関わらず有機物の除去効率はむしろ上昇している。このように、都市・農地河川が陸上炭素のフラックスに果たす機能も無視できない。さらに、講演では GIS モデリングによる流域炭素代謝の推定結果も紹介し、水系ネットワークのサイズや構造が陸から海洋への炭素輸送に及ぼす影響について紹介する。最後に、これらの結果をもとに、陸域—水域リンケージの強さを変化させる流域景観要素を整理して提示したい。

\*田代 悠人、楊 宗興（東京農工大・農）、白岩 孝之（北大・低温研）、大西 健夫（岐阜大学・応）、Vladimir I Kim, Vladimir P. Shesterkin（ロシア科学アカデミー:IWEP）、久保 匠（北大・環）

## 1. はじめに

鉄は光合成や窒素固定等の代謝過程に必要であり、海洋の一次生産に不可欠な元素である。海洋に溶存する鉄は、従来は大気由来と考えられていた(Martin and Fitzwater 1988)。しかし、近年は河川経由で供給される鉄も海洋にとって重要な供給源であると指摘されている(Moore and Braucher, 2008)。したがって、陸における鉄の流入から海までの移行を総合的にとらえ、陸と海のつながりを意識した視点をもつ必要がある。このつながりを世界で初めて定量的に実証したのがアムール・オホーツクプロジェクト(2005~2009)である。オホーツク海の基礎生産の約60%はアムール川流域の湿原や森林を起源に持つ鉄が支えていることを示した。

その後、Shamov et al., (2014)はアムール川中流域の地温が高い時期ほど、流域河川及びアムール川の溶存鉄濃度が高い関係性を発見した。このことから、永久凍土の融解がアムール川の溶存鉄濃度に影響している可能性を指摘した。しかし、永久凍土の融解と陸域の鉄循環に着目した研究は未だ存在しない。鉄は鉄(III)の状態では溶解度は低く、水系に輸送されるには溶解度の高い鉄(II)に還元される環境が必要である。そこで我々は、永久凍土の季節的融解が、土壌の湿潤・還元化や土壌地下水及び河川の溶存鉄濃度に対して与える影響を解明することを目的として調査を行っている。ここでは、2016年に極東ロシアで行ったフィールド調査の内容と得られた結果について報告する。

## 2. 材料と方法

調査対象としたロシア極東ハバロフスク州に位置するティルマ村付近は点状的永久凍土地帯である。年間の平均降水量が500mm程度であり、湿原や森林が大部分を占める。この地域を流れるソフロン川とその流域にて調査を行った。2016年7月にソ

フロン川に対して垂直方向に観測ポイントをNo. 1, 2, 3(河川に近い順)と3地点定めた。各ポイントには地温ロガーとポーラスカップを深度20cm, 40cm, 60cm(No.1は20cm, 40cm)に埋設した。7月-10月にかけて、地温の記録、土壌間隙水とソフロン川の定期採水(2回/月)を行った。間隙水及び河川水は50mLシリンジを使用して採水を行い、採水後すぐに孔径0.45 $\mu$ mのメンブレンフィルターでろ過した。サンプルは1%硝酸で酸洗浄済みの50mLポリ瓶にて冷蔵保存し、ICP-MSを用いて溶存鉄濃度を測定した。

## 3. 結果と考察

地温ロガーのデータから、この地域の永久凍土は8月末から9月初旬にかけて最も融解していた。その時の凍土深はNo.1:65cm, No.2:60cm, No.3:85cmであった。間隙水の溶存鉄濃度は、No.1では20cmで全期間1mg/L以下であったのに対し、40cmでは8月から9月にかけて12mg/Lを超える高濃度が維持されていた(図1)。またNo.1では深度20cmに地下水水面を確認した。No.2及びNo.3でもより深い60cmで最高濃度(No.2:1mg/L, No.3:12mg/L)及び高濃度の維持が観測された。このことから、永久凍土の融解は凍土面の低下と地下水の帯水を促し、より下方の土壌で還元的かつ溶存鉄が形成されやすい環境の形成に影響していると考えられる。

ソフロン川の溶存鉄濃度は0.08mg/L~0.24mg/Lであり、現地の気象データで6日連続の雨を記録した9月初旬は6mg/Lとかなり高濃度であった。融解期に高濃度となった溶存鉄が雨に押し出される形で地下水と共に流出したと考えられる。

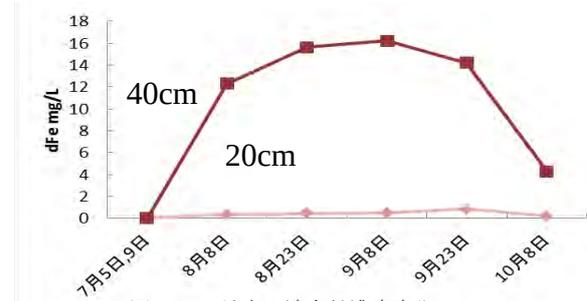


図1. No1地点の溶存鉄濃度変化

### 1. はじめに

干潟は、カニ、貝類、ゴカイ、鳥類等が多く生息する生物の宝庫である。河口域は世界でもっとも生産力の高い生態系の一つとされる(ホーン・ゴールドマン, 1999)。貝塚の存在などから、この状況ははるか狩猟時代からのものであったろう。このような高い生物生産性の理由としては、「上流から栄養塩や有機物が運ばれてくる」ためと、一般に説明されている(たとえば、陸水学, 1999; 身近な水の環境科学, 2010; 水辺と人の環境学, 2014)。しかしながら、人為的汚濁源を別にすれば、陸域から無機窒素やリン酸等の栄養塩が流出してくることは考えにくい。また、植物遺体の堆積だけで高い栄養度が生み出されることは、あり得ない(たとえば泥炭湿原)。すなわち、干潟の高い生物生産性は、実は科学的に不明と言わなければならない。本研究では、高い生物生産性を説明しうる、干潟の還元的条件での可溶化による新しいリン酸供給機構の仮説を提案する。

### 2. 材料と方法

千葉県小櫃川河口域干潟におけるクリークを調査対象とした。ここには、アシハラガニが高密度で生息する。クリークの流下方向に沿って数地点で表面水と堆積物間隙水を採取した。間隙水の採取はポラスカップを用いた吸引法によった。これら試料について、リン酸(モリブデンブルー法)、アンモニウム(インドフェノール法)、二価鉄(1,10-フェナントロリン法)の濃度を測定した。また、粒度・粒径分布測定記録計(SEQUOIA SCIENTIFIC, LISST-100X)を用いて1 μm~250 μmの粒子組成を、ふるいを用いて250 μm~2 mmの粒径組成を測定した。

### 3. 結果

表面水のリン酸濃度は、設定したクリーク最上流の地点で3 μmol/Lで、流下方向に沿って大きく増加し、C地点で15 μmol/L以上となった(図1下)。堆積物間隙水中のリン酸濃度の空間分布はこのパターンに対応し、上流側では低濃度であったが、下流側で大きく増加し、C地点では100 μmol/L以上の濃度が測定された。表面水ならびに間隙水におけるリン

酸濃度のこうした空間分布は4回実施した調査で毎回観察された。しかし、表面水ならびに間隙水における濃度レベルは、低温期に比べて高温期で高い傾向が見られた(図省略)。堆積物の粒径組成は地点間で違いが見られ、シルトならびに粘土画分はC地点で最も高く、D地点がそれに次いだ。高リン酸濃度が測定された地点は、堆積物粒径が微細という特徴を有した。

### 4. 考察

今回測定された間隙水リン酸濃度は>100 μmol/Lであった。このリン酸が有機物の分解を通じて作られたとすると、BODとして>442 mg O<sub>2</sub>/Lというきわめて膨大な有機物が必要となる(有機物組成としてレッドフィールド比を仮定)。リン酸の集積を有機物由来とだけにするのは考えにくい。それにかかわる機構は、還元環境での鉄還元に伴うリン酸の可溶化である。リン酸は酸化的環境では鉄等の酸化物に強く吸着される。しかし、鉄が還元されると保持されていたリン酸が遊離してくると考えられる。講演では、この機構の妥当性について議論する。

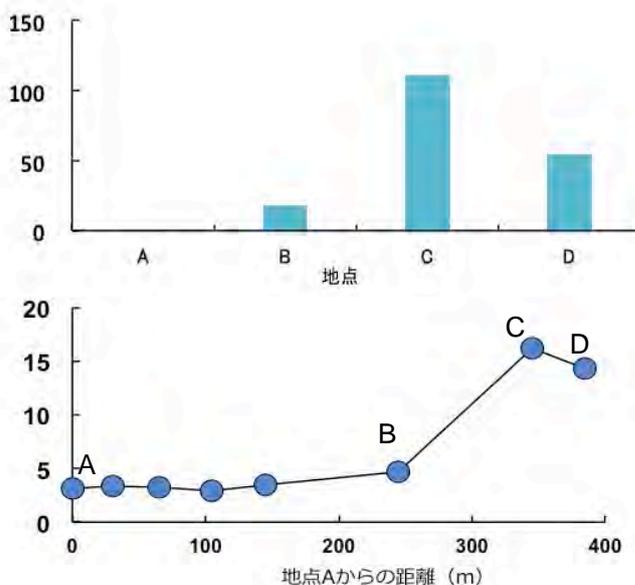


図1 小櫃川干潟クリークにおける表面水(下)ならびに堆積物間隙水中(上)のリン酸濃度の空間分布(2016年9月の結果)

## 1. Introduction

Gross Primary Production (GPP), Ecosystem Respiration (ER) and Net Ecosystem Productivity (NEP) in rivers are the fundamental indicators of nutrient and organic matter cycling. These river metabolism values provide an integrative measure of stream structure and function.

Estimation of metabolic values in various aquatic ecosystems have been done till date. Yet, our knowledge on large river metabolism still remains limited and little is known about how they change along latitude. Moreover, very few studies have been done in Asia signifying the need to do such studies in the Japanese rivers. With Japan's distinct latitudinal gradient in combination with the radial character of the river network, we can expect some trends along the latitudinal gradient.

In this study, we estimated the ecosystem metabolisms of rivers across Japan by using the BASE (Bayesian Single Station Estimation) model developed by Grace et al., (2015). Our first hypothesis was that GPP must be higher in the areas with lower latitude since these areas receive more sunlight, higher temperature and greater PAR (Photosynthetically Active Radiation). Our second hypothesis was that ER must be higher in the areas with lower latitude too since higher temperature increases biological activities. Finally, our last hypothesis was that the NEP must be undeterred from latitude since GPP is balanced with ER.

## 2. Materials and Methods

We used 24-hour time series August data including DO (dissolved oxygen), temperature, PAR, salinity and pressure from 30 river monitoring stations in 2010 to 2016 for estimating river metabolisms by BASE (Bayesian Single Station Estimation). Stream order of each river was determined by using spatial analyst tool in ArcMap. Generalized Linear Model (GLM) was used to examine effects of latitude, elevation, stream order, PAR and sunshine duration on each of metabolic values.

## 3. Results

GPP and ER varied greatly among the 30 rivers in this study. The mean GPP of Japanese rivers in summer was  $8.0325 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}\text{day}^{-1}$ . Inagawa river at Ginbashi had the highest mean GPP of  $50.935 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}\text{day}^{-1}$  in the year 2015 whereas Nagara river at Ōyabu ōhashi had the lowest value of  $0.0459 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}\text{day}^{-1}$  in the year 2016.

The mean Ecosystem Respiration (ER) was  $9.9029 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}\text{day}^{-1}$  with the highest value of  $83.4983 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}\text{day}^{-1}$  in 2015 at Goshogawara in Iwaki River and the lowest value of  $0.0773 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}\text{day}^{-1}$  in 2012 at Funadabashi in Kitakami River. ER generally mirrored the GPP patterns but showed distinct peaks at Iwaki River (Goshogawara) and Yamato River (Asaka).

Of the 30 rivers assessed, only 9 rivers had positive NEP. Neither GPP ( $r = -0.092$ ) nor ER ( $r = 0.111$ ) showed significant correlation with latitude, but NEP decreased significantly with it ( $r = -0.184$ ).

GLM analysis showed that GPP is best predicted by stream order ( $p = 0.00274$ ) whereas ER is affected by stream order ( $p = 0.0658$ ) and, to a lesser extent, by elevation. Similarly, the variation in NEP was best explained by latitude ( $p = 0.008848$ ) and to a lesser extent by elevation. Both production and respiration was low in 3rd order streams and was highest in the 4th order streams and then declined at higher streams. Our results showed that river productivity decreases with stream order.

## 4. Discussion

The statistical analysis showed that the variations in GPP and ER of the rivers were explained more by sized based descriptor such as stream order rather than latitude. Our analysis showed that most of the rivers are heterotrophic indicating a reliance on stored or allochthonous terrestrial organic carbon fueling the river ecosystem respiration.

山本 麻由佳、宮下 治希、石丸 真菜、\*丸尾 雅啓（滋賀県立大・環境科学）  
小畑 元（東京大学大気海洋研究所）

## 1. はじめに

水中のリン酸イオン濃度の測定に用いられるモリブデンブルー法は、その簡便性から広く用いられているが、種々の要因からリン酸イオン濃度を過大評価しやすいことが明らかになっている。このためモリブデンブルー法により定量したリンの濃度は溶存反応性リン（SRP）と表記される。正確にリン酸イオンを選択的に定量するためには他のリン化合物との分離が必要であり、イオンクロマトグラフィーを適用した極低濃度のリン酸イオン定量法が提案された（Maruo et al, 2016）。琵琶湖深層の湖水、流入河川水の測定結果から、SRP とリン酸イオン濃度にはかなりの乖離があることが明らかになってきた。本研究では、北湖最深部付近における湖水中リン酸イオン濃度と SRP の年間の動態を比較するとともに、琵琶湖北湖の測定地点間のリン酸イオン濃度を比較した。また、変化しやすいと考えられるリン酸イオン濃度の経時変化、長期間の試料保存が与える影響について検討した。

## 2. 方法

2016年4月～12月、滋賀県立大学実習調査船「はっさか」を用い、地点 T1（北湖第一湖盆最深部付近、水深 90m : 35° 02.0' N、136° 06.0' E）で 14 深度の湖水を採取した。また地点間の濃度比較を行うために別途地点 T1、T3（北湖第一湖盆中央付近、水深 80m : 35° 19.8' N、136° 08.9' E）、T6（北湖東部沿岸、水深 20m : 35° 17.0' N、136° 12.6' E）の各地点で表水層のみ 3-5 深度の湖水を採取した。湖水は採取後ただちに船上でカプセルフィルター（Acropak 200 孔径 0.8/0.2 μm）を用いてろ過したのち、PC 製または PFA 製試薬瓶に移し、4°C で保存した。

リン酸イオンの定量にはイオンクロマトグラフィーを用いた。感度向上のため電気化学サプレッション法を用い、再生液として Mill-Q 水を用いるエクスターナルモードで使用した。SRP の定量には、アスコルビン酸を還元剤として用いるモリブデン

ブルー法を適用し、感度向上のために光路長 50mm のマイクロセルを用いた。

## 3. 結果と考察

地点 T1 では季節に関係なく、表層から湖底へと深度が大きくなるにつれ、リン酸イオン濃度が上昇した。湖底付近では、沈降した懸濁粒子の分解により、底質からリン酸イオンが供給されていると考えられるが、水温躍層下の 30m～80m にかけても徐々に濃度が上昇する傾向がみられており、死亡した植物プランクトンの沈降、湖底での生物粒子の好氣的酸化分解が水中で起こっているためと考えられる。また深度 40m から湖底にかけて、リン酸イオンと SRP の濃度分布は類似した傾向を示した。4 月から 12 月へと推移するにつれて SRP 濃度に対するリン酸イオン濃度の割合が高くなり、より分解が進行してゆきリン酸イオンが放出される過程が示された。深層では SRP の組成が季節とともに明確に変化しており、SRP と共にリン酸イオン濃度を測定することによって、より正確なリンの利用性を評価できる可能性が示された。

なお 2016 年 9 月の表層におけるリン酸イオン濃度は 10 月と比較して高かったのに対し、クロロフィル a 濃度で比較した場合植物プランクトン現存量は低かった。しかし 10 月～12 月には同深度のリン酸イオン濃度は 9 月よりも低下し、これに対して植物プランクトン現存量は高くなった。このことは 9 月の優占種がリン要求量の比較的少ないシアノバクテリアであったのに対し、10 月以降の優占種が大型の緑藻類に遷移したことと関係していると考えられる。

地点間のリン酸イオン濃度については、深度 1m と 3m における地点 T1 と T3 の値は互いに似た傾向を示した ( $r^2=0.69$ ,  $n=12$ ) が、T6 の値は他地点と異なった。T6 は水深が浅く、湖底や岸からの供給、湖水の混合による影響を強く受けていると考えられる。

**参考文献** : Maruo M et al. (2016) *Limnology* 17, 7-12.

# 琵琶湖北湖深水層における低酸素水塊の移動について

# 1B02

\* 焦 春萌・早川和秀・石川可奈子

(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

## 1. はじめに

地上における世界平均気温が上昇するにつれて、ほとんどの陸域で日々及び季節の時間スケールで極端な高温がより頻繁になり、極端な低温が減少することはほぼ確実である。熱波の頻度が増加し、より長く続く可能性が非常に高くなっている (IPCC, 2013)。こうした気象変動は、気温、湿度、降水、風向・風速、雲量といった湖の物理境界条件の変化により、湖の物理構造 (水温、混合パターン・時期、成層強度) を変化させ、湖の水質への影響を及ぼす。

琵琶湖において、近年、暖冬による全層循環の遅れや夏の猛暑による成層強化などにより、深湖底の低酸素化の発生頻度が高くなっている。2016年10月北湖今津沖水深90mにおいて貧酸素状態 (DO 1.38 mg/L) となり、水中ロボットの映像でイサザの数個体とアナンデールヨコエビの一部の死亡個体が確認された。そこで、本研究では、現場調査のデータおよび数理モデルによる数値実験に基づき、湖北湖深水層における低酸素水塊の動向を考察し、また、冬の全層循環およびそれが起こる時間の判断指数の提案を目的とした。

## 2. 方法

本研究では、自動連続観測機器により、第一湖盆の中心を通した南北に湖盆を縦断する線上 (N3~N5) で観測を連続で行った。水温・溶存酸素濃度の時間・空間変化の詳しい構造を把握するために、N3, N4, N5のそれぞれ湖底直上1mにおいて水温計、溶存酸素計 (RBR社製) および ADCP 流速計各1台を設置した。

また、湖流系と生態系の統合化動力学モデルを構築した。琵琶湖北湖の鉛直成層特徴および湖底境界層を表すため、鉛直方向に表水層と水温躍層は、2m毎に、深水層は、5m毎に、湖底境界層の20mは、1m毎に、計40層を分割した。また、水平方向に500m×500mのメッシュにした。気象条件としては、降水量、気温、風速および植物プランクトンの光合成に関する全天日射量などのデータは、彦根気象台の観測データを利用した。

## 3. 結果と考察

数値モデルでの数値実験によると、2016年10月北湖

今津沖水深90mの第一湖盆の北西側にある貧酸素水塊は、もともと第一湖盆の中心部に形成され、10月下旬強い北西風が続いたため、貧酸素水塊が北西側に傾いたことによるものと分かった。

研究によると、秋における深湖底の溶存酸素の状況は、前の冬の全層循環による酸素回復状況などに強く影響される。そのため、全層循環がいつ起こったかの詳しい判断基準が必要である。本研究では、第1湖盆に設置した自動連続観測機器による水温、溶存酸素のデータを解析し、琵琶湖の全層循環の判断基準を提案した。

### 1) 水温指数

$$T\_Index = [(T - T\_Lowess)_{N3} - (T - T\_Lowess)_{N5}] \times 10 \quad (^\circ\text{C}) \quad (1)$$

### 2) 溶存酸素指数

$$DO\_Index = (DO - DO\_Lowess)_{N3} - (DO - DO\_Lowess)_{N5} \quad (\text{mgDO/l}) \quad (2)$$

全層循環およびそれが起こる時間の判断は、 $T\_Index$ (水温指数)、 $DO\_Index$ (溶存酸素指数)、シュミット安定度指数 (Schmidt's Stability Index) でできることが分かった (図1)。

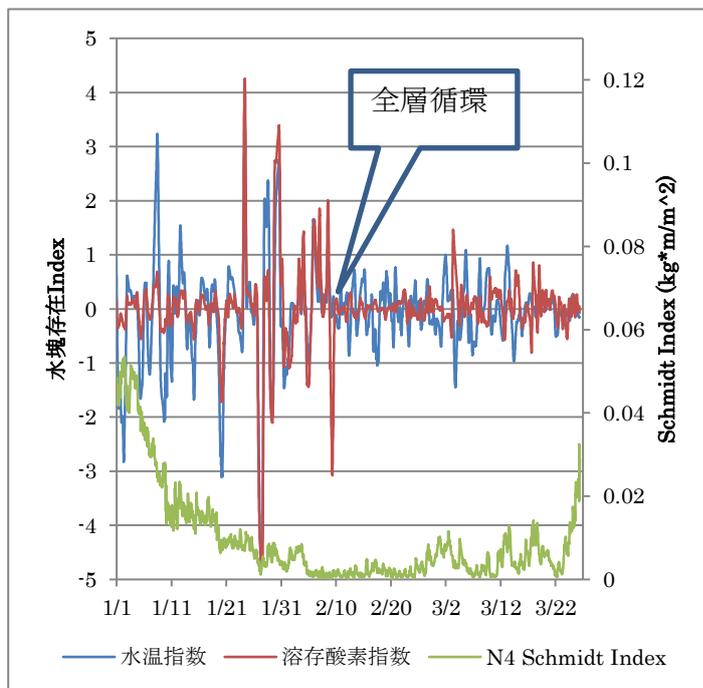


図1 琵琶湖北湖第1湖盆における2014年1月～3月の水温指数、溶存酸素指数、シュミット安定度指数。

## 1B03

\*安野翔（仙台市）、金谷弦（国環研）

菊地永祐（宮教大・教員キャリア研究機構）

## 1. はじめに

水田食物網では、微細藻類等の生産者が、水生昆虫や魚類から鳥類等の大型捕食者まで多様な生物群集を支えている。水田生態系の保全を進めるうえで、水田の農法と群集・食物網構造の関係を明らかにすることは重要な課題である。しかし、水田食物網の研究事例は湖沼等と比べて少なく、農法の違いが及ぼす食物網への影響を評価できるほど十分な知見が集積されていない。そこで、本研究では農薬の影響の少ない水田を調査地として選定し、田面水中の食物網構造、特に消費者の栄養ポジションを炭素・窒素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  値) を用いて推定した。

## 2. 材料と方法

宮城県大郷町に位置する水田 2 箇所 (水田 1: 有機肥料使用、除草剤・殺虫剤不使用、水田 2: 有機・化学肥料併用、除草剤のみ使用) で調査を行った。2012 年は水田 1 で、2013 年は水田 2 において、6~7 月にサンプルを採集した。生産者 (有機物) として、懸濁有機物 (POM)、底生微細藻類、土壌有機物 (SOM)、糸状藻類を採集した。水田 1 では一次消費者から肉食者まで合計 15 分類群、水田 2 では 17 分類群の底生動物を採集し、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  値を測定した。水生昆虫とカエルについては、幼生をサンプルとした。消費者の栄養ポジションについては、どちらの水田にも出現した、糸状藻類を専食するコガシラミズムシと水田土壌表面の餌を摂食するタマカイエビの  $\delta^{15}\text{N}$  値を一次消費者のベースラインとし、 $\delta^{15}\text{N}$  値の濃縮係数を +2.3‰ として推定した。

## 3. 結果と考察

生産者の  $\delta^{13}\text{C}$  値は、水田 1 では -30.8‰ ~

-18.8‰、水田 2 では -27.2‰ ~ -21.3‰ の範囲にあり、糸状藻類が最も高い値を示した (水田 1:  $-18.8 \pm 1.3\text{‰}$  (平均  $\pm$  SD)、水田 2:  $-21.3 \pm 2.5\text{‰}$ )。消費者の  $\delta^{13}\text{C}$  値も、水田 1 では -31.8 ~ -21.0‰、水田 2 では -26.2 ~ -19.3‰ と広い範囲を示した。多くの消費者は、POM、底生微細藻類、SOM に近い  $\delta^{13}\text{C}$  値 (およそ -30 ~ -24‰) を示したが、コガシラミズムシ (水田 1:  $-21.0 \pm 1.7\text{‰}$ 、水田 2:  $-19.3 \pm 2.0\text{‰}$ )、水田 1 で得られたゴマフガムシ ( $-23.0 \pm 2.4\text{‰}$ )、水田 2 で得られたミズアブ科の 1 種 ( $-20.5 \pm 2.0\text{‰}$ ) は特に高い  $\delta^{13}\text{C}$  値を示し、糸状藻類を起点とする食物連鎖に支えられていることが示唆された。 $\delta^{15}\text{N}$  値については、水田 1 の生産者 (3.0 ~ 4.5‰) および消費者 (2.3 ~ 7.5‰) は、水田 2 (生産者: -1.0 ~ 2.3‰、消費者: 0.4 ~ 5.6‰) よりも高い傾向であった。水田 1 では、 $\delta^{15}\text{N}$  値の高い有機肥料のみが施されており、生産者が有機肥料由来の窒素原子をより多く同化したために水田 2 よりも高い  $\delta^{15}\text{N}$  値を示したと考えられる。

水田 1 では、ミズアブ科の 1 種 (栄養ポジション:  $4.1 \pm 0.4$ )、タコウビル (同  $3.9 \pm 0.4$ )、ドジョウ (同  $3.4 \pm 0.3$ ) が高い栄養ポジションを示し、水田 2 では、ドジョウ (同  $2.7 \pm 0.4$ )、タコウビル (同  $2.6 \pm 0.3$ )、アメリカザリガニ (同  $2.6 \pm 0.1$ ) が上位の栄養ポジションを占めた。水田 1 では、ミズアブ科の 1 種、ドジョウ、アメリカザリガニといった雑食者の栄養ポジション (同 3.2 ~ 4.1) が、肉食者であるゲンゴロウ科、ガムシ科、トンボ科の幼虫 (同 2.6 ~ 3.0) よりも高く、さらに水田 2 の同分類群 (同 2.2 ~ 2.7) よりも約 1 高い栄養ポジションを示した。水田 1 では、より高い栄養ポジションに属する餌生物が豊富に存在したため、上位消費者の栄養ポジション上昇に寄与したものと考えられる。

\*千賀 有希子, 北村 友佳, 王川 香澄, 柴木 叶, 小林 渉, 佐藤 翼, 成岡 知佳  
(東邦大・理), 北沢俊幸, 李盛源, 白木洋平 (立正大・地球環境)

## 1. はじめに

干潟堆積物は潮汐の干満によって干出と冠水を繰り返し受ける。そのため、堆積物の酸化還元電位は大きく変化し、好気性微生物過程と嫌気性微生物過程が周期的に進行する。この微生物過程の進行により、干潟に流入してくる物質は除去されやすく、したがって干潟は浄化機能の高い場であるといわれている。

近年、沿岸域の富栄養化が世界的に問題視されており、干潟もまた例外ではない。干潟において高濃度の栄養塩の負荷は、グリーントイドと呼ばれる大型海藻類の異常増殖をもたらす。堆積物への大型海藻類の被覆は、特に干出時に堆積物表面の酸素の拡散を阻害し、還元環境を形成・持続する。

本研究は、干潟堆積物の微生物過程にグリーントイドが与える影響を明らかにすることを目的とする。千葉県谷津干潟を対象に、大型海藻類アオサ存在下において、干潟の浄化機能に関わるβ-グルコシダーゼ（有機物分解）活性、フォスファターゼ（リン酸生成）活性、脱窒（窒素浄化）活性の経時変化を室内培養実験により測定した。また、堆積物表面へのアオサの被覆によって発生するH<sub>2</sub>Sを定量し、H<sub>2</sub>S発生過程とそれが微生物活性に与える影響について考察を行った。

## 2. 材料と方法

### 室内培養実験

アオサの被覆の影響を直接を受ける堆積物を三角フラスコに40 mL、海水を80 mL加えた。アオサを湿重量6 g加えた系（+*Ulva*）と加えない系（-*Ulva*）を調製し、シリコ栓をし培養を行った（約25°C、明/暗=12/12h）。時間を追って堆積物を回収し、β-グルコシダーゼ活性、フォスファターゼ活性、脱窒活性を測定するとともに、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度（0日目のみ）とH<sub>2</sub>S濃度の定量も行った。

### 測定

β-グルコシダーゼ活性とフォスファターゼ活性は、4-Methylumbelliferyl-β-D-glucopyranoside および 4-Methylumbelliferyl-phosphate を基質として用

い、酵素分解によって発生する蛍光強度を測定し算出した。脱窒活性の測定は、アセチレン阻害法で行った。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度はクロラニル酸バリウムによる比色法、H<sub>2</sub>S濃度は密閉ガラスシリンジを用いた管原らの方法（2010）によって測定を行った。

## 3. 結果と考察

### 微生物活性に与える影響

-*Ulva*系において、β-グルコシダーゼ活性およびフォスファターゼ活性は0日目から時間とともに増加した。好氣的に培養することにより、有機物分解およびリン酸生成が促進されたと考えられた。一方、+*Ulva*系では、実験期間中、0日目と有意な差はみられなかった。アオサが存在することで有機物分解およびリン酸生成は大きく阻害はされないが、若干抑制されることが示された。脱窒活性に関しては、現在検討中である。

### H<sub>2</sub>S発生過程

-*Ulva*系において、培養期間中H<sub>2</sub>Sは検出されなかった。一方、+*Ulva*系において、海水および堆積物中で時間とともにH<sub>2</sub>Sが検出され、培養中間期のH<sub>2</sub>S濃度は、0日目の海水中に含まれるSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度の約2~3倍高かった。この結果は、+*Ulva*系のH<sub>2</sub>Sは、海水に含まれているSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>からのみではなく、アオサが枯死することによって分解・放出される硫黄からも生成されることを示している。したがって、谷津干潟では、グリーントイド時に極めて高いH<sub>2</sub>Sが発生していると考えられた。

H<sub>2</sub>Sは主に偏性嫌気性細菌により生成される。したがって、培養実験の+*Ulva*系でβ-グルコシダーゼ活性およびフォスファターゼ活性が抑制された原因として、高濃度のH<sub>2</sub>Sが発生するような嫌気的環境の持続による影響が推察された。

+*Ulva*系の長期間培養では、H<sub>2</sub>S濃度は後半に減少し、白い粒子の蓄積が確認された。H<sub>2</sub>Sが酸化されS<sup>0</sup>が生成したと推察された。したがって、アオサの異常増殖は、H<sub>2</sub>Sの甚大な発生を引き起こすだけでなく、干潟の硫黄循環全体に重大な影響を及ぼすことが示唆された。

# メタロゲニウム粒子生成と植物プランクトンの関係性

## 1B05

\* 古田世子、池田将平、中村光穂、一瀬諭 (滋賀県琵琶湖研センター)  
池谷仁里 (兵庫県大学院・理工)、宮田直幸 (秋田県立大学・生物)

### 1. はじめに

琵琶湖北湖最深部付近の湖底では、2002年以降溶存酸素濃度(DO)の低下に伴いほぼ継続的にメタロゲニウム粒子(図1)が観測されている<sup>1,2)</sup>。メタロゲニウム粒子の主要成分はマンガンで、DOの低下により湖底から溶出したマンガンイオンをマンガン酸化細菌等の微生物が酸化することで生成されるが、生成条件としてDOがやや低く、弱酸性であり多糖類が存在することが報告されている<sup>3)</sup>。一方で、琵琶湖北湖の植物プランクトンの一部には粘質鞘と呼ばれる細胞外多糖が確認されており、これが年々増加していることが報告されている<sup>4)</sup>。そこで、本報告では、多糖類の供給源と考えられる植物プランクトンとの関係について知見を得たので報告する。



図1 今津沖中央地点水深約90mから採取したメタロゲニウム粒子(2016/12/5)

Bar=10μm

Bar=10μm  
物が酸化することで生成されるが、生成条件としてDOがやや低く、弱酸性であり多糖類が存在することが報告されている<sup>3)</sup>。一方で、琵琶湖北湖の植物プランクトンの一部には粘質鞘と呼ばれる細胞外多糖が確認されており、これが年々増加していることが報告されている<sup>4)</sup>。そこで、本報告では、多糖類の供給源と考えられる植物プランクトンとの関係について知見を得たので報告する。

### 2. 調査方法および観察方法

調査地点：琵琶湖北湖今津沖中央地点  
水深0.5m(表層), 90m(湖底から1m)  
調査期間：2002年4月～2017年3月(毎月2回)  
採取方法：バンドーン採水器

植物プランクトンおよびメタロゲニウム粒子の計数はプランクトン計数板<sup>1)</sup>を用いた。

### 3. 結果

2002年にメタロゲニウム粒子が発生して以降、2012年9月には過去最高値の18,000個/mLを示した。この3ヶ月前には *Staurastrum dorsidentiferum* var. *ornatum* が過去にない大量発生している。メタロゲニウム粒子の生成には寒天のような多糖類の存在が必要である。この種は粘質鞘が細胞体積の約3.1倍存在している<sup>4)</sup>ことからこれを利用して生成したと考えた。そこで、植物プランクトン総細胞容積とメタロゲニウム粒子数の年度毎の積算値を求めて関係性を図2に示した。相関係数は、0.67と高い関

係性が確認できた。

しかし、同様に粘質鞘容積との相関係数を求めたところ0.19とその関係性は確認できなかった。

この結果から粘質鞘容積だけによるものではなく構成成分等のその他の要因が考えられる。今後は室内実験により要因について究明していきたい。

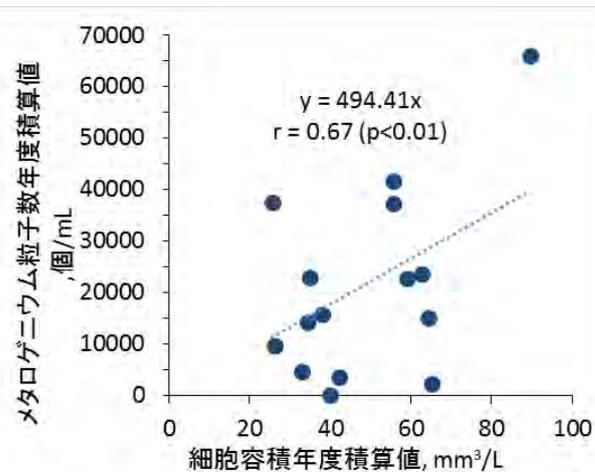


図2 琵琶湖今津沖中央地点表層の植物プランクトン容積年度積算値と水深約90mのメタロゲニウム粒子数の年度積算値(2002-2016年度)

**謝辞** 本研究の一部は、科学研究費助成事業基盤研究(B)課題番号JP17H01898により助成を受け実施した。ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 一瀬諭ほか(2006):琵琶湖深層部の微生物由来のマンガン酸化物構造体 *Metallogenium* の発生. 用水と廃水, 48, 571-79
- 2) 古田世子ほか(2008):琵琶湖水から採取培養したマンガン酸化微生物 *Metallogenium* の発育形態について, 陸水学雑誌, 68, 3, 433-441.
- 3) Furuta S. et al. (2015): Formation of filamentous Mn oxide particles by the alphaproteobacterium *Bosea* sp. strain BIWAKO-01. *Geomicrobiology Journal*, 32, 666-676
- 4) 一瀬諭ほか(2013):琵琶湖に棲息する植物プランクトンの総細胞容積および粘質鞘容積の長期変動解析, 日本水処理生物学会誌, 49, 65-74.

# 琵琶湖におけるミクラステリアス (*Micrasterias*) の大量発生について

# 1B06

\*一瀬諭、池田将平、中村光穂、岡本高弘、七里将一、古田世子  
(琵琶湖環境科学研究センター)

## 1. はじめに

琵琶湖では過去に存在が確認されていなかった大型緑藻の *Micrasterias hardyi* (G. S. West 1905) が2016年11月～2017年1月にかけて突然大量発生し、水質にも影響を与えたことが明らかとなったため本種の消長およびその分布について報告する。

## 2. 方法

琵琶湖における植物プランクトン調査は、滋賀県が実施している定期水質調査地点 (5 地点) で実施し、調査期間は1978年4月～2017年3月までの39年間、原則として毎月2回採水した。植物プランクトンの計数は湖水1mlを直接プランクトン計数板 (松浪硝子工業: 界線格子線枠付: エッジング加工: S6300) に取り、種類毎に細胞数の計数や総細胞容積量を一瀬らの方法<sup>1)</sup>により計測した。

## 3. 結果

### 3. 1 *Micrasterias hardyi* について (図1)

*M. hardyi* は、平面的で勳章に似た形をしており、6本の突起からなる2個の半細胞から構成されている。中央部に深い切れ込みがあり、大きさは高さ170 $\mu$ m、幅180 $\mu$ m、厚さ30 $\mu$ mと大型の植物プランクトンである。主な生息地はオーストラリアやニュージーランドなど限られた湖沼から報告<sup>2)</sup>されているが、



図1 琵琶湖で大量発生した *Micrasterias hardyi* (*Bosmina longirostris* が捕食できないサイズであることがわかる)

日本の湖沼および琵琶湖を含め過去に報告例がないのが現状である。

### 3. 2 *Micrasterias hardyi* の消長

*M. hardyi* は過去の琵琶湖定期水質調査結果からは、2010年までの32年間全く確認されず、2011年11月7日に南湖唐崎沖中央で初めて確認され、南湖や瀬田川においても時々観察されていた。その後2016年11月～2017年1月にかけて過去に例のないほど琵琶湖全域において大量に発生した。最も多く計数されたのは2016年11月21日で今津沖中央水深5m層の119細胞/mlであった。前年2015年の同期のプランクトン量を比べた結果、緑藻の現存量としては約100倍、植物プランクトン全体の現存量でも約10倍になっていたことが明らかとなった。

### 3. 3 *Micrasterias hardyi* の分布

本種の平面分布をみると2016年9月までは殆ど各定点で計数されなかった。しかし、10月に入ると、北湖表層平均で7細胞/mlと各地点で計数され始め、11月には52細胞/mlと増加し、12月で65細胞/ml (最高94細胞/ml)、2017年1月で45細胞/mlとなり、その後各地点で減少傾向を示した。また、6月中旬には多くの地点で観察されなくなった。さらに、本種の鉛直分布をみた結果では、最も多かった11～12月は生産層である表層～30m層に多く分布していたが、その後深層部でも計数されるようになり、2017年2月には全層で約30細胞/mlの分布が確認された。これは、本種が平らな形状のために沈みにくいことや、湖水の全循環により均一に分布した可能性が考えられた。本種の大量発生の原因については不明だが、食物連鎖の底辺を支えるこれら植物プランクトンの大量発生による琵琶湖の生態系への影響について検討を進めるとともに、その消長についても注視していきたい。

## 引用文献

- 1) 一瀬諭ら(2013)琵琶湖に棲息する植物プランクトンの総細胞容積および粘質鞘容積の長期変動解析, 日本水処理生物学会誌, 49(2), 65-74
- 2) P. A. Tyler (1970) Taxonomy of Australian freshwater algae.1. The genus *Micrasterias* in Sough-Eastern Australia, British Phycological, 5:2, 211-234

1B07

Web 公開不希望

\*鹿野秀一（東北大・東北アジア）・安野翔（仙台市）・  
藤本泰文・嶋田哲郎（伊豆沼・内沼環境保全財団）

## 1. はじめに

浅い湖では沿岸帯の割合が多いことから、様々な生産者や陸由来有機物が食物網の起点となり、複雑な食物網を形成し、雑食性魚類は複数の食物網を結びつけている。一方、雑食性魚類のそれぞれの餌資源の寄与率は環境の変化により影響を受けやすいと考えられる。

宮城県北部に位置する伊豆沼は、最深部が約 1.6 m の浅い湖で、1998 年の洪水でほぼ壊滅したハス群落が、近年生育面積を拡大し、2006 年の夏期には湖面の 24% だった生育面積が、2016 年には湖面の 90% 以上が抽水葉や浮葉で覆われるようになった。

ハス群落の拡大は、湖水の攪拌の低下によって貧酸素化が促進され、さらにハスを基質とした付着藻類の増加などの湖水環境の変化を引き起こしている。そこで、ハス群落の拡大が魚類の餌資源の寄与へどのような影響を与えているか調べるため、ハス群落が拡大した 2016 年の魚類について安定同位体比分析による餌資源の寄与率を解析し、これらをハス群落拡大前の 2006 年の解析結果 (Yasuno et al, 2016a, b) と比較し検討した。

## 2. 材料と方法

伊豆沼において 2016 年の 7 月に、モツゴ、タモロコ、タイリクバラタナゴ、ヌマチチブおよびオオクチバスを定置網によって採取した。また、魚類の餌資源として、付着藻類、底生ユスリカ、動物プランクトンを採集した。魚類のサンプルは各個体の体

長を測定後、背側部の筋肉を切り出し、60°C で乾燥させた。炭素・窒素安定同位体比分析のために、魚類の筋肉と餌候補はクロロフォルム-メタノール処理をした後に質量分析機 (Delta V Advantage, Finnigan Mat 社) で安定同位体比を測定した。各種の魚類の餌を推定するために、R (Ver. 3.0.2) のパッケージ *siar* のベイズ推定によるミキシングモデル SIAR V4 (Stable Isotope Analysis in R) を用いた。

オオクチバスを除く魚類の餌資源として、付着藻類、底生ユスリカ、動物プランクトンの安定同位体比を解析に用いた。オオクチバスの餌候補は、これらから付着藻類を除き、小型魚を加えた。

## 3. 結果と考察

優占種のモツゴは、2006 年では付着藻類と動物プランクトンが餌資源としてそれぞれ 50% 程度の寄与率だったが、2016 年では動物プランクトンの寄与率が減少し、付着藻類の寄与率の約 80% に達した。モツゴは貧酸素耐性が高く、ハス群落内でも生息可能なため、ハス群落内の付着藻類を主な餌資源として用い、群落拡大により減少した動物プランクトンへの寄与が低下したと考えられる。もうひとつの優占種のタモロコもモツゴと同様な傾向がみられた。タナゴ類は、藻類を主な餌資源としているため、ハス群落の拡大後も餌資源の変化は見られなかった。一方、ヌマチチブはハス群落拡大後には付着藻類の寄与率が若干下がっていたが、この種は岸際のヨシ群落周辺が主な生息域のためハス群落の影響は少

なかった可能性がある。オオクチバスは、2016年では動物プランクトンと小型魚類を主な餌資源としていたが、ハス群落拡大後は動物プランクトンの寄与率が低下し、付着藻類を食べている小型魚類を主に餌としていた。これらのことから、ハス群落の拡大によって動物プランクトンと付着藻類の両者を起点とする食物網から付着藻類を起点とする食物

連鎖へ経路のシフトが起きたと考えられる。

Yasuno et al. 2016a. *Marine and Freshwater Research* 67: 1562-1568.

Yasuno et al. 2016b. *Annales de Limnologie* 52: 355-364.

\*今井一郎, 小林淳希, 宮下洋平, 大洞裕貴 (北大院・水), 田中邦明 (北教大・函館)

## 1. はじめに

水塊生態系において、植物プランクトンは基礎生産者として根幹的に重要な役割を演じている。植物プランクトンには、増殖や生存に不適な環境を乗り切るためシストや休眠期細胞等の耐久細胞を形成する種が多い。沿岸海域においては、珪藻類、渦鞭毛藻類、ラフィド藻類等のシストや休眠期細胞の分布、および生理生態に関する研究が進展している。一方湖沼においては休眠期細胞の分布に関するデータも、知る限り見当たらない。本研究では、北海道渡島大沼を対象水域として、湖底泥中に存在する植物プランクトンの休眠期細胞について、それらの密度の季節的な調査研究を行った。

## 2. 材料と方法

調査は、2015年5–11月および2016年4–10月の期間、原則として毎月1回、渡島大沼に設けたStns.1–5 (Stn.1は大沼の北東端、Stn.5のみ小沼)において行った。堆積物試料(0–3 cm深)を採取し、冷暗所で1ヶ月以上保存し、終点希釈法(MPN法)を用いて休眠期細胞やシストを計数した。MPN法では2種類の培地(CSi培地、GeO<sub>2</sub>添加CT培地)を用い、2段階の温度条件(10°C, 20°C)を設定して、合計4区の組合せを設けて観察と計数を行った。マイクロプレートを用いた培養は、光強度100 μmol photons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>、明暗周期14h L:10h Dで2週間行い、倒立顕微鏡下で観察して、最確数表により湿泥1gあたりに存在する各植物プランクトンの休眠期細胞の密度を求めた。また、通常のMPN法ではアオコの原因種である藍藻 *Microcystis* 属が観察できなかったため、堆積物試料に篩分けを行い、20–150 μmのサイズ画分について同様の手順でMPN法を行った。さらに、*Microcystis* 属の2種(*M. aeruginosa*, *M. wesenbergii*)については、青色励起光下で橙色を呈する性質を活用し、堆積物中のコロニー数および細胞数の計数を行った。

## 3. 結果および考察

湖底泥中の植物プランクトン休眠期細胞をMPN法によって求めた結果、全定点において珪藻類、緑藻類、及び藍藻類の出現と増殖が観察された。温度10°Cの培養条件では、緑藻類と比較して主に珪藻類が多く確認された。緑藻類は *Chlorella* spp.が最大10<sup>7</sup> MPN g<sup>-1</sup> (湿泥)のオーダーの密度で観察された。珪藻類については、小沼のStn.5において、Stns.1–4 (大沼)と比べ羽状目珪藻 *Fragilaria crotonensis* が少なく、*Aulacoseira* spp.等の中心目珪藻が多く検出された。藍藻類については、*Dolichospermum* spp.の休眠期細胞数はStns.1–4で2.3 x 10<sup>2</sup>–3.3 x 10<sup>2</sup> MPN g<sup>-1</sup> (湿泥)であり、Stn.5では45–2.3 x 10<sup>2</sup> MPN g<sup>-1</sup> (湿泥)と比較的少なかった。*M. aeruginosa* は70–230 MPN g<sup>-1</sup> (湿泥)、*M. wesenbergii* は40–310 MPN g<sup>-1</sup> (湿泥)のオーダーの密度で検出された。また、堆積物を落射蛍光顕微鏡を用いて直接検鏡した結果、*M. aeruginosa* は21–128 colonies g<sup>-1</sup> (湿泥) (最大はStn.2)、*M. wesenbergii* は4–32 colonies g<sup>-1</sup> (湿泥)の範囲の値でコロニーが観察され、MPN法で得られた結果と比較して低い値であった。

渡島大沼におけるアオコの発生機構を、湖底の休眠期細胞をSeed populationとして検討すると、*M. aeruginosa*の湖底堆積物から水柱への供給は4–6月に湖全体で同時進行していると考えられる。*Microcystis* 属が浮力を得て湖底から水中へ浮上するには10–15°Cの水温条件が必要とされている。渡島大沼の底層水温は4月に約10°C、5月には約18°Cであったことから、この事を裏付けている。また渡島大沼は平均水深4.7mと浅く、風による湖底堆積物の巻き上げも藍藻類の休眠期細胞の有光層への加入に貢献していると考えられる。以上から、渡島大沼におけるアオコの発生においては、湖底の休眠期細胞が *Microcystis* 属のSeed populationの供給源として有効に機能していると考えられる。

## 1. はじめに

氾濫原水域を代表する植物群落のひとつである沈水植物群落は、近年全国的に減少の一途をたどり、特に河川では消滅の危機にある。沈水植物群落は、一般に遷移（植物群落が時間の経過とともに種の交代によって変化）の速度が速く、短期間のうちに他群落へと移り変わっていくことが指摘されている。しかし群落成立後、水域の植物群落がどのように移り変わっていくのか、その過程を具体的に記録した研究は少ない。このため現状では、とくに顕著な減少傾向にある在来の沈水植物群落については、中長期的な視点に立った保全を行なっていくことは困難であるといえる。

以上を踏まえ、本研究では、国内のいくつかの河川を対象に、ワンド、たまりといった河道内氾濫原に成立する沈水植物群落の短期的な遷移過程について把握することを目的とした。

## 2. 材料と方法

研究は、木曾川水系揖斐川の32～50kmと、十勝川水系十勝川の0～40kmの区間を対象としておこなった。調査区間には河道内に大小さまざまなワンド、たまりが形成されている。

最新の航空写真を用いて、10×10 m<sup>2</sup>以上の規模をもつワンド、たまりを抽出した。揖斐川では19箇所のたまりと7箇所のワンド、十勝川では6箇所のたまりと5箇所のワンドが調査対象となった。揖斐川では平成27年7月と平成28年7月に、十勝川では平成28年8月と平成29年8月にそれぞれ調査を実施した。なお十勝川では、平成28年8月の1回目の調査の直後に台風9号と11号による大規模な出水が発生し、調査地の状況が大きく変貌した。平成29年8月の2回目の調査は、出水後1年目の状況を調べたものである。

各調査地では種組成の均一なところに調査区を設置し、植物の被度(%)、水深、底質の代表粒径、泥厚、流速、pH、EC、DOを計測した。過去の横断測線から、各調査地の横断形状の変化を把握した。また、

たまりについては、本川から切り離されてからの年数について航空写真を用いて把握した。各調査区の位置についてGPSを用いて記録した。

## 3. 結果と考察

揖斐川のワンド、たまりでは、8種の沈水植物が確認された。調査対象とした水域では、平成28年から29年のわずか1年間で、種組成が大きく変化した。本川から切り離されてから15年以上が経過したたまりの多くは無植生であり、2年目も無植生のまま維持された。在来の沈水植物群落はたまりのみで確認された。古いたまりでは最近10年間で30-160cmの土砂が堆積しており、透視度が低く、栄養塩濃度の高い環境となっていた。たまりでは年数の経過とともに富栄養化が進行し、沈水植物の生育環境が悪化したものと考えられた。一方、年数が経過しても在来種群落は維持されたたまりでは、いずれも湧水の流入が確認された。こうした湧水の存在が、在来植生の維持にとって重要であることが示唆された。

外来種のオオカナダモ、コカナダモ群落は、流れのあるワンドに成立していた。増水時、本川には切れ藻が大量に流下しており、本川と常時接続するワンドでは、切れ藻が大量に供給されることで短期間のうちに外来種群落に遷移していくと考えられた。

十勝川のワンド、たまりでは、8種の沈水植物が確認された。ワンドの多くは無植生であり、洪水後もその状況が維持された。一方、40年以上が経過した大規模なたまりや河跡湖では、2016年の洪水後も沈水植物群落は維持された。掘削によって成立した小規模なたまりは、年数の経過とともに抽水植物群落は拡大することで沈水植物群落が衰退した。

以上から、在来の沈水植物群落はたまりに成立するが、年数の経過とともに生育環境が悪化していくことが想定され、群落を維持するためには、湧水の流入や水域の規模が重要であることが示唆された。また揖斐川のように外来種の多い河川では、本川と常に接続するワンドで、極めて短期間のうちに外来種群落が成立する可能性が高いことがわかった。

## **2 日目 (2017 年 9 月 29 日)**

# 2A01

## 火山と陸水—火山による定常・非定常の

### かく乱と陸水環境（趣旨説明）

\*野崎健太郎（椋山女学園大学）・田代喬（名古屋大学）・小野田幸生（土木研究所）  
松本嘉孝（豊田高等工業専門学校）・谷口智雅（三重大学）

#### 1. 背景と目的

日本の火山地帯には、噴火口から供給される硫酸や塩酸によって pH 4 以下の強酸性の湖沼、河川、湧水が見られ、陸水学の特色ある一分野として古くから研究されてきた（佐竹 1980 陸水学雑誌 **41**: 41-50）。この強酸性の陸水は、植物遺骸由来の腐植酸による有機酸型と区別され無機酸型と定義されている（Yoshimura 1933 *Arch. Hydrobiol.* **26**: 197-202; Ueno 1958 *Verh. Internat. Ver. Limnol.* **13**: 217-226）。今日でも無機酸性湖からは、エメラルドグリーンに見える水色の形成過程（恩田ほか 2003 陸水学雑誌 **64**: 1-10; Ohsawa *et al.* 2010 *Limnology* **11**: 207-215）、炭素・窒素安定同位体比を用いた食物網の解析（Doi *et al.* 2003 *Aquat. Microb. Ecol.* **33**: 87-94）等、興味深い研究が報告され続けている。無機酸性陸水は、火山活動によって常にかく乱を受けており、それ故に、低い pH や高い電気伝導度には、変動が少なく、定常状態であると見なせる。つまり、これまでの無機酸性陸水の研究は、火山による定常的なかく乱を受けた環境での成果といえる。

一方で火山の噴火は大規模な物理的かく乱を引き起こし、火山噴出物が定常状態にあった環境を破壊する。この非定常な環境破壊からの回復過程は、陸上では詳細に研究され、例えば、伊豆大島における土壌の形成に伴う植生回復の研究（Tezuka 1961 *Jpn. J. Bot.* **17**: 371-402）は、現行の高等学校「生物基礎」の教科書で植生遷移を説明する基盤になっている。その反面、陸水環境では、1980年に大きな噴火をしたアメリカのセント・ヘレンズ山の影響調査が有名であるが（藻類では Steinman and Lamberti 1988 *J. Phycol.* **24**: 482-489）、他には情報が乏しく、特に日本ではまとまった報告は必ずしも多くない。

本課題講演は、火山が日本の陸水学にもたらした豊かな実りを踏まえた上で、その実りが無機酸性という定常的なかく乱環境を基盤としていたことを確認する。続いて 2014 年の御嶽山噴火という非定常的なかく乱を事例に、火山と陸水研究の課題を議論

することを目的とする。加えて、近年の陸水学では取り上げられる機会が減った、水資源、災害といった応用的な話題についても問題提起を行う。

#### 2. 論点—どこまでが噴火の影響なのか

長野県南部と岐阜県北部の県境に位置する御嶽山（標高 3067 m）は、2014 年 9 月 27 日に噴火し、火山噴出物の流入が王滝川水系の濁りと酸性化を引き起こした（谷口 2016 陸の水 **74**: 1-3; 田代 2016 陸の水 **74**: 5-11）。日本陸水学会東海支部会は、2014 年 12 月の予備調査を経て、噴火から 1 年後となる 2015 年 9 月より、噴火が陸水に与えた影響を調べ始めた。水質については、公共機関に加え、法政大学水文地理学研究室が、継続観測を実施しているため我々は、情報の少ない生物への影響を調査項目に加えた。そこで直面したのが、どこまでが噴火の影響か、という課題である（図 1）。例えば、王滝川は、無機酸性河川の濁川が流入すると、その影響によって魚類が生息しない（Onoda and Kayaba 2016 *Rikunomizu* **74**: 23-28）。この状態は、噴火以前から報告され、噴火の影響とは考えにくい。付着藻も同様である（Nozaki 2016 *Rikunomizu* **74**: 13-21）。さらに 1984 年の長野県西部地震で生じた山体崩壊の影響が色濃く残っている。我々の調査結果を材料に、陸水への火山の影響について一緒に議論を深めたい。

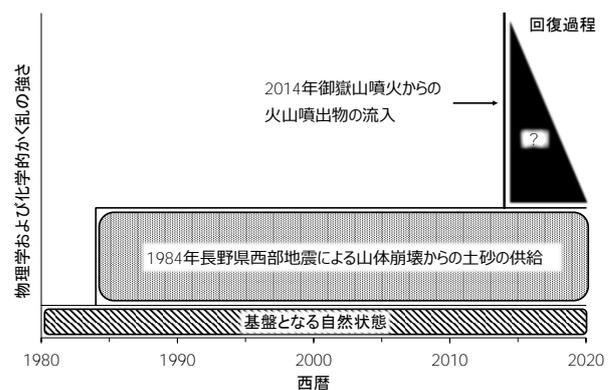


図 1. 王滝川に及ぼす御嶽山の影響（模式図）。1984 年の長野県西部地震以来、崩壊地から大量の土砂供給が続いている。

\*宇佐見 亜希子 (愛知工業大学),  
 登 めぐみ (公益財団法人三重県建設技術センター)  
 松本 嘉孝 (豊田工業高等専門学校)  
 岩月 栄治 (愛知工業大学)  
 八木 明彦 (愛知工業大学)

## 1. はじめに

御嶽山 (標高 3,076 m) は有史以前から大規模な火山活動がみられ、最近では 2014 年 9 月 27 日に水蒸気噴火が発生している。これら噴火に加えて 1984 年 9 月 14 日には、長野県西部地震 (M 6.8) が発生し、御嶽山は、御嶽崩れと呼ばれる大規模な山体崩壊を生じた。

火山活動 (火山灰降下や地震による土砂なだれなど) は、その周辺河川の水質や生物相に影響を与える。御嶽山南麓を流れる王滝川は、源流が御嶽山西方の三浦山 (標高 2,393m) 付近にあり、多数の支流をもち、木曾川へ合流する。

王滝川の有力な支流の 1 つである濁川は、御嶽山の噴火口である赤川地獄谷を源流としているため、他の支流と比べ、pH が低い酸性河川であり、電気伝導度が高い典型的な火山地帯の無機酸性河川である。王滝川は、濁川の流入によって水質が劇的に変化する。

本研究は、微量元素の存在状態を調べることで、王滝川本流および支流河川水の各箇所の水質的な特徴を知り、火山活動による河川水への影響を把握することを目的とした。

## 2. 材料と方法

調査地点は、王滝川本流 3 地点 (上流、中流、下流) および支流 4 河川 (白川、下黒沢、濁川、うぐい川) で採水した。(上流→白川合流→下黒沢合流→濁川合流→中流→うぐい川合流→下流。) 観測日は、2015 年 10 月 10 日、2016 年 9 月 17 日、10 月 29 日の計 3 回おこなった。

採水後、テフロンろ紙 (PTFE, 0.5 $\mu$ m,  $\phi$ 47mm) でろ過し、溶存態と懸濁態へ分離した。ろ液はテフロン製ビンに入れ王水で処理した。ろ紙はテフロン製ビンに入れ王水で処理し 3 週間以上放置後、超純水を加え抽出したものを懸濁態とした。

測定項目は Na, Mg, Al, Si, Ca, Mn, Fe の 7 元素であり、懸濁態と溶存態を島津 ICPE-9000 (平成 24 年度 文科省私大研究設備整備費等補助金) で定量した。

また、2017 年 6 月 24 日採取した王滝川中流地点の河川堆積物 (白色の泥質: ) については、蛍光 X 線 (リガク ZSX PrimusIV) にて定性測定した。

## 3. 結果と考察

河川水中の微量元素の濃度について、Na, Mg, Al, Si, Ca, Mn, Fe の濃度が、濁川が最も高く (他の地点より 2~100 倍の高濃度)、その次に中流、下流が高い値を示した。濃度変化から、濁川が王滝川中流の濃度増加に影響を与えており、また、うぐい川が王滝川下流の濃度を減少させていることが確認できた。

上記の微量元素の存在状態は、溶存態として存在していた。pH は、王滝川上流、白川、下黒沢、うぐい川では pH6.3~6.8 で中性であり、濁川、王滝川中流、王滝川下流では pH5.3~6.0 と低い。溶存酸素濃度は全地点 90~92%であった。つまり pH が低いことで、微量元素が溶存態として存在していることがわかった。

王滝川中流河川に散在していた白色堆積物の主要成分は SiO<sub>2</sub>(52.1%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(14.8%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(7.3%), SO<sub>3</sub>(7.3%), K<sub>2</sub>O(1.5%), CaO(1.5%), MgO(1.1%), Na<sub>2</sub>O(1.1%), TiO<sub>2</sub>(0.8%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(0.2%)であった。また、pH5~6 の中流河川水にこの堆積物を混ぜたところ pH3 付近まで低下した。堆積物に含まれる硫化物が酸化環境中で水に溶解し硫酸酸性水を生成していることが示唆された。

御嶽山火山活動で発生した火山灰や土砂が河川へ流入し、河川の酸性化を引き起こす。土砂に含まれる金属が酸性水により水中へ溶出、その河川水が王滝川の水質に影響していることが把握できた。

## 御嶽山噴火後の周辺河川の水質変遷

# 2A03

\*松本嘉孝（豊田工業高等専門学校）・野崎健太郎（椋山女学園大学）  
田代喬（名古屋大学）

### 1. はじめに

王滝川には、愛知用水の水源となる牧尾ダムが設置されており、2014年の御嶽山噴火による濁りと酸性化は東海地方の社会基盤にも影響を及ぼした。したがって、噴火に伴う河川水質の変遷は、社会的にも解明すべき最重要課題であり、我々は、王滝川水系の全域にわたり多項目水質調査を行っている。噴火以前の王滝川の水質については、1984年の長野県西部地震の際に調べられ、山体崩壊した御嶽崩れ下流の濁川や鈴ヶ沢源流部で既に酸性化が確認されている（戸松ら 地すべり 1994 31 : 43-46、酒井と森澤 中森研 2000 48 : 71-74）。そこで本研究は、噴火による水質変遷の全体像の把握と水質形成機構の解明を目的に行った。

### 2. 調査地点および実験方法

噴火から1年後となる2015年9月より調査を開始した。継続的に調査を行っている地点は図1に示した8地点である。現地にて、水温、EC、pHを測定した。pH測定はパックテストによる比色法もしくはpHメーターにより行った。主要無機イオンの分析については、採取後、速やかに冷凍保存した試水を用いて、ろ過後にイオンクロマトグラフィーで測定を行った。陽イオンと陰イオンの当量差については、今回すべて $\text{HCO}_3^-$ であると仮定して算出した。なお、これまでに全11回の調査を行ったが、開始当初は調査地点を模索していたことや、データ欠損により全てが同じデータ数ではない。



図1. 御嶽山南側河川周辺地点（地理院地図より） 黒抜：王滝川本流、白抜：王滝川支流 1 滝越、2 白川、3 下黒沢、4 濁沢川、5 濁川、6 柳ヶ瀬、7 うぐい川、8 松原

### 3. 結果および考察

#### 3-1. pH 観測結果

以前から酸性化が指摘されていた4濁沢川、5濁川についてはpH平均値が4.7、5.8と低く、本流との合流地点である6柳ヶ瀬でも5.9であった（図2）。ただ、現時点における濁沢川、濁川のpH傾向は明らかにできず、その変動も大きかった。

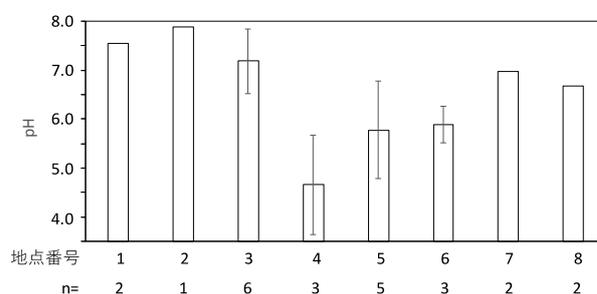


図2. 各採水地点におけるpH測定（nは測定数）

#### 3-2. イオン分析結果

図3は各地点における陰および陽イオンの総量を示している。pHが低下した濁沢川、濁川、柳ヶ瀬ではイオン総量が他点に比べて大きくなることが確認された。このうち、陽イオンで大半を占めるイオンは、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ であり、陰イオンでは $\text{SO}_4^{2-}$ であった。このことは、河川水の酸性化には硫酸イオンに係わる酸の付加が関与していると考えられる。

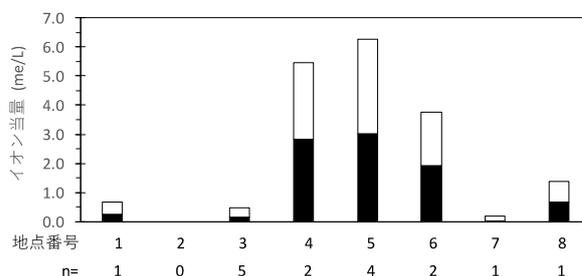


図3. 各採水地点における陰および陽イオン総量（nは測定数、黒塗：陰イオン、白抜：陽イオン）

### 4. 今後の予定

今後は、この水質変遷を継続して調査すると共に、水質変動が現れる原因について、安定同位体を用いて、水の流動経路の視点から解析を試みる。

1. 研究の背景と目的

日本の火山地帯には、その影響を受け pH 1~4 を示す無機酸性湖や河川が存在し、光合成生物としては珪藻 *Pinnularia* 属, *Eunotia* 属, 緑藻 *Microspora* 属, ミドリムシ *Euglena* 属, 苔類 *Aplozia* 属の優占が記録されている(佐竹, 1980, 陸水学雑誌 **41**:41-50). しかしながら、光合成活性や物質代謝を測定した研究は、潟沼における Satake and Saijo (1974) *Limnology & Oceanography* **19**: 331-338 等, 限られている. Planas (1996, *Algal Ecology* p.497-530, Academic Press) は、人為的な酸性化に伴う底生藻類の応答をまとめているが、日本と同様に光合成や代謝の研究は少ないことを指摘している. そこで本研究では、御嶽山噴火口である地獄谷を水源とする酸性河川、濁川を主な調査地として、付着藻の光合成活性と酸性環境との関係を調べた. なお、濁川は王滝川の支流である.

2. 方法

2-1. 濁川が王滝川の付着藻に及ぼす影響

2016年9月14日に濁川が王滝川に合流する地点において、合流前と合流後の河床のクロロフィル *a* 量を比較した. 続いて、合流前の河床に繁茂していたホシミドロ *Zygnema* 属を採取し、王滝川 (pH 6.5) および濁川 (pH 4.0) の河川水を用いて光合成活性を測定した. ホシミドロは、蒸留水で良く洗浄した後、ガラス繊維ろ紙 (ADVANTEC, GF-75) でろ過した河川水を満たした 300 mL の酸素びんに入れた. 酸素びんは、水温 19~20°C に保った水槽に入れ、照度 25000 lux で 3~4 時間培養した. 同時に暗びんを準備し、呼吸を測定した. 培養前後の溶存酸素濃度は蛍光式溶存酸素計 (WTW, MomoLine Oxi3310 IDS) で測定した. 測定後、酸素びん中のホシミドロは回収し、クロロフィル *a* 量の測定に用いた.

2-1. 濁沢の湧水に繁茂する糸状緑藻の光合成活性

濁川は、濁沢と伝上川から構成されている. 濁沢は、地獄谷が水源で pH 3.6 以下の酸性河川、一方の伝上川は pH 7.0 の中性であった. 濁沢の河原には、電気伝導度 90~100 mS m<sup>-1</sup> の無機イオンの多い湧水が見られ、そこには糸状緑藻 *Klebsormidium* 属が繁茂していた. 2016年9月16日に、この藻類を用い、

現場の酸性水と伝上川の支流で pH 6.5, 電気伝導度 2 mS m<sup>-1</sup> の河川水の両方で光合成と呼吸を測定した.

3. 結果と考察

濁川合流前の王滝川のクロロフィル *a* 量は、24.0 ± 1.9 mg m<sup>-2</sup> であったが、合流後は 0.05 ± 0.03 mg m<sup>-2</sup> に激減した. 図 1 は、王滝川と濁川の河川水を用いたホシミドロの純光合成活性と呼吸活性である. 両方に有意差 (Student の *t* 検定, *p* < 0.01, *n* = 3) があり、濁川の河川水は、王滝川に繁茂するホシミドロの光合成と呼吸を低下させることがわかった. 同時に濁川合流前後で測定した王滝川の溶存酸素の日変化量が小さかったことも、この結果を裏付けた.

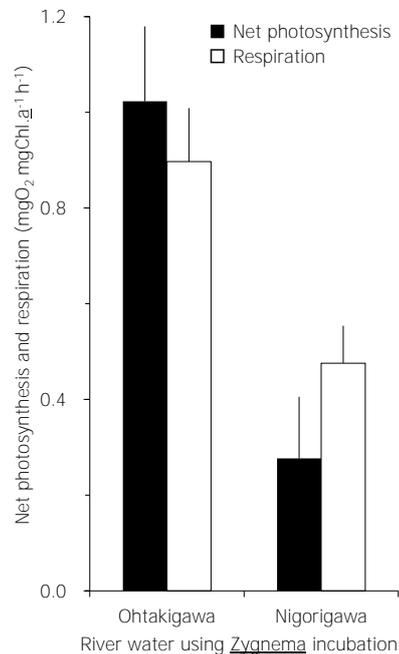


図 1. 王滝川と濁川の河川水を用いたホシミドロの純光合成活性と呼吸活性. 2016年9月14日に実験を行った.

一方で、濁沢の湧水で繁茂していた *Klebsormidium* 属は、酸性の濁沢の河川水で光合成 0.58 ± 0.27, 呼吸 0.42 ± 0.15 mg O<sub>2</sub> mgChl.a<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, 中性の伝上川支流の河川水で光合成 0.60 ± 0.22, 呼吸 0.35 ± 0.22 mg O<sub>2</sub> mgChl.a<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> を示し、両項目とも河川水による差はなかった. したがって、酸性河川に生息する藻類は、酸性河川に適応しているが、中性の河川水でも光合成過程が阻害されていないことがわかった.

\*小野田 幸生（土木研究所・自然共生研究センター），  
萱場祐一（土木研究所・河川生態チーム）

### 1. はじめに

山地河川は勾配が高く土石流等の大規模攪乱にさらされるため、魚類の生息場所は不安定になりやすい。特に火山がある場合には、火山噴出物で地盤が脆弱で山地崩壊が多く、攪乱規模や頻度が大きくなる傾向にある。しかしながら、山地河川には支流が多く、それらが大規模攪乱からの避難場として機能する可能性が考えられる。その機能の実態解明は、山地河川の魚類群集の維持機構の理解のため必要であるが、攪乱に対する魚類の応答とその後の変化についてのデータセットは少なく、その検証は困難であった。今回、幸いにして大規模攪乱（1984年長野県西部地震に伴う山体崩壊“伝上崩れ”）によって、伝上川で絶滅したと報告されていたイワナ（武田 1985）を、支流合流点付近で再発見したので（Onoda 2016）、その周辺でイワナ個体群を比較することによって、大規模攪乱からの避難場としての支流の効果を検証した。

### 2. 材料と方法

御嶽山南麓を流れる伝上川（流域面積 8.52 km<sup>2</sup>）とその左岸に流入する支流（1.95 km<sup>2</sup>）で合計 5 地点（伝上川 2 地点、支流 3 地点）を設定し、流程に沿ってイワナのセンサスを行った。各調査地点には、イワナの潜在的な生息環境となる約 20cm 以上の水深の淵が含まれるようにした（柳生 2009）。なお、各調査地点は伝上川本川と支流の合流点以外、治山ダム等で仕切られている。イワナのセンサスは 2016 年 9 月 15、16 日に、シュノーケリングによって行った。観察時間は魚類密度に応じて 15 分あるいは 30 分間とした。相対密度は、単位時間当たりの観察数（CPUE）で評価した。体サイズは水中目視によって 5cm 単位で読み取り、亜種名は体表の色や模様によって同定した。

### 3. 結果と考察

全部で 27 個体のイワナが観察され、その全てがヤマトイワナと同定された。確認された地点は水深が 30 cm 以上の落ち込み型の淵であった。確認個体の多くは、支流で確認され、上流ほど CPUE が多かった。伝上川の 2 地点でも水深が 30 cm 以上の淵があったが、支流の合流点の下流側では 2 個体が確認され、上流側では確認されなかった。多くの調査地点の間に治山ダム等があり、流下による移入が主であることを合わせて考慮すると、調査対象の支流がソース個体群であると考えられる。さらに、伝上川本川と比べて、支流の個体群の体サイズは幅広いサイズで構成されたことから、支流の個体群は再生産を通じて維持されてきたと考えられる。この支流は伝上崩れの流下範囲の周縁部に位置し影響が少なかったと考えられ、そこで維持されてきたイワナ個体群は伝上川全体の個体群の供給源として、今後の再生に重要な役割を果たすと考えられる。このように、山地河川における支流は、溪流魚に攪乱からの忌避場所や、その後の分布拡大の機会を提供することで、攪乱の影響を回避・緩和するのに役立つと考えられる。

### 引用文献

- 武田恵三（1985）王滝川支流伝上川の絶滅したヤマトイワナ。淡水魚 **11**: 151-153
- Onoda Y. (2016) Rediscovery of Japanese charr in the Denjogawa River and its tributary in 2016 after a disturbance from the Ontake Landslide in 1984: significance of a tributary as a refugium from disturbance. *Rikunomizu (Limnology in Tokai Region of Japan)* **74**:29-34
- 柳生将之（2009）山地河川におけるイワナの採餌場所選択性。魚類学雑誌 **56**: 111-118

\*田代 喬（名古屋大・減災連携研究センター）

### 1. はじめに

2014年9月、御嶽山では水蒸気爆発に伴う噴石により、登山客を中心に50名を超える犠牲者が生じた。さらに、2015年5月口永良部島、2016年10月阿蘇山で爆発的噴火が観測される中であって、近年、火山噴火のリスクが改めて認識されている。一般的な火山を表す「第四紀火山」は、第四紀に活動したもので、「活火山」はこのうち、直近の1万年に活動したものを指す（産総研地質調査総合センター、2016, <https://gbank.gsj.jp/volcano/>）。

我が国の国土の約10%は火山噴出物に由来する第四紀火山岩類によって構成されており、陸水への影響を考えるうえでも火山の存在は無視しえない。例えば、火山周辺の環境水には強酸性を呈するものがあり、その一部は温泉として認知、利用されるほか、名勝地として特異な景観を形成し、国立公園やジオパークなどに指定されていることも多い。

本報では、御嶽山とその南山麓を集水域とする木曽川支川王滝川水系を事例に、火山災害の特徴、水資源の開発・利用状況を概観し、それらが水環境に及ぼす影響について考察する。

### 2. 火山災害の特徴：御嶽山の事例から

御嶽火山を含む活火山は、東北、九州地方を中心に我が国に広く分布し、脆弱な地盤で急峻な地形を形成している。一般に火山における大災害を引き起こす現象は、火砕流と山体崩壊とされているが（山岡、2011, 砂防と治水 199:109-110）、火山活動に起因して直下型地震を引き起こすことも多い。また、噴出物による直接被害だけでなく、降雪があると融雪泥流を発生させるし、山腹の地被状態の改変はその後の降雨による土石流リスクを高めることになる。

実際、御嶽山では近年、前記した2014年以外に1979年、1991年、2007年に水蒸気噴火があったほか、1984年の長野県西部地震（M6.8）に伴う“伝上崩れ”を含む大規模な山体崩壊が生じた。この山体崩壊で流出した3000万m<sup>3</sup>を超える土砂は、谷筋に存在した発電施設、温泉施設や営林署を埋没させ、

河道を閉塞させながら、集落に押し寄せることにより、29名もの死者を含む甚大な被害が生じた。現在も尚、大規模治山工事（林野庁中部森林管理局、<http://www.rinya.maff.go.jp/chubu/kiso/kannnainosinrin-seibinohoukou.html>）が復旧事業として行われている。

### 3. 火山地域の水資源開発：王滝川の事例から

第四紀火山岩は保水性や水源涵養効果が大きいため、渇水時の流出量が大きく水涵養能に優れた水源地域を呈することが多い。火山地域の流出河川では、かつての主要な電力供給を担った水力発電所が多く建設されているほか、流域外への灌漑用水確保などを目的とする水資源開発が盛んに行われてきた（高橋、1978, 河川水文学, 共立出版）。

御嶽山麓を集水域に含む王滝川は木曽川の一大支川で、戦前から水力発電開発が進められ、4基の発電ダム（三浦、王滝川、常盤、木曽）と6つの発電所（三浦、滝越、三尾、御嶽、常盤、木曽）が水系内に連鎖的に配置されている（九津見ほか、1989, 電力土木 220:101-115）。中でも御嶽発電所は、王滝川本川とその多くの支川から集水して発電する形態を呈する（田代、2016, 陸の水 74:5-11）。さらに、王滝川では、1961年に牧尾ダムが建設されている。この開発の趣旨は、木曽川流域外の知多半島までを含めた灌漑を主目的とする愛知用水事業の一環であり（水資源機構愛知用水総合管理所、2007）、豊富な水資源の高度な利用が行われている。

### 4. 御嶽山麓で考える火山地域の水環境影響

火山地域では、火山灰や噴出物により構成される特異な基質上に、強酸性水を含む流水・止水環境が形成されている。自然下では噴火、崩壊等のパルスのハザードによるインパクトを受容しながら、他の陸水環境以上に強度な開発にさらされてきており、輻輳する要因により水環境は動的に変化している。

話題提供では、御嶽山麓で噴火以前から強酸性を呈した濁川とその周辺河川における水質、底生動物群集の変化などを材料に、噴火による影響を含めた火山地域の水環境動態について議論したい。

\*植田真司、長谷川英尚、柿内秀樹、佐藤雄飛  
大塚良仁、久松俊一（環境科学技術研究所）

## 1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故後 6 年が経過した。著者らは事故当年から福島県飯館村の小河川において  $^{137}\text{Cs}$  の流出に関する研究を進め、出水時の懸濁粒子を介した  $^{137}\text{Cs}$  の移動が重要な役割を果たしていることを明らかにした (Ueda et al., 2013)。一方、福島県の浜通りを中心とした河川水において、平水時の溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度が河川水中総  $^{137}\text{Cs}$  濃度の約 1/2 を占めること、並びに、溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度及び  $^3\text{H}$  濃度が陸域の平均  $^{137}\text{Cs}$  沈着量と有意な相関関係を示すことを明らかにした (Ochiai et al., 2015 ; Ueda et al., 2015)。

本会では、2011 年から 2016 年にかけて調査した河川水中の溶存態  $^{137}\text{Cs}$  及び  $^3\text{H}$  濃度の長期変動、及び両核種の濃度変動の違いについて紹介する。

## 2. 方法

対象河川は、福島県飯館村の新田川水系支流の比曾川及び割木川とし、図 1 に示した 2 地点の観測点を設けた。

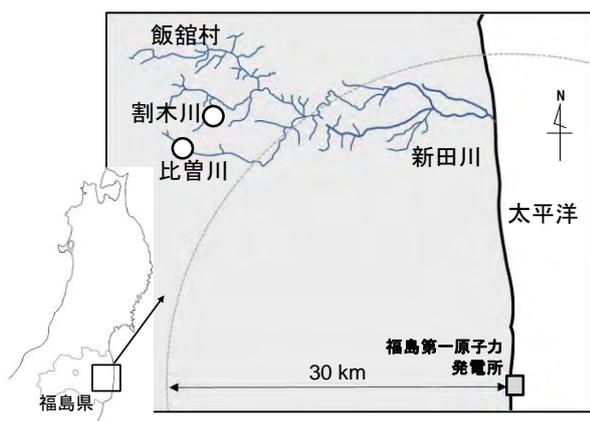


図 1 飯館村河川における観測地点 (丸印)

河川水試料は  $0.45\ \mu\text{m}$  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。ろ過水はイオン交換樹脂充填カラムに通水して  $^{137}\text{Cs}$  を捕集した後、樹脂を乾燥し、Ge 半導体検出器で測

定した。 $^3\text{H}$  濃度は、ろ過水を蒸留・電解濃縮後、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンターで測定した。分析結果は試料採取日に減衰補正した。

## 3. 結果

事故当年の 2011 年 7 月における比曾川及び割木川の河川水中溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度の最大値は、それぞれ  $1.5\text{E}+0\ \text{Bq L}^{-1}$  及び  $6.7\text{E}-1\ \text{Bq L}^{-1}$  であったが、6 年後には約 1/200 及び 1/80 まで減少した。一方、 $^3\text{H}$  濃度は 2011 年の比曾川及び割木川において  $2.1\text{E}+0\ \text{Bq L}^{-1}$  及び  $2.4\text{E}+0\ \text{Bq L}^{-1}$  の最大値を示し、6 年後は約 1/7 及び 1/8 まで減少した。 $^3\text{H}$  濃度に関してはすでにバックグラウンドレベルである一方、 $^{137}\text{Cs}$  濃度は物理的半減期以上の減少が認められるが、未だ事故前のレベルに至っていないことが明らかとなった。

河川水中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の減衰から環境半減期を求めると、両河川ともに減少速度の異なる 2 成分で表され、速い成分が約 60 日、遅い成分が約 1.9 年となった。一方、 $^3\text{H}$  濃度の減衰は 1 成分で表され、環境半減期は両河川ともに約 30 日であり、事故後 2 年程度で速やかにバックグラウンドレベルまで減少した。これは、 $^3\text{H}$  の大部分は  $\text{H}_2\text{O}$  の形態で移動するため、水の移動のみを考慮した 1 成分で表現できるが、 $^{137}\text{Cs}$  に関しては土壌への収着による移動の遅延に加えて、河川水中懸濁態  $^{137}\text{Cs}$  との分配などの過程があるため 2 成分以上の減衰になるものと考えられる。

## 参考文献

- Ochiai et al., (2015) J. Environ. Radioact., 144, 86-95.  
Ueda et al., (2013) J. Environ. Radioact., 118, 96-104.  
Ueda et al., (2015) J. Environ. Radioact., 146, 102-109.

本記載事項は、青森県からの受託事業により得られた成果の一部である。

## 1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質は地表や水面等に沈着し、更に湖水中や底質へ移行した。山岳地域の閉鎖性貧栄養湖である栃木県日光市中禅寺湖と福島県金山町沼沢湖のヒメマスの放射性セシウム高濃度汚染の長期化問題を解決するために、陸水学的調査研究を行った。現地調査は各水産試験場、各漁業協同組合の協力で遂行された。只見川の右岸より約 1 km の距離にある沼沢湖（沼沢沼）は約 5,000 年前頃に火砕流噴火を起こした小型のカルデラ湖である。湖の水面高度 474 m、湖岸線 7.5 km、面積 2.98 km<sup>2</sup>、最大深度 96.0 m、平均深度は 60.4 m で湖岸は非常に急深である。阿賀野川の支流、只見川の流域にある沼沢湖の湖水面は只見川水面より 220 m もの高所にあるので、この二つ落差を利用して昭和 27 年より揚水発電が行なわれている。新潟福島豪雨災害で施設が損傷し 2011 年に停止していたが 2014 年から再開している。

## 2. 材料と方法

採水調査は 2014 年 4 月より 10 月まで毎月実施した（計 6 回）。湖水は 0、5、10、20、40、60、80、90 m 水深でニスキン採水器（20 L）とアンカーウインチを使って採水した。他に只見川、流入河川（前ノ沢）で表層水を採水した。沿岸のブイに、直径 10 cm 長さ 50 cm の塩ビパイプ（セジメントトラップ）を光合成有効層下限である水深 20 m の位置に 4 本係留し、沈殿物を毎月回収した。全ての沈殿物は、ビーカーに移し 90 °C で乾燥して重量法で求めた。蒸発乾固した沈殿物は蒸留水で再可溶して回収して U-8 容器に移して、高純度ゲルマニウム半導体検出器（セイコー EG&G 社製・GEM シリーズ）で放射性セシウムを分析し、十分な測定時間を費やした（最大 50,000 秒）。10 月には底泥を直径 6 cm の重力式の佐竹式コアサンプラーを用いて湖心と沿岸で不攪乱のコアを採取して、実験室に持ち帰り層別に切り分け、生重量、乾重量を測定後、U-8 容器に詰めて、ゲルマニウム検出器で放射性セシウムを分析した。

## 3. 結果及び考察

沿岸ブイに設置したセジメントトラップから求めた、<sup>134</sup>Cs の冬期フラックスは 42 Bq/m<sup>2</sup>/0.5year となり、<sup>137</sup>Cs の冬期フラックスは 124 Bq/m<sup>2</sup>/0.5year であった。一方、湖心に 1 年間設置したセジメントトラップから求めた、<sup>134</sup>Cs の半年間フラックスは 285(Bq/m<sup>2</sup>/0.5year)であり、<sup>137</sup>Cs の半年間フラックスは 792 Bq/m<sup>2</sup>/0.5year であった。底質のインベントリーはそれぞれ 14,726 Bq/m<sup>2</sup>、42,684 Bq/m<sup>2</sup> であったからそれと比較して <sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs の年間フラックス（動植物プランクトンの遺体など）として 1.9 % が新たに底質に追加されると見積もられた。沼沢湖のヒメマスは、徐々に減少傾向にあるが、何れの年も循環期である 4 月に放射性セシウムの値が上昇している。後に示す湖の深層にある放射性セシウムが循環期に表層に回帰して来ていることや春のキザキユスリカ等の羽化によるものと解釈される。2013 年 10 月 29 日に沼沢湖の表層水を湖水の表層水の <sup>137</sup>Cs 濃度は 0.04Bq/L であった。2014 年秋に 44 Bq/kg 生重であったが、2015 年秋にはヒメマスの <sup>134</sup>Cs と <sup>137</sup>Cs の蓄積量は 22 Bq/kg 生重となり基準値を大きく下回った。他の魚類はいずれも 100 Bq/kg 生重を遙かに下回っていた。2014 年 6 月には 62.4 Bq/kg 生重であったが、2015 年 9 月には 22 Bq/kg 生重となり 50 Bq/kg 生重を下回った。その結果、福島県は 2016 年 4 月から沼沢湖におけるヒメマスの出荷規制は解除された。2015 年 4 月に羽化して集団を形成していたキザキユスリカの成虫を採取して放射能を測定したところ、<sup>134</sup>Cs は 27 Bq/kg 生重と <sup>137</sup>Cs の蓄積量 97 Bq/kg 生重であった。春先のヒメマスの放射能の急激な増加はこのキザキユスリカの成虫を捕食しそのために一次的に増加したと推定された。この時期以外は、動物プランクトンを捕食し比較的浅い水深に生育している。揚水発電の希釈効果によって成層期の表層付近が特に環境放射能が低く抑えられ、比較的浅い水深の動植物プランクトンのレベルが下がり、結果としてヒメマスの予想外のレベル低下に繋がったと推定された。

## 1. はじめに

2011年3月に福島沖で起きた地震及びそれに伴って発生した大津波によって、太平洋に面している福島第一原子力発電所(FDNPP)は大きな打撃を受け、その結果、大量の放射性物質が大気中に放出されました。FDNPPから放出された放射性物質は数百キロメートルも遠く離れた場所にまで広がり、広範囲の森林・土壌・草地・湖沼・河川などを汚染しました。

放射性物質による汚染は生物に何らかの形で影響をもたらしますが、その現れ方は分類群によって異なるようです。しかし、放射性物質による生態学的な影響について、分かっていないことが多い。

溪流魚や水生昆虫は、溪流生態系の主要な構成要素です。また、溪流魚は釣りレジャーの主要な対象魚種であり、食物として消費されることもあることから、魚の放射能汚染除去は喫緊の課題となっています。しかし、国の安全基準値(100Bq/kg)を上回っている放射性セシウムを含んだ魚が、FDNPPから数百kmも離れたところでも見つかっており、一日も早い汚染の解消が待ち望まれています。

今回、福島県にイワナやヤマメなどの溪流魚の主な餌となっている水生昆虫および、水生昆虫の餌ともなる藻類・リター、そして水底の砂の汚染度について、推移を調べてみました。

## 2. 方法

福島県川内村の河川4カ所において、砂・リター・藻類・水生昆虫を採集しました。これらの調査地点における空間線量率は0.05-0.53 $\mu$ SV/hでした。砂については、瀬に存在する砂礫部分の砂を持ち帰

り、室内にて乾燥の後ふるいにかけたもの(<2mm)の放射性セシウム濃度を測定しました。リターは、瀬に引っかかっているリターを渓流水で洗浄したものを持ち帰り、室内にて乾燥の後、放射性セシウム濃度を測定しました。藻類については、石の表面についている目に見える余分な有機物類を取り除き、表面を簡単に洗った後、石に固着している藻類を採集し、室内にて乾燥の後、放射性セシウム濃度を測定しました。水生昆虫については、分類群毎にそれぞれ可能な限り水生昆虫を採集し、その場で精製水にて洗浄し、室内にて乾燥の後、放射性セシウム濃度を測定しました。

## 3. 結果

砂およびリターについては、空間線量率の高い場所では年月とともに値が下がっていましたが、空間線量率の低いところでは傾向は見られませんでした。藻類については、空間線量率の高いところでも明確な減衰傾向はみられませんでした。水生昆虫においては、分類群によって傾向が異なっていました。

1. はじめに

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故によって放出された放射性物質は、東日本の広域に降下・沈着し（原子力規制委員会，2017），栃木県においても全域で放射性セシウム沈着が確認された。福島第一原子力発電所から直線距離で約160km離れた中禅寺湖（日光市）においては，2012年2月にサケ科魚類から食品の基準値を超過する放射性セシウムが検出された。これに伴って中禅寺湖漁業協同組合では全ての魚類の採捕を自粛し，キャッチ・アンド・リリースによる漁場運営を開始した。中禅寺湖はヒメマスを始めとするサケ科魚類の遊漁を目的として年間2万人の釣り人が訪れる日本有数のマス釣りの湖として知られており，魚類の採捕自粛は地域の水産業に多大な被害を及ぼした。原発事故から6年が経過した現在においても，ヒメマスとワカサギを除く魚類の採捕自粛が継続されており，漁業・遊漁の全面的な再開の見通しが立たない状況にある。

本研究では，中禅寺湖に生息する魚類の放射性セシウム汚染の現状を明らかにすることを目的として，魚類の放射性セシウム濃度の経時的な変化を調査し，今後の動向について考察した。

2. 材料と方法

中禅寺湖は栃木県北西部に位置し，湖水面標高1269m，最大水深163m，湖水面積11.4km<sup>2</sup>，平均滞留時間約6.5年の閉鎖性の高い堰止湖である。2012年から2017年にかけて，ヒメマス，ブラウントラウトおよびワカサギを釣りおよび刺網によって採捕した。文部科学省放射能測定シリーズ No.24「緊急時におけるガンマ線スペクトロメトリーのための試料前処理法」を参考に，これらの筋肉部（ワカサギについては魚体全体）をフードプロセッサで細切したのち，U-8容器に定容し測定試料とした。ゲルマニウム半導体検出器とマルチチャンネルアナライザを用いて<sup>137</sup>Cs濃度を測定した。魚類の<sup>137</sup>Cs濃度の減衰は1成分の指数関数モデルで表し，実効生態学的半減期（Effective ecological half-life,  $T_{eff}$ ）

を推定した。

3. 結果と考察

ヒメマスおよびワカサギの<sup>137</sup>Cs濃度は時間の経過とともに減少する傾向を示し（ヒメマス： $y = 125.7e^{-6E-04x}$ ， $P < 0.001$ ，ワカサギ： $y = 77.6e^{-6E-04x}$ ， $P < 0.001$ ）， $T_{eff}$ はそれぞれ3.2年（1167日）および2.9年（1069日）と推定された（図1）。ブラウントラウトの<sup>137</sup>Cs濃度は減少しているものの（ $y = 159e^{-2E-04x}$ ， $P = 0.003$ ），減少速度が遅く， $T_{eff}$ は7.9年（2874日）と推定された。

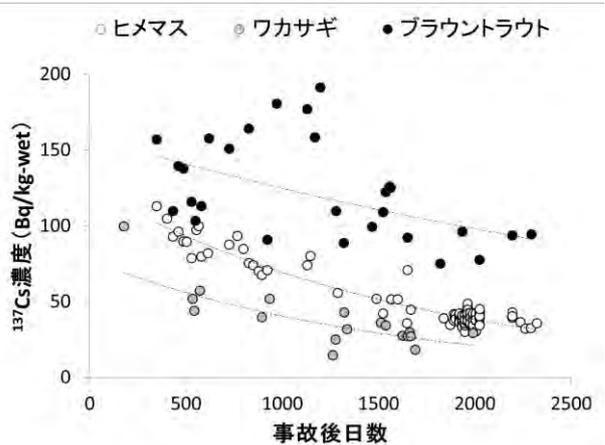


図1 中禅寺湖における魚類の<sup>137</sup>Cs濃度の経時変化

淡水魚類は主に摂餌によって餌から放射性セシウムを体内に取り込むと考えられている。ヒメマスおよびワカサギの主要な餌は動物プランクトンであり，両種の<sup>137</sup>Cs濃度および $T_{eff}$ は同程度であった。一方，魚食性の強いブラウントラウトではヒメマスおよびワカサギより<sup>137</sup>Cs濃度が高く維持されており， $T_{eff}$ は7.9年と両種の2倍以上の時間を要した。放射性セシウム汚染の更なる長期化が懸念されることから，今後も魚類の放射性セシウム濃度のモニタリングを継続することが重要である。さらには環境中や魚類の放射性セシウム汚染の中長期的な動態を解明し，得られた成果を漁業協同組合にフィードバックすることで今後の漁場運営計画の策定に貢献することが期待される。

\*石井 伸昌、田上 恵子（量研機構・放医研）、風呂田 利夫、  
鏡味 麻衣子（東邦大学・生命環境）、内田 滋夫（量研機構・放医研）

### 1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故により生活圏に放出された放射性セシウムによって、様々な環境が汚染された。陸水環境も例外ではない。風や降雨により陸域に蓄積した放射性セシウムの一部は河川へと運ばれ、最終的には海へ流れ出る。湖沼はこの流出過程に存在する。河川において放射性セシウムは主に懸濁物質とともに存在しており、湖沼はこれら懸濁物質が蓄積しやすい場所でもある。湖沼に生息する生物は、したがって、放射性セシウムに暴露される機会が多く、体内に蓄積している可能性がある。特に、魚は湖沼生態系において栄養段階が高く、放射性セシウムで汚染された生き物を多量に、そして継続的に食べていると考えられるため、蓄積量も多いと推測される。

本調査は、放射性セシウム濃度が平衡に達した湖沼に生息する魚を対象に、Cs-137の蓄積部位、濃縮係数（CR）、および濃縮に係わる要因を明らかにすることを目的とした。

### 2. 材料と方法

2015年9月から2016年12月にかけて、千葉県北西部に位置する印旛沼において、合計62匹の魚（コイ、フナ、カムルチ、アメリカナマズ、オオクチバス、ブルーギル）を捕獲した。捕獲した魚のうち51匹は、筋肉、骨、内臓、卵、そしてこれら以外の部位に切り分け、それぞれをCs-137分析試料とした。残りの14匹は小型のため各部位に切り分けることが難しく頭部を除いた胴体部位を、2匹は1匹全体を分析試料とした。試料は全て凍結乾燥し、粉碎した後、ねじ口U型容器に封入した。

放射性セシウムの測定は、ゲルマニウム半導体検出器で行い、半減期補正は試料採取日を基準とした。

### 3. 結果および考察

環境省は東日本大震災への対応の一環として、公共用水域における放射性核種のモニタリングを行

っている。印旛沼もこのモニタリングサイトの一つであり、2015年および2016年に行われた調査では水質中のCs-137濃度は、それぞれ0.023 Bq/Lおよび0.030 Bq/Lであった。極低レベルであることと、年間の差が0.007 Bq/Lであったことから、Cs-137濃度は平衡に達していると判断した。

筋肉中（小型魚については胴体あるいは全体）のCs-137濃度範囲は $2.0 \times 10^1$  Bq/kg-dry から  $5.4 \times 10^2$  Bq/kg-dry で、中央値は  $8.8 \times 10^1$  Bq/kg-dry あった。各試料の水分含量から生重換算したところ、食品に含まれる放射性セシウムの基準値（100 Bq/kg-生重）を超える魚は、2015年9月に捕獲したカムルチのみであった。耳石による輪紋解析から、この魚の推定年齢は5才であり、原子力発電所事故以前に誕生した個体であることが分かった。

部位毎にCs-137濃度を調べたところ、いずれの魚種においても筋肉が高く、内臓、卵、骨の順に濃度が減少した。また、筋肉に対するこれら臓器のCs-137濃度比は、それぞれ  $0.43 \pm 0.24$ 、 $0.26 \pm 0.15$ 、そして  $0.05 \pm 0.02$  であった。筋肉に対して卵から0.26の濃度比でCs-137が検出されたことは、親が蓄積したCs-137の3割程度が次世代へ引き継がれることを意味している。また、フナとブルーギルでは筋肉に対する1個体の濃度比は  $0.53 \pm 0.064\%$  であった。

筋肉部位を分析した試料を対象に、各試料の水分含量および筋肉に対する個体のCs-137濃度比(0.53)から個体生重量当たりのCs-137濃度を算出し、水質のCs-137との比からCRを求めた。フナ、ブルーギル、コイ、オオクチバス、アメリカナマズ、カムルチの順でCR値は高くなり、それぞれ280、384、414、535、805、および1590 L/kg-生重が得られた。海水魚のCRはおおよそ30 L/kg-生重であることから、明らかに淡水魚は海水魚よりCs-137を蓄積しやすいことが分かった。同じ魚種でもCR値には幅があった。例えばフナの場合、CR値は157から474 L/kg-生重の範囲であった。その要因としてCs-137に対する曝露期間が影響している可能性がある。

## 琵琶湖流域の順応的ガバナンス： 流域圏社会-生態システムの健全性

\*奥田昇・池谷透・石田卓也・上原佳敏（地球研），浅野悟史（琵琶研），岩田智也（山梨大・院総合），大園亨司（同志社大・理工），陀安一郎（地球研），伴修平（滋賀県大・環境科学），谷内茂雄（京大・生態研），脇田健一（龍谷大・社会）

### 1. はじめに

リンや窒素などの生元素が人間活動によって自然界に過剰に排出されることで生じる「栄養バランスの不均衡」は、世界中の流域生態系において富栄養化や生物多様性の減少を引き起こしてきた。さらに、生物多様性の減少とともにさまざまな生態系サービスが失われつつある。

本講演では、これらの環境問題の解決に資する順応的流域ガバナンスの方法論を提案する。流域圏社会-生態系システムの健全性を「生物多様性」、「栄養循環」、「しあわせ (Well-being)」の3つの側面から検討し、その向上につながる道筋を現場におけるコミュニケーションを通じて見出すことを目的とする。流域住民が地域の課題に主体的に取り組むことが、同時に、流域の環境問題の解決につながるようなガバナンスのシナリオを検討し、その成立条件の解明をめざす。

### 2. 材料と方法

図1に基づいて説明する。比喩的に歯車で表現された「生物多様性」、「栄養循環」、「しあわせ」の3要素が、「地域活動」の活性化に連動して駆動するプロセスとして、次のシナリオを検討する。

失われつつある地域の自然の価値を住民が再認識し、その対象を「地域の環境ものさし」を通して保全することで歯車が始動する。活動の参加者は、生物の個体数や景観の変化を通して、活動の有効性を実感することに喜びや楽しみを感じ、地域の価値に共感・共鳴する仲間が増えることにやりがいを感じる。地域の絆が深まるプロセスが潤滑剤となり、「しあわせ」の歯車が駆動することによって、地域の保全活動が促進される。また、保全活動によって生物多様性が豊かになると、生物による「栄養循環機能」が向上し、流域の栄養バランスが回復する。

さらに、地域の活動が流域システムの健全性の向上につながることを社会に見える形で科学的に提示できれば、その恩恵を受ける流域住民による地域

活動への参加や「緑の消費」運動が促進されるかもしれない。地域の活動が経済的な利益を生み出し、地域間の交流が深まることによって地域が活性化するというシナリオまで視野に入れるならば、4つの歯車の持続的な好循環が期待される。

上述のシナリオが成り立つガバナンスの条件を検証するため、琵琶湖の野洲川流域の上流から沿岸に至る5つの異なる地域の保全活動に参加し、社会の多様な主体との協働を通じて、地域と流域の2つのスケールをつなぐガバナンスを実践する。

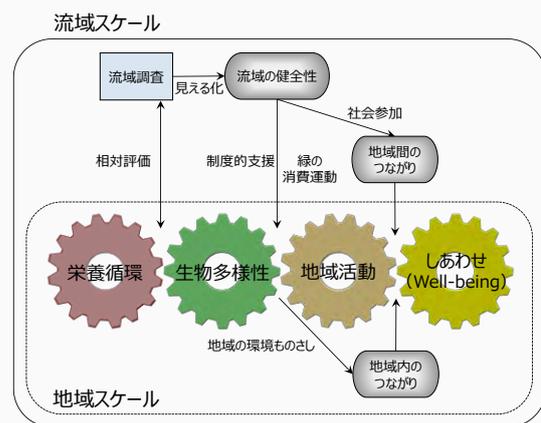


図1 順応的流域ガバナンスにおける「歯車の仮説」

### 3. 結果と考察

流域スケールで栄養循環を俯瞰的に捉えるために栄養螺旋・安定同位体モデルを導入し、人間活動に伴う栄養循環の攪乱や生物多様性が駆動する栄養循環機能を評価する手法を確立した。他方、地域スケールで保全活動を内発する「地域の環境ものさし」アプローチの有効性を実証した。流域ガバナンスの実践を通して、図1の4つの歯車が相互に駆動する条件を明らかにすることが今後の課題である。

### 4. 謝辞

本研究は、地球研プロジェクト「生物多様性が駆動する栄養循環と流域圏社会-生態システムの健全性」により実施された。

## 1. はじめに

身近な生物を観察することによる様々な効果が報告されている。とりわけ水田とその周辺の淡水生態系は住民の生活との結びつきが強く、近年では減農薬や冬季湛水といった積極的な環境保全型農業が拡大したことで、その効果を測るために農家と地域住民による観察会が随所で実施されている。こうした効果を実感する上で、ある生物の数の変化は誰にも理解しやすい指標となる一方で、環境保全型農業が生物多様性に与える影響は別途議論する必要があるが、多様性指標は一般住民には扱いにくいという側面がある。

奥田ほか（2017）は地域の生活や生業に結び付き、住民自ら測ることができる環境指標を「地域の環境ものさし」と定義した。その一つ、滋賀県甲賀市小佐治地区のニホンアカガエル（以下アカガエル）の卵塊は、圃場整備によって失われた冬季の湿田環境の再生に高い反応性を示した（Asano *et al.* 2016）。その結果をもとに環境保全型農業の効果を卵塊数によって見える化し、翌年には冬季湛水の取組みが約4倍に増加するなど「地域の環境ものさし」による保全型農業の波及効果を確認した。しかし、対象地域の環境保全活動はなにもアカガエルを増やすことが目的ではない。滋賀県の施策である環境保全型農業直接支払交付金では、その目標として生物多様性保全を挙げている。そこで、「地域の環境ものさし」が環境保全型農業の有効性を示すだけでなく、分かりやすいものさしによって捉えにくい生物多様性の変化を推測できるのかを検証したい。

## 2. 対象地域と研究の方法

本研究の対象地域は野洲川の支流の一つ杣川流域に含まれる中山間地である。古琵琶湖層群由来の緩やかな丘陵地が侵食された谷津地地形が広がる。

本研究では2017年6月中干し期前に、冬季湛水や水田内水路の整備など営農状況の異なる30筆において、水田内水路内部や畦際5mの区間を、タ

モ網（Dネット；幅35cm、目合い3mm）を用いて一定努力量で採集し、湿地生物を種ごとに個体数をカウントした。またそれぞれの水田の面積、水田内水路の幅、2017年2～3月に記録されたアカガエル卵塊数とともに解析を行った。解析にあたり、ウシガエル、アメリカザリガニ（以下ザリガニ）、サカマキガイ類を外来種、その他を在来種とし、生活史が水中で完結するものを水生生物、部分的に陸上生活するもの（カエルなど）を半水生生物とした。

## 3. 結果と考察

分析の結果、アカガエル卵塊数と水生生物の多様度や水生生物の種数と有意な正の相関があることがわかった（ $p < 0.01$ ）。また、冬季湛水によってアカガエル卵塊数だけでなく水生生物の多様度、種数が増加することも示唆された。また、生物多様性保全の視点からいくつかのモデルにおいて重回帰分析をおこなったところ、在来種数はザリガニ個体数から負の影響を受けつつ、水路の存在によって正の影響を受けること、水生生物種数は冬季湛水の実施に正の影響を受けるが、ザリガニ個体数からは負の影響を受けることが明らかになった。

本研究の結果から、非専門家には容易に測ることができない生物多様性をアカガエルの卵塊数に基づいて評価することができ、本種の「地域の環境ものさし」としての有効性が実証された。また、環境保全型農業によってザリガニのような負の影響を与える生物も増加することが懸念された。在来種が豊富な生物多様性保全を目的とする場合、こうした負の環境指標にも着目し駆除などを併せて実施することが必要である。

## 謝辞

ご協力いただいた農家の皆様、総合地球環境学研究所 柴田嶺氏、小林邦彦氏に記して謝意を表する。なお、本研究の調査は総合地球環境学研究所プロジェクト（D06-14200119）の一環として実施された。

## 田越灌漑によって水田の栄養塩循環はどう変わるか？

# 2A15

### 水田からの栄養塩流出抑制を目指して

\*石田卓也・上原佳敏・池谷 透（地球研）・浅野悟史（琵琶研）・奥田 昇（地球研）

#### 1. はじめに

河川に対する過剰な栄養塩負荷は、しばしば富栄養化を引き起こし、生態系のバランスが崩れることで自然や社会に損害を与えてきた。栄養塩の負荷源は、点源（工場や下水処理施設など）と面源（農地や都市など）に分けることができるが、日本のように環境規制やインフラが整備された流域では、面源負荷への対処がより重要となってきた。

水田は、日本における主要な農地利用形態である。水田は、水とともに流入した栄養塩が系内で消費されることで吸収源として働くが、水田内の土壌や肥料からの流出量がそれを上回れば負荷源となる。特に代掻きと田植え時には、土壌が掻き起され施肥が行われることで、栄養塩に富んだ水と土壌粒子が河川へ流出するために、水田は強い負荷源として働く。

現在の水田は、1960年頃から始まった圃場整備により用排水路が整備され、水田1枚ごとに独立した灌漑が可能となっている。整備がなされる前、地域によっては田越灌漑が行われていた。田越灌漑とは上部の水田で利用した田面水を下部の水田へ直接導水する灌漑様式である。現在行われている用排水分離の慣行灌漑と比較して、田越灌漑化された水田では、水の滞留時間の増加や水田からの流出水量の低下が予想される。滞留時間の増加は、水田内における栄養塩の消費（沈降・土壌吸着や生物による吸収）を促進すること、流出水量の低下は栄養塩流出を直接的に低減させると考えられる。これらの効果から、田越灌漑を行うことで、面源負荷減として重大と考えられる耕起時期における水田からの急激な栄養塩流出を抑制できることが期待できる。

本研究の目的は、田越灌漑が水田からの栄養塩流出に与える影響を明らかにすることである。本発表では、生物生産の主な制限要因であるリンに着目し、田面水の反応性リン濃度（SRP）を農事歴毎に調査し、田越灌漑のリン流出抑制効果を検証した。

また、聞き取り調査によって田越灌漑を実践する上で直面する課題を整理した。

#### 2. 材料と方法

調査は、滋賀県甲賀市小佐治地区で行った。小佐治地区は、野洲川中流域の中山間地域に位置し、丘陵地の谷筋に沿って谷津田が開墾された。古琵琶湖由来の堆積岩から発達した非常に細かい粒子を持つ土壌が分布している。調査は、6つの異なる谷筋において、連続する3枚の水田を田越灌漑化し、リン濃度の経時観測を実施した。

2017年4月から7月にかけて田面、用水路、排水路の水を採水した。採水は、農事歴に合わせ、代掻き・田植えの前後に行った。施肥は代掻き時または田植え時に行われている。水試料は、0.2 μm メンブレンフィルターで濾過後、モリブデンブルー法によってSRP濃度を測定した。また、田越灌漑の協力施業者（主に60代以上）に対し、田越灌漑における課題について聞き取り調査を行った。

#### 3. 結果と考察

聞き取り調査の結果、以下の課題が明らかとなった。

- 1) 用排水分離の水田を田越灌漑化する改修は、容易である（土手部分を削るだけ）。しかし、連続する水田で施業者が異なる場合、施業者間での水利用に関し合意が必要となるため、田越灌漑の導入に対する心理的障壁が高くなる。
- 2) 3枚の水田全て田越灌漑（最上部の水田にのみ用水路の水を導入すること）を行うと、水田内の水量の調節に手間がかかる。その場合、直接用水路の水を導入して対応せざるを得ない。

発表ではSRP濃度の結果を合わせ、田越灌漑の栄養塩流出の抑制効果と現実的な導入法について考察する。

## ビワマス遡上・産卵環境再生の取組： 多主体協働による魚道設置と産卵床造成

\*佐藤祐一（滋賀県・琵琶研セ）、中野良博・西村拓巳（野洲市・環境課）  
幡野真隆（滋賀県・琵琶湖政策課）、北出肇（NPO 家棟川流域観光船）

### 1. はじめに

琵琶湖流入河川の一つである家棟川（流域面積約40km<sup>2</sup>）は、その流域と滋賀県野洲市が大きくオーバーラップし、流域の約96%が市内に位置する。近年、市街化の進展や農地からの濁水、ゴミ投棄、外来生物の侵入等により、水や自然環境に関する多くの課題を抱えるようになってきた。一方で、2011年以降市民・専門家らによる水生生物調査が継続されており、ビワマスやタナゴ類など希少な在来魚介類が生息、利用していることが分かってきた。

そこで、秋季に琵琶湖から産卵のため遡上するビワマスを家棟川のシンボルとし、ビワマスが遡上、産卵、繁殖できる環境を整えるとともに、自然環境の再生や市の活性化につなげていくことを目的として、2015年8月に市民、行政、企業、専門家により構成される「家棟川・童子川・中ノ池川にビワマスを戻すプロジェクト」を結成した。本稿ではその活動概要、および成果と課題について紹介する。

### 2. 活動概要

プロジェクトで調査した結果、ビワマスが産卵するための適度な礫が少ないこと、遡上を阻害する落差工があること、違法採捕が後を絶たないことなどの問題が明らかになった。そこで、プロジェクトでは主に以下3つの活動を実施してきた。

#### 活動①：産卵床の造成

河床に礫を入れ、ビワマスが産卵できる環境を整えた（2015・2016年）。礫を入れる場所、礫のサイズ、施行方法については、県水産課・水産試験場の指導を得て検討した。

#### 活動②：魚道の設置

家棟川の支流（中ノ池川）にある高低差3.2mの落差工に、単管パイプをつかった魚道の設置を行った（2016年）。魚道の構造および施行方法については、「水辺の小わざ魚道」を提唱している複数の専門家の指導を得て検討した（図1）。

#### 活動③：遡上調査と違法採捕監視

産卵床や魚道の周辺にビデオカメラを設置し、ビワマスの遡上および利用状況を把握した。また地元

市民により、遡上状況を毎日目視で確認するとともに、違法な採捕の監視を行った（2016年）。

### 3. 成果と課題

10月中旬～11月下旬にかけて、遡上してきたビワマスが造成した産卵床を使う姿が何度も観察された。とくに、降雨のあった1～数日後にかけて活発に遡上、産卵する姿が見られた。

春季に稚魚の調査を行ったところ、産卵床造成前の2012年、2015年には見つからなかったが、造成した翌年の2016年、2017年には産卵床の周辺で複数の稚魚が発見された。とくに2017年は発見数が大幅に増加したが、2016年の遡上時期に産卵後のビワマス死骸が多く確認されたことから、違法採捕の監視等が一定の効果をもたらしたと推察された。

一方で魚道については、構造的な安定性は一定確認されたものの、落差工上流側でのビワマスの確認には至らなかった。設置したプールの水深が浅く、より上流側に移動できなかつたためと考えられた。

以上の課題を踏まえ、本年は魚道の傾斜を緩くしてプールの水深を確保できるよう、検討を進めているところである。また今後、多様な主体が協働して活動を継続していくために、進行管理の仕組みの構築や事業資金の確保、次世代の育成等の課題をクリアしていく必要がある。

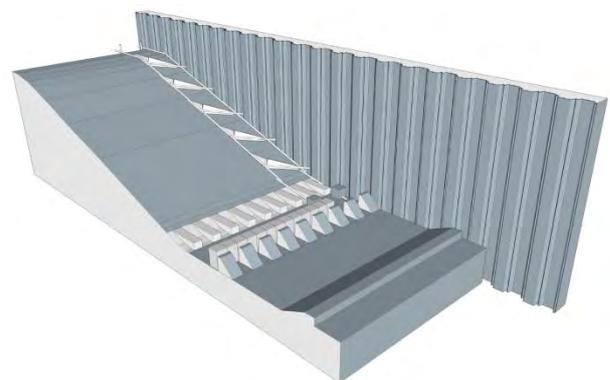


図1 落差工および2016年設置魚道の全体像

#### 参考文献

1) 佐藤(2016) ビワマスフォーラム(プロジェクト・野洲市・滋賀県共催) 講演資料。

## 琵琶湖と内湖の繋がり：耳石 Sr 安定同位体比を用いた ニゴロブナの回遊履歴推定の試み

\*上原佳敏 (地球研), 中川隼人, 小北智之 (福井県立大・海洋生物資源学部),  
奥田 昇 (地球研)

### 1. はじめに

琵琶湖周辺には砂州によって本湖から切り離された2~200 haの浅水域が点在し、内湖と呼ばれている。ヨシなどの抽水植物が繁茂する内湖は、コイ科などの在来魚をはじめとする生物の生息・産卵場所を提供するなど、琵琶湖の生物多様性を保持する役割を担う。しかし、食糧増産を目的とした戦後の干拓事業や琵琶湖総合開発による湖周道路や灌漑水路の整備により、琵琶湖と内湖とのつながりが失われ、魚類の個体群減少への影響が指摘されている。

生物の生息地の移動(回遊)は、魚類を含めた多様な分類群に認められる普遍的な現象である。回遊魚の中には、出生地への産卵回帰性を示すものがある。サケのような出生地へ産卵回帰するような生物は、地域住民の保全努力が持続されやすいことから、保全対象種の産卵回帰習性を理解し、その出生地や生息地を特定することは、個体群保全の観点から重要な課題である。

琵琶湖の固有魚であるニゴロブナは、鮒寿司とよばれる郷土料理の材料としても珍重される重要な水産資源である。本亜種は、琵琶湖沿岸や内湖、水田などの一時水域で産卵・生育し、成長に伴い、琵琶湖沖帯へ移動後、水田や内湖に産卵回遊する習性が知られている。近年の個体数の激減から、滋賀県では種苗生産、水田への放流が行われており、放流種苗の出生地回帰性が確認されている。しかし、内湖の野生魚については、産卵回遊生態がよくわかっていない。

近年、耳石の微量元素組成と安定同位体比を用いた回遊生態研究が注目されている。魚の耳石のストロンチウム(Sr)安定同位体比( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )は生育環境水に応じて変化するが、一度耳石に沈着したSrは終生ほとんど代謝されない。他方、陸水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は流域の地質特異性を反映して、高い空間異質性を示すことが報告されている(Nakano et al., 2005)。

本研究では、琵琶湖周辺に点在する内湖に焦点を当

て、耳石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の分析を基に、ニゴロブナの回遊履歴の推定を試み、出生地回帰性を検討した。

### 2. 材料と方法

ニゴロブナの繁殖期である6月に3か所の内湖(湖南の堅田湖、湖東の神上沼、湖北の野田沼)で、産卵回遊した成魚の採集を行った。また、6月と12月に、内湖の流入口、流出口で環境水の採水を行った。さらに、12月には琵琶湖への流入河川である長命寺川および、河口から琵琶湖沖にかけて約1km間隔で30地点の採水を行った。

採集したニゴロブナから摘出した耳石は、エポキシ樹脂で包埋・研磨し、薄片切片を作成した。その後、微量試料回収装置を用いて、耳石核から縁辺部に向けて一定間隔に同位体試料を採取した。耳石から得られた微量試料と環境水は陽イオン交換樹脂を用いてSrを濃集し、表面電離型質量分析計にて $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ を測定した。

### 3. 結果と考察

3つの内湖において、6月と12月に採取された環境水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は殆ど同じ値を示し、各水域に固有の同位体特性をもつことが確認された。

分析に供した7個体の耳石核の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ と産卵回遊した内湖の環境水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ を比較したところ、7個体中4個体において、両同位体比が類似した値を示した。これらの個体は出生地に回帰した可能性が示唆される。耳石の時系列解析の結果、出生地から成長に伴って琵琶湖沖帯へと回遊していることが示唆される個体がいる一方、出生地近辺に留まっている個体もあり、ニゴロブナ個体群は多様な回遊パターンを有していると推察される。今後、分析地点や分析個体数を増やし、出生地回帰性に関する定量的な解析を進めていく予定である。

\* 鄔倩倩・河野健（神戸大）・上原佳敏・奥田昇（地球研），  
辻冴月・山中裕樹（龍谷大）・源利文（神戸大）

### 1. はじめに

環境 DNA 分析手法とは水中に含まれる DNA 情報を利用することで、生息する生物の種類や数を把握できる手法である。この手法は捕獲調査が困難な水域においても、生物相の把握と生態系の評価を可能とする。琵琶湖の湖岸及び周辺の内湖は、水生植物が発達し、栄養塩が豊富であるため、餌場や繁殖場として多様な生物に利用されてきた。しかし、開発による生息場所の破壊や外来種の侵入はその生態系に大きな影響を与えている。生態系の保全のためには、モニタリングが重要であり、環境 DNA 分析手法によるモニタリングは従来の捕獲などによるモニタリングより簡便なツールとなりうる。本講演では、琵琶湖の内湖における環境 DNA 分析手法の適用例として、魚類と甲殻類を対象に環境 DNA 分析を行った結果について紹介する。

### 2. 環境 DNA メタバーコーディング手法による魚類相の把握

環境 DNA 分析手法を魚類へ適用する例として、内湖における魚類相調査を行った。2016 年 6 月に堅田内湖、平湖・柳平湖、蓮池、神上沼、野田沼、浜分沼の 6 内湖の流入口、流出口、さらに流入と流出口の間で採水を行った。採水後、各内湖の流入口及び流出口に網を仕掛け、翌日に網を上げて魚種を同定した。

環境 DNA メタバーコーディング手法または捕獲手法を用いて検出された全種のうち、環境 DNA メタバーコーディング手法で検出した魚種は 89%~100% を占めていた。一方で、捕獲手法で検出した魚種は 43%~63% であった。これらの結果から、環境 DNA メタバーコーディング手法によって、従来の捕獲手法と比較して効率的かつ正確に魚類群集データを得ることができることが示唆された。

### 3. 琵琶湖沿岸帯における残留スジエビの検出

琵琶湖産スジエビは冬季に深底に潜ることが知ら

れている。一方、冬季に沿岸に残留する個体がいるという報告があるが、その詳細は全く研究されていない。そこで、環境 DNA 分析手法の甲殻類への適用を試み、残留スジエビの生息地を明らかにすることを目的とした。2015 年 11 月と 2016 年 2 月に琵琶湖の沿岸（21 地点）及び内湖（37 地点）において採水を行った。採水した水サンプルからスジエビの DNA が検出された 4 内湖及び平湖・柳平湖で 2016 年 12 月に採水及び捕獲調査を行った。

環境 DNA 分析の結果、冬季においても沿岸及び内湖においてスジエビの DNA が検出された。また、捕獲調査によってもスジエビが冬季に内湖に生存していることが確認された。これは、全てのスジエビが琵琶湖深部へ移動するわけではなく、浅い水域に残留する個体がいることを示唆する。

### 4. 考察

琵琶湖及び周辺内湖の生態調査において、環境 DNA 分析手法が有効であることが言える。今後は、多様な生物種を保全する上で、環境 DNA 分析が重要な手段となりうることが示唆される。

## 中規模内湖の水質保全にむけたとりくみ —平湖・柳平湖の導水管理をめぐる課題を検討する—

\*池谷透（地球研），易容・伴修平（滋賀県大・環境科学），石田卓也・上原佳敏（地球研），大久保卓也（滋賀県大・環境科学），脇田健一（龍谷大・社会），谷内茂雄（京大・生態研），奥田昇（地球研）

### 1. はじめに

琵琶湖周辺には砂州によって本湖から切り離された2～200 haの浅水域が点在し、内湖と呼ばれている。内湖は、ヨシなどの抽水植物が繁茂してコイ科などの在来魚をはじめとする湿地帯の生物の生息・産卵場所になるなど、琵琶湖の生物多様性を保持する場と考えられている。戦後の食糧増産を目的とした干拓によって内湖の多くは消失したが、現存するものも、以前の農村生活に密接に関わっていた存在からは大きく変容した。

琵琶湖流域のなかで沿岸生態系の保全を地域住民と共に取り組む事例として内湖を対象とした超学際的取り組みを始めた。地域の課題は予め専門領域ごとに整理されている訳ではなく、課題解決には、それに関わる多様な立場を認識し複数要因の因果関係を理解する必要がある。本講演では、地域の課題を整理し、地域住民や行政の取り組みに対する現在の調査活動概要について紹介する。

### 2. 方法

平湖・柳平湖（滋賀県草津市志那町；水域面積計19 ha）において2015年より調査を開始した。当内湖では、著者らによる調査実績があり、滋賀県つながり再生事業による地域住民との接点もある。平湖・柳平湖では、水質改善と湖岸整備を目的とした滋賀県の公園化整備事業が平成10年から行われてきた。生物多様性に関わる在来魚組成の調査や耳石中の安定同位体トレーサーを用いた産卵回帰の調査、微生物代謝と水質の変化に関わる生物地球化学的調査、住民の意識・関心と活動に関わる社会科学的調査を進めている。地域の課題の実態を調べるために、滋賀県の公園化整備事業の報告書や町史を調べるとともに、住民からの聞き取りも進めた。

### 3. 結果と考察

調査は、都度、科学的データを独自に収集し、これとは別に整備事業の内容や進捗、ならびに、地域

の状況、住民の関心や活動状況に関する知見の収集を同時に進めている。現在、調査の大半はデータの収集段階にあるが、調査にあたっては住民に事前に目的や内容を伝えた上で、作業の場を共有したり、経過を住民に報告したりしながら進めている。また、住民の企画している観察会や環境学習会などに参加することによって、その状況を把握し協働関係の構築を試みている。

地元では、平湖・柳平湖公園化対策委員会が中心となり、行政や有識者とともに協議会を開いて平湖・柳平湖の整備事業に参画してきた。湖辺整備や観察会、環境学習なども町の行事として行われている。一方、現時点では行政によるモニタリング調査は費用の関係から季節と期間を限定したものになっており、整備事業の効果確認と水質の現状把握に焦点を当てたものである。

整備事業では、内湖の水質管理策として、制限因子となっているリンの流入負荷と湖水の換水率の調整がなされている。しかしながら、一連の調査から、内湖の利用と管理には、治水に加え、農業・漁業・淡水真珠養殖など生業との関わりの他、遊漁、住民の散策、歴史・文化的関わりのあることが分かった。そして、湖の水位や上流からの流入量を決める要因として、水質や生物多様性保全以外に複数の制約が明らかになってきた。

平湖・柳平湖の整備事業は補助導水をする堰の設置を経て平成29年度で終了予定であり、今後の水質改善にかかる補助導水量の管理は住民に委ねられることになる。導水管理を行う上でのガイドラインや科学的データなどが必要になるかもしれない。現時点では、大まかな方針について住民と行政の間で合意されているとみられるが、具体的な運用基準は定められていない。生業や暮らしを通じた内湖との関わりが薄れ、住民の高齢化も進む中で地域の取り組みを支える状況も容易ではない。適切かつ持続的な管理を行う方策を実現するには、関連する多面的な検討と議論が必要ではないかと考えられる。

## What is difference between orthophosphate and SRP in lake waters?

\* Rong YI, Peixue SONG, Masahiro MARUO, Syuhei BAN (Univ. of Shiga pref.)  
Noboru OKUDA (Research Institute for Humanity and Nature)

### 1. Introduction

In view of phosphorus as an important macronutrient in aquatic ecosystem, accurate determination of P species, especially bioavailable P form (orthophosphate ions,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), is a prerequisite for understanding biogeochemical cycling of the element. Current accepted method for analyzing dissolved inorganic phosphorus concentration is spectrophotometric analysis using phosphomolybdenum blue complex (soluble reactive phosphorus, SRP), and has been shown to be interfered with other chemicals, which will result in overestimation. In this study, we determined dissolved phosphorus concentrations by ion chromatography (orthophosphate) in lake waters and compared with those by the most widely used method (SRP), to clarify environmental factors which may influence the difference between orthophosphate and SRP concentrations.

### 2. Materials and Methods

Water samples were collected at inlet, outlet, and pelagic sites (at the surface and just above the bottom) at Lakes Yanagihira and Hira, which are connected by one water channel, in Jul to Dec 2016 and Feb to Jun 2017. We also collected samples in other two lakes, Hasuike and Kohoku-nodanuma, at inlet, outlet and shore sites in the lakes. Basic water-quality parameters were measured with a Horiba U-50. The water samples were used for measuring chl. *a*, SS, TN, PN,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{SiO}_2\text{-Si}$ , TP, TDP, SRP and orthophosphate. SRP and orthophosphate were measured with an auto-analyser (BRAN+LUEBBE, AACS II) and ion chromatography (Column Dionex AS-23A) with electrochemical suppression (external mode), respectively.

### 3. Results and Discussion

SRP and orthophosphate concentrations varied 0.08 - 3.94  $\mu\text{M}$  and 0.04 - 2.57  $\mu\text{M}$ , respectively, during the study period. Both dissolved phosphorus concentrations

(DP, i.e. SRP and orthophosphate in this study) in Lakes Yanagihira and Hira decreased from inlet through the lakes and toward outlet sites at almost sampling dates excluding Feb 2017. In Lake Hasuike, DP concentrations were less than those in other three lakes. In Lake Kohoku-nodanuma, DP concentrations were steadily high during the study period, and increased from inlet to outlet sites. SRP was always higher than orthophosphate in all lakes studied. Orthophosphate/SRP ratios seasonally varied 0.23-1.04 (Ave. 0.63), indicating that SRP concentrations were always overestimated in the lake waters. In Lakes Yanagihira and Hira, orthophosphate/SRP ratios spatially and temporally varied, with the greatest values in Oct and Nov (mean, 0.8) and the lowest in Jul (mean, 0.43). In Lakes Hasuike and Kohoku-nodanuma, the average ratios were 0.62 and 0.66, respectively with no significant trend along with the waterflow. They were relatively higher in Dec to Apr than those in May to Jun.

Large gaps between concentrations of orthophosphate and those of SRP determined in this study suggest that accurate measurements of dissolved inorganic phosphorus are essential to clarify the biogeochemical cycling of phosphorus in aquatic ecosystem. Correlation analysis showed that orthophosphate/SRP ratios were significantly and negatively correlated to some biological factors, e.g. DOP and PP, while not to any cations, Ca, Fe, Mg, and Al, concentrations. DOP in the lake waters might be turned into inorganic P in the primary form of orthophosphate and therefore overestimated because of hydrolysis under the colorimetric method. In each lake, the ratios were negatively correlated to  $<20\text{-}\mu\text{m}$  chl. *a* concentrations, indicating that phytoplankton abundance and composition may be related to the ratios but that the relationships were different among the lakes.

## 国の天然記念物、深泥池（みぞろがいけ）の 生態系管理を目指した市民活動

\*北尾 晃一（京大・医），加藤 義和（地球研），成田 研一（深泥池自然観察会），  
木村 満（深泥池を美しくする会），竹門 康弘（京大・防災研）

### 1. はじめに

京都市北山に位置する深泥池は、面積9 haほどの小さな湿地だが、暖温帯にありながら浮島（うきしま）と呼ばれるミズゴケ湿原が広がっており、ミツガシワ、ジュンサイなどの冷涼な地域の植物が生育している。低層湿原と高層湿原両方の特性を備えたこの池にはきわめて多様な生物が生息しており、池の生物群集全体が国の天然記念物に指定されている（1988年指定）。しかし近年では、水質の悪化や外来種の侵入といった変化が深泥池の生態系に大きな影響を及ぼしている。

深泥池では、研究者、学生、地域住民、行政の協力関係のもと、池の生態系を保全するための様々な調査・研究活動が長年にわたって進められている。本発表では主に、市民が中心となって進めてきた外来魚の捕獲調査と水質モニタリングについて紹介し、今後の展望にも触れたい。

### 2. 材料と方法

1980年代以降に池に侵入したオオクチバスおよびブルーギルの影響により、それまでの魚類相は激変し、その多くは1990年代には池から姿を消した。これらの外来魚の個体群を抑制するため、1998年から、春から秋にかけて週2回以上の高頻度で外来魚の捕獲調査を行っている。研究者が調査手法を検討し、池の管理者である行政の許可のもと、市民や学生が中心になって捕獲作業を進めてきた。捕獲個体の詳細な記録を現場で取った後、研究者が変動予測モデルを用いて将来の個体数変動を予測、次年度以降の捕獲計画に反映させている。また、毎年夏には市民参加型の底生動物一斉調査を行い、外来魚捕獲の効果や池の環境変化をモニタリングしてきた。

池の水質は本来、弱酸性かつ貧栄養であるが、水道水漏水、周辺施設からの排水、路面水などの流入により、本来の水質が保てなくなっていた。これら

の影響をモニタリングするため、研究者による池全域での多地点水質調査を皮切りに、市民参加型の水質一斉調査を1999年から毎年秋に実施してきた。

### 3. 結果

捕獲開始当初は1万匹近い個体数と予測されたブルーギルは、2010年以降は100-600匹程度で推移している。オオクチバスは、捕獲開始より3年目で半分以下に減少させ2001年にはほぼ魚影の見られない状況までこぎつけたが、2002年以降に密放流が繰り返された結果、再び繁殖が起こってしまった。近年では、密放流と駆除のイタチごっこに陥っているため、効果的な対策が必要である。

水質への人為的な影響は長年にわたって継続し、生態系にとって大きな負荷となっていることが市民参加型の調査によって明らかになった。調査結果をもとに、市民が中心となって負荷源の管理主体と交渉することにより、漏水のポンプアップや配水系統の補修などの対策が講じられている。

### 4. 考察

外来魚捕獲調査、水質モニタリングをはじめとする活動の多くでは、市民が中心となって活動し、その成果を研究者がまとめて次年度の活動に活かすというかたちで、多様な主体による順応的な生態系管理が実践されている。また、環境学習や自然観察会、地域での活動報告をこまめに行うことにより、池の生態系への理解を深めてもらうとともに、保全活動への新たな協力者を獲得している。

外来魚の密放流や希少種の復活など、池の変化にいち早く気づくのは、活動に携わる市民や地域住民であることが多かった。きめの細かい調査やモニタリングを継続する上でも、市民が主体的に関わることは不可欠となっている。

### 1. 三方五湖自然再生協議会

里山里海湖は、自然と人の歴史的な関わりがつくってきた文化的景観であり、多様な自然の恵み・生態系サービスの持続的利用を実現するモデルと言われる。しかし、近年の生物多様性の減少や生態系の劣化は、地域社会における里山里海湖の持続可能性に大きな課題となっている。多様な関係者の協働、科学的な知見に基づく順応的管理、自然環境学習の推進などが鍵となる自然再生は、地域における生態系管理に貢献することが期待されている。

福井県三方五湖地域では、自然再生推進法に基づく自然再生が進行している。2009～2011年に実施された学際的な環境研究により、自然再生に関する多くの課題が明らかとなり、それらの解決に向けた取組みが、地域の多様な関係者による協働のもとで始まった。2011年5月には、自然再生協議会が設立され、翌2012年3月には、3テーマ・計20の個別目標からなる自然再生全体構想がまとめられた。自然再生のテーマとして、「多様な魚介類がすみ、水鳥が羽ばたく水辺の再生と保全」、「三方五湖の自然を活かした地域のにぎわい再生」、「生活の中で受け継がれてきた湖の文化の伝承」が掲げられたが、狭い意味での自然環境や生物多様性の再生だけではなく、里山里海湖の社会-生態系を一体的に捉えた再生目標が設定された。2013年3月には、この全体目標にもとづく自然再生事業実施計画がまとめられ、現在は、その計画に基づいた6つの部会が自然再生の取組みを進めている。また、それぞれの部会には少なくとも1名の研究者が参加しており、地域の多様な関係者と協力しながら自然再生を進めている。実質的な自然再生事業は6つの部会で進められるが、年に1回は協議会全体での会議が開催され、その年の各部会での活動が全体で共有されるほか、必要に応じて部会間の調整や新たな課題に対する対応などが協議されている。

### 2. 多様な主体の協働

三方五湖自然再生協議会には、地域内外の多様な関係者が参加している。地域の漁業者・農業者・一

般住民などに加えて、教育関係者、環境保全団体、行政、研究者などである。この協議会が発足するまでは、このような多様な関係者が一堂に会して協議する場はほとんどなかった。定期的に協議会が開催されることで、多様な価値観や目的をもつ関係者間の情報共有や協議の場が恒常的につくられることになり、関係者間の合意形成や連携が進められつつある。人と人のつながり（社会関係資本）の蓄積は、この協議会のもう一つの成果だと言える。

協議会の運営において、事務局の果たす役割は大きい。さまざまな事務的作業を伴う会議運営だけでなく、潤滑で積極的な協議ができるよう多くの配慮がなされている。このような事務局の機能は、スキルのある行政関係者や地元密着の環境コンサルタントによって担われている。

前述したように、実質的な自然再生の活動は、部会ごとに進められている。たとえば、外来生物等対策部会では、侵略的外来生物や近年急激に増加している水草（ヒシ）の対策が課題となっている。研究者による既存・新規の研究結果や、協働参加型の調査結果を部会内で共有することによって、問題の現状把握やその対策方法について検討がなされてきた。駆除対象となる外来生物の特定やその有効な駆除方法、あるいは、ヒシの影響に基づく刈り取り範囲の設定や刈り取り方法などが検討され、自然再生事業のガイドラインとしてまとめられている。そのガイドラインに基づき駆除事業や刈り取り事業が行われており、毎年末には事業の評価がなされ、翌年度に向けて事業が改善されており、いわゆるPDCAサイクルに則った順応的管理がなされている。

多様な主体の協働が生態系管理に果たす役割は大きいという自然再生現場の実感は、多くの関係者に共有されているようである。課題を知り、その対策に知恵を絞り、共に活動することは、自然環境や生物多様性の再生のみならず、地域そのものの課題解決能力を育てているのかもしれない。

\*岡野 邦宏 (秋田県大・生資), 荒木 美穂 (秋田県大院・生資)  
松尾 歩 (東北大院・農), 藤林 恵, 宮田 直幸 (秋田県大・生資)

## 1. はじめに

2007年12月に湖沼水質保全特別措置法(湖沼法)の指定を受け、全国で11番目の指定湖沼となった八郎湖では、水質改善対策が進められているものの継続的にアオコが発生している。アオコを形成する *Microcystis* 属などの一部の種は、強力な肝臓毒マイクロシスチンを産生することが知られており、有害アオコ(HABs: Harmful Algal Blooms)は多くの先進国でも問題となっている。八郎湖においても湖水が農業用水に使用されていることや流入河川の末端付近に上水施設があること、さらには水産業への影響を鑑みてもアオコ問題の解決は焦眉の課題である。

八郎湖流域では多くのNPOが水質浄化や環境教育など様々な活動を行っている。しかし、自治体との協力体制や参加者数減少など流域ガバナンスが円滑とは言い難い。この原因の1つに問題解決の糸口が見えない閉塞感があると考えられる。そこで、本発表では八郎湖のアオコ発生メカニズムの解明に関する研究を紹介し、そのメカニズム解明に関する調査に流域住民が参加可能かどうかについて議論する。流域住民が学術研究に参加し、アオコ問題解決への糸口を見出すことの意義について専門家のご意見をお聞きしたい。

## 2. 実験方法

### 2. 1 底質における *Microcystis* 属細胞数

2016年6月22日と11月7日にエクスマンバージ採泥器を用いて八郎湖調整池31地点(St01~31)の底質を採取した(図1)。各地点の底質約0.1gを滅菌ろ過した湖水で希釈し、蛍光顕微鏡(G励起)で観察した。また、底質から全RNAを抽出して定量PCRにより *Microcystis* 属のポピュレーションも解析した。

### 2. 2 表層水における細菌叢解析

八郎湖調整池の距離の離れた3地点で月1回から2回の頻度で表層水を採取した(図1)。湖水を孔径0.2 μmのフィルターでろ過し、ISOIL for Beads

Beating(NIPPON GENE)によりDNA抽出を行った。抽出したDNAを用いて真正細菌を対象とした16S rRNA遺伝子アンプリコン解析を行った。なお、得られた配列はClaident v.0.2により分子系統学的に分類した。

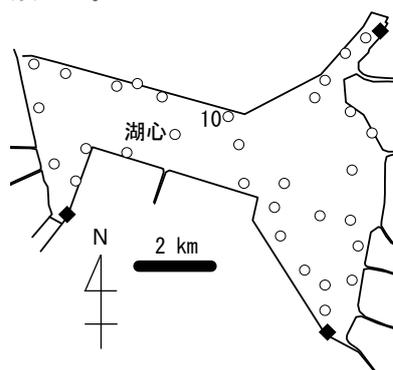


図1. 採泥地点○  
採水地点◆

## 3. 結果

蛍光顕微鏡計数の結果、底質中の藻類の大部分が *Microcystis* 属であった。6月における *Microcystis* 属細胞数は調整池中央部で多く、St10で最大( $8.4 \times 10^7$  cells/g・dry)であった。11月には、*Microcystis* 属細胞数は全地点で増加し、最も多かったSt10では  $1.4 \times 10^8$  cells/g・dry に達した。

表層水における細菌叢解析の結果、3箇所ともアオコ形成藻類の優占種は *Anabaena* 属、*Microcystis* 属、*Planktothrix* 属であった。また、サンプル間の細菌叢の違い(β多様性)を解析した結果、季節ごとの傾向はあるものの、地点間に有意な差がないことが明らかとなった。

## 4. 考察

アオコ発生前(6月)とアオコ衰退後(11月)の底質において、八郎湖の主なアオコ形成藍藻である *Microcystis* 属細胞が集積している地点が確認された。この地点は翌年のアオコ発生源になる可能性が考えられた。一方で、表層水における藍藻類を含む細菌叢の違いは地点間で有意差がなかった。地点ごとの細菌叢の違い、例えばどこからアオコが発生しているのか?を明らかにするためには、採水間隔の大幅な短縮が必要かもしれない。

## 1. はじめに

流域ガバナンスとは、流域で顕在化する社会的課題や環境問題を解決するために社会の多様な主体が問題と向き合い、協働する仕組みである（課題講演主旨より）。水質汚濁の問題を抱える流域においてこの協働の仕組みをうまく動かすには、汚濁をもたらす流域の水質、物質循環の特徴は何かについて整理し理解することが必要であると考えられ、ここに陸水学の貢献が期待される。

秋田県八郎湖は、夏季のアオコ発生が定常化している平均水深3mほどの浅い富栄養湖であり、2007年12月には環境省の指定湖沼に指定され、その水質改善が急務となっている。大小21の流入河川流域を含めた八郎湖に水を集める領域を八郎湖流域と呼び、その面積は約900km<sup>2</sup>である。八郎湖流域は日本最大の八郎潟干拓地を抱える水田流域であり、湖への負荷には、河川の他、干拓地からの濁水負荷も加わるという構造上の大きな特徴がある。

本講演では、八郎湖流域の水質や物質循環の特徴について演者らの既往の成果等を紹介し、流域ガバナンスに関する話題提供としたい。具体的には、①八郎湖の物質収支、②湖内および流入河川河口の水質、③流入河川源流域の水質について、窒素とリンの動態を対比しながら紹介する。

## 2. 八郎湖の単位面積あたりの窒素・リン負荷量は、干拓前の数倍に増大した

八郎湖の窒素・リンの収支は、既往の報告を整理し、河川の流入負荷量と干拓地からの正味の負荷量（干拓地からの排出 - 干拓地への流入）をインプット、防潮水門からの排出量をアウトプット（漁獲による持ち出しは考慮せず）とする、インプットとアウトプットの差分として評価した。八郎湖への全リンインプットは合計166t<sup>y</sup><sup>-1</sup>（湖面あたり35kg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>）で、干拓地からの負荷が50%だった。アウトプットは135t<sup>y</sup><sup>-1</sup>（同29kg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>）となり、収支は31t<sup>y</sup><sup>-1</sup>（同6.6kg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>）となった。干拓前の流入河川のリン負荷量が現在と同量と仮定し干拓前

の湖面積で負荷量を除すと、干拓前の推定リン負荷量は3.8kg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>となる。現在の八郎湖は、干拓前と比較して単位面積あたり約9倍のリン負荷を受けていると試算された。同様に窒素は約6倍であった。

## 3. 八郎湖の藻類と流入河川の水質の空間分布

衛星画像解析と水質分析の組み合わせによって藻類の発生しやすい領域（大久保湾）とその水質の特徴（リン濃度が高い）が明らかとなった。底質は大久保湾で特にヘドロ化していた。一方、主要5河川河口のリン濃度は、北部2河川で低く、大久保湾に流入する南部3河川で高いという空間特性を示し、湖の水質の分布傾向とよく一致した。夏季のDO濃度の低下に鋭敏に反応してリン濃度が上昇し、底質中のリンが底層の貧酸素化に伴い速やかに水中に回帰し、藻類に利用されうる現象も確認された<sup>2)</sup>。

## 4. 八郎湖流域の自然起源のリン供給量は大きい

秋田全域の河川源流域の多点観測は、八郎湖流域を含む秋田西部のリン濃度が特異的に高いことを明らかとした<sup>3)</sup>。海成堆積岩主体の地質という流域固有の要素が、リンの供給源として八郎湖流域の物質循環を大きく制御していることが示唆された。

## 5. 八郎湖の流域ガバナンスに向けて

干拓という大規模人為改変による水域の減少、干拓地からの新たな負荷は、八郎湖の水質と底質の悪化を招いている。一方、自然起源のリンの供給量が多いことも明らかとなり、このことが八郎湖の高い生物生産をもたらす本質である一方、水質改善を難しくしている要因でも考えられる。このように、水質汚濁の発現様式が特異な八郎湖流域において、流域ガバナンスはどのような方向に向かうべきか、専門家のご意見を伺いたい。

- 1) Hayakawa et al. (2015) *Catena*, 133, 486-494.
- 2) 早川と片野 (2015) 平成27年度 アオコ対策事業高濃度酸素水供給による底泥改善効果検証業務報告書。
- 3) 早川ら(2015) *地球環境*, 20, 17-26

## 飼育水中の浮遊 DNA を用いた トンボ目幼虫の分子同定手法の開発

\*東川 航 (神戸大院・農), 櫻井 智之 (神戸大院・農)  
吉村 真由美 (森林総合研究所), 前藤 薫 (神戸大院・農)

### 1. はじめに

絶滅危惧種ミヤマアカネ (トンボ目トンボ科) の幼虫は、同属普通種であるマユタテアカネの幼虫と同所的に生息し、さらにこれら2種の幼虫は外部形態が酷似するために、その生息状況や生態を調査する際には DNA を用いた分子同定が必須である。しかし、昆虫類の体の一部を切り取って DNA の抽出に用いる従来の方法は、対象生物の生存率を下げてしまう可能性が高いことから、希少種に用いるのは好ましくないとされる。そこで、本研究では、トンボ目幼虫の飼育水中に浮遊する虫体由来の DNA を用いた非侵襲的な分子同定手法の開発に取り組んだ。この際、手法開発段階で絶滅危惧種を用いることは憚られたため、まずは外部形態による識別が容易な普通種のハグロトンボ、コヤマトンボの2種の幼虫を用いて分子実験を行った。その後、確立した手法をミヤマアカネ、マユタテアカネに応用し、前者と結果を比較した。本研究で用いたトンボ目幼虫は、全て兵庫県宝塚市を流れる逆瀬川にて採集した。

### 2. 材料と方法

採集したトンボ目幼虫 (各種 20 個体ずつ) を室温で 96 時間、個体毎に隔離飼育した。この間、0.5、24、48、72、96 時間の各タイミングで飼育水を 480ul ずつ採取し、DNA サンプルとした。これら飼育水中に含まれるトンボ目幼虫の DNA は、フィルタリングを行なった後にすべて Qiagen blood & tissue kit を用いて抽出した。それら DNA を、事前に設計した種特異的 PCR プライマーを用いた PCR 法により増幅し、電気泳動を行って目的配列の有無を確認した。しかし、これら DNA の濃度は非常に低く、また微生物等の DNA が雑多に含まれるため、一般的な PCR 法では十分かつ純度の高い目的配列が得られにくい。そこで、下記のように場合ごとに PCR 法を工夫することで、これらの問題点を克服した。①ハグロトンボとコヤマトンボの分子識別: mtCOI 領域の一部約 300bp に関して、最も正確に増幅出来る Nested-PCR 法を用いた。②ミヤマアカネとマユタテ

アカネの分子識別:核 ITS1 領域の一部約 150bp を、以下の手順で増幅した。i) 種特異プライマーを用いて通常の PCR を行なった。ii) 電気泳動を行い、分子量マーカーを基準に 150bp のラインでサンプル毎に寒天ゲルを切り取った。iii) 切り取ったゲル中に含まれる約 150bp 長の DNA を、再度同じ種特異プライマーを用いて PCR にかけた。最後に、①②に共通して、目的配列が増幅されたかどうかをシーケンシングにより確認した。

### 3. 結果

①ハグロトンボとコヤマトンボの識別:

Nested-PCR 法により、各飼育時間において純度の高い目的の DNA 配列が得られた。また、外部形態による同定と分子同定の結果が一致し、本手法を絶滅危惧種に応用できる段階に至った。②ミヤマアカネとマユタテアカネの識別:純度の高い目的の DNA 配列を増幅することに成功したが、飼育時間 0.5~48 時間において、ほとんどの幼虫から両種の DNA が同時に検出された。飼育時間 72 時間以降は、全幼虫において1種のみ DNA が検出され、正確に分子同定を行うことが出来た。

### 4. 考察

ハグロトンボとコヤマトンボの幼虫は、本手法によって確実に識別出来たが、ミヤマアカネとマユタテアカネの幼虫は、飼育時間 48 時間以前では識別できなかった。野外環境中では、前者は強流域、後者は緩流域に生息していることから、後者の方が同所的に生息する他種の DNA を体表に付着させやすいと考えられる。また、本研究の場合、分子的な汚染が 72 時間の飼育によって解消されたことから、野外環境において幼虫の体表や体内に含まれていた他種の DNA が飼育期間を通して分解された後であれば、緩流種でも確実に識別出来るという結論に至った。今後、昆虫類のみならず、特に幼体期に外部形態による識別が困難な希少な水生生物の分子同定にも、本手法が役立つ可能性が高い。

### 1. Introduction

*Daphnia pulex* is a common zooplankton species in ponds and small lakes. In these habitats, a variety of ecological factors are known to affect population dynamics of this species. Among these, algal food supply is one of the most crucial factors affecting the growth and reproduction rates. Several studies have shown that growth and reproduction responses to changes in food condition differ among different genotypes, i.e., clones. However, it is not clear how such phenotypic differences are related with genetic distance among the different clones.

In Japan, four distinct genetic groups (JPN1-4) of *D.pulex* are distributed. Among these, JPN1 contained several genotypes. Since JPN1 are consisted of obligate parthenogenetic individuals, different genotypes within this group can be regarded as evolutionary diverged from the same ancestral clone. Thus, JPN1 clones provide a chance to examine how differences in phenotypic traits are related with genetic distance.

In the present study, therefore, we examined clone-specific difference in growth and reproductive rates of JPN 1 in *D. pulex* under several food conditions. Then, we analyzed how these phenotypic differences are related with genetic distance among the clones.

### 2. Materials and Methods

Growth and reproduction traits (age, instar number and size at maturation, egg number, fecundity, sizes of egg, yolk and neonates, relative tail spine length and inter-molt durations) were measured for five clones (A1, A3, A5, A6, and B) of JPN1 *D. pulex* under two food concentrations (2.0 and 0.2 mgCL<sup>-1</sup>). We used *Scenedesmus obliquus* as food. In addition, we measured four digestive enzyme activities for seven clones (A1, A2, A3, A4, A5, A6, and B) to examine clone-specific difference in digestion ability. Genetic distance among the clones was measured based on

dissimilarity in nuclear DNA sequence. Then, principle components analysis (PCA) and Mantel's test were conducted for investigating the relationship between the phenotypic difference and genetic distance among the clones.

### 3. Results

Somatic growth rate greatly differed among the clones. Clone B matured one day at least earlier than the other clones, while with a low reproductive rate. Interestingly, the clone with high fecundity showed a high lipase activity at high food conditions. Principle component analysis (PCA) was performed to summarize variation of life history traits at both food regimes. The top four principal components (PCs) explained 100% of the variation under high food level, while 97.24% of the variation was summarized by the first three PCs at low food level. According to Mantel's test, no significant relationship was detected between genetic distance and difference in any of PCs in, and each of, phenotypic traits examined.

### 4. Discussion

Although share the same ancestral clone, growth and reproduction traits differed among genotypes of JPN1 in *D. pulex*, suggesting that these traits have evolutionary diverged through different selection pressures. In the present study, lipase activities and fecundity were positively related each other, suggesting that lipids are crucial nutritional substance roles in affecting reproduction rate.

Although large differences in phenotypic traits were found among the clones examined, it is not related with genetic distance. The results suggest that large difference in a phenotypic trait is not due to an accumulation of genetic mutations but may occur by a point mutation. The possibilities imply that *D. pulex* can easily evolve different phenotypic traits in growth and reproduction and may rapidly adapt given environmental conditions.

## 絶滅危惧種ゼニタナゴの再発見と繁殖地特定

\*坂田 雅之 (神戸大・院・発達)、真木 伸隆 (パシフィックコンサルタンツ (株))  
杉山 秀樹 (秋田県大)、源 利文 (神戸大・院・発達)

## 1. はじめに

地球生態系において人類は多種多様な生物種と共存しているが、近年、人間活動による生物多様性の損失が大きな問題となっている (Butchart *et al.* 2010)。特に淡水域に生息する生物が絶滅や絶滅の危機に瀕していると言われている (UNEP 2005)。淡水魚類の多様性減少要因としては、開発による自然環境の人工化や外来魚の侵入、水質汚染、鑑賞目的の大量捕獲などが挙げられる (環境省 2012)。例えば、日本に生息するタナゴ亜科 (*Acheilognathinae*) に含まれる在来の 16 種のうち、実に 15 種が環境省版レッドデータブックに絶滅危惧種として記載されており、様々な要因により生息地が減少している (レッドデータブック 2014 汽水・淡水魚類 2015 環境省)。中でもゼニタナゴ (*Acheilognathus typus*) は絶滅危惧 I A 類に指定されており、本来は主に大河川の本流に生息していたが、土地利用の変化や開発、外来魚の侵入などにより生息地が減少している。本種の保全には本来の生息地である大河川における繁殖地の発見が重要であるが、生息個体数自体が少ないため個体の採捕が困難であるうえ、河川では産卵基質となる二枚貝の確認にも困難がある。そのため河川における分布調査では調査コストに対して期待される成果が小さいということが課題である。

そこで、簡便かつ低コストで水域の生物多様性評価を行える手法として近年注目される環境 DNA 分析手法を用いて、稀少淡水魚ゼニタナゴの確認と新規繁殖地の発見を試みた。

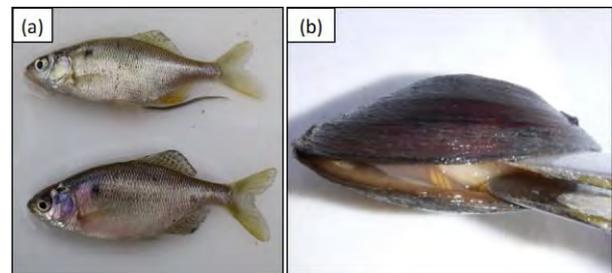
## 2. 材料と方法

まず、対象種であるゼニタナゴに特異的なリアルタイム PCR 検出系の作成を試みた。次に本来の生息地であり、大河川の北限である雄物川の 99 地点から得た環境水を用いて広範囲のスクリーニングを実施した。さらに、環境 DNA が検出された地点で採捕調査および二枚貝に設置した産卵トラップ調

査を行い、本種の生息と産卵の確認を行った。

## 3. 結果

リアルタイム PCR 検出系の開発に成功し、99 地点中 2 地点でゼニタナゴの DNA を検出した。そのうち 1 地点で成魚が雌雄各 1 個体採捕された。(図 (a)) また、産卵トラップの二枚貝 25 個体のうち約 3 割の貝個体に産卵されていた。(図 (b))



図：(a) 採捕されたゼニタナゴの成体 (上：産卵管の伸びた雌。下：婚姻色がでた雄。)

(b) 二枚貝に産卵されたゼニタナゴの卵。

## 4. 考察

ゼニタナゴの本来の生息環境である大河川の代表的存在である雄物川における成体の確認は 11 年ぶりであり、環境 DNA 手法と従来の採捕調査を組み合わせることで、多様性の保全において非常に重要な繁殖地の情報を得ることができたことを示すことができた。

ゼニタナゴの DNA が検出された地点で、雌雄各 1 個体の採捕、二枚貝への産卵が確認されたことは本来の生息地である大河川の本流でもまだ再生産出来ている地点があることを示す。これは、雄物川という河川が、非常に多様性に富んだ河川であるとともにそれを支えるワンドなどの環境が豊かであるためと考えられる。

環境 DNA 法を用いてもととの生息地をスクリーニングすることで、超低密度であるため、従来法では確認されず絶滅と判断されてしまった種でも、再発見につながる可能性がある。

## Phenology of zooplankton: Relative importance of temporal scales in the variation

\*Perera, Ishara Uhanie (Tohoku Univ.), Urabe, Jotaro (Tohoku Univ.)  
Makino, Wataru (Tohoku Univ.), Maruoka, Natsumi (Tohoku Univ.)

### 1. Introduction

Seasonal cycling of the environment over the year is one of the most conspicuous patterns experienced by planet Earth. Almost all living organisms display adaptations to survive this never-ending cycle. Thus, the study of phenology in various ecosystems have been carried out for decades by ecologists. In fact, evidences suggest that plankton are more sensitive indicators of change than even environmental variables themselves, because the non-linear responses of plankton communities can amplify subtle environmental signals (Taylor et al., 2002). Anyhow, despite many studies done in aquatic ecosystems, gaps in knowledge persist because very few studies have been conducted on freshwater zooplankton. In the present study, we examined the phenology of zooplankton in lake Hataya Ohnuma by using three temporal scales; month, season and year. The objective was to test the importance of each of these temporal scales towards the phenology of zooplankton and examine the important environmental variables driving the process.

### 2. Materials and Methods

The study was carried out at Lake Hataya Ohnuma situated in the Yamagata prefecture, Japan. Samples were collected monthly for a period of five years from 2012-2016. Chemical and physical parameters were measured for each sampling date. Zooplankton species were identified and enumerated at least to the genus level. Zooplankton species observed in less than 20% of the sampling dates were removed. Species counts were transformed to biomass by using estimated conversion factors (McCauley, 1984). Biomass data was square root transformed while the environmental data was normalized prior to analysis. Mantel test was used to test the hypothesis and nested PerMANOVA was used to examine how the variation is distributed among the temporal scales. A CCA analysis was carried out with stepwise forward selection.

### 3. Results

The mantel test carried out between bray curtis similarity matrix computed for zooplankton data and dummy matrices built up for monthly, seasonal and annual variations showed a higher correlation for the monthly and seasonal matrices comparative to the annual matrix. The resulting  $r$  values for monthly, seasonal and annual matrices were 0.247, 0.243 and 0.04 respectively with a 0.001 significance for monthly and seasonal  $r$  values. Confirming the mantel results nested PerMANOVA test showed a similar trend in the results. Monthly and seasonal variability was 29.6% and 23.5% explained respectively while the annual variability explained was 12.68%. CCA analysis with stepwise forward selection chose total dissolved phosphorous, temperature and pH as the best environmental variables explaining the model. The results prove the importance of monthly and seasonal temporal scales in explaining the phenology of zooplankton.

### 4. Discussion

Monthly and seasonal temporal scales tend to show more variability in the phenology of zooplankton can be mainly due to the change in the temperature, nutrient level especially dissolved phosphorous levels, unmeasured environmental variables and timing variability including reproductive timing within a year. Peaks of zooplankton abundance especially for rotifer species was mostly found towards the end of summer and mid-autumn period which coincides with the temperature peaks mostly ranging from August to September. However, since predation pressure, diel vertical migration and phenology of phytoplankton may have an effect on the phenology of zooplankton, combining such factors might provide a better insight in explaining the phenology of zooplankton.

2B05

Web 公開不希望

# 2B06

## Aulacoseira 属珪藻寄生性ツボカビの

### 系統的位置および宿主特異性

\*瀬戸健介, 鏡味麻衣子 (東邦大・理学部), 出川洋介 (筑波大・MSC 菅平)

#### 1. はじめに

ツボカビは、真菌類の一群で、後方一本鞭毛を持つ遊走子を生じることで特徴づけられる。ツボカビの中でも特に藻類に寄生するツボカビは、植物プランクトンの個体群動態に影響を与える要因の1つとして古くから認識されてきたが、近年、水圏の食物網における重要な役割が見出された。さらに、メタバーコーディン解析により、ツボカビが水圏の生物群集の主要なグループの1つであることが報告され、大きな注目を集めている。しかし、これらの生態学的な重要性に反し、ツボカビの多様性の評価は未だ十分に進められていない。特に、寄生性ツボカビは、培養が困難であることから分類学的研究が遅れており、DNA データの不足が問題となっている。

そこで本研究では、藻類寄生性ツボカビの塩基配列データベースの充実を目的とし、国内の湖沼に普遍的に存在する植物プランクトンである *Aulacoseira* 属珪藻に寄生するツボカビを対象とし、培養株に基づく種同定および系統的位置の解明を行った。さらに、ツボカビの生態的機能を評価する上で重要となる宿主特異性の検討を行った。

#### 2. 材料と方法

国内各地の湖沼の水サンプルから、ツボカビと宿主との二員培養株の確立を試み、4株 (C1、KS93、KS94、KS99) の確立に成功した。各株について、光学顕微鏡による菌体の形態の観察および18S、5.8S、28S rDNA 領域の塩基配列を用いた分子系統解析を行った。また、各地の湖沼より得た *Aulacoseira* 属および他属 (*Asterionella*、*Synedra*) の珪藻の培養株を用い、感染実験を行った。

#### 3. 結果

*A. granulata* に寄生する KS93 株は、形態的に既知のツボカビいずれとも区別され、未記載種と判断された。分子系統解析の結果、本株はツボカビ目に属することが分かったが、目内の既知属いずれとも区別

される系統に位置した。

*A. ambigua* に寄生する C1、KS94 株および *A. granulata* に寄生する KS99 株は、形態的特徴および宿主珪藻に基づき、既知種 *Zygorhizidium melosirae* と同定された。分子系統解析の結果、3株は、ツボカビ門内のいずれの目にも相当しない新規クレードに属した。本クレードは、先行研究により未培養ツボカビの環境配列のみを含む正体不明のクレードとして報告されていたものである。

KS93、C1、KS99 株について行った感染実験の結果、これらは *Asterionella* 属、*Synedra* 属の珪藻へは全く感染しないことが分かった。*Aulacoseira* 属珪藻として、*A. ambigua* および *A. granulata* の2種を供試したが、KS93 株 (ツボカビ目の1種) は、*A. granulata* へのみ感染し、*A. ambigua* への感染は見られなかった。これに対し、*Z. melosirae* では、C1 株は、本来の宿主である *A. ambigua* によく感染した一方で、*A. granulata* へは感染はするが感染率が低いことが分かった。逆に、KS99 株は *A. granulata* によく感染し、*A. ambigua* への感染率が低い結果となった。

#### 4. 考察

本研究により、*Aulacoseira* 属珪藻寄生性のツボカビ2種の系統的位置が明らかとなったが、それぞれ新属、新目相当の系統に位置した。この事実は、ツボカビの多様性を評価する上で、寄生性ツボカビが大きな穴となっていることを意味し、今後さらなる寄生性ツボカビの分類学的検討が必要である。

分子系統解析の結果、*Aulacoseira* 属珪藻に寄生するツボカビが、系統的に大きく離れた2つのグループに存在することが分かった。また、それぞれの宿主特異性の程度が異なることが分かり、*Aulacoseira* 属珪藻とツボカビとの相互作用は予想以上に複雑であると考えられる。現時点で、他の目にもさらに *Aulacoseira* 属珪藻寄生性ツボカビが存在することを把握しており、今後これらを含め宿主特異性の詳細な実態を解明していく予定である。

2B07

Web 公開不希望

2B08

Web 公開不希望

# 2B09

## アオコ原因種 *Microcystis aeruginosa* に対する 殺藻細菌の殺藻機構におけるクオラムセンシング関与の可能性

\*大洞裕貴・宮下洋平・小林淳希・小峯佳奈子・  
藤田雅紀・酒井隆一 (北大院水産)・織田さやか・  
田中邦明 (北教大)・今井一郎 (北大院水産)

### 1. はじめに

藍藻 *Microcystis aeruginosa* が形成するブルーム (アオコ) は富栄養化した湖沼などにおいて景観の悪化や悪臭, 水生生物の斃死等を引き起こすことから防除対策が必要である。アオコ対策として物理的・化学的な防除法が提唱されているが生態系への影響やコストの高さが懸念され, 実用技術は少ない。

近年, 湖沼生態系に配慮したアオコ防除法として, *M. aeruginosa* に対する殺藻能を持つ殺藻細菌を用いたアオコ防除法が提案されている。殺藻細菌のアオコ防除への活用を検討するにあたり, その殺藻機構を把握することは重要である。

ところで浅海域の赤潮防除における殺藻細菌の研究をみると, 殺藻機構におけるクオラムセンシング (QS) の関与が報告されている。QS は細菌の情報伝達機構であり, 細菌は自らが産生する情報伝達物質のオートインデューサー (AI) を介して周囲の細菌密度を感知し, その密度に応じて特定の遺伝子の発現を制御する。*M. aeruginosa* に対する殺藻細菌に関しても, 殺藻機構と QS の関係性が注目されているものの, 未だ知見は少ない。そこで本研究では, AI としてアシルホモセリンラクトン (AHL) が働く QS に注目し, *M. aeruginosa* に対する殺藻細菌の殺藻機構における QS の関与を検討した。

### 2. 材料と方法

*M. aeruginosa* に対する殺藻細菌および増殖阻害細菌は, 2015 年に北海道函館市五稜郭公園外堀の湖水, およびそこに自生する水草ヒシの表面バイオフィルムより単離したものを使用した。まず-80°C で冷凍保存していた殺藻細菌株を解凍し, ST10<sup>-1</sup> 寒天培地にて維持培養を行った。解凍した細菌株のうち *M. aeruginosa* に対する殺藻能および増殖阻害能が再度確認できた 30 株を以降の実験に供した。実験-I: 各細菌株の殺藻機構について AHL を介した QS との関連を検討した。QS 阻害剤として, AHL と包接錯体を形成する β-シクロデキストリン (β-CD) を終濃度 10<sup>3</sup> μM となる

よう CT 培地に溶解させ, 試験管に分注した。そこに無菌の *M. aeruginosa* (Ma17 株) を約 10<sup>5</sup> cells mL<sup>-1</sup> のオーダーの密度となるように添加し, さらに寒天培地にて培養した各細菌株のコロニーを滅菌爪楊枝で釣菌接種した。また, 細菌を添加していない細菌無添加区, および β-CD を添加していない β-CD 無添加区を準備した。各実験区を温度 25 °C, 光強度約 50-100 μmol photons m<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup>, 明暗周期 14 hL : 10 hD の条件下で 14 日間培養し, タナー蛍光光度計を用いて *M. aeruginosa* の増減を蛍光値によりモニタリングした。

実験-II: 実験 I の結果, 殺藻機構と QS の関連が示唆された細菌株に対し, β-CD のほか α-CD と γ-CD をそれぞれ QS 阻害剤として用いた実験区を設け, 実験 I と同様の条件で細菌株と *M. aeruginosa* の二者培養実験を実施した。

### 3. 結果と考察

実験-I の結果, 水草ヒシの表面から単離された *Pseudomonas* 属の細菌株 1 株 (NO.30) において, β-CD の添加による殺藻の阻害が顕著に認められた。NO.30 株と共培養した *M. aeruginosa* の増減を表す蛍光値は, β-CD 無添加区では 0.63 - 8.4 の間で推移していたが, β-CD 添加区においては 0.63-34.0 まで増加した。さらにこの細菌株に対して実験 II を実施したところ, 添加した CD の違いによって殺藻の阻害効果に差異が見られ, α-CD < β-CD < γ-CD の順に殺藻が阻害される傾向が見られた。

CD 類はオリゴ糖が環状に結合した構造であり, 分子の空洞部分に AHL 類を包接することによって QS を阻害する。今回の実験結果から, NO.30 株の殺藻機構には AHL を介した QS の関与が示唆された。さらに各 CD の空洞部分の容積は α-CD < β-CD < γ-CD の順に大きいことから, NO.30 株は比較的分子量の大きな AHL を QS に用いていると考えられる。今後は化学分析等を用いた AHL 類の分子の同定および詳細な殺藻機構の解明を進めていく必要がある。

# 2B10

## 函館市五稜郭外堀における水草群落と

### 植物プランクトン群集の拮抗関係

\*宮下 洋平 (北大院・水産)・大洞裕貴 (北大院・水産)・小林淳希  
(北大院・水産) 織田さやか (北教大)・岩塚咲 (北教大)・嶋津桃華  
(北教大)・田中邦明 (北教大)・今井一郎 (北大院・水産)

#### 1. はじめに

函館市の五稜郭は星形の五角形を模した陵墓式城郭であり、現在は五稜郭公園として重要な観光地となり、市民の憩いの場として親しまれている。五稜郭は周囲を土塁と石垣に囲まれ、外側に水堀を有しており、そこにはハスやヒシ等の水生植物が繁茂して風光明媚な景観を際立たせている。しかし、水草はしばしば爆発的に繁茂し、観光用ボートの航行の妨げとなったり、過剰繁茂で景観を悪化させることから、年2回の刈り取りが行われている。

この水堀において、有害有毒藍藻類が主体と思われるアオコが2014年9月に発生し、悪臭が放たれ、景観を悪化した。我々は現在、環境に配慮したアオコの防除法として、水生植物を活用した手法を提案している。そこで本研究では、五稜郭外堀におけるアオコの発生状況を把握すると同時に、外堀の一部に水生植物帯(ヒシ帯)を設け、水生植物の有無による植物プランクトンの群集構造について比較検討を行った。また、ヒシの表面に付着する殺藻細菌の計数を行った。

#### 2. 材料と方法

調査は2015年および2016年ともに5月から11月に実施した。ヒシを人為的に残した水生植物区(Stn. P)と、調査期間を通じて水生植物が見られないコントロール区(Stn. C)の2地点で、表層からバケツ採水を行い、水温、pHおよび溶存酸素を現場で測定した。採水試料については、各栄養塩濃度、クロロフィルa濃度を分析した。また、試料をグルタルアルデヒドで固定し(終濃度1%)、倒立顕微鏡下で植物プランクトンの種同定および計数を行った。

#### 3. 結果と考察

植物プランクトンは、2年間ともに夏季に1 mLあたり $10^4$ のオーダーの密度で推移した。2015年

6月には羽状目珪藻 *Achnanthes* 属の優占が観察され、最大密度は $3.3 \times 10^5 \text{ cell mL}^{-1}$ を記録した。2016年は5月に *Synedra* 属の割合が90%を占めたが、その後 *Synedra* 属をはじめとする珪藻類は衰退した。2016年5月のケイ酸塩濃度が Stn. P において $3.16 \mu\text{M}$ 、Stn. C で $0.41 \mu\text{M}$ と非常に低かったことから、ケイ酸塩の枯渇により珪藻類ブルームが収束したと考えられる。藍藻類は両年とも5月から確認されはじめ、その組成は、*Aphanocapsa* 属や *Microcystis aeruginosa* 等のクロオコックス目が大半を占めていた。2015年は7月、2016年は6月に入ると両地点ともに藍藻類の割合が80%を超えた。藍藻類のうち窒素固定能を持つ *Cylindrospermum* 属が90%以上を占めており、これは2016年6月のDIN濃度が Stn. P で $0.05 \mu\text{M}$ 、Stn. C では $0.13 \mu\text{M}$ と極めて低かった結果と考えられた。以上から、夏季の藍藻類組成にはDIN濃度が強く影響していることが示された。

水草ヒシに随伴する殺藻細菌密度は、2015年は6月に $6.2 \times 10^5$ 、8月には $4.5 \times 10^5 \text{ CFU g}^{-1} \text{ wet weight}$ の密度で検出された。2016年は5月に $1.0 \times 10^5$ 、6月に $1.7 \times 10^6 \text{ CFU g}^{-1} \text{ wet weight}$ の密度で検出された。殺藻細菌の検出月は年によって異なっていたが、対象藻類である *M. aeruginosa* の出現状況に対応しており、ヒシ由来の殺藻細菌のアオコ防除能が有用である可能性が示唆された。また、水草のない Stn. C においては、藍藻類を主体とする植物プランクトンの細胞数が水草の繁茂する Stn. P よりも格段に高いことが確認された。

本研究の結果から、水生植物の有効活用によりアオコの発生を防除できる可能性が見いだされた。しかしながらヒシの過度な繁茂は水中の溶存酸素を低下させ、ひいては水質の悪化を招く恐れもある為、水草の適切な密度管理等により良好な環境条件を維持する必要がある。

## 長野県深見池における長期環境変動と枝角類群集の形成過程： 年縞堆積物による長期動態の解明

\*大竹裕里恵（東大・総合文化）、大槻朝、占部城太郎（東北大・生命）、  
木村成子（滋賀県大・環境）、山田和芳（ふじのくに地球環境史ミュージアム）、  
吉田丈人（東大・総合文化）

### 1. はじめに

湖沼は、地質学的な長い時間を経て、自然に貧栄養湖から富栄養湖となり、この過程を Lake aging という。人間活動は Lake aging の進行を早め、湖沼生態系の変化を数十年以内の短期間で引き起こす。これは人為的富栄養化であり、世界の湖沼で問題となっている。湖底堆積物やその内に長期間残存する生物遺骸を用い、過去の湖沼環境や生物群集を再現する古陸水学は、人間活動の影響が起きるより前からの湖沼生態系の変化を明らかにすることで、富栄養化に代表される人間活動による影響の解明に多くの知見をもたらしてきた。一方で、湖沼が形成された初期からの長期変動については、十分な知見が得られていない。その理由の1つに、湖沼形成初期からの堆積物が得られた事例が少ないことが挙げられる。そこで本研究では、湖沼形成初期からの湖底堆積物が得られる長野県深見池（1662年成立）において、環境変動への感受性が大きな枝角類群集を対象とし、湖沼形成初期からの群集形成過程、並びにそれに影響を与えた要因の解明を試みた。

### 2. 材料と方法

2016年10月に深見池にて堆積物コアサンプルを採集した。297cm～360cmのコアと33～41cmのコアをそれぞれ4本採集した。これらを一定間隔で薄切した。各層の年代推定は、年代が特定されている既知の複数の鍵層を元に行った。各層において、堆積物中の枝角類、フサカ幼虫、ユスリカ幼虫の遺骸を計数した。遺骸数から年あたりの沈降量（フラックス：個体数/cm<sup>2</sup>/year）を算出し、これを個体数の指標とした。また、体サイズの指標として *Daphnia* 属の尾爪長を計測した。この他、TP濃度及びChl. a濃度を測定し、フラックス（mg/cm<sup>2</sup>/year）を算出した。統計解析により、枝角類群集構造、TP、Chl. aに大きな変化が生じた時期、並びに枝角類群集の変動に対するTPとChl. aの影響を推定した。

### 3. 結果

枝角類群集構造の大きな変化は、深見池形成初期から現在までに2回確認された。深見池形成初期には、底生性枝角類やユスリカが構成する底生性群集が見られ、1800年代初頭には小型の浮遊性種である *Bosmina longirostris* が優占する群集へ置き換わった。1900年代後半からは、大型の *Daphnia* 属が出現し定着するなど、枝角類群集の多様化が見られ、同時期にフサカ幼虫も出現した。しかし、直近の過去約3年以内に大型の *Daphnia pulex* やフサカ幼虫が著しく減少し、*Daphnia* 属の体サイズを示す尾爪長が年代と共に減少するなど、群集が小型化傾向にあることが示唆された。TP及びChl. aの変動期も枝角類群集の変動期とほぼ一致していた。特に、*B. longirostris* が出現し始めた時期にはTPの急上昇が確認された。RDAの結果、*B. longirostris* の存在量はTPおよびChl. aと強く関係すると示唆された。しかし、variation partitioningの結果、枝角類群集構造の変化を、TPは4%、Chl. aは14%しか説明できなかった。

### 4. 考察

深見池形成初期の貧栄養期には底生性群集が成立し、約200年間維持されていた。これが、TPの急上昇と共に *B. longirostris* が優占する浮遊性群集へ急速に推移した。変化の速さから、このTP上昇は人間活動によるものであったと推測される。この結果は、富栄養化に従い底生性群集が浮遊性群集へ遷移するという知見や、人為的富栄養化は自然過程よりも急速に発生し生態系を変化させるという知見を支持する。しかし、RDAやvariation partitioningの結果から、TPの上昇とそれによる植物プランクトンの増加のみでは枝角類群集の変動を説明できず、他の要因の存在が示唆された。その一つとして、魚類相の変化にともなう捕食圧の変化が挙げられる。特に、大型の *D. pulex* の定着成否や、近年の枝角類群集の小型化は、魚類導入の記録と整合性が見られた。

## ヒシ分布の時空間動態と塩分濃度の関係

\*石川みくり（東大院・総合）

石井潤（福井県里山里海湖研究所），西廣淳（東邦大・理）

瀧本岳，宇野文貴（東京大・農），吉田丈人（東大院・総合）

## 1. はじめに

近年、富栄養化が進んだ浅い湖沼の複数において、一年生浮葉植物であるヒシ属の大規模な繁茂が報告されている。ヒシ属が繁茂することで、航行障害、水中での光合成の抑制による溶存酸素量の低下、枯死後の腐敗に伴う悪臭の発生などの影響がある。一方、一部の水生生物への生息環境の提供、底泥の巻き上げの抑制、植物プランクトンの増殖抑制などの影響があることも指摘されている。

福井県三方湖は、富栄養化が進んだ浅い淡水湖であるが、隣接する水月湖（汽水湖）から時に汽水が流入する。三方湖では、2008年以降、それまで局所的に生育していたヒシ（*Trapa japonica*）の分布範囲が著しく拡大した（Nishihiro et al. 2014）。

上記の通り、ヒシの繁茂によりさまざまな影響があるが、効果的な管理を実施するためには、ヒシ分布の時空間動態を理解する必要がある。

本研究では、三方湖におけるヒシ分布の時空間動態を記述するとともに、ヒシ分布を決定する環境要因の評価を目的とした。

## 2. 材料と方法

最初に、夏季に三方湖上空から撮影された航空写真（2009–2016年）を用い、ヒシ分布の地図を画像編集ソフト Photoshop と地理情報システムソフト ArcGIS で作成した。そして、作成した地図より全湖面に対するヒシの占有面積率を算出し、ヒシ分布範囲の年変動を評価した。

次に、三方湖内におけるヒシ種子の発芽能を比較するための野外実験を行った。2015年10月に生産された種子を採取および越冬保存し、発芽時期に当たる2016年4～6月に種子を湖底に設置し、種子の運命（発芽、休眠、死亡）と湖水塩分濃度との関係性を評価した。

## 3. 結果と考察

各年のヒシ分布を比較した結果、2010年は占有面積率が67%と最も高く、湖の北西部と南東部を除くほぼ全ての場所がヒシで覆われていた。2016年は占有面積率が15%と近年で最も低く、湖の西側から湖心部にかけてヒシが顕著に消失した。そして、三方湖の東側や北側の湾状部には、毎年ヒシが分布していたが、南東部や北西部でのヒシの分布は極めて稀だった。これは、湖への河川流入による物理的な攪乱と、汽水流入によるヒシ生育の生理的な抑制のためだと考えられる（Nishihiro et al. 2014）。

種子発芽能を評価する野外実験により、湖水塩分濃度が高いと、発芽種子数は減少し、休眠種子数は増加することが分かった。また、湖水塩分濃度を決定する要因を検討したところ、日本海潮位と流入河川水位が有意に影響していた。さらに、各年のヒシ占有面積率と4–7月の平均日本海潮位との間に強い負の相関関係が示された。つまり、ヒシの成長時期に日本海の潮位が高くなると、三方湖への汽水流入量が増加し、当年夏季のヒシ分布範囲が縮小すると考えられた。

本研究により、航空写真を用いたヒシ分布範囲を評価する手法が確立できた。また、夏季のヒシ分布範囲に影響する要因として、ヒシの生育初期段階に当たる春季の湖水塩分濃度が重要であり、塩分濃度は日本海潮位と流入河川水位に影響を受けると考えられた。したがって、夏季のヒシ分布範囲を事前に推定するには、春季の日本海潮位と流入河川水位のバランスによる湖水塩分濃度、つまり潮汐のタイミングや海面気圧の影響（高潮）、降水量といった気象状況を考慮する必要があることが示された。

&lt;引用文献&gt;

Nishihiro J, Kato Y, Yoshida T, Washitani I. (2014) *Ecological Research*, 29, 981-989.

## -河川生態系における河川ワンド・たまりの機能評価-

\*竹中將起（信州大院・総合工学），富田 和宏（信州大院・理工）  
谷野宏樹（信州大院・理工） 東城 幸治（信州大・理）

## 1. はじめに

河川ワンド・たまりは、多くの生物にとって重要な生息地として機能している。ワンドは止水性が強く、水温の変動も小さいと予想されるので、生物にとって河川本流とは異なる生息環境をもたらしている。また重要な生息地というだけでなく、河川の増水時には生物の避暑地としても機能している極めて重要な空間である。しかし、近年の河川整備などによってワンドが断片化したり、失われたりしてきており、河川ワンドのような止水を好む生物の多くが絶滅危惧種に指定されている。これらのことから河川生態学などの分野によって注目度が高くなってきたが、実際にどの程度ワンド・たまりを利用しているのか、またワンド間の接続性などについて注目した研究は少ない。そこで本研究では、止水棲昆虫類を対象として、河川ワンド・たまりの群集構造を明らかにし、分子マーカーを使ってワンド間の接続を調査して河川ワンド・たまりの利用や重要性について究明した。

## 2. 材料と方法

2015年10月から12月にかけて、長野県内の千曲川水系および天竜川水系の各盆地（松本盆地・上田盆地・長野盆地・伊那盆地）の河川ワンド・たまりにおいて止水棲昆虫類を対象に10分間×4回の定量採集を実施した。また、コオイムシについてはワンド間の接続性の評価を目的とした分子系統解析を実施するために各地点において採集された個体数が20個体未満であった場合、20個体以上採集する定性採集も実施した。採集したサンプルの種同定をおこない、各地点の群集構造や種多様性について評価した。また、河川ワンドの利用について、各調査地点周辺の土地利用との関係についても評価した。

コオイムシに関しては遺伝子解析をおこない、得られた遺伝情報を基に各地点の遺伝的多様性の評価、およびワンド間のコオイムシの移動・分散を評価した。

## 3. 結果・考察

長野県内を流れる千曲川水系および、天竜川のワンド・たまりを対象とし、松本盆地において10地点、上田盆地および長野盆地において18地点、そして伊那・飯田盆地において7地点定量調査をおこなった。その結果、絶滅危惧種に指定されている希少な止水棲昆虫類であるコオイムシ *Appasus japonicus*、ナミゲンゴロウ *Cybister japonicus*、クロゲンゴロウ *Cybister brevis*、キベリマメゲンゴロウ *Platambus fimbriatus*、ミズスマシ *Gyrinus japonicus*、ガムシ *Hydrophilus acuminatus* などをはじめと多くの止水棲昆虫類確認することができた。これは、止水棲昆虫類が河川ワンド・たまりを重要なハビタットとして利用していることを意味する。さらに、各調査地点で採集された止水棲昆虫類の群種構造を比較した結果、調査地点周辺の土地利用が群集構造に強く影響していることが示唆された。つまり、河川ワンド・たまりの環境だけでなく、周辺の環境が重要であることが明確となった。また、コオイムシの遺伝子解析の結果、おおまかには盆地ごとに遺伝的に分化しているが、盆地間でわずかな遺伝的交流も存在していることが明らかとなった。

以上の結果から、止水棲昆虫類にとって河川ワンド・たまりは現在でも重要なハビタットとして利用されているだけでなく、その周辺の環境も重要であることが明らかとなった。希少な止水性昆虫類の保全対策には、河川ワンド・たまりの環境だけでなく、周辺環境の整備も重要である。

\*風間健宏、時田紘太郎（東北大院・生命）、Xuwang Yin（大連海洋大学・）、土居秀幸（兵庫県立大院・シミュレーション）、片野泉（奈良女子大・生物）、山道真人（京大・白眉）、吉田丈人（東大院・総合文化）、Nelson G. Hairston（コーネル大・EEB）、占部城太郎（東北大院・生命）

## 1. はじめに

生態ピラミッドの形、すなわち一次生産者から高次消費者に至る生物量の比は、ある場所の生態系の特徴を端的に表現している。生態ピラミッドの形は、集団内におけるボトムアップとトップダウンの効果（内的要因）や、光・栄養塩の供給量（外的要因）によって決定されていると考えられているものの、実験によって確かめられた例はほとんどない。さらに、近年では、餌生物の化学量比が、植食者の成長率やその動態に影響を与える化学量効果が注目されている。特に水界生態系では、光と栄養塩のバランスの変化が、藻類の化学量比の変化を通して、動物プランクトンの生物量を変化させると考えられている。そこで本研究では、池全体の光環境を操作する実験を3か月間行い、プランクトン群集における植食者：藻類の生物量比を測定した。またこれを決定する要因として、藻類の化学量比、一次生産量、およびプランクトン食性魚の生物量を測定し、その相対的な重要性を検証した。

## 2. 材料と方法

野外実験は6月4日から8月28日の85日間、コーネル大学実験池施設（ニューヨーク州イサカ）において行った。面積225 m<sup>2</sup>、深さ1.3mのリン制限の池2つ（ID: 217、218）を、キャンパス地カーテンを用いて4区に分割し、近隣湖沼の水を満たした。遮光率を4段階（0、33、47および64%）に設定し、それぞれの池にランダムに配置した。遮光には、直径6mの不透明な円形マットを用い、遮光率に応じた枚数を水面に設置した。観測は隔週で行い、藻類の現存量（ $\mu\text{g Chl-}a/\text{L}$ ）、セストンの炭素：リン（C:P）比、動物プランクトン生物量（ $\mu\text{g C}/\text{L}$ ）、およびプラ

ンクトン食性魚の現存量（CPUE）を、合計7回観測した。また、ウインクラー法による一次生産速度（ $\text{g C}/\mu\text{g Chl-}a/\text{day}$ ）の測定を月1回、合計3回行った。動物プランクトン：藻類の比に対する各要因の効果は、Lotka-Volterraモデルを基にした線形モデルを用いて推定した。モデルは、並べ替え検定による自己相関の検定後、ブートストラップ法を用いて各要因の回帰係数を推定した。

## 3. 結果

実験期間中における平均Chl-*a*濃度は、区間より池間の差が大きく、実験期間中の平均動物プランクトン生物量は、217池は20.5-31.0  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、218池3.2-4.1  $\mu\text{g}/\text{L}$ となった。動物プランクトン：藻類の比は、2つの池ともに、遮光率が高くなるほど増加した。ブートストラップ解析の結果、動物プランクトン：藻類の比に対し、セストンC:P比、一次生産速度およびプランクトン食性魚の現存量はすべて有意な負の効果が見られた。

## 4. 考察

藻類のC:P比が増加すると、動物プランクトンは成長に必要なPを効率よく獲得できないため、生物量が減少したと考えられる。また一次生産速度が負の効果を与えた結果については、植物プランクトン群集の生産速度が高いとき、動物プランクトンが利用できない大型の藻類や、毒性を持つラン藻が増加することにより、動物プランクトン：藻類の比が減少した可能性が考えられる。

本研究により、餌の化学組成は、上位捕食者や生産速度と並び、基礎生産から一次消費者に至る転送効率を決定する重要な外的要因であることが示唆された。

\*土屋 健司, 佐野 友春, 富岡 典子, 高村 典子, 中川 恵,  
高津 文人, 小松 一弘, 今井 章雄 (国立環境研究所)

## 1. はじめに

水圏生態系におけるバクテリアは、溶存態有機物を起点とした微生物ループを駆動させる主体者として、生食食物連鎖以外に高次の栄養段階に物質を輸送する重要な役割を果たしている (Fenchel 2008). 通常、バクテリア生産量 (BP) は放射性同位体で標識されたチミジン (Fuhrman & Azam 1980) やロイシン (Kirchman et al. 1985) の取り込み速度を測定し、それを細胞増殖量及び炭素量に変換することで求められる。しかしながら、放射性同位体の使用には、先進国、特に我が国では多くの制限があり、BP の実測例は限られている。

霞ヶ浦は首都圏における重要な水資源であり、栄養塩・有機物の流入負荷が大きいため、水質保全・管理を目的としたモニタリングが実施され、湖内外物質循環の定量が進められてきた。しかし、系外からの有機物負荷が湖内物質循環にどの程度組み込まれ、寄与するのかといった問いに対しては、溶存態有機物を粒状態化する役割を果たす BP の実測なくして定量的な回答は困難である。そこで本研究では、霞ヶ浦湖心における BP の季節変動を明らかにすることを目的とした。さらに、一次生産量 (PP) との比較を行い、低次栄養段階生物群集の炭素収支を見積もった。

## 2. 材料と方法

調査は 2012 年 3 月~2015 年 2 月の期間、霞ヶ浦湖心において実施した。BP は放射性同位体フリーの  $^{15}\text{N}$ -dA 法 (Tsuchiya et al. 2015) を用いて測定した。

- i. 湖水に [ $^{15}\text{N}_5$ ]-deoxyadenosine ( $^{15}\text{N}$ -dA, CIL Inc.) を添加し、現場水温に設定した恒温槽で培養した。培養終了後、孔径 0.2  $\mu\text{m}$  フィルター (JGWP, Millipore) に濾過し、冷凍保存した。
- ii. DNA 抽出キット (日鉄環境エンジニアリング) を用いてバクテリア DNA を抽出した。
- iii. 抽出 DNA 試料に Nuclease P1 (Wako), Phosphodiesterase I (Worthington), Alkaline phosphatase (Promega) を加え、ヌクレオシドま

で加水分解した (Nohara et al. 2011).

iv. LC-MS (LCMS-8040, Shimadzu) によって、 $^{15}\text{N}$ -dA 量を定量し、取込速度を測定した。

BP は以下の式①によって求めた。

$$\text{BP (gC m}^{-3} \text{ d}^{-1}) = ^{15}\text{N-dA 取込速度 (mol m}^{-3} \text{ d}^{-1}) \times \text{CCF (cells mol}^{-1}) \times \text{CSCC (gC cell}^{-1}) \dots \text{①}$$

ここで、CCF (cell conversion factor) は  $^{15}\text{N}$ -dA を 1 mol 取り込んだ際の細胞増加量、CSCC (cell specific carbon content) は 1 細胞当たりの炭素量 (30.2 fgC cell $^{-1}$ ; Fukuda et al. 1998) を表す。CCF は霞ヶ浦湖心で得られた値 ( $7.80 \times 10^{18}$  cells mol $^{-1}$ ) を用いた。BP は深度積算し水柱当たりの生産量で示した (gC m $^{-2}$  d $^{-1}$ )。

PP は霞ヶ浦データベースの値を使用した。ここでは春を 3 月~5 月、夏を 6 月~9 月、秋を 10 月~11 月、冬を 12 月~2 月とした。

## 3. 結果と考察

BP は 0.03 gC m $^{-2}$  d $^{-1}$  (2013 年 12 月) ~ 1.58 gC m $^{-2}$  d $^{-1}$  (2012 年 7 月) の範囲を変動した。春は  $0.52 \pm 0.29$  gC m $^{-2}$  d $^{-1}$ 、夏は  $0.62 \pm 0.44$  gC m $^{-2}$  d $^{-1}$ 、秋は  $0.55 \pm 0.49$  gC m $^{-2}$  d $^{-1}$ 、冬は  $0.19 \pm 0.10$  gC m $^{-2}$  d $^{-1}$  を示し、BP と水温の間には有意な直線関係が見られた ( $p < 0.01$ )。

PP は冬 ( $1.08 \pm 0.52$  gC m $^{-2}$  d $^{-1}$ ) に低く、夏 ( $3.31 \pm 2.02$  gC m $^{-2}$  d $^{-1}$ ) に高くなり、PP に対する BP の比率 (BP/PP 比) は冬 ( $0.20 \pm 0.11$ ) に低く、秋 ( $0.44 \pm 0.34$ ) に高くなる傾向を示した。ここで、バクテリア呼吸量 (BR) を経験式 ( $\log \text{BR} = 0.66 \times \log \text{BP} + 0.68$ ; Amado et al. 2013) から求めると、バクテリア炭素要求量 (BCD = BP + BR) は 0.26~4.99 gC m $^{-2}$  d $^{-1}$  と見積もられた。PP に対する BCD の比 (BCD/PP 比) は年間を通して  $1.19 \pm 0.89$  を示し、霞ヶ浦湖心における BCD は有機物の湖内生産源である PP を上回ることが明らかとなった。以上のことから、霞ヶ浦湖心においては植物プランクトンに加え、系外からの有機物負荷が BP を支え、湖内生態系の維持に寄与していることが示唆された。

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 25550019, 15K21449 及び笹川科学研究助成 25-716 の助成を受けて実施した。

## 1. はじめに

長野県と岐阜県の県境に位置する御嶽山が、2014年9月27日午前11時53分頃に水蒸気爆発噴火し、発生した火山噴出物が山頂域の湖沼や周辺河川の水環境に影響を与えたと考えられる。そこで、過去に御嶽山周辺で測定された水質と比較をし、今回の噴火が水質に与えた影響を確認するとともに、時間経過に伴う水質の変動を把握することを試みた。

ここでは、2014年10月～2017年7月のデータを中心に、2017年8月までの結果を報告する。

## 2. 方法

調査は月1回の間隔で実施し、現地調査項目はAT、WT、pH、RpH、EC等である。同時に採水も行い、雨水採取も16箇所で行っている。持ち帰ったサンプルは研究室にて処理したのち、TOC、主要溶存成分の分析を行なっている。

## 3. 結果・考察

### 1) 1979年噴火時との比較

1979年時の噴火の約一月後の水質調査結果と、今回の噴火の約一月後の結果を比較すると、降灰地域がほとんど同じであるためか、非常に似通った水質の空間分布を示し、水質組成もほぼ一致した。

### 2) 噴火直後～冬季積雪期

御嶽山南側を流れる濁川とその本流の王滝川で、火山噴出物の影響が表れたが、次第に電気伝導度の値は下がり、pHは上がって、2015年1月末には安定した値を示した。なお、王滝川の最下流域はその上流にある御岳湖の湖水の全循環の関係で、火山噴出物の影響が時間差で現れた。

### 3) 融雪期

融雪の影響は2月から現れ始め、4月末にピークに達し、ECの値が低下して融雪による希釈傾向を示した。pHも低下する傾向を示したが、融雪水の低pHが影響したものと考えられる。

### 4) 融雪期後～梅雨期

5月末には融雪の影響がほぼなくなった。6月に

入ると梅雨の影響で、改めて火山噴出物が流入してECが上昇し、pHが低下する地点が多く見られた。

### 5) 夏期～秋期

台風の影響で、梅雨期と同様に火山噴出物が流出し周辺河川の水質に影響を与えたが、10月末には安定した。11月になると、河川水の水質への地下水の性質の影響が観測された。

### 6) 冬季積雪期～秋期(2年目以降)

噴火から2度目の冬季は積雪量が少なく、融雪のピークは2016年2月末で、水質への融雪水の影響はやはり希釈傾向であった。一方で6月は梅雨により、特に濁川に火山噴出物の影響が現れた。

夏期～秋期には1年目と同様、台風のため水質への火山噴出物の影響が見られ、10月末には安定し、融雪期までは河川水への地下水の寄与が見られた。

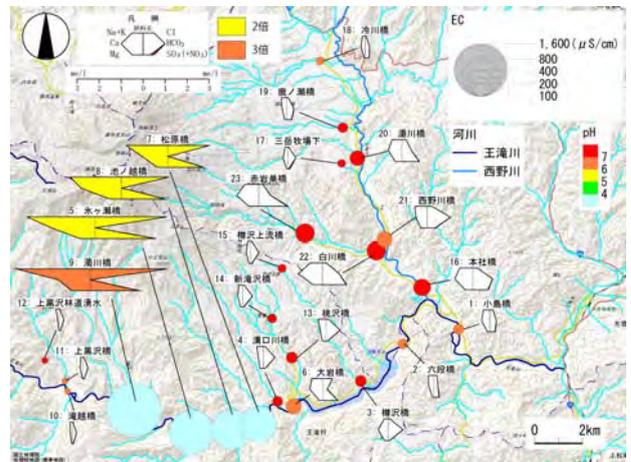


図1 水質の空間分布(141008)

## 4. おわりに

御嶽山周辺地域の水環境に対する今回の噴火の影響と時間経過に伴う水質の変動をある程度把握できた。今後も引き続き調査を行ない、水質の変動を注視していく。

### 参考文献

浅見和希・小寺浩二・猪狩彬寛・堀内雅生(2017): 御嶽山噴火(140927)後の周辺水環境に関する研究(5), 日本地理学会 2017年度春季学術大会講演要旨集.

## 霞ヶ浦高浜入りにおける水変わり現象とそれによる水質変動について

\*中川 圭太 (茨霞環科セ), 小日向 寿夫 (茨漁政), 神谷 航一 (茨廃対), 大内 孝雄 (茨環対), 吉尾 卓宏 (茨農研), 菅谷 和寿 (茨鹿島下事), 相崎 守弘 (元茨霞環科セ)

### 1. はじめに

水変わり現象は、水様の急激な変化を指し、多くは透明度の急激な変化等を指す(岩崎, 1996 等)。過去には養鰻池において透明度の急激な上昇が報告されており(稲葉ら, 1937), その後も水変わり現象時の水質等調の調査が行われ原因について報告されている(伊藤ら, 1959)。茨城県南部に位置する霞ヶ浦においても花里らにより水変わり現象が報告されている(Hanasato et al, 1991)。

しかし、近年の霞ヶ浦において水変わり現象と水質の関係について詳細に調査した例は少ない。そこで、平成 26 年 6 月上旬に霞ヶ浦高浜入りにおいて見られた水変わり現象とその時の水質変動について解析したので報告する。

### 2. 方法

調査は霞ヶ浦高浜入りにおいて 2014 年に、概ね週に 1 回の頻度で行った。透明度は、透明度板を用いて測定した。植物プランクトンは、鉛直カラムを用いて湖底直上 50 cm から水面までの湖水を採取し、グルタルアルデヒドで固定して試料とした。総細胞体積は、植物プランクトンの個体数密度に、1 細胞あたりの体積を掛け合わせて算出した。動物プランクトンは、植物プランクトンと同様に採水し、目合い 40 mm のプランクトンネットで濃縮して試料とした。採水は、ペリスタポンプを用いて水面下 50 cm で採取し、実験室に持ち帰り、Suspended Solid (SS), 溶存無機態窒素 (DIN), 比色シリカを測定した。SS は、JIS K 0102 14.1 に従い測定した。DIN は、NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N をそれぞれ JIS K 0102 42 及び 43 に従い測定し、それらを足し合わせて求めた。比色シリカは、JIS K 0101 44.1.2 により測定した。

### 3. 結果と考察

水質の変化を図 1 に示す。透明度は 5 月下旬から上昇し、6 月 11 日には 1.2 m まで上昇した。しかし 6 月 19 日には 0.5 m まで急激に低下し、0.5 m 付近で推移した。高浜入りの 6 月の平均的な透明度が 0.5 m であることから、6 月上旬の透明度の上昇は水変わり現象といえる。

透明度と関係が深い SS の推移をみると、透明度が上昇した時期には SS が低下していた。この期間

には、珪藻類の総細胞体積が大きく低下しており、このことが SS を低下させたものと考えられた。

珪藻類の総細胞体積が大きく減少した原因としては、溶存無機態窒素及び比色シリカが枯渇していたこと、及び大型のミジンコ類である *Daphnia* 属が増加したことが原因と考えられた。また、6 月中旬に珪藻類の総細胞体積が増加した原因としては、*Daphnia* 属の減少による捕食圧の低下に加え、増殖の制限因子であった溶存無機態窒素及び比色シリカが供給されたことが原因と考えられる。

### 参考文献

- 岩崎(1996) 茨城県内水面水産試験場研究報告 32 : 61-65.  
 稲葉ら(1937) 静岡県水産試験場浜名湖分場, 魚介類斃死原因調査報告.  
 伊藤ら(1959) 水産増殖 6 : 1959-1960.  
 Hanasato, T. et al. (1991) Jpn. J. Limnol 52 (1) 45-55

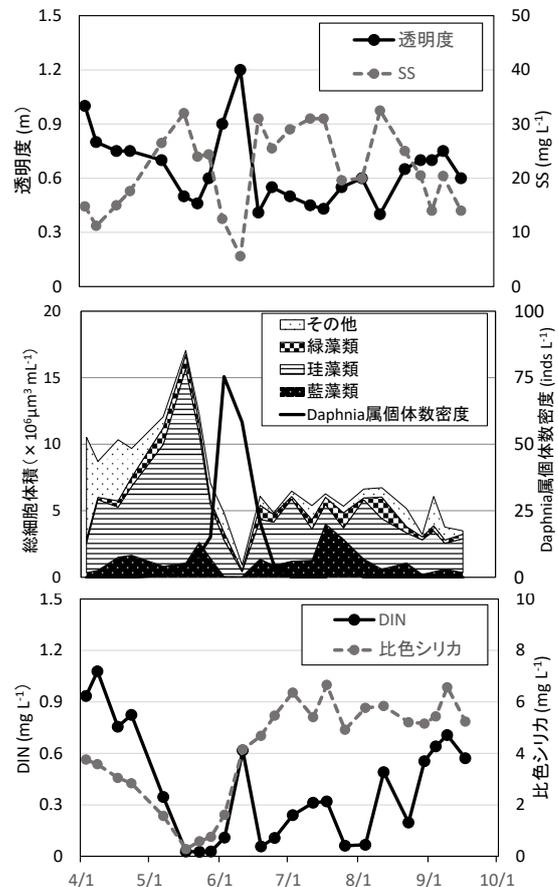


図 1. 高浜沖における各水質の推移 (上: 透明度及び SS, 中央: プランクトン, 下: 栄養塩濃度)

# 2B19

## 水生昆虫成虫の陸域への分散におよぼす ダムおよびダム湖の影響

\*松岡真梨奈(奈女大・院・人間文化)、水守裕一(兵庫県大・院・シミュレーション)、  
布野隆之(兵庫県立人と自然の博物館)、一柳英隆(九大・工)、土居秀幸(兵庫県大・院・  
シミュレーション)、片野泉(奈女大・院・人間文化)

### 1. はじめに

河川に生息する水生昆虫の多くは、幼虫期を水域、羽化後の成虫期は陸域で活動する生活史を持つ。陸へ進出した成虫は鳥類やクモなどの陸生の高次捕食者に捕食されることから、水域から陸域へ捕食被食関係等を通じて食物網構造を繋ぐ役目を果たしていると考えられる。しかしダム河川における水生昆虫を対象とした研究の多くは、幼虫時期のみが扱われることが多い。幼虫同様に成虫相においてもダム河川の変化が予想され、それに伴いダム周辺食物網構造が変化している可能性が示唆されるが、こういった着眼点の研究はほとんどない。

そこで本研究では、水生昆虫の成虫相に及ぼすダムの影響を明らかにすることを目的に野外調査を行なった。2015年～2016年は成虫相をダム流程・調査地点間で比較、さらに2017年からは陸域(ダム周辺森林内)への分散について調査を行った。

### 2. 方法

調査地として、兵庫県姫路市の菅生ダム(夢前川水系菅生川)周辺を設定した。菅生ダムは総貯水容量1950千 $m^3$ 、堤高55mの小型のダムである。

2015-2016年に行ったダム流程での成虫相調査においては、ダム湖地点を中心にダム上流から下流にかけて4地点(上流地点、ダム湖地点、ダム直下地点、下流地点)を定めた。これら4地点で、2015年5月から2016年10月までの間、月に1回の頻度でサンプリングを行った。

2017年に行った陸域への分散調査においては、4ライン(上流・支川有地点と無地点、ダム湖地点、ダム直下地点)を川岸から山の尾根に向けて約100mを引き、そのライン上にトラップを設置した(計19ポイント)。この4ラインで2017年の4月、5月、8月にサンプリングを行った。水生昆虫成虫の捕獲には、虫の走光性を利用し虫を集め、石鹼水に落とす仕組みの蛍光灯付パントラ

ップを用いた。持ち帰ったサンプルは冷凍保存し、目レベルで同定を行い、目別個体数と目別湿重量を記録した。同定後は70%エタノール保存した。

### 3. 結果と考察

サンプル内の主な水生昆虫としてハエ目、カゲロウ目、トビケラ目、カワゲラ目、ヘビトンボ目が採集された。

ダム流程・調査地点間で比較の結果、菅生ダム周辺では夏期の捕獲成虫はダム直下地点で多く、冬期はダム湖地点に多い傾向がみられた。また、統計解析により有意な差であることが示された(多重比較 Tukey-Kramer、 $p < 0.05$ )。水生昆虫においては一般的に、幼虫期に河川の流れにより下流方向へ流下し、成虫期に上流方向へと遡上飛行を行うことで流下距離を補償していると言われている。夏期にダム直下地点の採取数が多いという結果からは、成虫の遡上行動が菅生ダム堤体に阻害され、上流への移動ができずに直下地点に溜まっている可能性が考えられる。一方、冬期に関しては他の地点では0～数匹程度しか成虫が採集できなかったが、ダム湖では一定数以上の成虫が採集された。この結果は、人工的に創出された止水域であるダム湖の特異性による成虫相の違いを示唆していると考えられる。このような結果により、夏期はダム直下、冬期はダム湖地点が、捕食者にとって一定量以上の餌場として働くポテンシャルがあることが示された。

実際の野外において、鳥類など捕食者にとって水生昆虫がどの程度有益な餌資源であるのかを考察するためには、成虫の陸域(森林内部)への分散は重要であると考えられる。そこで陸域への分散について調査した結果、4月と5月の調査では、ダム湖地点ではハエ目以外の水生昆虫が内陸部にほとんど分散していない傾向がみられた。これら結果より、陸域への分散においてもダムの影響が見られることが示唆された。

## 小規模ダム河川の底生動物群集にダム・堰堤・支川流入が与える影響

\*水守 裕一 (兵庫県立大・シミュレーション), 松岡 真梨奈 (奈良女子大・人間文化), 相馬 理央 (兵庫県立大・環境人間), 一柳 英隆 (九州大・工), 土居 秀幸 (兵庫県立大・シミュレーション), 片野 泉 (奈良女子大・人間文化)

### 1. はじめに

日本の河川の多くには貯水ダムが設置されており、ダム下流においては河床に生息する生物の種多様性が低下する問題が報告されている。しかし、これらの報告の多くは、比較的規模の大きなダム河川におけるものが多い。日本には規模の小さな河川に設置されている小規模なダムも数多く存在するにもかかわらず、これらの小規模ダム河川では、ダムによる底生動物や河床環境への影響を論じる報告はほとんどない。同時に、小規模河川には堰堤などの河川横断物も数多く設置されており、それらも河床環境並びに底生動物へ影響を与えると考えられている。これら河川横断物は日本の中小河川に数多く設置されているにも関わらず、その影響を論じる報告は少ない。

そこで本研究では、小型の貯水ダム・堰堤・支川流入など、河川生態系の不連続要因が続く小規模河川を対象に河川物理環境と底生動物群集の野外調査を行った。本研究の目的は、①これまでの大規模なダム河川で報告されてきた下流生態へのダムの影響が小規模ダムでも見られるのかどうか、②ダム同様、堰堤や支川流入という河川生態系が持つ不連続要因が、河川生態系にどのような影響を与えているかどうかを調べることである。

### 2. 方法

兵庫県姫路市の菅生ダム (夢前川水系菅生川, 兵庫県, 集水面積 8.7km<sup>2</sup>, 総貯水量 1950 千 m<sup>3</sup>) の上流地点 (St.1), ダム直下地点 (St.3), ダム下流地点 (Sts.4, 5), 流入支川合流地点 (St.6), 流入支川 (St.7) の 6 地点を調査地点として 2015 年 7 月に調査を行った。ただし, St.3, St.4, St.5 の間にはそれぞれ堰堤が設置されている。調査時には電気伝導度, pH などの環境変数を測定後, 付着藻類・流下物・河床材料・底生動物の採集を行った。底生動物の採集にはコドラート付きサーバーネット (50×50 cm, 0.5mm メッシュ) を用いて, 河床表面から深さ 15 cm までの

底生動物を対象として全て採集し, ホルマリンで固定して実験室に持ち帰った。実験室ではソーティングの後, 1 mm 以上の個体について目レベルでの湿重量測定を行い, 可能な限り細かいレベルまで同定・計算をして, 個体数, 種数, 多様性指数  $H'$ , 摂食機能群 (Functional Feeding Groups), 生活型などの底生動物変数を算出した。

### 3. 結果・考察

底生動物の個体数はダムの直下の St.3 で最も多く, 大きなダム河川での報告と同じ結果になった。一方, 種数・多様性指数  $H'$  は, ダム直下地点と他地点とで有意な差はなかった。このことから, 小規模ダムの下流では種多様性の大幅な低下は起こっていないことが示唆された。

出現分類群を見ると, ダム直下ではコガタシマトビケラ属が多く出現し, 造網型トビケラで最もサイズの大きいヒゲナガカワトビケラ属はダム上流の St.1, 支川合流前の St.5, 支川合流後の St.6 で多く見られた。これまでの研究でもダム下流でシマトビケラ科が増加することが報告されており, 小規模ダムでも同様であることが示された。

堰堤上流側 (St.4) と下流側 (St.5) を比較した結果, 堰堤上流域では造網性トビケラと滑行型が非常に少なくなっていたのが, 堰堤下流側では Sts.1,6 と同程度に回復していた。これは, 堰堤の上流部での流速の低下, トロの形成が原因と考えられる。堰堤の下流域では流速や瀬とともに, 底生動物群集も回復したものと思われる。

本研究から, 小規模ダムの上流と下流においては, 特にトビケラ目や滑行型の生物における群集構造が変化するものの, 種の多様性の低下はほとんど起きていないことが新しく示唆された。また, 堰堤や支川流入などの不連続要因は, 小規模ダムと同程度に底生動物群集に影響を及ぼしていることが示唆された。

\*横内雅大 (信州大院・総合理工), 宮原裕一 (信州大・山岳)

## 1. はじめに

長野県中央部に位置する諏訪湖では、2000年までは主に *Microcystis* を主とした藍藻が夏期の植物プランクトン種であったが、現在では、藍藻とともに珪藻も夏期の主要な植物プランクトン種となるなど、近年植物プランクトンの種組成が大きく変化している。一般に、植物プランクトンの種組成は水温や栄養塩の絶対量のほかに、栄養塩の組成の影響も受けるため、富栄養化が進むと相対的に溶存態シリカが不足し、非珪藻類が優占すると言われている。

富栄養湖の諏訪湖では下水道の整備が進み、現在水中の窒素・リン濃度は減少傾向にある。しかし、1979年以降通年での湖水中のシリカ濃度は測定されていない。そこで、本研究では諏訪湖栄養塩の現状を明らかにするために、諏訪湖における窒素、リン、シリカと植物プランクトンの季節変動について解析を行った。

## 2. 材料と方法

### 1) 試料の採取

諏訪湖の湖心および流入・流出河川において試水を採水した。これら試水は、いずれも孔径 0.45  $\mu\text{m}$  のメンブレンフィルターでろ過した後、ポリエチレン製ビンに入れ、分析時まで暗所で保存した。また、植物プランクトン数の計数のため、湖水を中性ホルマリン (1.5%) で固定した。

### 2) 分析項目

試水原液またはろ液について、全窒素、溶存態全窒素、溶存態無機窒素 (DIN)、全リン、溶存態全リン、リン酸態リン ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )、溶存態シリカ (DSi)、生物態シリカおよびクロロフィル (Chl.a) の濃度を測定した。また、ここでは全窒素と溶存態全窒素、全リンと溶存態全リンとの差を、それぞれ生物態窒素、生物態リンとした。生物態シリカはろ過に用いたフィルターをアルカリ抽出することで求めた。植物プランクトンの組成は湖水に含まれる細胞数を顕微鏡下で計数することで求めた。

## 3. 結果および考察

2016年3月から4月にかけて植物プランクトンが増加した際、DIN、 $\text{PO}_4\text{-P}$  および DSi 濃度はいずれも減少していた。これは水中で植物プランクトンが増える際、これら栄養塩が利用されたためと考えた。そこで、諏訪湖の植物プランクトン中の栄養塩の組成を調べたところ、その N:P:Si 比 (モル比) は 18.8 : 1 : 92.6 であった (8月から12月の平均値)。この比を湖水中の溶存態栄養塩比と比較することで栄養塩の欠乏状況の評価を行うこととした。4月から8月の湖水中の DIN/ $\text{PO}_4\text{-P}$  比や DIN/DSi 比は上記の植物プランクトンの体組成比よりも低く、この間の諏訪湖は DIN 制限にあると考えられた。また、2016年4月から6月にかけて Chl.a 濃度は減少しており、植物プランクトン量は減少していた。さらに、植物プランクトンの計数結果から、同年4月には見られなかった窒素固定型の藍藻 *Anabena* が8月と9月に確認された。これらは DIN 制限の影響と考えられた。

一方、1977年の栄養塩濃度の季節変動は2016年と同様の動きを見せたが、値としては常に2016年の濃度を上回っていた。さらに、この湖水中の栄養塩比を植物プランクトンの体組成比と比べてみると、7月から9月は DIN 制限、5月から6月は DSi 制限にあったと考えられた。また、DIN 制限となる期間は2016年に比べ、1977年のほうが短かった。これらの栄養塩の濃度や比の変化は下水道の整備が進んだことで湖に供給される窒素・リンが減少したためと考えられた。その結果、相対的にシリカが充足するようになったことで、現在、珪藻も多く見られるようになったと考えられる。

近年、諏訪湖の窒素・リン濃度の減少は頭打ちとなってきているのに対して、シリカ濃度は1979年以降、通年で測定されていないため、その動向の予測が難しい。そこで、現在諏訪湖におけるシリカ収支の推定を試みている。その結果についても報告する予定である。

## 1. はじめに

カナダ南西部やアメリカ北部を原産とするウチダザリガニ(*Pacifastacus leniusculus trowbridgii*)は日本に侵入以後、在来生態系に影響を与えている。

釧路市春採湖はヒブナ(*Carassius auratus auratus*)の生息地として天然記念物に指定されている。ヒブナが産卵を行う当地の水生植物を含めた生態系は、希少種保全の面においても非常に重要である。しかし当地にウチダザリガニの侵入以後、水生植物が減少し在来生態系への影響が懸念されている。

そこで本研究では炭素・窒素安定同位体比分析法を用いてウチダザリガニの食性を推定し、ウチダザリガニの摂食による在来生態系への影響を明らかにする。

## 2. 材料と方法

春採湖は釧路市街地(北緯 42°58', 東経 144°24.5')に位置している。流入河川はなく、春採川から海に繋がる汽水湖である。1980年代にマツモ(*Ceratophyllum demersum*)が繁茂していた(神田ら,2005)北側地点、2016年現在でマツモが繁茂している南側地点対象とした。水生生物の捕獲調査は2016年6月(春季)と10月(秋季)に行い、ウチダザリガニ、魚類、底生無脊椎動物、デトリタス、水生植物を対象とした。また、ウチダザリガニの頭胸甲長30mm以下の個体を亜成体とした。デトリタスは採水を行った後、Whatman社のGF/Fにて濾過し採取した。試料は凍結乾燥、脱脂、酸性化処理の後、粉碎し炭素・窒素の安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ )を測定した。

## 3. 結果と考察

### 3.1. 春季調査

北側地点ではウチダザリガニ成体を23匹採取し、 $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ は $\delta^{13}\text{C}:-25.2\pm 1.0\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:22.3\pm 0.9\text{‰}$ で、ウチダザリガニ亜成体は5匹採取し、 $\delta^{13}\text{C}:-29.4\pm 1.1\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:14.5\pm 0.6\text{‰}$ であった。南側地点のウチダザリガニ成体は15匹採取し、 $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ は $\delta^{13}\text{C}:-25.8\pm 1.3\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:15.9\pm 3.0\text{‰}$ で、ウチダザリガニ亜成体は12匹採取し、 $\delta^{13}\text{C}:-27.2\pm 0.5\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:13.0\pm 0.4\text{‰}$ であった。

春期調査におけるウチダザリガニの $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ はマツモの値( $\delta^{13}\text{C}:-22.1\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:4.1\text{‰}$ )と一般的な捕食、被捕食による差( $\delta^{13}\text{C}:1\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:3.4\text{‰}$ )以上に離れていたため、マツモを主な栄養源としていなかったと考えられる。

北側地点のウチダザリガニ成体の餌生物と考えられる $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を持つ生物は得られなかった。Rui-zhang Guan(1998)によると、ウチダザリガニは日常的に共食を行っている、または脱皮した皮を捕食していると推測されている。本研究においてもウチダザリガニの被捕食者と推定される生物が確認できなかったことから、同様であった可能性が高いと考えられる。北側地点のウチダザリガニ亜成体はミズムシ科( $\delta^{13}\text{C}:-25.8\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:9.4\text{‰}$ )やユスリカ科( $\delta^{13}\text{C}:-32.6\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:11.0\text{‰}$ )を捕食していたと考えられる。

南側地点のウチダザリガニの多くは、小型個体と同じような $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を示していた。南側地点のウチダザリガニはコツブムシ科やヨコエビ亜目( $\delta^{13}\text{C}:-28.5\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:11.5\text{‰}$ )を捕食していたと考えられる。

### 3.2. 秋季調査

北側地点ではウチダザリガニ成体を5匹採取し、 $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ は $\delta^{13}\text{C}:-27.2\pm 0.7\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:13.5\pm 0.5\text{‰}$ であった。南側地点ではウチダザリガニ成体を7匹採取し、 $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ は $\delta^{13}\text{C}:-26.9\pm 1.2\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:13.6\pm 0.4\text{‰}$ でウチダザリガニ亜成体は7匹採取し、 $\delta^{13}\text{C}:-28.5\pm 2.2\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:13.1\pm 0.4\text{‰}$ であった。秋期調査におけるウチダザリガニの $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ は北側地点と同様にマツモの値( $\delta^{13}\text{C}:-25.0\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:4.0\text{‰}$ )から大きく離れていたため、6月と同様にマツモを栄養源としていなかったと考えられる。ウチダザリガニは北側、南側地点共にコツブムシ科の値( $\delta^{13}\text{C}:-27.8\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:11.0\text{‰}$ )やヨコエビ亜目の値( $\delta^{13}\text{C}:-28.5\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:11.5\text{‰}$ )の値に近いことから、これらを捕食していると考えられ、小型個体はさらにユスリカ科( $\delta^{13}\text{C}:-38.0\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}:11.6\text{‰}$ )を捕食していたと考えられる。

## 千苺貯水池における内部振動が取水域に及ぼす影響

# 2B23

\*常村将太 (奈良教育大・院), 藤井智康 (奈良教育大・教育),  
藤原建紀 (京都大・名誉教授), 中山恵介 (神戸大), 清水武俊, 中島祐輔,  
大藪智久, 伊藤博之 (神戸市水道局)

### 1. はじめに

成層が発達した水域では, 風の吹送や取水などが原因となって, 躍層が大きく上下に動く内部振動が発生する. この内部振動により, 躍層より下層の貧酸素水や, 貧酸素化に伴う栄養塩を多く含んだ底層水が上層へ湧昇, 上水の取水深や原水水質に大きな影響を及ぼすと考えられる.

本研究では, 千苺貯水池での水温連続観測を実施し, また, 神戸市水道局が水質管理として実施している連続観測データの解析から, 貯水池における内部振動特性及びその影響を明らかにすることを目的とする.

### 2. 調査方法

#### 2-1 取水塔前 (St.1) における連続観測

図1に示す St.1 (取水塔前) において, 水温連続観測を実施している. 水温計は, 計6箇所 (設置標高 158.876, 161.351, 163.826, 166.300, 168.775, 171.250 m) に設置され, 5分間隔で測定されている.

#### 2-2 合流地点 (St.19) における連続観測

図1に示す St.19 (合流地点) において, Onset 社製メモリー水温計 H20-001 (測定精度:  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ) を用いて水温連続観測を実施した. 湖底から表層まで計5箇所 (水深 0.5 m, 底上 0.2, 1, 2, 3 m) に設置し, 10分間隔で連続観測を行った.

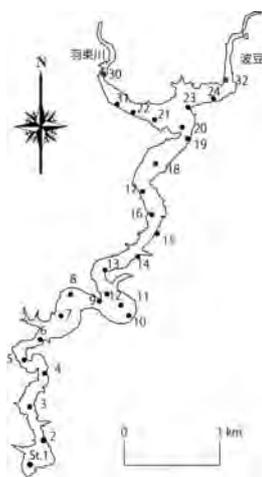


図1 連続観測地点

### 3. 結果と考察

水深約 8 m (標高約 167 m) 付近に躍層が形成され, それ以深で貧酸素水塊となっている

(図2). この貧酸素水塊が躍層付近の内部振動によって上下に約 1~2 m 程度変動している. そのため, 水深約 4~17 m (標高約 158~171 m) より取水している千苺貯水池では, マンガンや栄養塩を多く含んだ貧酸素水を取水し, 水道原水に大きく影響を及ぼすと考えられる.

貯水池内は流入水により夏季に成層が発達している. また貯水池内は数日間降雨のない場合 2016年7月の観測から取水塔前と合流地点では日周期に近い長周期の振動が発生していた (図3). 合流地点の底層では取水塔前と約半日の位相のずれを確認した. このことから日周期をもった振動は貯水池全体に伝播しており, 貯水池内の郡界

(St.10) 付近で発生した底層の貧酸素水塊が内部振動によって上流部まで這い上がっていると推察される.

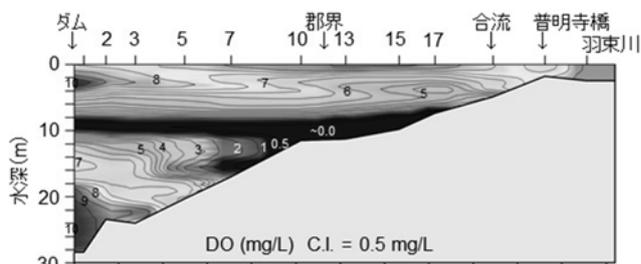


図2 縦断観測結果(DO) (2016年7月14日)

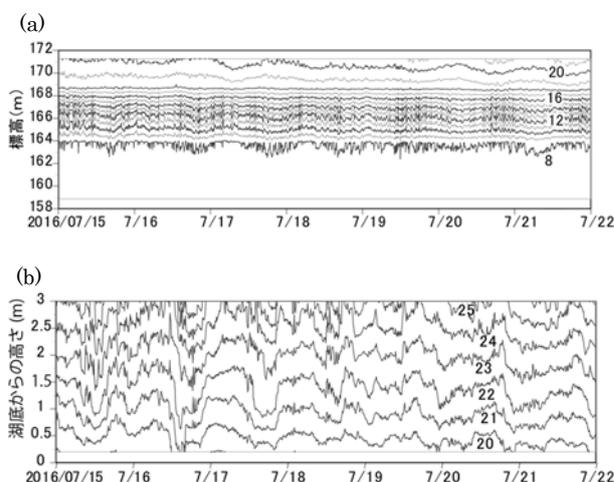


図3 水温変動 (2016年7月14日~21日)

(a)St.1 の水温, (b)St.19 の水温

## Determination of Dissolved Thiols in Lake Biwa Water and Extracted Fulvic Acid by HPLC-Fluorescence Detection with SPE

\*Md. Rasheduzzaman (Univ. of Shiga Prefecture), Mai Kawaguchi (Univ. of Shiga Prefecture), Masahiro Maruo (Univ. of Shiga Prefecture)

### 1. Introduction

Dissolved thiols (-SH functional group compounds), including cysteine and glutathione, are important antioxidant and metal buffering agents that have potential capacity to modulate the bioavailability and biogeochemistry of many chalcophilic elements (e.g., Cu, Zn and Hg) in aquatic environment. Many plants, algae and fungi are able to synthesize sulfhydryl containing peptides to detoxify these metals and regulate intracellular metal concentration. The heterogeneous mixtures of multi-functional groups in aquatic fulvic acid make it difficult to analyze for metal mobility and speciation. An effective and reliable high-performance liquid chromatography (HPLC) - fluorescence with solid phase extraction (SPE) method has been developed to determine dissolved thiols in Lake Biwa water (LBW) and extracted Lake Biwa fulvic acids (LBFA) at 0 m & 10 m deep layer.

### 2. Materials and Methods

Water sample was obtained in the T1 station (35° 22.0' N, 136° 06.0' E) of Lake Biwa for analysis of dissolved thiols. Water was filtered through Acropak-100 filters (0.2 µm, polyethersulfone) fitted out with air tied spigot spout fit 5/8-in. I.D tubing of Nalgene bottles to other Nalgene bottles that had been previously acid cleaned and rinsed with Milli-Q water (MQW). Samples were kept at low temperature (<4 °C). The pH was adjusted to 2.0 by adding conc. HCl; and 27 L of 0 m and 25 L of 10 m deep water were passed through DAX-8 resin. Aquatic humic substances were eluted from the resin using 0.1 M NaOH and passed through the small DAX-8 resin column after adjusted the pH 2.0 and fulvic acid was converted to hydrogen form by passing through H<sup>+</sup> type cation exchanger; 0.1 M NaOH was used to adjust desired pH-5.0 for cation exchanger. Powdered fulvic acid obtained from freeze drying diluted in 30 ml MQW and kept in refrigerator at ice condition before further analysis.

A slightly modified method (Tang et al., 2000) was used to derivatize of the sample and standard solutions. TCEP was used of every 10 ml sample to convert the oxidized forms to the reduced thiols at room temperature and 8% phosphoric

acid solution was used as a mobile phase instead of 1% TFA for Onyx Monolithic 100 x 4.6 mm C18 column in HPLC analysis. Cysteine (Cys), Glutathione (GSH), N-acetyl-L-Cysteine (NAC) and Mercaptoacetic acid (MAc) standard solutions were measured to compare with the samples. A 10 min period was allowed for reduction after which 4 ml of borate buffer (0.1 M) containing 2.0 mM EDTA (pH 9.5), 800 µl of SBD-F solution (1.0 mg/4 ml) and 400 µl of NaOH (1 M) were added. The reaction was allowed to proceed at 60 °C for 60 min and then stopped by adding 2 ml of MSA (1 M).

The 10 ml samples and standards were passed through Waters Oasis HLB (30 mg) light cartridges at less than 2 ml/min and eluted with 1 L of methanol into 2 ml amber vials (Swarr et al., 2016). Methanol eluent was evaporated from the vials by passing of nitrogen gas before derivatized thiols were dissolved in 1 ml of 15 mM MSA for HPLC-Fluorescence analysis.

### 3. Results and Discussion

The standard solution peaks were measured from µM concentration to nM by this method and broad GSH peak was detected at various pre-concentrated derivatized LBFA than the other standard solution peaks. A significant small peak (Cys) and dominant peak (GSH) were obtained in both 0 m and 10 m LBFA among the studied four standard solution peaks; though GSH was more dominant peak in 10 m LBFA. Some other broad peaks were observed in LBFA; because of the presence and activity of heterogeneous functional groups, which were not identified. The peaks of dissolved thiols in LBW were entirely different than LBFA thiols. The variability of peaks were not found in LBW but some small peaks were revealed the Cys in 0 m, 2.5 m, 5 m, 10 m and 15 m water depth. The oxic condition of sampling area, plankton community composition or the photo-reactivity of these two compounds may reflect the differences of Cys to GSH ratios in Lake Biwa aquatic environment.

### References

- Swarr GJ et al. (2016) *Deep Sea Res. I* 116, 77-87.  
Tang D et al. (2000) *Anal. Chim. Acta* 408, 299-307.

# 熱分解 GC/MS を用いる琵琶湖北湖底質中 化学成分の動態解析

# 2B25

\*村山耀平 (京工織大院工芸), 初 雪 (京工織大院工芸) 布施泰朗 (京工織大環境セ), 岡本高広 (琵琶湖環研), 早川和秀 (琵琶湖環研) 柄谷 肇 (京工織大分子化学系), 山田 悦 (京工織大環境セ)

## 1. はじめに

琵琶湖北湖では、1985年以降難分解性有機物の増加が確認されており、生態系への影響が懸念されている。また、近年では温暖化等の影響により成層期の長期化も確認されており、深水層における溶存酸素量 (DO) の低下と湖底環境への影響が懸念されている。湖底の低酸素化が及ぼす影響についての報告は、リンやマンガンなどの無機成分の動態については多くあるが、有機成分の動態への影響に関する報告は少ない。そこで本研究では、底質乾燥試料を前処理なく用いる熱分解 GC/MS 測定を行うことにより底質中有機成分の動態について解析し、低酸素環境が湖底及び底質に及ぼす影響について検討した。

## 2. 材料と方法

底質試料は2015年5月8月10月及び2016年の2月5月8月10月、そして2017年2月に滋賀県の環境基準点である琵琶湖北湖今津沖中央 (St. 17B, 水深約 90m) で不攪乱採泥器及び自作の不泥捕集システムを用いて堆積層別に採取した。2015年5月10月及び2016年5月試料を湖底環境シミュレーション実験 (2015年: 120日間, 2016年: 30日間, 60日間, 120日間) に用いた。シミュレーション実験では、pH、水温、溶存酸素量 (2015年: 0, 2.6, 10 mg/L, 2016年: 0 mg/L) を一定に制御し、直上水は St.17B 85m 濾過水と交換して行った。底質コアは採泥直後とシミュレーション実験後の試料を堆積層別 (Layer 1: 0-1 cm, Layer 2: 1-2 cm, Layer 3: 2-4 cm, Layer 4: 4-10 cm, Layer 5: 10-20 cm) に分離し、それぞれの底質試料及び間隙水中の化学成分を分析 (TOC 分析、蛍光 X 線分析、Py-GC/MS 分析、3次元蛍光分光光度法) し、シミュレーション実験前後で比較解析した。Py-GC/MS 分析については、底質乾燥試料を前処理なしで測定を行い、

国立環境研究所提供の湖底質標準試料 (NIES No.31 霞ヶ浦) と比較して相対評価した。

## 3. 結果と考察

2016年5月に採取した底質コアを用いて行ったシミュレーション実験の直上水中溶存有機炭素量 (DOC) 結果を Fig. 1 に示す。DOC は実験開始から 56日目まではほぼ一定で推移したが、63日目には約 4.0 mgC/L 前後まで大きく増加を示した。その後 DOC は減少し、実験日数 120日目では 2.1 mgC/L となった。

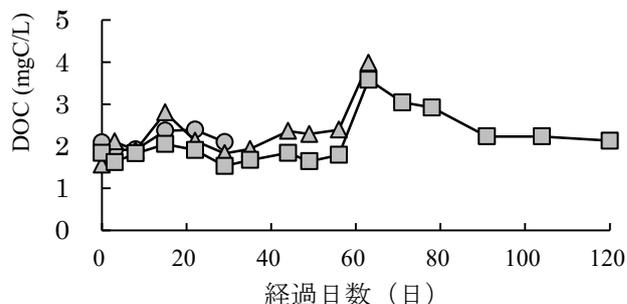


Fig. 1 湖底環境シミュレーションにおける直上水中 DOC の変化  
2016年5月採取底質コア (DOC)  
実験日数: ● 30日 ▲ 63日 ■ 120日

シミュレーション実験で得られたコアを用いた熱分解 GC/MS 測定の結果で脂質起源成分である Alkenes の堆積層深度、経過日数及び熱分解生成物量を Fig. 2 に示す。63日目の Layer 3 で最大値を示した。また、その他の起源の熱分解物でも同様の挙動であり、直上水化学成分と底質中不溶性有機物の化学的な変化が連動していた。

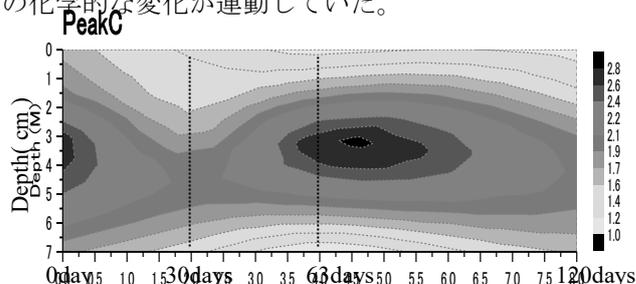


Fig. 2 湖底環境シミュレーションで得られた底質試料の熱分解生成物生成量 (Alkenes)

\*初 雪 (京工織大院工芸), 村山耀平 (京工織大院工芸)  
 布施泰朗 (京工織大環境セ), 早川和秀 (琵琶湖環研)  
 柄谷 肇 (京工織大分子化学系), 山田 悦 (京工織大環境セ)

## 1. はじめに

1985年以降、琵琶湖北湖において微生物に分解されにくい難分解性の溶存有機物質(DOM)が増加している。琵琶湖と同じく難分解性DOMの増加現象が発生している霞ヶ浦では、底泥からのDOMの溶出が難分解性有機物の主な起源の1つと報告されている。琵琶湖の湖底に蓄積する底泥中の有機物は、主に河川から流入した土壌起源の物質と湖内で生産されたプランクトンや水草などの分解物を起源としているが、他に大気から沈着を起源とする有機物も一部存在している。底質に負荷される有機物の動態を解析する手がかりとなる琵琶湖内の有機物の物質循環を知るうえで重要である。大気から負荷された多環芳香族炭化水素など不溶性の有機物は、琵琶湖の表面、河川、及び沿岸帯など集水域から負荷されると推測され、湖内に粒子状有機物質として分散及び沈降後、湖底に堆積し、湖内へ負荷される有機物の動態を供給源別に解析できるのではないかと考えた。本研究では、底質に供給され堆積する粒子状物質を調査するため化学指標を用いた動態解析法を検討した。

## 2. 材料と方法

底質試料のサンプリング地点を Fig. 1 に示す。2016年7月は St. 17B (琵琶湖北湖今津沖中央、水深 89 m)、E1、E2、E3 及び E4 の 5 地点で不攪乱採泥器と自作の浮泥捕集システムを用いて底質試料を堆積層別 (第 1 層 0-1 cm, 第 2 層 1-2 cm, 第 3 層 2-4 cm, 第 4 層 4-10 cm, 第 5 層 10-20 cm) に採取した。2017年2月に E4 地点以外の 4 地点で底質試料を採取した。比較試料として長浜港付近で水草と姉川下流域で河川浮泥を採取して用いた。得られた試料は、遠心分離により間隙水と分離し、底質試料は乾燥して粉末試料とした。波長分散型蛍光 X 線分



Fig. 1 試料採取地点

析装置により金属元素などの分析を行った。乾燥試料から PAHs をジクロロメタンで溶媒抽出後、窒素気流下で濃縮し、蛍光検出-HPLC により濃度を測定した。炭素数別 AH の相対値は 20 mg の底質乾燥試料を前処理することなく熱分解ガスクロマトグラフィ質量分析計を用い、熱分解炉の温度を 300°C に設定して熱脱着する成分を解析した。

## 3. 結果と考察

2017年2月に 17B、E1、E2 及び E3 で堆積層別に採取した底質中で 3 種の PAHs 中最も高濃度で検出された B[b]F の濃度分布を Fig. 2 に示す。E2 地点で

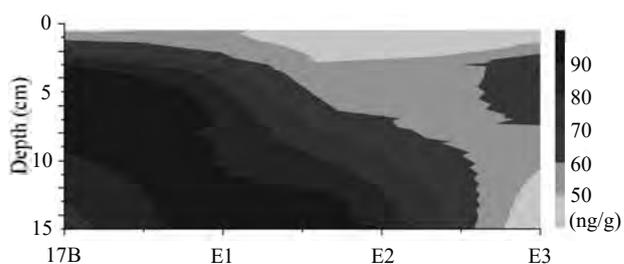


Fig. 2 4 地点における B[b]F の濃度分布 (2017年2月)

最も低い値となり、17B 地点の底層 (第 4 層、第 5 層) で高濃度となった。また、2016年7月採取試料でも E2 地点で低濃度 (46.0 ng/g) となっており、良い一致を示した。E2 地点では、土壌性の元素である Mg, K の蛍光 X 線強度が 17B 地点の約 1.34 倍と豊富に含まれており、河川による流入土砂の影響を受けていると推測された。

底質試料の表層 (第 1 層 0-1 cm) に含有する炭素数 C17~35 までの AH の存在割合について検討した。2016年7月に採取した E2 及び E3 試料では、炭素数が少ない AH (C17~24) が高い割合で存在していた。17B 地点においては、第 3 層目で最大となり第 5 層で大きく減少するなどの変化が存在していた。比較試料として用いた長浜港で採取した水草と姉川下流域で採取した河川浮泥試料では、C25~31 までの炭素数奇数個の AH が卓越し、河川浮泥では C29、C31 の割合が突出して高かった。比較試料と各地点底質試料と比べた結果、E2 及び E3 試料は、河川からの影響が大きいと推測された。

## Unknown protists with high grazing characterize the microbial eukaryotic community in Lake Biwa

\*Indranil Mukherjee (Kyoto Univ.), Yoshikuni Hodoki (Kyoto Univ.)  
Yusuke Okazaki (Kyoto Univ.), Shin-ichi Nakano (Kyoto Univ.)

### 1. Introduction

Protists being the most abundant eukaryotes play an important role in matter cycling in the aquatic ecosystems. Studies mainly from the marine ecosystems have unraveled unexpectedly high diversity of these microorganisms. However, studies are less conducted from the freshwater lakes, especially the deep lakes, where the deep-water communities are nearly unknown. Moreover, the seasonal community dynamics and the importance of individual groups are also not understood. Therefore, to understand the diversity, seasonal dynamics and grazing of protists in a deep lake, we collected vertical samples for a period of one year from the largest freshwater lake in Japan, Lake Biwa.

### 2. Materials and Methods

The diversity of microbial eukaryotes from the epilimnion and hypolimnion was analyzed by 18S amplicon sequencing using universal primers. The abundance of individual group of protists was enumerated by catalyzed reporter deposition-fluorescence *in situ* hybridization (CARD-FISH) using group-specific probes. The grazing rate and bacterial consumption was analyzed by experiments using fluorescently labeled bacteria (FLB).

### 3. Results

Both the epilimnion and hypolimnion showed high diversity, where the diversity in the hypolimnion samples was relatively higher. Cryptophyta and Dinophyta were the most diverse groups in the epilimnion and hypolimnion, respectively. Interestingly, a substantial part of the diversity belonged to the unclassified sequences in both the epilimnion and hypolimnion during the summer stratification. The CARD-FISH data did not agree completely with the sequencing data, where less represented groups in the diversity analysis like pedinellids and cercozoans

showed high contribution in every season.

CARD-FISH also showed the dominance of cryptophytes in the epilimnion and surprisingly the dominance of kinetoplastids in the hypolimnion, which were not detected in the diversity analysis. Phylogenetic analysis of the several dominant OTUs showed low similarity with the known sequences in the public database. Moreover, the grazing experiment showed high grazing in both the epilimnion (up to  $4.1 \times 10^5$  bacteria  $\text{ml}^{-1} \text{day}^{-1}$ ) and hypolimnion (up to  $1.5 \times 10^5$  bacteria  $\text{ml}^{-1} \text{day}^{-1}$ ) during the summer stratification.

### 4. Discussion

This is the first study to understand the diversity, seasonal dynamics and grazing from both the epilimnion and hypolimnion of a deep freshwater lake. High diversity of protists in the hypolimnion with the majority of OTUs having distant relationship with known sequences and dominance by kinetoplastids (undetected in sequencing) shows the importance of unknown protists in the deep waters. Moreover, abundance of unclassified sequences in both the epilimnion and hypolimnion and low similarity of the several dominant OTUs with the known sequences in the public database show less knowledge about the freshwater protists as a whole. Disagreement among the sequencing and CARD-FISH data by showing high abundance of less represented members in both the epilimnion and hypolimnion indicates the incompetence of universal primers to detect some important phylogenetically diverse groups. High grazing during the summer stratification also indicates the active role of these unknown groups in controlling the bacterial abundance. Therefore, this study shows the importance of seasonal sampling to understand the ecology of protists and highlights the role of less understood players of matter cycling in a deep freshwater lake.

### 1. Introduction

Typically, the Japanese rivers are uniquely characterized on account of their short lengths and steep gradients owing to the narrow and mountainous topography. Thus, these river systems are deemed highly unstable due to frequent hydrological and geomorphological disturbances in varying magnitudes. By reason of, the apparent complexity of the riparian zone has also become inflated. Correspondingly, the analysis of riparian vegetation under such disturbances is of paramount importance in both the spheres of science and management. In this study attempt, it wished to address this matter modelling riparian tree make-up integrating hydromorphological and ecological processes through a numerical approach.

### 2. Materials and Methods

The subject site was an island-type sediment bar in tandem with a river bank of one side in the middle section of the Ara river, around 50 km north of Tokyo, Japan. Field sampling was done in June, 2017 for sediment particle size, presence of tree species with tree density and their morphological parameters (DBH) in 10\*10 m meshes along a transect across the bar and the bank for 13 sampling points. Referring to the field data, historical aerial photographs were studied with corresponding flood data in visual interpretation of vegetation dynamics. In the modelling process, Dynamic Riparian Vegetation Model (DRIPVEM) was employed giving hydrological, morphological (DEM) and sediment characteristics inputs for 26 years from 1988 to 2014.

### 3. Results

As per to the field measurements, the maximum tree age (*R. pseudoacacia*) was reported 24 years along the transect at a higher elevation (4.02 m) of the river bank. The age value maxima derived from tree morphology measurements through allometric relationships for each species exhibited positive correlation with the elevation of its sampling point. The simulation resulted in fair agreement for the observed age value maxima and corresponding tree densities for each species pertaining to each sampling point, though in some instances the simulation contradicts the presence/ absence of tree species in subject mesh.

### 4. Discussion

Simulation of disturbances-induced riparian vegetation dynamics in Japanese river systems is an arduous task as those are being highly unstable systems compared to continental river systems that are being extensively subjected to vegetation dynamic studies. Notwithstanding that, this model simulation has fairly reproduced the spatial disposition of age value maxima and its densities for subject tree species, more often than not the simulation overestimated the horizontal tree distribution over the area. At the same time, the maximum age found was being 24 years; the simulation of riparian vegetation succession-retrogression insists abstraction of more hydrogeomorphological disturbances of the real system. To be specific, influential factors of erosional and/ or depositional sediment dynamics, shear stress exerted by flood, depth

to ground water have to be taken into account  
improving the modelling studies for this caliber  
of riparian systems with evanescent vegetation

succession-retrogression cycles.

# **3 日 目 (2017 年 9 月 30 日)**

# 3A01

○海老瀬 潜一(元・摂南大・理工), 川村 裕紀(キョーワ(株)), 永淵 修(前・滋賀県大・環境)

## 1. はじめに

本州の形状が東西から南北方向に屈曲する軸に近く、日本海に突出した能登半島から内陸部白山(標高2702m)にかけて南北に連なる脊梁山地の、奥能登丘陵・宝達丘陵・両白山地の東西両溪流群で、水質分布を調査した。これら丘陵・山地西側は日本海に面し、中国大陸にも近く、酸性物質負荷の渓流水質影響が推測される。能登半島は先端で北東から南西方向に傾き、567mの高洲山が最高峰で、400m級の奥能登丘陵が西海岸寄りに位置する。半島基部は北端で556mの石動山から南端で637mの最高峰宝達山まで500m前後の宝達丘陵が北北東から南南西寄りに伸びる。両者とも東西両側に溪流群が多数存在する。両白山地は石川・富山両県境に位置し、1600~1800mの高山群で構成される。渓流水質を同一水文条件下の2日間調査で水質方位分布特性を明らかにした。

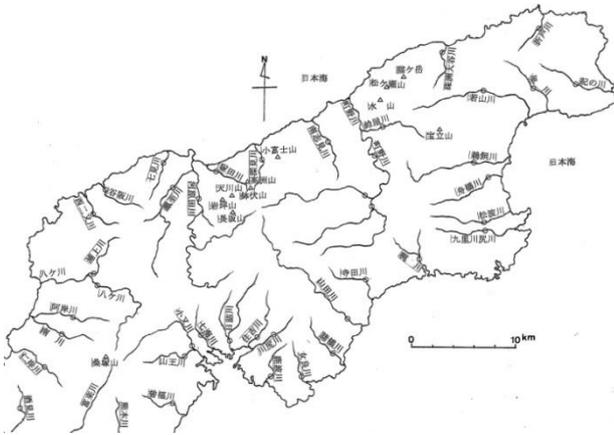


図-1 奥能登丘陵

## 2. 調査方法と結果

能登半島(図-1)基部南端から先端部北端まで西側溪流群を2016年11月22日に、東側溪流群を北端から南端まで翌23日に調査した。両白山地は東側溪流群を南端から反時計回りに2014年7月22日に、西側溪流群は南端から時計回りに翌23日に調査した。能登半島の先行晴天日数は2日半、両白山地でのそれは2日半であった。調査結果を奥能登丘陵と宝達丘陵に分け、両白山地とともに表-1に示す。

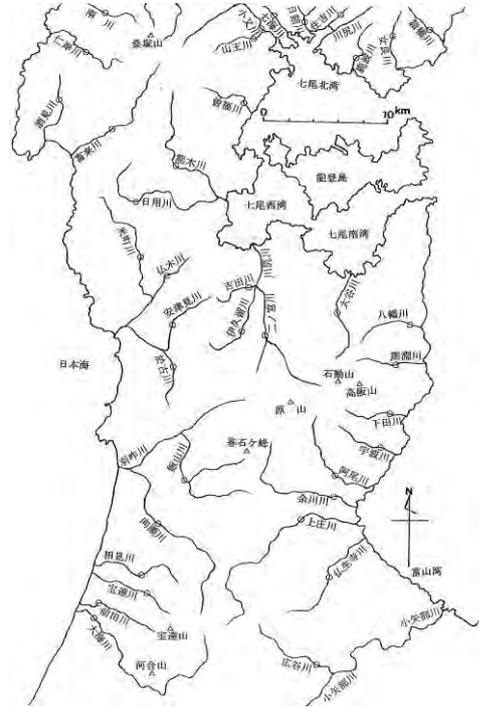


図-2 宝達丘陵

表-1 奥能登・宝達・両白山系の渓流水質方位分布

山系	方位	溪流数	標高(m)	EC(mS/m)	pH	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N(mg/l)
奥能登丘陵	東	20	27	11.8	7.21	13.6	5.75	<b>0.285</b>
	西	19	32	<b>15.8</b>	<b>7.59</b>	<b>17.3</b>	<b>8.27</b>	0.198
宝達丘陵	東	11	17	15.1	<b>7.45</b>	12.4	<b>9.74</b>	0.271
	西	11	27	<b>15.4</b>	7.42	<b>16.2</b>	9.53	<b>0.402</b>
両白山地	東	13	902	5.65	7.21	1.70	3.14	0.182
	西	12	719	<b>6.67</b>	<b>7.32</b>	<b>2.53</b>	<b>3.61</b>	<b>0.223</b>
山系	方位	溪流数	距離(km)	アルカリ度(meq/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> /Cl <sup>-</sup>
奥能登丘陵	東	20	19	0.404	10.6	2.34	4.73	1.20
	西	19	18	<b>0.616</b>	<b>16.4</b>	<b>2.87</b>	<b>6.68</b>	<b>1.45</b>
宝達丘陵	東	14	14	<b>0.618</b>	12.2	2.61	<b>8.93</b>	<b>1.52</b>
	西	11	15	0.575	<b>13.3</b>	<b>2.89</b>	8.64	1.30
両白山地	東	13	25	0.385	2.52	0.84	6.70	2.39
	西	12	27	<b>0.419</b>	<b>3.65</b>	<b>1.26</b>	<b>6.90</b>	<b>2.44</b>

## 3. まとめ

内陸部の両白山地は能登半島とは異なり、火山成因である。本州中央部の日本海突出部から内陸部にかけて南北に伸びる山稜分水嶺の東西両溪流群では、西側の海塩影響が明らかなほか、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度が半島中央部邑知潟平野の東側のみで少し高い傾向を除くと、酸性物質負荷の渓流水質への影響が認められた。

永淵・海老瀬(2016)高山大気環境と渓流水質, 技報堂

\*大沢信二（京都大・理・地球熱学研究施設），齋藤武士（信州大・理），  
網田和宏（秋田大・理工・理工学研究センター）

### 1. はじめに

阿蘇火山の中岳第一火口に形成される火口湖「湯だまり」は、火山活動の静穏期に出現し（例えば、須藤ほか，1984），湖水の表面流出は存在せず，酸性が極めて強く，塩化物イオン（Cl<sup>-</sup>）やマグネシウムイオン（Mg<sup>2+</sup>）などの多量の溶存成分を含む。この様な水質は，湖水が塩化水素（HCl）や二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）を含む湖底に噴出する火山ガス（その存在は湖水が干上がったときに目視できる。）の影響を受けていることを示している。

湯だまりは火口内の地形が急峻で（火口の縁から湖面まで 100m ほどの落差がある。），しかも火口内は火口壁にある高温噴気孔から噴出する火山ガスに曝されているために，湖畔へのアプローチは困難であり，湯だまりの陸水学的研究，特に物質科学的側面の研究は遅れていた。しかし，荷造り用ロープと耐酸性の手作り採水容器を使った簡易な方法によって湖水試料を比較的容易に採取することができることが示されると（大沢ほか，2003）堰を切ったように研究が行われた（例えば，恩田ほか，2003；齋藤ほか，2008；Terada *et al.*, 2008；Miyabuchi and Terada, 2009；Ohsawa *et al.*, 2010）。

本研究では，これまでの採水作業で採取された湖水試料の水の同位体データ（ $\delta D$  と  $\delta^{18}O$ ）を入手し，その解析等通して湯だまりの水同位体組成の成り立ちを考察したので報告する。

表 1 同位体測定に用いた湯だまり試料

試料番号	L1	L2	L3	L4	L5	L6
試料水採取日	2000年 8月4日	2003年 4月22日	2003年 8月4日	2007年 3月28日	2007年 7月26日	2008年 7月8日
表面水温(°C)	55	71	90	56	65	71.6
pH	0.81	-0.72	-0.56	0.30	0.39	0.43
Cl (mg/L)	28600	112000	120000	20000	21400	38000

【注】・2007年3月28日は 2 試料の平均値，2007年7月26日は 3 試料の平均値  
・2008年7月8日は Miyabuchi and Terada (2009)より引用

### 2. 研究方法

大沢ほか（2003）の方法によって採取した湖水試

料（表 1）について，水の水素・酸素の同位体比（ $\delta D$  と  $\delta^{18}O$ ）の測定を行った。測定はニュージーランド地質核科学研究所ラフター安定同位体分析室の質量分析計 Geo 20-20 model を用い， $\delta D$  と  $\delta^{18}O$  についてそれぞれ金属亜鉛を用いた還元法，二酸化炭素平衡法により行った。測定精度は  $\delta D$ ， $\delta^{18}O$  のそれぞれについて  $\pm 1\%$ ， $\pm 0.1\%$  である。

湖水の同位体組成の成り立ちを考える際の重要な計算に，湖水から蒸発する水蒸気の同位体組成（ $\delta_E$ ）の見積りがある。湯だまりの場合は水温が極めて高く湖面上の大気相対湿度は小さいと考えられるので，大気中の水蒸気の同位体組成を必要としない方法（Ohba *et al.*, 2000）によって  $\delta_E$  を算出した。

### 3. 結果

得られた同位体組成データを  $\delta$  ダイアグラム（ $\delta D$  vs.  $\delta^{18}O$ ）上にプロットしたものを図 1 に示す。

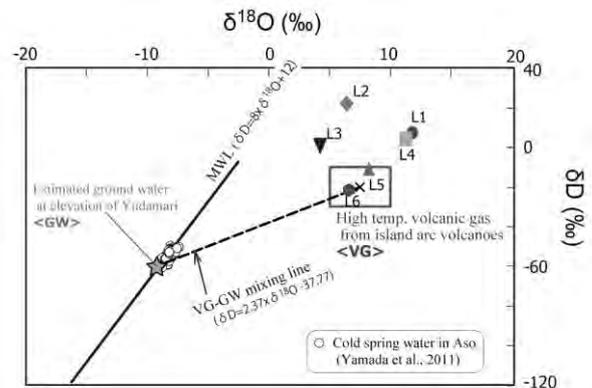


図 1 湯だまり試料の同位体組成

湖水の水同位体組成（ $\delta D$  vs.  $\delta^{18}O$ ）は，降水起源の流入水をベースに，火山性水蒸気の付加，湖水の蒸発，湖水と岩石の同位体交換（強酸性湖水による岩石変質）によって決まり，それらの効果の表れ方（寄与の程度）は変動していることが判った。また，湖に占める火山性水蒸気（VG）と天水の割合も変化するが，VG の割合は「思いのほか大きい」という齋藤ほか（2008）の結論を支持する結果も得られた。

## 1. はじめに

極地にある季節的結氷期間の長い淡水湖沼の水温変動と循環様式は、夏季の短期間、湖氷が融解消失する際に氷点以上となり、その際に湖水循環が生じる、いわゆる「Cold monomictic (寒冷一循環)」をとるのが典型であると Hutchinson 氏の名著、*Treatise on limnology* 以来、説明されてきた。確かに淡水の温度—密度関係などの物理特性や湖水で覆われることによる風によるかく乱の有無を考えると、完全結氷期間中には湖水温度は最大密度を示す水温以上にはならず、鉛直循環は氷の融解消失のタイミングまで生じえないように思える。

我々は日本南極地域観測隊において、南極の沿岸露岩域生態系観測の長期モニタリング観測項目として、湖沼環境の連続観測に取り組み、昭和基地近傍の大陸露岩に点在する複数の湖沼での係留式自記記録計 (データロガー) での観測結果を公開している。本発表では当エリアに多数点在する淡水の閉塞山上湖のひとつ、長池での観測データを利用し、主として水温変動と湖水の鉛直循環に関する説明を試みるものである。

## 2. 材料と方法

2010 年から現在までの間に宗谷海岸の中央部にある長池湖心部 (水深 10m) に係留設置した水温計 (NWT、日油技研)、クロロフィル濁度計 (ACLW-CMP、JEF アレック)、水中光量子計 (ALW-CMP、JFE アレック)、水位計 (U-20、Hobo) で、10 分から 1 時間間隔でインターバル観測したデータを利用した。係留系は結氷期間中に最上部のフロートが湖氷に接して凍結しないよう、あらかじめ水面から約 2m 下方に位置するように設置時に調整した。

長池は宗谷海岸の中央、スカルプスネスという地名の露岩域のほぼ中央に位置し、1 年のうちおよそ 10 カ月ほど全面結氷し、夏季 1 月～2 月に湖氷が消失する淡水湖沼である。明瞭な流入出河川はなく、集水域からの季節的融雪水で涵養される典型的な南極の貧栄養湖である。湖水中には栄養塩・植物プ

ランクトンに乏しいけれど、湖底には水棲コケ類・藻類・バクテリアなどの混合群集が生育し、数 m に達する堆積物を構築している。湖底から 1m ほどの高さに立ち上がる「コケボウズ」構造のほか、カーペット状の蘚類群集、十数 cm の突起を作る微生物集合体がマット状の湖底堆積物上に発達している湖沼の一つである。

## 3. 結果

無氷期間 (夏季) は全層で水温がほぼ一致していた。これは無氷期間は全層混合期であることを示す。秋季には (3 月) 水温が時間変動しながら低下し、結氷水温付近になったのち、時間変動が小さくなり、逆成層化が生じた。水温時間変動の消失は湖氷が湖面を覆ったことで、大気と湖水の熱交換に変化が生じたことを示唆する。極夜期を経て水温は逆清掃状態を保ちながら徐々に低下していた。

春季、水中透過日射が増大し、湖水が暖められ始めた。鉛直混合は湖氷消失が生じる 2 カ月以上前 (10 月) に開始し、水深 2~10m まで水温が一致しながら徐々に温められていった。水温は湖氷の下で 10°C 以上に達した。夏季 (1 月) 10°C 以上であった水深 2 から 10m の湖水温は、突如 5°C 程度に急低下した。これは湖氷が消失し、湖水から大気への熱の放出のためと思われる。

## 4. 考察

南極湖沼での長期モニタリング観測結果、および湖沼群のある露岩の気象自動観測結果をあわせ、「寒冷一循環」とされる極地湖沼での湖水鉛直循環の実態を紹介し説明を試みるものである。湖水を透過する日射エネルギーによる湖氷融解前の循環開始、10°C に達する湖水温上昇は、湖内の生物活動に強く作用する環境に思える。

1. はじめに

自然電位法 (SP 法) は, 地下における水の流動に対して感度のあることが広く知られている物理探査法である. そのため, 近年では地熱地帯や火山地域で, 熱水対流系の性状を把握することなどを目的とした観測が多く行われている (Nishi and Ishido, 2012) .

しかし, 自然電位分布が観測された地域において, 実際に地下水に関わるデータの観測も行い, 両者の比較・検討を行う, といった試みはこれまでほとんど行われてこなかった. そこで本研究では, 同地域内で自然電位と地下水位の観測を行うことが可能な地域として, 秋田県仙北郡の六郷扇状地を研究対象地域に設定した. そして, 地下水位が異なる時期に自然電位測定を実施し, それぞれに観測された結果を比較することで地下水位の変動が地表で観測される自然電位分布にどの程度の影響を与えるものであるのか, という点を明らかにすることを研究の目的とした.

2. 研究手法

秋田県六郷扇状地は, 東西 4km, 南北 5km, 東 (扇頂部) から西 (扇端部) に向けて裾野を広げるような形状を有する扇状地である. 自然電位の測定は, この扇状地のほぼ中心域で, 扇の要から外周部に向けて直線状に伸びる幹線道路沿いにて行った. 測定間隔はおよそ 100m としたが, 電極を設置することが難しい場所については数m~10m程度, 測点を前後にずらすことで対応した.

一方, 地下水位の測定は六郷扇状地内の各所に設置された観測井の中から, 自然電位の測線とほぼ並行な関係が保たれる様な井戸 6ヶ所を選び, それぞれに水位測定用のデータロガーを設置した. 水位データの取得間隔は当初は 1 時間毎に設定したが, 2017 年 6 月 28 日以降は 3 時間毎に設定を変更し, 観測を行った.

自然電位観測は, 2015 年 10 月 20 日より開始し, 同一測線上における自然電位の繰り返し観測を現在までに 11 回行っている.

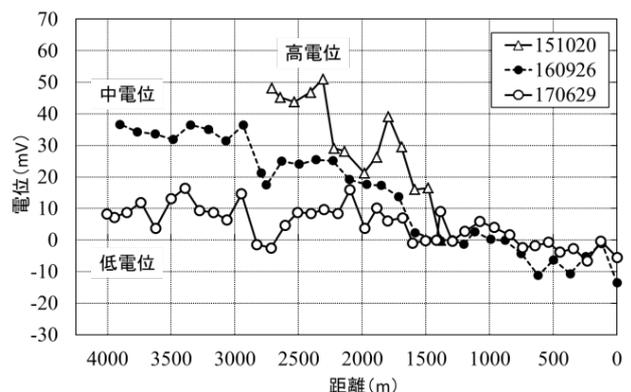
3. 結果および考察

観測により得られた自然電位分布の一例 (2015 年 10 月, 2016 年 9 月, 2017 年 6 月) を図に示した. 横軸に測線の東端 (扇頂部側) を起点とした場合の測線距離 (m) を, 縦軸には測定された自然電位 (mV) を示した. ここで電位の値は測線距離 1,420m 付近の地点を基準点とした場合の相対電位差の値で表してある. また, 3 本のグラフの内, 2015 年 10 月に得られた結果は, 2,700m 以降のデータの欠損が見られるが, これは観測中に急な降雨が発生したことにより観測を中止したためである.

図より 3 回の観測で得られた電位分布は, 測線距離 0m から 1,400m までの区間とそれ以降の区間とでは様相が異なっていることが分かる. 1,400m までの区間については, いずれの電位分布においても, 水平距離 100m あたり 3mV 程度の電位上昇傾向が認められた. 一方, 1,400m 以降の電位分布の傾向は 3 回の観測結果でそれぞれ異なっていた.

2015 年 10 月は, 1,400m 以降の区間において電位上昇が見られ, 測線距離 2,700m 地点において +50mV の電位が示された. 2016 年 9 月については, ほぼ一定の傾きで電位が上昇しつづけ最終的に基準点に対して +40mV の電位が示された. 2017 年 6 月は +10mV 前後の値しか示さず, 電位の上昇傾向がほとんど見られないという結果となり, 2016 年 9 月の結果については両者の間を取る様な電位上昇が見られた.

本講演では, 水位観測の結果と自然電位分布との比較を行い, 両者に見られる関係について議論する.



図：自然電位観測の結果

3A05

Web 公開不希望

### 1. はじめに

湖沼生態系は、湖沼とその系外との間の水、物質、エネルギー動態により生態系が大きく制御されている。しかし、集水域の人間活動と気候変動によりこの動態は変化し、湖沼生態系は大きな影響を受けてきた。特に1960年代に始まる富栄養化進行を皮切りに、人間活動に原因する変化は、1970年以後の湖沼酸性化(米国と欧州)、1980年以後の窒素過剰流入へと続き、2000年以後の地球温暖化による湖沼生態系の変化に至っている。本報告では、富栄養化の研究を出発点に、演者が、それぞれの時点で進めた研究を通じ、我が国の陸水生態系研究の問題点を論じ、今後の課題を示したい。

### 2. N, Pの流入付加による湖沼富栄養化

演者が湖沼富栄養化の研究を始めた動機は、湖沼栄養塩レベルの増加要因として宝月ら(1952)が示した河川水出入に伴う栄養塩蓄積の可能性の検討であった。しかし、残念ながら、研究を始めた当時は、湖沼の栄養元素動態の研究報告は非常に少なく、西条(1954)の日本湖沼の一次生産と新生沈降物堆積速度の研究、吉村の調査報告など、限られた情報しかなかった。そこで近隣湖沼の調査と並行して、西条(1956)の報告値を用いて、湖内TP量に及ぼす植物プランクトンの生産と沈降分解、湖水交換の影響を数値モデルで検討し、栄養塩蓄積における湖水交換の役割を示すとともに、採取資料の分析により、日本湖沼の植物プランクトン量(Ch量)、一次生産量とTN, TP濃度の関係を明らかにした(Sakamoto, 1959, 1966)。

Vollenweider(1969, 1976)は、このSakamoto(1966)の報告知見を用いて、スイスの複数湖沼における河川水の湖内流入による水とTPの湖内負荷、湖内のTP濃度、TP沈降量の関係の量的検討に基づいて、湖沼P負荷モデルを立ち上げ、河川水流入に伴う富栄養化に係る限界TP負荷量を示した。このTP負荷モデルは、国際的に広く受け入れられ、P流負

荷削減による西欧の湖沼富栄養化管理に貢献した。

わが国では、VollenweiderがP負荷モデルに用いた湖沼の沈降量の測定情報が欠けることから、Sakamoto(1966, 1973)による日本湖沼のTN, TP濃度と植物プランクトン量関係と、深層酸素不足度(Yoshimura 1938)の観測値を用いてTN, TPと湖沼の水質環境の量的検討を行い、利水障害をもたらした水質の経験値を参考値に用いて、湖沼のN, Pに係る環境基準値を立ち上げ、その基準値の達成を目指した流出負荷規制と河川、湖沼水質管理により、多くの湖沼の富栄養化管理に成功した。

### 3. 近年の湖沼生態系の変化

他方、1970年以後進んだ工場地帯から放出される酸性物質供給に原因する酸性化は、日本の湖沼では、集水域酸緩衝能が高いため、顕著な変化がみられなかったが、過剰な窒素流入による湖水の窒素富化が進みつつあると判断される。しかし、その量的評価知見は限られている。

そこで環境省公共用水域の水質モニタリング結果を用い、最近10年の日本湖沼の表層水のTN, TP濃度の年間平均値の変動を検討し、変化要因の検討を試みた。諏訪湖や琵琶湖では、リン流入負荷削減によるTP減少が認められる。浅い湖沼はN:P比が20:1~10:1の範囲で、植物プランクトン増殖に好適な環境にある。深い湖沼では、TN量が多くTN:TP比は高く、窒素負荷の影響が予測される。深湖の窒素の過半は、硝酸イオンであり、湖底泥を酸化的条件に保ち、底泥からのリンの溶出に制限的に働いていると判断される。生物生産力の高い浅い湖沼では、底泥が暖まり易く、還元的状態が発達しやすいので、湖底堆積物のP溶出が大きく、微生物学的脱窒による窒素損失も大きいので、窒素過剰負荷の影響は小さいと判断される。底泥生態系におけるN, P環境の変化には、底生動物も大きな関与を示すが、その変化を底泥系の代謝活動変化と関連させた研究は少ない。今後の重要研究課題である。

# Gyre Regeneration in Lake Biwa

## following Typhoon 18 in 2013

Guillaume AUGER (IBM), John C. WELLS\* (Ritsumeikan Univ)

### 1. Introduction

The largest gyre in Lake Biwa, known as the “First Gyre”, is a basin-scale cyclonic current system that is created in the surface layer in the North Basin of the lake during the stratified period. Several studies highlight the correlation between the biology of the lake and the first gyre. For instance, Ishikawa et al. (2002) observed a patch of high concentration of microcystis at the centre of the expected location of the first gyre.

Despite its importance, the energetics of the first gyre remain unclear. In particular, in Lake Biwa, the hypothesis that a typhoon can generate a gyre has not been investigated. The present work has employed a three-dimensional numerical simulation of the response of the lake to a typhoon. We chose to simulate the response of the lake to the typhoon Manyi, September 16th 2013, because the weather was clear enough to recover satellite image of the lake surface after the typhoon for qualitative check of the simulation.

### 2. Materials and Methods

Lake Biwa’s bathymetry, associated with the strong stratification, precludes the use of a sigma-level numerical model. Therefore, we use the three dimensional z-level ocean model SUNTANS (Fringer et al. 2006) that solves the Navier-Stokes equations, using the approximation of hydrostatic pressure. Our unstructured grid resolves the lake with a horizontal resolution of about 180 meters, while a non-uniform vertical resolution that concentrates grid points in the epilimnion. The water column is better resolved close to the surface with  $\Delta z = 0.3$  meters, and increases to approximately 2 meters at the deepest parts of the lake.

### 3. Results

A couple of days after the typhoon, an elliptical patch of positive, i.e. cyclonic, vorticity is predicted to form in

the northern part of the lake. This is formed by separation and rollup of a boundary layer on the south side of the Aho River Delta, following relaxation of the typhoon-generated upwelling that was identified in the simulation, and confirmed in MODIS sea surface temperature distributions. We have checked the presence of a first mode internal Kelvin wave by performing an Empirical Orthogonal Functions analysis on the temperature distribution at 20 meters depth, e.g. within the thermocline, then computing the rotary spectrum of the 2D vector whose components are the first two principal components. The counter-clockwise part of the rotary spectrum confirms the presence of 48 hour oscillations, with a peak at  $5.8 \cdot 10^{-6}$  Hz. Moreover, we also note a peak at around  $2.4 \cdot 10^{-5}$  Hz, corresponding to a period of 12 hours, in the clockwise component. The 12 hours internal wave has been observed in previous studies of Lake Biwa and has been identified as an internal Poincare waves (Saggio and Imberger 1998).

### 4. Discussion

South of the western delta, we showed the periodic occurrence of substantial positive vorticity at the boundary that appear to be linked to the gyre-like structure in the centre of the lake. This positive vorticity event is related to the propagation of the internal Kelvin wave first mode.

Our results provide a new hypothesis for why the energy of Lake Biwa’s first gyre is maximum during September and October each year. Our results also suggest a possible transfer of energy from the internal wave field toward the first gyre due to boundary effects.

1. はじめに

鳥取県中部東郷池は浅津ほか温泉群泉源として、地下 50 m以上の深度から取水されている。取水はされなかった温泉水の一部には浅層地下水が混入して 25℃前後まで降温し、湖底に湧出していると考えられる。

1998 年 7 月観測で湖底には厚さ 0.7mの定温層が存在した。観測開始直後、別の調査で池奥の水深 3m以上の地点の底層に 27%の海水が流入していたが、海水常駐性はなく、何らかの機構により塩分は排除されると考えられるが河川水レベルまで低下することはないようである。この成層に関して特徴的なことは、1℃前後の水温差で半月以上持続していることである (図-1)。

塩分については、海水レベルの 1/15~1/30 に低下することから河川水と水質・流出経路の異なる湧水が存在することは状況から明らかであるが、各流入成分の流量比を考慮して実測範囲に一致するかを検討する。

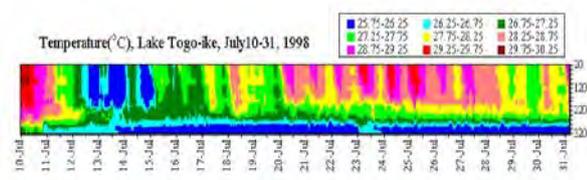


図-1 1998 年 7 月の湖心の水温記録

2. 資料とモデル

温泉関係資料<sup>1)</sup>、水質資料<sup>2)</sup>と潮汐・気象資料<sup>3)</sup>を用いて水塩分収支解析を行った。河川・温泉水による湖面上昇はそれぞれ 51 mm/d および 0.34 mm/d といわれているが、湧水面積が湖面積の 1/3 と仮定すれば、温泉湧出高は 1 mm/d 程度である。前者の河川流量を  $Q_R$ 、後者は周辺山塊から数 mm/d の地下水に希釈されて増量した湧水量  $Q_G$  を考える。

一方、日本海から橋津川を通して侵入する塩水量  $Q_S$  は潮汐に呼応して間欠流入すると考えられるが、境港の潮位記録によれば夏は潮位が平均的に高く、水質資料でも夏に池奥の塩分が高い日が多いこと

から海水逆流量も夏に多いと考えられる。しかし、その時間値または日平均値を与えることは難しいので、連続値として考えることにした。

$Q_G/Q_R=0.10\sim0.08$  ;  $Q_S/Q_R=0\sim0.02$  で約 35 日後の定温層濃度は、それぞれ 0.01~3.01 PSU の範囲まで希釈されることがわかった。

3. 結果

東郷池水質資料<sup>2)</sup>から池口・池奥 2 地点での水温・塩分浮力フラックス  $B_T$  および  $B_S$  を計算した (図-2)。

上段  $B_S$  : 池口  $\pm 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$  ; 池奥  $\pm 10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$

下段  $B_T$  : 池口・池奥とも  $\pm 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$

池口での塩分浮力フラックスは海水の侵入に水平フラックス ( $10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^{-3}$  : 1% $\cdot 9.8 \cdot 0.1 \text{ cm/s}$ ) 池口での塩分浮力フラックスは淡水の湧出に伴う鉛直フラックス ( $10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-4}$  : 1% $\cdot 9.8 \cdot 0.1 \text{ mm/s}$ ) で説明される。

4. 考察

池口で塩水侵入が発生すると時間をおいて池奥  $B_S$  が増加、湖底直上の塩分濃度が増大し湧水の塩分相当濃度を大きく上回ると池奥の  $B_S$  が誘起されることがわかる。これは浸入した海水が時間をかけて希釈され最終的に排除される機構を示している。

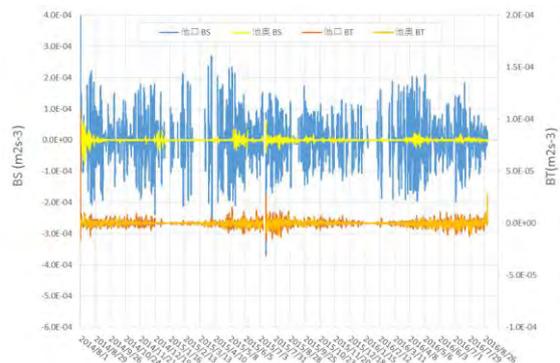


図-2 東郷池：塩分・水温浮力束 (2014-2016)

1) 瀬野ら：陸水学雑誌 (1968) ; 2) 鳥取県栽培漁業センター：東郷池水質観測システム (2014-16) ; 4) 気象庁：各種データ・資料 (2014-16)

\*大久保 賢治 (岡山大・環), 齋藤 光代 (岡山大・環),  
土居 鯨太 (岡山大・環), 川下勝也 (岡山大・環)

### 1. はじめに

島嶼部周辺部に繁茂していたアマモ場の復元が重点的課題になっている。衰退期には一年生が多くを占め回復見通しは不透明であったが、過去 10 年で栄養株が増加、越冬率が漸増してきた。仮根しかもたないガラモと異なり、アマモは主に根から栄養を吸収するため、藻場と浅い地下水との関係を検討する。対象とした備前市日生諸島の鹿久居島は面積 10.17 km<sup>2</sup>, 周囲長 28 km, 最大標高 245 m, 基岩は流紋岩で亀裂が多い。

湧水調査はラドンをトレーサーに用いた観測も行っているが、越冬しない原因が一部夏の高温と関係すること、基岩の亀裂から漏出する損失が無視できないこと、連続無人観測が可能な点を重視して水温・塩分を追跡した。

### 2. モデルと検証方法

島全体は 20 以上の小流域に分割できるが、安定な 2 本の河道が北西部米子湾および南部の千軒湾に注いでいる。2015 年 9 月、千軒湾奥泊に注ぐ小河川下流部に水位計・電導度計を設置して降雨に対する流量・濃度応答を調べた。ここで 4 段タンクモデルを用いた。上 2 段の流出は最終的に河川を經由して流出するが、3 段目の流出は一部亀裂を漏出・蒸発、4 段目は全て浅海底に流出するものとした。

この流出モデルを奥泊流域 (0.99 km<sup>2</sup>) に適用し 2015 年秋の水位測定値と比較しパラメータセットを最適化した。降雨・蒸発値は共通で流出・浸透のパラメータを変更すれば、水の浦流域 (0.14 km<sup>2</sup>) の流出解析が可能になる。水の浦における結果は 2016 年夏・冬の水温・塩分観測値と比較・検討した。

### 3. 結果

水の浦浅海底で潮汐下、中下層の水温・塩分勾配を小型 CTD で連続測定した。変数の下向き増加を正として、水温・塩分勾配を図-1 に示す。河道がない水の浦においても、まとまった降雨直後には、小規模流路が形成され、湾内表層に直接雨水が流出

し、海水を連行して潮汐の影響を受けながら水平に流出する。この流出層が厚ければ、中層塩分が低下して湾内の  $\Delta S$  は正值 (安定塩分層) を示す。逆に流出層が薄ければ中層塩分は海水範囲にあり、遅れて低塩分の湧水が持続するので、 $\Delta S$  は負値 (塩分逆転層) を維持する。7 月 12 日以降には断続的な中小降雨により  $\Delta S$  の符号が頻りに切替っている。

降雨から一定時間経過後には、熱塩二重拡散対流のフィンガー領域 ( $\alpha \Delta T < \beta \Delta S < 0$ ) が出現する。ここに、 $\alpha$ 、 $\beta$  は熱膨張係数と塩分収縮係数である。典型的な例は 7 月 4 日付近にみられ、こうした領域では塩分・水温による二種の浮力フラックス比から湧水量が検討できる。これに隣接するダイレクト・モードの不安定領域 ( $\beta \Delta S < \alpha \Delta T < 0$ ) においては、実測で得た水温・塩分の浮力フラックスと各密度差から計算し、原理的には、平均鉛直輸送速度として評価することができよう。

### 4. 考察

基岩・流路の有無によっても異なるが対象とした 1 km<sup>2</sup> 程度以下の小流域からは、その数%にあたる数 ha の浅海底に湧水が生じ、これは夏場に繁茂する藻場面積とよく対応する。

湾内の成層・湧水状況は降雨強度並びに最大降水からの経過時間に変化するが、熱塩二重拡散対流のフィンガー領域と隣接する不安定領域、夏は表層流が形成されている場合の過安定領域が現れる。

各層における水温・塩分の局所時間変化は湧水に伴う鉛直輸送過程を前提とするが、潮汐や河川流出の水平輸送過程を考慮する必要がある。

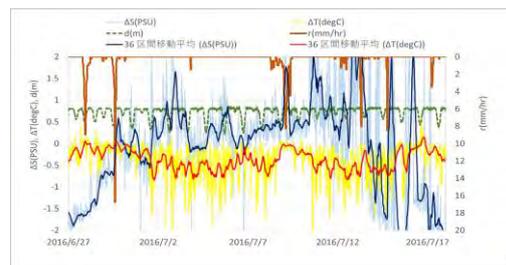


図-1 水の浦中下層の  $\Delta T$  と  $\Delta S$  (2016)

## 十和田湖の流入河川が湖水の水質に与える影響について

# 3A10

\*網田和宏（秋田大・理工），鷹巣真（秋田大・国際），  
田中 輝（青森県，三沢市）

### 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 60km<sup>2</sup>，平均水深 70m（最大水深 327m），貯水量 4.19km<sup>3</sup>であるこの湖は，1971 年には湖沼の環境基準として最も厳しい AA 類型（COD：1mg/L 以下）に指定された。しかし，1986 年度以降の COD（全層平均の 75%値）は 1.1～2.0mg/L の範囲で推移しており，環境基準が達成されない状態が続いている。また，透明度に関しても，従来は 15m～20m が保たれていたが，1980 年台後半からは 12m を下回るようになっている。

このような事態に対し青森県および秋田県では，十和田湖水質・生態系改善行動指針（2001 年）を策定するなどして，湖水の水質改善のための取り組みを積極的に行ってきた。また，湖水や流入河川を対象とした水質調査も数多く行われてきた（例えば，米谷・花石，2013）。しかし，それらの調査の多くは 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であり，湖水および流入河川の主要化学組成の関係性に着目した研究については十分に行われているとは言い難い。そこで本研究では主に十和田湖の流入河川の水質に着目し，これらが湖水に与える影響について調査を行うことにした。

### 2. 研究手法

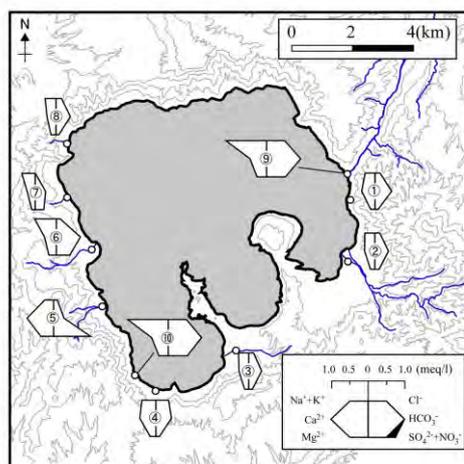
十和田湖の流入河川は大小を合わせると 20 以上あるとされているが，それらの中から比較的流域規模の大きな 8 つの河川を対象とし，採水調査を実施した。調査地点の選定に当たっては，湖に対して地点の分布が極端に偏らないことも考慮したが，湖の北岸沿いの一帯については舗装された道路が無いことに加え，湖岸に沿って設置されている自然遊歩道の整備状況が不十分であったこともあり，調査地点を設定することができなかった（右図を参照）。また，流入河川の水質と比較するための参照試料として十和田湖の湖水（2 地点，いずれも湖岸より採水）および雨水（1 地点）の採取も行った。

採水調査は 2014 年より開始し，現在までに 12 回の調査を実施している。現地では水温，pH，電気伝導率（EC）および酸化還元電位（ORP）の測定を行ったほか流量測定も実施した。また，採水試料は実験室に持ち帰ったのち BOD および主要化学組成の測定を行った。

### 3. 結果および考察

調査結果の一例として，2014 年 11 月に得られた採水試料によるヘキサダイアグラムの分布を図に示した。図より，十和田湖の流入河川の水質は，東部と西部ではその様相が大きく異なっていることが分かる。湖の東側に位置する流入河川は，全般的に溶存成分量に乏しく，水質タイプがいずれの河川も Na・Ca-HCO<sub>3</sub> 型水質を示しているのに対し，西側に位置する流入河川の水質は相対的に溶存成分量が高めで，また水質のタイプも河川ごとに様々であった。これに対して，湖水の水質は，流入河川の水質と比較してほとんどの成分において高い濃度が示されており，水質タイプも含め河川とは異なる水質を有していることが明らかとなった。

講演では，流量観測の結果も用いながら，流入河川が湖水の水質に与える影響について考察する。



図：湖水および河川水のヘキサダイアグラム分布

# 3A11

\*知北和久（北大・理），大八木英夫（日大・文理），相山忠雄（福田水文セ），板谷利久（シン技術コンサル），岡田操（水工リサーチ），坂元秀行（ヒグマ博物館）

## 1. はじめに

ケッペンの気候区分では，亜寒帯はほぼ北極圏（66° 33'）以南のDグループに属し，その範囲はアラスカ，シベリア～北海道，本州北部の山岳部である。本研究対象の北海道の湖沼はDfbグループに属し，Kim et al. (2010)による衛星画像解析では，温暖化によって，青森県の湖沼（Dfaグループ）と共に冬季の結氷期間が短縮傾向にある。本報告では，北海道・倶多楽湖を例として，全層水温の長期観測からその熱環境変動をさぐり，将来の永年不凍化へのシナリオについて議論する。なお，2015年冬は暖冬により倶多楽湖は全面結氷しなかった。

## 2. 観測方法

倶多楽湖における水温の全層観測は，最深点MD地点に計33台の温度ロガー（TidbiT, TidbiT v2, U22）を係留し，2012年9月から現在まで継続中である（図1）。なお，温度ロガーの検定はTCTDプロファイルによる同時観測から実施した。同時に，湖畔のM地点で各気象要素を観測し，その沖合のL地点で湖水位を観測した。また，山麓のB地点からは，同湖の結氷状態を毎日観測し，湖の熱収支に係わる係数を決定した。ここでは，湖の熱収支と水温の直接測定から計算される湖の貯熱量変化を比較する。

## 3. 湖の熱収支

倶多楽湖は流出河川のない閉塞湖なので，その貯熱量変化（ $\Delta G/\Delta t$ ）は以下の熱収支式で表される：

$$\Delta G/\Delta t = \left[ \Delta \left[ \int_0^h \{\rho_w c_p T(z)\} \cdot A(z) dz \right] / \Delta t \right] / A_0$$

$$= R_n - Q_H - Q_E + Q_P + H_{Rin} + H_G + H_S$$

（ $\Delta G/\Delta t$ ）は，右辺の水温観測から得られる観測値，さらに右辺の湖面熱収支 $R_n \sim Q_P$ ，流入河川による熱流束 $H_{Rin}$ ，地下水による正味の熱流束 $H_G$ ，湖底における熱流束 $H_S$ から得られる計算値の2つの方法で求められる。

## 4. 結果と討論

図2に，上式から求められた（ $\Delta G/\Delta t$ ）の比較を示す。この計算では，基本的に水温・水位・気象要素の日平均値を用い，図は2012年9月2日を初期

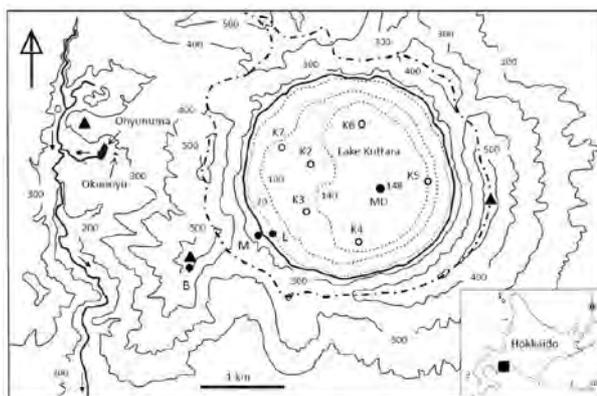


図1. 倶多楽湖と登別熱水域，および観測点の位置。

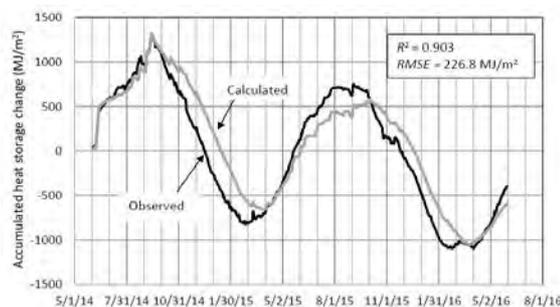


図2. 倶多楽湖における積算貯熱量変化の比較。

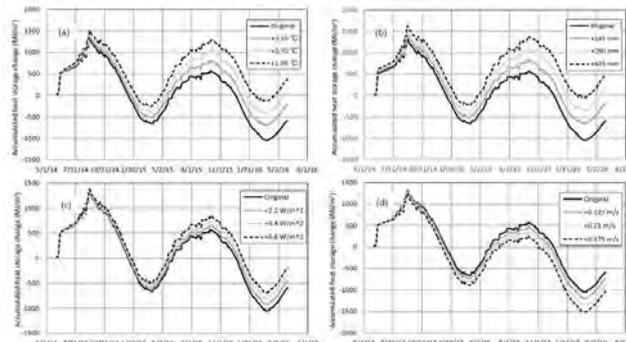


図3. 計算貯熱量変化に対する気候因子による感度解析. (a) 気温，(b) 降水量，(c) 全天日射量，(d) 風速

値zeroとした積算変化を示す。これから両者の相関は高く（決定係数 $R^2=0.903$ ），湖の熱収支計算が妥当であることがわかる。この結果を基に，各気候因子に対する計算貯熱量変化の感度解析を実施した（図3）。結果として，気温と雨量の変化が貯熱量変化に大きく寄与し，湖周辺の38年間気象データに見られた気温の上昇トレンドと風速の減少トレンドから，倶多楽湖は今後20年以内に永年不凍湖になることが推測される。

# 3B01

## 北日本における止水性ヒメシロカゲロウ属

(カゲロウ目：ヒメシロカゲロウ科) の

### 遺伝的多様性

\*林 宏至朗, 兼子伸吾, 塘 忠顕 (福島大・理工)

#### 1. はじめに

ヒメシロカゲロウ属はおよそ 160 種が知られており、日本からは、ビワコヒメシロカゲロウ *Caenis nishinoae*, ヒメシロカゲロウ *C. horaria*, *Caenis* sp. CA, *Caenis* sp. CB の 4 種が記録されている (御勢, 1958 ; 石綿, 2001 ; Malzacher, 1996)。これらの種は、いずれの種も河川などの流水環境に生息するものの、近年、止水環境のみに生息すると考えられるヒメシロカゲロウ属の一種 *Caenis* sp が福島県の池沼から記録された (増淵・塘, 2013; 2014)。

止水性ヒメシロカゲロウ属は、福島県のほか、北海道と青森県からも採集されており、北海道から福島県まで分布を持つと考えられる。そこで、本研究では、北日本における止水性ヒメシロカゲロウ属の分布を把握するとともに遺伝構造の解明を目的に分布調査と DNA 解析を行った。

#### 2. 材料と方法

分布調査は福島県を除く北海道、東北地方の 169 地点で、ヒメシロカゲロウ属の幼虫を対象にサンプリングを行った。

DNA 解析は、一連の調査で採集された標本を使用し、mtDNA の COI 領域を対象とした。得られた塩基配列に基づき、個体群間の系統関係や空間的な遺伝構造について解析を行った。

#### 3. 結果

岩手県を除く 1 道 5 県の 19 地点で新たに生息を確認した。生息地の標高はおよそ 4~800m であり、北日本の低地から山地にかけて、特に北海道内では広く分布した。

系統解析(518bp)では、福島県で発見された既知種は北海道、青森県、山形県に分布した。既知種のほかに 2 種の不明種が含まれ、これらの種は秋田県と宮城県にそれ

ぞれ分布した。最も広く分布した既知種の種内系統解析では、17 のハプロタイプが検出され、東北と北海道北部の個体群からなる系統と北部を除く北海道の個体群からなる系統が確認された。東北・北海道北部系統からは少数のハプロタイプしか確認されなかったものの、北海道系統からは多数のハプロタイプが検出された。

#### 4. 考察

北日本において、止水性ヒメシロカゲロウ属は広く分布し、少なくとも 3 種が分布することが明らかになった。流水性ヒメシロカゲロウ属 *Caenis* sp については全国から記録があり、やはり多くの未記載種を含むと考えられる。止水性種についても、福島県以南に未確認の生息地や種が分布しているかもしれない。

種内系統解析によって明らかになった東北・北海道北部系統は、ハプロタイプ数が少なく、個体群の密度も低いことから、縮小傾向にある系統の可能性はある。対照的に、最も派生的である北海道系統はハプロタイプ数が多く、個体群密度も高いため近年拡大している系統の可能性はある。また、天塩では両系統が検出され、二次的な接触が生じているかもしれない。

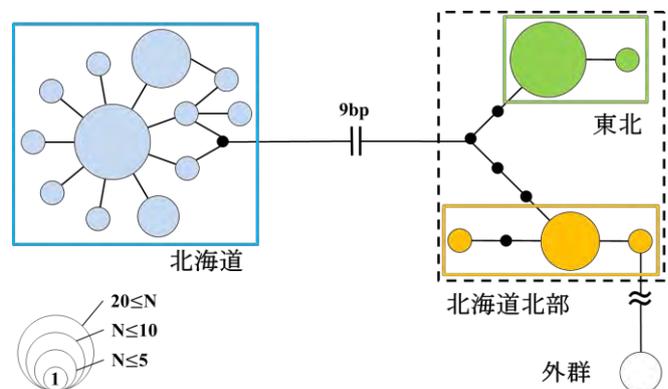


図 1, 止水性ヒメシロカゲロウ属のハプロタイプネットワーク図 (mtDNA, COI 領域 518bp)。

# 3B02

\*高村健二(国立環境研), 上野隆平(国立環境研),  
今藤夏子(国立環境研), 大林夏湖(東大・総合文化)

## 1. はじめに

ユスリカ科昆虫は湖沼・河川の底質・水中植生上で優占し、種多様性にも富む。種による環境への特異性が高く、指標生物として優れている。種同定は主にオス成虫の形態的特徴に依拠するが、成虫の出現は季節的・時間的に限られるため、そのような制約の緩い幼虫を種同定できれば多様性研究が飛躍的に進むはずである。そこで、本研究では、DNA バーコーディングを適用して、ユスリカ多様性と環境条件との関係を調査した。

## 2. 材料と方法

調査は兵庫県南西部の加古川市・播磨町・小野市・加東市・加西市にわたる播州平野に数多くあるため池で行った。市街地・農地・林地のいずれかに立地する池を 20 面選び、底質と水草からユスリカ個体を採集した。本報告では、初夏に底質から採集されたユスリカ幼虫について解析を行った。なお、20 面のうち採集数 1 個体のみ 2 面は解析から除いた。底質からユスリカを肉眼及び実体顕微鏡にて拾い出した。全部で 437 個体の幼虫が拾い出された。それらの幼虫標本は 1 個体ずつ 1.5 ml チューブ内で冷凍保存し、その後、タンパク分解酵素による DNA 抽出を施した。抽出 DNA から DNA シークエンサーによりミトコンドリア DNA CO1 領域の塩基配列を決定した。決定された塩基配列はハプロタイプに集約した。

これらのハプロタイプを種に区分するには、配列の相同性から分類学群を区分する手法ではなく、分子系統樹上で進化過程を考慮して種を区分する手法(進化的種区分法)を採用した。同種・近縁種標本を十分に含んだ分子系統樹では枝末端に近づくほど枝が短く密になる傾向が認められる。この分枝パターンの疎密を目安に統計学的に種を区分することができる。

ユスリカ標本のハプロタイプ塩基配列を整理し

た上で、Mr.Bayes 等のソフトウェアを用いて分子系統樹を作成し、進化的種区分法を適用した。この手法は主に 2 つある。対象の系統樹において、根から全ての枝先までが等長 (ultrametric) であることを求める GMYC (General Mixed Yule Coalescence: Pons et al. 2006) と必ずしも等長を求めない PTP (Poisson Tree Process: Zhang et al. 2013) である。この研究では両手法を採用し、両方の結果を比較した上で、種区分を統一した。

進化的種区分にもとづいて得られた池毎の種別個体数から Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) にて群集を類型化し指標種を検出した (R パッケージ `vegan`, `labdsv`)。各池の水質・生物相・周辺土地利用等の 30 項目の環境条件は PCA によって縮約した上で、NMDS 空間に投影し、次元と関連する環境条件を探索した。

## 3. 結果

ため池 18 面から 50 種のユスリカが区分され、その群集組成は二次元上の 4 類型にまとめられた。次元 1・次元 2 上でそれぞれ 2 類型ずつにほぼ区分された。環境傾度の主成分をこの二次元上に投影すると、次元 2 は光合成色素濃度・全リン濃度・透明度といった一般的な富栄養化指標と対応した。しかし次元 1 には強く関連する環境傾度を見つけ出すことができなかった。

## 4. 考察

この研究では周辺の景観が主に市街地・農耕地・森林のいずれかである池を調査したが、土地利用だけでなく、水中の栄養塩濃度も異なる。例えば、TP は 0.01~0.36 ppm、TN は 0.22~10.07 ppm の範囲に及ぶ。これらの条件は貧栄養から過栄養の範囲に相当する。ユスリカ群集の 4 類型は富栄養化と対応するものの、2 類型が富栄養段階に該当するため、富栄養化に対する挙動は多面的であると考えられる。

富田 和宏 (信州大学大学院・理工学系研究科),  
\*東城 幸治 (信州大学 学術研究院 理学系)

### 1. はじめに

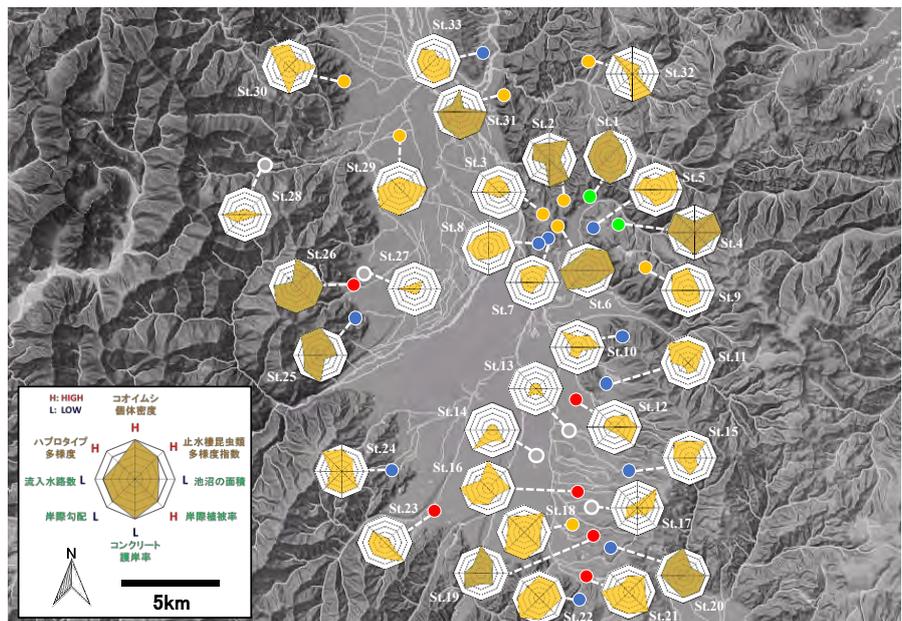
河川の氾濫原やワンド・タマリ、そして湖沼沿といった環境は、止水棲昆虫類の重要なハビタットである。近代においては、人工的に構築された水田や灌漑用のため池が、氾濫原などの代替ハビタットとして機能してきた。しかし近年では、河川改修や圃場整備によるハビタットの变化や、外来生物種群の侵入・定着により、止水環境ハビタットが劇的に悪化している。このような背景から、現在ではゲンゴロウ類など多くの止水棲昆虫類が環境省のレッドリストに登載されている。長野県内においても、止水棲昆虫の代表種であるタガメ *Kirkaldyia deyrolli* が野生絶滅したとされており、その他の止水棲昆虫類についても近年著しく減少していると予想されるが、詳細な生息実態は明らかにされていない。止水棲昆虫類と環境要因との関係性について詳細に追究した研究はわずかながら存在するものの、依然として少なく、さらなる知見の蓄積が必要である。また、隣接する水田と溜め池における止水棲昆虫類の季節的消長を詳細に調査した研究から、多くの止水棲昆虫類が水田と溜め池の両方を往来しながら生活していることが示唆されており、ハビタットとなる複数の水域の連結性が重要であると考えられる。

このような背景下、本研究では、長野県に位置する松本盆地内の限定的な地理的スケールにおいて、環境要因との

関係性評価を含めた止水棲昆虫類の群集構造、種レベルでの集団構造や、遺伝構造の究明を目指した。絶滅危惧種でありながらも長野県内では比較的多産傾向にあるコオイムシ *Appasus japonicus* に着目し、その集団構造と遺伝構造の解析から、「ソース (source: 供給地)–シンク (sink: 一時的利用地)」の関係性について究明することを目的とした。

### 2. 結果および考察

止水棲昆虫類の群集構造および種レベルでの集団構造と環境要因との関係性評価では、群集構造や種内集団構造に影響する環境要因として、岸際環境が極めて重要であることが示唆された。コオイムシの遺伝構造の類似性から、松本盆地の集団はそれぞれ4つのクラスターに位置づけられ、クラスター間における移動分散の方向性・強度からソース–シンクの関係性を推定した。さらに、コオイムシの越冬率や遺伝的多様性、止水棲昆虫類の種多様性、ハビタット健全性を総合的に評価し、松本盆地におけるコオイムシのソース集団とシンク集団を推定した。



# 酸性河川渋黒川において優占する捕食者レゼイナガレトビケラ と被食者ユビオナシカワゲラ属の増減関係の季節的変化(予報)

青谷晃吉(大仙市教育委員会・教育指導課)

## 1. はじめに

我が国の酸性河川においては、単位面積当たりの底生動物の出現種数が少なく、酸性に対して耐性の強い特定種が高密度に生息していることが戦前より報告されている。東北地方における特定種の代表的なものとして、レゼイナガレトビケラ *Rhyacophila lezeyi* Navas (以下「レゼイ」)、ユビオナシカワゲラ属 *Protonemura* spp. (以下「ユビ属」) が知られている。演者は1980年、当時勤務していた中学校の生徒と共に渋黒川で調査した際、少ない出現種の中でこの二者の現存量が異常に大きいことを目撃している。そして、2017年5月の調査で、この川の動物相は当時と大きな変化がないことを確認した。今回、この特異な群集構造が経年的に維持されてきた要因の一つに単純な食物網が存在することがあるという仮説を設定し、その検証を目的に両者の生活史を中心とした調査を始めた。これまでの調査結果について報告する。

カワゲラ目成虫を同定していただいた淡水ベントス研究所の清水高男氏、トビケラ目の知見をいただいた神奈川県野崎隆夫博士に謝意を表す。

## 2. 材料と方法

秋田焼山の西斜面を流れる渋黒川は全長約7.2 kmで源流部は中性であるが途中、酸性の叫沢やpH1.05の強酸性水が湧出する玉川温泉の水が流入し、酸性となり、五十曲地点で玉川本流と合流している。調査地点は玉川温泉水の流入地点より約2.5 km下流の渋黒橋付近(pH2.83~3.76)である。調査は2017年5月から15~22日毎に行った。底生動物は1000 cm<sup>2</sup>コードラート付きのサーバーネット(0.25 mm目)を用いて平瀬と早瀬で各1回採集し、その場でバットにあげ、肉眼的に発見されるすべての個体を拾い、80%エタノールで固定した。また、比較対象地点として、すぐ西側の石黒沢(pH6.52~6.80)においても同日平瀬で1回採集した。さらに、すくい網法によって川岸で成虫を採集した。持ち帰った底生動物を同定し、レゼイとユビ属の幼虫については頭幅を測定したほか、レゼイとユビ属、その他の底生動物に分け、湿重量を測定した。

## 3. 結果

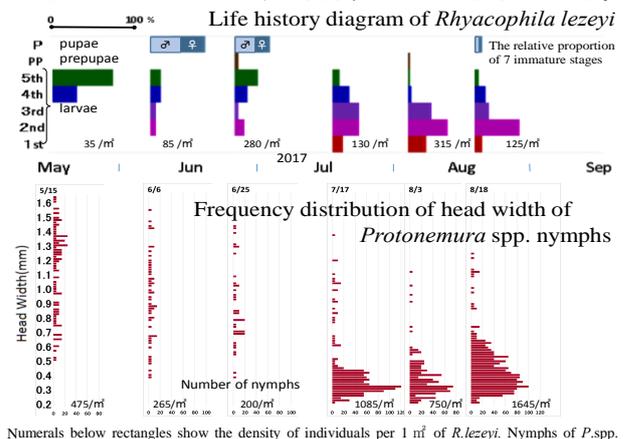
レゼイは頭幅分布から5齢期であることが明らかになった。6月上旬から蛹化が始まり、同月下旬にピークとなる。羽化・産卵後に孵化したと考えられる若齢幼虫が同時期に出現し始め、その割合が増加していく。早期に孵化した幼虫は急速に発育し、一部は8月上旬に蛹化しており、これらは秋に羽化する可能性がある。しかし、8月中旬になっても若齢幼虫が多いことから、コホートの大部

分は秋に羽化できるまでに成熟できず、幼虫のまま越冬し、翌春に蛹化・羽化すると推察される。したがって、一部は年2世代となるが、多くは年1世代になると考えられる。

一方、ユビ属は6月上旬コウノオナシカワゲラ *Protonemura kohnoae* Shimizu (以下「コウノ」) が水面から羽化する様子が観察され、多数の成虫を採集したことから、この時期に見られる大型幼虫はコウノであると推察される。これが羽化・産卵し、孵化したと考えられる若齢幼虫が7月中旬から8月中旬にかけて多数出現しており、このコホートが翌春に羽化すると考えられる。しかし、8月中旬になっても頭幅が1 mm前後の幼虫が出現していることから、別のコホートの存在が示唆された。6月下旬に調査地点の右岸でコウノとは別種のトワダオナシカワゲラ *Protonemura towadensis* Kawai (以下「トワダ」) を採集したほか、過去に調査地周辺で7月から10月にかけてのトワダの採集記録があることから、同じ川と同じ場所にコウノとトワダの2種が混棲する可能性も否定できない。ユビ属の生活史に関してはまだまだ不明な点が多い。

## 4. 考察

渋黒川におけるレゼイ及びユビ属の二者を合わせた湿重量は常に群集全体の90%以上を占め、6月下旬には99%にも達する。両者の湿重量を比較すると5月中旬にはユビ属がレゼイの3倍になっているがその後コウノの羽化が盛んになると逆にレゼイがユビ属の2~8倍にもなる。また、6月に採集されたレゼイ5齢幼虫の消化管内容物を調べたところ、ユビ属幼虫の外骨格が充満していることが分かった。この期のユビ属幼虫はレゼイにとって急速成長するための重要な餌資源になっていると考えられる。晩春から初秋にかけて捕食者のレゼイが、晩秋から初春にかけて被食者のユビ属が増加するという両者の現存量の相対的な変化はあたかもロトカ・ボルティラ捕食モデルのようである。



\*関根一希 (立正大・地球), 東城幸治 (信州大・理)

## 1. はじめに

オオシロカゲロウは河川中・下流域に棲息する水生昆虫であり、地域によってオスとメスが認められる両性個体群とメスしか認められない雌性個体群が認められる地理的単為生殖種である (Watanabe and Ishiwata, 1997)。雌性個体群のメス個体は二倍体の雌性産生単為生殖を行ない (Sekine et al., 2010)、西日本に分布する両性個体群に起源する単系統群である (Sekine et al., 2015)。

福島県の阿武隈川 (福島市) においては、1990年代はじめまで両性個体群であったが (渡辺ら, 1998)、2009年の性比調査では、メスばかりであり、ほぼオスが認められない状態となっていた。本研究では、同一河川に両性生殖系統と単為生殖系統の両タイプが認められる福島県・阿武隈川および埼玉県・荒川流程内において、両タイプの分布の違いを明らかにすることを目的とし、調査を行なった。

## 2. 材料と方法

福島県・阿武隈川の中島村、郡山市、本宮市および福島市の4地点において、2009年、2010年、2012年、2017年の8月に目合1 mmの手網を用いて約100個体の幼生を採集し、95%エタノールで固定した。実体顕微鏡下において、幼生の生殖器原基を観察し、雌雄を判別した。

埼玉県・荒川については、2016年8月に寄居町鉢形、寄居町赤浜、熊谷市、鴻巣市、北本市の5地点において、2017年には寄居町鉢形、寄居町赤浜、熊谷市、鴻巣市、北本市、桶川市の6地点において同様の調査を実施した。

性比の判別後の試料については、遺伝子解析 (ミトコンドリアDNA COI領域) を行ない、両性生殖系統か単為生殖系統かを判別した。

## 3. 結果

福島県・阿武隈川におけるオオシロカゲロウの性比は、最上流側の中島村においては、2009-2017年のいずれにおいてもオスが認められ、メスへの偏りは認められなかった。しかし、下流へ向かうほどメスが多くなっていき、最下流部の福島市においては、ほとんどオスが認められなかった。

メス個体を対象とした遺伝子解析の結果においては、中島村ではほとんどが東日本系統の両性生殖系統が認められ、下流へ向かうほど単為生殖系統の割合が高くなった。

埼玉県・荒川における調査では、最上流部の寄居町の鉢形と赤浜ではほとんどオスが認められず、下流へ向かうほどオスが多く認められるようになった。メス個体を対象とした遺伝子解析の結果においては、上流側ではほとんど単為生殖系統であり、下流側へ向かうほど、両性生殖系統の割合が高くなった。

## 4. 考察

阿武隈川と荒川のオオシロカゲロウにおいて、流程に沿った性比の偏りが認められた。メスへの偏りが大きい地点ほど、単為生殖系統が多く認められており、単為生殖系統と両性生殖系統との割合が、性比に反映されているものと考えられる。

1990年代はじめまで福島市では、オスが認められる両性個体群であることが確認されていることから (渡辺ら, 1998)、阿武隈川では下流側から単為生殖系統のメス個体が侵入し、分布を拡大させてきたと考えられる。一方で、荒川流程における性比の偏りは、阿武隈川と逆のパターンであった。したがって、荒川では上流側から単為生殖系統のメス個体が侵入し、分布を拡大させてきたのかもしれない。



\*内井喜美子（大阪大谷大・薬）、土居秀幸（兵庫県大院・シミュレーション）  
山中裕樹（龍谷大・理工）、源 利文（神戸大・院発達）

## 1. はじめに

水には、そこに生息する生物から放出された DNA（環境 DNA）が含まれる。環境 DNA を分析することにより生物の分布を推定する手法が、近年急速に発展している。DNA の痕跡に基づき、様々な生物を簡便かつ高感度に検出できることから、現在では種の在／不在の判定だけでなく、分類群の網羅的検出までへと広く応用されている。

環境 DNA 分析は、生物の検出に DNA 塩基配列情報を利用することから、見た目では区別がつかない種内遺伝子型や近縁種の検出に力を発揮する。これまでに発表者らは、ミトコンドリア DNA (mtDNA) 上の一塩基多型 (SNP) マーカーを利用し、日本在来遺伝子型とユーラシア大陸由来の外来遺伝子型のコイ (*Cyprinus carpio*) の存在比を推定する環境 DNA 手法を開発した<sup>1)</sup>。しかし、在来コイと外来コイは交雑する<sup>2)</sup>ため、母性遺伝をする mtDNA に基づき推定された両者の存在比は、実際の集団の遺伝構造と一致しない可能性が残る。そこで、両親の遺伝情報を反映する核 DNA マーカーを用いた環境 DNA 分析法の開発が望まれる。

従来の環境 DNA 分析のほとんどは、マーカーとしてミトコンドリア DNA を用いてきた。環境中の DNA 濃度は希薄であるため、一細胞あたりに複数コピー存在するミトコンドリア DNA をターゲットとすることにより、検出確率の向上が見込まれるからである。最新の研究では、核 DNA であっても、反復配列を持つリボソーム DNA は、環境 DNA マーカーとしての有用性が高いことが示されている<sup>3)</sup>。しかし、種内変異の検出に有効な核 DNA マーカーの中には、ゲノム上に 1 コピーしか存在しない遺伝子も多い。このような核シングルコピー遺伝子 (nSCG) をマーカーとして利用できれば、環境 DNA による研究領域がさらに広がることが期待される。

そこで本研究では、環境 DNA マーカーとしての nSCG の有用性・有用性を検討した。

## 2. 材料と方法

環境水における nSCG と mtDNA の濃度の比較より、環境 DNA マーカーとしての nSCG の有用性について検討した。天然湖沼水より抽出した環境 DNA 試料を用い、コイのグルコキナーゼ遺伝子 (nSCG) とシトクロム *b* 遺伝子 (mtDNA) の濃度をリアルタイム PCR により定量し、両者の濃度を比較した。

また、水槽実験において、核 SNP マーカーを用いた環境 DNA 分析により、個体群遺伝構造を正しく推定できるか検証した。6 つの水槽に、在来コイと外来コイを異なる体重比で導入し、2 日間飼育後、水槽水より環境 DNA を抽出した。在来・外来遺伝子型を区別する核 SNP マーカー (c25 座位<sup>2)</sup>) を用い、リアルタイム PCR により在来／外来 DNA 比を定量し、体重比との相関関係を解析した。

## 3. 結果と考察

天然湖沼より得た環境 DNA 試料中の nSCG 濃度は、mtDNA 濃度よりも数倍～数十倍低く、両者の濃度比には試料の採取時期による変動が見られた。したがって、nSCG 濃度が高くなる時期にあわせて試料を採取すれば、nSCG をマーカーとした環境 DNA 分析を実施可能であることが示唆された。

水槽実験においては、在来／外来コイの体重比と在来／外来 DNA 比の間に強い相関関係が見られた。したがって、核 SNP マーカーを用いた環境 DNA 分析の、個体群遺伝構造解析における有用性が示された。マーカー数を増やすことにより、より詳細な個体群遺伝構造解析が可能になると考えられる。

### 参考文献

- 1) Uchii *et al.* 2016. *Mol Ecol Res* 16: 415-422
- 2) Mabuchi *et al.* 2012 *Conserv Genet Res* 4: 649
- 3) Minamoto *et al.* 2017. *Mol Ecol Res* 17: 324-3

\*鏡味麻衣子, 千賀有希子 (東邦大・理), Jason Woodhouse (IGB-Berlin)  
Christian Wurzbacher (Univ. Gothenburg), Hans-Peter Grossart (IGB-Berlin)

## 1. はじめに

植物プランクトンは光合成で固定した炭素の一部を溶存有機物(DOM)として細胞外に放出する。植物プランクトンに由来する DOM は、バクテリアにとって利用しやすく重要な栄養源であり、微生物食物網を駆動する。DOM には様々な物質が含まれるが、その量や組成は、植物プランクトンの種類や細胞の状態によってことなることが知られている。植物プランクトンに菌類などの寄生者が寄生すると、細胞外に放出される DOM の量や組成が変化し、バクテリア群集にも影響が及ぶことが予想される。

そこで本研究では、珪藻に寄生するツボカビが DOM の量と組成およびバクテリアの群集組成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

培養実験によりツボカビの有無が DOM の量と組成、バクテリアの密度にどのような影響をあたえるのかを検証した。実験には印旛沼より単離した珪藻 *Synedra* とそれに寄生するツボカビを用いた。珪藻のみ、及び珪藻とツボカビの系を設け、各生物の密度を計数するとともに、DOM の量と組成の経時変化を追った。DOM の組成は三次元励起蛍光スペクトル(EEM)-PARAFAC 法にて測定した。各 DOM の濃度とバクテリア、ツボカビ、珪藻との関係を一般化線形モデルにより解析した。

ツボカビの寄生が珪藻に付着するバクテリアの群集構造に与える影響を明らかにするために、Stechlin 湖より珪藻(*Fragilaria*)をツボカビの寄生するコロニーと寄生しないコロニーを4コロニーずつ単離した。各コロニーに付着するバクテリアの16SrDNA をユニバーサルプライマーを用いて増幅し、群集組成の Miseq により解析し、ツボカビの寄生による違いを比較した。

培養実験では、ツボカビを添加した系のほうが珪藻のみの系よりも DOC 量は低くなり、バクテリアの密度は高くなった。EEM-PARAFAC 法により5つの DOM 成分が検出された。藻類由来とされるトリプトファン様の物質はツボカビのいる系で少なくなったが、微生物の分解由来とされる腐植様物質の量はむしろツボカビのいる系のほうが多くなった。珪藻の細胞内物質をツボカビが消費することで、トリプトファン様物質は減少したと考えられる。一方、ツボカビが珪藻を死滅させ、バクテリアの密度が増加することにより、DOC の総量は減少したものの、微生物分解に由来する腐植様物質の量が増えたと考えられる。一部の腐植様物質の産生に、ツボカビとバクテリアの相互作用も検出された。珪藻の細胞内に存在する腐植様物質の前駆体である物質をツボカビがバクテリアよりも先に消費している可能性が示唆された。

湖沼の珪藻に付着するバクテリア群集をコロニー毎に解析したところ、ツボカビの寄生する珪藻コロニーにはスフィンゴバクテリア門 (*Sphingobacteria*)が優占しており、ツボカビの寄生しない珪藻コロニーにはプロテオバクテリア門 (*Proteobacteria*)が優占していた。ツボカビの寄生に伴い易分解性物質が減少し、難分解性物質を利用できる *Chitinophagacea* などのスフィンゴバクテリアが優占した可能性がある。

以上の結果より、ツボカビの寄生により植物プランクトンとバクテリアの関係が変化すると共に、DOM の量や組成が変化することが明らかとなった。

□

## 3. 結果と考察

\*山下竜司、有井鈴江（名城大院総合学術・薬）、辻 清美（神奈川衛研）  
 富田浩嗣（愛知衛研）、原田健一（名城大院総合学術・薬）

#### 1. はじめに

湖沼においてラン藻が大量発生することにより生起されるアオコであるが、しばしば特徴的な青色や白色を呈し消失することが確認されている。また、ラン藻は様々な揮発性有機化合物（VOC）を産生し、それらは溶藻活性をもつことが知られている。津久井湖・相模湖において、2008年、2010年および2013年に青色化を伴う溶藻現象が観察され VOC が検出された（1）。過去の実験から、この現象には VOC のうち *Microcystis* が特異的に産生する  $\beta$ -cyclocitral および関連化合物が影響していることが判明し、その産生条件は高密度（ $10^7$  cells/mL）が関与すると示唆された。本研究では青色化を伴う溶藻現象の再現を目的として、湖沼ラン藻を高密度化しどのような挙動を示すか検証した。

#### 2. 材料と方法

津久井湖にて7月22日と8月4日に溶藻を起こしていない地点からラン藻を採取し、メスシリンダーに移した。サンプリングは層形成時各層から採取し、開始時、6時間後、1日後、3日後に行った。pH 測定、顕微鏡観察と細胞数の計数、VOC の測定を行った。VOC はサンプルを GF/A により濾過し、エーテル抽出後 GC-MS で分析した。

#### 3. 結果

図1・図2に外観と各層におけるラン藻種ごとの細胞数を示す。散開していたラン藻は実験開始後数時間で表層に集積した。ラン藻は7月採取のサンプルでは77時間経過時点でほとんど消失し、表層には *Microcystis* だけが生存した。一方、8月採取のサンプルでは底層に蓄積した。 $\beta$ -cyclocitral に関して、7月採取のサンプルでは層形成後 *Microcystis* が  $10^7$  cells/mL を超過した期間のみ定量限界（ $10 \mu\text{g/L}$ ）を越えて検出されたが、8月採取のサンプルでは  $10^7$  cells/mL に到達しても定量限界を越えなかった。 $\beta$ -cyclocitral を出発物質とする酸化物は双方で観察され、うち  $\beta$ -cyclocitric acid は7月採取の

サンプルにおいて多く検出された。pH は層形成部において特異的に6程度に低下し、青色の濾液が観察された。

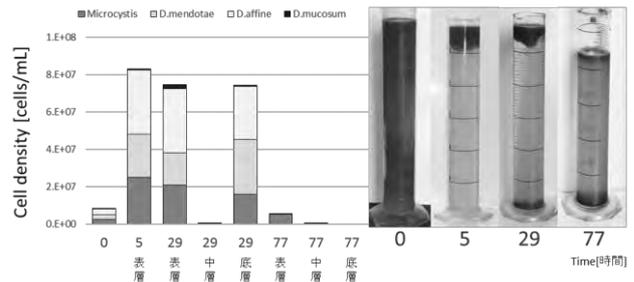


図1 ラン藻種ごとの細胞数と外観（7月採取）

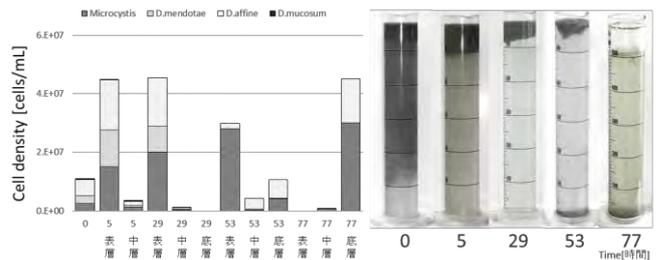


図2 ラン藻種ごとの細胞数と外観（8月採取）

#### 4. 考察

シリンダー内でラン藻群は浮力により水面に集積し、高密度化した層形成部で pH 低下と青色化を伴う溶藻現象が再現された。pH の低下は  $\beta$ -cyclocitral の酸化で生じる  $\beta$ -cyclocitric acid に依存するため、 $\beta$ -cyclocitral の産生により溶藻および青色化が発生したことが示唆される。

溶藻現象の後、表層・中層において最終的に *Microcystis* が優占種となった。7月・8月採取のサンプルによる結果の違いは、 $\beta$ -cyclocitral の産生量の差に由来すると推察される。すなわち、 $\beta$ -cyclocitral 等による溶藻が *Microcystis* の優占化に必要であると考えられる。*Microcystis* の優占化は湖沼生態系で同様に観察されることから、自然条件下の種の変遷に  $\beta$ -cyclocitral が関与することが示唆された。

参考文献 (1) Arii et al., AEM, 81, 2667-2675 (2015) .

# Microcystin 分解性細菌 B-9 株における新たな加水分解酵素 MlrE およびアミノ酸輸送担体

# 3B10

\*金 海燕 (名城大院総合学術)、

平柳 里奈、川島 湖都美、Andrea R. J. ANAS (名城大薬)、

辻 清美 (神奈川衛研)、原田 健一 (名城大院総合学術・薬)

1. はじめに Microcystin (MC)を分解する細菌として単離された B-9 株は *Sphingosinicella* に属するグラム陰性菌であり、MC を分解・無毒化する複数の加水分解酵素 (MlrA、MlrB、MlrC) およびトランスポーターと考えられる MlrD の存在が確認されている。従来の研究によると、B-9 株は環状、直鎖状ペプチドおよび生理活性ペプチド類を加水分解するとともに、アミノ酸を含有し、アミド結合やエステル結合を有する化合物のみ加水分解することが示された。さらに、酵素阻害剤 EDTA によりメタロプロテアーゼである MlrC を阻害した際、基質の加水分解が進行したことからアミノ酸への最終段階は、従来推測された MlrC ではなく、新たな加水分解酵素 MlrE (仮称) であることも示唆された。今回、新たな加水分解酵素 MlrE の存在およびアミノ酸の取り込みすなわちアミノ酸トランスポーター (輸送担体) を詳細に検討するため、各種ペプチド類 (ジ~オクタ)、の分解・阻害実験および発色団を有するアミノ酸 (tryptophan, phenylalanine) の取り込みの実験 (阻害剤添加) を行った。

2. 材料と方法 MC 分解性細菌 B-9 株は、神奈川県津久井湖より単離され、桜井培地により 5~7 日間培養した。L-アミノ酸からのみ構成されるジ、トリ、テトラ、ペンタ、ヘキサ、ヘプタ、オクタペプチド類とアミノ酸を B-9 株の培養液とそれぞれ反応し、その反応液を一定時間ごとに採取した。また、EDTA や PMSF を適宜用いることにより

分解・阻害挙動を HPLC および LC/MS にて分析を行った。

3. 結果 (1) 各種ペプチド類 (ジ~オクタ) は B-9 株と接触した直後 (0 時間) に加水分解反応が生起し、アミノ酸まで分解され、これらも 72 時間後には完全に消失した。(2) 阻害剤でメタロプロテアーゼである MlrC およびセリンプロテアーゼである MlrB を阻害した際に、阻害剤を添加していない場合と同様に加水分解が進行したが、生成したアミノ酸は残存することが観察された。(3) 発色団を有する tryptophan や phenylalanine は 72 時間後完全に消失したが、阻害剤の添加によって残存することが観察された。

4. 考察 阻害剤の有無に関わらず、B-9 株はペプチド類を極めて迅速に加水分解したことから、従来 of 加水分解酵素とは異なる MlrE の存在が確認された。阻害剤による tryptophan と phenylalanine の取り込み挙動から、現在まで推測されていたオリゴペプチドトランスポーターである MlrD とは異なる新たなアミノ酸トランスポーターの存在が示唆され、これが EDTA や PMSF により阻害されたと考察された。今後、D 型および L 型を有するペプチドを基質として適宜用いるとともに、酵素阻害剤の有無による分解挙動を詳細に調査することにより MlrE の機能を明確にする。さらに、ペプチドトランスポーターとアミノ酸トランスポーターの機能解明を行う予定である。

# ポスター発表

## 1. はじめに

ミジンコ (*Daphnia*) は節足動物甲殻類枝角目の生物で、淡水湖沼に広く分布する、代表的な動物プランクトンである。*Daphnia* は多様な藻類を餌とし、魚類の良い餌となる。そのため、湖沼生態系においては生産者と高次消費者をつなぐ重要な役割を果たしている。近年、*Daphnia* の適応度に対して、腸内細菌相が影響を及ぼす可能性が示唆された。すなわち、*Daphnia magna* を用いた実験では、殺菌処理を施した *D. magna* が小型化し繁殖力が低下することや、*Limnohabitans* 属や *Aeromonas* 属といった特定の細菌類の有無により、*D. magna* の個体成長が大きく異なるという結果が得られている。(例えば、Peerakietkhajorn et al. 2015 など) ただし、これまでの研究は、モデル生物である系統培養されてきた *D. magna* を対象にした実験がほとんどである。そこで本研究では、日本に池沼に広く分布する代表的なミジンコである *Daphnia pulex* を用い、その腸内細菌を殺菌した場合の個体成長速度を、殺菌しない場合と比較することで、*D. pulex* の適応度に及ぼす腸内細菌の影響を評価した。

## 2. 材料と方法

実験には、日本に分布する *D. pulex* の代表的な遺伝子系である JPN1 と JPN2 の継代飼育系統と、国立環境研究所 (NIES) 由来の *Daphnia magna* を使用した。*Daphnia* の無菌化のために、抱卵直後の個体を解剖し、単離した卵を Peerakietkhajorn et al. (2015) に従って、0.25% グルタルアルデヒド液に 30 分浸して殺菌した。同時に、単離した卵を蒸留水中に 30 分浸す非殺菌区も、殺菌区の対象として用意した。いずれの実験区でも、卵は蒸留水で 3 回洗った後、滅菌 COMBO 培地に移して孵化させた。孵化した *Daphnia* 個体は 1 個体ずつ 50mL の滅菌 COMBO 培

地に移し、餌として無菌的に培養した緑藻 (*Scenedesmus*) あるいは珪藻 (*Cyclotella*) を  $1\text{mgCL}^{-1}$  となるように与えた。滅菌 COMBO 培地と餌藻類は隔日で交換し、実験は六日間行った。

実験最終日には *Daphnia* 個体の乾燥体重を測定し、個体成長速度 ( $d^{-1}$ ) を計算した。さらに乾燥した *Daphnia* 個体から DNA を抽出し、16SrRNA 領域の細菌用ユニバーサルプライマーによる定量 PCR (qPCR) を行うことで、殺菌処理の効果を確かめた。さらに、*Daphnia* の適応度を向上させる効果を持つことが知られている *Limnohabitans* 属細菌の有無も確かめた。

## 3. 結果と考察

いずれの実験でも、グルタルアルデヒド液による殺菌効果が、qPCR により認められた。しかし殺菌処理が *Daphnia* 個体成長へ与えた効果は、実験に用いた *Daphnia* の系統により異なった。すなわち、*D. pulex* JPN1 系統と *D. magna* NIES 系統では、殺菌処理区の個体成長速度が対照区の値よりも有意に低下した no

に対し、*D. pulex* JPN2 系統の個体成長速度には、処理区間で有意差が認められなかった。なお実験に用いた *Daphnia* 個体からは、*Limnohabitans* 属細菌は検出されなかった。これらの結果は、*Daphnia* の腸内細菌相が *Daphnia* 個体適応度に影響し得ることを改めて示したが、それとともに、*Daphnia* 個体の適応度の応答が、*Daphnia* の系統や腸内細菌相により大きく異なる可能性も示している。

文献

Peerakietkhajorn et al. (2015) Environmental Microbiology Reports (2015) 7(2), 364-372

平間文也, 風間健宏 (東北大・生命), 野口拓水 (東北大・理), 山道真人 (京大・白眉/生態研), 片野泉 (奈良女子大・生物), 土井秀幸 (兵庫県立大・シミュレーション), 吉田丈人 (東大院・総合文化), Tyler Tappenbeck, Jim Elser (Montana Univ.), 占部城太郎 (東北大・生命)

## 1. はじめに

湖沼における外来性有機物の流入は、細菌の生産を促進し、微生物ループを活性化させる。微生物ループの活性化は、動物プランクトンの餌資源を増大させることになるが、一方で植物プランクトンが利用できる栄養塩を減少させる可能性もある。すなわち、外来性有機物の流入は、動物プランクトン生産を増大させる可能性もあれば、減少させる可能性もある。このように、湖沼群集に及ぼす外来性有機物の影響は、必ずしも明らかでない。そこで本研究では、落葉起源有機物を添加することで溶存有機物の負荷を操作し、遮光により一次生産を制御したメソコスム実験を行い、動物プランクトン群集の動態に及ぼす落葉を起源とする外来性有機物の影響を調べた。

## 2. 材料と方法

北緯 47.40 度、西経 114.03 に位置する北米モンタナ州・Lost Lake において、12 個の隔離水界(深さ 2 m、直径 1 m)を設置し、2017 年 6 月 12 日から 8 月 17 日まで、67 日間、野外操作実験を行った。各隔離水界には、100  $\mu\text{m}$  目合いのネットでろ過した湖水を 1000 L 満たし、近隣湖沼で採集した北米の代表的なミジンコ種 *Daphnia pulicaria* 約 200 個体、および Lost Lake において採集された >100  $\mu\text{m}$  目合いの動物プランクトン群集をそれぞれ加えた。遮光には寒冷紗を用い、光量子量を 10% まで減少させた。外来性有機物は、落ち葉を破碎後、蒸留水と 2 日間混合し、35  $\mu\text{m}$  目合いのネットで濾した落ち葉破碎液 (Leaf Tea) を 3 週間に 1 度ずつ加えた。すなわち、遮光なし・Leaf Tea 無添加 (LO 区)、遮光あり・Leaf Tea 無添加 (DO 区)、遮光なし・Leaf Tea 添加 (LC 区)、遮光あり・Leaf Tea 添加 (DC 区) の処理区を設定し、それぞれ 3 基ずつ隔離水界を設置した。隔離水界は 1 週間に 2 回、水をよく攪拌・混合し、毎週 1 回に頻度で光量子量、水温、溶存酸素濃度、Chl-*a* 濃度を測定するとともに、動物・植物プランクトンを採集した。

## 3. 結果

Leaf Tea を添加した場合、動物プランクトン生物量の時間変動は、光条件によって大きく異なっていた。LC 区では、Leaf Tea を添加するごとに、生物量の大幅な増加が見られたが、そのような変化は DC 区では顕著ではなかった。動物プランクトンの実験期間における平均生物量は、LC 区では 77.5  $\mu\text{g/L}$  と DC 区に比べて 3 倍以上高かった。一方、有機物を添加していない LO と DO との間や、DO 区と DC 区の間では平均生物量は同じレベルであった。その結果、動物プランクトンの平均生物量は、遮光と Leaf Tea の交互作用においてのみ有意差がみられた(2-way ANOVA;  $F=5.31, p=0.024$ )。

動物プランクトン種組成を比較すると、遮光していない LO・LC 区では、*Daphnia* spp. の生物量に占める割合はそれぞれ 61.7・64.1% と多かったが、DO・DC 区ではそれぞれ 31.4・40.6% と低かった。一方、DO・DC 区では Cylopoidae が 17.0%・22.7% を占め、LO・LC 区より 2 倍以上多かった。

## 4. 考察

動物プランクトンの平均生物量は DO・DC 区間では差が見られなかった。この結果は、Leaf Tea よって直接・間接的に増殖した微生物だけでは、動物プランクトンは十分に成長出来ないことを示している。しかし、遮光していない LC 区で動物プランクトン生物量が有意に増加したことから、これら微生物も植物プランクトンと混在することで価値ある餌資源になると考えられる。

種組成についてみると、DO・DC 区では、動物プランクトン生物量に占める *Daphnia* spp. の割合は低く、Cylopoidae の割合が相対的に大きかった。この結果は、*Daphnia* spp. の増加には植物プランクトン由来の栄養が重要であること、したがって光条件により動物プランクトンの種組成が変化することを示している。

以上のように、外来性有機物負荷の動物プランクトンへの影響は光条件により異なることがわかった。

## Seasonal variation of fungal community, especially zoosporic fungi, in Lake Biwa based on LSU region of rDNA

\* Peixue Song, Rong Yi, Shoko Tababe, Syuhei Ban (Univ. of Shiga Pref.) and Maiko Kagami (Toho Univ.)

### 1. Introduction

In lakes, zoosporic fungi play important roles for controlling phytoplankton succession and material cycling. A high-throughput sequencing enables us to analyze fungal community structures in details. Internal transcribed spacer 2 (ITS2) regions of rDNA can be useful marker to examine fungal community at species levels. However, there was still limited reference sequences for zoosporic fungi from the ITS2 database. It is also difficult to distinguish zoospore and heterotrophic nanoflagellate (HNF) by the traditional microscopic methods. In this study, we analyzed the fungal community structure in Lake Biwa, with the focus on zoosporic fungi using large subunit (LSU) region of rDNA. We examined (1) the diversity and seasonal variation of zoosporic fungal community, (2) interactions between zoosporic fungi and physicochemical and biological factors by redundancy analysis (RDA). In addition, how HNF was related to chytrid zoospores comparing traditional microscopic counts and modern molecular techniques.

### 2. Materials and Methods

Water samples were collected with a Van-Dorn sampler (20 L) from 1, 3, 5, 10 and 15 m at Station 3 (70 m, 35°19.8'N, 136°08.9'E) in north basin of Lake Biwa monthly from May to December 2016. Samples from each depth were used for measuring chemical parameters including nutrients, and for counting microbial components, such as HNF, autotrophic nanoflagellates (ANF) and cyanobacteria, with epi-fluorescent microscopy. For molecular analyses, equal volume of water from each depth was combined to one sample. Two different size was fractionated, one as total fraction and another as nano-size fraction between 2-20 $\mu$ m fraction. Nano-size fraction is expected to have more zoosporic fungi, because the size of zoospores range between 2 to 5  $\mu$ m. For total fraction, a 200 ml of the combined sample was filtered onto a 0.45- $\mu$ m Copore membrane. For nano-size fraction, a 500 ml of the combined sample was pre-filtered with a 20- $\mu$ m-mesh net, and then the

filtrate was filtered onto a 2.0- $\mu$ m Copore membrane. The DNA was directly extracted from the membranes by DNeasy® Plant Mini Kit. High-throughput sequencing targeted to the fungal specific LSU region and analyzed by MiSeq platform for fungal communities. The effective reads with 97 % similarity were classified into one Operational Taxonomic Unit (OTU).

### 3. Results

Based on Blastn searches in DDBJ, all the OTUs were identified at different levels of taxonomic precision. Four zoosporic fungal phyla, i.e. Blastocladiomycota, Chytridiomycota, Cryptomycota, and Neocallimastigomycota were detected in both size fractions. 13,561 sequences and 296 OTUs of zoosporic fungi were detected from the total fraction, while 22,264 sequences and 311 OTUs were defined from the nano-size fractions. The dominant genera were *Chytriumyces*, *Rhizophydium* and *Phlyctochytrium*.

Neocallimastigomycota had high genic abundance in November and December while low genic abundances in other month. Composition of sequences in Chytridiales, Rhizophydiales, Spizellomycetales, and Monoblepharidales varied 1-58%, 4-32%, 5-28% and 0-32%, respectively. *Boothiomycetes* and *Powellomyces* occurred throughout the study period.

Number of chytrid sequences in nano-size fractions showed significantly positive correlation with HNF abundances from cell counts (spearman's  $r=0.905$ ,  $p<0.01$ ). RDA showed that biological factors were more important than chemical factors for the variation of zoosporic fungal community.

### 4. Discussion

Large genic abundance of Neocallimastigomycota detected in both two size treatments indicated that a new fungal lineage from such kind of rumen fungi was really exist in the aquatic habitat.

The tight relationship between HNF abundances obtained with the epi-fluorescent microscopy and no. of chytrid sequences in nano-size sample implied that HNF might include chytrid zoospores.

### 1. はじめに

造網型トビケラはシマトビケラ亜目に分類されるグループであり、幼虫の行動圏が限られていること、個体数が卓越することなどの特徴から環境指標生物として重要な種群である。しかしながら、生息する環境要因との関係は一部の種について明らかになっているに過ぎない。そこで、造網型トビケラ各種の分布にどのような環境要因が影響するのかを解明することを目的とし、環境要因の計測と種の同定を行った。

### 2. 材料と方法

日本各地の溪流 33 地点を 2016 年 3 月から 9 月の間に調査を行った。定性採集と、25 cm×25 cm のコドラート枠を用いた定量採集を行った。造網型トビケラについては、可能な限り種まで同定し、その他のトビケラ目については摂食型を記録した。環境要因は各定点の特徴を示すものとして水温、電気伝導、クロロフィル a、COD、全窒素 (TN)、全リン (TP)、懸濁物および浮遊物 (SS)、シリカ、標高の測定を行った。定量採集の際に各コドラート枠内の表面流速と水深、巨礫、大礫、中礫の数を記録した。造網型トビケラの個体数と環境要因との関係を調べるために、相関係数の算出を行った。また、標準化した環境要因の標準偏差を求め最小の環境要因が分布を最も制限する環境要因とした。

### 3. 結果

造網型トビケラは 3 科 9 属 19 種 473 個体が採集された。造網型トビケラの個体数と相関があった環境要因はシリカ濃度のみであり、回帰式が得られた。分布を最も制限する環境要因について、ヒゲナガカワトビケラ、チャバネヒゲナガカワトビケラ、ナカハラシマトビケラが流速、オオヤマシマトビケラが巨礫の数、キブネミヤマシマトビケラが中礫の数、ギフシマトビケラが COD、ウルマーシマトビケラとコガタシマトビケラが TN となり、種によって異なる傾向が見られた。

### 4. 考察

シリカは土壌の溶解によって供給され、河床面積が広いほど、岩石の侵食が進みシリカの濃度が増えると考えられる。造網型トビケラについても、河床面積が広いほど、営巣できる環境が増えその個体数が増えると考えられる。また、種によって分布を制限する要因がことなることから、水質のみでなく礫の組成及び流速等その他の環境要因も造網型トビケラに影響を与えていると考えられる。

本調査では上流域のみを調査の対象としたため、下流に生息する種についての情報が不十分である。今後、流域を通した調査を行う必要がある。

\*三田村学歩、岩本興治、細井祥子（滋賀県立大・環境科学）

石川可奈子（琵琶湖環境科学研究センター）

### 1. はじめに

日本最大の湖である琵琶湖は年1回、冬季に全層循環することで湖底に酸素を供給し、底生生物にとって良好な生息環境を維持してきた。しかし、近年の気候変動および地球温暖化の影響により琵琶湖北湖の全層循環が弱まり、深底部の低酸素化が進行している(焦ほか、2012)。これにより底生生物への悪影響が懸念されているが、生物の現存量、分布、生態についての観測や知見は不十分である。また、それぞれの生物間の関係性についても十分に分かっていないため、生態系への影響の予測ができていない。そこで本研究では琵琶湖深底部における底生生物の被食—捕食関係に着目し、特に顕微鏡観察等での検出が困難な餌生物を把握するために、次世代シーケンサーを用いた食性の解析を行った。

### 2. 方法

底生生物は2014年10月に琵琶湖北湖第一湖盆水深90mにて底引き網を用いてイサザ、ウツセミカジカ、スジエビ、ヨコエビを採取した。また、2015年10月にも同地点にてイサザ・ウツセミカジカを採取した。それらの消化管を取り出し、DNA抽出した。抽出したDNAはミトコンドリア18S rDNAをターゲットとしたプライマーセットを用いてメタゲノムライブラリーを作成した。次世代シーケンサーによりメタゲノムライブラリーの塩基配列を決定した。得られた塩基配列情報を用いたメタゲノム解析によって、底生生物の食性の網羅的な解析を行った。

### 3. 結果と考察

2014年の解析においては、スジエビの消化管は鉤頭動物門の生物と相同性の高いOTUが最も多く検出された。これはスジエビの胃壁に寄生する寄生虫によるものと推察された。また軟甲綱の生物と相同性の高い配列も検出された。これはヨコエビやスジエビを捕食したものと推察された。

ヨコエビの消化管内容物から得られた配列は既知配列との高い相同性を示したものが非常に少なく、餌生物を特定できなかった。イサザの消化管からは寄生虫類と思われる配列が多く検出された。また鰓脚綱の生物と高い相同性のOTUも検出され、カブトミジンコだと推察された。ウツセミカジカの消化管から得られたOTUのほとんどが軟甲綱の生物と高い相同性を示した。これはスジエビやヨコエビを捕食したものと推察された。またウズムシ類も検出された。

2015年の解析結果ではイサザの消化管からはカブトミジンコが最も多く検出された。また、ハエ目、イトミミズ科の生物も検出された。ウツセミカジカの消化管からはミズムシの一種が最も多く検出された。さらにミジンコ類、イトミミズ類などが検出された。

今回の解析では次世代シーケンサーを用いることで、消化管内で形態を維持せず目視では確認が困難なイトミミズ類や寄生虫類などが含まれていたことを確認した。今後さらにサンプルや採取頻度を増やすことで琵琶湖深底部における被食—捕食関係が明らかになると期待される。

### 1. はじめに

ヒメドロムシ科 Elmidae は甲虫目多食亜目に属する水生昆虫で日本からは 17 属約 55 種・亜種が知られており、一部の種の成虫を除いて幼虫・成虫ともに水中で生活している。ヒメドロムシは日本全国に分布し、河川の源流から下流まで幅広く生息している。しかし、水質汚濁や河川改修などの影響を受けて生息環境は悪化の一途をたどっている(吉富他, 1999)。また、ヒメドロムシと環境要因との関係は解明されておらず、詳しい生息環境や水質汚染への耐性が明らかになれば、河川環境をみるためのよい指標になることが期待されている(林、島田, 2006)。そのため、本研究では幼虫群集と環境要因との関係を明らかにし、ヒメドロムシ科幼虫が水質指標として有効であると確認することを目的とした。

### 2. 材料と方法

2016 年 3 月～12 月にかけて日本全国の河川合計 38 地点で採集を行った。採集では 25 cm コドラートを用いた定量採集とそれに補完的な定性採集を併用した。定量採集では水深、流速、巨礫・大礫・中礫の数を記録し、地点ごとに電気伝導度、水温を測定し、水質測定用に水 2.5L を採水ボトルに入れて持ち帰った。また、GPS 機能付きのデジタルカメラで採集地点の写真を撮り、GPS の記録をもとに採集地点の標高を求めた。

ヒメドロムシ科幼虫の同定に関して、幼虫の多くは属レベルまでしか同定できないが一部種まで同定できるものは可能な限り種まで同定した。

水質の測定については採集地点で採水した水を用いて、Chl.a( $\mu\text{g/L}$ ), COD<sub>Mn</sub>( $\text{mg/L}$ ), TP( $\text{mg/L}$ ), TN( $\text{mg/L}$ ), SS( $\text{mg/L}$ ), SiO<sub>2</sub>( $\text{mg/L}$ )の測定を行った。測定方法は JIS 規格に従った。

### 3. 結果

全国 32 地点から合計 7 属 9 種 439 個体のヒメドロムシ科幼虫を採集することができた。採集地点の

標高とその地点で採集された属・種の関係を見てみると、ハバビドロムシは標高 750m 以上、マルヒメドロムシ属とヒメツヤドロムシ属は 300m 以上、またアシナガミゾドロムシとイブシアシナガドロムシは 200m 以下の地点でのみ採集された。

ヒメドロムシ科幼虫が採集された地点において、採集された幼虫の種数と水温 25°C における電気伝導度を比べたところ、両者の間に負の相関が見られ、電気伝導度が高いほど種数が有意に減少することが分かった(図 1)。

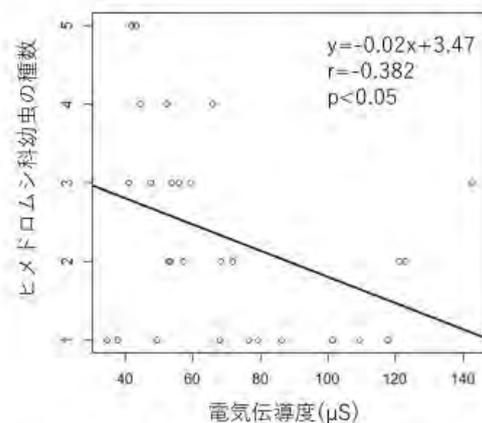


図1. ヒメドロムシ科幼虫の種数と水温25°Cにおける電気伝導度との関係

### 4. 考察

標高に応じて属・種の生息域が異なったことから、標高はヒメドロムシ科幼虫の分布にとって重要なファクターの1つであると推測できる。

電気伝導度は水中に溶けた重金属イオンなどの無機塩類の量を指し、それらはし尿や肥料などに多く含まれており、工場排水や農業排水などが原因で河川に流入する。図1で示したように、本研究で採集できたヒメドロムシ科幼虫のほとんどの種は、電気伝導度の低い水域を好み、排水など人為的影響による水質汚濁には耐性が低い種が多いことが考えられる。本発表では他の環境要因と幼虫群集との関係についても考察したい。

## Relationships between morphological, ecological and genetic similarity in Malawian mouth-brooding Cichlids

\*Shaharior Hashem (Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, Japan; Department of Aquaculture, Bangladesh Agricultural University, Bangladesh), Koichiro Kawai (Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, Japan)

### 1. Introduction

In the last 10 million years, African cichlids (Family Cichlidae; Order Perciformes) have experienced such unexpected rates of speciation that they are now a model species for show-casing evolution in motion. Cichlid fishes are tropical freshwater fish that are unsurpassed by any other vertebrate group. More than 250 species of cichlid fishes are distributed in the Lake Malawi, which occupy at least 80% in the total number of fish species of the lake. The spread of the specification is faster in Lake Malawi Compared with the 300-400 cichlids of lake Tanganyika and Lake Victoria which were established earlier. It has an egg shaped special spot mark on the fins called the egg spot. Egg-spots appear to be important in the courtship and spawning behavior of haplochromines. Therefore, the purpose of this study was to investigate function of egg-spots that seek to explain their mode of action and their evolutionary origin.

### 2. Materials and Methods

Forty cichlid species of 22 genera were collected for the DNA Extraction. Some species belongs to genera *Astatotilapia*, *Haplochromis*, *Ophthalmotilapia*, *Pseudocrenilabrus* were used as an outgroup. DNA was extracted from fin clips using the DNeasy Blood and Tissue Kit following the manufacturer's protocol for tissue samples. Approximately 887 bp of the Control region was amplified using the forward primer HapThr-2 + 4 (5'-CCTACTCCCAAAGCTAGGATC-3') and reverse primer fish 12 (5'-TGCGGAGACTTGTCATGTGTAAG-3'). Genetic Distance between the individuals was calculated by 2-Parameter model in Kimura and a neighbor joining

tree was constructed by MEGA (Version 7.0.21).

### 3. Results

Phylogenetic tree created three clusters according to the ancestral species in lake Tanganyika, lake Malawi and then advance in the lake Malawi (Figure 1). Primitive species are found in the rocky area with the oval shape egg spots whereas derivative species are found in the sandy area with no egg spots. Mbuna (Small Species with a length of about 10 cm) also belong to the primitive group. Species with elliptical shape are found both in rocky and sandy area.

### 4. Discussion

Due to the high competition for food and space in the rocky area, oval-shaped egg spot may have a role in a strong bond for fertilization. On the other hand, in sandy area due to low competition egg spot has a small importance for the fertilization. Therefore, habitat also plays an important role in relation to fertilization along with reproductive behavior and egg spot type.

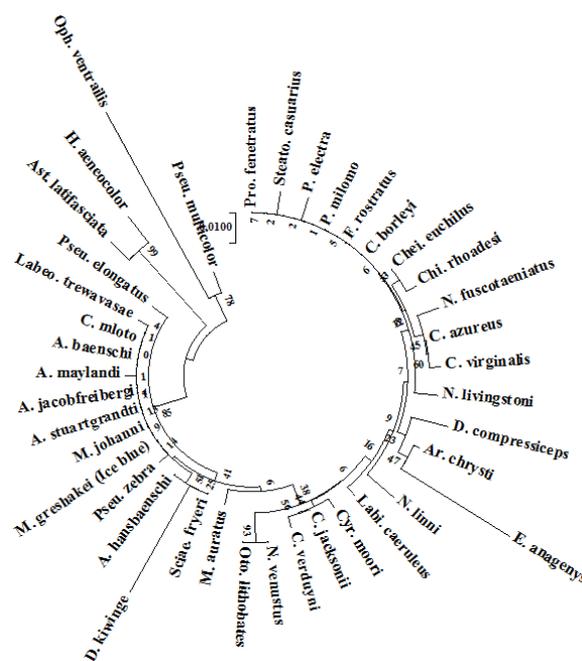


Figure 1: Genetic relationship between Cichlids

## 環境 DNA 技術における PCR 阻害要因の検討： ため池の環境水とゼブラフィッシュを用いた飼育実験

\*相馬 理央（兵庫県立大院・環境人間），山中 裕樹（龍谷大・理工），  
土居 秀幸（兵庫県立大院・シミュレーション），片野 泉（奈良女子大院・人間文化）

### 1. はじめに

環境 DNA (eDNA) 技術は、生物の表皮や体液などに由来して水中に浮遊する DNA から、対象生物の在/不在や生物量の推定を行う新たな生物分布調査ツールである。現地での作業が少量の採水のみであることから、従来の網や罟を用いた調査手法における課題であった時間的・人的コストや、調査による生息環境の攪乱を削減できる新たなツールとして近年急速に開発が進んでいる。しかし、DNA サンプル中の阻害物質による PCR 阻害について、その原因物質や阻害率などを検討した研究例は少ない。eDNA ではため池など様々な水域の環境水から DNA を抽出・測定するため、調査水域の水質が eDNA の検出力などに与える影響を明らかにすることは今後の eDNA 技術の発展に向けて非常に重要な課題である。

そこで本研究では、ため池の水（環境水）を用いてゼブラフィッシュの飼育実験を行い、飼育に用いた環境水の水質と検出される eDNA 量との関係から、eDNA の検出を阻害する要因の検討を試みた。

### 2. 方法

飼育実験では、ため池から採水した環境水を用い、ゼブラフィッシュ(*Danio rerio*)を室内で飼育した。採水は兵庫県姫路市内のため池 8 面 (#1~8) にて行い、4L ずつ採水した。採水した水のうち、2L はそのまま飼育に使用し、残りの 2L は GF/C フィルターを用いて濾過（懸濁物質の除去）を行い飼育に使用した。試料水はそれぞれ約 1L を容器に満たし、ゼブラフィッシュ 3 尾を室内で 3 日間飼育した（飼育前に、あらかじめ水質分析用のサンプルを少量採取した）。また、ネガティブコントロールとして同様の条件でゼブラフィッシュを入れないものも用意した。また、加熱滅菌処理済みのミネラルウォーターでも同様の条件で飼育した。

3 日間飼育後、それぞれの容器から 100mL の飼育水を採取し、GF/F フィルターを用いて濾過、DNA を抽出し、リアルタイム PCR (PikoReal) にてゼブラフィッシュの eDNA 量を定量した。水質項目は、現地にて EC（電気伝

導度）、pH を、実験室にて SS（有機物、無機物）、Chl.a 量、T-P（全リン）、PO<sub>4</sub>-P（リン酸態リン）、T-N（全窒素）、NO<sub>3</sub>-N（硝酸態窒素）、DOC（溶存有機炭素量）及び DOM（溶存有機物量）の指標として 254nm 波長における吸光度（A254）を測定し eDNA 量との関係を検討した。

また、3 日間の飼育後にゼブラフィッシュを水槽から除去し、飼育水を 7 日間放置した。ゼブラフィッシュの除去後 3 日目と 7 日目に 100mL を採取し、上記と同様に濾過・抽出・測定を行い、それぞれの飼育水における eDNA の減衰過程についても観察した。

### 3. 結果と考察

本実験において検出されたゼブラフィッシュの eDNA 量は、濾過水で飼育したものの方がそのままの水を用いた場合と比較して DNA 量が多く、DNA の減衰も比較的穏やかな傾向がみられた。これは、濾過により DNA を分解する要因となる微生物が除去されたためと考えられる。しかし SS 全量の最も少なかった #2 では、そのままの水で飼育したもので DNA 量が多かった。SS が極端に少ない場合には、水中に浮遊する eDNA を吸着できるものが少なく、フィルター上にトラップできなかった可能性も考えられた。

水質項目と eDNA 量の関係は、そのままの水で飼育したもの、濾過水で飼育したもの共に、SS 中の有機物や chl.a 量が多い飼育水ほど DNA 量が少なくなる傾向がみられた。また、濾過水で飼育したものについては、A254(DOM, DOC)が高くなるにつれて DNA 量が少ない傾向がみられた。DOM や DOC には PCR 阻害物質として知られるフミン質や多糖類も含まれるため、これらの物質による影響も否定はできない。

以上の結果から、eDNA では採水を行う水域の水質により、検出される DNA 量が変化することが実証された。また水質項目によりその挙動が異なる可能性も示唆された。

## トゲマダラカゲロウ属数種における 幼虫の体色斑に関連した遺伝的分化

\*田村繁明、加賀谷隆（東大院・農学生命）、加賀谷悦子（森林総合研究所）

### 1. はじめに

トゲマダラカゲロウ属 (*Drunella*) 幼虫は、河川上中流域で普通に出現する水生昆虫であり、体色斑に種内変異が観察される。演者らは、本属のオオマダラカゲロウ (*D. basalis*, 以下オオマダラ), フタマタマダラカゲロウ (*D. sachalinensis*, 以下フタマタ), ミツトゲマダラカゲロウ (*D. trispina*, 以下ミツトゲ) の老齢幼虫を、各種とも4または5の体色斑型に分類した。さらに、各体色斑型を明色部の大きな明色個体と、明色部の小さな暗色個体に区分した。これらの3種では、体色斑に集団間変異が認められ、明色な河床の地点における集団ほど明色個体の割合は高かった。魚類捕食者は、明色底質では暗色個体を、暗色底質では明色個体を選択的に捕食したことから、この集団間変異は、隠蔽機能を介した選択圧により生じていると考えられる。

河川昆虫では集団間の移動分散は普通である場合が多く、集団間の遺伝子流動は、一般に体色斑の集団間変異を生じにくい方向に作用する。しかし、体色斑型間に遺伝的分化が生じているならば、同類交配や雑種個体の適応度減少により、遺伝子流動のこの効果は抑制される。本研究では、オオマダラ、フタマタ、ミツトゲについて、特定の一地域における体色斑型間のミトコンドリア遺伝子の遺伝的分化を明らかにすることを目的とする。

### 2. 材料と方法

日光地域（栃木県日光市の鬼怒川水系と渡良瀬川水系）において採集した、オオマダラ7集団97個体、フタマタ5集団37個体、ミツトゲ6集団63個体のミトコンドリアDNA・CO1領域の約600bpの塩基配列を決定した。各体色斑型ペアにおけるミトコンドリア遺伝子の遺伝的分化の有無を判断するために、型間の平均塩基置換数が型内のそれより大きいかをブートストラップ法により検定した。

### 3. 結果

3種における計19個の体色斑型ペアのうち、10ペアでミトコンドリアDNAの遺伝的分化が認められた。オオマダラでは、明色個体に相当する白帯型と暗色個体に相当する褐色型との間に、フタマタでは、明色個体に相当する斑型と暗色個体に相当する黒帯型、黒茶型との間に、ミツトゲでは、明色個体に相当する灰茶型と暗色個体に相当する黒色型の間に遺伝的分化が認められた（図）。

### 4. 考察

いずれの種においても、明色個体に相当する体色斑型と暗色個体に相当する体色斑型の間にミトコンドリアDNAの遺伝的分化が認められた。このことから、3種における体色斑の適応的な集団間変異の維持には、体色斑型間の遺伝的分化が寄与している可能性がある。

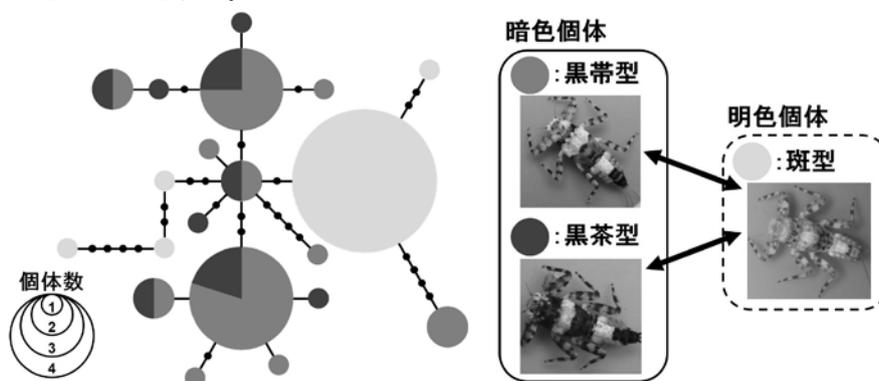


図. 日光地域におけるフタマタのミトコンドリアDNA・CO1領域の塩基配列に基づくハプロタイプネットワーク図。色の塗り分けは、そのハプロタイプに含まれる体色斑型の割合を示す。矢印は、体色斑型間の平均塩基置換数が型内のそれよりも有意に大きい ( $P < 0.05$ ) 体色斑型ペアを示す。

\*刘鑫, 伴修平, Delphine Beyrend (滋賀県大・環境), Gaël Dur (静岡大・地球), 牧野渡, 占部城太郎 (東北大・生命)

## 1. はじめに

カイアシ類の休眠卵は、堆積物に大量に存在していることが知られており、不安定な環境下における個体群維持に重要な役割を担っていると考えられている。即ち、低温、餌制限や捕食などによって、生存に不適な期間を休眠卵でやり過ごすことができる。これまでに、琵琶湖に優占するカイアシ類 *Eodiaptomus japonicus* は周年に渡って出現するにもかかわらず、湖底表層堆積物の DNA 分析より、休眠卵の存在が確認されている。本研究では、琵琶湖沖帯より湖底堆積物を実験室に持ち帰り、本種休眠卵の現存量、孵化率、および孵化した個体の成長と卵生産を調べた。

## 2. 材料と方法

湖底堆積物の採取は、2013年11月14日に、琵琶湖北湖の定点 (35°16' N, 136°04' E, 水深約 60 m) にて不攪乱採泥器 (内径 11 cm) を用いて行った。堆積物コアは 32 cm 採取でき、直ちに 1 cm ずつスライスし、4°C の暗黒条件で保存した。なお、各深度から得た試料は、<sup>210</sup>Pb 測定による年代測定を行った。本種休眠卵は、シュガーフローテーション法 (3000 rpm, 5 min) にて採取した堆積物試料より抽出し、堆積物乾重量と卵数から休眠卵密度 (eggs g<sup>-1</sup>) を求めた。ソートした休眠卵は、1 卵ずつ濾過湖水を充たした 24-well 培養プレートの 1 well (3-mL) に移し、15°C 暗黒条件にてインキュベートし、孵化時間と孵化率を記録した。孵化した N1 幼生は、それぞれ 6-well 培養プレートのそれぞれの well (10-mL) に移し、10<sup>4</sup> cells mL<sup>-1</sup> で餌藻類 (クラミドモナスとクリプトモナス、1:1 混合比) を与え、15°C で成体まで飼育し、成長時間と生存率を調べた。培養水と餌藻類は 2 日に 1 度交換した。さらに、成体に達した後は雄雌ペアで飼育し、成長実験と同じ条件で飼育し、雌が死亡するまで、各再生産パラメータを記

録した。

## 3. 結果

琵琶湖湖底堆積物の 1–10 cm 深における休眠卵密度は 1.2–3.9 eggs g<sup>-1</sup> だったが、10 cm 以下では、0.2 eggs g<sup>-1</sup> 以下であった。年代測定の結果、10 cm 深で約 30 年であり、10 cm までの孵化率は 0–43% だが、これ以下では孵化は見られなかった。孵化時間は、3.8–16.9 日で、深度に伴って長くなる傾向が見られ、短くても急発卵の卵孵化時間より長かった (Wilcoxon test,  $P < 0.05$ )。深度 1–4 cm の堆積物から孵化した N1 の 33–56% が成体まで成長した。成体までの成長時間と体サイズは、雄雌それぞれ、33.2–34.5 と 31.7–40.6 日、0.833–0.886 と 0.867–0.911 mm だった。Wilcoxon test によると、休眠卵から孵化した個体の成長時間と体サイズは、それぞれ急発卵からの個体のそれと比べて、雄では有意に大きく ( $P < 0.05$ )、雌では有意差はなかった ( $P > 0.05$ )。休眠から孵化した個体の卵生産速度は急発卵からの個体より低く ( $P = 0.017$ )、0.51 eggs clutch<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> であり、寿命も短かった ( $P = 0.008$ )。

## 4. 考察

*E. japonicus* は琵琶湖で周年に渡って優占するにもかかわらず、休眠卵の現存量は湖底堆積物中に 10 cm 深まで  $2.5 \times 10^4$  eggs m<sup>-2</sup> で存在した。2 cm 深までも  $2.5 \times 10^3$  eggs m<sup>-2</sup> なので、孵化率が 4 割程度とすると、プランクトン個体群へのリクルートに充分なり得るだろう。一方、10 cm 以深では休眠卵の孵化はみられず、本種の休眠卵の堆積物中での生存期間はせいぜい 30 年程度と考えられた。休眠卵由来と急発卵由来の個体では、成体雄の体サイズと成長時間、そして卵生産に差がみられたが、これが遺伝的な差異かどうか明らかにするは、更なる研究が必要と考えられる。

\*児玉敦也, 中村虎之介 (広島大・生物圏), 神林千晶 (広島大・理)  
清水則雄 (広島大学総合博物館), 河合幸一郎 (広島大・生物圏)

## 1. はじめに

オオサンショウウオ *Andrias japonicus* (Temminck, 1836) は、有尾目オオサンショウウオ科に属し、生涯を川の中で暮らす世界最大級の両生類である (小原, 1985)。本種は日本の固有種であり両生類としては唯一、国の特別天然記念物にも指定されている。また、河川生態系食物連鎖の上位に位置する本種は、その希少性だけでなく生物学的にも極めて重要な意味を持つ種として、保護の必要性が広く認識されている。一方で、詳細な分布や幼生の動向など保全に不可欠な情報である生活史全般を解明するにはいまだ至っていない。特に、大型の成体に比べ小型の幼生は発見されることすら稀なため、食性をはじめ巣穴からの離散後の生息場所、詳しい生態等、未解明な部分が多く同種の保全を考えるうえでの大きな課題となっている。そこで、本研究では広島県東広島市豊栄町椋梨川に生息するオオサンショウウオの自然個体群の巣穴から離散した幼生の糞分析と環境分析から、同種幼生の食性と生態を明らかにすることを目的として調査を実施した。

## 2. 材料と方法

本研究では幼生の食性調査を行うにあたり、成体に用いられている胃洗浄法を幼生に用いるのは負担が大きいと考え、糞分析を用いた。2016年2月2日、4月6日、22日、2017年1月28日、5月5日、26日に計6回の採集で捕獲された幼生70個を一時的に実験室内で飼育し、その際に回収した122個の糞中の餌生物組成を調べた。特に、水生昆虫は頭部の数を把握することで糞中の個体数を調べた。幼生の捕獲と飼育は、幼生の個体識別用のワイヤータグ挿入の為に一時的に実施したもので、その取り扱いについては、法令に基づき、東広島市教育委員会の許可を得て実施した。

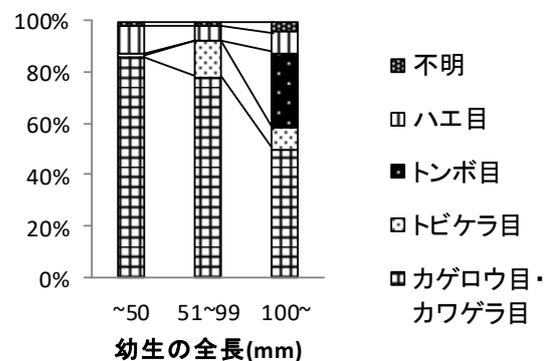
調査地の椋梨川において、幼生の生息する落葉溜り中の餌生物を調べるために、2016年4月6日に30cm 平方枠(コドラート)を用いて計20箇所底生

生物の採集を行った。

## 3. 結果

糞分析では、糞中の餌生物の9割以上を水生昆虫が占めた。その中でも、カワゲラ目幼虫およびカゲロウ目幼虫80%を占めた。次いでハエ目幼虫、トビケラ目幼虫が多くみられた。トンボ目幼虫及びサワ

幼生の全長と糞中の水生昆虫の組成



ガニは、全長100mm以上の比較的大型の個体のみで見られた。

落葉溜り中の底生生物調査では、6目の水生昆虫を中心に2582個体の底生生物を得た。ハエ目ユスリカ科およびトビケラ目ツノツツトビケラ科が優先しており、それぞれ29.3%、28.9%を占めた。糞中で80%を占めたカワゲラ目およびカゲロウ目は、環境中では全体の14.5%を占めるに過ぎなかった。

## 4. 考察

今回の結果から、椋梨川では水生昆虫が幼生の収容な餌になっていることが分かった。特にカワゲラ目およびカゲロウ目を多く捕食していることが示唆されたことは、幼生が摂餌様式、体サイズに適した餌生物を選択的に利用していることを示していると考えられる。さらに、体サイズによって餌生物組成が異なったが、これは幼生が成長により行動圏を拡大し、サイズの大きな餌生物や摂餌し易い等の摂餌効率の良い餌生物への捕食にシフトしていることを示唆していると考えられる。

東垣大祐(兵庫県立大・環境人間), 覺田青空(兵庫県立大・環境人間), 相馬理央  
(兵庫県立大・院・環境人間), 土居秀幸(兵庫県立大・院・シミュレーション)  
片野泉(奈良女子大・院・人間文化)

## 1. はじめに

本研究の対象種であるドブガイ (*Anodonta* sp.) はイシガイ目に属する大型の淡水二枚貝である。以前は湖沼や河川、農業用水路などに普通に生息していたが、改修工事や水質汚濁、農業形態の変化により生息場所が減少した。現在日本に生息するイシガイ目 17 種のうち 13 種が絶滅危惧種に指定されている (Kondo 2008)。

兵庫県には多くのため池が分布しており、農業用などの小型のため池はドブガイを含む多くの水生生物の重要な生息場所として機能している。しかし、兵庫県東播磨地域では近年、急速にドブガイが局所絶滅しているといわれている。

これまで、イシガイ目については基礎生態や生息環境の制限要因など多くの研究がなされてきた。しかし、その多くは河川や大型の湖沼で行われており、小型のため池を対象にした研究例は少ない。ため池は洪水などによる攪乱頻度の大きい河川や水温成層が発生する大型の湖沼とは異なった特徴を持った生態系と考えられる。そのため、小型のため池ではイシガイ目の制限要因が河川や大型の湖沼と異なる可能性がある。

そこで、1) ため池におけるドブガイの分布制限要因を明らかにすること、2) ドブガイの河川や大型の湖沼での制限要因とため池での制限要因とを比較することを目的として調査を行った。

## 2. 研究方法

調査は兵庫県東播磨地域のため池 25 面 (志方町 13 地点、稲美町 12 地点) を対象に、2015 年 9 月 26 日から 12 月 14 日、2016 年 7 月 27 日から 11 月 3 日の間におこなった。各ため池においてドブガイを対象とした徒手採捕をおこない、単位時間あたりの採捕数を個体数密度として扱った。また、各ため池に生息する生物は目視や網を用いた採捕で調べた。各ため池の電気伝導度、pH、水温を環境要因として測定した。また現地でも採水し、実験室に持ち帰り、ため池水に含まれる懸濁物質 (有

機物量、無機物量)、クロロフィル a 量を測定した。

各ため池の護岸率や表面積、ため池周囲の土地利用は QGIS を用いて計測した。護岸の影響はため池の大きさによって異なることが考えられる。そのため本研究では護岸率を表面積で割った値を護岸影響係数として扱った。

ため池ごとのプランクトン量、水深ごとの溶存酸素量のデータは環境コンサルタント (株) 一成が調べたデータを利用した。

これらの環境要因について志方町と稲美町のため池環境に違いがあるかを調べた。また各環境要因とドブガイの個体数密度との関係を調べた。

## 3. 結果・考察

ため池 25 面のうち 10 面 (志方町 7 地点、稲美町 3 地点) で生きたドブガイを確認した。また 5 面でドブガイの死殻を確認した。

志方町と稲美町のため池環境の違いを調べたところ、志方町のため池群は稲美町のため池群と比べて溶存酸素量が低く、プランクトン量が少なく、外来種数が多いという結果となった。このような志方町のため池環境は、これまでおこなわれてきた結果からはドブガイの生息に適していないと考えられる。しかし今回の調査では、志方町の方が個体数密度、生息地ともに多い結果となった。

各ため池におけるドブガイの個体数密度と環境要因との関係を調べた結果、護岸影響係数とドブガイ個体数密度との間に正の相関が見られた。また、外来種数とドブガイ個体数密度との間にも正の相関が見られた。

本研究ではこれまで行われてきた研究結果とは異なる点がいくつか見られた。この理由として、ため池という生態系が河川や大型の湖沼とは異なるため、これまで考えられてきたドブガイの制限要因とは異なる要因が大きく影響している可能性があると考えられる。

## アカミミガメを対象とした目視調査と環境 DNA 調査の精度 比較：ため池への外来種侵入予測ポテンシャルマップ構築に 向けて

\*覺田青空（兵庫県立大・環境人間），東垣大祐（兵庫県立大・環境人間），相馬理央（兵庫県立大・院・環境人間），源利文（神戸大・院・人間環境），土居秀幸（兵庫県立大・院・シミュレーション），片野泉（奈良女子大・院・人間文化）

### 1. はじめに

アカミミガメは北米原産の外来種で、ペットとして流通したものが遺棄され、全国各地で分布が確認されている。アカミミガメをはじめ、日本に侵入した外来種の排除を進めるためには、現状の正確な分布把握や分布予測（ポテンシャルマップ作成）が重要である。

環境 DNA 技術とは水中に存在する生物の排泄物や体液由来の DNA 断片（環境 DNA）を分析することで、生物の在不在や生物量を推定できる技術である。環境 DNA 技術によって従来の調査方法で確認が困難であった種の分布調査ができることも報告されている。そこでポテンシャルマップ作成に関して、従来の目視調査よりも環境 DNA 技術による調査データで予測精度が高いのではないかと考えた。

近年生物の在データのみを利用して生物の空間分布を推定する手法として MaxEnt モデルと呼ばれる手法が提案され、実際に利用されている。生物の在のみデータを用いるので、偽陰性に比較的頑強であると言われている。

本研究では、MaxEnt を用いたアカミミガメのポテンシャルマップ作成において、従来の目視調査と環境 DNA 技術のどちらで分布調査をした方が、より予測精度が高いのか検討することを目的とし、両者の比較を行った。

### 2. 研究方法

姫路市内のため池 100 面にて、2016 年 7 月から 11 月にかけて野外調査を行った。対象種はアカミミガメとし、目視調査前のため池の岸表面から環境 DNA 分析用に 500mL 採水し、冷蔵して持ち帰った。採水した水は実験室にてろ過（GF/F）、DNA 抽出（DNeasy blood and tissue kit）を行い、冷凍保存した。抽出した DNA サンプルは種特異的なプラ

イマーを用いてリアルタイム PCR にて分析した。目視調査では、ため池 1 面の調査中に約 3 分間の目視で確認できたアカミミガメの数を記録した。以上から得られた結果を MaxEnt にて目視調査と環境 DNA 技術に分けてモデルを作成し、比較を行った。MaxEnt の環境要因データには、DIVA-GIS サイト内の Free Spatial Data から標高、土地利用、人口、道路、水域、気候データを用いた。

### 3. 結果・考察

調査の結果、ため池 100 面中、アカミミガメが目視でも環境 DNA 技術でも確認できたのは 11 面、目視で確認できず環境 DNA 技術で確認できたのは 9 面、目視で確認でき環境 DNA 技術で確認できなかったのは 10 面であった。目視で確認でき環境 DNA 技術で確認できなかった地点については、環境 DNA 検出の阻害要因などを検討する必要がある。

MaxEnt の環境要因データに標高、土地利用、人口、道路、水域、気候データを用いてモデルを作成したところ、ROC 分析による AUC の数値的にはほぼ同じであるが（目視調査 AUC=0.995、環境 DNA 技術 AUC=0.990）、目視調査の方がモデルへの当てはまりが良いという結果になった。しかし各要因のモデルへの寄与率を見ると、目視調査において人為的要因（土地利用、人口）がモデルに対してより寄与していることが分かった。環境 DNA 技術よりも目視で分布調査を行った場合、人間活動に影響される可能性が考えられる。人口が多く、アカミミガメを遺棄しやすいところでは個体数も多く目視で発見されやすい。またこれらの結果から、目視調査よりも環境 DNA 技術の方が人為的要因（土地利用、人口）に左右されにくく、分布推定ができると考えられる。

# 2P14

## 日本における *D. pulex* のクローン分布を

### 決める要因：種内競争能力からの考察

\*丸岡 奈津美（東北大・生命），占部 城太郎（東北大・生命）

#### 1. はじめに

日本の湖沼に生息しているミジンコ *Daphnia pulex* は、北米からの侵入種であり、有性生殖をしない絶対単為生殖型であることがわかっている (So et al. 2015)。これまで、日本には *D. pulex* の4つの遺伝子型 (クローン) が侵入しているが、このうち日本国内で広く見られるのは JPN1 遺伝子型であり、JPN2 型は東日本に、JPN3 型と JPN4 型は西日本の限られた範囲に分布している (図1)。つまり、日本の *D. pulex* は遺伝子型ごとにその分布域や分布範囲に偏りがある。*D. pulex* は、休眠卵により分布を広げるため、その分散能力は大きいと考えられている。もし、そうであるなら、各遺伝子型は国内に広く分布しても良さそうである。それにも関わらず、遺伝子型の分布になぜ偏りがあるのだろうか。

そこで、本研究では日本における *D. pulex* 遺伝子型の分布範囲の違いは、種内での餌をめぐる競争能力によって決まっているという仮説を立て、検証実験を行った。

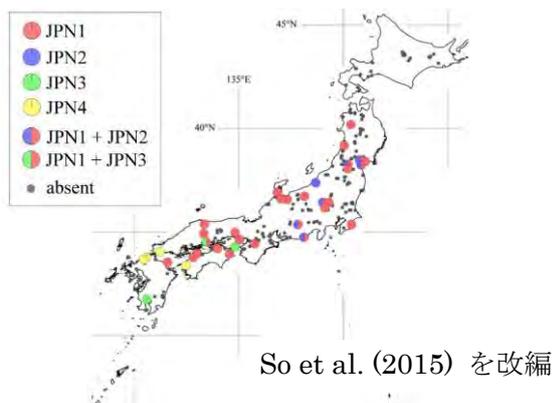


図1：日本における *D. pulex* 遺伝子型の分布

#### 2. 材料と方法

実験には、日本国内で採集し実験室で継代培養している *D. pulex* 遺伝子型4タイプを用いた。実験にあたっては、各遺伝子型の個体を1匹ずつ、餌濃度0.05~1.00mgC/Lの範囲で5日間飼育し、体成長速度と生残率を調べ、成長に必要な閾値餌濃度と50%生残餌濃度を求めて、各遺伝子型の競争能力を評価

した。餌には緑藻である *Scenedesmus obliquus* を用い、実験温度は20°Cに設定した。

#### 3. 結果

成長速度は JPN2 のみ有意に遅く、JPN1, 3, 4の間では違いがなかった (図2)。また、成長に必要な閾値餌濃度を比較すると、JPN1, 3では最も小さく、それに次いで JPN4、JPN2 の順番で大きいことがわかった。50%生残餌濃度は、JPN2 で有意に大きかった。

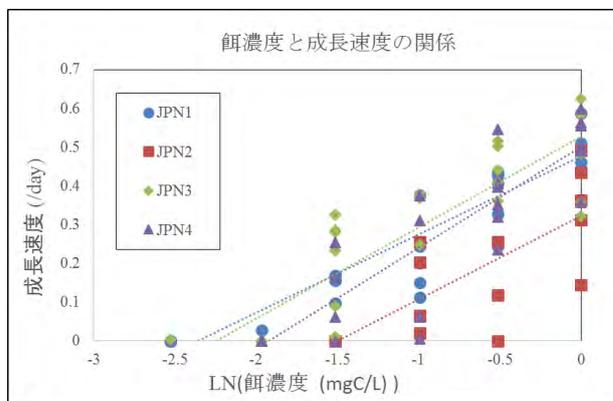


図2：実験結果 餌速度と成長速度の関係

#### 4. 考察

本研究での結果から、JPN2 は他の遺伝子型よりも競争能力が低いことが示唆されたが、他の3遺伝子型間では、その競争能力に大きな差はないことがわかった。つまり、JPN1 が JPN2 に比べて広く分布しているのは競争能力の違いによるものかも知れないが、JPN3 や JPN4 の遺伝子型の分布が限られているのは種内競争のうえで劣位にあるからではない。

JPN2 が、競争能力の低さにもかかわらず、JPN3 や JPN4 に比べて比較的広い範囲に分布しているのは、休眠卵の作りやすさが関係しているのかも知れない。JPN2 は環境が悪化した場合にいち早く休眠卵を作る特性があり、それにより競争排除を回避しているのかも知れない。また JPN3 や JPN4 が、一部の地域にしか分布していないのは、これらの遺伝子型が温暖な気候を好み、寒冷な気候に適応できないためかも知れない。この新たな仮説は、より低い温度での成長実験を行い、検証する予定である。

\*木村成子（滋賀県大・環境）・大前公保・吉田天士・左子芳彦（京大・農）  
大竹裕里恵（東大・総合文化）・大槻朝・占部城太郎（東北大・生命）  
山田和芳（ふじのくに地球環境史ミュージアム）・吉田丈人（東大・総合文化）

## 1. はじめに

自然環境中において、ファージ（細菌に感染するウイルス）とその宿主は、対立する関係にあるにも関わらず、両者は淘汰されることなく共存し続けている。先行研究より、その環境に適応し出現頻度が高くなった(優占)宿主とその感染性ファージの間で急速な軍拡競争型共進化が起きることによって多様性が創出され、その中で適応した遺伝子型が頻度依存選択により維持されることにより、両者の共存を可能にしていると推察された。従って、自然環境中におけるファージおよび細菌の多様化の様式を解明することはそれらの共存理由を知る手がかりとなる。湖底堆積物は、長年に渡って生物の死骸が降り積もったものであり、これまでの生物の変動を研究するには良い材料である。そこで、本研究では、共進化を通じた宿主-ファージ多様化の様式を観察するための感染系の探索、つまり優占宿主の探索を目的として、湖底堆積物中の微生物群集解析を行った。

## 2. 材料と方法

2016年10月に長野県の深見池において、マッケラスコアラー及びリムノスコアラーを用いて堆積物のサンプルを採取した。深見池はすり鉢状をした特異的な地形であることから、その堆積物は、春から秋に多い植物プランクトンの堆積物と冬に多い陸上起源鉱物の堆積物が一年を単位として堆積し、縞模様をしている。先行研究より、その年縞より年代推定が可能で、本サンプリングでは、約200年分の湖底堆積物を得た。マッケラスコアラーでは、約3mの堆積物が得られ、それを10cm間隔でスライスした。マッケラスコアラーでは、湖底表層付近のサンプル採取ができなため、リムノスコアラーにて、湖底表面から約30cmの堆積物を採取し、それらを3cm間隔でスライスした。リムノスサンプルでは、湖底表面から3-6、9-12、15-18、21-24、27-30及び33-36cmの各層より、マッケラスサンプルでは、採取最深部より10-20、50-60、127-137、166-177、

207-217、247-257及び287-297cmの各層よりDNAを抽出した。そのDNAを鋳型として、細菌の16S rRNA遺伝子のV3/V4領域をPCR増幅後、MiSeq (Illumina) を用いて網羅的な配列決定を行った。

## 3. 結果と考察

解析した全ての試料より細菌の16S rRNA遺伝子の配列を得ることができ、合計で10,138,071リードの塩基配列を決定した。それぞれの得られた配列を97%塩基配列相同性でクラスタリングしたところ、各層より2,131-4,219のOTUが得られた。多様度指数(シャノン指数)は4.21-6.51と全層に渡って高い値を示した。クラスターをサイズの大きい順に並べ替えたところ、*Sulfuricuvum* 属、*Thiobacillus* 属、*Sulfuricella* 属が上位を占め、硫黄循環に関わる細菌が多く認められた。それらのOTUに含まれる配列数を層間で比較すると、堆積物上層、中層、下層のそれぞれの層で優占するOTUが異なっていた。したがって、どの層にも硫黄循環に関わる細菌が多く認められるが、その組成は大きく異なっていると考えられた。これらは、優占細菌ではあるが、過去を示す細菌だけでなく、現在活性を有している細菌も含まれていると考えられた。次に、全細菌のうち、8,534リード(0.08%)がシアノバクテリア由来だった。それらの配列は、97%塩基配列相同性で201-1803 OTUに分けられた。シャノン指数は0.88-2.71で、多様性は表層で高く、深層ほど低かった。クラスターをサイズの大きい順に並べ替えたところ、*Anabaena* 属と *Synechococcus* 属が上位を占めた。表層から約40cmまでの層では、*Anabaena* 属が13-64%を占め、それ以深では、*Synechococcus* 属が13-64%を占め、上層と下層では優占種が異なった。堆積物中で優占していたこれら2属は、光合成細菌であるため、現在、堆積物中で活性を有しているものではなく、深見池の過去のシアノバクテリアの変動を示していると考えられた。従って、今後、この2属のシアノバクテリア-ファージ感染系を対象として、それらの多様性解析を行っていく。

## Application of DNA barcoding for identification of rotifer gut contents

\*Oh Hye-Ji (Kyung Hee Univ.), Jo Hyun-Bin (Pusan National Univ.)

Chang Kwang-Hyeon (Kyung Hee Univ.), Joo Gea-Jae (Pusan National Univ.)

### 1. Introduction

There are various species of zooplankton, which has different feeding behavior depending on their ecological characteristics. It is known that zooplankton takes phytoplankton as their primary food sources, but they also consume various types of micro-organisms, such as protozoa and bacteria. Furthermore, they often have strong prey selectivity. Especially, in the aquatic ecosystems, prey selectivity of rotifers can play an important role in the matter cycles and energy flows through species-specific prey-predator interactions in connecting the microbial loop and the grazing food chain. In previous studies, prey selectivity was examined by feeding experiments under limited conditions and for the analyses using a microscope, there are still many difficulties in identifying prey selectivity of zooplankton. Recently, the environmental DNA technology became popular method in many aquatic ecology fields. Therefore, in the present study, we tried to apply the DNA barcoding technology to analyze zooplankton gut contents, in particular for rotifer species, to estimate their food selectivity among flagellates, ciliates, and bacteria using universal primers. In particular, we tried to develop appropriate treatments for extracting gut contents without contamination in the process of target species sorting.

### 2. Materials and Methods

To test the treatments to remove unnecessary DNA fragments(Figure 1), we collected lake water and zooplankton from the field(Giheung Reservoir, Korea). For identification of zooplankton gut contents, DNA barcoding was conducted(primers: SR12C F-25F1 rev for Flagellates, degeneration D1 for-D2 rev for Ciliates, and V7-8 for-rev for Bacteria) for lake water and selected rotifer species.

### 3. Results and Discussion

The results showed that NaOCl(commercial bleach) can

efficiently remove the surrounding DNA. Especially, the 50% dilution of commercial bleach(3 minutes washing of target zooplankton) seems to remove only surrounding DNA without the damage of gut contents. Using this treatment, gut contents of three rotifer species(*Keratella cochlearis*, *Trichocerca* sp., and *Hexarthra* sp.) were examined and the results showed that the all species consumed bacteria, but only *Hexarthra* sp. consumed flagellates. Although this is preliminary DNA barcoding approach for the rotifer feeding behavior, it would provide valuable information regarding the interactions between rotifers and microbial organisms if we improve the methods through proper experiments

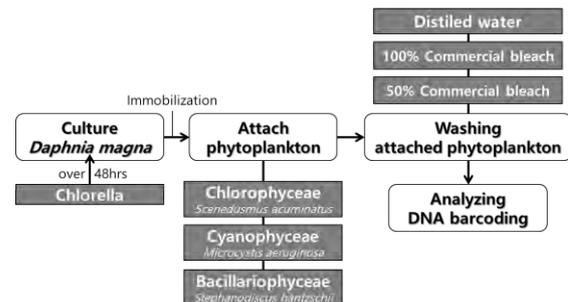


Figure 1. Process for separation of the DNA inside zooplankton(*Daphnia magna* fed by *Chlorella* only and non-fed phytoplankton)

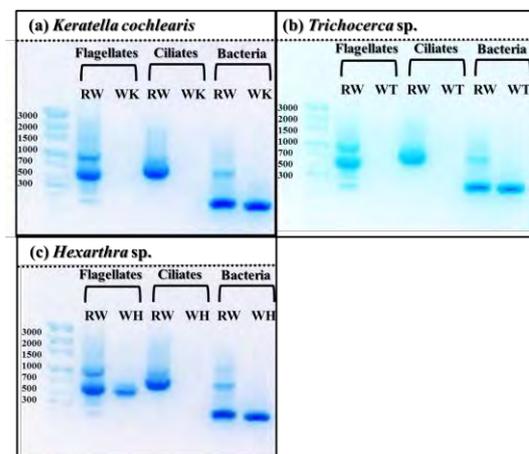


Figure 2. The results of gel electrophoresis (RW: row water, WK: washed *K. cochlearis*, WT: washed *Trichocerca* sp., WH: washed *Hexarthra* sp.)

2P17

Web 公開不希望

\*野口拓水（東北大・理）・風間健宏・平間文也（東北大院・生命）・Tyler Tappenback（モンタナ州立大・FLBS）・土居秀幸（兵庫県立大院・シミュレーション）・片野泉（奈良女子大・生物）・吉田丈人（東大院・総合文化）・山道真人（京大・白眉）・James Elser（モンタナ州立大・FLBS）・占部城太郎（東北大院・生命）

## 1. はじめに

湖沼には藻類による光合成由来（自生性）の有機物のみならず、陸域由来（外来性）の有機物も多く存在する。外来性の有機物は、その殆どが溶解態であるため、動物プランクトンの栄養資源となるには、細菌を起点とする腐食連鎖に取り込まなければならない。しかし、自生性有機物である植物プランクトン（生食連鎖）と外来性の有機物を起点とする腐食連鎖の二次生産に対する相対的重要性は良く分かっていない。そこで本研究では、自生性有機物量を制御するために光環境を、外来性有機物量を直接加えることでその影響を操作する野外実験を行い、代表的な動物プランクトンである *Daphnia* を対象に、その生物量や成長量から、二次生産に及ぼす自生性および外来性有機物の相対的な重要性を調べた。

## 2. 材料と方法

野外実験は6月12日から8月17日の67日間、モンタナ州 Lost Lake にて行った。湖の最深部に直径1 m、深さ2 mの円筒形のエンクロージャー12基を設置し、光環境およびDOC環境を操作した。光条件は、自然の光環境である明区と、寒冷紗を用いて照度を<10%に操作した暗区を設置した。DOC添加物として、カバ、マツ、ハコヤナギなどの落葉を粉碎し、水を加え24-48時間混合したのち、35  $\mu\text{m}$  目合いのメッシュでろ過した液を用意した。これを3週間に1回、計3回加えた添加区と、加えない非添加区を設けた。各操作の繰り返しは3とした。エンクロージャー内部には、100  $\mu\text{m}$  目合いのネットで濾過した湖水1000 Lを満たした。動物プランクトン群集として、近隣湖沼（Loon Lake）で採集した *D. pulicaria* 約200個体、およびLost Lake 表層から水深9 mにかけて、100  $\mu\text{m}$  目合いのネットを鉛直引きして得られた動物プランクトン群集を各エンクロ

ージャーに加えた。各エンクロージャーは週2回、内部の水をよく攪拌混合した。

*Daphnia* の成長実験は、8月1-5日、および7-11日の2回行った。実験にあたって、まず近隣湖沼（Loon Lake）で採集した *D. pulicaria* 個体を飼育培養し、新生個体を得た。次いで、各エンクロージャーから得られた水50 mLをバイアルに満たし、生後24時間以内の新生個体を1個体ずつ入れ、毎日水を交換しながら、室温・弱光（0.5  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ ）条件下で5日間培養した。繰り返しは5とし、合計120個体を培養した。培養終了後、*D. pulicaria* を乾燥させ、重量を測定した。また、開始時の新生個体5個体ずつの乾燥重量も同様に測定し（10繰り返し）、実験開始時と終了時の個体重量から、指数関数的成長を仮定して1日当たりの成長速度を算出した。

## 3. 結果および考察

野外実験の結果、各実験区の *D. pulicaria* の生物量は、明・DOC添加区で最も高く、明または暗条件のDOC非添加区で最も低くなった。また、DOC添加区と非添加区の生物量の差は、明区と暗区の差よりも大きかった。このことは、添加した外来性有機物が *Daphnia* の生産を十分に担っていたことを示している。さらに、DOC添加した場合の明区と暗区の生物量の差は、DOCを添加しなかった場合での明区と暗区の差よりも大きく、明条件でのDOC添加区と非添加区の生物量の差は、暗条件でのDOC添加区と非添加区の差より大きかった。

成長実験では、DOC添加区の水で飼育した *D. pulicaria* の成長速度は、DOC非添加区の水で培養したものよりも高かった。また、光合成量が多い明区の水で培養した個体と、暗区で培養した個体では成長速度に差が見られた。

以上の結果から、湖沼の二次生産に対する自生性と外来性有機物の相対的な重要性を考察する。

# Seasonal variations of autotrophic picoplankton abundance in Lake Biwa, with special reference to their grazers

\* Ji Cai, Yoshikuni Hodoki, Shin-ichi Nakano  
(Center for Ecological Research, Kyoto University)

## 1. Introduction

Autotrophic picoplankton (APP), phytoplankton less than 2 or 3  $\mu\text{m}$  in cell size, are ubiquitous and abundant in aquatic environments. Generally, APP in lakes are composed of 3 types by morphology: picoeukaryotes (Peuk), single-celled picocyanobacteria (SPcy) and colonial picocyanobacteria (CPcy). One of the most important ecological roles of APP is that they are key components in microbial loop as food items for small protists such as heterotrophic nanoflagellates (HNF) and ciliates. It is estimated that 40-80% of organic matter produced by APP is taken up by protists and then transferred to higher trophic levels.

In addition, recent studies have shown that zooplankton such as rotifers, cladocerans and some species of copepods also graze on APP effectively. So, it is possible that APP play broader ecological roles in aquatic food web. However, interaction between APP and zooplankton grazers *in situ* remain unclear, since few studies have been focused on seasonal dynamics of both APP and zooplankton.

In this study, seasonal samples of APP (Peuk, SPcy, CPcy) and their grazers (HNF, ciliate, rotifer, cladocera, copepod) were collected from Lake Biwa. We applied convergent cross mapping (CCM) to detect the underlying causality between APP and different grazers. Finally, we tried to assess the overall ecological roles of APP in planktonic food web in Lake Biwa.

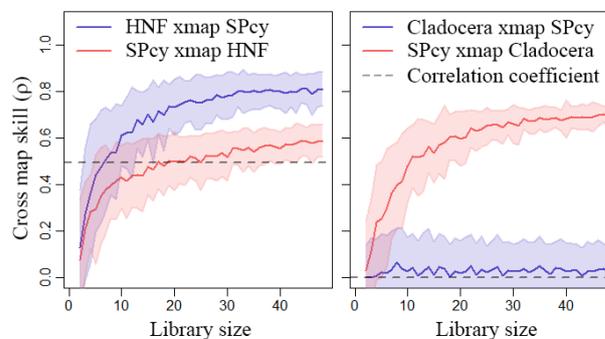
## 2. Materials and Methods

The present study was conducted from July 2015 to June 2017 at the station Ie-1 in the north basin of Lake Biwa. Water samples were collected bimonthly from the epilimnion with a Niskin sampler. Samples for APP and HNF enumeration were fixed with glutaraldehyde at a final concentration of 1%. Samples for ciliates and zooplankton were concentrated using a 20  $\mu\text{m}$ -mesh-size plankton net and fixed by acid Lugol's solution at a final

concentration of 5%.

CCM was applied to analyze causality between Peuk, SPcy, CPcy and their potential grazers. We followed the algorithms that described in the supplementary text of "Detecting causality in complex ecosystems" and in the "rEDM" package available in the CRAN repository.

## 3. Results



In CCM, the skill of cross mapping (i.e. the relative strength of causality) is indicated by mean correlation coefficient  $\rho$ . Note that the results of CCM should be interpreted in the opposite direction of causation. That is, "HNF xmap SPcy" suggests the causative effect of SPcy on HNF. While "Cladocera xmap SPcy" suggests that SPcy do not causatively affect Cladocera because  $\rho$  didn't increase with library size (not convergent). Our results showed a bidirectional interaction between SPcy and HNF, and an unilateral effect of cladocera on SPcy.

Other causal links detected with CCM are: Peuk $\leftarrow$  HNF, SPcy $\leftarrow$  rotifer, SPcy $\leftarrow$  copepod, CPcy $\leftrightarrow$  HNF, CPcy $\leftarrow$  rotifer and CPcy $\leftarrow$  cladocera.

## 4. Discussion

Compared to correlation analysis, CCM provided much detailed results about causality between the prey and grazers. Our results have shown that APP are also strongly affected by zooplankton grazing, especially cladocerans and rotifers. Thus, APP may play more diverse ecological roles in aquatic food web than previously considered.

## 1. Introduction

It is widely known that in the future, world population could exceed 9 billion people by 2050. The current food production will need to be doubled to accommodate this number of people. In twenty-first century, the relevant issues would come up, such as the rising cost of animal protein, food and feed insecurity, environmental pressures, population growth and increasing demand for protein among the middle classes. Thus, alternative solutions to conventional livestock and feed sources urgently need to be found. The consumption of insects, or entomophagy, therefore contributes positively to the environment and to health and livelihoods.

Aside from the population increase, climate change also plays a role in securing food supply in the future, especially to the fishing sectors. Overfishing is one of the problems in food production and security as well as aquatic ecosystems. It is meant to revitalize the fish biomass which would lead to increased yield in the future, however in the meantime it could be a problem for countries that rely heavily on fishing as their food source and income.

In this research, several benefits of insect meat production will be explored to mitigate the loss that might be caused by overfishing and climate change.

## 2. Materials and Methods

1. Literature review regarding insect rearing including their impact on environment as well as their nutritional value.
2. Statistical modeling in potential benefit of insect

rearing in mitigating the loss that might be caused by overfishing and climate change.

## 3. Results

Insect is eaten by about 2 billion people around the world and around 1900 species of insect is edible for human consumption. The benefit of entomophagy is not only in its nutritional value, but also to conserve the environments as well. Insect as a protein source is

comparable to present conventional livestock, such as chicken, pork, beef and even fish. Insect rearing doesn't require land clearing and its greenhouse gases (GHG) emission is lower than conventional livestock. And because of their coldblooded property, they convert feed more efficiently. One of the biggest advantages of insect rearing is their land utilization is minimal compared to other conventional livestock.

To mitigate the loss caused by decreased fish supply during high seas closure, diversification of food productions using insect is one of several ways that could be taken in future.

## 4. Discussion

Although high seas closure in general give ecological benefit, it might have a negative effect on food production especially in the developing countries. Therefore, it is suitable to mitigate the loss in fish supply caused by high seas closure with insect rearing because the biggest advantage of insect rearing is their land utilization and environmental impact is minimal compared to other conventional livestock.

\*岡崎一眞 (東邦大院・理)、田辺雄彦 (筑波大院・ABES)  
鏡味麻衣子 (東邦大院・理)

## 1. はじめに

アオコを形成するシアノバクテリア *Microcystis aeruginosa* はミクロシスチンなど毒を産生・放出し、ときに人間や家畜に対して悪影響を与えている。一方で、*M. aeruginosa* には毒を産生しない系統も存在し、形態も多岐にわたる。*M. aeruginosa* は8つの系統(A-G,X)に分かれており(Tanabe et al. 2007)、これは様々な環境要因への適応を反映していると推察されている。

水質が国内で最下位(2015年度)である印旛沼では、*M. aeruginosa* のブルームが頻繁に確認されている。

本研究は、印旛沼における *M. aeruginosa* の出現する系統を明らかにするとともに、地点間での分布パターンの違いから、各系統の出現に関与する環境要因を明らかにすることを目的とした。

## 2. 材料と方法

調査は印旛沼の21地点を対象とし、2015年3月、4月、7月、8月、10月に行った。1Lボトルで表層水を採水した。*M. aeruginosa* の系統は、クローンライブラリー法により解析した。採取した湖水の一部(100mL)を孔径0.2 $\mu$ mのメンブランフィルターで濾過した。解析には、2015年8月に採取した4地点にくわえ、2014年8月の試料も含めた。抽出した全DNAから *ftsZ* 遺伝子座(約400bp)に対して特異的なプライマーftsF/ftsRを使用し、*M. aeruginosa* の *ftsZ* のみをPCRにより増幅した。Zero TOPO cloning kit(Invitrogen)を使用して大腸菌クローニングを行い、*M. aeruginosa* の系統を明らかにするとともに、各系統の出現頻度を明らかにした。

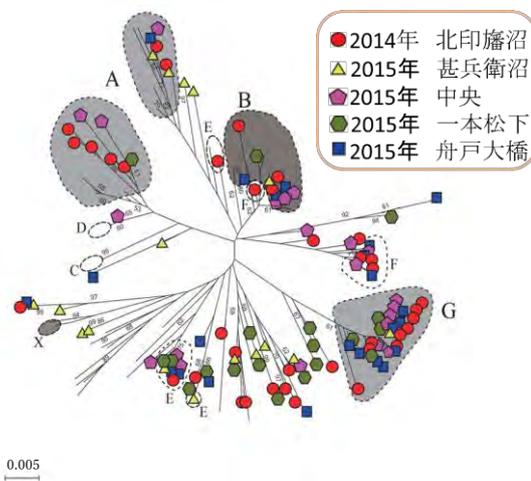
*M. aeruginosa* の空間分布を明らかにするため、採取した全月、全地点のサンプルの一部(25mL)をグルタルアルデヒドで固定した。*M. aeruginosa* の細胞数を計数した。同時に各地点ごとに栄養塩濃度や水温などの環境要因11項目を測定し、*M. aeruginosa* の細胞数との関係を主成分分析により解析した。

## 3. 結果と考察

*M. aeruginosa* の細胞密度や出現系統は地点によって異なった。5つの系統(A,B,E,F,G)が検出され、全ての地点からミクロシスチン毒性を持つA・B系統の出現が確認された(図1)。毒性を持つA・B系統は全ての地点で出現していることから、印旛沼にはアオコ毒が広く存在していることが示された。また、印旛沼においてG系統の出現の確認がはじめてされた。G系統は2004年以前は日本のどこからも検出されない系統であったが、霞ヶ浦水系において2005-2009年に突如大量発生した系統である(Tanabe et al. 2009)。北印旛沼中央と舟戸大橋ではG系統の出現頻度が高く、中でも舟戸大橋は確認された系統の約45%がG系統だった。舟戸大橋や北印旛沼では *M. aeruginosa* の細胞密度も高く、G系統が発生しやすい環境要因が存在した可能性が示唆された。

一方、甚兵衛沼では既知系統の出現頻度が低く *M. aeruginosa* の細胞密度自体も低かった。*M. aeruginosa* の発生を抑える環境要因がそんざいしているのかもしれない。

*M. aeruginosa* の細胞密度と環境要因の関係を調べたところ、水温にくわえアンモニア態窒素との関連性が示唆された。印旛沼においては、アンモニア態窒素は季節だけでなく地点によっても濃度が大きく変化する。印旛沼における *M. aeruginosa* の発生はアンモニア態窒素が関係している可能性がある。



【図1】 *M. aeruginosa* の種内系統樹

\*松岡俊将(兵庫県大院・シミュレーション)、佐藤博俊(龍谷大・理工)、  
原田憲(兵庫県立大・環境人間)、片野泉(奈良女子大・理)、  
土居秀幸(兵庫県大院・シミュレーション)

### 1. はじめに

菌類は、有機物の分解、生きた動植物との共生・寄生といった生活を通じ、森林生態系においてユニークな機能を担っている。これまで、森林における菌類相評価は、主に土壌や植物組織を対象として行われており、森林中の菌類は高い種多様性を持つこと、菌類種組成は植生の違いに大きく影響を受けることなどが確かめられてきた。しかし、一般に土壌中では菌類種組成の空間的異質性が高く、景観スケール(~数キロメートル)での菌類多様性を推定するためには、空間構造を考慮した多量のサンプルを解析する必要がある。一方近年、森林内を流れる河川水中には、水中で生活する菌類に加えて、周囲の陸域に生息する菌類の遺伝子が含まれることがわかってきた。これは、河川水を解析対象とすることで、集水域の菌類相情報を得られる可能性を示している。

そこで本研究では、河川水を対象とした菌類メタバーコーディングを行うことで、河川水中にどのような菌類が含まれているのか、そして菌類相は周囲(集水域)の環境を反映しているのかを調査することを目的とした。

### 2. 材料と方法

サンプリングは2015年の5月、9月、10月に兵庫県西部にある揖保川上流域で行った。異なる支流を含む計19点(約10km以内)において、川の中心部から1-5Lの水を採集した。採集した河川水はフィルターろ過を行い、ろ紙からキットにより全DNAを抽出した。PCRにより、各サンプル中に含まれる菌類マーカー遺伝子(ITS1)領域を増幅し、MiSeqを用いて塩基配列を決定した。得られた配列は低クオリティの配列を除いたのち、97%の配列相同性に基づき操作的分類群(OTU)にまとめた。各OTUについて、データベースとの比較により分類群の推定を行った。

各調査地点のGPS座標を基に、地理情報システムから調査集水域面積と植生情報を得て、調査地点間の空間距離を計算することで、菌類相と集水域の植生・空間距離との関係を解析した。

### 3. 結果

全19サンプルから、合計で696 OTUが検出された。このうち最も多様な菌群は子嚢菌類であり、281 OTUが検出された。サンプル当たりのOTU数は $126 \pm 37$  OTU(平均±SD)で、OTU数と植生、空間距離との関係は検出されなかった。属レベル以上で分類群情報が得られた120 OTUについて機能群の推定を行ったところ、水生菌類は24 OTU、陸生菌類は96 OTUであった。このうち水生菌類では分解菌、陸生菌類では内生菌や病原菌など植物関連菌が主要な機能群であった。OTU組成は、サンプル採集場所の空間距離が近いほど似ていた。このOTU組成の構造は、空間距離によって有意に説明されたが、集水域の植生では有意には説明されなかった。

### 4. 考察

本研究結果は、河川水中の菌類相評価におけるメタバーコーディングの有用性と、河川水中の菌類相を調べることで陸域の菌類相情報も得られる可能性を示している。本研究結果は、河川水集の菌類相には集水域レベルでの植生よりも空間距離の影響が強いことが示唆しており、10km以上の空間スケールでは菌類の分散制限が菌類相形成に強く影響していると考えられる。今後は、水中から検出される菌類が実際に周囲の陸域で生育しているのかを明らかにするために、水中と陸域の菌類相比較を行う必要がある。また、より狭い空間スケール(~数km程度)での菌類相と環境要因(周囲の植生や水質)との関係について調査を進める必要がある。

永野 真理子\* (兵庫県大院・シミュ)、牧野 渡 (東北大院・生命)、  
土居 秀幸 (兵庫県大院・シミュ)、松岡 俊将 (兵庫県大院・シミュ)

### 1. はじめに

プランクトンの種構成や個体数のモニタリングが、湖沼やダム湖において長期にわたり行われているが、プランクトンの分類同定には、顕微鏡による形態的判別が一般的である。しかし、プランクトンは同一種であっても成長段階や季節的に形態が異なり、網羅的にプランクトンの出現種を把握するには専門知識と同定技術が必要となる。そのため、データの客観性が担保されないことや、同定の質を一定にそろえるためには時間と労力が必要であるという問題点がある。そこでプランクトンのモニタリングに、環境 DNA (environmental DNA) の手法を用いることができれば、これらを解決できると考えた。環境 DNA 分析は、生物の形態学的な種同定が必要ないことはもちろん、メタバーコーディング法により 1 検体の水試料だけで多種を検出できることが利点である (高原ら 2016)。本研究は、1900 年代初頭からプランクトンの調査が継続的におこなわれている琵琶湖において、既存のプライマーを複数用いた環境 DNA メタバーコーディングから、プランクトン群集の把握を試みた。

### 2. 材料と方法

#### 2-1 サンプリング方法

2017 年 5 月に、琵琶湖唯一の流出河川の瀬田川と湖の西側 2 地点 (堅田、近江舞子) において、1 L の表層水を採水した。

#### 2-2 ろ過、DNA 抽出と分析方法

各サンプリング地点の湖水と、クーラーブランクとろ過ブランクである蒸留水を、ろ紙 (GF/F、0.7  $\mu$  m、 $\phi$  47mm、Whatman) を用いてろ過した。DNA 抽出はキット (DNeasy Blood & Tissue Kit, Qiagen) を用いて行い直ちに冷凍した。DNA のメタバーコーディングは超並列シーケンサー Illumina MiSeq を用いた。プライマーは領域の異

なるものを含む 6 種類使用した (COI、16S rDNA、18S rDNA は 4 領域で V4、V5、V9\_1、V9\_2)。自動分子同定ソフトウェア Claident によって、配列の相同性は 99% で操作的分類群 (OTU) にまとめた。同定用のデータベースとして NCBI に登録される全生物の各領域の遺伝子配列を用いた。

### 3. 結果

全 OTU 数はプライマー間で異なり、COI、16S、V4、V5-7、V9\_1、V9\_2 の順に 477、312、23、20、1260、1264 だった。そのうち解析対象となる OTU 数は、上記と同様の順に 71、67、22、16、297、253 OTU だった。プライマーのうち、もっとも多くプランクトンの OTU 数が得られたのは COI 領域のプライマーで、9 種同定できた。一方、プランクトンをいずれの分類レベルでも同定できなかったのは、V4 と V5 を対象としたプライマーだった。

### 4. 考察

瀬田川の動物プランクトン相については、ゾウミジンコ (*Bosmina longirostris*) が、本研究の同時期の優占種であると、琵琶湖環境科学研究センターより報告されている。本研究の結果と比較すると、COI と 16S では *Bosmina* 属レベルまでの同定で、リード数もかなり少なく、V9\_2 では科レベルまでの同定であるが、リード数が多いことから、形態分類による同定ともっとも近い結果を得られた。環境 DNA 分析によるプランクトン種の把握は、プライマー間で精度が異なることがわかった。この違いは、DNA データベースの充実度や、プライマーのもつ特性 (どの領域を対象にしているかや、シーケンスの長さ) によって生じると考えられる。また環境 DNA の手法は、おもに魚類を対象としているので、プランクトンへの適用には、採水方法や抽出方法を検討する必要があるかもしれない。

\*横内雅大 (信州大院・総合理工), 宮原裕一 (信州大・山岳)

## 1. はじめに

長野県中央部に位置する諏訪湖では、2000年までは主に *Microcystis* を主とした藍藻が夏期の植物プランクトン種であったが、現在では、藍藻とともに珪藻も夏期の主要な植物プランクトン種となるなど、近年植物プランクトンの種組成が大きく変化している。一般に、植物プランクトンの種組成は水温や栄養塩の絶対量のほかに、栄養塩の組成の影響も受けるため、富栄養化が進むと相対的に溶存態シリカが不足し、非珪藻類が優占すると言われている。

富栄養湖の諏訪湖では下水道の整備が進み、現在水中の窒素・リン濃度は減少傾向にある。しかし、1979年以降通年で湖水中のシリカ濃度は測定されていない。そこで、本研究では諏訪湖栄養塩の現状を明らかにするために、諏訪湖における窒素、リン、シリカと植物プランクトンの季節変動について解析を行った。

## 2. 材料と方法

### 1) 試料の採取

諏訪湖の湖心および流入・流出河川において試水を採水した。これら試水は、いずれも孔径 0.45  $\mu\text{m}$  のメンブレンフィルターでろ過した後、ポリエチレン製ビンに入れ、分析時まで暗所で保存した。また、植物プランクトン数の計数のため、湖水を中性ホルマリン (1.5%) で固定した。

### 2) 分析項目

試水原液またはろ液について、全窒素、溶存態全窒素、溶存態無機窒素 (DIN)、全リン、溶存態全リン、リン酸態リン ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )、溶存態シリカ (DSi)、生物態シリカおよびクロロフィル (Chl.a) の濃度を測定した。また、ここでは全窒素と溶存態全窒素、全リンと溶存態全リンとの差を、それぞれ生物態窒素、生物態リンとした。生物態シリカはろ過に用いたフィルターをアルカリ抽出することで求めた。植物プランクトンの組成は湖水に含まれる細胞数を顕微鏡下で計数することで求めた。

## 3. 結果および考察

2016年3月から4月にかけて植物プランクトンが増加した際、DIN、 $\text{PO}_4\text{-P}$  および DSi 濃度はいずれも減少していた。これは水中で植物プランクトンが増える際、これら栄養塩が利用されたためと考えた。そこで、諏訪湖の植物プランクトン中の栄養塩の組成を調べたところ、その N:P:Si 比 (モル比) は 18.8 : 1 : 92.6 であった (8月から12月の平均値)。この比を湖水中の溶存態栄養塩比と比較することで栄養塩の欠乏状況の評価を行うこととした。4月から8月の湖水中の DIN/ $\text{PO}_4\text{-P}$  比や DIN/DSi 比は上記の植物プランクトンの体組成比よりも低く、この間の諏訪湖は DIN 制限にあると考えられた。また、2016年4月から6月にかけて Chl.a 濃度は減少しており、植物プランクトン量は減少していた。さらに、植物プランクトンの計数結果から、同年4月には見られなかった窒素固定型の藍藻 *Anabena* が8月と9月に確認された。これらは DIN 制限の影響と考えられた。

一方、1977年の栄養塩濃度の季節変動は2016年と同様の動きを見せたが、値としては常に2016年の濃度を上回っていた。さらに、この湖水中の栄養塩比を植物プランクトンの体組成比と比べてみると、7月から9月は DIN 制限、5月から6月は DSi 制限にあったと考えられた。また、DIN 制限となる期間は2016年に比べ、1977年のほうが短かった。これらの栄養塩の濃度や比の変化は下水道の整備が進んだことで湖に供給される窒素・リンが減少したためと考えられた。その結果、相対的にシリカが充足するようになったことで、現在、珪藻も多く見られるようになったと考えられる。

近年、諏訪湖の窒素・リン濃度の減少は頭打ちとなってきているのに対して、シリカ濃度は1979年以降、通年で測定されていないため、その動向の予測が難しい。そこで、現在諏訪湖におけるシリカ収支の推定を試みている。その結果についても報告する予定である。

\* 湯川 孝紀 (岡山理科大・理), 森本 喬也 (神戸大学大学院・人間発達)  
丸尾 雅啓 (滋賀県立大・環境科学), 早川 和秀 (琵琶湖環境科学研究センター)  
小畑 元 (東京大・大気海洋研究所), 杉山 裕子 (岡山理科大・理)

## 1. はじめに

天然水中における金属の毒性、生物利用性はその存在形態により異なる。たとえば銅は、無機あるいは有機配位子と結合することにより、毒性の強いフリーイオン濃度が低く抑えられている。天然水中では、配位子の濃度や錯体の条件生成定数によって銅のフリーイオンの濃度が支配されていると言える。

本研究では固定化金属アフィニティークロマトグラフィー(Immobilized Metal Affinity Chromatography:IMAC)を用いて琵琶湖湖水試料から Cu-有機配位子錯体の分離を試みた。また Pseudopolarography による測定を利用して、モデル配位子と銅との錯生成実験を行い、得られた半波電位とモデル配位子の錯生成定数  $\log K$  とのプロットが直線になることを利用して、天然水中の溶存有機物と銅との条件安定定数を求めることを目的とした。

## 2. 材料と方法

2016年11月25日に琵琶湖北部の17B地点(35°23.4477' N, 136°07.5658' E)の深度2mと88mにおいて湖水を採取した。湖水を研究室に持ち帰り、450°Cで2時間熱処理したガラス繊維濾紙(GF/F)または1M硝酸と1M塩酸の混酸中で2時間熱処理したメンブレンフィルター(孔径0.45  $\mu\text{m}$ )で濾過した。

**IMACを用いた有機配位子の分離:** 0.1 M 硫酸銅水溶液をカラムに通し、イミノ二酢酸修飾アフィニティークラムに  $\text{Cu}^{2+}$  を固定化した。IMACのCu-有機配位子錯体の結合緩衝液と溶離緩衝液の条件として①吸着 pH9.0、溶離 pH3.5、②吸着 pH9.0、溶離 pH5.0、③吸着 pH5.0、溶離 pH3.5の3条件を試みた。IMACによる分離の成否は三次元励起蛍光スペクトル(EEM)によって、溶離した試料水の蛍光強度から判断した。

**銅錯体の条件安定定数の測定:** モデル配位子と銅との錯生成実験には濾過を行った琵琶湖湖水に

紫外線を4時間照射したもの(UV湖水)を用いた。半波電位の算出は、アノードックストリッピングボルタンメトリー(ASV)を用いた微分パルスポーラログラフィー測定により行った。ポテンショスタットには Metrohm663 VA stand ( $\Omega$  Metrohm, スイス)を使用した。

はじめにUV湖水に対して最終濃度200 nMとなるよう  $\text{Cu}^{2+}$  溶液と 0.01 M ホウ酸アンモニウム buffer(pH8.35)を加え、Pseudopolarography により半波電位を求めた。同様に琵琶湖試料(地点17B 2016°11'25 深度2 m)に対しても半波電位を求めた。次に、UV湖水に対して最終濃度200 nMになるよう  $\text{Cu}^{2+}$  溶液を加え、0.01 M ホウ酸アンモニウム buffer(pH8.35)とモデル配位子を加え、半波電位を求めた。モデル配位子としてエチレンジアミン四酢酸(EDTA:  $\log K=17.94$ )、ジエチレントリアミン五酢酸(DTPA:  $\log K=20.43$ )、1,4,8,11-テトラアザシクロテトラデカン(Cyclam:  $\log K=26.50$ )を用いた。

## 3. 結果と考察

琵琶湖北部17B地点の深度2mにおける半波電位-モデル配位子  $\log K$  の関係を図1に示す。

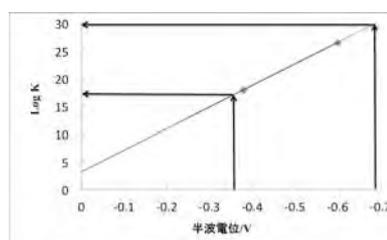


図1 半波電位と-モデル配位子  $\log K$  の関係

(矢印は湖水中の有機配位子の半波電位と  $\log K$  を示す)

琵琶湖水中の銅との錯安定定数を算出した結果、 $\log K=17\sim 18$ 程度と、 $\log K=30$ 程度の配位子の少なくとも2種類が存在することが示唆された。発表では、分離した銅-有機配位子錯体のEEMについても述べる。

## -ヒシ成育の有無が成分スペクトルに与える影響

\*浦川泰弘・重松直樹・土居愛美・福田吏紗・澤近美咲・齋藤達昭  
・杉山裕子（岡山理科大学・理）

## 1. はじめに

岡山城の内堀は水の出入りが流入は降水のみ、流出は蒸発と堀の隙間から地下への滲出だけの閉鎖的な水域であり、夏から秋にかけてアオコが大量に発生し、それに伴う景観悪化や腐敗による悪臭が問題となってきた。その改善策として 2010 年から西堀にヒシを植えて刈り取り、堀の外へ栄養塩類を排出し、アオコの発生を抑える取り組みが行われている。東堀は従来のとおり夏季にアオコの大量発生がみられている。

本研究室では、この取り組みが溶存有機物 (DOM) に与える影響を調べることを目的として DOM 中の蛍光性溶存有機物 (FDOM) について、三次元励起蛍光スペクトル (EEM) の測定をおこない、ヒシを植えた西堀と植えていない東堀との EEM の違いについて検討してきた。

本研究では多変量解析の 1 つである Parallel Factor Analysis (PARAFAC) を EEM に適用し、各堀の試料における EEM を成分スペクトルに分離し、ヒシ生育の有無が成分スペクトルに与える影響について検討した。

## 2. 材料と方法

採水は、2016 年 4 月～12 月の期間に月 1 回の頻度で行った。試料水の採取は、岡山城内堀のヒシを植えている西堀の 2 地点（西堀 1:水面の半分がヒシで覆われている、西堀 2:水面のほとんどがヒシで覆われている）とヒシを植えていない東堀の 1 地点のそれぞれ 0 m、0.5 m、1 m、1.5 m の深度で行った。ヒシは 5 月上旬から 8 月下旬まで成育しており、8 月下旬に刈り取られた。

採取した試料水は研究室に持ち帰り、450°C で 2 時間熱処理したガラス繊維紙 (GF/F) を用いて濾過した。濾過後の試料水を用いて EEM 測定を行った。

蛍光測定には Aqualog (HORIBA, 日本) を使用した。励起波長 Ex : 250-550 nm (バンド幅 5 nm)、蛍光波長 Em : 212-619 nm (バンド幅 3 nm) の範囲で測定した。CCD 検出ゲインは Medium モード、積算時間は 1 秒とした。

岡山城内堀の EEM 測定データに対して PARAFAC を適用し、FDOM の成分スペクトルを分離した。この解析には Solo+MIA (HORIBA) を使用した。

## 3. 結果と考察

東堀、西堀 1、西堀 2 の EEM 測定結果からはそれぞれ 3 つの成分スペクトルが分離された。

西堀 2 地点のデータセットから分離された成分スペクトルを図 1 に示す (C1-C3)。

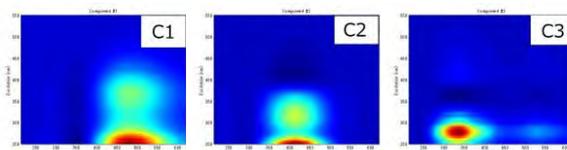


図 1 西堀 2 の EEM より分離された成分スペクトル

C1 (Ex/Em=250 nm/419 nm、350 nm/466-476 nm) は陸域起源腐植物質様蛍光ピーク (Colin et al.,2015) と考えられ、西堀 1 と西堀 2 だけから分離された。東堀で C1 が見られないことから、この成分ピークはヒシの生育により生成したものと考えられる。

C2 (Ex/Em=250 nm/397-400 nm、310 nm/ 410 nm) も西堀 1 と西堀 2 のみから分離された。ヒシの無い東堀ではブルーシフトした位置 (Ex/Em=275 nm/328 nm、295 nm/384 nm) のピークが分離された。

C3 (Ex/Em=275 nm/328-332 nm) タンパク質様ピークであるトリプトファン様蛍光ピークであった。これは水生生物由来 (Colin et al.,2015) あると考えられた。このピークは両堀から分離された。

2P27

Web 公開不希望

2P28

Web 公開不希望

1. はじめに

島根県の東部に位置する宍道湖は海水と淡水が入り混じる汽水湖である。汽水湖では塩分躍層の形成に伴い、上下混合が抑制され、躍層以深の無酸素化・還元化が進行する。嫌気的環境になると硫酸還元細菌が海水由来の硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)を硫化水素(H<sub>2</sub>S)に還元する。硫化水素は嫌気的環境でしか生成されないため、硫化水素は環境悪化の度合いを示す指標となる。また、硫化水素は高濃度で存在すると生態系に悪影響を及ぼし、環境悪化を加速させる。

そこで本研究では、硫化水素が蓄積しやすい宍道湖湖心を対象に硫化水素の経月調査を行い、硫化水素が蓄積する要因を考察した。

2. 材料と方法

湖水試料は、長さ 1.5 m のアクリルパイプを用い、潜水作業により湖水を堆積物ごと柱状に採取した。得られたコアの堆積物の表面を基準に湖底上 100 cm まで 5 cm 毎に分取した。硫化水素の分析に供す試料は、20 mL ガラスシリンジに 10 mL とり、酢酸亜鉛溶液 1 mL を添加して実験室に持ち帰った。その後 6 M 塩酸を 2 mL、発色試薬を 0.5 mL 添加し、15 分放置後 2 時間以内に 667 nm における吸光度を測定した。堆積物試料は、長さ 70 cm のアクリルパイプを用いて採取した。得られた試料を任意の深度で分取し、30 mL ガラスシリンジに 2.5 mL 入れ、窒素置換水 20 mL で希釈した。静置後コマ型ろ紙を用いて 10 mL ろ過し、湖水試料と同様の操作で堆積物中の溶存硫化物(H<sub>2</sub>S + HS<sup>-</sup>)を測定した。調査は 7 月から 10 月まで月一回の頻度で行った。気象データは気象庁(観測点：斐川)から引用した。

3. 結果

2012 年, 2016 年 8 月には、湖心底層の無酸素化・還元化が進行し、湖底上 0~5 cm 層において硫化水素がそれぞれ約 22 mgS/L、及び 12 mgS/L 検出された (Fig.1)。湖底堆積物中には高濃度の溶存硫化物が生成・蓄積しており、2012 年, 2016 年においてそれぞれ 137 mgS/L 及び 60 mgS/L の溶存硫化物が検出された。

しかし、両年の翌 9 月には湖水中の硫化水素はほとんど検出されず、堆積物中溶存硫化物は 47.6 mgS/L 及び 12.3 mgS/L まで減少していた。他の年では、湖水中から硫化水素はほとんど検出されず、堆積物中溶存硫化物は、2012 年, 2016 年と比較すると僅かであった。両年以外の年では塩分躍層の破壊に寄与する強風が頻度よく観測された。

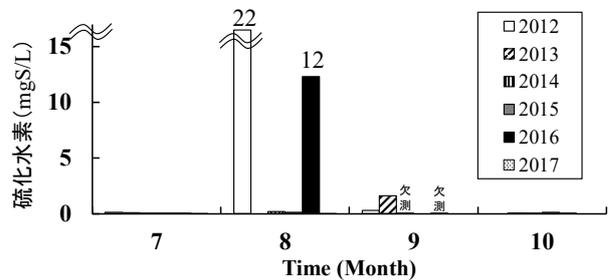


Fig.1 宍道湖湖心の湖底上 0~5 cm 層の硫化水素の経月変化 (2012 年~2017 年の 7 月~10 月)

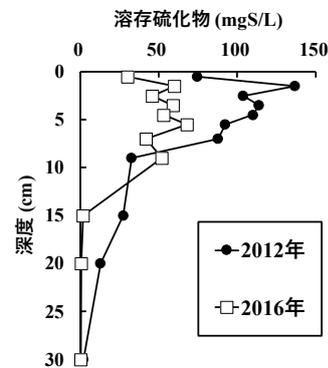


Fig. 2 湖底堆積物中溶存硫化物の鉛直 (2012 年 8 月と 2016 年 8 月)

4. 考察

2012 年, 2016 年 8 月は他の年に比べて 8 月初旬から 8 月中旬までの気候が比較的穏やかであったため、底成層が発達したと考えられる。そのため、堆積物中で高濃度の硫化水素が生成・蓄積し、湖水中に拡散したと考えられる。

一方 2012 年, 2016 年以外の年では夏季に塩分躍層が破壊されたために、ほとんど検出されなかった。

以上のことから宍道湖底層で硫化水素が蓄積するかどうかは気象の影響が大きいことが考えられる。

\*管原庄吾（島根大院総理工），神谷宏（島根県保環研），  
馬場達也，江川美千子，清家泰（島根大院総理工）

## 1. はじめに

汽水・海水域において硫化水素は、嫌気的条件下で硫酸還元細菌によって生成される。これまで、基質濃度と硫化水素の生成速度に関する室内実験では、培養容器にバイアル瓶やアクリルパイプを用いる方法で求められてきた。バイアル瓶法（バッチ法）は、バイアル瓶の容量が小さく、採水毎に一つずつ開封するため、1つの系で連続的に培養することが出来ない。その一方で、アクリルパイプを用いる手法（コア法）では、一つの系で連続培養するための体積は確保できるものの、嫌気培養を行うには採水の都度水の補充が必要となる。

フッ化ビニル樹脂製のテドラーバッグは、さまざまな容量（0.1～100 L）のものが市販されており、体積が可変で気密性が高い点に特徴がある。本研究では、テドラーバッグを用いて硫酸イオン濃度と硫化水素の生成速度に関する実験を行い、ミカエリスメンテンの式を変形して得られる Lineweaver-Burk プロット、Eadie-Hofstee プロット及び Hanes-Woolf プロットからミカエリス定数（ $K_s$ ）を求め、既往の報告値と比較することを目的とした。

## 2. 材料と方法

テドラーバッグは、ガスを入れる道具であるため、水を入れることは想定されていない。そこで、テドラーバッグの嫌気培養容器としての有用性を確認するため、テドラーバッグを  $10 \text{ mgS L}^{-1}$  に調整した硫化水素溶液で満たし、経日的に採水して硫化水素濃度を測定した。

次に、1 L のテドラーバッグに中海の湖底堆積物、脱酸素した人工海水（35 psu：硫酸イオンを含まず）、酢酸ナトリウム溶液をそれぞれ添加し、 $25^\circ\text{C}$  の暗所で1週間前培養を行った。その後、脱酸素した人工海水（35 psu：硫酸イオンを含まず）と硫酸ナトリウム溶液をそれぞれ添加した。その際、テドラーバッグ内の硫酸イオンの最終濃度が 20, 30, 40, 50, 100, 200, 400  $\text{mgS L}^{-1}$  になるように人工海水と硫酸ナトリウ

ム溶液の添加量を調整した。培養は  $25^\circ\text{C}$  の暗所で5日間行い、テドラーバッグ内の硫化水素濃度を経日的に定量した。

## 3. 結果

テドラーバッグの気密性の確認を目的とした実験では、硫化水素濃度は10日間ほとんど変化がなかった。

各硫酸イオン濃度における5日後の硫化水素濃度は、硫酸イオン濃度が  $20\sim 50 \text{ mgS L}^{-1}$  では  $3\sim 20 \text{ mgS L}^{-1}$  だったのに対し、硫酸イオン濃度が  $50\sim 400 \text{ mgS L}^{-1}$  では  $19\sim 36 \text{ mgS L}^{-1}$  だった。5日間における硫化水素濃度の増加量から生成速度 ( $\text{mgS L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) を算出し、生成速度と基質濃度との関係をグラフにすると Fig. 1 のようになった。

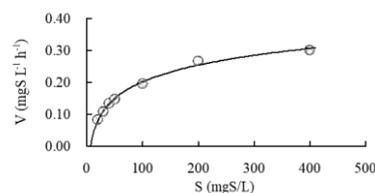


Fig. 1 基質濃度と硫化水素生成速度の関係

Lineweaver-Burk プロット、Eadie-Hofstee プロット、Hanes-Woolf プロットから  $V_{\text{max}}$ （硫化水素の最大生成速度）と  $K_s$ （ミカエリス定数）を求めると、それぞれ  $0.33\sim 0.35 \text{ mgS L}^{-1} \text{ h}^{-1}$  及び  $61\sim 68 \text{ mgS L}^{-1}$  となった。

## 4. 考察

本研究で得られた  $K_s$  は  $61\sim 68 \text{ mgS L}^{-1}$  であり、これまでに報告されている  $K_s$  ( $40\sim 100 \text{ mgS L}^{-1}$ ) とほぼ一致した。Eadie-Hofstee プロットは、生成速度の誤差がプロットに大きく影響するため、精度の高い実験が要求される。Eadie-Hofstee プロットの  $R^2$  値が 0.98 と直線性が高かったことから、本実験で得られた生成速度は、非常に高い精度で得られたと言える。このことから、テドラーバッグは嫌気培養の容器として有用であることが分かった。

\*浅岡 昂志 (滋賀県立大学大学院環境科学研究科)

丸尾 雅啓 (滋賀県立大学環境科学部)

## 1. はじめに

琵琶湖中でマンガンは酸化物の形態で存在し、その酸化物は水中のリン酸やヒ酸など多くの元素を吸着し、水域の物質循環に影響を与えている。従来の研究では懸濁態と溶存態マンガンを扱ってきた。しかし、溶存態マンガンはコロイド態のマンガンを含んでいる。コロイド態は懸濁態と比較して比表面積が大きいため、コロイド態の存在が少量であっても物質循環に与える影響は比較的大きいと考えられる。本研究では琵琶湖北湖においてマンガンの酸化物を形態別に分けて分析した。この結果からコロイド態マンガン酸化物が高濃度で存在する深度の特徴の考察を行い、琵琶湖内における溶存態マンガンの酸化の動態について推察を行った。

## 2. 材料と方法

本研究では、2016年3月、7月、10月、11月、2017年2月、6月に琵琶湖北湖今津沖 T1 地点にて採水を実施した。本研究において、2016年3月、7月、11月、2017年2月について深度0mから湖底直上まで計14の深度の湖水を採取した。また、2016年10月の採水では深度5mの湖水を、2017年6月の採水では深度60mの湖水を採取した。

2016年10月と2017年6月の試料について採取後、一部の試水を孔径0.4 μm メンブランフィルターで濾過を実施し(懸濁態除去区)、残りの試料は濾過を行わず(培養区)、この両者を一定時間培養した。

培養後の試料、または試料採取後の試料を孔径0.4 μm メンブランフィルターで濾過を行い、試料から懸濁態を捕集した。操作後の濾液に対し孔径0.05 μm メンブランフィルターを用いてさらに濾過を行うことで、コロイド態を捕集した。コロイド態捕集後の濾液中に含まれているものを本研究では溶存態とした。懸濁態、コロイド態を捕集したメンブランフィルターを1M塩化ヒドロキシルアンモニウム+25%酢酸溶液に浸漬し、マンガンの抽出を行った。その後、ICP-AES、黒鉛炉原子吸光光度計、ICP-MSにより各抽出液のマンガン濃度を測定した。

## 3. 結果と考察

2016年10月に深度5mの湖水を用いて培養を行ったところ、培養区では懸濁態マンガン酸化物の濃度が時間の経過とともに増加したが、コロイド態マンガン酸化物と溶存態マンガンの濃度は減少した。懸濁態除去区でも類似した傾向が見られたものの、その変化速度は培養区と比較して小さくなった。

2017年6月に深度60mの湖水を用いた培養実験では、培養区、懸濁態除去区ともに時間の経過に伴う各形態のマンガンの濃度変化は2016年10月に行った培養実験よりも小さくなった。

現場でのマンガン濃度については2016年7月の表水層および2017年2月の全採水深度でコロイド態マンガン酸化物の濃度が高い傾向が見られた。

今回実施した培養実験から、コロイド態マンガン酸化物の動態は溶存態マンガンの動態に類似していると推定された。琵琶湖南湖で実施した先行研究から懸濁態の除去がマンガン酸化の抑制に大きく影響することが分かっていたが、本研究から琵琶湖北湖表層でも同様の傾向があることが分かった。琵琶湖内でのマンガンの酸化は微生物由来であると指摘されているが、本研究の結果からその活性が高い深度と低い深度が存在することが推定された。

先行研究で、全マンガンの占める溶存態マンガン割合に関して、琵琶湖に流入する河川水の方が琵琶湖水と比較して高いことが分かっている。2016年7月の琵琶湖北湖の表水層におけるコロイド態濃度が高いのは、この時期か河川水流入量の増加に伴って供給された溶存態マンガンが湖内で酸化を受けてコロイド態の状態が存在したのかもしれない。また、2017年2月と2016年11月観測時のマンガン濃度を比較すると、全深度を通して溶存態マンガンの濃度が高く、2月の琵琶湖北湖では溶存態マンガンの一部が湖内で酸化され、コロイド態マンガン酸化物になった可能性があることが推察された。

### 参考文献

M. Kawashima et al.; Wat. Res., Vol. 22, No 5, pp. 613-618, 1988.

\*成岡 知佳, 千賀 有希子 (東邦大・理)

### 1. はじめに

水系腐植物質 (AHS) とは主に植物遺骸由来の複雑な構造をもつ高分子有機物である。水域において AHS は、紫外線吸収能や微生物のエネルギー源となるなど、重要な機能をもつ。

昨年の本大会において、AHS の動態はバクテリアよりも太陽光分解に大きく影響されることを報告した。本研究では、現場の AHS データを検証し、AHS 成分の起源を藻類培養実験から検討した。また、バクテリアの AHS 再合成過程に着目し、バクテリア培養実験を行った。

### 2. 材料と方法

本研究の対象地である赤沼は、釧路湿原内のミズゴケ湿地帯に位置し、溶存有機物 (DOM) に占める AHS の割合が平均 86% と高い腐植栄養湖である。平水時は流入および流出河川が存在せず、湖水は地下水の影響も受けるが、主に降水と蒸発によって維持されていると言われている (木塚ら 2007)。

現場の AHS データの検証：2012~2017 年に赤沼の表層水を採水した。また、2015~2017 年に赤沼周辺の間隙水をポーラスカップで採水した。

DOC 濃度は TOC 計、AHS 濃度は樹脂吸着一炭素量測定法 (Tsuda et al. 2012)、DOM 成分は三次元励起蛍光スペクトル (EEM) -PARAFAC 法により測定した。赤沼水についてはクロロフィル a (Chl.a) 濃度も測定した。

藻類培養実験：緑藻 *Chlorella* sp. と珪藻 *Nitzschia palea* を無菌条件下で培養した。時間を追って採水し、Chl.a 濃度、DOC 濃度、DOM 成分を測定した。

バクテリア培養実験：ろ過した赤沼水を石英ビンに入れ、人工太陽光ライトを照射し AHS を分解後、バクテリア培養液を加え、30℃の暗所に静置した。時間を追って DOC および AHS 濃度、DOM 成分を測定した。

### 3. 結果と考察

赤沼表層水と深度 0~50 cm の DOC および AHS 濃度はほぼ近く、赤沼水の DOC および AHS は間隙水の浸出の影響を大きく受けていると考えられた。

EEM-PARAFAC 法により、間隙水のデータ (n=144) からは 2 種類の AHS 様成分、赤沼水のデータ (n=394) からは 3 種類の AHS 様成分が分離された (表 1)。AHS-1 および AHS-2 は間隙水と赤沼水で共通した成分であったが、AHS-3 は赤沼水からのみ検出された。

間隙水では AHS-1 および AHS-2 の蛍光強度が DOC 濃度と相関を示したが、赤沼水において DOC 濃度と相関があったのは AHS-2 のみであった ( $p < 0.001$ )。このことから、AHS-1 は太陽光によって分解される成分であり、AHS-2 は分解されにくい成分であると考えられた。

緑藻と珪藻の無菌培養において、AHS-3 の励起波長および蛍光波長と近い成分が検出された。赤沼では多くの植物プランクトンが出現し、夏にはアオコの発生がみられている (Chl.a 濃度, 最大 227.6  $\mu\text{g/L}$ )。したがって、赤沼水からのみ検出された AHS-3 は湿原植物に由来する成分ではなく藻類に由来する成分であると推察された。さらに、AHS-1 と AHS-2 は緑藻および珪藻のどちらからも生成されておらず、湿原植物由来の成分であると考えられた。

赤沼水を暗条件下で 14 日間培養した室内実験において、DOC および AHS 濃度と腐植化指標はほとんど変化しなかったが、AHS-1, 2, 3 の蛍光強度は有意に増加した ( $p < 0.05$ )。特に培養初期の蛍光強度の増加が大きかったことから、光分解によって生成される低分子化合物をバクテリアが利用し、これらの成分を再合成する可能性が考えられた。現在、この再合成過程について詳細に検討を行っている。

表 1. 赤沼水と間隙水から分離された AHS 様成分

成分	励起波長 (nm)	蛍光波長 (nm)	
AHS-1	赤沼	<252, 336	446
	間隙水	<252, 333	467
AHS-2	赤沼	<252, 288	413
	間隙水	<252, 306	398
AHS-3	赤沼	264, 372	496
	間隙水	—	—

## 1. はじめに

富栄養化を引き起こす栄養塩の一つである  $\text{NO}_3^-$  は、嫌気的環境下において脱窒とアナモックスと呼ばれる2つの硝酸還元過程によって水中から除去される。脱窒とは  $\text{NO}_3^-$  を  $\text{N}_2$  へ還元する従属栄養性の微生物代謝であり、アナモックスとは  $\text{NO}_2^-$  と  $\text{NH}_4^+$  をカップリングして  $\text{N}_2$  を生成する化学独立栄養性の微生物代謝である。一般的に、沿岸域では有機物が供給されるため脱窒活性は高く、アナモックス活性は低いと報告されているが (Crow et al., 2012; Brin et al., 2014; Deng et al., 2016)、干潟においてその詳細は明らかになっていない。

昨年の本大会において、過栄養水域である谷津干潟では、アナモックスはほとんど進行せず、脱窒が優先的に進行していることを報告した。本大会では、谷津干潟における脱窒とアナモックスの進行について季節変化を追うとともに、長期間にわたり脱窒とアナモックスの集積培養を行った結果を報告する。

## 2. 方法

過栄養水域である谷津干潟では、アオサの異常増殖が見られる。堆積物はアオサの被覆の影響をうける砂泥区と影響をうけない砂地区で採取した。海水はタイダルクリークで採水した。

### 脱窒活性とアナモックス活性

サンプルは、2015年および2016年の9月（夏期）と11月（冬期）に採取した堆積物と海水を用いた。10%堆積物スラリーが入ったバイアル瓶に、2 mM  $\text{NO}_3^-$ 、0.4 mM  $\text{NH}_4^+$  となるように①  $\text{NO}_3^- + ^{15}\text{NH}_4^+$ 、②  $^{15}\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ 、③  $^{15}\text{NH}_4^+$ （コントロール）を加えた系をそれぞれ調製し、20°Cの暗条件下で嫌気培養した。これらのバイアル瓶の気相に蓄積した  $^{14}\text{N}$ - $^{15}\text{N}$  ( $^{29}\text{N}_2$ )、 $^{15}\text{N}$ - $^{15}\text{N}$  ( $^{30}\text{N}_2$ ) を GC-MS (GCMS-QP2010 Plus, Shimadzu) で経時的に測定した。

### 集積培養

サンプルは、2016年の冬期に砂地区で採取した堆積物と海水を用いた。2 L のメスシリンダーに堆積物 500 mL、海水 1500 mL、基質として  $\text{KNO}_3$  を 5 mgN/L となるように加え、濃度を一定に保った。水中を攪拌しながら 25°C の暗条件下で 3 ヶ月間培養

した。培養後、堆積物の表層から 0~1 cm（表層）と 4~5 cm（下層）を採取し、脱窒活性とアナモックス活性を測定した。

## 3. 結果

### 脱窒活性とアナモックス活性

砂泥区において、夏期と冬期に脱窒活性とアナモックス活性は検出され、両季節とも脱窒が圧倒的に高かった。また、脱窒活性は冬期に高く、アナモックス活性は夏期に高かった。

砂地区において、夏期に脱窒活性とアナモックス活性は検出され、脱窒が圧倒的に高かった。一方、冬期には脱窒活性のみ検出され、アナモックス活性は検出されなかった。砂地区についても、脱窒活性は冬期に高かった。

脱窒活性は、夏期に砂地区の方が高く、冬期には砂泥区の方が高かった。アナモックス活性は、両季節とも砂泥区の活性の方が高かった。

### 集積培養

培養 0 日目の堆積物からは、脱窒活性のみ検出され、アナモックス活性は検出されなかった。

培養 3 ヶ月後の下層において、脱窒活性は培養 0 日目と比べ約 1.6 倍に増加した。一方、アナモックス活性は検出されなかった。表層では、脱窒活性は培養 0 日目と比べ 3 割減少した。アナモックス活性は検出されたが、脱窒活性と比べ低かった。

## 4. 考察

谷津干潟における  $\text{NO}_3^-$  は季節を通して主に脱窒によって消費されることが分かった。堆積物へのアオサの被覆にともない発生する  $\text{H}_2\text{S}$ （砂泥区；最大 38 mgS/L、砂地区；最大 2.2 mgS/L）がアナモックスを阻害するためと推察された。

集積培養の結果より、少なくとも堆積物表層にはアナモックス細菌は小さな集団サイズながら生息し、 $\text{NO}_3^-$  負荷が持続した場合、その集団サイズが顕在化することで、活性が検出されうると考えられた。谷津干潟は過栄養水域ではあるが、海水中の  $\text{NO}_3^-$  濃度は最大でも集積培養に用いた濃度の約 1/8 (620  $\mu\text{gN/L}$ ) であり、それはアナモックス活性を顕在化させる  $\text{NO}_3^-$  負荷量には達していなかったと考えられた。

\*利谷翔平・竹内裕貴・寺田昭彦・細見正明（農工大・工）

## 1. はじめに

水田は、CO<sub>2</sub>よりも強力な温室効果ガスであるメタン（CH<sub>4</sub>）の排出源であるとともに、温室効果ガスおよびオゾン層破壊物質でもある亜酸化窒素（N<sub>2</sub>O）の排出源でもある。一般に、水田から排出されるN<sub>2</sub>Oは、投入窒素の約0.3%といわれているが、その比率は土壌水分の変動に大きく左右される。

水田におけるN<sub>2</sub>Oの排出は非常に特異的であり、落水後の短期間（2～3日）に突発的なN<sub>2</sub>O排出が観測されている。N<sub>2</sub>Oは主に、アンモニア酸化細菌による硝化反応の副産物およびNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の脱窒過程における中間生成物として生成される。これまでのところ、落水後の水田における突発的N<sub>2</sub>O生成・排出また起源についてはほとんどN<sub>2</sub>O挙動および微生物生理学的な面からの調査がなされていない。

本研究では、N<sub>2</sub>Oの挙動および生成反応の推定手法として、微小電極および機能遺伝子の発現に着目した。微小電極は、湖沼や河川底質の水-底質界面の酸素濃度分布を調べるための手法として用いられてきた。微小電極は、先端径が数10数100 μmと非常に細く、応答時間も数10秒と短いため、高空間・時間分解能で目的成分を定量する事が可能である。

一方、微生物はエネルギーを得るために種々の酵素反応を行っており、酵素の機能遺伝子を定量PCR法で定量する事が可能である。しかし、機能遺伝子の定量は単に、その遺伝子がどれだけあるかを知る事ができるだけであり、実際にその酵素を合成しているかどうかまでは知る事ができない。近年、微生物の遺伝情報から酵素を合成する際に生成されるmRNAから微生物反応の活性を調べる手法が土壌や排水処理施設などN<sub>2</sub>O生成が起こる環境において適用されている。本研究では、これらの手法を組み合わせることで、水田落水後の短期間に発生するN<sub>2</sub>Oの生成反応の推定を試みた。

## 2. 材料と方法

水田落水後の突発的N<sub>2</sub>O放出時における田面からのN<sub>2</sub>O放出、土壌中N<sub>2</sub>O挙動および微生物の機

能遺伝子発現の応答を評価するため、カラム試験を実施した。直径5.5 cmの円筒カラムに水田土壌をバルク密度1.0 g cm<sup>-3</sup>となるように充填した。純水で湛水を維持しながら、2週間前培養を行った。その後、窒素源として硫酸アンモニウム（硫安）を100 kg N ha<sup>-1</sup>相当添加した。硫安添加前後に土壌面からのN<sub>2</sub>O放出速度（フラックス）および土壌中のN<sub>2</sub>OおよびO<sub>2</sub>濃度分布を計測した。また、0-5および5-10 mmの土壌RNAを抽出し、アンモニア酸化酵素および亜硝酸還元酵素の機能遺伝子（それぞれ*amoA*および*nirK*）の発現量を調査した。

また、硝酸の存在に対する脱窒遺伝子の応答を調べるため、土壌スラリーの培養試験を実施した。

## 3. 結果および考察

湛水期間中、N<sub>2</sub>Oフラックスは12.1 μg N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>だったが、落水後1時間で207 μg N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>に上昇した。フラックスの上昇と同時に土壌中の溶存N<sub>2</sub>O濃度も、深さ8 mmを中心に増加した。また、溶存O<sub>2</sub>は土壌表面から深さ4-6 mmまで存在していたが、それより深い場所は無酸素領域だった。

*amoA*のmRNAコピー数は、落水前および落水後において顕著な変化は見られなかった。一方、*nirK*のmRNAコピー数は、深さ5-10 mmにおいて落水から6時間で急増した。この深度は無酸素領域であり、落水後における溶存N<sub>2</sub>O濃度の上昇が観察されたことから、脱窒反応が落水後のN<sub>2</sub>O生成を担っていたと推察された。一方、脱窒の基質である硝酸（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）は0-5 mmにのみ存在していた。

機能遺伝子の発現は基質により誘発されることが知られている。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>が脱窒反応を誘発したかどうかを明らかにするために、無酸素状態で培養している土壌スラリーにNO<sub>3</sub><sup>-</sup>を添加したところ、*nirK*のmRNAコピー数の上昇とともに溶存N<sub>2</sub>O濃度の増加が見られた。

以上の結果から、落水後の土壌において、酸化層でNH<sub>4</sub><sup>+</sup>から生成したNO<sub>3</sub><sup>-</sup>が無酸素層に拡散し、脱窒作用を受けてN<sub>2</sub>Oを生成する、というプロセスが推察された。

## 浅い富栄養化湖沼における アオコの日周鉛直移動と栄養塩動態について

\*菅原巧太朗（秋田県大院・生資）・藤林恵（秋田県大・生資）・遠田幸生（秋田県産業技術センター）・荒木美穂（秋田県大院・生資）・岡野邦宏  
宮田直幸（秋田県大・生資）

### 1. はじめに

世界中の多くの富栄養化湖沼では、アオコの発生が問題となっており、多くの研究者によってアオコ形成藻類の生態学的知見が集められてきた。アオコ形成藻類は、日周期的に湖内で鉛直移動することが知られており、午後に沈み始め、日が沈むと底に移動し、深夜を過ぎた頃に上層に移動し、夜明け前再度表層に浮上する。この日周鉛直移動は、アオコ形成藻類のサイズに依存し、大きい個体ほど高い浮力及び沈降能力を有する。そのため、アオコ防除対策を講じる上で、アオコ形成藻類の時間における現存量及びサイズの鉛直分布を把握することは重要である。しかし、アオコが集積しやすい極端に浅い沿岸部における調査報告事例はない。

また、アオコ形成藻類を含む藻類の増殖因子として栄養塩類の濃度が重要である。しかし、アオコの日周鉛直移動と栄養塩類の関係を解析した事例は極めて限られている。異なる時間帯で鉛直方向に複雑な分布をしているアオコ形成藻類が湖内の栄養塩類の動態とどのような関係にあるか明らかにすることは、アオコ形成藻類の鉛直分布を予測する上で有用である。

したがって、本研究では、アオコ形成藻類が集積するような極端に浅い沿岸域におけるアオコ形成藻類の日周鉛直移動の実態と栄養塩動態との関係を明らかにするため、秋田県の八郎湖の水深約 60 cm 程度の沿岸域で 24 時間のモニタリング調査を行った。

### 2. 材料と方法

2016年9月29日5時40分（日の出後）から9月30日5時40分まで2時間おきに秋田県八郎湖の大崎（39° 54' N, 140° 1' E）で水質チェッカ（東亜DKK）を用いて鉛直方向に水質（水温、pH、DO、EC、濁度）を測定し、ピストン式採水器ミズテッポ（笠原理化学工業）を用いて鉛直方向に採水した。採水した湖水は、一部は現地で 0.45 μm のメンブレンフイ

ルターで濾過し、栄養塩濃度測定用サンプルとし、原液は Chl.a 濃度及び粒度分布測定用サンプル、顕微鏡用サンプルとした。栄養塩濃度測定用サンプルは、4°C で保存し、オートアナライザー QuAAtro 2-HR (BLTEC) で測定した。Chl.a 濃度は、GF/F を用いて濾過後濾紙を回収し-80°C で保存し、ホットメタノール法で抽出し、分光光度計 U1900 (HITACHI) で測定した。粒度分布は、サンプリング後マイクロトラック MT3300II (日機装) で測定した。顕微鏡用サンプルは、ルゴール液を約 1 %濃度になるように添加し、4°C で保存し、後日計数した。

### 3. 結果と考察

Chl.a 濃度は、鉛直方向にほぼ一様であり、日周鉛直移動は確認されなかったが、懸濁物質の中央粒径値 (D<sub>50</sub> 値) は、南中において表層で増加する傾向が認められた。しかし、それ以降は、鉛直差異は確認されなかった。

栄養塩類は、NH<sub>4</sub>-N と PO<sub>4</sub>-P とともに日の出において下層ほど濃度が高くなる傾向が見られた。南中や日の入では、日の出と比較して栄養塩濃度が低く、藻類による消費が示唆された。また、主成分分析の結果、アオコ形成藻類の *Oscillatoria* 属の細胞数と NO<sub>3</sub>-N 濃度に負の相関関係が得られ、NO<sub>3</sub>-N 濃度を低下させていることが示唆された。

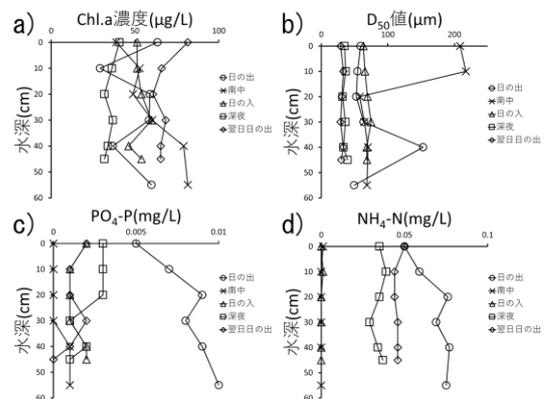


図1 鉛直方向における各水質パラメータ

# New Index of Organic Pollution for Brackish Lake Using BOD and CODCr

# 2P36

\* Adelia Anju Asmara (静岡大学), 加藤幹也(静岡大学)  
戸田三津夫(静岡大学), 小川竜平(静岡大学)

## 1. Introduction

Lake Sanaru is a part of Lake Hamana, the top five brackish lake in Japan. Unfortunately, in 2001 to 2006, Lake Sanaru became the worst lake water quality in Japan that was represented by CODMn value.

COD (Chemical Oxygen Demand), both CODMn and CODCr, is an index of organic pollution concentration. Nevertheless, like other indexes, COD has inadequacy that it is not detail enough to define the water quality whether polluted or not polluted. CODCr is more representative than CODMn to show organic pollution concentration.

On the other hand, BOD (Biochemical Oxygen Demand) also is recognized as index of organic pollution. Unlike COD, BOD involves microorganism to degrade organic compounds, biologically. In this study, we have aim to investigate the degradation method of organic compounds in brackish lake with combining two methods, COD and BOD treatment. To explain more detail its characteristics, those methods examine in different light and heating condition. Thereby from analyzing the trends, new index is expected to know by comparing character of the typical of degrading organics compounds.

## 2. Materials and Methods

The standard measurement of BOD and COD belong to JIS K 0102 and JIS K 0101, respectively. For BOD treatment, samples were kept at 20°C in 5 days for observation. Whereas for COD treatment, HACH Digital Reactor Block 200 was used.

As the water samples, Lake Sanaru and various organic compounds is compared in different condition. Field samples were collected from the south part of Lake Sanaru, and it is filtered by glass fiber filter paper ADVANTEC GF-75. The samples are stored in the refrigerator 4°C for next measuring. By observing the fluctuation of COD-Cr value before and after BOD treatment in light and dark condition, also COD sample treatment in different temperature, which are 125°C and 150°C.

## 3. Results

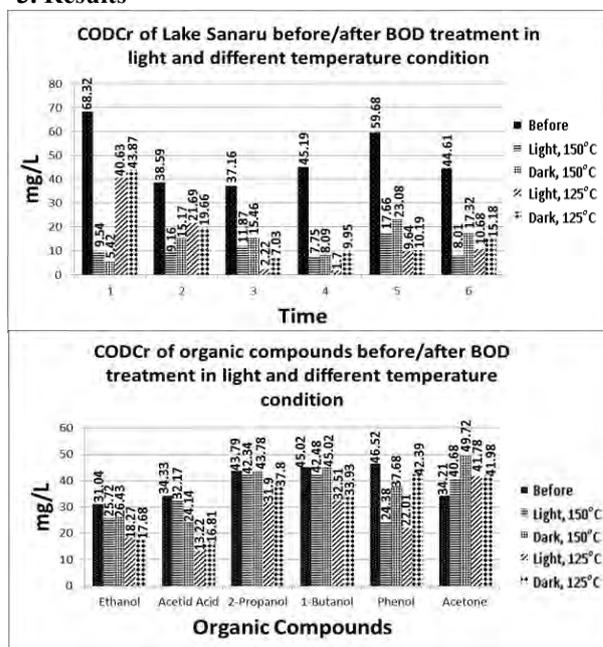


Fig. 1. CODCr of Field Samples and Organic Compounds before/after BOD Treatment in Light and Different Temperature Condition

## 4. Discussion

The measurement of CODCr of Lake Sanaru and various organic compounds are presented in Figure 1. Most of the data show that the concentration of COD in Lake Sanaru decreases sharply after BOD treatment. Nevertheless, the condition is slightly different in organic compounds samples. The CODCr concentration of organic compounds is still high. It explains that microorganisms did not degrade simple organic compounds easily.

The majority of measurement clarify that light condition through BOD treatment is smaller than dark condition. It suspects that Lake Sanaru sampe has variety of microorganisms, such as bacteria, algae, archaea which have photosynthesis ability to degrade organic compounds faster than dark condition. Moreover, the higher temperature, the more quick decomposition proceed which is observed effectively by 150°C, standard measurement of CODCr than 125°C.

\*引野愛子（島根大・院・総理工），増木新吾（島根大・EsReC）

菅原庄吾（島根大・院・総理工），江川美千子（島根大・院・総理工），清家泰（島根大・EsReC）

#### 1. はじめに

島根県東部に位置する布部ダムは、中海の最大流入河川である飯梨川の上流に位置し、成層期において、水温躍層以深では貧酸素状態となり、湖底からリンや窒素が溶出する。そこで布部ダムでは、2010年から内部負荷削減のため、高濃度酸素水供給装置（松江土建(株)製 WEP システム）による酸素供給を行っている。その結果、リンの溶出を防ぐことができたものの、窒素の減少には至らなかった。

水圏において窒素は、微生物による硝化や脱窒等の作用により循環しており、水圏における窒素浄化には、硝化と脱窒の2過程が重要なプロセスとなる。硝化・脱窒の一連の反応を促進するためには、溶存酸素（DO）をコントロールし、好気的環境と嫌気的環境を繰り返すことが肝要である。

当研究室では、室内実験により硝化・脱窒の最適DOが1~5 mgO<sub>2</sub>/Lであることを見出し、2013年にはWEPシステムにより手でDOをコントロールすることで溶存無機態窒素（DIN）の削減を可能とした。さらに2015年からは、より効率的な窒素の削減を行うため、WEPシステムの自動運転による現場DOの制御（1~5 mgO<sub>2</sub>/Lの範囲で）を試みている。本研究では、2015年から開始したWEPシステムの自動運転による硝化・脱窒の効果の検証を目的に月一回の定期観測を通して検討した。

#### 2. 材料と方法

北原式採水器を用いて湖水を採水し、現場でろ過後保冷して実験室に持ち帰った。ろ過水中のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>はインドフェノール青法(Sagi, 1966),

NO<sub>2</sub><sup>-</sup>はナフチルエチレンジアミン吸光光度法 (Bendschneider and Robinson, 1952), NO<sub>3</sub><sup>-</sup>はCd-Cu カラム還元ナフチルエチレンジアミン吸光光度法(Wood et al., 1967)を用いて定量した。

#### 3. 結果と考察

布部ダムの底層（湖底上1 m）において、2015年のDINは増加傾向を示した。これは、DOセンサーに付着物が付いたことでDOが過小評価され、WEPシステムが常に稼働した状態となってしまったことに起因する。つまり、好気的環境が常に維持され、脱窒が抑制されたことで、窒素の大幅な削減には至らなかったものと考えられた。

そこで2016年には、正確にDOを測定するため、DOセンサーの設置方法を湖底設置型から付着物の影響のない自動昇降型に変更した。その結果、WEPシステムの自動運転前の8月と自動運転1か月後の9月のDINを比較すると、1か月間の自動運転により2000 µgN/Lから700 µgN/Lに減少した。また、WEPシステムの導入初期（2010年や2011年）と比較すると、2016年のDINは約40%削減することに成功した。これは、WEPシステムの稼働に関わるDOの測定方法を変更したことで正確な値が測定でき、硝化と脱窒の促進に必要な好気・嫌気的環境をコントロールできたためと考えられる。

本研究により、現場に行かずともWEPシステムの稼働状況の確認やDOの制御が可能となったことで、今後はさらに安定した窒素の削減が期待できる。

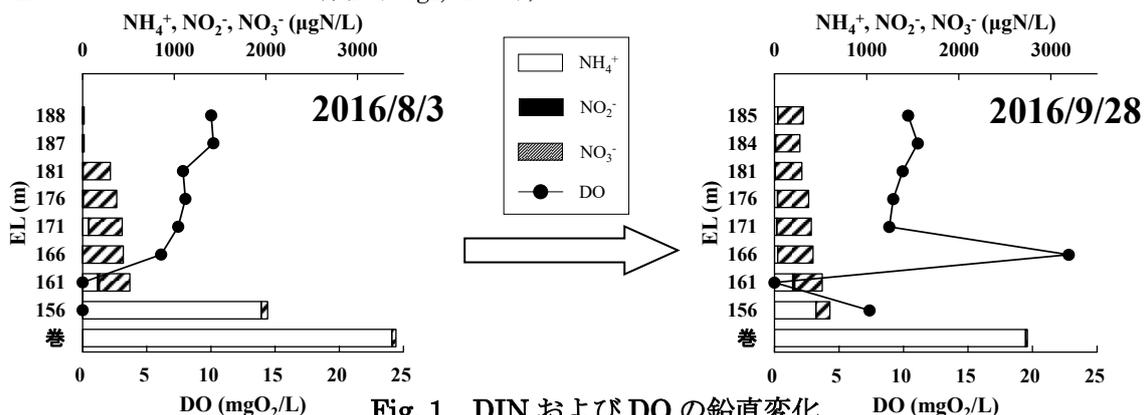


Fig. 1 DIN および DO の鉛直変化

\*浅見 和希 (法政大・院), 小寺 浩二 (法政大・地理)  
猪狩 彬寛, 堀内 雅生, 山崎 康熙 (法政大・学)  
諸星 幸子 (法政大・通教)

### 1. はじめに

日本列島には数多くの火山が存在しているが、その形成要因や構成するマグマの成分などは火山によって異なる。こうした特徴の違いにより、火山周辺の河川や湧水の水質にも違いが表れることが予想される。当研究室では御嶽山、浅間山、箱根山、十勝岳の4つの火山地域において河川調査を実施していることから、この4地域の水質を比較し、火山の特徴と水質との関連性を把握することを試みた。

### 2. 地域概要および調査方法

御嶽山は中部地方、浅間山、箱根山は関東地方、十勝岳は北海道に位置する活火山で、御嶽山では2014年に、浅間山、箱根山では2015年にそれぞれ噴火が発生している。十勝岳についても2004年に小規模噴火があり、火山活動が活発である。

御嶽山では2014年から、浅間山と箱根山は2015年から、十勝岳は2016年からそれぞれ継続調査を実施している。現地調査項目はAT,WT,pH,RpH,EC等である。現地では採水も行ない、持ち帰ったサンプルを用いて、研究室にてTOC、主要溶存成分の分析を行なっている。

### 3. 結果・考察

#### 1) pHの比較

pHは各地とも中性に近い値の河川が多いが、御嶽山、箱根山、十勝岳では、山体から流れ出る河川の中に酸性を示すものがある。一方、浅間山ではアルカリ性を示す河川が多く存在しており、前述した3地域と異なる特徴をもっている。

#### 2) 電気伝導度の比較

電気伝導度(EC)は、御嶽山周辺の河川で全体的に値が小さく、浅間山、箱根山周辺の河川で全体的に値が大きい傾向が見られた。また、箱根山、十勝岳には一部1000  $\mu$  S/cm以上の値の河川が存在し、特に箱根山には3000  $\mu$  S/cmを超える河川が存在する。箱根山周辺は温泉地の為、温泉が流入して河川のEC値に大きく影響していると考えられる。

### 3) 溶存成分の比較

4地域とも、EC値の小さい地点はCa-(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>型の水質組成を示す傾向が見られるが、EC値が大きい地点に関しては地域によって組成に差が見られた。御嶽山や十勝岳の場合はCa-SO<sub>4</sub>型の水質がほとんどであった。箱根山についてはCa-SO<sub>4</sub>型のほか、温泉地ということもあり、Na-Cl型やCa-Cl型など多様な水質組成が見られた。また、浅間山は上記3地域と比べると、組成に対してMg<sup>2+</sup>の比率が大きい地点が多い傾向にあり、Mg-(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>型やMg-SO<sub>4</sub>型など特徴的な水質組成が見られた。

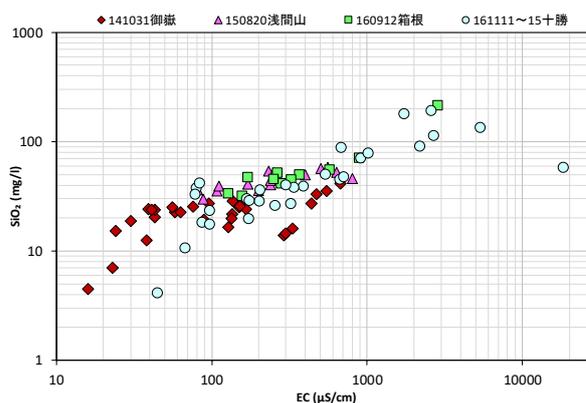


図1 各地域のECとSiO<sub>2</sub>濃度の相関

### 4. おわりに

活火山地域の水質の特性をある程度把握することができた。今後は東北地方や九州地方といった異なる地域の活火山周辺で調査をするなど、条件を絞りながら継続的に調査を行ない、活火山地域の水質特性をさらに明確にしていきたい。

#### 参考文献

- 浅見和希・小寺浩二・猪狩彬寛・堀内雅生(2017) : 御嶽山噴火(140927)後の周辺水環境に関する研究(5), 日本地理学会 2017年度春季学術大会講演要旨集.
- 猪狩彬寛・小寺浩二・浅見和希(2017) : 浅間山周辺地域の水環境に関する研究(2), 日本地理学会 2017年度春季学術大会講演要旨集.

### 1. はじめに

湖沼の水位変動は流入，流出の収支の均衡が崩れた際に生じるが，湖沼の自己調節機能の働きによって水位は安定に保たれる．しかし，中には特定の期間のみ出現する湖沼が存在する（本稿ではこの様な湖沼を「一時湖沼」と称する）．一時湖沼の研究は，杉森(2001)や高橋(2012)らによる池の平の研究があるが未だ事例は少ない．

そこで本研究では，6月から10月に掛けて出現する一時湖沼，血の池を研究対象に水位変動の観測を行い，水位の季節変化および流出解析を行った．

### 2. 材料と方法

湖盆形態の計測は，池が涸渇している期間に水準測量を行なった．測量結果から作成した湖盆図及び緒言を図1に示す．また，作成した湖盆図から水位容積曲線を作成し，各深度の貯留量を算出した．

水位観測は自記水位計を用い，測定間隔は1時間とした．各水位計の深度は，地点Aの湖心部を基準高0mとして，地点B-3.57m，地点C-0.57mに設置した．また，観測井設置の際にボーリング調査も実施した．

降水量は国土交通省水文水質データベースの赤城山の観測値を使用した．

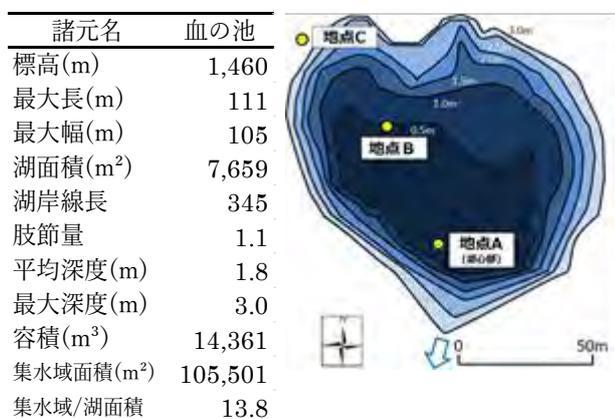


図1 血の池の湖盆図および緒言

### 3. 結果

#### 水位・流量

水位の上昇は降雨イベントの直後から開始し，降雨イベント終了から40～50時間後にピークに達する．降雨のない期間の水位・水量は一定の値で低下する傾向にあり，約5.7cm/d・210m<sup>3</sup>/dで減少する．水位0.8m以下から水位の減少が加速し速やかに池は消失する．地下水位の低下も一定であり，約16.3cm/dで減少した．

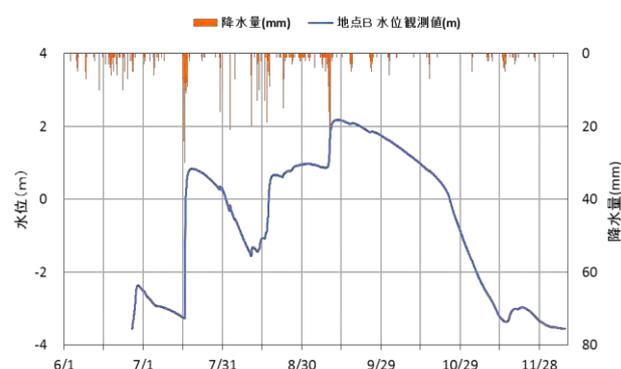


図2 2015年6月1日～12月7日のハイドログラフ

#### 地質構造

地点B・Cのボーリング調査の結果，両地点とも上層は有機質土，中層は明褐色のローム層及び砂層であった．地点Bでは深度2.4m以深で砂礫層やシルト層による互層であり，3.8mから粘土層が厚く堆積していた．

### 4. 考察

血の池において，水位低下は一定の傾向を示し，湖沼の自己調節機能の働きは確認されなかった．水位の低下傾向から，血の池の地質構造が高い排水能力を有しており，一時的に排水能力を上回る供給が6月から10月に掛けて生じることで池が出現するものと考えられる．

参考文献 【1】杉森侑代ほか(2001)遠州七不思議の池「池の平」の出現理由，日本地理学会発表要旨集，60，147 【2】高橋由佳矢(2013)静岡県水窪町に不定期に出現する「池の平」池の出現機構の解明，日本地理学会発表要旨集，244

## 1. はじめに

農薬のなかでも殺菌剤は植物病原菌などの菌類をターゲット（防除対象）としたものである。使用した殺菌剤が湖沼や河川などの水域に流出した場合、ノンターゲットの水生菌類に対する影響が懸念される。ところが、水生菌類を用いた毒性試験はこれまでほとんど報告がなく、その試験法も未確立である。また、水域生態系を代表するような試験生物種の選定も大きな課題である。そこで本研究では、試験への適合性のみならず生態学的な重要性も考慮して、数種の水生菌類を試験生物種として選抜し、効率的なハイスループット培養試験法を検討した。

## 2. 材料と方法

菌類を用いた農薬の試験では、防除対象である植物病原菌を用いた薬剤感受性検定試験が現状広く行われている。この方法として、薬剤を添加したシャーレ内の寒天培地に病原菌を接種してその生育を調べるのが一般的である。ところがこの試験は、(1)結果の定量的な評価が難しい、(2)寒天培地を用いるため操作が煩雑で、大量の試験を効率よく行うことができない、(3)水生菌類の生息の場である「水中」での試験ではない、という欠点がある。一方、藻類を用いた毒性試験法では、従来の三角フラスコを用いた試験法を改良し、96穴マイクロプレート中で培養を行い、蛍光プレートリーダーで自家蛍光を測定することでバイオマスの指標とする試験法が実用化されてきた。菌類のバイオマス定量については、細胞内のATP量をルシフェラーゼ試薬による発光として定量する手法が、ISOの繊維製品の抗かび性

試験法において標準的な手法として採用されている。このときの発光量は生菌数と比例することが知られており、マイクロプレートリーダーによって自動的に測定可能であることから、非常に効率的である。本研究では、マイクロプレートを用いた培養試験とATP発光によるバイオマス定量法を組み合わせ、最適な試験法の検討を行った。

試験生物種の選定は、以下の4つの観点から考慮して行った：(1)日本の水圏生態系に一般的に分布し、頻繁に見られる種であること；(2)幅広い分類群をカバーしていること；(3)試験の普及と再現性確保のため、公的な系統保存施設に保存されており誰でも入手可能なこと；(4)マイクロプレートを用いた培養試験に適合すること。

モデル物質として殺菌剤のマラカイトグリーンを用いた毒性試験を行って、試験法の妥当性の検討を行った。

## 3. 結果と考察

上記に挙げた条件を満たす試験生物種として表1の5種を選定した。マイクロプレートを用いて様々な培養条件を検討した結果、共通の培地としてポテトデキストロースブロス 2.4 g/L、ペプトン 0.4 g/L、pH 7.0（緩衝剤としてMOPSを使用）、温度 20°C、試験期間 48 時間、試験開始時のATP濃度 0.01 μMを選定した。5種全てでこの共通の培養条件を用いて、安定した再現性のある増殖を得ることができた。マラカイトグリーンの半数影響濃度は0.82~170 μg/Lとなり、他の生物種に比べて高い毒性を示した。

表 1. 試験候補種 5 種の特徴

種名	株番号	分類群	形状
<i>Rhizophydium brooksiaum</i>	NBRC-103829	真菌	ツボカビ門 遊走子嚢
<i>Chytriomycetes hyalinus</i>	NBRC-102555	真菌	ツボカビ門 遊走子嚢
<i>Tetracladium setigerum</i>	NBRC-102389	真菌	子嚢菌門 分生子
<i>Sporobolomyces roseus</i>	NBRC-10566	真菌	担子菌門 酵母
<i>Aphanomyces stellatus</i>	NBRC-103817	ストラメノパイル	卵菌類 糸状体

\*石川可奈子・井上栄壮（琵琶湖環境科学研究センター）、  
芳賀裕樹（琵琶湖博物館）、伴修平（滋賀県大・環）

### 1. はじめに

近年、琵琶湖南湖において水草（沈水植物）の大量繁茂に伴う漁業、船舶航行障害、悪臭、景観悪化、取水施設の機能低下、湖水の停滞等に伴う湖底の溶存酸素の低下、在来魚介類の減少および生息環境悪化等が問題となっている。そこで、滋賀県では、水草刈取り船（ハーベスター）や貝曳き漁具（マンガン）を用いた水草刈取りおよび除去事業を進めている。本研究では、野外操作実験の結果から、水草の刈取り・除去による生物群集への影響評価を試みる。

### 2. 方法

2015年4月25日～10月14日、琵琶湖南湖唐崎沖水深2～4mにおいて、4タイプの処理区（水草非除去区、ハーベスター区、マンガン区、マンガン+ダイバー区）をそれぞれ3区設置し、水草現存量が維持されるよう定期的に水草刈取り・除去を行った。各処理区は中央にブイを浮かべた開放系で、ブイを中心に円形に約50mの範囲の処理を行った。6～10月に3回、湖底直上の溶存酸素濃度、50×50cmのコドラート内をダイバーが採取して測定した水草量、水草付着生物（藻類・動物）、エクマン採泥器（15×15cm）で採取した底生動物、プランクトンネットの鉛直曳で採取した動物プランクトン組成について調査した。

水草組成は、追加実験として2016年6～8月に、上記の地点の水草非除去区、ハーベスター区、マンガン区からそれぞれ1地点において、6月に5×5mをダイバーにより根こそぎ刈取りを行い、水草被度をダイバーが目視で経過観察した。

### 3. 結果・考察

水草量は、2015年4月の実験開始時、水草を除去する前に最も多かったのはダイバー区で3,273g wet-wt/m<sup>2</sup>であったが、6月の調査時には水草除去により非除去区4,910g wet-wt/m<sup>2</sup>に対して、ハーベスター区は平均4,362g wet-wt/m<sup>2</sup>、マンガン区は平均2,493g wet-wt/m<sup>2</sup>、ダイバー区は平均181g wet-wt/m<sup>2</sup>の順に整えられた。2015年7月17日に大型台風17号が通過したため、多くの水草が流れ藻となって流出し、その後は活発な成長が見られなかった。ただ

し、実験期間中は継続的に刈取り・除去を行い、8月および10月の調査時には、非除去区とハーベスター区は、平均1,305～2,060g wet-wt/m<sup>2</sup>の範囲で推移したのに対し、マンガン区とダイバー区は平均75～217g wet-wt/m<sup>2</sup>の範囲で少ない状態に抑えられた。

水草の種組成は、全地点を平均すると、4月はコカナダモ、センニンモ、糸状藻類の占める割合が多かった。6月は平均するとコカナダモが多かった。10月はアオミドロが優占した。地点ごとに種組成および変化は異なり、顕著な特徴はみられなかったが、非除去区では3～6種が見られるにもかかわらずそのうち1種が75%以上を占めたのに対して、水草刈取り・除去を行った実験区では2～5種が混在するという傾向が見られた。水草の刈取り・除去によって生じたギャップに新たに侵入した水草種の間競争が生じたためかもしれない。この傾向は、2016年に実施した5×5mでの追加実験でも同様であった。

付着藻類は、合計41タクサ（クチビルケイソウ、リングビア、アオミドロ、サヤミドロ、ハリケイソウ等）が見られた。付着動物は、合計16タクサ（ユスリカ、カイミジンコ、センチュウ、ミミズ、ミジンコ、トビケラ等）が見られた。底生動物は合計13タクサ（ミミズ・ユスリカ・トビケラ・センチュウ・シジミ（稚貝）、ヒル等）が見られた。動物プランクトンは、合計54タクサ（ネコゼミジンコ、ケンミジンコ、ゾウミジンコ、ドロワムシ等）が見られ、いずれの分類群も処理区によるタクサ数の違いは見られなかった。

平均個体数は、付着藻類については定量的評価ができなかったが、付着動物、動物プランクトンは、非除去区で顕著に多くなり、水草が多いほど、魚類等への餌となる可能性のある動物の個体数は多くなることが示唆された。底生動物はハーベスター区で多かったが、これは、ハーベスターによる刈取りで、湖底直上の貧酸素化(DO<2mg/L)が妨げられたためと考えられた。

今後、これらの知見を琵琶湖南湖の水草刈取り・除去事業（例：2015年度水草刈取り・除去面積1,639ha）による影響評価の参考にしたい。

# 3P03

## 環境 DNA による淡水エビ分布調査を目的とした

### 在来種—外来種群判別 Multiplex PCR 法の確立

\*石黒直哉・石田季久・飯島大智（城西大・理）

#### 1. はじめに

埼玉県に生息する在来淡水エビはヌマエビ属のヌカエビであるが、河川環境の変化や外来種であるカワリヌマエビ属の侵入により生息数が激減しており絶滅危惧II類に指定されている。県内のほとんどの河川でカワリヌマエビ属が確認されており、ヌカエビは上流域にのみ生息している。在来種と外来種群の生息域の関係は様々な要因が考えられるが、今後生息地情報を増やし検討を続けていく必要がある。そこで本研究では、在来種と外来種の生息域を簡便に調査すべく環境 DNA を用いた分析手法を確立する。現在行われている研究の多くでリアルタイム PCR や次世代シーケンサーが用いられているが、それらの装置は高額であり、小規模の施設には揃っていない場合もあるため、小規模実験施設でも実践できる淡水エビ分布状況調査を目的とした環境 DNA 分析手法の開発を試みた。

#### 2. 材料と方法

ヌカエビ、カワリヌマエビ属の塩基配列に基づいてそれぞれに特異的かつ増幅産物の大きさに差が出るように開発したプライマーを用い、ヌカエビ、カワリヌマエビ属の個体から抽出した DNA 溶液と両者を混合した DNA 溶液に対して PCR を行った。それらの産物を 100 塩基以下の増幅産物の確認に適した Prime™ Agarose PCR-Sieve HRS で電気泳動した。また、ヌカエビのみ、カワリヌマエビ属のみ、両者が生息すると思われる 3 地点の河川表層から 2L 採水し、メンブレンフィルターで全量濾過した。フィルター除去後の懸濁液を遠心分離機にかけ、濾過時採取サンプルのみを回収し、キットにより DNA を抽出した。これら各抽出液に対して前述のプライマーセットを用いて PCR 後、電気泳動により確認した。

#### 3. 結果と考察

個体から抽出した DNA に対して PCR を行い電気泳動したところ、増幅産物の大きさの違いにより、ヌカエビとカワリヌマエビ属の判別ができた (図 1)。

この方法をヌカエビのみ、カワリヌマエビ属のみ、両者が生息すると思われる 3 地点に適用したところ、期待通りのバンドが検出され (図 2)、環境 DNA を用いた判別法が開発できたと判断した。

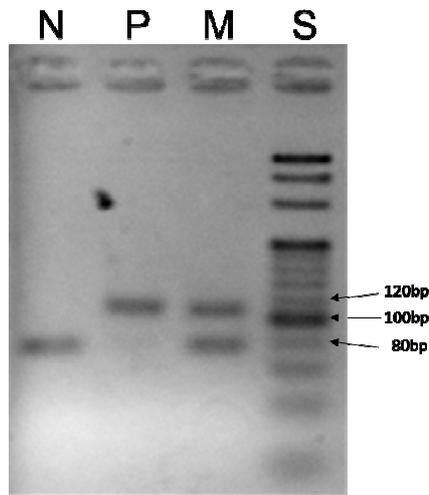


図 1 個体から抽出した DNA を用いたマルチプレックス PCR 産物の電気泳動像 (白黒反転)  
N: カワリヌマエビ属の一種、P: ヌカエビ、M: 両種の混合 DNA、S: サイズマーカー

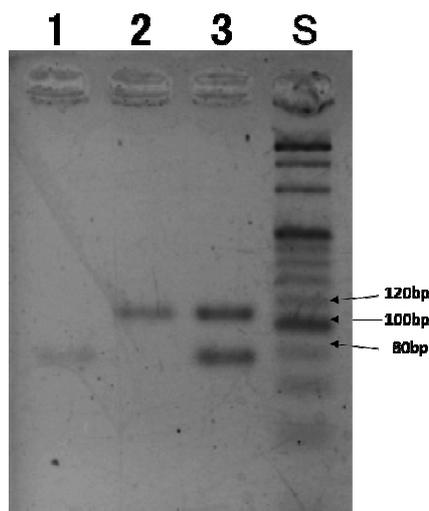


図 2 環境水から抽出した DNA を用いたマルチプレックス PCR 産物の電気泳動像 (白黒反転)  
1: 越辺川下流、2: 高麗川上流、3: 高麗川下流、S: サイズマーカー

## 鳥屋野潟の動物プランクトン相

# 3P04

\*帆苺 信 (新潟河川生態研究グループ)

### 1. はじめに

新潟市の市街地近郊に位置する鳥屋野潟は、潟面積が137ha、最大水深1.5mほどの富栄養湖である。都市化に伴って水質悪化が顕著になり、1970年代にはCODが最大15mg/Lに達するなど、汚濁が深刻化した。そこで1980年からは鳥屋野潟浄化事業が開始され、最大4ヶ所の揚水機場から鳥屋野潟への導水が実施され現在に至っている。現在の年平均CODは8mg/L程度である。

2007年からは非灌漑期(9月~3月)に浄化のための環境用水が開始され、信濃川からは210,816m<sup>3</sup>/日、阿賀野川からは239,410m<sup>3</sup>/日の水が導水のために汲み上げられている。しかし、昨年報告した通り、環境用水の浄化に関する効果は極めて限定的であると考えられる。しかし、これらの人為的な操作は鳥屋野潟の生物に大きな影響を与えていると予想され、鳥屋野潟の生物相は、季節的な要因のほか、人為的な要因によっても大きく影響を受けていると思われる。

本研究では、そのような変動の多い鳥屋野潟において、季節的にどのような動物プランクトンが優占し、湖内の環境に影響を与えているかを調べるために調査を行った。

### 2. 方法

鳥屋野潟の沖合に定点を3つ(弁天、湖心、親松)を設け、環境条件の測定ならびに動物プランクトンの採集を行った。

環境条件の測定として、水温、溶存酸素量(DO)、pH、電気伝導度(EC)、水深、透視度、透明度を現場で測定し、持ち帰った湖水によってChl.a濃度とセストン量を測定した。また、動物プランクトンの採集は、カラム式採水器を使って採水した湖水をメッシュサイズ40μmのネットで濾すことを行った。

採集と測定は2012年5月から月1回の割合で行った。各揚水機場による導水の流量や実施時期につ

いては、管理をしている亀田郷土地改良区のデータを用いた。

### 3. 結果と考察

透視度に関しては昨年報告とおり、①弁天で1年を通じて高い傾向が見られること、②農業用水と環境用水の切り替え時導水が止まる9月、3月透視度が下がることから、弁天での透視度には導水の影響が大きいと考えられた。

10月初めに電気伝導度が急激に上昇することに関しては、主要な流入河川である栗の木川に流れ込む本所排水路に存在する塩分の高い水塊が阿賀野川からの導水の流れによって鳥屋野潟に流れ込むためであると考えられる。鳥屋野潟付近は以前、天然ガスの産地であり、現在でも千以上の天然ガス用の井戸が残存していると言われている。多くの井戸からは天然ガスと一緒に塩分の高い地下水が噴出しており、本所排水路にたまる塩分が高い水塊は、噴出した塩水と関係があるのかもしれない。

動物プランクトンに関しては、湖内に魚が多く生息していること、湖全体の平均滞留時間が1~2日と湖水の入れ替わりが大きいことなどから、大型の動物プランクトンの密度は少なく、ワムシ類や小型のミジンコが優占することが多かった。本大会では、季節による優占種の違いなどを考察していきたい。



## 1. はじめに

現在、日本各地に生存する日本産淡水魚の量が減ってきているのが現状である。日本各地の日本在来の多くの淡水魚が減少し希少種として、レッドリストに登録され、保全の対象となっている。その原因が、人為的な河川改修によるものであるのか、または自然的な環境変化によるものであるのか、鳥類の鶴による食害の影響、外来種の移入など様々な要因が考えられるが、はっきりとした理由というものは分かっていない。

そこで本研究では、河川の環境に焦点を絞り、日本全国に分布域を持つコイ科のウグイを利用することで、河川の環境要因や河川の健康度と魚類の関係を明らかにすることを目的に行った。また、ウグイが河川環境の健全度指標として利用することができるかどうか、同時に検討を行った。

## 2. 材料と方法

現在、調査地点は全国の52本の河川で、河川の禁漁期間以外において、サンプルとなるウグイを釣獲により採集した。採集したウグイは体長、体重、肝重量を記録したのち、肥満度、比肝重値を求めた。

各調査地点において水を採集し、環境要因としてクロロフィルa量 chl.a、全窒素 TN、リン PO<sub>4</sub>、ケイ酸 SiO<sub>2</sub>、化学的酸素要求量 COD について計測を行った。また、調査地点において一辺が 25cm 四方の金属製コドラートとサーバーネットを用いて水生昆虫を採集し、同定、現存量の測定を行った。

以上のデータを用いて、ウグイの各計測項目と環境要因、水生昆虫との比較を行い、相関を取り関係性を探った。

## 3. 結果

ウグイの比肝重値と河川の環境要因 TN、COD、SiO<sub>2</sub> において正の相関が出ている。

また、ウグイの各計測項目と水生昆虫において、コガタシマトビケラなどトビケラ目の現存量が増えたと、ウグイの生息密度が多くなっている。一方コカゲロウなどカゲロウ目の現存量が増えたと、ウグイの各計測項目は負の相関を示す傾向にある。

## 4. 考察

本研究では、ウグイの各計測項目と河川の環境要因、またトビケラ目の現存量との間に正の相関が、カゲロウ目との間に負の相関がみられた。特に比肝重値と河川の水質の間に正の相関がみられることから、栄養塩が増加することで、比肝重値が増加、つまりより健康な個体が多いと考えられる。ウグイと水生昆虫との関係より、ウグイはカゲロウ目よりトビケラ目により依存しているのではないかと考えられる。

本発表では、以上のことを踏まえウグイの各計測項目と河川の環境要因との関係をより深く掘り下げ、将来的にウグイが河川を評価する指標になりえるのか議論したい。

*Daphnia* 属に代表されるミジンコ類は、濾過食を行う動物プランクトンである。このようなプランクトンはその濾過機能に応じて数  $\mu\text{m}$  程度の粒子であれば餌資源として利用することが可能である (Gliwicz and Siedlar, 1980)。ミジンコ類は一般的に緑藻をはじめとする植物プランクトンを摂食しているとされ、実験室内での培養の際にも、植物プランクトンが与えられるのが一般的である。湖沼に生息する動物プランクトンの中でも摂食効率がよく、ミジンコ類は食物網を構成する他の生物の存在量を左右することもある。のみならず、自然環境中では、植物プランクトン以外の生物を摂食し、直接的な影響を与えることも示唆されており、例えば Kagami et al. (2007) では、珪藻に寄生するツボカビの遊走子を餌資源として利用し得ることが指摘されている。このように、ミジンコ類は従来考えられてきた以上に湖沼内の他の生物と相互作用していることがわかってきた。

ツボカビを含む真菌類は、主に寄生性の生物として知られ、世界規模に遍在し、多様な環境に適応している。そのためにツボカビが組織する、自由遊泳できる遊走子の他にも、広範囲に菌糸をのばすものや、単細胞体で出芽し増殖する酵母の形態をとる種もある。このような真菌類は淡水湖沼においても普通に観察され、これらに関する研究も少なくない。しかし、その多くは、有機物分解に関わるものである。真菌類は腐生や寄生により生活しているため、生態系では有機物の分解者としてののはたらきが注目され、特に、有機物から無機物への変換を担う重要な生物と位置づけられている。

一方、真菌類は、Kagami et al. (2007) が示したように、動物プランクトンに摂食され、エネルギー源ともなり得る。また、真菌類の酵母類では、単細胞体である場合は  $5 \mu\text{m}$  程度の浮遊生物であることから、濾過食を行う *Daphnia* 属をはじめとする動物プランクトンには十分に摂食され、餌となっている可能性があり。実際に、*Daphnia* 属に対しての餌資源として、短期間ならば有用な餌資源になり得ることが古くから示されている (島谷ら, 1967)。また、

狭義の酵母 *Saccharomyces cerevisiae* を  $5 \times 10^5$  個体/ml の程度の濃度で餌として与えると、*D. magna* の系統はすくなくとも 10 日間以上維持できることも報告されている (Czeczuga et al., 2003)。さらに、単体の餌としては十分ではないとしても、藻類が含まない栄養成分を供給することで、動物プランクトンの成長を支えている可能性もある。

そこで本研究では、真菌類のうち、特に単細胞で浮遊している酵母に着目し、ミジンコ類 (*Daphnia* 属) にとっての餌料価値を調べるための実験を行った。実験に用いた酵母は宮城県川崎町や仙台市のため池から分離し、YM 液体培地で震盪培養できた複数の系統 (未同定) である。実験にあたっては、これら酵母を単独で与えた場合と藻類と混ぜて与えた場合の餌条件を設定し、*Daphnia pulex* の複数の系統を対象に成長応答を調べた。その結果について、報告する。

## 文献

- Gliwicz ZM, Siedlar E (1980) Food size limitation and algae interfering with food collection in *Daphnia*. Arch Hydrobiol 88 155-177.
- Kagami M, De Bruin A, Ibelings BW, Van Donk E (2007) Parasitic chytrids: their effects on phytoplankton community and food-web dynamics. Hydrobiologia 578: 113-129.
- 島谷 周, 金沢 昭夫, 柏田 研一 (1967) 海洋酵母の利用に関する研究 I: 海洋酵母によるアルテミアおよびミジンコの飼育. 鹿児島大学水産学部紀要 16: 34-39.
- Czeczuga B, Kozłowska M, Kiziewicz B (2003) Effect of various types of phytoplankton on fertility, egg size and duration of postembryonic growth of a few plankton representatives of Cladocera (Crustacea). Polish J Environ Stud 12: 545-555.

\*長濱 祐美 (茨霞環科セ), 富岡 典子 (国立環境研究所),  
松本 俊一 (茨霞環科セ), 福島 武彦 (茨霞環科セ)

### 1. はじめに

茨城県南部に位置する霞ヶ浦は、1970年代ごろから水質悪化が顕在化している。茨城県は水質改善に取り組んでおり、1979年に  $11\text{mg L}^{-1}$  だった COD は 2016年には  $7.2\text{mg L}^{-1}$  までに減少した。しかし現在でも夏季に *Microcystis* が増殖して局所的にアオコが発生することがある。底泥中で越冬した細胞が湖水中に回帰して夏季のブルームをもたらしていると考えられている (Rengefors et al., 2004) が、底泥中の *Microcystis* 現存量を検鏡で測定するには高い専門性が必要であり、高頻度での調査は難しい。そこで我々は、Tomioka et al. (2011) の方法を応用して霞ヶ浦底泥中の *Microcystis* の rDNA をリアルタイム PCR で定量し現存量を推定している (長濱ら, 2017) が、その測定精度に関しては検討が不足している。そこで、底泥中に存在する *Microcystis* 現存量の推定に対する本手法の利用可能性について検討した。

### 2. 材料と方法

実験には、国立環境研究所から分譲された *Microcystis aeruginosa* (NIES-87) を 21 日間培養し、3000 rpm で 10 min 間遠心分離した濃縮培養液を用いた。抽出効率検討のため、濃縮培養液を段階希釈し、底泥、湖水、蒸留水に添加して既知濃度の混合試料を作成し、リアルタイム PCR で細胞濃度を測定した。なお、底泥と湖水は霞ヶ浦で採取した。また、抽出液中の細胞濃度が測定結果の再現性に及ぼす影響を検討するため、濃縮培養液を添加した混合試料の抽出物を段階希釈して繰り返し測定を行った。

rDNA の抽出・精製には Extrap Soil DNA Kit Plus ver.2 (J-Bio), Fast DNA spin kit for Soil (Bio101), Power Soil DNA isolation kit (Mo Bio) の三種類を用いた。測定にはリアルタイム PCR (7500 Real-Time PCR System, Applied Biosystems) を使い、プライマーは Micro233f と Cyano342r を用いた。1 well には、サンプル  $1\ \mu\text{L}$ , Power SYBR Green PCR Master Mix (Thermo Fisher Scientific)  $25\ \mu\text{L}$ , 滅菌水  $22\ \mu\text{L}$ , 各プライマー  $1\ \mu\text{L}$  を添加した。増幅条件は、 $95^\circ\text{C}$  で 15

秒熱処理した後、 $95^\circ\text{C} \cdot 15$  秒,  $62^\circ\text{C} \cdot 60$  秒, 45 cycle で行い、ターゲットの増幅は溶解曲線により確認した。リアルタイム PCR で検出された Ct 値は、既知濃度の試料を用いて *Microcystis* 細胞数に換算した。

### 3. 結果と考察

Extrap Soil DNA Kit Plus ver.2 を用いた場合の抽出効率について検討した (図 1)。蒸留水との混合試料の平均抽出効率はおおよそ 125%, 底泥との混合試料の平均抽出効率はおおよそ 50% であった。Extrap Soil DNA Kit Plus ver.2 を用いた抽出物を使ってサンプル中の細胞濃度に対する測定値の再現性を検討した

(図 2)。その結果、本条件では 1 well 中の細胞濃度が  $1.0 \times 10^2\ \text{cells}\ \mu\text{L}^{-1}$  を下回ると相対標準偏差が上昇する傾向がみられた。

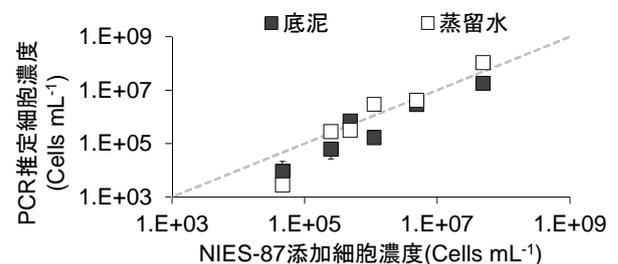


図 1. 添加細胞濃度と PCR で測定した細胞濃度の関係。エラーバーは標準偏差を示す。

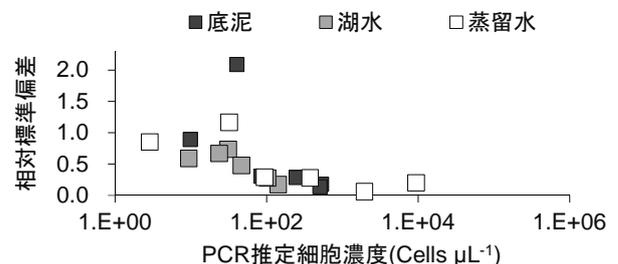


図 2. PCR によって実測された細胞濃度と繰り返し測定による相対標準偏差の関係。

### 文献

- 長濱ら (2017) 水環境学会誌, 40 (4): 183-188
- Rengefors, K. et al. (2004) Microbial Ecology 36: 213-226
- Tomioka, N. et al. (2011) Journal of Plankton Research 33 (8): 1263-1273

## 1. はじめに

新潟市の北部にある福島潟は、面積 2.6 km<sup>2</sup>、最大水深 2 m、水面標高-0.7 m、流入河川 13 本、流出河川 1 本(洪水時のための放水路が 1 本他にあり)の潟湖である。1700 年代より干拓が進み、1975 年にほぼ現在の大きさ(干拓以前に比べ 20 分の 1)になった。現在では洪水時の遊水池になっている。

これまで鳥類、植物の調査はあったが、水界生態系についてはまだよく分かっていない。そこで基礎的な水界生態系を明らかにすることを目的として本研究を進めた。

福島潟の湖岸にはヨシ原が発達し、ヨシで覆われた島が多数ある。夏期、水面の多くはオニビシで覆われ、他にハス、コウホネ、ガガブタなどが見られる。

## 2. 方法

調査は 2016 年の 5・7・9 月に、湖岸の 5 地点で行なった。St.1 は流出河川、St.4 は大きな流入河川である。試料は岸から採水し、その場で測定、あるいは持ち帰って分析した。調査項目は水温、溶存酸素量、電気伝導度、透視度、pH、クロロフィル a 量である。

珪藻類の採集は、表面水の採水ならびにヨシやマコモの水中部に付着した藻類を採取し、現地でホルマリン固定した。珪藻類は定法に従って酸処理を行って永久プレパラートを作成し、1000 倍に調整した光学顕微鏡下で 1 試料について無作為に 500 殻を観察して種の同定と計数を行ない、種の相対出現頻度を求めた。さらに、群集の特徴を知るため多様度指数(Shannon, 1949)を算出した。

ワムシやミジンコ類はバケツで 20 L ほど採水し、NXXX25 のプランクトンネットで濾し集め、シュガーホルマリンで固定後、検鏡した。

## 3. 結果

水温は地点間で大きな違いはなかった。電気伝導度は 100~400  $\mu\text{S cm}^{-1}$ 、pH 6.2~7.0 であった。一方、溶存酸素量は 5~7  $\text{mg L}^{-1}$  と比較的 low、クロロフィル a 量も 5~20  $\text{mg m}^{-3}$  と低かった。

表面水中の流下珪藻類の細胞数密度は、およそ 0.2~7.5  $\text{cells} \times 10^6 \text{L}^{-1}$  で一般河川水の細胞数密度と大差無かった。同定した taxa 数は、全体で 234 taxa であった。各試料とも検出 taxa 数が多く、多様度指数も大部分の試料が 5.0 bit 以上の高値を示し、出現頻度 8.0 未満の taxa が、50%以上を占めていた。検出した種類では、多くの試料で付着性の *Gomphonema* 属、*Achnanthes* 属、底生の *Navicula* 属や *Nitzschia* 属の種が多かった。

付着珪藻類は、全体で 182 taxa を同定した。試料ごと taxa 数は、23 taxa (定点 3 の 9 月)~91 taxa (定点 4 の 7 月) と定点ごと、季節ごとの変動が大きかった。検出した種類では、*Planothidium lanceolata* が各定点の 9 月の試料で優占種となっていた。また、多くの試料で *Gomphonema* 属の種 (*G. angustum*, *G. clevei*, *G. parvulum*) の出現頻度が高かった。多様度指数を見ると、1.52 bit~5.48 bit と変動が大きく、各定点で 7 月の試料が高値を示した。

ミジンコ類は *Scapholeberis mucronata*, *Simocephalus vetulus* など沿岸性の種が多く、密度は新潟県のほかの湖沼と比べて低かった。

## 4. 考察

福島潟で検出した珪藻類は、新潟県内の他の潟湖に見られる浮遊性の種(*Cyclotella* 属 *Fragilaria* 属など)の出現頻度は低かったが、付着性の珪藻類(*Planothidium* 属 *Gomphonema* 属など)は高かった。

以上の事から、福島潟では停滞する水域が少なく、微小生物群集は流水の影響を強く受けていると考えられる。

# 3P10

## 微量セシウム蛍光検出プローブを用いた トビケラの流下物取り込みに関する試み

\*佐藤 翔 (埼玉大・工), 藤野 毅 (埼玉大)

### 1. はじめに

東日本大震災とそれに伴い発生した福島第一原発事故により多くの放射性物質が環境中へと放出された。中でも Cs137 は半減期が約 30 年と長く、長期間にわたって環境への影響が心配される。原発付近の河川では、現在に至るまで定期的にモニタリング調査が行われ、放射能測定によってその影響が数値化されている。代表的な底生生物であるトビケラ種においても放射能が検出されており、その放射性物質の取り込みと残留の程度について明らかにすることを目的としている。

### 2. 材料と方法

本研究においては、ヒゲナガ種の代表として生息数も多く比較的見分けが付きやすいヒゲナガカワトビケラを対象としている。福島第一原発付近の真野川 (2 地点)、前田川、新田川、熊川、太田川と、大学のある埼玉県荒川を調査地とし、流下物とヒゲナガカワトビケラの幼虫と成虫の放射能を測定した。流下物はプランクトンネットにて捕集後、粒径毎にフィルターでろ過し、乾燥させて測定した。幼虫と成虫は捕獲後エタノールにて固定し、研究室にて乾燥、粉碎して測定した。測定は東京農工大学の協力によりゲルマニウム半導体検出器を利用している。

流下物に付着するセシウムの取り込みについて、幼虫を水槽にて飼育し、水や餌にセシウムを混ぜて動きを調べる。蛍光プローブとしてセシウムグリーン (東京化成工業株式会社) を利用する。幼虫の取り込みのメカニズムの他に、成虫への遷移の状況についても調べる予定である。

### 3. フィールドにおける流下物と水生昆虫の放射性セシウム汚染の状況

福島県内を流れる河川および埼玉県荒川中流部における流下物とヒゲナガカワトビケラからの放

射性セシウムの濃度測定の結果として、篩による 64  $\mu\text{m}$  ~ 250  $\mu\text{m}$  までの範囲において粒径が小さくなるにつれて放射能が高かった。また、同じ真野川でも上流よりも下流の方がより放射能が高い傾向が現れた。ヒゲナガカワトビケラ幼虫では、福島の河川での放射性セシウム濃度は依然として高い。なお、報告事例のなかった埼玉県の荒川中流部で採取した幼虫からも放射能は検出されている。2017 年 5 ~ 6 月に越冬世代が羽化するためライトトラップによって成虫を捕獲したが、福島、埼玉ともに放射性セシウム濃度は検出限界以下であった (図 1)。

	放射能(Bq/kg)	誤差(Bq/kg)	検出限界放射能(Bq/kg)
2016.11.13			
【流下物】			
熊川63 $\mu\text{m}$	7535	340	277
熊川125 $\mu\text{m}$	4060	73	34
前田川63 $\mu\text{m}$	10936	166	82
前田川125 $\mu\text{m}$	4114	45	17
真野川上流125 $\mu\text{m}$	1328	33	20
真野川上流250 $\mu\text{m}$	773	26	18
真野川下流125 $\mu\text{m}$	2841	131	106
【ヒゲナガ】			
真野川下流 幼虫	553	25	36
前田川 幼虫	4048	83	47
2017.05.13~18			
【ヒゲナガ】			
福島 成虫	58	24	74
荒川 成虫	11	8	26
2017.08.03			
【流下物】			
荒川125 $\mu\text{m}$	80	11	22
荒川250 $\mu\text{m}$	105	15	31
【ヒゲナガ】			
荒川 幼虫	20	13	45

図 1 2016-17 における放射能測定結果

現在、セシウムとセシウムグリーンを流下物に付着させ、付着物の性状として主に粘土鉱物由来のものと同藻類由来とに分けて蛍光顕微鏡で状況を観察している。水生昆虫が流下物を摂食し、排せつした中にどの程度セシウムが残留しているかを調べて、消化器官でのみで検出されるのか、体内組織に取り込まれているのかを検証する。

\*富岡典子, 土屋健司, 小松一弘, 高津文人, 今井章雄 (国環研)  
早川和秀・廣瀬佳則・岡本高弘・永田貴丸 (琵琶研セ)

### 1. はじめに

琵琶湖ではこれまでの様々な取組の結果、湖沼水質は改善されつつある。一方、リン濃度の低下にも係わらず、CODが高止まりするなど、これまでの知見では解決できない課題も現れてきている。我々は、琵琶湖北湖の有機物代謝を微生物食物連鎖を含めた視点で俯瞰すべく、細菌生産量、細菌群集構造について2016年夏より調査を開始した。湖沼に於いて、真性細菌は有機物分解や一次生産に対して重要な役割を担うと考えられる。本発表では淡水の細菌の中で重要な位置を占めると考えられる藍藻類濃度および *acI-Actinobacteria* の季節ごと、深さ方向の変化について、定量PCRを用いて定量解析した結果について報告する。

### 2. 材料と方法

調査は2016年7月、8月、10月、11月、2017年2月、5月に琵琶湖北湖の南比良沖において実施した。水温、溶存酸素、クロロフィル a、懸濁態・溶存態有機炭素、栄養塩等の環境因子を測定すると共に、表層から湖底まで7深度について採水を実施した。採水後速やかに試水の1/4量の99.8%エタノールを添加固定し、細菌濃度測定用試料とした。同試料を冷蔵保存後、速やかに0.2μmミリポア オムニポア膜(ポアサイズ0.2μm)を用いて細菌菌体を回収した。回収した細菌菌体から Extrap Soil DNA Kit Plus ver.2(日鉄住金環境)を用いてDNAを抽出し、得られたDNA抽出液中の真性細菌、*acI-Actinobacteria*、*Cyanobacteria* および *Synechococcus spp.*等のrDNA濃度を、それぞれを特異的に増幅するプライマーを用いてLightCycler 480(ロシュ)によって測定した。

### 3. 結果

図1に1平方メートルあたりの細菌rDNAの存在量を表層(0m~20m)および底層(20m~湖底直上: 60m程度)に分けて示した。細菌の存在量は表層が多く、特に夏季(2016年7月および8月)の表層には高密度で *acI-Actinobacteria*、*Cyanobacteria* が存在した。表層の細菌密度は秋から冬にかけて減少し、春にまた増加する傾向が認められた。底層では

*acI-Actinobacteria*、*Cyanobacteria* 共に存在密度が年間通して低く、他の細菌が優占しており、深さ方向で細菌群集が大きく異なることが明らかとなった。

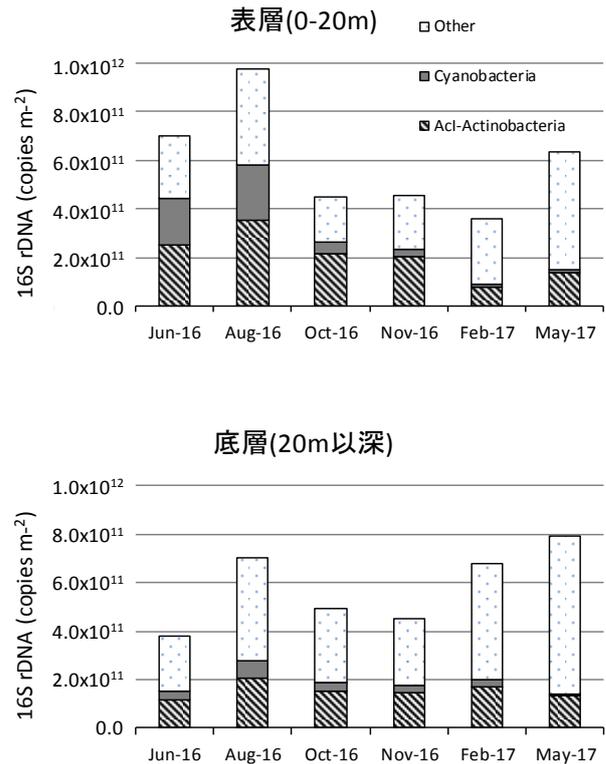


図1. 琵琶湖湖水中の細菌の存在量の季節変化

### 4. 考察

本研究の結果、淡水に広く分布すると言われていた *acI-Actinobacteria* が琵琶湖北湖(特に表層)に高密度で存在し、その季節変動は夏に高密度になり秋から冬にかけて減少する傾向を示すことが明らかとなった。今後は、この細菌が、同じく夏に高密度で存在する *Cyanobacteria* とともに、琵琶湖の有機物代謝にどのような役割を担っているかを検討していく必要がある。

本研究は15K21449, 環境省環境研究総合推進費(5-1607)の助成を受けて実施された。また、調査の一部は京都大学生態学研究センターの研究船「はす」を用いて実施された。ここに記して謝意を表す。

\*土居秀幸（兵庫県立大・院・シミュレーション）・John S. Kominoski (Florida International University)・片野泉（奈良女子大・理）

### 1. はじめに

近年、気候変動による温暖化により、生物の分布域の変化や移動が観察され、今後のさらなる温暖化によりそれらの現象が顕在化し、生態系に大きな影響を及ぼすことが懸念されている（Brown et al. 2016, Doi et al. 2017）。そのような温暖化による生物の分布域の変化については、特に生物種の生息可能温度が重要な決定要因になっていることが近年明らかになってきた。生息可能温度の範囲が狭い生物種は、広い生物種に比べて分布域の変化が起こりやすいなどのことが想定されている。よって、生息可能温度やその範囲を把握することは今後の温暖化による生物の移動分散や生物群集の組成を予測するために重要である。

そこで、本研究では、主に水生昆虫における生息可能温度やその範囲について、生息場所の緯度、高度、分類群、機能的摂食群などとの関係性について検討した。北米に分布する河川の水生昆虫をはじめとする無脊椎動物群集を対象として、生息温度の記載についてのデータベースを利用して解析を行った。

### 2. 材料と方法

データは、USGS の A Database of Lotic Invertebrate Traits for North America

(<https://pubs.usgs.gov/ds/ds187/>) を用いた。このデータベースには 3 0 0 0 種以上に及ぶ北米に分布する河川の水生昆虫をはじめとする無脊椎動物についての様々な機能が記載されている。その中から生息温度のデータについて利用した。生息温度データは、生息可能最高水温、生息可能最低水温が記載されており、それらのデータから、生息可能水温範囲を求めた。

解析対象となる生物種の分類群、機能的摂食群、生息場所の緯度、高度、についても USGS データベースや、論文その他の情報から収集して解析に用いた。

統計解析については、一般化線形混合モデルを用いて、緯度、高度、分類群、機能的摂食群などの要因と、生息可能最高水温、生息可能最低水温、生息可能水温範囲との関係性について検討した。

### 3. 結果と考察

生息可能最高水温、生息可能水温範囲は、生息場所の高度と関係性がみられた。生息場所の高度が高くなると、生息可能最高水温が低くなり、生息可能水温範囲が著しく狭くなることがわかった。これらの現象は、高山で生息する生物種にとって気候変動による水温上昇が、生息可能水温範囲を容易に超えてしまう可能性があることを示唆している。より高い高度への移動が起こることや、水温上昇により地域絶滅が促進される可能性があることが示唆された。

生息可能水温範囲は、分類群、機能的摂食群などとも関係性がみられ、トビケラなどで生息可能水温範囲が広いなどの傾向が見られた。これら分類群による違いが、今後の気候変動による水温上昇により、河川の無脊椎動物群集の組成に影響を及ぼすことが考えられた。

### 引用文献

- Brown, C. J., et al. (2016). Ecological and methodological drivers of species' distribution and phenology responses to climate change. *Global Change Biology*, 22: 1548-1560.
- Doi, H., Gordo, O., Mori, T., & Kubo, M. T. (2017). A macroecological perspective for phenological research under climate change. *Ecological Research*, 32: 633—641
- Vieira N. K. M. et al. " A Database of Lotic Invertebrate Traits for North America" U.S. Geological Survey Data Series 187

# 3P13

## 深見池の C,N,P の特異性と長期変動

\*八木明彦<sup>1</sup>, 大八木麻希<sup>2</sup>, 登めぐみ<sup>3</sup>, 寺野ひろ実<sup>4</sup>, 横山亜希子<sup>5</sup>

(1. 愛知工業大学, 2. 四日市大学, 3. 三重県建設技術センター, 4. ニック kk, 5. kk ウォーターエージェンシー)

### 1. はじめに

深見池は長野県下伊那郡阿南町（北緯 35°19'31.37"、東経 137°49'9.84"）に位置し、短径 150m、長径 300m、表面積 2.1ha、体積  $1.4 \times 10^5 \text{m}^3$ 、容積  $1.0 \times 10^5 \text{m}^3$ 、最大深度 7.6m の天然湖の富栄養湖である。流入水は 7 ヲ所、流出水は 1 ヲ所で、本研究の目的は 1992 年に長野県の「水環境整備事業」として護岸整備と農業集落排水施設が整備され、その後最大深度と透明度が明らかに変化し、また流入量・流出量の減少、集水域の土地利用も工事以前に比べて山林と耕地が減少し住宅や道路が増え環境変化と湖水の影響を論議する。

### 2. 材料と方法

船上からビニール製のチューブと手動ポンプを用いて、水温躍層付近では 25 cm 間隔、それ以外は 1m 以下の間隔で採水を行った。水温、溶存酸素は DO メーター(投入電極式, 蛍光法, HACL 社)を用いて測定した。硫化水素はガス検知管(溶存硫化物 0.5-10ppm)を用いて測定した。植物プランクトン、緑色硫黄細菌は波長 663,630,645nm、B-Chl.c 波長 662nm を用いて算出した。集水域は桜井、渡辺(1974 年)を参照と 2 万 5000 分の 1 の地図と 2016 年の現地観測結果より修正をした。微量元素は ICP 分析により定量した(島津 ICPE-9000: 平成 24 年度 文科省私大研究設備整備費等補助金)。

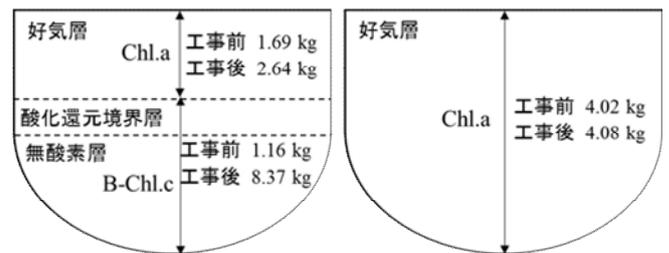
### 3. 結果と考察

水環境整備事業以降、透明度の上昇と緑色硫黄細菌が大幅増大していた。植物プランクトン量は大きな変化はなかったが、アオコの発生などから優占

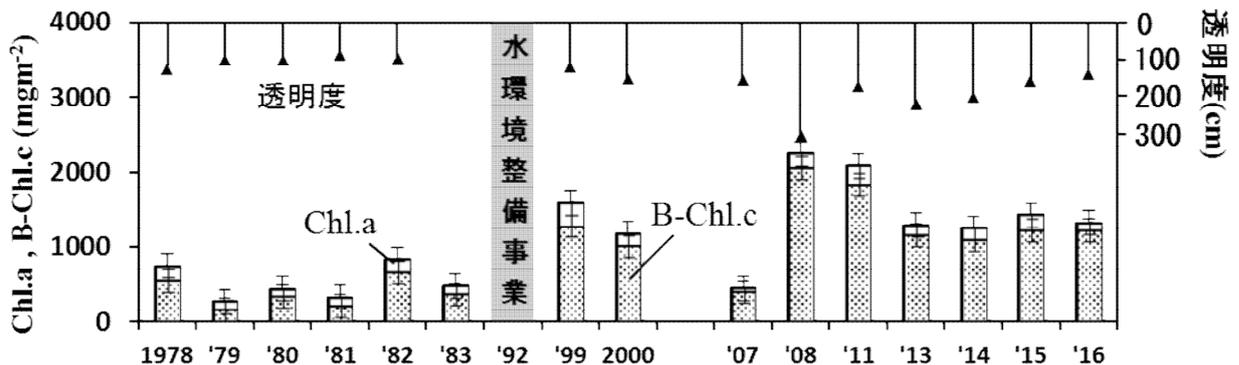
種に変化が生じたと考えられた。全窒素、と全リンに大きな変化は認められなかったが、無機態窒素は減少傾向にある。溶存態炭素は工事の影響か、特に 2000 年で増加したが時間経過とともに減少し、以前の値に戻った。懸濁態炭素は境整備事業後、家庭排水・周辺耕地流入が大きく減少した。流入と流出及び蒸発量、微量元素の結果ら湧水がかなり存在することが判明した。

深見池の深度に占める体積 2017 年

深度 m	体積 $\text{m}^3$
0~1	19637
1~2	17766
2~3	16212
3~4	13963
4~5	11455
5~6	8772
6~7	7083.9
7~7.5	1702
7.5~7.6	436.5
合計	97027



工事(1992)前後のクロロフィル a とバクテリアクロロフィル c



\*花石 竜治, 野澤 直史, 佐藤 裕久 (青森県環境保健センター),  
工藤 志保 (現 青森県中南地域県民局環境管理部)

## 1. はじめに

白神山地山麓に位置する十二湖青池は青色を呈する。この呈色機構については、高松らの既報<sup>1)</sup>で「水の吸収機構を基調とし、ケイ酸塩鉱物微粒子によるレイリー散乱が関与」との報告がある。

演者らは、青池は透明度が高く、全透(水深約9 m)であることに注目し、その呈色機構を研究している。

今回は、これまでに得られた実験室内および青池実地での調査結果について報告し、さらに青色呈色のシミュレーション結果について述べる。

## 2. 方法

### (1) 化学分析

pH, EC, SS, DO, アルカリ度,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , 微量金属元素を測定した。

### (2) 実験室内での紫外可視光吸収スペクトル測定

島津 UV-1800 に 10 cm 石英セルを用いて測定した。

### (3) 3色カラーセンサーでの光測定

浜松ホトニクス S9706 を使い、釣り竿から LAN ケーブルで湖内に垂下し、マイコンボード Arduino Uno を介して PC で測定した。

### (4) ミニ分光器による可視光吸収スペクトル測定

浜松ホトニクス C12880MA-10 を使い、(3)と同様に Arduino Uno を介して測定した。

## 3. 結果

### (1) 化学分析

青池湖水は、春から秋までは、水温が 12 °C 程度、SS が定量下限値 (0.1 mg/L) 未満、DO 飽和率約 80% であり、遷移金属元素の測定でも、呈色に寄与する可能性のある金属元素は極めて低濃度であった。

また、青池に隣接する青色を呈しない「鶏頭場ノ池(けとばのいけ)」湖水の水質と比較した結果、両池で水温、SS、DO が異なっていた。なお、青池では、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Zn}$  がやや高濃度であったが、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Zn}^{2+}$  は可視領域に光吸収を持たない。

### (2) 実験室内での紫外可視吸収スペクトル測定

400~900 nm で青池湖水と超純水はほぼ同一の構

造を持つ光吸収スペクトルを示した。なお、超純水の吸光係数測定値は、既報<sup>2)</sup>掲載値と一致していた。

### (3) 3色カラーセンサーでの光測定

水深が深くなると赤色光強度が小さくなることが確認できた。この結果は、センサーの分光感度特性と水の吸光係数から説明できた。

### (4) ミニ分光器による可視光吸収スペクトル測定

水の赤色光吸収の原因の 600~800 nm の吸収ピーク形状とその吸光係数の強さは、青池実地と実験室内の結果(青池湖水および超純水)と一致した。

### (5) 青色呈色のシミュレーション

湖底での光反射モデルを立案し、水の吸光係数から青色呈色を再現できた。この方法および結果により「青池カラーチャート」を提案する。

## 4. 考察

昨年度、化学分析の結果と3色カラーセンサーでの光測定結果の解釈により「青池は水そのものの赤色光吸収によって青い」という仮説を提唱した。今年度は上述のスペクトル測定を行い、「青池湖水の可視光吸収スペクトルは、実験室内でも実地でも、超純水のものと同じ」という結果を得た。さらに、水の吸光係数から青色呈色の再現ができた。これらことから、「青池の呈色原因は水そのもの」という実証段階に到達できたと考えている。

<謝辞>本研究を進めるに当たって、国立研究開発法人 国立環境研究所 田中 敦氏から御指導をいただいた。ここに記して感謝申し上げる。

### <文献>

- 1) 高松信樹・磯野正典・網田和宏 (2008) : 津軽十二湖青池の呈色機構に関する一考察. 日本陸水学会要旨集 : 3C21.
- 2) Robin M. Pope and Edward S. Fry (1997) : Absorption spectrum (380-700 nm) of pure water. II. Integrating cavity measurements. Appl. Opt., 36 : 8710-8723.

## 湖底環境シミュレーション実験による 湖水-底質間における化学成分の動態評価

\*布施泰朗 (京工織大・環境セ), 初雪 (京工織大・院工芸)  
村山耀平 (京工織大・院工芸), 岡本高弘 (琵琶湖環研)  
早川和秀 (琵琶湖環研), 柄谷 肇 (京工織大・分子化学系)  
山田 悦 (京工織大・環境セ)

**1. はじめに** 琵琶湖北湖では、1985 年以降、生物分解を受けにくい難分解性有機物の増加による水生生態系への影響が懸念されている。また近年、温暖化の影響などによる成層強化により、深水層における湖底の低酸素化の進行が懸念されている。湖底低酸素化の物質循環への影響については、P や Mn などの無機成分について多くの報告があるが、有機成分の動態について検討した例は少ない。霞ヶ浦では、湖水中の溶存有機物質への底質からの寄与が 12% と報告され、琵琶湖においても底層水でのフルボ酸様蛍光物質濃度が表層水より高いなど底質からの溶存有機物の影響を無視することは出来ない。そこで本研究では、琵琶湖北湖の底質コアを採取し、湖底環境のシミュレーション実験を行い、底質-湖水間の有機物の物質循環と低酸素化の影響について検討した。

**2. 材料と方法** 底質試料は 2015 年 5 月、10 月、2016 年 5 月に琵琶湖北湖今津沖中央 (St.17B

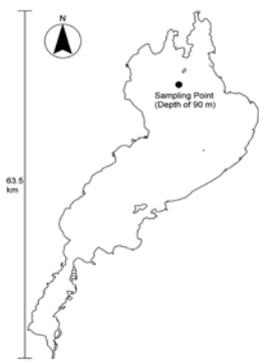


Fig. 1 試料採取地点

水深 90 m, Fig. 1) で不攪乱採泥器を用いて底質コアを採取し、湖底環境のシミュレーション実験に用いた (Fig. 2)。湖底環境の再現条件は、2015 年 5 月試料では 3 本の底質コアに対してそれぞれ DO を 0 mg/L、2.6 mg/L (成層期末期の底層付近に近似)、10 mg/L の条件とし、2015 年

10 月試料では 3 本のコアすべて DO を 0 mg/L とし、pH 7、水温 7 °C で 120 日間シミュレーション実験を行った。2016 年 5 月試料では 3 本のコアすべて DO を 0 mg/L とし、pH 7、水温 7 °C でそれぞれ 30 日、63 日、120 日間でシミュレーション実験を終了した。実験期間中、1-2 週間ごとに 25 mL 採取し、三次元蛍光光度法 (3-DEEM) により蛍光特性、原子吸光分析などにより化学成分について測定した。底質コアは採取直後とシミュレーション実験終了後、堆積層別に 5 層 (第 1 層 0-1 cm, 第 2 層 1-2 cm, 第 3 層 2-4 cm, 第 4 層 4-10 cm, 第 5 層 10-20 cm)

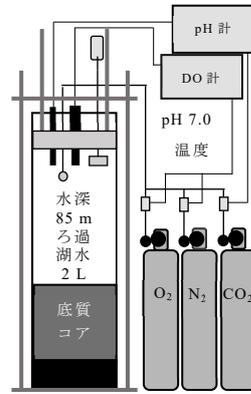


Fig. 2 湖底環境シミュレーション実験の概略図

に分離した。堆積層別底質試料を遠心分離 (3000 rpm, 20 min) により間隙水と分離し、底質試料は乾燥して粉末試料とした。間隙水はシミュレーション実験の直上水と同様に化学成分を分析した。

**3. 結果と考察** 直上水中のフルボ酸様蛍光強度は実験開始後上昇し、120 日目の値は DO 0 mg/L の場合が最も低

かったが、DO 0 mg/L の条件で採取時期が異なるコアでもフルボ酸様蛍光強度の上昇速度は同程度であった (Fig. 3: 2016 年 5 月採取試料)。タンパク質様蛍光強度の変化は小さく、5 QSU

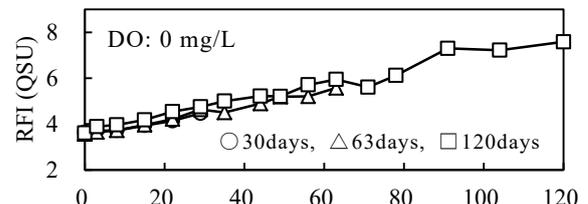


Fig. 3 直上水中フルボ酸様蛍光強度の変化 (Days)

程度で推移した。2016 年 5 月試料の 0 日、30 日、63 日、120 日間後の間隙水中フルボ酸様蛍光強度の変化を Fig. 4 に示す。蛍光強度はフルボ酸様蛍光物質の直上水への溶出により減少するのではなく底質内で増加していることが確認された。これらの結果から、底質はフルボ酸様蛍光物質の定常的な供給源であると推測された。蛍光強度を Biwako FA (日本腐植物質学会提供) で炭素換算すると、底質表面から難分解性のフルボ酸様蛍光物質が直上水中に 1.13 mg C/m<sup>2</sup> · day の速度で溶出していた。

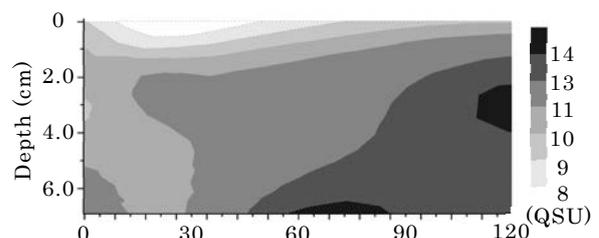


Fig. 4 間隙水中フルボ酸様蛍光強度の変化 (2016 年 5 月)

\*尾坂兼一、土橋直弥、鈴木悠平、山田沙希、丸尾雅啓 (滋賀県立大・環境科学),  
中村高志、西田継 (山梨大・国際流域)

## 1. はじめに

近年琵琶湖北湖において増加が報告されている硝酸態窒素は、湖沼環境中の窒素化合物の主要形態であり、生物にとっての必須元素である一方、水域への過剰な負荷は水質の悪化や生態系の劣化につながる事が知られている。湖水中において窒素化合物は植物プランクトンへ吸収、植物プランクトンの分解、無機化、硝化などの循環プロセスを経るが、そのなかでも脱窒は硝酸態窒素を窒素ガスに変換する微生物プロセスであり、水域からの窒素除去プロセスとして重要な役割を担っている。

琵琶湖北湖において脱窒は主に湖底堆積物中で起こっていることが示唆されているが(Miyajima, 1994)、脱窒の定量的評価も含めた、琵琶湖湖底堆積物の窒素循環過程や、それが湖水中の窒素動態に与える影響については十分に明らかになっていない。本研究では湖水プロファイルの窒素化合物濃度とその窒素・酸素安定同位体比の測定と、湖底堆積物の培養実験により湖底堆積物中の窒素循環過程が琵琶湖北湖における窒素循環過程に与える影響を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

2014年4月から琵琶湖北湖第一湖盆の中央部(水深約90m)の14深度(水深0、2.5、5、7.5、10、15、20、30、40、50、60、70、80、88m)において1-2ヶ月に一度の頻度で採水を行い、湖水中の全窒素(TN)濃度、溶解態窒素(DN)濃度、硝酸態窒素( $\text{NO}_3^-$ )濃度、アンモニア態窒素( $\text{NH}_4^+$ )濃度、硝酸イオン安定同位体比( $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$ 、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$ )の測定を行った。

また、同地点において不攪乱湖底堆積物を採取し、採取した湖底堆積物は実験用カラムに移し、DO濃度を調整した後2週間培養を行った。培養は硝化抑制剤を加えて硝化を止めた系と、硝化抑制剤は加えず硝化を止めなかった系それぞれ3連で行い、それぞれ湖底堆積物を採取した日の湖底直上の水温で培養した。培養前後のカラム内の湖底直上水の $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ の濃度変動から湖底堆積物中の硝化速度、脱窒速度を算出した。

## 3. 結果と考察

観測地点における $\text{NO}_3^-$ 濃度プロファイルは琵琶湖の全循環期にあたる2月には全層で約0.15 mgN/Lであったが、夏期から秋期にかけての成層期には水温躍層(水深15 - 30 mに形成)以浅でほぼ検出限界以下となり水温躍層以深では0.20 - 0.30 mgN/Lまで上昇した。一方で観測地点の水柱(88 m)あたりの $\text{NO}_3^-$ 量は15.1 - 19.1 gN/m<sup>2</sup>であり、成層後期にやや高くなる傾向がみられたものの(図)、成層期に水温躍層以浅の $\text{NO}_3^-$ が枯渇するにも関わらず水柱全体の $\text{NO}_3^-$ 量に大きな変化がないことは、水温躍層以浅の $\text{NO}_3^-$ 消費と水温躍層以深の $\text{NO}_3^-$ 生産が同時に起こっており、両者はほぼ釣り合っていることを示している。

また、成層期には水柱の $\text{NO}_3^-$ 量で加重平均した $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$ が低下する傾向が見られた。 $\text{NO}_3^-$ が硝化により生成される際、 $\text{NO}_3^-$ の $\delta^{18}\text{O}$ はその場の水( $\text{H}_2\text{O}$ )の $\delta^{18}\text{O}$ (琵琶湖では-8‰前後)に近い値の $\delta^{18}\text{O}$ をもつ $\text{NO}_3^-$ が生成されることが知られており、成層期には水柱の $\text{NO}_3^-$ が硝化で生産された“新しい $\text{NO}_3^-$ ”に置き換わっていることが示唆される。さらに、同じく成層期には水柱の $\text{NO}_3^-$ の $\delta^{15}\text{N}$ が上昇することから、新しく硝化で生産される $\text{NO}_3^-$ の $\delta^{15}\text{N}$ が高いか、もしくは成層期に脱窒が起こっていることが示唆される。

湖底堆積物の培養実験の結果、湖底堆積物における脱窒が確認されたが、その窒素源は湖水中の $\text{NO}_3^-$ ではなく主に湖底堆積物中の窒素化合物であると考えられた。このことから成層期の水柱における $\text{NO}_3^-$ の $\delta^{15}\text{N}$ の上昇は脱窒によるものではなく、高い $\delta^{15}\text{N}$ をもつ窒素化合物から硝化で生産された $\text{NO}_3^-$ が蓄積した結果であると考えられる。

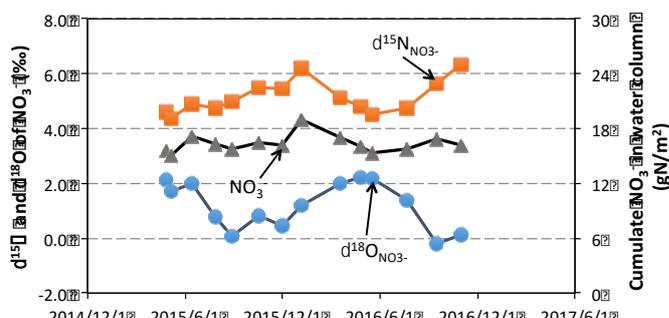


図. 琵琶湖第一湖盆の単位水柱あたりの $\text{NO}_3^-$ 量と $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$ と $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$ の加重平均値の季節変動

3P17

Web 公開不希望

## Current situation and problems of Inle lake water management in Myanmar

\*Htet Htet Moe, Yint Wai Phyo, Takeshi Fujino (Saitama Univ)

Shan State is largely rural and a hilly plateau, the Shan Plateau with only three cities of significant size: Lashio, Kengtung, and Taunggyi. The largest is the Inle lake in Taunggyi district which runs some 24 km from north to south and 13 km from east to west, covering an area of 155 km<sup>2</sup>. The people of Inle Lake, 70,000, live in numerous small villages along the lake's shores, and on the lake itself. Inle Lake is suffering from the environmental effects of increased population and rapid growth in both agriculture and tourism

Authors measured stream and lake water quality in two rural area, Chin state and Shan state. The southern Chin Hills are north-south oriented mountain ranges. Their altitude varies from 1,000 m to 3,000 m. The Chin hills are rich in biodiversity with many endemic floral and faunal species, including some endangered ones. People living in this region have their own unique traditions, which are still fairly distinct from those of other states. They make their living mostly or solely using the rich resources of the surrounding forests. The Chee river catchment provides good quality water to the local people and community. The annual water temperature of the river at 735 m altitude around Mindat is between 12-26 degrees Celsius. The water chemistry, pH and the electric conductivity (EC), are stable throughout the year being around 7.5-8.0 and 0.1-0.2 mS/cm, respectively. The dissolved calcium and magnesium ions are 38 and 6.2 mg/L, respectively, which is in the middle hardness range according to WHO guidelines. EC of the rainwater was 0.032 mS/cm, indicating there is much less aerial pollution than an urban area. Total organic carbon is

around 2-3 mgC/L. Terrestrial humic substances in DOM is detected by excitation emission matrix fluorescence spectroscopy (EEMS). Nevertheless, alterations to the riverscape have been confirmed from recent observations.

Total organic carbon is around 5-10 mgC/L. The electric conductivity (EC) is more than 0.5 mS/cm in many sampling points. Another DOM peaks by EEMS that is difficult to distinguish the origin were appeared from Inle lake water samples (Figure 4). It is not originated from both humic-like and ptotein-like substances, but may be from pesticide on the floating gardens or leaking of engine oil from boats. Other anthropogenic causes are also presumed such as organic dye from coloured effluents. Very high contamination of suspended solid in inlet of lake. All surrounding trees were cut and water capacity has been decreased. In 2016, water scarcity was prominently appeared in whole catchment.

In Shan state, most trees around Inle lake has been cut. Myanmar Government has master plan for recovering Inle lake environment in 2015, but system to execute the plan has not yet well-equipped. Together with pollution control, it is important to collect baseline data on hydrological processes as soon as possible.

### REFERENCE

Akaishi, F. Satake, M. Otaki, M. and Tominaga, N. (2006) Surface water quality and information about the environment surrounding Inle Lake in Myanmar. *Limnology* 7:57-62.

\*中口 讓 (近畿大・理工), 辻直樹 (近畿大院・総合理工),  
下方康汰 (近畿大・理工学部)

1. はじめに

近年、化石燃料の燃焼に伴う二酸化炭素排出量の増加は地球を温暖化するだけでなく、過剰の二酸化炭素が湖沼や海洋に溶解することによる酸性化が懸念されている。しかし、自然界では酸性化とは逆に塩基性化する環境もある。大阪府には淀川水系に属する大小の河川が流下しているが、これらの河川の中には pH が 10 以上となる河川が 10 ヶ所程度存在する。その中でも交野市から枚方市を流下する天野川は夏季に塩基性化を示す典型的河川である。先行研究の結果、夏季に水温上昇と共に pH、溶存酸素濃度の上昇が認められ、天野川河川水に繁茂する藻類による光合成が原因と考えられた。そこで本研究では天野川河川水が塩基性化するメカニズムを解明することを目的に、天野川より採取した藻類を水槽内に移し水温、pH、DO、クロロフィル a、栄養塩のモニタリング実験を行った。

2. 材料と方法

藻類が付着した石を河川より採取し、プラスチック製容器 (Fig.1) に入れ、2016年7月5日、8月2日、10月15日に午前7時~午後6時まで、太陽光が直接当たる場所に放置した。2016年7月5日は2つの天野川河川水に太陽光を当てた (n=2)。8月2日は天野川河川水を脱気したもの、もう1つは水道水を脱気したものをを用いた。10月15日は、一方は天野川河川水に太陽光を当て続け、もう一方は天野川河川水を遮光した条件で行った。外気温、水温、pH、DOは現場で測定し、クロロフィル a、栄養塩類 (硝酸+亜硝酸態窒素, ケイ酸, リン酸) は研究室にて分析した。pHは堀場製作所製 D-51型、DOは堀場製作所製 DOメーター OM-51を用いた。クロロフィル aの分析は現場でガラス繊維製フィルター GF/Fでろ過を行い、フィルターをガラス製遠沈管に移しジメチルホルムアミドを加え研究室に持ち帰り日立ハイテクノロジーズ製高速液体クロマトグラフィーで分析した。硝酸+亜硝酸態窒素, リン酸態リン,



Fig.1 付着藻類による光合成実験

ケイ酸態ケイ素濃度は、BLAN+LUEBBE社製水質自動分析装置(AACS-II 4チャンネル)を用い、採水後24時間以内に測定した。

3. 結果

pHの変動を Fig.2 に示したが、2016年7月5日の日光を当て続けた天野川河川水は9.81 (18時30分)、8月2日の日光を当て続けた脱気した天野川河川水は9.69 (18時30分)、日光を当て続けた脱気した水道水は9.70 (18時30分)、10月15日の日光を当て続けた天野川河川水は9.48 (16時30分)、遮光した天野川河川水は8.32 (8時30分) の最高値をそれぞれ示した。10月15日の遮光している天野川河川水以外は pH が時間とともに上昇する傾向が認められた。

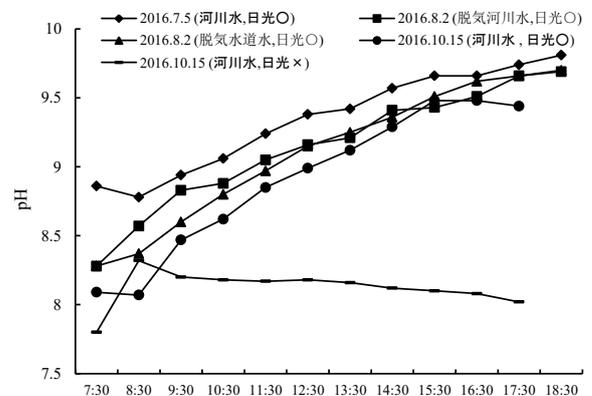


Fig.2 pHの時間変化

\*大沼沙織、佐藤貴之（福島県環境創造センター）

### 1. はじめに

近年、猪苗代湖では湖水 pH の中性化だけでなく COD の上昇も顕在化している。COD の上昇は、湖水中の有機物濃度の上昇を示唆しており、特に成層期において、湖底へ沈降した有機物の微生物分解による底層溶存酸素（DO）濃度の低下が懸念される。

しかし、水深が深い湖沼における底層 DO 濃度や水温の経時変化に関する知見はとても少ない。

そこで本研究では、データロガー内蔵の蛍光式溶存酸素計及び水温計を湖内に設置して連続観測を行うことにより、それらの時空間的な変動を調べた。

### 2. 材料および方法

猪苗代湖内の 4 地点（水深 75~94 m）で水温および底層 DO の連続測定を行った（図 1）。データロガー類はアンカーを用いて湖内に設置した観測機器係留用ロープ上に固定した。水温は、Onset 社の Tidbit v2 を用いて 2016 年 6 月から測定を開始し、設置間隔は表層から湖底まで約 10m 間隔とした。底層 DO は Onset 社の U26-001 を湖底から 1 m の範囲に入るように設置し、2016 年 10 月から測定を開始した。水温および底層 DO ともに測定間隔は 1 時間とした。

### 3. 結果および考察

図 2 (a) に St.2（猪苗代湖湖心）における底層 DO 濃度、図 2 (b) に水温、図 2 (c) に猪苗代町の気温の時間変化を示した。湖心の底層 DO 濃度は、水温躍層の崩壊後に底層水の循環が始まる直前の 11 月中下旬に  $6 \text{ mg L}^{-1}$  まで低下することが分かった。底層水の循環が始まった 12 月には、底層 DO は  $10 \text{ mg L}^{-1}$  まで回復し、その後の水温低下に伴って  $12 \text{ mg L}^{-1}$  まで上昇した。また、底層 DO 濃度の時間変動は、水温と同様の小刻みな増減が見られた。この変動は底層水の流動による影響と考えられた。

成層期において、底層 DO 濃度の低下割合に影響を与える要因は、底層水への有機物供給量、底質の酸素消費量および底層水の水温などが考えられる

が、猪苗代湖における底層 DO 濃度変動の支配要因や成層期における底層 DO 濃度の低下割合がどの程度の年変動を示すのかについては、今後、さらなる検討が必要と考えられた。

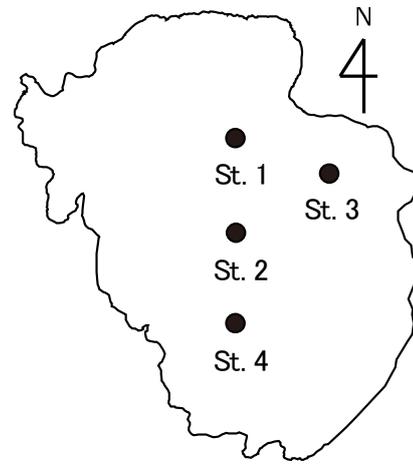


図 1 底層 DO 濃度および水温観測地点

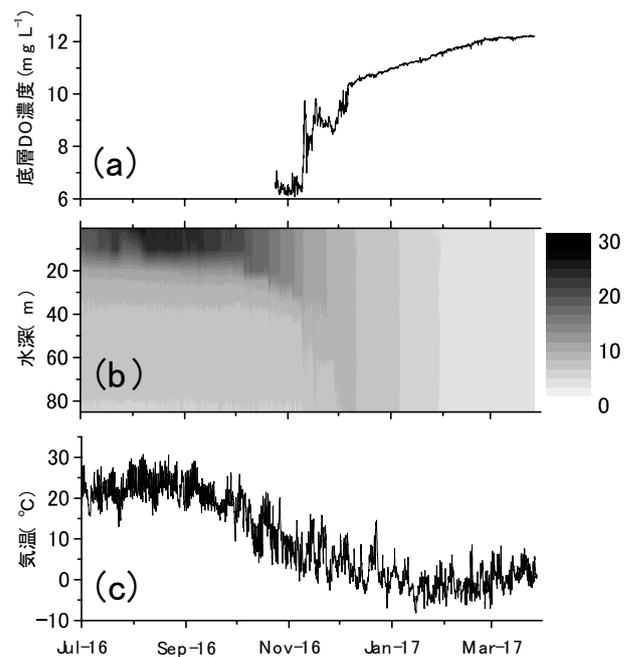


図 2 猪苗代湖における(a)底層 DO 濃度、(b)湖水温および(c)気温の時間変動

## 衛星リモートセンシングによる 琵琶湖におけるクロロフィル *a* 濃度分布の解析

\*後藤直成, 新井那莉, 塚本浩貴 (滋賀県大・環境科学)

林正能 ((株)サイエンスアンドテクノロジー), 石坂丞二 (名古屋大・宇宙地球環境研)

### はじめに

植物プランクトンは、琵琶湖における主要な一次生産者であり、物質循環の駆動起点となっている。そのため、その現存量を把握することは、水質管理や水産資源管理を行なう上で欠かせない。これまで、琵琶湖における植物プランクトン現存量は、船舶観測や、採水を伴う色素抽出法によって測定されてきた。これらの測定方法は、測定精度が高い反面、操作が煩雑で、多くの時間を要するため、刻一刻と変化する植物プランクトン現存量の動態を詳細に捉えることがこれまで困難であった。そこで、本研究では、同時広域的観測が可能である衛星リモートセンシングを用いて、琵琶湖北湖全域における植物プランクトン現存量の動態を評価した。

### 方法

本研究では、クロロフィル *a* 濃度を植物プランクトン現存量の指標として、その時空間的動態を評価した。まず、水色センサーMODIS (人工衛星 Aqua) が捉えた衛星リモートセンシング反射率の補正を行なった。次に、補正した反射率を、琵琶湖に対応した水中生物光学アルゴリズムに代入し、衛星クロロフィル *a* 濃度 ( $\text{Chl}_{\text{sat}}$ ) を算出した。本研究では、2002年7月から2016年12月までの琵琶湖北湖全域における  $\text{Chl}_{\text{sat}}$  分布図を作成し、植物プランクトン現存量の時空間的動態を解析・評価した。

なお、水中生物光学アルゴリズムの作成には、船舶観測にて測定した現場のリモートセンシング反射率と、色素抽出法によって測定した現場のクロロフィル *a* 濃度(2012年6月～2016年12月)を用いた。

### 結果と考察

2002年～2016年の琵琶湖北湖全域における年平均  $\text{Chl}_{\text{sat}}$  は  $2.9\sim 7.9\ \mu\text{g/L}$  ( $5.0\pm 2.3\ \mu\text{g/L}$ , 平均 $\pm$ SD) の範囲を変動していた。調査期間を通じて、年平均

$\text{Chl}_{\text{sat}}$  に特徴的な傾向はなかったが、2012年 ( $7.2\ \mu\text{g/L}$ ) と2016年 ( $7.9\ \mu\text{g/L}$ ) における  $\text{Chl}_{\text{sat}}$  は顕著に高くなっていった。この原因は、両年とも緑藻の大規模なブルームが発生したためと考えられる。

2002年～2016年の北湖全域における月平均  $\text{Chl}_{\text{sat}}$  は、3月～6月と10月～12月に増加する傾向を示した。これらは、植物プランクトンの春季および秋季増殖を反映したものと考えられる。

北湖全域における  $\text{Chl}_{\text{sat}}$  の空間的分布は、調査期間を通じて、湖東沿岸域で高く、北湖北部沖域で低い傾向を示した。これは、琵琶湖で従来から報告されているクロロフィル *a* 濃度の空間分布と一致する。しかし、このような分布とは異なる場合がいくつかみられた。例えば、湖東沿岸域から北西方向の沖合に向かって  $\text{Chl}_{\text{sat}}$  の高濃度域が帯状に広がる分布や、高濃度域がパッチ状に点在する分布などである。その他、冬期の竹生島以北における  $\text{Chl}_{\text{sat}}$  高濃度分布域の存在や第一環流付近における環状の高濃度域も確認された。

これらの分布の形成過程は定かではないが、湖水の流動や局所的な栄養塩供給などが関係していると考えられる。

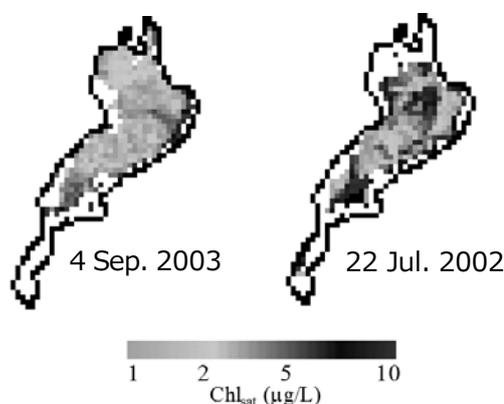


図. 湖東沿岸域から北西方向の沖合に向かって帯状に広がる  $\text{Chl}_{\text{sat}}$  高濃度分布 (左) とパッチ状に点在する  $\text{Chl}_{\text{sat}}$  高濃度分布 (右)

### 1. はじめに

養豚が盛んな茨城県では、養豚糞尿に由来する窒素による水質汚染が問題となっている。特に、零細な養豚農家では、排水処理が不十分となり、排水基準を上回る窒素を含んだ処理水が放流される。我々は、廃液が発生しない乾式メタン発酵による養豚排水処理を提案している。乾式メタン発酵では、廃液が出ない代わりに、栄養塩に富む固形の発酵残渣が発生するため、これを肥料として有効利用できる可能性がある。

一方、茨城県ではレンコンを栽培するハス田が多く存在し、霞ヶ浦への汚濁負荷原として懸念されている。発酵残渣には有機態窒素が多く、無機化により徐々に無機態窒素へと変化し、ハス田からの窒素流出リスクの軽減が期待される。しかし、発酵残渣を施用してハスを栽培した例はなく、収量や環境への影響を評価する必要がある。

本研究では、発酵残渣を用いてハスを栽培した。発酵残渣は粘土状であるため、基肥として施用した場合の水質および窒素収支を明らかにし、発酵残渣のレンコン栽培の肥料としての適正を評価した。

### 2. 材料と方法

茨城県土浦市のハス田に波板を用いて4m×5mの区画を3系作成し、それぞれを「無施肥系」「発酵残渣施肥系」（以下残渣系）「慣行栽培系」（以下慣行系）とした。栽培方法は現地の方法に則った。2016年5月27日及び7月31日にそれぞれ基肥及び追肥を施用した。2016年6月2日に種レンコンを4本、各系に植え付けた。

表面水、土壌深さ10、30および70cmの土壌間隙水を定期的に採取し、イオンクロマトグラフィを用いてアンモニア態、硝酸態および亜硝酸態窒素濃度を測定した。また、コアサンプラーを用いて、植栽前及び収穫後の土壌を採取し、全窒素濃度をCNコーダーにて分析した。さらに、収穫した葉、茎、及び地下部も乾燥後に全窒素濃度を測定した。

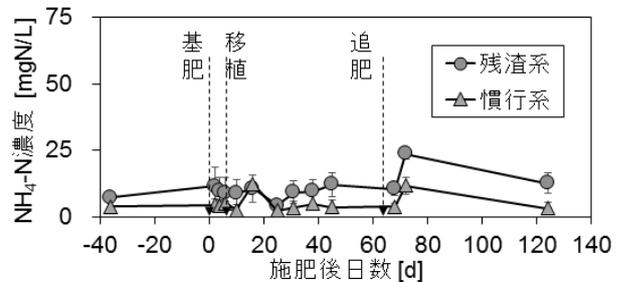


図1 深さ30cmにおけるアンモニア態窒素濃度

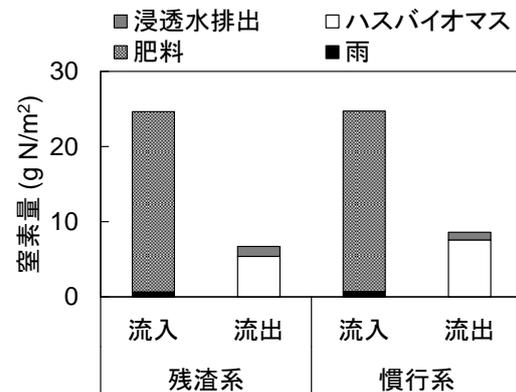


図2 栽培期間中の窒素収支

### 3. 結果および考察

表面水におけるアンモニア態窒素濃度は、基肥後、追肥後に両系とも上昇がみられ、栽培期間を通して慣行系が残渣系よりも高かった。また、土壌間隙水中のアンモニア態窒素濃度については、栽培期間を通して残渣系が慣行系よりも高かった（図1）。

残渣系の収量と作物の窒素吸収量は慣行系よりも低くなった（図2）。これは、残渣を施肥することで何らかの生長阻害が起こり、窒素の吸収が抑制されたためと考えられる。肥料としての適正を評価するためには阻害因について検討する必要がある。

さらに、乾式メタンによる養豚処理と残渣の肥料利用を適用した場合の、茨城県の地域における窒素循環についても考察した。

\* 河鎮龍 (信州大学・理), 坂本正樹 (富山県立大学・工学部)  
小林宏輝, 花里孝幸, 朴虎東 (信州大学・理)

## 1. はじめに

湖沼の水質浄化の手段として「バイオマニピュレーション」という手法がある。この手法は魚食魚の投入によってプランクトン食魚を減らし、その結果増えた大型ミジンコが水質汚濁の原因生物である植物プランクトンを効率よく摂食して減らすというものである。すなわち、食物連鎖を介した Top down effect を利用したことである。しかし、日本では魚食魚の湖への放流は一般的に受け入れられていない。そこで、日本において一般的な魚食魚であるウナギでバイオマニピュレーションを行うことを考えた。そこで本研究では、その可能性を隔離水界を用いて実験的に検証することを目的とした。

## 2. 材料と方法

実験は諏訪湖畔にあるビオトープ池 (面積 1200 m<sup>2</sup>, 平均水深 1.2m) において行った。この池にはプランクトン食魚のモツゴが多く生息し、植物プランクトンが大量に発生して濁っている。実験ではこの池に、高さ 2m, 面積 1 m<sup>2</sup>, 容積 1000 L の隔離水界を 9 個設置した。それを 3 つの処理区 (魚除去区, モツゴ区, ウナギ+モツゴ区, 各 3 つ) に分け、モツゴ区とウナギ+モツゴ区には実験開始から三日目の調査サンプリング直後にモツゴ (*Pseudorasbora parva*, 体長 5-6 cm) を 10 個体ずつ投入した。それに加え、ウナギ+モツゴ区では実験開始から 11 日目にウナギ (*Anguilla japonica*, 体長 43-60 cm) を 2 個体ずつ投入した。なお、魚除去区には魚は投入していない。動物プランクトンの定量と同定、水質分析を行った。サンプリングは週に 2 回の頻度で 53 日間行い、さらに最終サンプリングから 5 日後には隔離水界の回収を行った。その際、隔離水界内の生物の回収も行った。

## 3. 結果

魚除去区は高い透視度と高いミジンコ類の密度を示した。それとは反対に、モツゴ区では透視度が低く、ミジンコ類はほとんど存在しなかった。ウナギ+モツゴ区では、ウナギ投入以前はモツゴ区と同じ状態を示していたが、ウナギ投入後は魚除去区に似た性質に遷移していった。なお、植物プランクトンの密度に強い影響を与えると考えられる栄養塩は、それぞれの処理区で特に大きな差は見られなかった。

## 4. 考察

モツゴ区は透視度が低い傾向を示した。これは植食性大型ミジンコ類がモツゴに捕食されたため、植物プランクトンへのミジンコによる捕食圧が十分にかからなかったことが原因だと考えられる。そして、ウナギ+モツゴ区はモツゴ区に比べて大型ミジンコ類の密度が高い傾向があった。ウナギ+モツゴ区の透視度が上がった原因と考えられるのは、大型ミジンコ類が小型植物プランクトンへの捕食圧をかけたため、植物プランクトンの組成がより大型へと変化したためだと考えられる。また、栄養塩分析のデータから、透視度の上昇は栄養塩の減少による Bottom up effect ではない。そのため、この透視度の上昇はウナギからの捕食影響による Top down effect によるものであることを考えられる。

本研究の結果、浅い止水域の水質浄化を目的としたバイオマニピュレーションにウナギの活用は有効であると考えられる。

## 千曲川中流域における一次生産の推定

# 3P24

\*○宮原 裕一 (信州大・山岳), 平林 公男 (信州大・繊維)  
傳田 正利 (土木研究所)

### 1. はじめに

千曲川は甲武信岳を源とし、長野盆地で犀川と合流し、新潟県に入ると信濃川と名を改める日本で最長の河川である。長野県上田市から千曲市にかけての千曲川中流域は、生物生産が高いことで知られ、かつては川魚を提供するツケバが数多く存在していた。

近年、千曲川でも外来魚の侵入とその増加にともない、魚類群集の変化が生じている。しかし、魚類を含め河川生態系を支える一次生産の変化については不明な点が多い。そこで、本研究では、千曲川の一次生産量を推定し、過去との比較を試みた。また、これら一次生産を規定する環境要因の変化についても解析を行った。

### 2. 材料と方法

#### 一次生産量の推定

①千曲川の常田新橋下流の瀬において、河床から適当な石を回収し、付着藻類の現存量を観察した。また、表面を磨いた石を河床に戻し、それらを定期的に回収することで、付着藻類の増加を観察した。いずれも、回収した石から歯ブラシで付着物をこすり落とし、単位面積当たりの乾燥重量、クロロフィル a 量を定量した。

②現場から付着物を持ち帰り、河川水に懸濁させ、光量を変えながら培養し、その酸素濃度の変化から、付着物の光合成活性と呼吸活性を求めた。これらに現場の日照時間と付着藻類の現存量を乗じることで、常田新橋下流の瀬における一次生産量の推定を行った。

#### 水質分析

現場より河川水を持ち帰り、原液とろ液について、ペルオキシ二硫酸カリウム分解法で、全窒素と全リンの定量を行った。さらに、無機窒素とリン酸態リンの定量も行い、形態別の栄養塩濃度を求めた。この際、無機態窒素の定量にはイオンクロマトグラフを用いた。

### 3. 結果

千曲川常田新橋下流の瀬における付着藻類現存量は、夏に少なく、春や秋に多くなる傾向が見られ、2016年10月下旬に Chl.a 量は約  $400 \text{ mg/m}^2$  と最大値を示した。また、現場に磨いた石を戻し付着藻類の増殖を観察したところ、春や秋の増殖速度が大きかった。

一方、持ち帰った付着物を培養したところ、呼吸量は水温上昇とともに増大したのに対し、総生産量は  $20^\circ\text{C}$  前後で一定となったため、純生産量は春と秋に高くなると推察された。

2015年から2017年の約2年分の河川水中の栄養塩濃度を測定したところ、全窒素は  $1.82 \pm 0.35 \text{ mg-N/L}$ 、全リンは  $0.112 \pm 0.083 \text{ mg-P/L}$  であった (平均  $\pm$  SD)。また、無機態窒素は明確な季節変動を示し、冬に高く、夏に低かった。一方、リン酸態リン濃度は明確な季節変動を示さなかった。

### 4. 考察

現場での付着藻類の増減が、室内培養実験でも再現することができた。しかし、現場での付着藻類の増殖速度に比べ、培養実験から推定される付着藻類の増殖量ははるかに多く、現場では、付着藻類の剥離や水生昆虫等による摂食が盛んに行われていることが示唆された。

また、本研究での培養法から推定された純生産量は、年間  $0\sim 10 \text{ g-C/m}^2/\text{day}$  の範囲で変動しており、かつて、辻本が1999年から2000年にかけて、本調査地点より約8km下流の鼠橋(坂城町)において現場培養法で推定した純生産量の変動幅と同程度であった。

長野県により測定された千曲川中流域(上田市生田)の全窒素・全リン濃度(1976~2005年)の平均値は、それぞれ、 $1.59 \text{ mg-N/L}$ 、 $0.098 \text{ mg-P/L}$  であり、本研究と大きく異ならなかった。以上より、2000年頃と比較し、千曲川中流域の瀬における単位面積あたりの一次生産量は大きく変化していないと考えられた。

1. はじめに

2011年3月には東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質は地表や水界等に沈着し、更に湖水中や底質へ移行した。そこで山岳貧栄養湖のヒメマス等の放射性Cs汚染の実態を解明するために、中禅寺湖で環境放射能および陸水学的な調査研究を行った。現地調査は栃木県水産試験場との共同研究、中禅寺湖漁業協同組合の協力で遂行された。

2. 材料と方法

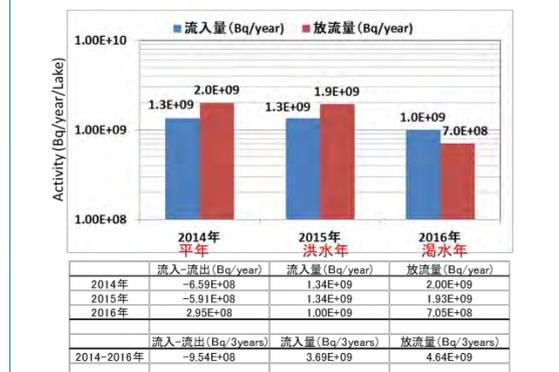
調査は2014年～2016年の4月～10月に実施した。調査は栃木県日光市中禅寺湖および流入河川で行った。140m水深の湖心付近でプランクトン調査、水深、水温、電気伝導度（CastAway）、透明度、クロロフィル量、懸濁物質量、LISST-100xによる粒度組成を行った。湖入り江の40m水深で底質調査を実施した。20Lニスキン採水器で水深別に（0, 5, 10, 15, 20, 40, 80, 120, 140m）採水し植物プランクトンは各で、1Lをルゴール液で固定した後、50mlに濃縮して検鏡した。動物プランクトンは目合い200μmの直径40cmのネットを0～20mの水深の垂直引きを行い、シュガーホルマリンで固定して検鏡した。採水して粒度分析計（LISST-100x）で粒径分布を観測した。口径10cm長さ50cmの塩ビ管を水深30mに係留して1～2月ごとに沈殿物を回収し90℃で乾燥して、沈殿フラックスを求め、U-8容器に詰めて、ゲルマニウム検出器で放射性<sup>134</sup>Csと<sup>137</sup>Csを分析した。底泥を直径6cmの重力式の佐竹式コアサンプラーを用いて不攪乱のコアを採取して、実験室に持ち帰り層別に切り分け、生重量、乾重量を測定後、U-8容器に詰めて、ゲルマニウム検出器で放射性<sup>134</sup>Csと<sup>137</sup>Csを分析した。いずれの試料も<sup>137</sup>Csのピークがバックグラウンドと明確に区別できるまで十分な測定時間（最大50,000秒）を費やした。体積標準線源から求めた<sup>137</sup>Cs（661.6 keV）の検出効率を用い、試料厚さ効果、試料によるガンマ線吸収及び試料採取時点への減衰補正を施して、乾重量あたりの放射能濃度を得た。湖の静かな入り江（40m水深）で底質調査を実施した。採取した底泥不攪乱コ

アをゲルマニウム検出器で放射性<sup>134</sup>Csと<sup>137</sup>Csを分析した。

3. 結果及び考察

平均の沈殿物量（2014年）は1.1g/m<sup>2</sup>/day、放射性<sup>137</sup>Cs沈殿フラックス（2014年）は秋に高くなり0.35～0.90Bq/m<sup>2</sup>/day、年間で160Bq/m<sup>2</sup>/yearとなった。2014-2016年の年間の<sup>137</sup>Cs沈殿フラックスは、それぞれ161.8、223.7、65.0Bq/m<sup>2</sup>/yearとなり、洪水年の2015年には多くの<sup>137</sup>Cs沈殿が確認され、2016年の渇水年には<sup>137</sup>Cs沈殿は少なかった。洪水年には一時的に多量の栄養塩や土砂の供給がありセシウムを収着したプランクトンが発生し沈殿したため、それ以降の2016年には溶存態が減少して<sup>137</sup>Cs沈殿も減少したものと考えられた。その環境の変化に伴って、ロープ付着藻類の<sup>137</sup>Cs活性もさがったものと考えられる。2014年の中禅寺湖全体で、流入した<sup>137</sup>Csは1.34GBq/yearで流出した<sup>137</sup>Csは2.0GBq/yearであり、0.66GBq/year（水中の1%）が系外へ消え去ったと推定された。湖水全体（2014年7月現在）には溶存態として28.0GBq、懸濁態として36.2GBqの<sup>137</sup>Csが存在しており、底質にある156GBqに比較して、40%がまだ存在していた計算となった。今後、1.1%/yearの<sup>137</sup>Csの沈殿によって水中から底質にゆっくりと移行してゆくと考えられた。

中禅寺湖の<sup>137</sup>Cs収支（2014-2016年）



## 1. 導入

ダムにより私たちが享受している利益は計り知れない。大都市は大型ダムなしには成立しないと言ってもよい。一方で、ダム堤体は、生態系、地域社会、水産業、水運、農業、林業、観光などに大きな変化をもたらす。大都市の利水を支え、近郊の園芸農業を可能にした反面、地域文化の衰退を早め、水圏生態系に壊滅的打撃を与えた。

巨大な河川横断構築物であるダム堤体は、人間が労働で造ってきた「堰」を技術革新により巨大化してきたもので、簡単には損壊しない点では優れているが、環境調和やLCA、撤去などについて十分に考えられたシステムではない。そのため、現代の大型ダムには、堆砂、下流濁水化、生物往来阻害、水質変化、栄養塩流下阻害など、じわじわとリスクが増す解決困難な問題がある。本発表では、天竜川の佐久間ダム（設置者：電源開発）について、最大限に問題を低減し、かつ、人間社会も一定の利益を確保することのできるシステムを提案する。

## 2. 状況

発電、利水、治水において、ダムの運用方針は相反する。発電や利水を（欲張って）水量いっぱいやろうとするから大量の貯水が必要になる。治水面では、貯水容量は大きい方がよいが貯水池は空である方がより大きな効果がある。この考え方はすでに実際のシステムで運用されていて、ダム湖を持たない「水路式発電」や、貯水しない治水ダムとしての「流水型ダム」（穴あきダム）というものがある。水力発電に必要なのは、落差と安定した水量で、貯水量ではない。水力発電における貯水量の意味は、水位と流量の安定化にある。水路式発電は、流量の安定している立地において、貯水が必ずしも必要でないことを示している。一方、揚水発電を行なう場合は、状況に応じた貯水池が必要となる。

流水式ダムは、産業や技術、人口動向などの変化で水資源の使用量が減少してきた中で治水に特化したダムシステムである。平常時は貯水せずに水が通過するので環境に負荷を与えにくいということが謳われる。河川水がそのまま通過するという点で

は濁水や堆砂の発生はかなりおさえられることが期待できるが、ダム下流の水勢をおさえる「減勢工」がコンクリート三面張の生物の遡上を妨げる構造になりがちで、出水後には流木や大きな岩を片付ける必要があるなど、解決を要する問題がある。

## 3. 提案

演者はこれまで、（1）佐久間ダム堆砂運搬方法としては専用軌道の建設[1]、濁水解決には（2）清水バイパス[2]や（3）本流から貯水湖を隔離し現在の堤体を流水型ダムとして運用すること[3]を提案してきた。天竜川は、比較的流量が豊富で安定しており、これらの対策が可能で有効であると考えている。今回は、佐久間ダム上流の泰阜ダム（中部電力）、平岡ダム（中部電力）を、佐久間ダム、佐久間発電所と一体運用し、水の交換が早い比較的小規模な新貯水池を佐久間ダム西側の天竜川支流の大入川（おおいゅうがわ）に設置することを提案する。大入川には佐久間ダムと揚水発電システムで連携するために設置された新豊根ダムがあり、揚水発電の存続も可能となる。この提案では、佐久間町以北の天竜川本流に貯水池がなくなることから濁流問題は大きく改善し、堆砂の処理も容易になることが期待される。

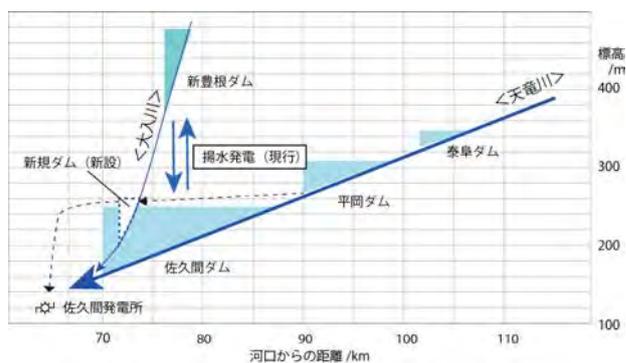


図. 大入川に小型貯水池を設置する提案.

[1] 戸田三津夫 (2014) : 陸の水, 64 : 39-42.

[2] 戸田三津夫 (2015) : 陸の水, 70 : 55-59.

[3] 戸田三津夫 (2016) : 陸の水, 74 : 63-66.

3P27

Web 公開不希望

# 著者索引

# 著者索引ページ

※著者及び共著者すべてを含む。[\*]は本人による口頭発表またはポスター発表の講演番号である。

講演番号の見方・・・(例)1A06→1日目, A会場, 6番 (例2)3P07→3日目, ポスター, 7番

## あ

相子伸之	*3P07	石田卓也	*2A15,2A13,2A14,2A19,2A20
相崎守弘	2B18	石丸真菜	1B01
相山忠男	3A11	板谷利久	3A11
青田容明	3P27	一瀬諭	*1B06,1B05
青谷晃吉	*3B04	一柳英隆	2B19,2B20
赤間亮夫	2A09	井手淳一郎	*1A03
阿久津正浩	2A08,2A10	伊藤章	3P09
浅岡昂志	*2P31	伊藤博之	2B23
浅野悟史	2A13,2A15,*2A14	井上栄壮	3P02
浅見和希	*2B16,*2P39	井上祥一郎	*1A02
安部信之	3P09	今井章雄	2B14,2B15,3P11,3P17
網田和宏	*3A10,2B17,3A02,3A04	今井一郎	*1B09,2B09,2B10
新井那莉	3P21	岩熊敏夫	*3A05
荒木美穂	2A23,2P35	岩田智也	*1A05,2A13
有井鈴江	3B09	岩塚咲	2B10
飯島大智	3P03	岩月栄治	2A02
易容	*2A20,2A19,2P03	岩本興治	2P05
猪狩彬寛	2P38	鄔倩倩	*2A18
池田将平	1B05,1B06	植田真司	*2A07
池谷透	*2A19,2A13,2A14,2A15	上野隆平	3B02
石井潤	2B12	上原佳敏	*2A17,2A13,2A14,2A15, 2A18,2A19
石井伸昌	*2A11	植本佳樹	*3P27
石川可奈子	*3P02,1B02,2P05	宇佐見亜希子	*2A02,3P13
石川みくり	*2B12	内井喜美子	*3B07
石川祐一	2A24	宇野文貴	2B12
石黒直哉	*3P03	浦川泰弘	*2P26
石坂丞二	3P21	占部城太郎	3P06,2P01,2P14,2B11,2B14, 2P10,2P15,2P18
石田季久	3P03	江川美千子	2P30,2P37,2P29
		海老瀬潜一	*3A01

遠田幸生	2P35	片野登	2A24
王川香澄	1B04	加藤義和	*2A21
大内孝雄	2B18	加藤幹也	2P17
大久保賢治	*3A08,*3A09	金谷弦	1B03
大久保卓也	2A19	兼子伸吾	3B01
大沢信二	*3A02	神谷航一	2B18
大園亨司	2A13	神谷宏	2P30
大竹裕里恵	*2B11,2P15	萱場祐一	2A05
大塚良仁	2A07	柄谷肇	2B25,2B26,3P15
大槻朝	2B11,2P01,2P15	河合幸一郎	2P06,2P11
大西健夫	*1A01,1A06	川口舞	2B24
大沼沙織	*3P20	川下勝也	3A09
大前公保	2P15	川島湖都美	3B10
大八木麻希	3P13	河野健	2A18
大八木英夫	3A11	川村裕紀	3A01
大藪智久	2B23	韓智仙	2B07
岡崎一眞	*2P21	神林千晶	2P11
岡田操	3A11	菊地永祐	1B03
岡野邦宏	2P35,*2A23	北尾晃一	*2A21
岡本高弘	1B06,3P15,3P17,2B25,3P11	北沢俊幸	1B04
奥田昇	*2A12,*2A13,2A14,2A15,2A17, 2A18,2A19,2A20	北出肇	2A16
尾坂兼一	*3P16	北村友佳	1B04
織田さやか	2B09,2B10	木村成子	2B11,*2P15
小田優花	3P07	木村満	*2A21
小野田幸生	2A01,*2A05	木村友祐	2B05
小畑元	1B01,2P25	金海燕	3B10
<b>か</b>		工藤栄	*3A03
鏡味麻衣子	*3B08,2P21	工藤志保	3P14
加賀谷悦子	2P09	久保匠	1A06
加賀谷隆	2P09	熊谷道夫	3P27
柿内秀樹	2A07	黒岩恵	2P33
覺田青空	2P12,*2P13	黒澤航軌	*2P17
風間健宏	*2B14,2P18,2P02	下方康汰	3P19
片桐浩司	*1B10	河野明斗	*2B22
片野泉	*3B06,2B20,2P02,2P13,2B14, 2B19,2P08,2P12,2P18,2P22,3P12	小北智之	2A17
		児玉敦也	*2P11
		小寺浩二	2B16,2P38
		後藤直成	*3P21,3P17
		小林涉	1B04

小林宏輝 3P23  
 小林淳希 1B09,2B09,2B10  
 小日向寿夫 2B18  
 小堀功男 2A08,2A10,3P25  
 小松一弘 2B14,2B15,3P11  
 今藤夏子 3B02  
 近藤美麻 3P07

さ

蔡吉 \*2P19  
 齋藤達昭 2P26  
 齋藤武士 3A02  
 齋藤光代 3A08,3A09  
 酒井隆一 2B09  
 坂田雅之 \*2B03  
 坂元秀行 3A11  
 坂本正樹 3P23  
 坂本充 \*3A06  
 作野裕司 1A03  
 佐久間昌孝 3P09  
 櫻井智之 2B01  
 酒多勇輔 3B06  
 佐子芳彦 2P15  
 佐藤翔 \*3P10  
 佐藤貴之 3P20  
 佐藤翼 \*2P33,1B04  
 佐藤博俊 2P22  
 佐藤裕久 3P14  
 佐藤祐一 \*2A16,3P17  
 佐藤雄飛 2A07  
 佐野友春 2B14,2B15  
 佐原健 2B05  
 澤近美咲 2P26  
 鹿野秀一 \*1B08  
 重松直樹 2P26  
 七里将一 1B06  
 柴木叶 1B04  
 嶋田哲郎 1B08

嶋津桃華 2B10  
 島村誠人 3P22  
 清水武俊 2B23  
 清水則雄 2P11  
 焦春萌 \*1B02  
 小峯佳奈子 2B09  
 初雪 \*2B26,2B25,3P15  
 全逢錫 \*2B07,2P17,2P28  
 白岩孝之 1A06  
 白木洋平 1B04  
 菅原庄吾 \*2P30,2P37,2P29  
 菅谷和寿 2B18  
 菅原巧太朗 \*2P35  
 杉山秀樹 2B03  
 杉山裕子 2P25,2P26  
 鈴木悠平 3P16  
 鈴木剛 2B05  
 諏訪裕一 2P33  
 清家泰 2P37  
 関根一希 \*3B05  
 千賀有希子 \*1B04,2P32,2P33,3B08  
 宋培学 \*2P03,2A20  
 相馬理央 2B20,2P13,3B06, \*2P08,2P12  
 宗村広昭 1A03

た

大洞裕貴 1B09, \*2B09,2B10  
 鷹巣真 3A10  
 高津文人 2B14,2B15,3P11  
 高橋絵里奈 1A03  
 高橋正 2A24  
 高村健二 \*3B02  
 高村典子 2B14,2B15  
 瀧本岳 2B12  
 竹内裕貴 2P34  
 武田育郎 1A03  
 竹中將起 \*2B13  
 竹門康弘 \*2A21

田代喬	*2A06,2A01,2A03,2A04	富岡典子	2B14,2B15,3P08,3P17,*3P11
田代悠人	*1A06	富田和宏	2B13,3B03
田中邦明	1B09,2B09,2B10	富田浩嗣	3B09
田中輝	3A10	豊田真樹	*3P06
田中宏尚	*3A04		
田辺祥子	2P03		
田辺雄彦	2P21		
谷内重雄	2A13		
谷内茂雄	2A19		
谷口智雅	2A01		
田村繁明	*2P09		
陀安一郎	2A13		
知北和久	*3A11		
張 璇	*2P01		
塚本浩貴	3P21		
辻清美	3B09,3B10		
辻冴月	2A18		
辻直樹	3P19		
對馬孝治	2B22		
土橋直哉	3P16		
土屋健司	*2B14,*2B15,3P11		
土屋俊雄	*2B08		
塘忠顕	3B01		
常村将太	*2B23		
出口博之	*2P28		
寺田昭彦	2P34,3P22		
寺野ひろ実	3P13		
照井滋晴	2B22		
傳田正利	3P24		
土居愛美	2P26		
土居秀幸	*3P12,2B14,2B19,2B20,2P02, *3P12,2B14,2B19,2B20,2P02,2P08,2P12, 2P13,2P18,2P20,2P22,2P23,3B06,3B07		
土居鯨太	3A09		
東垣大祐	2P13		
東城幸治	2B13,3B05		
東城幸治	*3B03		
富樫繁春	3P09		
戸田三津夫	*3P26,2P36		
		な	
		内藤馨	3P07
		永井孝志	*3P01
		中川圭太	*2B18
		中川隼人	2A17
		中川恵	2B14,2B15
		中口讓	3P19
		長坂晶子	*2A25
		中島祐輔	2B23
		永田貴丸	3P17,3P11
		中野伸一	3P17
		中野正隆	1A07
		中野良博	2A16
		永野真理子	*2P23
		長濱祐美	*3P08
		永淵修	3A01
		中村高志	3P16
		中村虎之介	*2P04,2P11
		中村光穂	1B06,1B05
		中山恵介	2B23
		那須啓亮	3P22
		成田研一	*2A21
		成岡知佳	1B04,*2P32
		西家大輔	*3P05
		西田繼	3P16
		西廣淳	2B12
		西村拓巳	2A16
		野口拓水	*2P18,2P02
		野崎健太郎	*2A01,*2A04,2A03
		野里久幸	*2P29
		野澤直史	3P14
		野原精一	1A07,*3P25,2A08,2A10,3A05
		登めぐみ	2A02,3P13

# は

芳賀裕樹 3P02  
朴虎東 1B07,2B07,2B08,2P17,2P27,  
2P28,3P23  
長谷川英尚 2A07  
幡野真隆 2A16  
河鎮龍 \*3P23  
花石竜治 \*3P14  
花里孝幸 1B07,3P23  
馬場達也 2P30  
早川敦 \*2A24  
早川和秀 \*3P17,2P25,1B02,2B25,2B26,  
3P11,3P15  
林宏至朗 \*3B01  
林正能 3P21  
原田健一 \*3B09,\*3B10  
原田憲 2P22,3B06  
伴修平 3P02,2A13,2A19,2A20,  
2P03,2P10  
東垣大祐 \*2P12  
東山航 \*2B01  
引野愛子 \*2P37  
久松俊一 \*2A08  
日高伸 2A24  
平林公男 3P24  
平間文也 \*2P02,2B14,2P18  
平柳里奈 3B10  
廣瀬佳則 3P17,3P11  
福島武彦 3P08  
福田吏紗 2P26  
藤井智康 2B23  
藤井学 \*1A04  
藤田雅紀 2B09  
藤野毅 3P10  
藤林恵 2P35,2A23  
藤本章晃 \*2B05  
藤本泰文 1B08

藤原建紀 2B23  
布施泰朗 \*3P15,2B25,2B26  
二木功子 \*1B07  
船山啓 2B08  
船生泰寛 \*2P39  
布野隆之 2B19  
古田世子 1B06,\*1B05  
帆莉信 \*3P04,\*3P09  
細井祥子 2P05  
細見正明 2P34,3P22  
堀内雅生 2P38

# ま

前藤薫 2B01  
牧田直樹 2P27  
牧野渡 3P06,2P10,2P23,2P01  
真木伸隆 2B03  
増木新吾 2P37  
松岡俊将 \*2P22,2P23  
松岡真梨奈 \*2B19,2B20  
松尾歩 2A23  
松本俊一 3P08  
松本嘉孝 2A01,2A02,\*2A03  
丸岡奈津美 \*2P14  
丸尾雅啓 2B24,2P31,2P25,3P16,  
\*1B01,2A20  
丸山あい 2B08  
水口裕尊 2B26  
水守裕一 \*2B20,2B19  
溝口宏和 \*2B17  
三谷岳 \*2P06  
三田村学歩 \*2P05  
源利文 2P13,3B07,2B03  
宮下治希 1B01  
宮下洋平 \*2B10,1B09,2B09  
宮田直幸 1B05,2A23,2P35  
宮原裕一 \*3P24,1B07,2B21,2P24  
村山耀平 \*2B25,2B26,3P15

森本喬也 2P25  
 森也寸志 1A03  
 諸星幸子 2P38

や

八木明彦 \*3P13,2A02  
 安河内祐二 2B05  
 安野翔 \*1B03,1B08  
 谷野宏樹 2B13  
 山口翔吾 3P07  
 山崎康熙 2P38  
 山下竜司 3B09  
 山田悦 2B25,2B26,3P15  
 山田和芳 2B11,2P15  
 山田沙希 3P16  
 山中裕樹 3B07,2A18,2P08  
 山道真人 2B14,2P02,2P18  
 山本春樹 1B05  
 山本義彦 3P07  
 山本麻由佳 1B01  
 湯川孝紀 \*2P25  
 楊宗興 \*1A07,1A06  
 横内雅大 \*2B21,\*2P24  
 横塚哲也 \*2A10,2A08,3P25  
 吉尾卓宏 2B18  
 吉田丈人 \*2A22,2B11,2B12,2B14,  
 2P02,2P18  
 吉田天士 2P15  
 吉村真由美 \*2A09,2B01  
 米康充 1A03

ら

刘鑫 \*2P10  
 利谷翔平 \*2P34,\*3P22  
 李盛源 1B04

わ

脇田健一 2A13,2A19  
 王居婷 \*2P27

A~Z

Adelia Anju Asmara \*2P36  
 Andrea R.J.ANAS 3B10  
 AUGER, Guillaume 3A07  
 Bhagya Nallaperuma \*2B29,2B28  
 Chang Kwang-hyeon 2P16  
 Christian Wurzbacher 3B08  
 Delphine Beyrend 2P10  
 Gaël Dur 2P10  
 Gurung Anandeeta \*1A08  
 Hajime Otsuki 2B02  
 Hans-Peter Grossart 3B08  
 Hashem Shaharior \*2P07  
 Htet Htet Moe \*3P18  
 Indranil Mukherjee \*2B27  
 James Elser 2B14,2P18  
 Jason Woodhouse 3B08  
 Jo Hyun-Bin 2P16  
 John S. Kominoski 3P12  
 Joo Gea-jae 2P16  
 Jotaro Urabe 1A08,2B02  
 Kawai Koichiro 2P07  
 Lekkala Vamsi Krishna \*2B28,2B29  
 Makino,Wataru 2B04  
 Maruoka,Natsumi 2B04  
 Md. Rasheduzzaman \*2B24  
 Nakano Daisuke 1A08  
 Oh Hye-Ji \*2P16  
 Perera,Ishara Uhanie \*2B04  
 Randy Nathaniel Mulia \*2P20  
 Shin-ichi Nakano 2B27  
 Takashi Asaeda 2B28,2B29

Takeshi Fujino	*3P19
Tomoya Iwata	1A08
Tyler Tappenback	2B14,2P18
Urabe,Jotaro	2B04
Vladimir I Kim	1A06
Vladimir P. Shesterkin	1A06
WELLS, John C.	*3A07
Xiaofei Tian	*2B02
Yint Wai Phyo	3P18
Yoshikuni Hodoki	2B27
Yusuke Okazaki	2B27

# 広 告

## “水”に関するあらゆる調査・観測をサポートします。

創業 1878 年 永年の経験で培った豊富な経験と技術力により、  
高い精度と信頼性を実現して貢献しています。

営業品目

採水器 採泥器 温度測定器 プランクトンネット 各種環境測定器

### ☆新製品☆



受信部

送信部

- ・ ワイヤレスTD計
- ・ リアルタイムで船上モニター表示
- ・ メモリ機能付  
USB接続でPC読取
- ・ 送信部を採水器等に取付可能
- ・ 深度120m迄測定可能

音響式水温・深度計（採水器・プランクトンネット取付型）



シンドラートラップ



不攪乱柱状採泥器（HR型）

\*詳細は当社までご連絡ください。

## 株式会社 離合社

さいたま事業所

〒336-0931 埼玉県さいたま市緑区原山 3-14-20  
TEL:048-882-3086 FAX:048-811-1202  
URL:<http://www.rigo.co.jp>  
E-mail:info@rigo.co.jp

大阪営業所

〒543-0054 大阪市天王寺区南河堀町 9-43  
(天王寺北口ビル 505)  
TEL:06-6711-0022 FAX:06-6711-0033

# bbe

moldaenke



FluoroProbe (フルオロプローブ)



Benthos Torch (ベントトーチ)



Algae Torch (アルジートーチ)

## 植物プランクトンの蛍光特性を利用した多波長蛍光光度計



## ユニークな各種溶存ガスセンサー

KONGSBERG



HydroC CO<sub>2</sub>  
二酸化炭素濃度計測



HydroFlash O<sub>2</sub>  
酸素濃度計測



HydroC CH<sub>4</sub>  
メタン濃度計測

# vemco

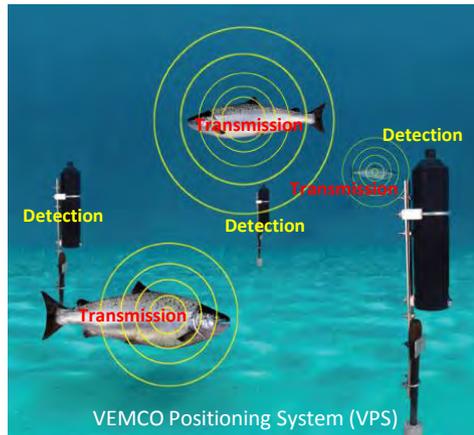
## VPS : 魚類の生態研究分野で傑出した成果を提供する VEMCOの水中音響測位システム



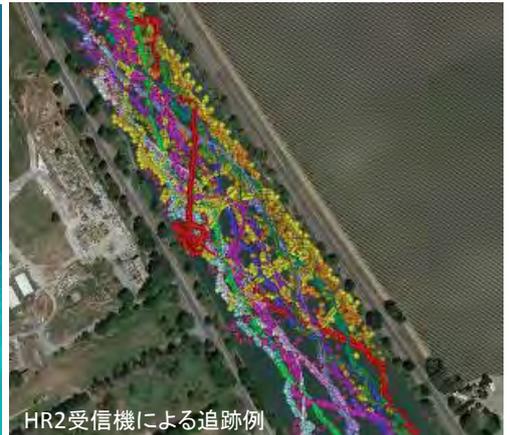
コード化ピンガー



HR2受信機



VEMCO Positioning System (VPS)



HR2受信機による追跡例

VR100受信機

# EvoLogics®



## SONOBOT : 調査用自律式水上ビークル



サイドスキャンソナー



小型軽量で、運搬や組立も容易

# bp blueprint subsea

seatrac

## シートラック : 超小型軽量な USBL & データモデム



X150 USBL  
ビーコン

ROVに搭載した  
X110ビーコン

ダイバーやAUVに搭載した  
X110またはX150ビーコン

海底面の機器に設置した  
X110モデム

ダイバーや小型ROVで利用可能



SeaTrac X150  
(USBL)



SeaTrac X110



SeaTrac X010



# 日本海洋株式会社

〒120-0003

東京都足立区東和5-13-4 東和ビル

TEL:03-5613-8902 / FAX:03-5613-8210

<http://www.nipponkaiyo.co.jp/>



## 第 17 回世界湖沼会議（いばらき霞ヶ浦 2018）開催！

○ **テーマ** 人と湖沼の共生 —持続可能な生態系サービスを目指して—

○ **趣旨概要**

人が湖沼と共に生きていき、生態系から得られる恵みである生態系サービスを将来にわたって持続的に享受するためには、どのようなことに取組むべきなのかを、住民、農林漁業者、事業者、研究者、行政など湖沼に関わりを持つ全ての人々が、情報の共有、意見交換を行います。湖沼の環境問題を解決するためには、皆様の御協力が欠かせません。積極的なご参加をお待ちしております。

○ **会議の概要**

- 【主 催】 茨城県，公益財団法人国際湖沼環境委員会（ILEC）
- 【共 催】 国土交通省，環境省，農林水産省，土浦市，つくば市，かすみがうら市，銚田市，茨城町，水戸市，霞ヶ浦問題協議会，ラムサール条約登録湿地ひぬまの会
- 【会 期】 平成 30 年 10 月 15 日（月）～19 日（金）
- 【会 場】 つくば国際会議場ほか
- 【会 議 構 成】 基調講演，分科会（口頭・ポスター），政策フォーラム，霞ヶ浦セッション，湖沼セッション，サテライトセッション，学生会議，いばらき霞ヶ浦賞授賞式，展示会，エクスカーション，ワークショップ等
- 【会議の公用語】 英語及び日本語
- 【参加者・規模】 市民，研究者，企業，行政担当者 4,000 名
- 【参 加 料】 有料

【お問い合わせ】

第 17 回世界湖沼会議（いばらき霞ヶ浦 2018）実行委員会事務局  
 〒310-8555 茨城県水戸市笠原町 978 番 6 茨城県生活環境部環境対策課内  
 TEL 029-301-2995（平日 8：30～17：15）  
 E-mail : wlc17@pref.ibaraki.lg.jp  
 ウェブサイト  で検索！



◆JLIM82 大会実行委員会

占部 城太郎 (東北大学) 牧野 渡 (東北大学) 鹿野 秀一 (東北大学)  
藤林 恵 (秋田県立大学) 安野 翔 朴 虎東 (信州大学)

◆大会企画委員会

楊 宗興 (東京農工大) 岩田 智也 (山梨大学) 大八木 英夫 (日本大学)  
鏡味麻衣子 (東邦大学) 高巢 裕之 (長崎大学) 土居 秀幸 (兵庫県立大学)  
野崎健太郎 (椛山女学園大学) 源 利文 (神戸大学)

◆協力

仙北市役所・地方創生・総合戦略室

本大会は仙北市の助成により実施しています。

秋田魁新報社 (公開講演会共催)

◆問い合わせ先

大会実行委員会 [limnology82@gmail.com](mailto:limnology82@gmail.com)

〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大・生命  
陸水学会 [http://www.jslim.jp/?page\\_id=154](http://www.jslim.jp/?page_id=154)

◆会場



0187-46-2211



駒ヶ岳グランドホテル HP

<http://sanrok-komagatake.com/>



大会 HP

<http://tohokuecology.jp/limnology82/index.php>