

ポスター発表 要旨

2018 年 10 月 7 日（日）

\*岸田立（京大・理）、本田尚美（福井県庁）、三島壮智（京大・理）、杉本 亮（福井県大）、谷口真人（地球研）、大沢信二（京大・理）

## 1. はじめに

別府温泉は鶴見火山を熱源とする火山性温泉である。海岸沿いにかつて湧いていた砂湯の存在などから、別府温泉を形成する地下の熱水は、別府北部と南部の断層沿いを流れ、火山性扇状地の地下を經由して、その先の海底で湧出しているものと予想される。こうした温泉を含む地下水の海底での湧出 (Submarine Groundwater Discharge[SGD])は世界中の沿岸で見られる現象であり、別府湾内でも北部の日出では海底からの冷たい地下水の湧出が目視や各種観測で確認されている。地下水には海洋水の 10～100 倍のラドン(Rn)が含まれていることが知られており、近年、SGD の有望なトレーサーとしてラドン( $^{222}\text{Rn}$ )が注目されている。本学会第 81 回沖縄大会で報告した概要調査（大沢ほか、2016）の後、別府湾全域でラドン曳航精密調査を行い、温泉を含む地下水 SGD の検出を試みたところ、好成果が得られたので報告する。

## 2. 方法

別府湾内の海岸線沿いを小型船で低曳航しながらポンプで水面近くの水をくみ上げ、気液平衡装置 (Durrige 社製 RAD-AQUA) に流し込み、海水と平衡に達した空気を静電捕集型ラドンモニター (Durrige 社製 RAD7) によって 10 分間隔でラドン量を測定した。また、水温、塩度についても同時に水温計、塩度計を用いて測定し、位置は GPS を用いて計測した。以上の作業を 2014 年 5 月 26 日～30 日に別府湾北部の日出で 327 地点、2016 年 6 月 7 日～8 日に別府市北部の沿岸で 285 地点、2016 年 10 月 24 日～26 日に別府市南部から大分市方面の大分川流入口付近にかけて 239 地点で行った。また、日出、別府市、大分市の陸域において主要な河川と自噴している地下水、温泉について同様の方法で水温とラドン濃度を測定した。

## 3. 結果と考察

得られたデータから地下水や温泉の混入によるものを検索するため、ミキシングダイアグラムを導入した。すなわち、データを、測定時期と陸水の特徴から①2014 年 5 月の日出沿岸、②2016 年 6 月の別府市北部沿岸、③2016 年 10 月の内、別府市北部の沿岸に位置するもの、④同時期の内、大分市方面の沿岸に位置するものの四つに分け、塩度-ラドンデータのプロットを外洋水 (塩度 35‰、ラドン 0dpm/L) と各々の地域の河川水と地下水の混合によるものと考え、整理した。その結果、塩度-ラドンデータは、ラドン濃度が低い河川水混入型の海水と、高い地下水混入型海水に分けることができた。さらに、温泉を含む海底地下水湧出を捉える目的のために、地下水混入型の海水を海水に対する地下水の混合割合によって低ミキシング (混合率 15%以下)、中ミキシング (同 15-20%)、高ミキシング (同 20%以上) に分類したところ、上記②と③の別府市沿岸において、高ミキシングの地下水混入型の密集エリアが存在し、地下水の海底湧出地帯の存在が確認された。また密集エリア毎に比較すると、水温、ラドン濃度に差が見られたことから、温泉と低温地下水の湧出を区別できている可能性がある。その一方で、ミキシング関係に差がない①日出と、河川の流入が支配的な④大分市方面では、この方法では地下水の湧出地点を特定することはできなかった。

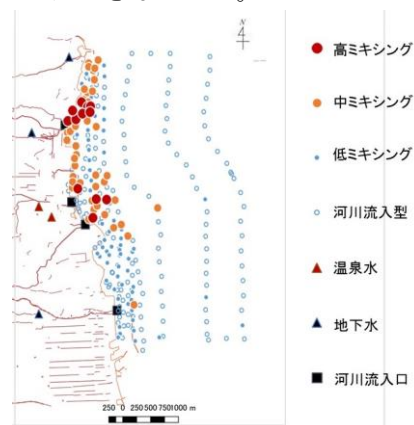


図1 ②別府市北部沿岸の塩分-ラドンデータの解析結果

\*三島 壮智（京都大・理・地球熱学研究施設），網田 和宏（秋田大・工）  
大沢 信二（京都大・理・地球熱学研究施設）

## 1. はじめに

湧水や温泉の付随ガスは，地下水の流動や涵養時の気候，地球内部の情報などを保持しているため，これまで数多く分析されてきたが，その多くが気泡状態で水と共に湧出する，いわゆる遊離ガス（Free Gas）を対象としており，水中に溶解込んだままで遊離してこないガス，いわゆる溶存ガス（Dissolved Gas）を対象とした研究は少ない。

しかし，少ないながらも溶存ガスの分析を行った研究はこれまでにいくつか公表されている。真空昇華法（Hibben, 1929），噴射攪拌式や気泡捕獲法（榊原・杉崎, 1989），真空脱気法（昆野, 1990），超音波真空抽出法（Holt et. Al., 1995）などであるが，いずれの方法もサンプリングや前処理の操作が煩雑で，手法の習熟には時間を要すると考えられる。これが遊離ガスほど研究されてこなかった大きな理由の一つであると思われる。そこで，本研究では先行研究の中で操作が簡便である真空脱気法をベースにして，より簡便で迅速な分析方法の構築を行った。

## 2. サンプリングおよび分析方法

### 2-1. サンプリング方法

本研究で分析対象としているガス成分は，一般的な地下水溶存ガスの成分である  $N_2$ ， $O_2$ ， $Ar$  と鉱泉水を想定した  $H_2$ ， $He$ ， $CH_4$  である。これらのガス成

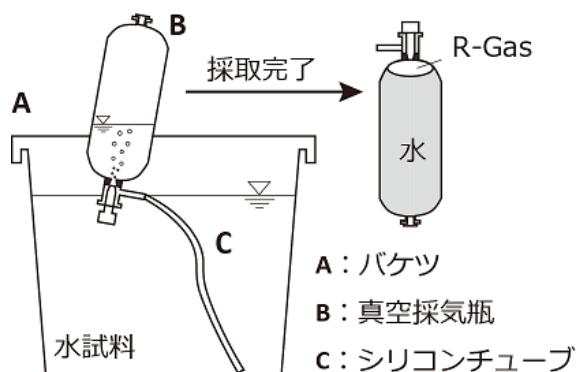


図1 真空採気瓶を使った地下水溶存ガスの採取方法の概要

分の特性を踏まえて，地下水のサンプリングは，ガラス製の真空採気瓶を使用して行った。図1に示すように，できる限り泡立ないように静かにバケツに注ぎ込んだ地下水を，ロータリーポンプで内部を真空状態にした真空採気瓶で吸引・採取する。この時，大気の影響を極力避けるため，シリコンチューブを使ってバケツの底から地下水試料を吸引した。真空採気瓶の中外の圧力が等しくなるまで地下水は導入され，最終的に真空抜気された溶存ガスが，ヘッドスペースに残留ガス（R-Gas）として残る。この R-Gas を分析試料とした。

### 2-2. 分析方法

真空採気瓶中の溶存ガス由来の R-Gas は，プラシリンジに一時的に移してガスの容積を測容し，モレキュラシーブ 5A カラム (9m)，酸素キャリア，TCD 検出器のガスクロマトグラフィ (GC) を使用して分析した。

## 3. 結果と考察

表1 溶存ガス分析データの例

| 湧水名                |              |              | 採取日          | 気圧<br>(hPa)  | 水温<br>(℃)     |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 朝見神社 万太郎湧水（大分県別府市） |              |              | 2018/6/26    | 1010         | 18.4          |
| N2<br>(mL/L)       | O2<br>(mL/L) | Ar<br>(mL/L) | He<br>(mL/L) | H2<br>(mL/L) | CH4<br>(mL/L) |
| 7.6                | 3.2          | 0.15         | n.d.         | n.d.         | n.d.          |

溶存ガスの分析結果の一例として，別府市の朝見神社に湧出する万太郎湧水の分析データを表1に表す。

分析方法の検討の過程で，真空脱気法では現実的に溶存ガスを 100%回収できないという問題が存在することが確認された。本研究発表ではこれらの解決法についても紹介したい。

\*浅見 和希・猪狩 彬寛・矢巻 剛（法政大・院）

堀内 雅生（法政大・学）・小寺 浩二（法政大・地理）

## 1. はじめに

2014年の御嶽山の水蒸気爆発噴火は、周辺の河川や山頂域湖沼の水に影響を与えた。噴火前後での水質の比較および噴火後の水質の推移を継続調査した研究は少ないことから、御嶽山を対象に噴火の影響を受けていない時期や1979年の噴火直後の周辺河川や山頂域湖沼の水質と今回の噴火後のものを比較し、噴火による水質への影響を把握するとともに、水質の継続的な測定から、時間の経過に伴う水質の変化を追った。

## 2. 方法

調査は35回実施し、現地調査項目はAT, WT, pH, RpH, EC等である。河川調査のほか、入山規制緩和後、夏期は毎年山頂域湖沼の調査を実施。また、雨水の採取も行なっている。現地で採水したサンプルは研究室にてろ過処理をしたのち、TOC、主要溶存成分の分析を行なった。

## 3. 結果・考察

### 1) 御嶽山周辺の水環境の状況

濁川と濁川合流後の王滝川は白濁し、pHは低く電気伝導度(EC)の値が高かった。その後、pHは上昇、EC値は低下し、2015年1月末には安定した。その間、王滝川の御岳湖では全循環により濁水が湖全体に広がり、ダムの放流により王滝川最下流部で遅れてpHが低下しECが上昇する現象が観測された。

融雪の影響は2月から現れ、4月末にピークに達した。仮説と異なり、pHとEC値ともに低下したため、低pHの融雪水による希釈効果が卓越したと考えられる。6月以降は降雨の後に一部河川でpH低下とEC値の上昇が確認され、堆積していた火山噴出物が流入したと考えられる。10月末には水質が安定し、11月以降は河川水への地下水の性質の影響が観測された。以降も、融雪期は水質の希釈と、降雨期はpH低下、EC値の上昇が観測されている。

山頂域湖沼は、火口からの距離に応じて水質に差が見られ、最も火口に近い二ノ池が低pHかつ高EC値と噴火の影響を強く受けていた。一方、火口から

最も遠い四ノ池は噴火前とほぼ変わらない水質であったが、これは火口との距離に加えて流出口があることが影響していると考えられる。火山灰の堆積状況から、今後も降雨の度に火山灰の影響が出て、湖沼の水質改善には時間がかかると予想された。

### 2) 過去の噴火時との比較

噴火から約一月後の周辺河川の水質組成は、1979年時と非常に似通い、その空間分布も一致していた。しかし、噴火直後の濁川の水質組成は、1979年時は硫酸カルシウム型なのに対し、今回は塩化ナトリウム型で差異があり、各成分の濃度も異なっていた。また二ノ池の水質組成は硫酸カルシウム型で共通しているが、今回はより濃度が高いことがわかった。1979年時と火山灰の堆積状況に違いがあり、それで成分の組成や濃度に差異が表れたと考えられる。

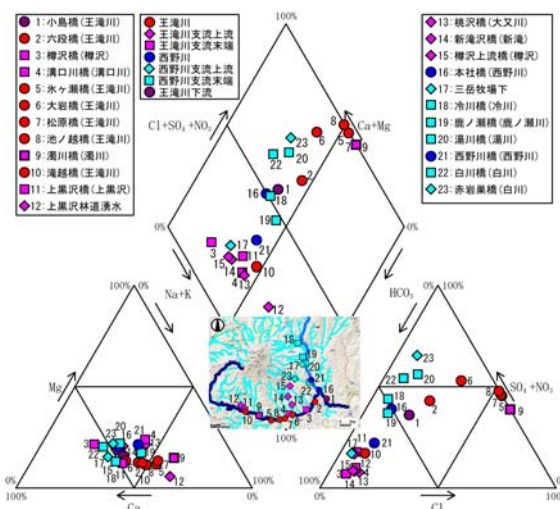


図1 水質組成(141008)

### 4. おわりに

御嶽山周辺地域の水環境に対する噴火の影響とその後の水環境の経過が把握できた。今後も水質の推移を追っていきたい。

### 参考文献

浅見和希・小寺浩二・猪狩彬寛・堀内雅生(2018): 御嶽山噴火(140927)後の周辺水環境に関する研究(6), 日本地理学会 2018 年度春季学術大会講演要旨集。

＊猪狩彬寛（法政大・院）、小寺浩二（法政大・地理）  
浅見和希、矢巻剛（法政大・院）

## 1. はじめに

群馬県吾妻川流域では、特徴的な地質や火山活動により、多くの温泉水とともに硫黄鉱山を源とする強酸性・高 EC 値の排水が周辺河川水に大きな影響を及ぼしている草津白根山（諸星ほか 2018）や、同じく地下深部から供給される火山性ガスによる影響が地下水や河川水に影響を及ぼす浅間山（鈴木ほか 2010, 猪狩ほか 2018）など、地球化学的関心の高い対象が多く存在している。吾妻川流域に位置する両火山周辺河川水の水質を把握し、地域特性を明らかにすることで、水環境形成の要因を考察することを試みる。

## 2. 研究方法

浅間山では 2015 年 6 月から 2017 年 10 月まで 1 ヶ月おき、それ以降は 3 ヶ月おきに現地調査を行った。草津白根山では 2017 年 5 月に初回、同年 10 月以降約 1 ヶ月おきに調査を実施した。ここでは 2018 年 8 月までの調査結果をまとめる。調査地点は浅間山で河川 40 地点と降水 8 地点の計 48 地点、草津白根山で河川 45 地点、降水 4 地点の計 49 地点である。現地では AT、WT、pH、RpH、EC の測定を実施。また河川水のサンプリング、ろ過を済ませたのち TOC および主要溶存成分（ $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ）の分析をした。2018 年 2 月 6 日には草津白根山山頂域にて火山灰の調査・採取を行った。

## 3. 結果と考察

### 1) 浅間山

河川水内の溶存物質濃度の増加が EC 値から読み取られ、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ が卓越する。南側では特に、片蓋川下流域と湯川上流域で EC 値、pH 値、溶存物質ともに非常に近い水質を示し、同河川上流側の水質とは異なる特性を示す。両地点ともに、約 1,200m～1,300m に位置し、その地形は谷の中心や台地の崖線に沿っており、現在活動中である前掛火山の深部にて火山ガスの影響を受けた地下水（鈴木ほか 2007）が山頂域の谷頭や台地の崖線で湧出し、河川へ流入していることが示唆された。

## 2) 草津白根山

万座温泉の排水が流れる万座川の支流には旧硫黄鉱山廃水の影響を受けた強酸性・高 EC の河川水が確認された。巖洞沢川でも強酸性水が観測され、上流域に位置している旧硫黄鉱山廃水の影響を強く受けている。白砂川下流域では弱アルカリ性の水質が観測されるが、いくつかの流入支川では酸性を示し、支川上流域における温泉排水や火山活動の影響を受けた地下水の流入が示唆される。

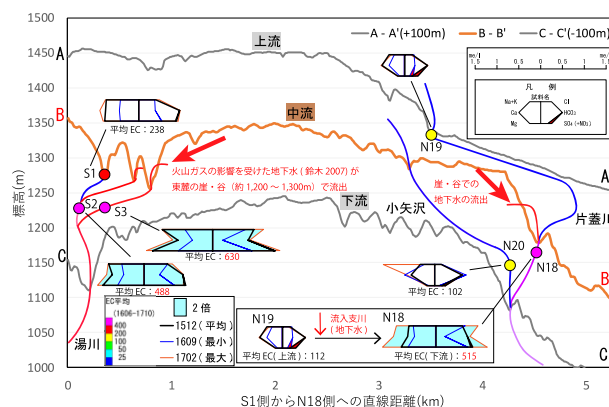


図1 浅間山東麓の地下水流出と河川水質との関係

## 4. おわりに

浅間山の対象流域では年間を通して人為的影響以上に火山活動や地質の違いによる自然的影響の方が河川水質に及ぼす影響は大きく、特に現在火山活動の活発な東麓の水質濃度が高い傾向にある。草津白根山では 2018 年 1 月 23 日の噴火で流域に堆積した火山灰が今後の強降雨時に河川へ流入し、河川水質に影響を与えることが考えられ、今後も継続的な調査が必要である。

## 参考文献

- 鈴木秀和、田瀬則雄（2010）：浅間火山の湧水の水質形成における火山ガスの影響と地下水流動特性—硫黄同位体比を用いた検討—, 日本水文科学会誌, 40(4), 149-162.
- 諸星幸子、小寺浩二、猪狩彬寛（2018）：草津白根山周辺地域の水環境に関する研究, 2018 年度日本地理学会春季学術大会発表要旨集。

\*小寺浩二（法政大・地理）・堀内雅生（法政大・学）  
浅見和希・猪狩彬寛・矢巻剛（法政大・院）

## 1. はじめに

河川水質の把握は、流域の人間をはじめとする生物、産業の保全や発展のために必要不可欠である。火山地域においては噴火が生じた場合、火山噴出物より溶出した成分や湧泉の変化により、周辺水環境へ悪影響を与えることが分かっている。そこで、噴火によって発生した水環境汚染の程度を把握することは、今後も発生する噴火災害の際の被害を想定することにつながり、防災計画の策定上、重要であると考えられる。これを踏まえ、2015年6月29日に箱根山の大涌谷で発生した噴火が周辺水環境へどのような影響を与えているか研究を始めた。

## 2. 研究方法

既存の観測データ・報告書の整理を行い、現地調査を行った。調査は基本的に毎月1回の間隔で実施しており、河川・沢・雨水を中心に、現地でAT、WT、pH、RpH、ECなどを測定した。採水したサンプルは実験室において溶存成分分析を行った。

## 3. 結果・考察

### 1) 河川の濁り

噴火によって濁りが増した大涌沢は、本流の早川を濁らせており、早川の濁りは下流まで続いていた。噴火から時間が経つにつれて早川の濁りはほとんど見られない。大涌沢では、噴火後の強い濁りはみられていないが、降水があると再び濁りが生じる。

### 2) 河川の EC・pH

大涌沢では噴火直後の調査で  $6,780 \mu\text{S/cm}$ 、 $\text{pH}2.4$  の高 EC・低 pH を観測した。長期的には大涌沢の EC は低下しており、噴火から約1年後以降は EC が  $3,000 \mu\text{S/cm}$  前後で安定し、pH に関しては噴火直後と比較して高い値が観測されている。本流早川では EC が  $200 \sim 400 \mu\text{S/cm}$ 、pH は  $7 \sim 8$  で変動している。大涌沢合流後の地点での大きな EC の上昇は見られていない。この他、主な支流としては須沢(最下流での EC 平均： $585 \mu\text{S/cm}$ )、蛇骨川( $418 \mu\text{S/cm}$ )、須雲川( $190 \mu\text{S/cm}$ )などが流入している。

### 3) 主要溶存成分

大涌沢では2015年7月調査時は陽イオンに Ca が

多く含まれ陰イオンは  $\text{Cl}^-$  と  $\text{SO}_4^{2-}$  がほとんどを占めていた。ただし、噴火から時間が経つにつれて  $\text{Cl}^-$  が低下する傾向がみられており、大涌沢下湯橋の  $\text{Cl}^-/\text{TAni}$  (主要溶存成分の陰イオン計) は  $0.52$  から2年後には  $0.17$  まで減少した。本流早川への影響については、2015年7月調査では大涌沢合流後の早川(箱根 PM 橋)の  $\text{Cl}^-/\text{TAni}$  が高く、本流への影響がみられる。また、噴火から1年後、2年後の箱根 PM 橋では値が小さくなっており、これは大涌沢の塩化物供給量が低下したことによるものと考えられる。いずれの年も、須沢や蛇骨川などの Na-Cl 型を示す支流が合流するため、流下に従い値は次第に大きくなる。

## 4) 雨水

雨水は9地点でサンプリングしているが、大涌谷に近い地点で高 EC (最大  $230 \mu\text{S/cm}$ )、低 pH (最低 3) が観測されており、硫酸イオンが多く含まれている。また、大涌谷から距離が離れるほど EC の低下、pH の上昇がみられるため、火山ガスの影響が考えられる。2016年4月～同年8月では採取した雨水に含まれる成分が多くなった地点があった。その期間は、大涌谷付近の火山ガス濃度が上昇しており、関連が考えられる。

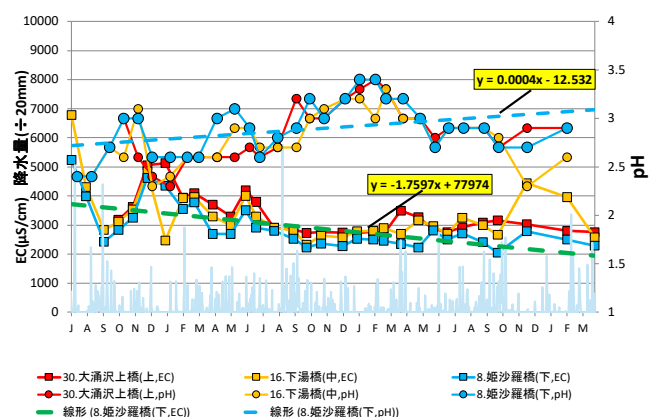


図1 大涌沢の EC 及び pH の変化

## 参考文献

萬年一剛, 菊川城司, 原田昌武, 本間直樹(2016): 箱根火山 2015 年噴火後の火口域における噴気活動と湧泉の変化, 日本火山学会講演予稿集, p57

\*○清水 裕太（西日本農研），齋藤 光代（岡山大），小野寺 真一，  
福岡 正人（広島大），Ricardo Hirata, Fernando Saraiva,  
Rafael Terada（サンパウロ大）

## 1. はじめに

ブラジル南部（亜熱帯地域）に位置するサンパウロ州は、人口約 1200 万人を擁する南米最大の都市サンパウロ市を上流域に有している。この巨大な人口を養うため、農地から輸送された作物がここで消費され、集積した廃棄物及びそれに由来する排水の多くは市内を流れるティエテ川を通して北西部の州の中心方向を通過して州境界のパラナ川まで流下する。このように、ティエテ川流域では下流で生産された農作物が上流の都市へ輸送、消費され、廃棄物となり再び下流に戻るというユニークな循環が生じている。本研究では、Soil and Water Assessment Tool (SWAT) モデルを用いて、ティエテ川流域の水・物質動態を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

ティエテ川流域は、流域面積およそ 15 万 km<sup>2</sup>、流路長 3000km の河川で、ラプラタ川水系の上流域に位置する支流の一つである。ティエテ川の最上流にサンパウロ市が位置し、中下流域にはサトウキビや大豆などを栽培する農地が広がっている。水資源の確保のため本流沿いに大規模なダムが数カ所建造されている。本研究では SWAT2012rev.664 を使用して日単位での解析を行った。解析期間は 1990 年～2014 年までの 25 年間とした。モデル構築には、標高（1km メッシュ、SRTM ベース）、土壌（500 万分の 1、FAO/UNESCO）、土地利用（10 万分の 1、衛星ベース）を使用した。気象データは、気象観測データ（降水量、気温、風速、相対湿度、日射量）を Global Weather Data for SWAT から入手し使用した。キャリブレーションには、ブラジル国家水資源局の水文データベース（HIDROWEB）より本流の上中下流の 3 地点における流量データを入手し、Sequential Uncertainty Fitting (SUFI-2) 法によって実施した。

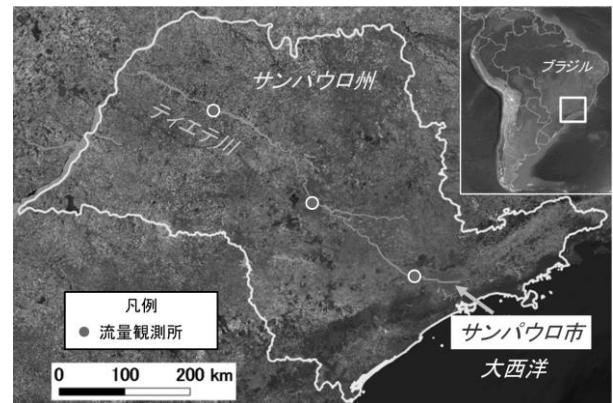


図 1 研究対象地域概要

## 3. 結果と考察

キャリブレーションの結果、河川流量はナッシュサトクリフ効率係数で 0.7 を超えた。これは河川流量の再現性は十分であることを示しており、水文パラメータのキャリブレーションは成功したと判断された。ティエテ川に河川流量は、主に雨季と乾季の影響を受けているため季節変動が非常に大きく、降水量の少ない 8 月～9 月には流量が非常に少なくなるが、本流沿いのダムの流量調整によって一年を通じて安定化されている状況であった。単位面積当たりの栄養塩負荷は、農地よりもサンパウロ市内からの発生量の方が多かった。しかし、流域内で発生した土砂、栄養塩の多くは本流沿いのダムにトラップされる結果となり、特に、より上流側のダムでその傾向が顕著に見られた。以上より、ティエテ川流域は都市部が主な栄養塩負荷源で、雨季に多くが流出するが、本流沿いのダムにトラップされてしまうという特徴を持つことが明らかとなった。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 16KT0033 による研究成果の一部である。ここに記して謝意を表する。

# P-8

## Halophila 属の分布に与える物理化学的条件

\*井上徹教（港湾空港技術研究所・海洋環境情報研究グループ）

**1. はじめに** 海草類は形態的可塑性が強く、形態分類が難しいことが知られている。日本国内の *Halophila* 属の分類も混乱していたが、Uchimura et al. (2006a)が再検討を行い、*H. decipiens*, *H. major*, *H. ovalis*, *H. nipponica* の4種に分類することを提案している。本研究では、Uchimura et al. (2006a)に従い、沖縄県中城湾における *Halophila* 属の分布に与える影響について検討したので報告する。

**2. 観測内容** 現地観測は、沖縄県中城湾内において、2005年6月から2008年8月にかけて、台風等の悪天候を避け行われた。スクーバにより海草の被度調査およびサンプルを行い、形態判別に加え Uchimura et al. (2006b)に従うリボソーム ITS 領域・5.8S 解析も併用することで分類を行った。

海底直上水および堆積物中間隙水の水質調査も行った。調査項目はアンモニア・亜硝酸・硝酸の各態窒素、溶存態全窒素、全窒素、リン酸、溶存態全リン、全リンとし、粒子態や有機態等についてはそれぞれの差分より推算した。底質については、AVS、COD、全窒素、全リン、強熱減量、TOC について分析を行った。また、各測点海底付近における水温・塩分・流動観測も行った。詳細については、Inoue and Uchimura (2017)を参照されたい。

本観測では、Uchimura et al. (2006a)による *H. decipiens*, *H. major*, *H. ovalis*, *H. nipponica* の4種が確認された。*H. ovalis* は Stn. 2, 4, 5, 7 に存在した。*H. major* は *H. ovalis* と同じ測点に加え Stn. 9 にも存在し、特に Stn. 2, 5 で優占していた。*H. nipponica* は最も出現頻度が

高く、Stn. 3, 4, 5, 9 以外に存在した。*H. decipiens* は Stn. 6 のみに存在した（表-1）。

主成分分析の結果、第一主成分への寄与は間隙水中の栄養塩が高く、主成分得点は Stn. 2, 6, 7, 8 で負の値を、Stn. 3, 4, 5 で正の値をとった（図-1）。

**3. 結果** 流動観測結果と併せて測点間の比較検討したところ、*H. ovalis* と *H. major* は栄養条件には大きな影響を受けず波浪の影響を強く受ける地点、*H. nipponica* は流動条件には大きな影響は受けないが有機物含有量の高い堆積物、*H. decipiens* は水深9m以深をそれぞれ好むと判断された。

### 参考文献

Uchimura et al., Bot. Mar. 49, 111 (2006a).

Uchimura et al., Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo, Ser. B 32, 129 (2006b).

Inoue and Uchimura. APAC 2017: 870-881 (2017).

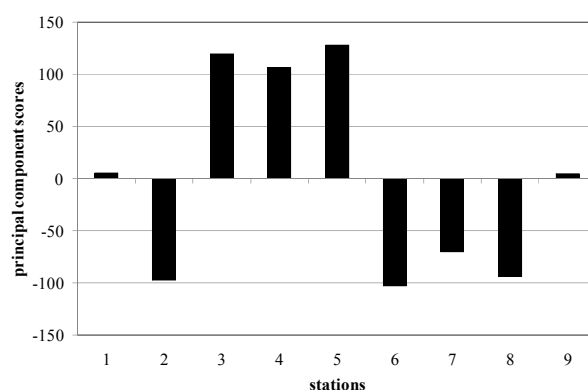


図-1 主成分得点

表-1 観測点の概要と *Halophila* 属の存在の様子

| station | latitude     | longitude     | mean depth | mean velocity | significant wave-velocity amplitude | significant wave period | <i>H. ovalis</i> | <i>H. major</i> | <i>H. nipponica</i> | <i>H. decipiens</i> |
|---------|--------------|---------------|------------|---------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| 1       | 26°17'19.4"N | 127°50'17.0"E | 10.3 m     | 1.4           | 2.3                                 | 10.2                    | -                | -               | ++                  | -                   |
| 2       | 26°17'21.3"N | 127°50'16.5"E | 8.3 m      | 2.1           | 3.4                                 | 10.1                    | +                | ++              | +                   | -                   |
| 3       | 26°17'22.6"N | 127°50'17.0"E | 7.8 m      | 1.8           | 3.3                                 | 9.6                     | -                | -               | -                   | -                   |
| 4       | 26°17'26.6"N | 127°50'17.0"E | 6.0 m      | 2.1           | 4.4                                 | 9.1                     | +                | +               | -                   | -                   |
| 5       | 26°17'31.0"N | 127°50'17.0"E | 5.3 m      | 2.6           | 4.6                                 | 9.0                     | +                | ++              | -                   | -                   |
| 6       | 26°18'50.8"N | 127°51'50.3"E | 9.7 m      | 2.6           | 1.7                                 | 13.7                    | -                | -               | +                   | +                   |
| 7       | 26°17'30.7"N | 127°49'05.2"E | 4.0 m      | 2.8           | 4.8                                 | 9.2                     | +                | +               | +                   | -                   |
| 8       | 26°17'32.3"N | 127°51'31.9"E | 11.8 m     | 2.1           | 2.4                                 | 12.1                    | -                | -               | ++                  | -                   |
| 9       | 26°16'40.6"N | 127°50'18.9"E | 12.7 m     | 1.7           | 2.5                                 | 12.3                    | -                | +               | -                   | -                   |

## 1. はじめに

ヒゲユスリカ族はユスリカ科ユスリカ亜科に属しており、日本から 13 属約 200 種が記録されている（山本・山本 2014）。本族幼虫は湖沼、河川および潮間帯などの多様な環境に生息している。その中でも 3 属(*Pontomyia*, *Tanytarsus* 及び *Yaetanytarsus*) 9 種が海産種として記録されている。*Pontomyia* 属は特殊化した形態と極端な性的二型で知られ、全種が海産種である。*Tanytarsus* 属は日本から約 100 種が知られているが、このうち 6 種が海産種として記録されている。この 6 種に関しては、雄成虫交尾器の形態も *Yaetanytarsus* 属は形態的な特徴から属自体の存在が疑問視されている。

淡水生のヒゲユスリカ族のみの分子系統は Ekrem & Willassen 2004, Ekrem *et al.* 2010, Lin *et al.* 2018 などによって行われている。しかし、ヒゲユスリカ族内で海産種が形態的にも特異的な特徴を持っているにもかかわらず、海産種に関しては *Pontomyia* 属内の分子系統を検討した先行研究（Huang & Cheng, 2011, Huang *et al.* 2014 など）のみであり、海産種と淡水種の両方を含めた族全体の系統関係は検討されていない。そのため、本研究では海産種を含めたヒゲユスリカ族内の系統関係を明らかにし、より正確な分化の過程を探ることを目的として、日本産ヒゲユスリカ族の分子系統の推定を試みた。

## 2. 材料と方法

2 属 7 種の海産種を含むヒゲユスリカ族 10 属 39 種の塩基配列を用いて系統樹の推定を行い、分子系統の解明を試みた。外群にはユスリカ亜科ユスリカ族の 5 種を用いた。塩基配列はミトコンドリア DNA の COII, 核 DNA のヒストン H3, リボソーム DNA18S および 28S の計 2305 bp を使用した。系統樹の推定は最尤法およびベイズ法で行った。最尤法では RaxmL (Stamatakis 2014) を使用して GTR-Gamma モデルで系統樹の推定を行った。ベイズ法では

Partition finder (Lanfear *et al.* 2012) でモデル選択を行い、MrBayes v3.2.6 (Ronquist *et al.* 2012) で系統樹の作成を行った。また、一部の海産種についてはミトコンドリア DNA の COI 領域を用いて幼虫の同定を行い、形態の検討を行った。

## 3. 結果

今回作成した系統樹では海産 *Tanytarsus* 属の内 5 種 (*Tanytarsus churamarinus*, *T. boodleae*, *T. lamnicaudus*, *T. magnihamatus*, *T. pontophilus*) が 1 つのクレードを形成した (BS 値: 100, 事後確率: 1)。またそれら 5 種と *Pontomyia natans* が 1 つのクレード (BS 値: 96, 事後確率: 0.99) を形成した。一方で同じく海産種の *T. pelagicus* は *Paratanytarsus* と同じクレードを形成しており、前述の 5 種から大きく離れることが分かった。

ミトコンドリア DNA の COI 領域で *T. boodleae* および *T. lamnicaudus* の幼虫を同定し、形態の観察を行った。その結果、この 2 種は幼虫頭部の大顎及び下唇板の形態が他の *Tanytarsus* の特徴とは異なった。一方でそれらの形態の特徴は、*Pontomyia* の幼虫形態と一致していることが分かった。

## 4. 考察

*Pontomyia* と海産 *Tanytarsus* 5 種が高い信頼度で単一のクレードを形成したが、このことはこれらが同一の祖先から分化したことを示唆していると考えられる。さらに、幼虫形態の検討からもこれらの種に共通点があることが示唆されており、系統的に近縁であることを裏付けられると考えられる。また、系統樹内で海産種が大きく 2 グループに分かれたことはこのことから、ヒゲユスリカ族内では、過去に少なくとも 2 度にわたり海域への進出が起きた事が示唆された。*T. pelagicus* は *Tanytarsus* 属から系統的に大きく離れ、*Paratanytarsus* と同じクレードを形成したことから、今後形態等を含めた分類の再検討が必要となると思われる。

\*鈴木 啓明・木塚 俊和（北海道立総合研究機構 環境科学研究センター），  
真野 修一・卜部 浩一（北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場）

## 1. はじめに

近年、北海道の道東太平洋海域ではサケの回帰数や漁獲量が急減しており、回帰率向上のため、サケ稚魚の初期成長を向上させる飼育・放流技術の開発が望まれている。北海道立総合研究機構では、放流に適した場所として道東太平洋岸に多数ある汽水性の湖沼及び河川（以下「潟湖等」）に着目し、平成 29 年度から潟湖等を活用したサケ稚魚の放流効果や放流に適した潟湖等の解明に取り組んでいる。

一般に、動物プランクトンはサケ稚魚の餌資源として重要であり、それを支える潟湖等の一次生産はサケ稚魚の初期成長の良否を決める重要な条件の一つと考えられる。そこで本報告では、サケ稚魚放流が想定される春季に、潟湖等で一次生産が大きくなる条件について検討した。

## 2. 地域概観と方法

2017 年春季（4 月中旬～6 月中旬）に北海道浜中町の 7 地点（潟湖 5 地点及び新川、琵琶瀬川支流）で調査を行った。対象地点の平均水深は 0.5～3.2 m、潟湖の水域面積は 0.02～3.6 km<sup>2</sup> である。各潟湖等の集水域は主に標高 80 m 以下の台地とそれを刻む谷からなる。台地上には森林や農地（主に牧草地）が広がり、谷沿いは森林や湿地が分布する。新川及び琵琶瀬川支流は下流域で大規模な湿地（霧多布湿原）を流れる（図）。

各地点の表層水（水面～0.1 m）及び底層水（底から 0.1～0.4 m）の塩分測定及び採水を行い、全窒素（TN）、溶存態無機窒素（DIN）、全リン（TP）及びリン酸態リン（PO<sub>4</sub>-P）の各濃度を BL-TEC 製 QuAAtro-2HR を用いた連続流れ分析により定量した。その際、塩分 15 以上の試料については人工海水を用いた海水測定用の分析法を採用した。また、Turner Design 社製 10-AU を用いて蛍光光度法によりクロロフィル a（Chl-a）濃度を定量した。

潟湖等の一次生産に影響を及ぼし得る条件として、集水域の農地率と海水の流入度（塩分を指標とする）に着目し、潟湖等の Chl-a、窒素及びリン濃度（表層水と底層水の平均値）との関係を調べた。

集水域の農地率は 1/2.5 万地形図から計算した。

## 3. 結果と考察

7 地点の Chl-a 濃度を比較した結果、恵茶人沼で各調査回とも 7  $\mu\text{g/L}$  以上となり、調査回平均で最大（9.6  $\mu\text{g/L}$ ）となった。恵茶人沼は、調査回平均の TN 濃度も 7 地点中最大となり、TP 濃度は 3 番目に高かった。恵茶人沼は集水域の農地率が最も高い（18%）。また、塩分が調査回平均で 10.5 と比較的低かったことから、海水による沼の水の交換は比較的少ないと考えられる。このことから、恵茶人沼では流域の農地からの窒素及びリンの各成分の供給が多い一方、より貧栄養な海水による沼の水の希釈が比較的少ないので、窒素及びリン濃度が高く維持され、Chl-a 濃度が最大となったと考えられる。

恵茶人沼以外の 6 地点では、調査回平均の Chl-a 濃度が 1.5～3.9  $\mu\text{g/L}$  の範囲を示し、恵茶人沼を下回った。このうち恵茶人東沼を除く 5 地点では、DIN と PO<sub>4</sub>-P のモル比が調査回平均で 1.8～7.4 とレッドフィールド比（N:P=16:1）より小さく、窒素制限の傾向を示した。窒素不足になる原因として、集水域の農地率が小さいことと海水流入が大きいことが考えられる。

以上から、当地域で春季に一次生産が大きくなる条件として、集水域の農地率が大きいこと及び海水流入が比較的少ないことが重要と考えられる。



図 対象地域（基図に国土数値情報及び国土地理院の基盤地図情報を使用）

\*加藤 季晋、山根 馨太、吉原 司、野尻 由香里、神谷 宏、長岡 克朗、  
松尾 豊、神門 利之（島根県・保環研）、大谷修司（島根大・教育）

### 1. はじめに

平成 29 年度は、11 月から 12 月にかけて、宍道湖において小規模なアオコが確認された。このアオコは、近年確認されていた *Microcystis* 属によるものではなく、*Aphanizomenon* 属の一種によるものであった。なお、この種によるアオコは、宍道湖では初めて確認された。

本研究は、平成 29 年度に宍道湖において発生したアオコについて、現場調査の結果と水質の測定結果からその発生要因について検討した。また、宍道湖の *Aphanizomenon* 属の特性を探るため宍道湖水から単離した *Aphanizomenon* sp. 株 (S3-A2 株) を塩分と水温に勾配をつけて培養試験を行い、生育条件の解明を行った。

### 2. 方法

現場調査は、平成 29 年 10 月から平成 30 年 2 月初旬まで宍道湖全域で行った。特に、アオコが確認された 11 月と 12 月においては集中的に調査を行った。調査は、現地では、アオコレベル、水温、電気伝導度 (EC) などを、実験室では、窒素、リン、植物プランクトンなどの項目について行った。アオコレベルに関しては、国立環境研究所の「見た目アオコ指標」を参考にした。

培養試験は、S3-A2 株を CA 培地 (①淡水) 及び人工海水により 6 段階に調整したダイゴ IMK 培地 (②海水の 1/20、③海水の 1/10 (宍道湖程度)、④海水の 2/10、⑤海水の 3/10、⑥海水の 4/10、⑦海水の 5/10 (中海程度)) に糸状体の約 100 $\mu$ m を 1 個として約 7500 個/mL となるように接種し、5、10、20、30 $^{\circ}$ C の設定温度でそれぞれ培養を行った。また光条件は 14h 明/10h 暗の周期、約 1300Lux で行った。これらの各条件について 3 標本ずつ試験を行い、1 日に 1 回程度撹拌し、数日ごとに蛍光光度計により蛍光量を測定した。

### 3. 結果と考察

宍道湖に出現した *Aphanizomenon* の大きさを実測した結果、1 個のコロニーは 800~1200  $\mu$ m で、トリコームの直径は 3.5~4  $\mu$ m、先端細胞は直径 3~4  $\mu$ m で長さが 12~28  $\mu$ m であり、ヘテロシスト

は希で直径 4  $\mu$ m で長さが 8  $\mu$ m だった。アキネートは見られなかった。単離培養した S3-A2 株を実測したところ、現場で出現したものとはほとんど同じだった。*Aphanizomenon* は先端細胞の比によって区別する。本種の比率は *A. flod-aquae* の 2~4 倍と異なっていた。また、*A. yezoebse* は先端で狭まらない特徴があるが、本種は両端で狭まる特徴を持っていた。したがって、本種を *Aphanizomenon* sp. とした。

現場調査から宍道湖におけるアオコは 10 月には見られなかったが、11 月初旬にアオコレベル 1 程度で、11 月下旬から 12 月にかけては、湖面にはっきりと確認できるようになった。1 月以降では、アオコがほとんど確認できなくなった。この年の 10 月は台風等により降水量が多く、その影響で宍道湖の  $\text{Cl}^-$  濃度は減少した ( $\text{Cl}^-$  濃度: 10 月 3000mg/L $\rightarrow$ 11 月 1500mg/L)。過去の研究において、アオコは宍道湖の塩分が低いと発生しやすいことがわかっている。11 月にアオコが発生した要因の一つは塩分の低下であると考えられる。

培養実験の結果を Fig. 1 に示す。この結果から *Aphanizomenon* sp. は、20 $^{\circ}$ C で淡水から海水の 1/10 程度の塩分まで早い増殖が認められた。しかし、2/10 以上の塩分では増殖が見られなかった。このことから、宍道湖で発生した *Aphanizomenon* sp. は 1/10 までの塩分までなら生息できるがそれ以上の塩分には耐性がないということが示唆された。

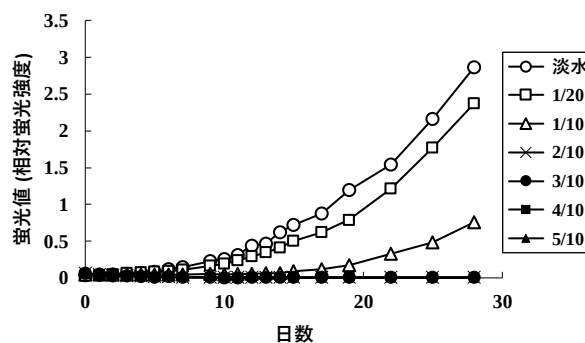


Fig. 1 *Aphanizomenon* sp. の 20 $^{\circ}$ C における塩分耐性試験の結果

# P-13

## 宍道湖堆積物からの車軸藻類 DNA の抽出

\*小室 隆 (山口大・院)、後藤益滋 (山口大・院)、加藤季晋 (島根県)  
嵯峨友樹 (島根県)、神谷 宏 (島根県)、山室真澄 (東京大・院)、赤松良久 (山口大・院)

### 1. はじめに

水中や堆積物中に存在している生物の DNA の断片を解析することで、その存在やバイオマスを推定する技術を「環境 DNA (Environmental DNA) 分析」と称する。その先行研究例として、Fukumoto *et al.*

(2015) は環境 DNA を用いて、桂川流域内におけるオオサンショウオの存在から外来種のチュウゴクオオサンショウオの存在まで、明らかにしている。また Doi *et al.* (2016) はアユのバイオマスと環境 DNA 濃度を比較し、その濃度勾配がアユのバイオマスと有意な正の相関関係があることを見いだしている。

宍道湖では現在、ツツイトモやオオササエビモが湖岸から約 300m の範囲内に水面を覆うほど繁茂しているが、70 年前にはこれらの水草ではなく車軸藻類が優占していた可能性が示唆されている (小室ほか, 2013)。Komuro *et al.* (2016) は堆積物から車軸藻類の卵胞子を採取し、*Chara braunii*, *C. corallina*, *C. fibrosa* の 3 種の存在を確認しており、Kasaki (1964) によって当時は *Nitella hyalina* と *C. braunii* が自生していたことが確認されていることから、当時の宍道湖には少なくとも 4 種の車軸藻類が生育していたと考えられる。これまで、過去の植生情報を得るためには植物遺骸や花粉などが用いられ、卵胞子を用いた同定も同様に形態から情報を得てきた。しかし、これらの形態による同定は、個人差が大きいことから、簡便でより正確な手法の開発が求められている。そこで本研究では、これまで環境水試料に適用されてきた環境 DNA 分析法が堆積物にも有効か確認することを目的に、宍道湖堆積物中の車軸藻類の DNA の抽出および解析法について検討を行った。

### 2. 方法

分析に供する柱状堆積物は、2017 年 8 月に宍道湖の湖心部 (No.48) と斐伊川河口域 (No.40) の 2 地点で採取した。特に No.48 地点は Komuro *et al.*

(2016) によって車軸藻類の卵胞子が最も多く採取されており、堆積物中に車軸藻類の DNA が多く保存されている可能性が高い。そこで本研究では、同地点において KK 式簡易採泥器を用いて 42cm の柱状堆積物を採取した。採取した堆積物は船上で 2cm ごとに切り分け、90%エタノールが入ったチャック付きポリ袋に入れて保存した。保存した堆積物は DNA 抽出を行うまで -20℃の冷凍庫で保存した。

本研究では、エタノール沈殿法を用いて堆積物から DNA の抽出を行った。切り出した堆積物の周囲 1cm はコンタミの可能性があるので削除し、薬匙で

均一にした。50mL のファルコンチューブに酢酸ナトリウム (0.3mol) を 15ml 入れ、30ml になるまで堆積物を入れた。さらにエタノールも等量添加した。その後 30 分間冷却し、5,000g で 30 分間遠心を行った。遠心後、DNA を含んだ堆積物表面上の白濁した上澄み液をマイクロピペットで 600μL を吸引し、2 回に分けてスピニングに移した。スピニングに移した後に 6000g で 1 分間遠心した。遠心後 AW-1-Buffer を 500μL 添加し 6,000g で 1 分間遠心、さらに AW-2-Buffer を 500μL 添加し、15,000g で 3 分間遠心、AE-Buffer を 100μL 添加して 1 分間静置した後、6,000g で 1 分間遠心を行い、DNA をトラップした。抽出した DNA は PCR 法を用いて、95℃⇄65℃を 55 サイクルで増幅させ、アガロースゲル電気泳動法によって存在の確認を行った。また、比較のため、宍道湖産の現生 *C. braunii* から抽出した DNA も併せて電気泳動を行った。

### 3. 結果・考察

No.40 では、表層 0~24cm の範囲のうち、2-4、4-6、6-8、8-10、14-16cm の各層において *Chara* 属の DNA が検出された (図 1)。このことから約 5~30 年程度であれば、堆積物中に大型植物の DNA が保存されることが分かった。本研究に使用したプライマーは *Chara* 属に共通する塩基配列を検出することを想定し種固有の塩基配列を考慮していないため、複数種の *Chara* 属が検出されている可能性もある。今後の課題として、種ごとの特異的なプライマー開発と、堆積物から検出される本種の DNA が宍道湖由来のものか宍道湖周辺由来のものを判別する方法について検討する必要がある。

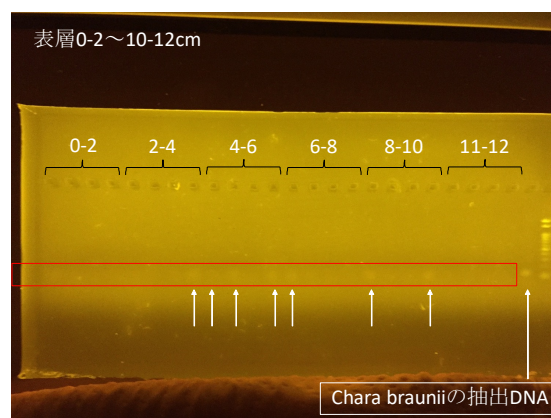


図1 電気泳動の結果

\*後藤直成（滋賀県大・環境）、岩木真穂（琵琶湖博物館）、  
早川和秀（琵琶湖環境科学研究センター）

## はじめに

一般に、植物プランクトンの一次生産速度や現存量はボトル培養法や色素抽出法などにより測定されてきた。しかし、これらの方法は多くの時間と労力が必要とするため、連続的な測定は困難である。そこで近年、クロロフィル蛍光法やリモートセンシングなどの光学的手法を用いて、一次生産速度や現存量などを推定する研究が盛んに進められている。さらに、植物プランクトンの群集構造を光学的に測定する測器も市販されている。これらの方法は連続的な測定が可能であるため、植物プランクトン群集動態を詳細に解明することができると期待されている。本研究では、これらの光学的方法を用いて、琵琶湖北湖における植物プランクトン群集動態を調査した。

## 方法

2017年8月20日から琵琶湖北湖多景島沖において、3深度（5 m, 10 m, 15 m）にクロロフィル蛍光計と光量子計を係留し、クロロフィル *a* 濃度と光量子量の連続測定を行った。この観測結果とパルス変調式クロロフィル励起蛍光計で得られた光合成—光曲線から、琵琶湖における植物プランクトンの単位面積あたりの日間一次生産速度を測定・算出した。上記の係留期間中、水温、濁度、栄養塩濃度を測定し、また、植物プランクトン群集構造を多波長励起蛍光計で、北湖全域のクロロフィル *a* 濃度分布を衛星リモートセンシング（人工衛星 Aqua の水色センサーMODIS データ）により測定した。

## 結果と考察

観測期間中、一次生産速度は 0～2.34（平均 0.52） $\text{g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$  の範囲を変動した（図）。夏期から秋期（8月～10月）における一次生産速度は平均  $0.78 \text{ g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$  で比較的高かった。この期間、滋賀県に接近・上陸した台風は3個で、その影響を受けて一次生産速度は大きく変動した。9月17日の台風18号通過後、一次生産速度は10月中旬まで漸増（ $0.24 \rightarrow 2.34 \text{ g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ）したが、10月22日の台風21号通過後に一次生産速度は急減し、10月24日から11月4日までの期間は  $0.05 \text{ g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$  以下となった。台風18号通過後の一次生産速度の増加は、主に強風による混合層深度の低下や沿岸湖底堆積物の巻き上げに伴う栄養塩供給量の増加によるものと考えられる。この漸増期間中、係留地点のクロロフィル *a* 濃度も増加しており、また、この増加は琵琶湖北湖全域で起こっていたことが衛星観測から判断できた。

一方、台風21号は強風とともに大雨も伴っていた。この時、河川からの大量の濁水によって北湖の有光層深度が極度に低下したため、およそ2週間にわたって非常に低い一次生産速度が続いたと考えられる。この期間の濁度は最大で 25 FTU を示し、透明度はおよそ 2 m 以下まで低下した。

観測期間後期（11月～2月）は、水中光量子量の低下と有光層以深への混合層低下にともない一次生産速度は減少し、平均  $0.33 \text{ g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$ （ $0.02 \sim 0.82 \text{ g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ）となった。

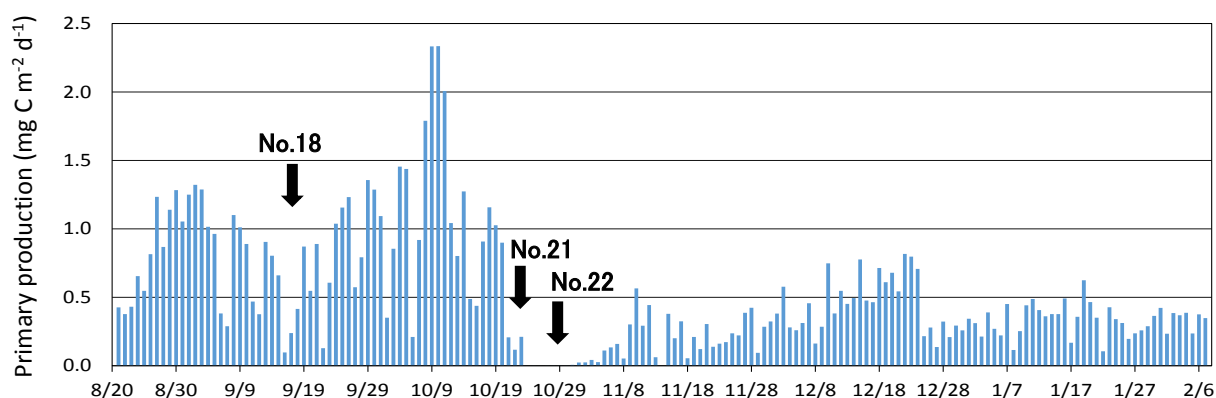


図 2017年8月から2018年2月の琵琶湖北湖沖域における一次生産速度。図中の数値は台風番号を示す。

\*風間健宏（国立環境研）、霜鳥孝一（国立環境研）、  
早川和秀（琵琶湖環境研セ）、今井章雄（国立環境研）、小松一弘（国立環境研）

## 1. はじめに

植物プランクトンの総生産（GPP）を測定する手法として用いられる  $^{14}\text{C}$  法や明暗ビン法は、放射性同位体の使用や長い培養時間を要するため、対象範囲や測定頻度が大きく制限される。さらに密閉容器による培養は、ボトル効果によって藻類の光合成活性や生産速度に影響を与える可能性も指摘されている。高速フラッシュ蛍光光度法（Fast Repetition Rate fluorometry）は、光化学系 II（PSII）を駆動するパラメータ群をリアルタイム測定する手法として発展しており、水塊当たりの基礎生産を即時に、かつ広範囲に推定することができる（Kolber & Falkowski, 1993; Oxborough et al., 2012）。しかしながら、FRRf による正確な GPP 推定には、様々な要因を考慮する必要がある。その一つとして、これまでの FRR 装置で使用されてきた青色の励起光（450 nm 前後）と、現場の藻類群集が利用する波長の相違が挙げられる。沿岸や湖沼に多いラン藻は、より長波長側を利用するため、ラン藻優占下では青色励起光による正確な GPP 推定が困難である（Raateoja et al., 2004; Suggett et al., 2004）。

新型 FRR 装置である FastOcean（CTG Ltd.）は、3 波長（450, 530, 624 nm）からなる光源を搭載し、ラン藻優占状況においても、正確な GPP 推定ができると期待される。本研究は、FRRf の励起波長と現場藻類の種組成の違いが、FRRf による GPP 推定値に対して与える影響を明らかにすることを目的とし、夏季の琵琶湖北湖の 2 地点において FRRf による観測と  $^{13}\text{C}$  法による生産速度測定、および藻類群集の観察を行った。

## 2. 材料と方法

琵琶湖北湖南比良沖中央において 2018 年 5 月 23 日と 7 月 23 日、今津沖中央において 2018 年 7 月 30 日に、FRRf による観測および試料採集を行った。FRRf は水深 0~20 m まで 2 m 間隔で、3 種類の励起波長（a: 450, b: 530, c: 624 nm）の組み合わせ 4 つ（a, ab, ac, abc）を 1 セットとし、各層少なくとも 5 セットずつ測定を行った。光源出力、フラッシュ回数、フラッシュ継続時間、および光電子倍增管の感度（PMT eht）

は、CTG 社の推奨プロトコルに従って設定した。得られた各層の光量子束密度、およびパラメータ群から、Sigma algorithm（Oxborough et al., 2012）により、水塊あたりの GPP を算出した。 $^{13}\text{C}$  法による測定については、0, 5, 10, 15, 20 m から採水した試料を 0.5-L 透明ボトルに満たし、 $^{13}\text{C}$  標識した炭酸塩を加えた後、光環境が 1.2, 8.8, 29, 65, 100% になるようナイロンメッシュで覆いをした。これらを 3 時間培養したのち、GF/F ろ紙で捕集した藻類試料を、同位体分析に供した。藻類群集の観察は、 $^{13}\text{C}$  法と同じ水深で得られた湖水をルゴール固定した後、光学顕微鏡下で計数を行った。

## 3. 結果と考察

FRRf によって推定された GPP と現場光量子束密度から、光—光合成曲線を描いたところ、励起波長 450 nm に 530 nm と 624 nm を加えた場合、450 nm のみの場合と比較して、最大光合成速度および半飽和定数が高くなる傾向が見られた。しかし予想に反し、現場では緑藻やクリプト藻が最も優占しており、ラン藻は見られなかった。このことは、植物プランクトン群集の光吸収特性を決定する要因として、ラン藻以外の藻類種も重要である可能性を示唆している。

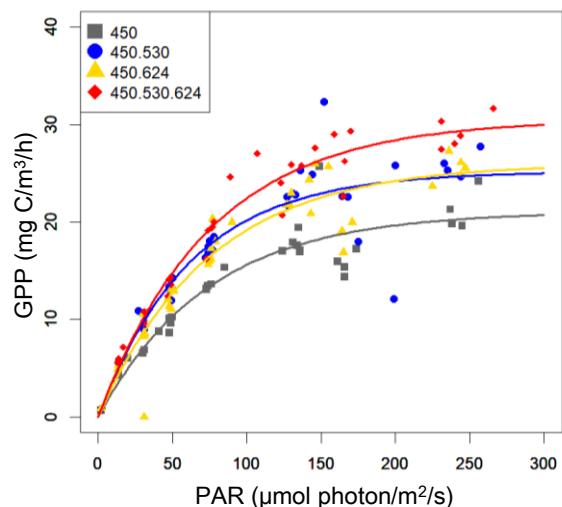


図 1. 5 月 23 日の南比良沖中央における FRRf 測定結果の例

LE TIEN HUU, KENJI OKUBO

*Graduate school of Environmental and Life Science, Okayama University*

### 1. Introduction

Phosphorus is one of the nutrients that stimulate eutrophication in lakes. Excessive nutrient loading can cause several problems in lake ecosystems such as the proliferation of phytoplankton biomass, the consequent increase in odor generation, turbidity or oxygen depletion. This study will estimate the loading of phosphorus from the rivers to Biwa Lake and discuss the relationship between the amount of the external and internal phosphorus during the given period.

### 2. Materials and Methods

The dataset of total phosphorus concentration (TP) was collected by the Lake Biwa Environmental Research Institute from 1980 to 2016 at Imazuoki-chuo with the frequency of twice a month. We calculated the average values for every layer of water including different depth (0.5, 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80 and 88 m), furthermore, the 35 years of serial data were divided into five periods of seven years each (Period I - V). From 2002, about 350 water samples were collected during the seven bimonthly trip in rivers around the Lake. Total discharge is estimated by using a tank model on the hourly basin and compared with measured loads of  $\text{PO}_4$  in 2002 and 2003. The loading curves are obtained and extended to daily tank model for 1980 to 2016 by using meteorological data.

### 3. Results

Phosphate loading curve is obtained by using discharge from daily analysis in 2002 and 2003 compared with the concentration of TP collected during the year. The  $\text{PO}_4$  loading from 1980 to 2016 was divided 5 periods shows the fluctuated tendency, lowest value in 1994 but looked stable sharp after 2002. It was increased during early two periods but rapidly reduced from a period III before restoring in the last period. The  $\text{PO}_4$  load was estimated at 446kg/day in North basin. On the seasonal profile, the phosphorus loading increased in summer, highest value in July. Similarly, the TP concentration observed

increased in summer, interestingly, only observed in epilimnion (Fig.1) while accumulated in bottom layer in winter. The TP concentration converted from  $\text{PO}_4$  exhibited higher value than internal concentration.

### 4. Discussion

The reduction of  $\text{PO}_4$  loading in Biwa Lake leads to the TP concentration decreasing when the phosphate yields were cut monthly totals which is compared with the epilimnetic TP (Fig.2). The previous research assumed that detachment from sediment particles and mineralization of organic substance is the main reason for the increase of the concentration of phosphorus in summer. However, our opinion is, the resuspended of phosphorus in early spring due to strong water mixing providing to epilimnion also explain why it is high in summer. However, this phenomenon could be observed only in the first and the last period. The amount of input and output of phosphorus budget were derived from literature revealed that the remaining 85% phosphorus should be settled down to bottom of the lake while 15% of which went out of the lake through Seta river. Furthermore, the resident time of phosphorus in the lake was calculated to be 3.8 months. This is suitable with the seasonal change of the phosphorus cycle in Biwa Lake.

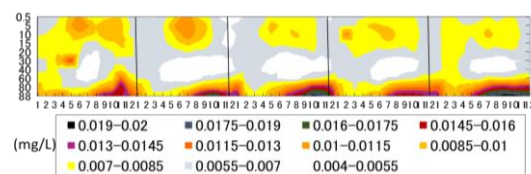


Fig.1: TP concentration in Lake Biwa for 35 years

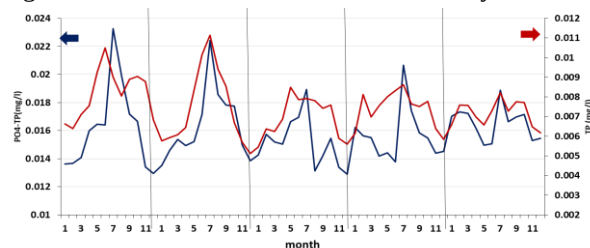


Fig.2: External and internal phosphorus loading in Lake

Md. Rasheduzzaman, 川口 舞, 大塚莉菜, \*丸尾雅啓 (滋賀県立大・環境科学)  
小畑 元 (東大・大気海洋研究所)

## 1. はじめに

チオール類は抗酸化作用や金属錯生成による毒性軽減、金属貯蔵にかかわる化合物群であり、グルタチオンのように生体内に高濃度で含まれ、重要な役割を果たしている。天然水中にも微量ながら溶存しており、Cu、Cd、Pbのような親硫黄金属の動態に関与している可能性がある。金属の生物利用能、毒性はそのスペシエーションに影響を受けるため、配位子に関する情報は有用である。分析法について、これまでにSBD-Fによるチオール類の誘導体化で得られた蛍光物質を固相抽出し、HPLC-蛍光検出で高感度な検出が可能であることを明らかにした(Rasheduzzaman et al., 2018)。この手法を用いて琵琶湖北湖におけるチオール類(システィン: Cys、グルタチオン: GSH、N-アセチルシスティン: NAC)の定量を夏季と冬季に行った。また流入河川水についても調査し、琵琶湖水との比較を行った。

## 2. 材料と方法

琵琶湖における試料採取には、滋賀県立大学実習調査船「はっさか」を用いた。琵琶湖での試料採取地点は北湖第一湖盆最深部付近(北緯 35° 06'、東経 136° 22' : 最大水深 90m)である。採水は2018年8月、2019年2月に、X-ニスキン採水器(5L: 内部テフロンコート)をケブラーロープに結び付けて行った。河川水は湖東の流入河川(余呉川・姉川・田川・天野川・芹川・犬上川・宇曽川・愛知川)において、2019年6月に行った。試水は研究室でその日のうちにメンブレンフィルター(Nuclepore: 孔径 0.4μm)でろ過を行い、フィルター上に残ったものを懸濁態、通過したものを溶存態として分析した。分析時は試水に還元剤として安定なTCEPを添加してS-S結合を切断したのちSBD-Fを添加して誘導体化を行った。試料を固相抽出カラム(Oasis HLB: Waters)に通じて誘導体化後の化合物を濃縮した。これを溶離したのち逆相HPLC-蛍光検出により、チオール類の定量を行った。

## 3. 結果と考察

琵琶湖北湖水中における溶存態は2018年8月にCys: 2.0–6.0 nM、GSH: 2.8–5.1 nM、NAC: 1.6–4.2 nMの濃度範囲で検出されたが、深度により濃度が異なった。Cysは水温躍層以深では検出されなかった。2019年2月もCys: 2.7–4.5 nM、GSH: 1.1–7.7 nM、NAC: 0.9–1.7 nMであり、夏季と大きな違いはなかったが、全層にわたり検出された。

懸濁態は2018年8月にCys: 130–350 nM、GSH: 160–310 nMと高濃度であり、かつ15mよりも深い層では検出されなかった。2019年2月には夏季と比べると低濃度であるがCys: 103–220 nM、GSH: 80–140 nMの範囲で全層にわたり検出された。NACは懸濁態から全く検出されなかった。懸濁態の大半は植物プランクトン由来と考えられ、CysとGSHの濃度には同期して変化した。

湖水中の懸濁態にはNACは含まれず、溶存態のみに検出され、供給源が集水域である可能性を示唆した。下水処理水を多く含む琵琶湖流入水域の水を分析したところ、同様の濃度のNACが溶存態のみから検出された。また、湖東から琵琶湖に流入する河川水のいずれからでもNACは検出されなかった。NACは薬品にも含まれていることから、下水処理水が主な供給源である可能性が高い。

これらのチオール類はいずれも重金属イオンとの高い錯生成能を示す。琵琶湖水中の溶存重金属濃度(Cd:  $2.7 \times 10^{-11} \text{ mol L}^{-1}$ , Pb:  $2.6 \times 10^{-10} \text{ mol L}^{-1}$ , Cu:  $2.7 \times 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$  (杉山, 2005)、Zn:  $4.2 \times 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$ : 北湖平均 (Sugiyama et al., 2005)) を考えると、チオール類は硫黄親和性の高い元素の動態に大きく影響していると考えられる。

## 参考文献

Rasheduzzaman Md, Kawaguchi M, Maruo M, Obata H (2018) *Limnology* 19(3) 299–309.  
杉山雅人(2005) “海と湖の化学”: 藤永太郎監修, 宗林由樹/一色健司編, 京都大学学術出版会 360–377.  
Sugiyama M, Hori T, Kihara S, Matsui M (2005) *Limnology* 6(2) 117–130.

\*井上栄壮, 古田世子, 一瀬諭, 中村光穂, 池田将平,  
萩原裕規 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

## 1. はじめに

琵琶湖岸の約 30%を占める砂浜湖岸は、流入河川から供給され堆積した土砂が、沿岸で流されて形成されたものである。これまで、土砂災害や洪水等の対策として、治山・砂防事業による土砂移動の調節、河川事業等によるダムや河道内の堆積土砂の除去等が行われてきた。こうした事業により湖内への土砂供給が減少したことが一因となり、砂浜侵食（浜欠け）が生じていることから、滋賀県では、浜欠け発生場所への土砂搬入（養浜）等の対策を進めている。

琵琶湖では、在来魚介類の漁獲量減少等、生態系の課題が顕在化しており、改善に向けた対策が求められている。演者らは、沿岸の砂地における生態系改善手法の検討に資するため、2016 年 2 月および 11 月に琵琶湖岸のマイアミ浜（滋賀県野洲市菖蒲）で施工された養浜工事（滋賀県南部土木事務所）に合わせ、2016 年 4 月から同場所において底生動物の生息状況等のモニタリング調査を実施している。本発表では、2018 年 6 月までの調査結果について報告する。

## 2. 材料と方法

2016 年 4 月～2018 年 6 月のおおむね毎月、マイアミ浜水際付近の 3 地点（A 地点：養浜工事 2016 年 2 月・11 月施工；B 地点：2016 年 11 月施工；C 地点：施工なし；各地点水深 B.S.L. 1.0m 以下）で調査を実施した。底生動物は、エクマン・バージ採泥器（開口部 15cm×15cm）で底質を 3 回採集し、目合 250 $\mu$ m のネットでふるった残渣を 10%ホルマリンで固定した後、選別・計数した。底質は、鋤簾で静かにすくい取り、表層 1cm の粒径中央値（レーザー回折散乱法、SALD-3100、島津製作所）、藻類量の指標としてクロロフィル a 濃度（蛍光光度法）等を測定した。また、湖底の断面地形変化を把握するため、各地点の水際から、50m 沖までの水深および陸上に設定した基準点までの距離を測定した。水深は、当日の琵琶湖平均水位（国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所 HP）を参照し、琵琶湖基準水位（B.S.L.）0cm での値に換算した。

## 3. 結果と考察

底生動物の生息密度は、A～C 地点のいずれも、水生貧毛類（ミズミズ類）、センチュウ類、ユスリカ類が優占した。ライフサイクルの短いこれら 3 分類群の生息密度は、A

～C 地点における増減時期がおおむね一致した（図 1a～c）ことから、底質中の藻類量とともに、養浜工事による攪乱より季節要因等の影響が大きいと考えられた。一方、A・B 地点におけるシジミ類の生息密度は、養浜施工後から約 1 年後の 2017 年 10 月まで、C 地点より低く推移した（図 1d）。A・B 地点では養浜施工後に砂浜侵食が進んだこと、特に A 地点で底質の粒径中央値が減少傾向であったことから、波浪や沿岸流等による搬入土砂の侵食や漂砂の堆積等が頻繁に生じた間、ライフサイクルの長いシジミ類の定着が抑制された可能性がある。

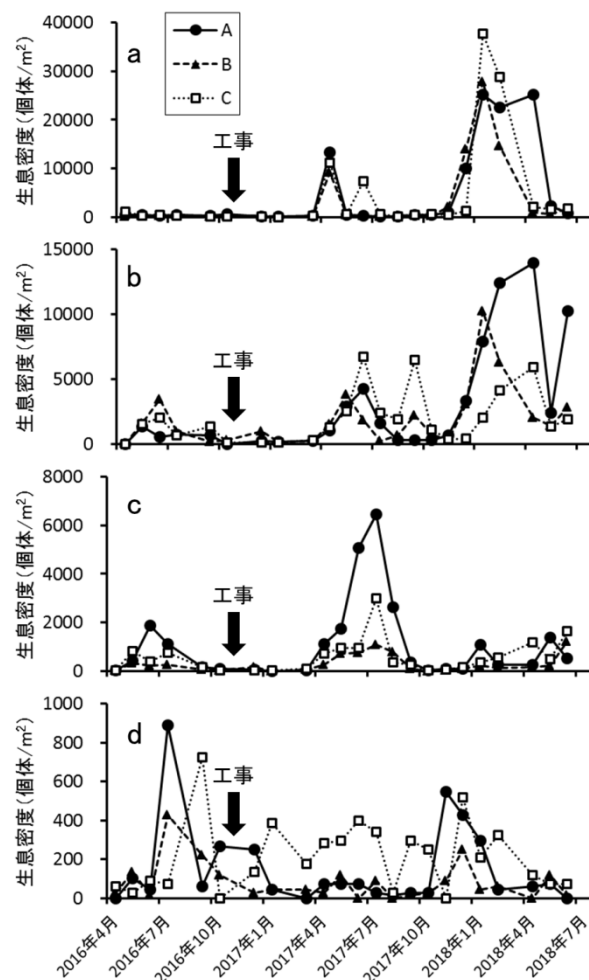


図 1. 琵琶湖岸マイアミ浜 A・B 地点（養浜工事 2016 年 11 月施工）および C 地点（施工なし）における、2016 年 4 月～2018 年 6 月の底生動物生息密度（平均値）。a: ミズミズ類；b: センチュウ類；c: ユスリカ類；d: シジミ類。

\*金 海燕（名城大院総合学術）、  
西澤 智康、郭 勇（茨城大院農学）、西澤 明人（GeneBay）、  
朴 虎東（信州大院環境科学）、加藤 創（東北医科薬科大）、  
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。加水分解酵素 (MlrA、MlrB、MlrC) および MlrD はそれぞれ遺伝子 *mlrA*, *mlrB*, *mlrC*, *mlrD* によってコードされており、クラスターとして存在している。これらの酵素の機能をさらに明らかにするため、PCR クローニング法を用い、*mlrA* と *mlrD* の完全な塩基配列が解読された一方、*mlrB*, *mlrC* の末端部位が完全に解読されていなかった。また、最近の研究から B-9 株は新たな加水分解酵素 MlrE およびアミノ酸トランスポーター（輸送担体）の存在が示唆されている。上述した酵素および新たな加水分解酵素 MlrE およびアミノ酸トランスポーターの遺伝子情報、さらに *mlr* クラスターを完全に解読するため、B-9 ゲノムの全配列の解析を行った。

## 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。フェノール抽出、エタノール沈殿法を行い、DNA を抽出し、PacBio RSII シークエンシングにより全ゲノムの塩基配列が解読された。解読された全ゲノムの配列は DDBJ Fast Annotation and Submission Tool (DFAST)により解析した。

## 3. 結果

B-9 株は一本鎖の全ゲノムであり、4,036,662 bp の塩基配列が解読された (図 1)。B-9 全ゲノムから *mlr* 遺伝子クラスターが見つかり、*mlrCADBEF* の順番に位置しており、塩基配列はそれぞれ 1497 bp, 969 bp, 1212 bp, 1626 bp, 1218 bp, 1491 bp であ

った (図 2)。*mlrA*~*F* までの塩基配列を B-9 株の従来解読した *mlrA*~*D* の塩基配列と比較を以下にまとめた：(1) *mlrA* の配列は 969 bp であり、予想より 39 bp 短い；(2) *mlrB* の配列は元々予想した通り、1626 bp である；(3) *mlrD* の配列は 1212 bp であり、66 bp 短い；(4) *mlrD* の末端と *mlrB* の末端が重複するエリアが存在し、non-coding 部分がない；(5) *mlrC* の配列は 1497 bp であり、予想より 39 bp 短い。

## 4. 考察

遺伝子 *mlrC* と *mlrB* のアミノ酸残基は Microcystin 分解性細菌である *Sphingopyxis* sp. strain C-1 と *Sphingomonas* sp. USTB-05 と高い相同性を見せたが、*mlrA* と *mlrD* のアミノ酸残基は根粒菌の *Rhizobium* sp. TH 株と 100%の相同性を示した。また、MlrE は D-aminoacylase であることが確認された。今後、ゲノムの遺伝子配列により *mlr* の各酵素のリコンビナントタンパク質を調製し、機能解明を行う予定である。

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| Total Length (bp) | 4,036,662 |
| No. of Sequences  | 1         |
| GC Content (%)    | 63.9%     |
| N50               | 4,036,662 |
| Gap Ratio (%)     | 0.0%      |
| No. of CDSs       | 3,810     |
| No. of rRNA       | 3         |
| No. of tRNA       | 49        |
| No. of CRISPRs    | 0         |
| Coding Ratio (%)  | 92.3%     |

図 1 B-9 株の全ゲノムの解読

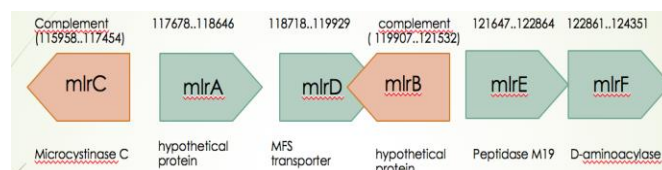


図 2 B-9 株の *mlr* 遺伝子クラスター図

## はじめに

長野県諏訪市の諏訪湖では 1971 年から始められた下水道設備の設置に伴い、流入負荷が減少したことで毎年夏季に多発していたアオコの発生頻度は減少した。しかし、その一方で 2000 年以降、水草のヒシ *Trapa japonica* の繁茂が起きるようになった。したがって、ヒシとアオコの原因となる藍藻の間には光や栄養塩類をめぐる競争関係が存在すると考えられる。さらに、我々によってヒシ抽出液に含まれる Eugeniiin, Ellagic acid, Quercetin といったポリフェノールが藍藻 *M. aeruginosa* に対する成長抑制に寄与することが明らかになっており、ヒシ由来の物質が藍藻を抑制する、アレロパシー現象が起きている可能性がある。しかし、これらアレロケミカルの放出経路は十分に明らかになっていない。植物中のアレロケミカルは、陸上植物の場合、以下の経路で放出されることが知られる。たとえば、葉などからの揮発性物質としての揮散、生葉あるいは植物体残渣や落葉などから雨や霧滴などによつての溶脱、さらには根などからの地下部からの滲出が挙げられる。そこで本研究ではヒシの枯葉に着目し、ヒシ浮葉を湖水中で分解させることでそれに含まれるアレロケミカルがどのような形態で湖水中に放出されるかを調べた。

## 材料と方法

長野県諏訪市諏訪湖の西高木沖で 2018 年 5 月 18 日、ヒシ実生およびその周辺の表層の湖水を採取した。採取したヒシは水道水で洗浄後、蒸留水で表面をゆすいだのち、その浮葉 30 g FW を 50 mL ポリプロピレン製遠沈管 (labcon) 入れた。次に湖水をガラス繊維濾紙 (GF/C) で吸引濾過したのち、その濾液 30 mL を先ほどの遠沈管に入れ、さらにヒシ浮葉を加えた。その遠沈管をアル

ミホイルで遮光したのち、横置きにして 80 rpm で攪拌した。遠沈管からの採水は実験開始後 2 週間後、3 週間後、4 週間後の 3 回に分けて行われ、各回遠心分離 (3500 rpm, 15 min) 後に遠沈管中の湖水の上澄み 10 mL を採水した。なお、対照区として湖水のみ入れた遠沈管を用意し、同様の処理を行った。採取した湖水は凍結乾燥したのちにその残渣を 80% MeOH 1 mL で再懸濁したのちに静置し、その上澄みをコスモスピンフィルター-G (nacalai tesque, 孔径 0.2  $\mu\text{m}$ ) で濾過した。この濾液を液体クロマトグラフ質量分析計 (LC-MS2020; Shimadzu) で分析し、それに含まれるポリフェノールの定性・定量分析を行った。

## 結果

対照区ではアレロケミカルが検出されなかった一方、処理区からは Gallic acid, Ellagic acid, および Quercetin 配糖体が検出された。しかし、その一方で、諏訪湖の 5 月のヒシに高濃度に含まれることが知られる Eugeniiin やその前駆体である 1,2,3,4,6-pentagalloyl glucose はいずれの処理区でも検出されなかった。

## 考察

Eugeniiin のような加水分解型タンニンおよび 1,2,3,4,6-pentagalloyl glucose を含めたガロイルグルコースは加水分解することで Gallic acid や Ellagic acid を放出することが知られる。そして、Eugeniiin よりも藍藻に対する成長阻害効果の大きな Gallic acid が枯葉から放出されることはヒシのアレロパシー作用に大きく寄与すると思われる。さらに、野外で水面に展開したヒシロゼットは外縁の老化した浮葉から日常的に枯死していくことが知られ、これら枯葉から Gallic acid が湖水中へ頻繁に低濃度ながら放出している可能性が本実験から示唆された。

\*古平信濃, 藤本歩玖, 朴虎東 (信州大・理)

## 1. はじめに

*Microcystis* はシアノバクテリアの一種で、夏期に富栄養化した湖沼において大量発生する。また、*Microcystis* によって microcystin が生産される。Microcystin は肝臓毒で動物にとって有害であるため、*Microcystis* を除去方法確立や更なる効率の良さを追求した研究が進められている。

Microcystinの除去方法は多数あるが、その中でも光触媒TiO<sub>2</sub>を用いた方法は比較的安価で、環境に無害なことで注目されている(YaLing *et al.*, 2015)。TiO<sub>2</sub>は、UVを照射することで酸化力の強い活性酸素を放出し、難分解性の有機物を分解することが報告されている。また、今までの研究から、TiO<sub>2</sub>を用いた光触媒分解実験過程でできる分解副産物に毒性はないと報告されている(Andersen *et al.*, 2013, Fotiou *et al.*, 2014)。

本研究では、固相化TiO<sub>2</sub>・粉末TiO<sub>2</sub>を用いた*Microcystis* 細胞及び、毒素microcystinの分解における分解効率の比較及び、固相化TiO<sub>2</sub>の再利用性の検討を目的とする。

## 2. 実験方法

本研究では、microcystin(MC)・anatoxin-a(ANTX-a)・cylindrospermopsin(CYN)を混合した藍藻毒試液を分解対象とした。*Microcystis* 細胞は野外株と培養株の2種類を用いた。また、光触媒として固相化TiO<sub>2</sub>(日本ピラー株式会社)、粉末TiO<sub>2</sub>(日本アエロジル株式会社)を使用した。

細胞分解実験、藍藻毒分解実験は対照区、固相化TiO<sub>2</sub>・粉末TiO<sub>2</sub>をそれぞれに添加した実験区に分けて行った。実験は温度25℃、暗室の下行い、実験中試料はスターラーで攪拌させ、上からUV光(Black Light[東芝 FL20S・BLB])を照射した。経時的に試料を採取し、細胞数・藍藻毒素量の変化を観察した。

細胞数の変化は細胞数の係数、藍藻毒素の変化はHPLC(日本分光)及び、LC-MS(島津)で藍藻毒素量の定量した。

固相化TiO<sub>2</sub>の連続利用性の実験においては、藍藻毒試液に固相化TiO<sub>2</sub>を入れ、上記と同様の条件で実験を開始した。一度使用した固相化TiO<sub>2</sub>は、焼成釜で焼成し、再度使用した。

## 3. 結果と考察

細胞分解実験、藍藻毒素分解実験において、粉末TiO<sub>2</sub>、固相化TiO<sub>2</sub>ともに効果が見られた。しかし、粉末TiO<sub>2</sub>を添加した実験区での分解効率の方が、細胞分解実験(図1)、毒素分解実験ともに最良であった。これは、粉末TiO<sub>2</sub>の方が*Microcystis* 細胞に対する接触面積が大きく、細胞の分解が効率よく進行したと考えられ、細胞分解にはTiO<sub>2</sub>の接触面積が関係していると示唆された。

また、固相化TiO<sub>2</sub>の連続利用性の実験において、3回以上の連続利用性が確認できた。

実用化を考えた際、粉末TiO<sub>2</sub>の直径は非常に小さく(P25: 9nm)、水中からの回収が困難であるのに対し、固相化TiO<sub>2</sub>は回収が容易である。さらに、連続利用が可能であることが確認されていることから、固相化TiO<sub>2</sub>の方がコストを抑えることができ、有用性があると考えられる。

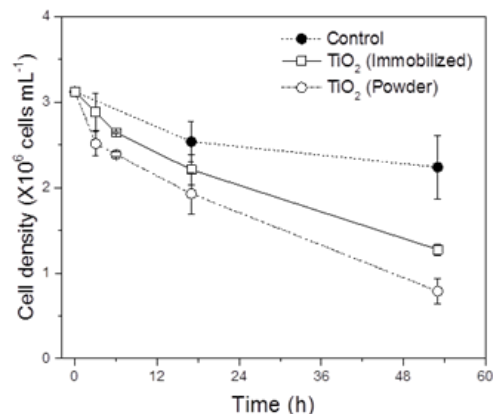


図1 光触媒TiO<sub>2</sub>による細胞数の経時変化

\*北澤太朗（信州大・理），出口博之（信州大・理），  
全逢錫（信州大・理），朴虎東（信州大・理）

## 1. はじめに

富栄養化した湖沼において、アオコは夏期にブルームを起こす。アオコが生産する毒素である microcystin(以下 MC)は物理化学的に安定であるため分解されにくく、最終的に湖底の泥へ堆積すると報告されている。

湖底堆積物に含まれる MC の定量分析は、現在のところ再現性が低く、その方法は確立されていない。先行研究により高速溶媒抽出装置(以下 ASE)や MMPB 法 (MC の一部) を用いて堆積物中の MC の測定がされているが、これらの方法は汎用性に欠けることから、より簡便で一般的な定量方法を確立する必要がある。本研究の目的は、湖底における MC 定性・定量分析の簡便な方法を確立することである。

## 2. 材料と方法

分析に用いた湖底堆積物は、2017 年 11 月 10 日に諏訪湖沿岸にて佐竹式コアサンプラーで採集した。MC 回収実験に用いた有毒アオコは、野外（千鹿頭池）で採取され、MC 含有量を定量した凍結乾燥藻体の粉末を用いた。乾燥重量 1g の泥に 0.2g アオコと水 20ml を添加し、アオコ細胞を破壊するために 15 分間煮沸した。遠心分離(3500rpm×30 分)を 3 回繰り返し、試料を遠心抽出物と沈殿物に分けた。遠心抽出物は HLB（Oasis, Waters）カラムで固相抽出を行い、蒸発濃縮させ、MeOH(100%)で再溶解し、HPLC(高速液体クロマトグラフ, 日本分光)で定性・定量分析を行った。沈殿物は、①熱水（100℃）抽出、②熱酢酸（5%）抽出、またオートクレーブ（121℃、20 分、31.32psi）を用いた、③MeOH:H<sub>2</sub>O(3:1)抽出、④水抽出、⑤5%酢酸で抽出、ソックスレー抽出器を用いた⑥MeOH 抽出を行った。③はオートクレーブ後に MeOH:H<sub>2</sub>O(3:1) 20ml を加えた。⑥はエバポレーターで乾固させた。その後、HDG（Strata, Phenomenex）カラムで固相抽出を行った。沈殿物に⑦90%アセトン、⑧0.1%TFA を含む 5%酢酸 MeOH ⑨0.1M EDTA・0.1M Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>をそれぞれ 20ml 添加し、

超音波処理を 15 分間行い、遠心分離(3500rpm×30 分)を 3 回繰り返した。その後、抽出液を HLB カラムで固相抽出を行い蒸発濃縮させ、MeOH（100%）で再溶解し HPLC で定性・定量分析を行った。

## 3. 結果と考察

①～⑨の抽出方法で MC-LR を 50%以上の回収率を得ることができた(図 1)。

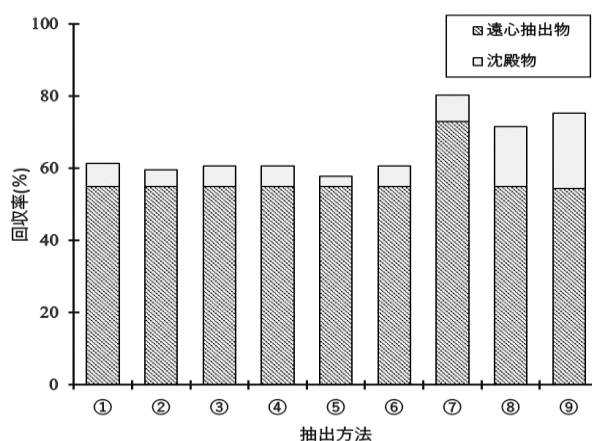


図 1 各抽出方法における湖底泥からの MCLR 回収率

① 熱水、② 熱酢酸、③オートクレーブ MeOH:H<sub>2</sub>O(3:1)、④オートクレーブ水、⑤オートクレーブ 5%酢酸、⑥ソックスレー抽出器 MeOH、⑦超音波 90%アセトン、⑧ 超音波 0.1%TFA を含む 5%酢酸 MeOH、⑨超音波 0.1M EDTA・0.1M Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

以上の抽出方法により ASE や MMPB 法などを用いなくとも、泥から MC を定量できることが明らかとなった。

高い回収率（70%以上）を得られた⑥～⑧において⑥、⑦では有機溶媒なので水で希釈して、SPE カラムに掛ける必要があり時間を要するので多くの試料を分析する際に不向きの方法である。⑧では夾雑物が多く出てしまうなどの欠点がある。以上の抽出方法では⑨が最善の方法である。さらに回収率を上げるために抽出方法を改善していく必要があるが、本研究での分析方法は、今までの研究より簡便に湖沼堆積物から MC を定量することができた。

相子伸之・山本義彦・近藤美麻・小田優花・山口翔吾・内藤馨（(地独) 大阪府立環境農林水産総合研究所）

## 1. はじめに

大阪府北部を流れる淀川水系の安威川では、治水ダムを建設中である。ダム建設は治水において有効な手段であるが、一方でその下流の流況が平滑化することで河床攪乱頻度が減少することなどが懸念されている。河床攪乱の減少は、糸状藻類の異常繁茂を招き、河川生態系の一次生産を担う河床付着藻類の動態を大きく変化させることが知られている。

ダム下流の河床攪乱を誘発するための方策の1つにフラッシュ放流がある。フラッシュ放流は一時的な人工洪水をおこすことで、ダム下流の礫に付着した糸状藻類の強制剥離に効果があるとされているが、その効果的な頻度や規模は、それぞれのダム下流の多くの情報に基づき検討する必要がある。そこで本研究では、フラッシュ放流実施のための基礎データを得ることを目的として、ダム建設地の下流において、ダム完成前の現状で優占する糸状藻類の季節変化を調査した。

## 2. 材料と方法

調査は、2017年6月1日から7月20日までの期間、および2018年5月31日から8月9日までは週1回程度、2017年8月以降は月1回程度の頻度で実施した。調査地点は、ダム本体の下流において、上流からダム直下、桑原橋付近、長ヶ橋付近、



図. 調査地点

是推橋付近、および名神高速下流の5地点(図)とし、2017年はこの5地点すべてで、2018年はダム直下、桑原橋付近、および是推橋付近の3点で糸状藻類を採取した。

調査地点では、①流心の礫、②たまりの礫、③抽水植物等の植物帯、および④コンクリートなどの人工構造物に付着した藻類を採取した。糸状藻類は冷蔵

して持ち帰り、速やかに実験室に持ち帰って光学顕微鏡下で同定した。

## 3. 結果と考察

調査期間中に確認された糸状藻類は、*Cladophora* 属、*Mougeotia* 属、*Spirogyra* 属、*Oedogonium* 属、*Hydrodictyon* 属、*Zygnema* 属、*Coloniphora* 属、*Melosira* 属および *Hydrosera* 属であり、特に *Cladophora* 属、*Mougeotia* 属、*Oedogonium* 属、あるいは *Melosira* 属が多く場所で優占した。

分類群ごとにみると、*Cladophora* 属は5地点の採取場所のほとんどで調査期間中確認され続けた。このことから、*Cladophora* 属は強固に基盤に付着し、調査期間中の豪雨による増水では剥離するが、多少の降雨では流水のせん断力で剥離されずに生残することが考えられた。また、*Oedogonium* 属、*Melosira* 属、および *Hydrosera* 属も、地点・採取場所を個別にみると消長があるものの、比較的普遍的に確認された。一方で、*Mougeotia* 属、あるいは *Coloniphora* 属は特徴的な消長が見られた。*Mougeotia* 属は、調査地点の下流に当たる是推橋付近と名神高速下流で、2017年6月に優占し、名神高速下流では川一面を覆うほど繁茂したが、7月中旬にはどの地点でも確認できなかった。2018年には是推橋付近で夏場に5月と6月に植物帯に付着しているのを確認したが、6月中旬以降を確認できなかった。また、*Coloniphora* 属は2017年には7月、9月、および11月にいくつかの地点で優占し、2018年は7月中旬にほとんどの地点で優占した。*Coloniphora* 属の優占する1~2週間前に豪雨があり、それまでに優占した種が剪断されて、空いたニッチに *Coloniphora* 属が増殖したと考えられた。今後、今回の調査結果に加えてそれぞれの糸状藻類が剥離する流速の閾値等のデータを蓄積し、ダム建設前の河川環境を維持するためのフラッシュ放流の流量・流速を提案していく。

謝辞 本研究は大阪府の委託による安威川ダム魚類等調査業務の一環として実施したものです。

\*永田貴丸, 廣瀬佳則<sup>1)</sup>, 岡本高弘, 早川和秀

(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

(1 現 滋賀県琵琶湖環境部)

## 1. はじめに

琵琶湖では、水質保全対策の進展によって、富栄養から中栄養へと栄養状態が変化した。その栄養状態の変化に伴い、植物プランクトンの現存量は経年的にみると減少傾向にある。植物プランクトンの減少は、その消費者であるミジンコ等の植食性の動物プランクトンに影響し、彼らの現存量を減少させると予想された。しかし、動物プランクトンの個体群動態には、現在でも著しい減少傾向はみられない。

植物プランクトンが減ったにも拘わらず、動物プランクトンが個体群を維持できる理由としては、彼らが植物プランクトン以外の餌、例えば微生物（細菌、原生動物等）を餌に利用し始め、効率的に個体群増殖を行っている可能性が考えられる。実際、ミジンコ等は、細菌や原生動物を摂食・捕食すると知られる。本研究では、琵琶湖の動物プランクトンに対する微生物群の餌としての影響を評価するため、微生物群を餌に用いて、ミジンコの成長や再生産を調べた。また、餌に供した微生物群と同じ炭素量の緑藻のクロレラでも同様の実験を行い、両処理系で結果を比較した。

## 2. 材料と方法

餌に供する微生物群を用意するため、40 $\mu$ m メッシュネットでもミジンコ等を除去した琵琶湖の湖水 20L に、グルコース、ペプトン、酵母エキスを加えて微生物群を増殖させた。微生物群の培養条件は、24h 暗期、20  $\pm$  2 $^{\circ}$ C とした。約 2 週間の培養後、暗所での静置培養のため、湖水中の藻類の多くが培養容器の底に沈殿した。そこで、微生物群のみを採取するため、培養容器の水面から 10L を緩やかに別の培養容器に移し替え、その湖水に 13C グルコース (13C atom% = 25.0)、ペプトン、酵母エキスを加え、再び微生物群を暗所で 1 週間増殖させるとともに 13C でラベルした。増殖した微生物群の組成は、アメーバ、繊毛虫、襟鞭毛虫等であり、限りなく藻類を除去できたものと考えられた。

ミジンコの成長や再生産に対する微生物群の餌としての影響を評価するため、微生物群を含む培養容器内の湖水を 1L ビーカーに入れ、そこに生後 24h 以内齢のプリカリア (*Daphnia pulicaria*) を 4 個体加えた (処理名を M-*Daphnia* とする)。一方、緑藻のクロレラを微生物群と同じ炭素量になるように 1L ビーカーに入れ、そこに 24h 以内齢のプリカリアを加えた (処理名を C-*Daphnia* とする)。すべてのビーカーは暗所 (20  $\pm$  2 $^{\circ}$ C) で静置し、その中でプリ

カリアを 8 日間培養した。

8 日間の培養後、プリカリアの体長を測定し、体長 (mm) を既存の関係式から炭素量 ( $\mu$ g C) に換算した。プリカリアの成長による炭素増加量を培養前後の炭素量の差から求め、M-*Daphnia* と C-*Daphnia* の処理系で比較した。再生産 (産仔) による炭素増加量も求め、2 つの処理系で比較した。また、プリカリアと微生物群の炭素安定同位体比と炭素量から、プリカリアによる微生物群のとり込み速度 ( $\mu$ g C day<sup>-1</sup>) を算出した。

## 3. 結果および考察

プリカリアによる微生物群の取り込み速度 (同化速度) を求めた結果、プリカリアは微生物群の炭素を 1.39  $\pm$  0.14  $\mu$ g C day<sup>-1</sup> の速度で取り込んでいた。これにより、琵琶湖のミジンコ類のプリカリアは、微生物群を餌に利用していると考えられた。一方、餌が微生物群の場合、プリカリアの成長による炭素増加量は、クロレラを餌にした場合の約 50% となった (図 1)。また、再生産による炭素増加量も、餌が微生物群の場合ではクロレラの約 30% となった。これらの結果から、餌の大部分を微生物群が占める場合には、緑藻等の藻類が多い場合に比べてミジンコ等の動物プランクトンの生産性が低下する可能性が示された。今後は、現場の微生物群、藻類、動物プランクトンを用いて評価することが課題と考える。

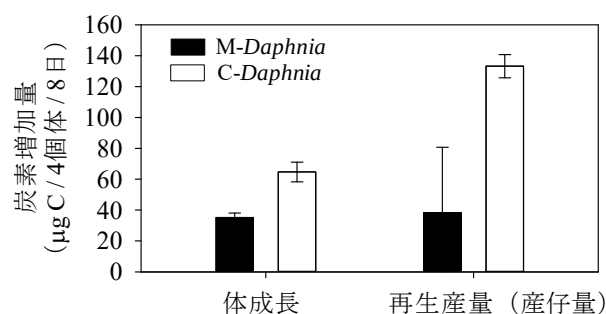


図 1 プリカリアの体成長と再生産での炭素増加量。M-*Daphnia* は微生物群の餌, C-*Daphnia* はクロレラの餌。平均  $\pm$  SD。

謝辞 本研究は、環境省の環境研究総合推進費 (5-1607) により実施された。

\*中野夏海、角谷正朝、川島牧、裏山悟司、永渕昭良、小林千余子  
(奈良県立医科大学・医・生物)

## 1. はじめに

マミズクラゲ(*Craspedocsta sowerbyi* Lankester, 1880, ヒドロ虫綱、淡水クラゲ目、ハナガサクラゲ科)は、刺胞動物では珍しい淡水に棲息する種である(図)。分布域は広く、毎年国内外でその出現が話題になり、地方紙への掲載、水族館での展示など地域をにぎわせている。本種は、雌雄異体で有性生殖をすることがわかっているが、1つの池で1つの性別しか観察されないことが多く、性決定機構や生物伝播に関する謎がある。一方で、その固着世代であるポリプの入手や、遊泳世代であるメデューサの飼育が困難であり、その生態は詳しく調べられてこなかった。マミズクラゲは無性生殖として、ポリプからフラストレ芽(プラヌラ様芽体)、ポリプ芽の2種類の芽体形成を行う。また、有性生殖としてはポリプからクラゲ芽を形成し放出する。今回、2011年にマミズクラゲポリプを入手してから現在までの飼育観察でほぼ明らかとなったマミズクラゲの全生活環および変態過程について報告する。

## 2. 材料と方法

2011年5月に須磨大池(兵庫県神戸市須磨区)において、マミズクラゲポリプの採集を行った。そこで1個体のポリプを飼育し、芽体形成過程の観察を行った。実験室内でのポリプの飼育から、クラゲ芽形成と温度の関係を調べた。続いて、成熟したクラゲの雌雄が異なる池でポリプを採集、飼育し、ポリプから放出された稚クラゲの飼育と性成熟誘導を試みた。初期発生の様子を観察する為、野外の異なる池から成熟したオスクラゲ、メスクラゲを採集し受精させ、卵割の様子を撮影し経時的に観察を行った。

## 3. 結果

採集したポリプにおいて、3種類全ての芽体形成が観察された。フラストレ芽から放出されたフラストレはシャーレの底を這いまわり、適当な場所で固着し、ポリプへと変態した。ポリプ芽はポリプから離れることなく口を形成し、結果として群体ポリプを形成した。実験室での飼育過程で、クラゲ芽は最

低室温が26℃以上になると形成され始めることがわかった。また、高温での飼育を維持することで、持続的に稚クラゲを入手することが可能になった。得られた稚クラゲにはワムシを与えることで、実験室内での性成熟誘導が可能となった。その結果、メスクラゲが棲息する池で採集したポリプ個体から放出された稚クラゲでは卵巣が発達し、オスクラゲが棲息する池で採集したポリプ個体から放出された稚クラゲでは精巣が発達した。

人工受精実験では、卵は卵巣から離れると、極体放出を始め、受精後、卵膜は形成されなかった。第1卵割後は約30分ごとに分裂を繰り返し、約12時間でプラヌラ幼生となった。プラヌラ幼生からポリプへの変態では、他の刺胞動物と異なり、プラヌラ幼生の固着後に脱繊毛、そしてフラストレ化を経て移動し、ポリプになるという現象が観察された。

## 4. 考察および今後の課題

実験室という同じ条件下にも関わらず、異なる池から採集したポリプから誘導した稚クラゲの性別が異なる結果となったことから、マミズクラゲはポリプ世代から雌雄が分かれていることが推察された。

今後は、マミズクラゲが棲息する様々な池で採集を行い、分子系統解析から、日本国内のマミズクラゲの遺伝的多様性を明らかにすることで、マミズクラゲの生物伝播について調べていきたい。

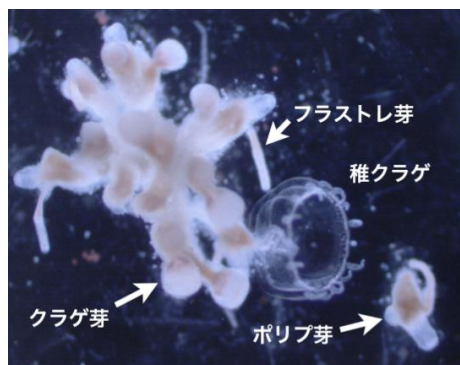


図 マミズクラゲポリプの3種の芽体形成

## 湖沼形成期からの富栄養化過程とそれに伴う

## 枝角類群集の長期変動：年縞堆積物と生物遺骸を用いた検証

\*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）、  
八木明彦（愛知工大・工）、吉田丈人（東大・総合文化、地球研）

## 1. はじめに

湖沼環境における主要な変動の一つに富栄養化が挙げられる。これは本来、Lake aging という自然過程で、湖沼は形成期から降雨や土砂の流入により徐々に富栄養状態となる。1950 年頃から世界規模で活発化した人間活動はこれを急速に進行させてきた。これは人為的富栄養化として環境問題となっており、これに対する生態系の応答は解明されてきた。一方、Lake aging の進行過程やこれによる生態系への影響は研究知見が不足している。これは、湖沼形成期からの観察を行う困難さに起因する。本研究では、湖沼形成期からの堆積物とその内に残存する生物の遺骸を用い、富栄養化過程と生物群集の変動を再現した。特に、キーストーン生物で環境変動感受性の高い枝角類に着目した。これにより、人間活動が活発化する以前の富栄養化の進行過程、及びこれが生態系に与える影響の解明を試みた。加えて、その他に枝角類群集に影響を与えた要因を検討した。

昨年度の報告後、堆積物サンプルを追加した他、MAR (multivariate autoregressive) モデルによる解析を実施し、各種要因の変動と枝角類群集動態の関係をより詳細に推定した。加えて、透明度との関係を解析した。これらにより、これまでの仮説を支持する結果を得られたため今回改めて報告する。

## 2. 材料と方法

深見池（長野県、1662 年成立）において堆積物コアサンプルを 5 本採集し、これらを一定間隔で切断した。各層において、枝角類・ユスリカ幼虫・無脊椎捕食者フサカ幼虫の遺骸を計数し、年あたりの堆積量（フラックス：個体数/cm<sup>2</sup>/年）を個体数の指標とした。体サイズ・魚類捕食圧の指標として、大型枝角類 *Daphnia* が残す尾爪遺骸の長さを計測した。富栄養化過程を推定するため、各層で栄養塩である全リン濃度、植物プランクトンが共通して持つ光合成色素のクロロフィル a とその分解産物であるフェオフィチン a の濃度を測定し、フラックス (μg/cm<sup>2</sup>/年) を算出した。MAR モデルを用い、枝角類群集

の変動に対する全リン・植物プランクトン・フサカ幼虫による影響を推定した。また、一般化加法モデル (GAM) により、深見池で報告された 2000 年初頭の透明度の上昇と大型 *Daphnia* の関係を解析した。

## 3. 結果と考察

深見池において、2 回の急速な富栄養化が発生した。世界的に人間活動の活発化に伴う富栄養化が生じた 1950 年代からに加え、1850 年からも大雨による影響と考えられる一時的な富栄養化が見られた。枝角類群集について、湖沼形成初期には底生性種の遺骸のみが検出されたが、1 回目の富栄養化時に小型浮遊性の *Bosmina* の遺骸が多く検出され始めた。MAR モデルにより、全リンと光合成色素による *Bosmina* への正の効果が示された。以上より、1 回目の富栄養化により浮遊性種優占群集への置き換わりが生じたと示唆された。これは、先行研究で解明された人為的富栄養化への応答と同様である。

一方で、2000 年代に定着が示唆された種に対しては全リンと光合成色素の両方が影響を示さず、これ以降の変動は富栄養化のみでは説明できないと示唆された。この要因として捕食者の変動が考えられた。フサカ幼虫の遺骸と大型 *Daphnia* の尾爪長から、プランクトン食魚が 2000 年代に減少し、近年増加したと示唆された。MAR モデルはフサカ幼虫から大型 *Daphnia* に対する正の効果を示した。以上より、プランクトン食魚の減少が大型 *Daphnia* の定着を可能にした一方、プランクトン食魚の増加が枝角類群集の小型化を引き起こした可能性が示された。深見池における魚類放流の記録はこれを支持している。また、GAM による解析から、2000 年初頭の透明度の上昇に対する大型 *Daphnia pulex* グループの定着と増加の寄与が示唆された。

以上より、昨年度の分析で可能性を提示した、人間活動が活発化する以前の富栄養化も人為的富栄養化と同様の変動を引き起こしたこと、及び、富栄養化に加えプランクトン食魚の変動も枝角類群集に影響を及ぼしたことが、より強く支持された。

# 季節的な溶存酸素供給の変動に対する 微生物有機物分解速度の応答

P-29

\*岡 英里奈（奈良女大・理），瀬戸 蘭美（奈良女大・理）

## 1. はじめに

水圏の有機物分解過程には多くの微生活動が関与し、表層から供給される酸素量は有機物分解速度を支配する微生物群を決定する上で重要な要因となりうる。夏季に水温成層が形成される湖沼では、深部への酸素供給量が低下し、湖底で無酸素状態が発達しやすい。一方で冬季には全層循環が生じ、酸素供給量が増加する。このように季節性の酸素供給量の変動は、酸素供給量が一定である場合と比較し、有機物分解を担う微生物組成や有機物分解速度に対して重要な影響をもたらす可能性がある。そこで本研究では、Canavan et al.(2006)らの開発した初期続成作用モデルに 6 群の微生物(好気呼吸菌、脱窒細菌、マンガン還元菌、鉄還元菌、硫酸還元菌、メタン生成菌)の個体群動態を考慮したモデルを構築し、溶存酸素供給量の変動に対する微生物組成の応答ならびに有機物分解速度の応答について数値シミュレーションを行った。

## 2. 方法

湖沼への酸素供給速度が一定の場合と季節振動する場合を想定し、合計 29 変数からなる連立微分方程式モデルの数値シミュレーションを行い、定常状態における 1 年間の平均微生物組成と平均有機物分解速度を調べた。湖沼を均一な空間であると仮定し、湖沼への物質の流入は一定の速度で与え、溶存状態の化学種のみ系から流出するとした。湖沼有機物分解過程における主要化学種の動態は、Canavan et al.(2006)のモデルを基盤とし、微生物分解・その他の酸化還元反応・吸着反応など 21 の反応の速度論で記述した。微生物は易分解性有機物(OM1)を還元剤とする酸化還元反応よりエネルギーを得ることで増殖するものとし、各バイオマス  $B_i$  ( $\text{g L}^{-1}$ )の増殖速度は単位時間あたりに個体群が得る自由エネルギーに比例するものとした(Seto, 2014)。各微生物群による単位バイオマス当たりの易分解性有機物の分解速度  $r_i$  と有機物濃度の時間変化の関係を次式で与えた：

$$\frac{d[\text{OM1}]}{dt} = I_{\text{OM1}} - \sum_{i=1}^6 r_i B_i - d[\text{OM1}]$$

右辺の第一項は有機物の流入速度を、第二項は各微生物群による有機物分解速度、第三項は有機物の流出速度を表す。

## 3. 結果と考察

酸素供給速度が 1 年間を通じて一定の場合と季節振動する場合を比較した結果、年間平均酸素供給量が同じであっても、微生物組成や有機物分解速度に大きな変化をもたらすことがわかった(図 1,2)。平均酸素供給速度が  $10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \text{ d}^{-1}$  である時、酸素供給速度が年間を通じて一定の場合には好気呼吸菌と脱窒細菌が有機物分解を支配した。一方で酸素供給速度が季節変動する時は有機物分解に対する硫酸還元菌の寄与率が増大し、脱窒細菌の寄与率が著しく低下した(図 2)。これは、周期的に嫌気条件が発達した際に  $\text{NO}_3^-$  の生成が抑制される一方でマンガン酸化物と鉄酸化物による  $\text{H}_2\text{S}$  の酸化が進行し、その結果として  $\text{SO}_4^{2-}$  が生成することで、硫酸還元菌が脱窒細菌の増殖を卓越しやすくなるためである。また、嫌気性細菌の優占により平均有機物分解速度は減少した。この結果は、湖沼における溶存酸素供給の振動が硫化物の循環を促進することで微生物相を変化させ、有機物分解速度を低下する可能性を示唆する。

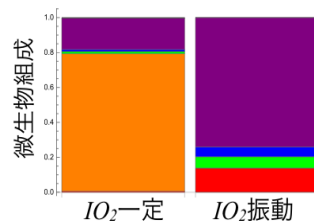


図 1: それぞれの溶存酸素供給条件での、定常状態時の平均微生物組成(赤：好気呼吸菌、橙：脱窒細菌、緑：マンガン還元菌、青：鉄還元菌、紫：硫酸還元菌、黒：メタン生成菌)。

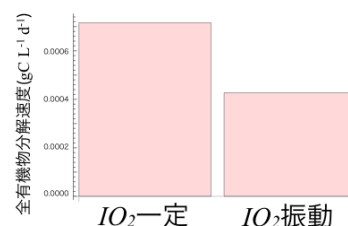


図 2: それぞれの溶存酸素供給条件での、定常状態時の 6 群の平均有機物分解速度の合計。

\*Hye-Ji Oh, Mei-Yan Jin, Jong-Min Oh, Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee Univ.),  
Gui-Sook Nam (Rural Research Institute, Korean Rural Community Corporation),  
Kwang-Seok Jeong (Dongju Univ.)

## 1. Introduction

Rotifers are ubiquitous and often dominate zooplankton community in various water bodies particularly in both eutrophicated lentic and lotic environments. Since rotifers are located at intermediate position in the grazing food chain and microbial food web, they have been intensively studied regarding the matter cycling in aquatic food web. Although previous studies dealt with the relationships between rotifer communities and water quality variables, the regulating factors for their temporal and spatial distribution are still insufficiently understood. Because rotifers are depending on microbial food sources such as heterotrophic flagellates (HNF), ciliates, bacteria, and etc. as well as phytoplankton, there is limitation to estimate the impacts of water quality including Chl.*a* concentration as main factors determining their distributions. Both quantity of food condition based on total organic carbon (TOC) and quality of direct and indirect food sources based on dissolved organic matter (DOM) can probably provide information for unexplained relationships.

## 2. Material and Methods

We classified agricultural reservoirs into three different groups (Agricultural, Preserved and Recreation types) based on their catchment area characteristics, purposes of water usages and TOC concentration. Data for the classification was obtained from Korean Rural Community Corporation. Two representative reservoirs were selected from each type, and monthly survey was carried out from April 2018. Rotifer and other zooplankton samples were collected with VanDorn sampler from surface to the bottom with 3 m interval. Basic water quality parameters were measured using YSI Pro Plus. Surface water was collected for the analysis of phytoplankton community and measurements of TOC as well as concentrations of nutrients and Chl.*a*. To estimate qualitative condition of food sources for

microbial food web, characteristics of dissolved organic matter (DOM) was measured on three-dimensional fluorescence excitation-emission matrices (EEM) using a Hitachi Fluorescence Spectrophotometer (F-7000) equipped with the fluorescence solutions 2.1 software for data processing.

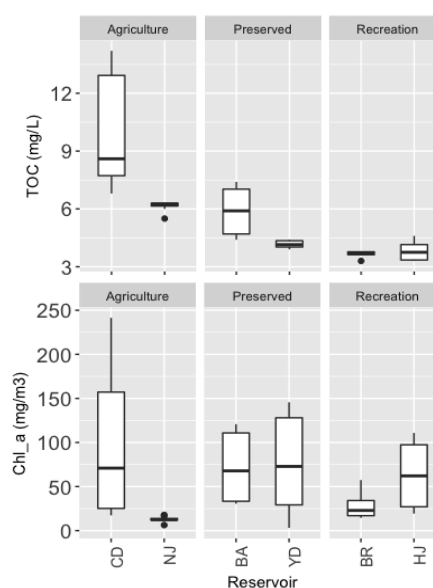


Figure 1. TOC and Chlorophyll a concentration of reservoirs classified according to TOC average (showing apparent difference in TOC, but wide ranges of Chl.*a* in most reservoirs)

## 3. Results and Discussion

In the present study, we traced seasonal succession patterns of rotifer communities in reservoirs having different environments to estimate the role of their interactions in structuring zooplankton community. We considered successions of species-based pattern and that of functional feeding groups classified based on rotifers trophi having different shapes and structure, representing food selectivities. Based on their particular relationships among rotifer community, water quality and food environments, we will estimate species-specific response of rotifer species and overall role of each rotifer species in the energy flow in microbial food web and interactions with environments.

\*木持謙、渡邊圭司、王効挙、田中仁志（埼玉県・環科国セ）

袁進、李超、恵曉梅（山西省・生環研セ） 山田一裕（東北工業大）

## 1. はじめに

河川環境と生息生物には密接な関係があり、その環境に適する生物が生態系構成種となり、特に適する種が優占化する。従って、生物保全のためには、対象種の生息に適した環境を保全・整備する必要がある。本研究では、中国・山西省における河川環境や水生生物の保全を視野に入れ、山西省生態環境研究センターと共同で、同省を流れる複数の河川・地点で、環境・水質・生物調査を行うとともに、日本のケースとの比較検討を行った。

## 2. 材料と方法

## 2.1 山西省の地理・気候

山西省は中国・華北地方の黄土高原上に位置する。面積は約 156,000km<sup>2</sup> で、これは日本の面積の約 40%に相当する。省都・太原市は標高約 800m に位置し、ステップ気候に属する。年間平均気温は約 11℃、夏期には 30℃前後、冬期には-10℃程度となり、年間降水量は約 440mm である<sup>1)</sup>。

## 2.2 山西省の河川の概況

山西省は黄土高原上に位置するため、標高の低い地域や山東省等の臨海地域に比較すると水辺は少ないものの、北部では海河水系の滹沱河や桑干河等が東方向に、中部から南部は黄河水系の汾河や沁河が南方向に流れている。黄河（全長約 5,400km）は、長江に次ぐ中国第 2 の河川であるとともに、世界でも第 6 位の長さを有する。黄河は、山西省を迂回するように西側を南下した後、南端付近を東に流れる。そして黄河全長のうち、河口から概ね 1/4～1/2 の部分、すなわち中～下流域が山西省とほぼ接している。本研究では、これらの河川を中心に調査を実施した。

## 2.3 調査方法

河川調査は流況、環境因子（河床状況等）、水質について実施した。水質調査にはパックテスト（株）共立理化学研究所）を用いた。生物調査には、すくい網を中心に、場合により投網等を用いた。

## 3. 結果および考察

## 3.1 河川環境と水質の概況

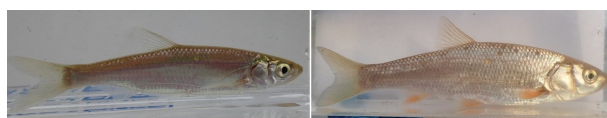
多くの山西省河川の外観や流況は、日本では上・中流域に類似し、瀬や淵等の多様性に富んでいた。一方で、流速に関係なく、河床は堅く締まった砂泥や粘土質で石や礫がほとんど見当たらない環境が多かった。日本では水田地域の素掘りの水路にイメージに近い。また、黄土高原の土壌が含有されるため、河川水も濃度の差はあれ黄茶色に濁っている地点が多かった。

水質については、場所によっては流域の都市からの汚水等の流入も見られたが、pH は中性付近、COD は 3～7mg/L、NH<sub>4</sub>-N は 0.5mg/L 以下、NO<sub>3</sub>-N は 0.8～4mg/L 程度の場所が多く、日本では概ね

北海道を除く河川の中～下流域が想定された。

## 3.2 採捕生物の特徴

日本と中国で共通の、あるいは中国でのみ見られるもの等の多様な生物種、特に砂泥底を好む種が多く観察された。魚類は、コイ科、ドジョウ科、ナマズ科、ハゼ科について、20 種類近くが観察された。最優占種はツチフキでありほぼ全ての調査地点で、次いでモツゴがよく観察された。中国ではワタカの仲間が多く、*Hemiculter leucisculus*（中国名及び日本名：白条魚、カワイワシ、図 1）がよく見られた。また、*Leuciscus waleckii*（瓦氏雅羅魚、アムールイデ、図 2）も比較的よく見られ、本種の生態は日本ではウグイに近いのではと思われた。特徴的な魚種としては、黄河水系固有種の *Gobio huanghensis*（黄河鮡、コウガカマツカ、図 3）や、*Triplophysa* 属魚類（高原泥鰍類、コウゲンドジョウ類、図 4）が見られた。特に、*Triplophysa* 属魚類については、体表の模様等を中心に地域変異に富むことが示唆された。また、砂泥底の環境が多いことから、二枚貝（ドブガイ、シジミ類）が多くのある場所で見られ、前者を産卵母貝とするタイリクバラタナゴも、そうした場所ではよく観察された。流れの緩い、特に水生植物の繁茂した環境では、多様な甲殻類（ヌマエビ類、テナガエビ類）や水生昆虫（ヤゴ類やタイコウチ等）が見られた。このような環境では同時に、食物連鎖の頂点に位置し、豊かな生物相の指標となるナマズも観察されるケースが多かった。なお、日本では外来生物として問題視されている、オオクチバスやアメリカナマズ、アメリカザリガニ等については、全ての地点で確認されることはなかった。

図 1 *H. leucisculus*図 2 *L. waleckii*図 3 *G. huanghensis*図 4 *Triplophysa* sp.

## 4. まとめ

山西省の河川環境は黄土高原の影響を受けており、砂泥底を好む種を中心に、固有種を含む多様な生物が観察された。

## 謝 辞

本研究は、JSPS 科研費（基盤研究 B 海外学術調査、課題番号 JP15H05126）の助成を受けたものです。

## 参考文献・情報

- 1) 気象庁：世界の天候データツール (ClimatView 月統計値) から

\*田中仁志、木持謙、渡邊圭司、王効挙（埼玉県・環科国セ）

袁進、李超、喬曉榮、恵曉梅、齊朔風（山西省生環研中心）、山田一裕（東北工大）

### 1. はじめに

中国山西省は黄土高原に位置し、降水量が少なく、河川汚濁が問題となっており、水質保全対策が求められている。現在、水環境の持続的保全に寄与するために、水生生物による水質調査の環境学習への適用を目指し、山西省内の河川において、水質指標生物の選定に向けた水生生物および水質の調査<sup>1-3)</sup>およびそれらの情報を活用した環境学習プログラム開発<sup>4)</sup>を実施している。山西省の面積は広大で、調査地点までの移動に長時間を要することから、宿泊を伴う調査も多く、現地に対応可能な方法で水質分析を行っている<sup>2)</sup>。しかしながら、DO(溶存酸素量)はDO計による現場測定を行っているものの、水の汚れの重要な指標の一つであるBOD(生物学的酸素要求量)は、暗所20℃で5日間の培養を必要とすることから、測定が難しい項目であった。本研究では、山西省の河川水質におけるBODを把握するため、簡便な方法でBOD測定を試みたので報告する。

### 2. 方法

#### 2. 1 調査河川

調査は、2018年5月、黄河第2の支流である、山西省を縦断して流下する汾河において、山西省生態環境研センター(以下、生態センター)と合同で行った。調査地点は、太原市市街域より上流の3地点を選定し(図1)、周辺には大規模な集落はない(図2)。

#### 2. 2 調査方法

簡易BOD測定(簡易法)は、BODセット(河川用)(株式会社共立理化学研究所)<sup>5)</sup>を用いて、生態センター職員が行った。あらかじめ生態センター職員に対する簡易法による測定研修を行った。水質分析かつ簡易法による測定を初めて行う職員3名が水道水のDOを1回ずつ測定した。その結果、シート型標準値により、DOを6.0、6.5、6.0mg/Lと判定し、判断値の個人差は比較的小さいことが確認できた。汾河の検体は、採水当日中に実験室へ持ち帰り、BOD測定を開始した。簡易法のみ、1検体3連の平均値を求めた。5日間の遮光培養は、室温下で行った。また、同一の検体をクロスチェックの目的で、太原市内の分析会社にBOD分析を依頼した。

### 3. 結果および考察

BOD値は、分析会社が1.5~1.9mg/L、簡易法が0.8~1.2mg/Lとなり、簡易法は分析会社の値より0.5~0.6倍低い結果となった(表1)。この原因の一つには、今回の検体の酸素消費量が小さく、シート型標準値によるDO値の読み取りに誤差が生じた可能性が考えられた。さらなる検討が必要であるものの、十分なBOD分析環境が整っていない際には、簡易法は概ねBOD値を測定でき、有用と考えられた。

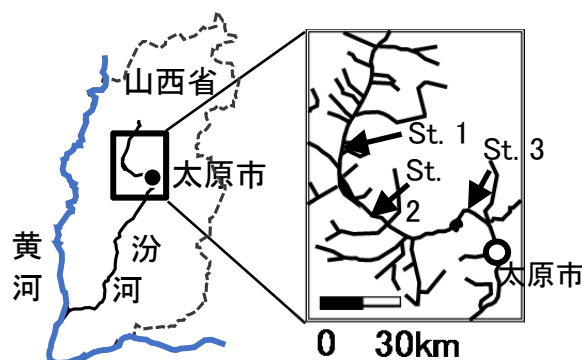


図1. 中国山西省の汾河流路と調査地点位置図



図2. 汾河における日中合同調査地点風景(St. 3)

表1. 分析会社と簡易法によるBOD測定結果の比較

| 調査地点 | 分析会社 | 簡易法 |
|------|------|-----|
| St.1 | 1.6  | 0.8 |
| St.2 | 1.5  | 1.2 |
| St.3 | 1.9  | 1.2 |

単位: mg/L

謝辞 本研究は、本研究は JSPS 科研費 JP15H05126 の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- 1) 田中ら(2015)環境教育教材の作成を目的とした中国山西省沁河における水質調査、第80回日本陸水学会大会講演要旨集、166。
- 2) 渡邊ら(2015)環境教育教材の作成を目的とした中国山西省沁河における水質調査、第80回日本陸水学会大会講演要旨集、166。
- 3) 木持ら(2017)魚類を通して見る中国における環境教育の可能性、日本水環境学会年会第51回大会講演集、195。
- 4) 田中ら(2018)中国山西省太原市内の小学校における持続的水環境保全を目的とした環境学習の実践、日本水環境学会年会第52回大会講演集、232。
- 5) 株式会社共立理化学研究所 HP (<https://kyoritsu-lab.co.jp/seihin/list/bod/bod-k.html>、2018/7/8 確認)

Adelia Anju Asmara, 小川竜平、加藤幹也（静岡大院・総合科学技術）、  
米倉佑、\*戸田三津夫（静岡大・工）

## 1. はじめに

高度成長期には日本全国の河川、湖沼、閉鎖性海域がひどく汚濁した。多くの場合、処理できないほどの量と異質な有機化合物の流入により水質汚濁問題が発生した。人口密集地での水質汚濁は、近世の欧州でも発生しており、特にパリでは2014年のオリンピック開催にむけて改善の努力が続く。一方、当時の世界最大の都市「江戸」では、資源循環により深刻な水質汚濁がなかったといわれる。

有機汚濁の問題点は、その惨状（見た目の悪い景観：汚物、死骸など）、臭気、棲息生物に与える影響、産業に与える影響、その対処のための手間や費用などであるが、生態系の中の化学反応に注目すれば、バクテリアなどによる有機物分解過程で酸欠状態となり硫化水素が発生し「死の川」となる。そのような理由から、水域の有機汚濁指標は重視されてきた。

代表的な有機汚濁指標には、COD, BOD, TOC, DO, ORP, VCC などがあるが、いずれも汚濁の総量を把握することを志向していて、質を評価することのできる指標はほとんどない。我々は、周知の事実として、COD-Mn と COD-Cr の有機物酸化率が大きく違うことを実験で確認した際、BOD と COD の違いについても考えをめぐらし、ウインクラー法などの化学的方法を使わず DO 法で BOD を測定すれば、同じにて BOD 測定後の COD を測定することに気が付き、種々検討したところ、興味深い結果を得たので報告する。

## 2. 材料と方法

COD については、Mn 法と Cr 法の測定値の差からも有機物ごとの違いが見出されたが、今回は有機物量をよりよく把握することのできる COD-Cr について主に検討した。実験には、試薬として市販されている各種有機物を COD 約 50 ppm 相当の水溶液を作成し、(1) COD-Cr [COD ini とした]、(2) BOD-5 (DO メーター法)、(3) BOD-5 測定後のサンプルの COD-Cr (単に COD とした) を、それぞれ測定した。BOD 測定では、静岡県佐鳴湖の湖水を接種した。

## 3. 結果

トルエン、ベンゼン、アセトン、ジエチルエーテル、酢酸エチル、プロピオン酸、酢酸、カテコール、フェノール、1-ブタノール、2-プロパノール、エタノール、フェニルアラニン、グリシン、グルコースについての結果を、完全に酸化分解した際の酸素消費量に対する割合として、図 1-1 および 1-2 に示す。

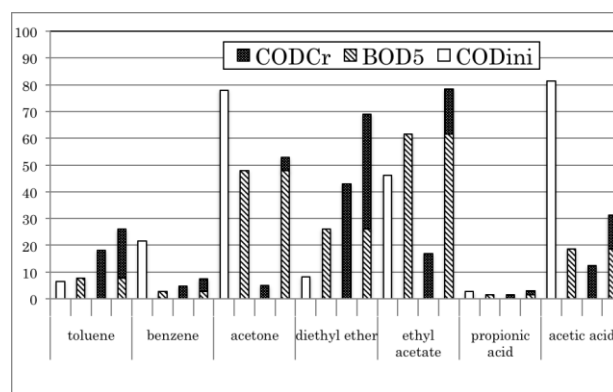


図 1-1. 種々の有機物の COD と BOD 測定値 (1)

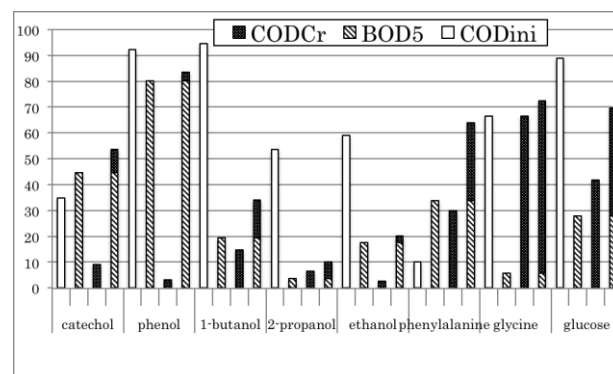


図 1-2. 種々の有機物の COD と BOD 測定値 (2)

## 4. 考察

トルエン、ベンゼン、プロピオン酸は COD、BOD とともに酸化率が低く、酢酸、1-ブタノール、2-プロパノール、エタノール、グルコースは COD ini が高いが BOD、COD とともに低かった。アセトン、酢酸エチル、カテコール、フェノールは COD ini、BOD が同程度に高かったが COD は低かった。フェニルアラニンは COD ini が低く、グリシンは BOD が低いという、有機化合物の官能基や構造との相間をうかがわせる結果となった。

# 児島湖における溶存有機物の季節変化

P-34

\*中村榛那、石坪佳祐、久保洋人(岡山理科大・理)、藤田和男(岡山県環境保健センター環境科学部水質科)、小川知也(岡山県環境保健センター環境科学部水質科)、杉山裕子(岡山理科大・理)

## 1.はじめに

児島湖は岡山県南部に位置し、塩害防止のために閉め切り堤防で閉め切った人工湖である。その面積は 10.88 km<sup>2</sup>、総貯水量は 2607 万 m<sup>3</sup> であり、倉敷川・笹ヶ瀬川・鴨川の 3 河川が流入する。児島湖は閉鎖性水域であり、人口の増加や産業活動の活性化による水質汚濁の問題が顕在化したが、1985 年に湖沼水質保全特別措置法に基づく指定湖沼となってからは、5 年ごとに定められる水質保全計画により改善されてきている(岡山県環境文化部環境管理課, 2017)。

本研究では生活排水や産業排水の流入量が多い笹ヶ瀬川や、農業系河川である倉敷川などが流入し、陸水からの有機物供給が大きい児島湖に溶存する有機物(DOM)の特徴を調べることを目的として、三次元励起蛍光スペクトル(EEM)測定を行った。

## 2.サンプリングと測定

児島湖内において樋門、湖心、笹ヶ瀬川河口、倉敷川河口の 4 地点で採水を行った。採水は月に 1 回の頻度で 2018 年 4 月～7 月に行った。その場で、気温、水温、水深、透明度、pH、DO の測定を行った。その後、採水した試料水を研究室に持ち帰り、450℃で 2 時間熱処理をしたガラス繊維濾紙(GF/F: 参考孔径 0.7μm)を用いて濾過をした。DOC 濃度測定後、濾過した試料はアルミホイルで遮光し、冷蔵庫で保管した。濾過後の試料水を用いて三次元励起蛍光スペクトル(EEM)測定を行った。

蛍光測定には HORIBA Aqualog を使用した。励起波長 Ex: 250-550 nm(バンド幅 5 nm)、蛍光波長 Em: 212-621nm(バンド幅 3nm)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。蛍光強度は、ラマン補正により規格化した。ブランクには超純水を用いた。サンプル自身の持つ吸光作用による蛍光強度の変化を防ぐために装置内臓機能によってインナーフィルター補正を行った。また励起光を発するキセノンランプの強度は波長により不均一であるため、内蔵機能を使って均一になるよう補正した。

## 3.結果と考察

児島湖樋門、湖心、笹ヶ瀬川河口、倉敷川河口の全ての地点において、腐植物質様ピーク(Ex/Em=315/420 nm)が検出された。

児島湖倉敷川河口の試料水の EEM スペクトルを図 1 に示す。すべての月で、Ex/Em=280/340 nm、にタンパク質様ピーク、Ex/Em = 250/443 nm、

Ex/Em = 315/420 nm に腐植物質様ピークが検出された(図 1)。

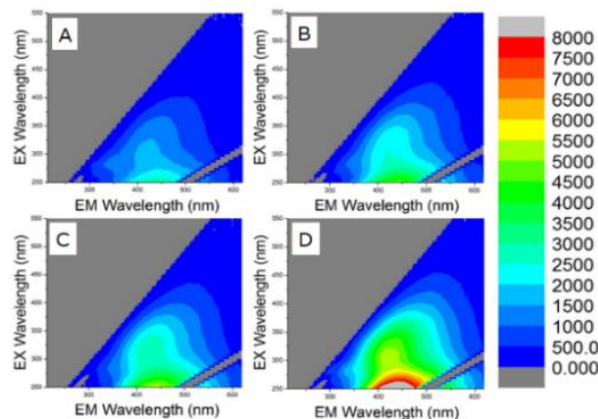


図 1 児島湖倉敷川河口の試料水における EEM スペクトル (A: 4 月 16 日, B: 5 月 22 日, C: 6 月 19 日, D: 7 月 17 日)

児島湖倉敷川河口の試料の EEM 結果において、腐植物質様ピーク強度(Ex/Em=315/420 nm)は 4 月～6 月にかけて 1520～2660 RU と緩やかに増加する傾向がみられた。7 月の試料では 4720 RU と急激な増加が観測された。7 月の西日本豪雨により大量の溶存有機物が河川からもたらされた可能性がある。

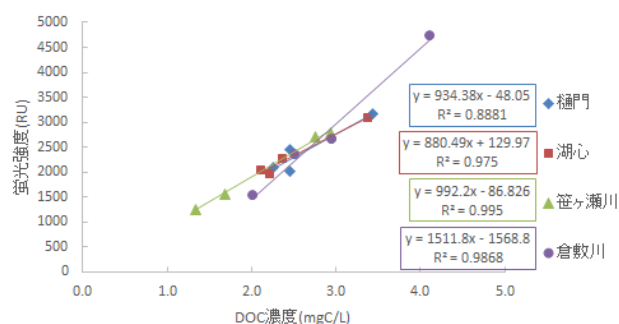


図 2 児島湖の各地点の DOC 濃度と腐植物質様ピーク強度(Ex/Em=315/420 nm)の相関

児島湖の全ての地点で、腐植物質様ピーク強度と DOC 濃度の間に正の相関が見られた(児島湖樋門: R<sup>2</sup>=0.8881、湖心: R<sup>2</sup>=0.975、笹ヶ瀬川河口: R<sup>2</sup>=0.995、倉敷川河口: R<sup>2</sup>=0.9868)。

回帰直線の傾きは、樋門、湖心、笹ヶ瀬川河口においては 880～992 とよく似た値を示したが、倉敷川河口では 1512 と大きな値を示した。倉敷川の溶存有機物が腐植様蛍光ピークを示す有機物を高い割合で含んでいることが示唆された。

\*田中 志穂、東江 友利菜、和田 裕揮、土居 愛美、  
齋藤 達昭、杉山 裕子(岡山理科大・理)

## 1. はじめに

岡山城内堀の水は、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性水域である。内堀は西堀と東堀に分かれており、春から夏にかけて、数十 ppb の Chl.a 濃度を示すなど富栄養な状態を示す。アオコの大量発生に対する対策として、岡山城内堀では、2010 年から西堀にヒシを植えて栄養塩類を吸収させてから刈り取り、栄養塩類を内堀の外に排出することによってアオコの発生を抑制させる取組が行われてきた。本研究では、このような取組が溶存有機物 (DOM) の特徴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 (CDOM) について、三次元励起蛍光スペクトル (EEM) 測定を行い、考察した。

## 2. サンプルングと測定

試料水の採取は、岡山城内堀のヒシを植えている西堀 2 地点(水面の半分程度がヒシで覆われている：西堀 1、水面のほとんどがヒシで覆われている：西堀 2) と、ヒシを植えていない東堀 1 地点のそれぞれで 0 m、0.5 m、1 m、1.5 m の水深で行った。その場で、DO、pH、水温、透明度、水深の測定を行い、その後研究室に持ち帰り、450℃で 2 時間熱処理したガラス繊維濾紙 (GF/F) を用いてろ過した。そして、ろ過後の試料水を用いて DOC 測定と三次元励起蛍光測定を行った。DOC 測定には、全有機炭素計 TOC-5000A (SHIMADZU) を使用した。三次元励起蛍光測定には Aqualog (HORIBA) を使用した。励起波長 Ex: 250-550 nm (バンド幅 5 nm)、蛍光波長 Em: 212-621nm (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。試料の相対蛍光強度は 10 µg/L 硫酸キニーネ溶

液(0.1M 硫酸溶液、Ex/Em=345/450 nm) の蛍光強度を 10QSU として規格化した。

## 3. 結果と考察

DOC は、4 月から 7 月にかけて東堀で 3.8~5.2mgC/L、西堀 1 で 3.2~4.5mgC/L、西堀 2 で 3.3~4.3mgC/L の濃度範囲で変動した。また、すべての地点で腐植物質様ピーク強度(Ex/Em =315/420nm) が検出され、東堀で 8~12QSU、西堀 1 で 7~20QSU、西堀 2 で 7~22QSU の範囲で変動した。DOC 濃度の月別変動を図 1 に、腐植物質様ピーク強度(Ex/Em=315/420nm) の変化を図 2 に示す。

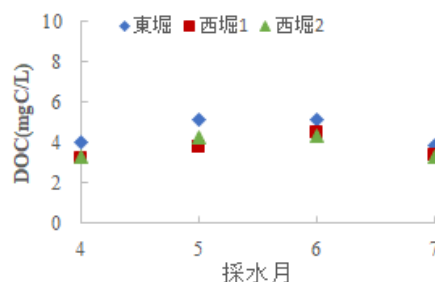


図 1 水深 0m における 4~7 月の DOC 濃度の変化

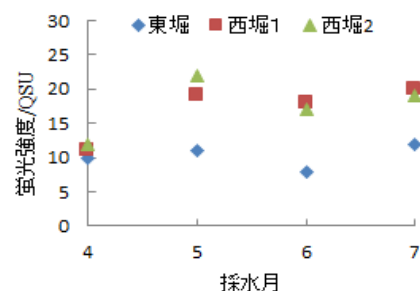


図 2 水深 0m における 4~7 月の腐植物質様ピーク強度(Ex/Em=315/420nm)の変化

DOC 濃度は、両堀ともほぼ同じ濃度であり、季節変化もあまり見られなかった。腐植物質様蛍光ピーク強度は、ヒシの生息している西堀では東堀より高い傾向を示した。

\*中国 正寿（創価大・理工），北野 純一（創価大・理工），上村 仁（神奈川県・衛生研究所）山本 修一（創価大・理工）

## 1. はじめに

福井県の水月湖は、現在貧酸素水塊が形成されている汽水湖で、これは人為的な治水工事によると考えられている。1665 年（江戸時代）に、頻繁に起こる洪水対策として、若狭湾に水を排出するために久々子湖と水月湖の間に水道（浦見水道）を開通させた。これにより、若狭湾から海水が水月湖に流れこみ、塩分躍層が形成され、淡水湖から汽水湖になった。その後、1801 年には、日向湖と水月湖の間に、嵯峨トンネルが建設（1835 年に再建設）され、さらに 1935 年には両水路の拡大工事が行われている。これらの治水工事によって貧酸素水塊が形成されたとされているが、その形成史は、Matsuyama（1973）による 1926-1967 年の観測を除いて、よくわかっていない。

ステロールは、真核生物のもつ特徴的な脂質で、湖沼や海洋の堆積物中に広く検出されている。 $\Delta^5$ -ステロールは、貧酸素環境下で、バクテリアの作用により、5 位の二重結合が還元され、 $5\alpha$  (H)-スタノールへと変化することが知られている（文献）。したがって、スタノールに対するステロールの比（スタノール/ステロール比）は、貧酸素環境下で高くなることが期待される。そのため堆積物中のスタノール/ステロール比は、過去の貧酸素環境の形成史の復元に利用可能であり、実際に先行研究によって示されている（Nakakuni et al., 2017）。そこで、水月湖の貧酸素水塊の形成史の復元にも応用できると期待される。

## 2. 材料と方法

水月湖の湖心（水深 34m）から 2 つのコア試料（SUI92-1 と SUI92-2）を 1992 年に採取した。コアの長さは、SUI92-1 が 80cm で、SUI92-2 が 85cm である。両コア試料は、表層から 50cm までを 2cm 間隔に、50cm 以降を 5cm 間隔でカットした。分けられた試料は、凍結乾燥し、粉末状にした。

堆積物の有機物分析は、水酸化テトラメチルアンモニウム（TMAH）のメタノール溶液と堆積物試料

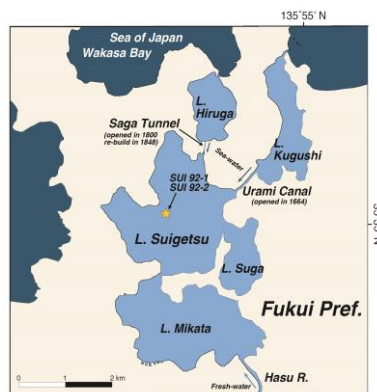


Fig. 1 水月湖とサンプリング場所

をアンプル管に入れ、脱気乾燥後、300℃、30 分間加熱し、生成物を酢酸エチルで抽出し、ガスクロマトグラフィー質量分析計にて分析した。

## 3. 結果・考察

ブラシカスタノール/ブラシカステロールなどのスタノール/ステロール比およびファルネソール（緑色硫黄細菌由来のバイオマーカー）の両指標は、いずれも、深度 40cm を境に、還元的な環境の開始を示した。これは、水月湖と久々子湖を繋ぐ浦見水道が開通した時期（1665 年）と考えられた。

これらのスタノール/ステロール比は、その後 1848 年の嵯峨トンネルの再建設までは小さい値を示したが、特に 1935 年の浦見水道と嵯峨トンネルの両水路の拡大工事にあたる深度（上層 5 cm）で、最も高い値を示した。この結果は、この工事が現在の水月湖のような半永続的な貧酸素水塊の形成を進めたことを示している。1926 年から 1967 年まで行われていた水月湖での貧酸素水塊のモニタリング結果（Matsuyama, 1973）では、1935 年の両水路の拡大工事に伴い、貧酸素環境の水深が 2 倍になったことを報告をしている。本研究の結果はこの記録と一致しており、モニタリングの行われていなかった時期を含めて、1935 年の治水工事が貧酸素水塊の最も大きな要因であった可能性が高いことを示している。

なお、本研究は Nakakuni et al. (2018) Org. Geochem., 119, 59-71. に発表している

\*竹原景子（創価大大学院・工），中國正寿（創価大・理工）  
山本修一（創価大・理工）

## 1. はじめに

North Greenland Ice Core Project で得られた氷床コア中の酸素安定同位体比から復元された過去 13 万年間の気温は、約 1 万年周期で起こるハインリッヒイベントや、数 1000 年周期で寒暖を繰り返すダンスガード・オシュガーサイクルのような周期的な変動を示していた。このような大きな気温変化にともなう気候および環境変動の地質学的記録の報告は多くなされてきている。こうした過去の気候変動の詳細な解析は、将来の気候変動を予想するための重要な情報となりえる。

湖沼の底泥中の有機物組成は、気候変化に伴う周辺の植生、湖内の植物プランクトンの種の変化や輸送形態の変化などによって変化すると考えられる。バイカル湖は、ロシアの南東部に位置する世界で最も古い歴史を有する古代湖である。バイカル湖は、冬季モンスーンの時期には高気圧が、また夏季モンスーンの時期には低気圧が発達しており、季節によってその気圧配置は大きく異なる。これら気圧の変動は、バイカル湖周辺の植物や季節風などに影響を与えるが、この夏季および冬季の周期変動がより長期的に生じていたとすれば、それらの記録は堆積物中の有機物組成に反映されると期待される。

そこで本研究では、バイカル湖堆積物の有機物量の変化から、環境変動に伴う周辺植生および流入の変化を解析した。

## 2. 材料と方法

本研究では、バイカル湖アカデミシャンリッジ（53° 44' 33" N, 108° 24' 35" E）で採取された ver.98-1 st-5 パイロットコア PA を用いた（約 4.8~27.8 kyr BP ; Watanabe et al., 2009）。

有機物分析は、TMAH（tetramethylammonium hydroxide）試薬を用いた熱化学分解法により行った（Nakakuni et al., 2017）。乾燥試料約 300 mg を 10 mL ガラスアンプル管に量り取り、25% TMAH-メタノール溶液 150  $\mu$ L、および内部標準試薬として

nonadecanoic-d<sub>37</sub> acid-メタノール溶液（100 ng/ $\mu$ L）を 50  $\mu$ L を添加した。その後、減圧デシケーターおよび窒素気流下の 40 °C ホットプレートで乾燥させ、減圧状態にして封管した。その後、電気炉にて 300 °C、30 分間加熱した。熱化学分解生成物を、1 mL の酢酸エチルを 3 回に分けて抽出し、減圧デシケーターで乾燥させた。その後酢酸エチル 25  $\mu$ L でメスアップし、2  $\mu$ L をガスクロマトグラフィー質量分析計（GC-MS）にて分析を行った。

## 3. 結果

試料の約 38-50 cm にかけて、陸上植物由来である長鎖脂肪酸（C<sub>24</sub>-C<sub>32</sub>）、主に陸上植物の木質部に由来するリグニンフェノール、草本類の寄与の指標であるリグニンフェノールのシンナミル類/バニリル類（C/V 比）、リグニンの糸状菌による酸化的分解度の指標であるバニリル類の酸/アルデヒド比（(Ad/Al)v 比）、維管束植物のクチクラ層に由来するクチン酸（8,16-, 9,16-, 10,16-dihydroxyhexadecanoic acids）の濃度が顕著に高くなっていた。一方、38 cm-50 cm 以外の深度では、分解されていない植物及び木質部に由来するリグニンフェノールの増加が特徴的であった。

## 4. 考察

Ver98-1, st5 PA コアの有機物分析から、約 38-50 cm の時期に、バイカル湖内への草本類に由来するリグニンフェノールの寄与が高いこと、またそれらは分解の程度が高いことを示していた。現代のバイカル湖周辺の植生は、西側は草本類、針葉樹および砂礫が広がっており、東側は多様な木本植物で構成されている（林, 1994）。第四期後期にも同様の植生が広がっていたとすれば、深度 38~50 cm に相当する時代では、西側からの流入が多く、それ以外の時代では東側からの流入が多くあったことが推測される。これらの流入源の変化は、風向などの気候変動によって生じたと考えられる。

小林 誠（近畿大・農）河内 香織（近畿大・農）

## 1. はじめに

チャネルキャットフィッシュ *Ictalurus punctatus* は北米大陸原産のナマズ目イクタルルス科に属する淡水魚である。雑食性で繁殖力が強く、背鰭と胸鰭に鋭い棘をもち、水産有用資源や在来種への被害、漁業者の負傷、漁網や漁獲物の損傷など、深刻な被害を多くもたらしたため、特定外来生物に指定された。本種は奈良県では、平成 19 年度「河川水辺の国勢調査」にて、淀川水系布目川で初めて確認された。しかし、定着の有無や食性については不明で、その後の詳しい研究や報告はなく、有用種や在来種への影響が懸念される。また、日本での本種の食性調査は霞ヶ浦近辺で行われている数件のみで、河川内での本種の食性調査についてはほとんどされていない。その他、本種の原産国での生息域は、日本ではあまり見られない草原等を流れる広大な河川であり、日本の短く急勾配な河川においての本種の生態は未解明である。そこで、本研究では、布目川、及び布目湖にて本種の成長と季節ごとの食性を解明することを目的とした。

## 2. 材料と方法

淀川水系木津川左支布目川及び布目湖において、本種を 2017 年 4 月から 11 月まで釣り及び D フレームネットを用いた見つけ獲りを行った。捕獲した個体はその場で全長、体重を計測し、血抜きを行った。1) 個体の腹部を切り開き、胃を取り出し、70%エタノールにより保管した。取り出した胃は長さ、胃のみでの重量、胃内容物の重量を計測した。胃内容物は実体顕微鏡下で可能な限り種まで同定し、個体数と重量(1mg 単位)を計測し、餌重要度指数(IRI)を算出した。内容物中で見られた植物片、藻類に関しては今回対象から外した。2) 本種の背中部分の筋肉片の一部を切り取り、送風式乾燥機にて 50℃48 時間乾燥させ粉碎したのち、前処置をしてから安定同位体比分析を行った。また同調査にて餌資源と思われ

る生物、競合関係にあると考えられる魚類についても採集し、胃内容物を除去するため、インキュベーターにおいて蒸留水中で 2 日間飼育し、その後乾燥粉碎を行い試料として安定同位体比分析にかけた。

## 3. 結果

本種を布目川にて 27 匹（空胃 7 匹）、布目湖にて 38 匹（空胃 28 匹）合計 65 匹（空胃 35 匹）採集した。調査地ごとに空胃率は有意に差が見られた

(Fishe's exact test  $P<0.05$ )。採集した本種の体長は 11.5cm から 62.5cm まで幅広かった。布目川で採集した本種の 74%は 50cm 以上であり、布目湖で採集した本種に比べ有意に大きかった。(Fishe's exact test  $P<0.05$ )。1) 胃内容物から、藻類、魚類、水生昆虫、陸生昆虫、甲殻類、貝類などが確認できた。水生昆虫ではシマトビケラ科が多く見られ、幼虫から成虫まで餌資源として利用されていた。また成長に伴い、陸生昆虫、甲殻類、魚類へと IRI の上位が変化していた。季節的には 4 月から 6 月は水生昆虫、7 月から 8 月は甲殻類、陸生型 9 月から 11 月は魚類と IRI の上位が変化していた。2) 安定同位体比分析により本種の生態系地位は他の生物より同等か上であることが分かった。また、在来種のナマズ目であるナマズやギギと近い値を示した。

## 4. 考察

1) 水生昆虫など 1~3 次消費者を中心に幅広く餌資源として利用していると思われ、成長に伴い餌資源のサイズを増大させていると考えられる。捕食は基本的に河床にて行われているが、成長初期や夏ごろでは水面での捕食機会が増加していると考えられる。また餌資源の中では移動能力の低く捕食の容易なものを好むことが考えられた。2) ナマズやギギとの競合関係にあることが考えられる。生食連鎖からは外れた位置を示したので、藻類については同化率が低く捕食時に混入しているものであると考えられた。

\*岡田真衣（中部大院・応生）、喜多村雄一（電源開発茅ヶ崎研究所）  
村上哲生（中部大・応生）

## 1. はじめに

天竜川中下流部（静岡県）ではアユ漁不振が問題となっている。そこで、漁協・研究者・ダム管理者・行政等が天竜川のアユ漁再生を目指す「天竜川天然資源再生連絡協議会」を組織し、産卵床の造成やアユの餌資源の改善を当面の目標として活動を始めた。

ダム下流河川の付着藻類の種類組成や、現存量、生産速度への影響は多様である。濁りのために現存量が小さくなることもあれば、出水がなくなることにより古い藻類被膜の更新が抑制され現存量が大きくなることもある。本報告では、天竜川での付着藻類群集の現状を報告し、アユの餌資源としての付着藻類群集の価値を高めるための河床清掃実験について、実施状況、成果、及び問題点を述べる。

## 2. 天竜川の付着藻類群集の現存量と一次生産

### 2-1. 現存量；東海地方の他の河川との比較

2017年の初夏（4月下旬から6月上旬）にかけて、アユの漁場となっている天竜川、飛騨川、矢作川、庄内川の付着藻類の現存量を比較した。クロロフィル *a* 量はそれぞれ、 $0.87 \pm 1.16$ 、 $10.05 \pm 2.70$ 、 $1.18 \pm 1.35$ 、 $1.90 \pm 1.90 \mu\text{gcm}^{-2}$  であり、また  $\text{chl.}a/(\text{chl.}a+\text{pheo})$  は、0.43、0.91、0.65、0.66 であった。極端に付着藻類量が多い飛騨川は例外として、天竜川の付着藻類量が少なく、生きたクロロフィルの割合が小さい。

### 2-2. 一次生産

酸素の日変動により推定された一次生産は、天竜川では、測定場所により異なる。例えば、最下流に位置する船明ダムの右岸では、恐らく、シルト・粘土の堆積のため、酸素濃度の日変動の規模が小さいが、放流水が滞留する左岸側では、付着藻類被膜の剥離が抑えられ、被膜の発達に従い、酸素の日変動

の規模が著しく大きくなり、所謂「あかぐされ」の状態となる（図1）。

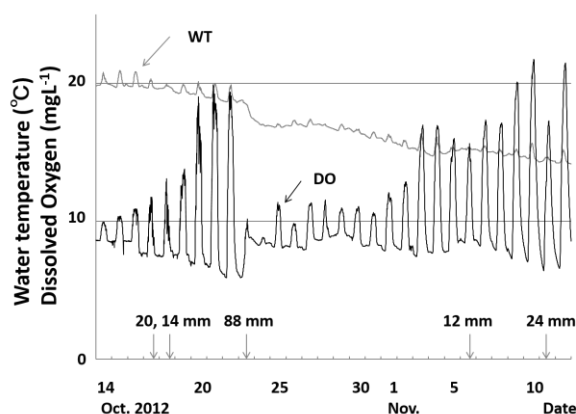


図1. 船明ダム下流左岸のDO日変化

矢印は降水日と降水量を示している。出水直後は変動幅が小さいが、時間とともに変動は大きくなり、付着藻類被膜が厚くなっていくことを示している。

## 3. 河床清掃実験の状況、成果、及び今後の課題

シルト・粘土の礫上への堆積、及び「あかぐされ」対策として2017年1月19日、2018年1月29日に河床清掃を実施した。清掃は水圧をかけた水を礫表面に吹き付ける方法で行った。2017年、2018年調査の付着クロロフィル *a* 密度はそれぞれ、 $3.7 \pm 3.2$ 、 $3.8 \pm 1.3 \mu\text{gcm}^{-2}$  であり、清掃により、67%、73%が除去された。また付着物重量は  $3.7 \pm 1.7$ 、 $1.7 \pm 0.5 \text{ mgcm}^{-2}$  で、それらの48%、65%が除かれた。

河床清掃実験以外にも河床耕耘実験を検討している。発表では、その結果についても報告する予定である。

## 4. 謝辞

本研究は「天竜川天然資源再生連絡協議会」の事業の一環として行ったものである。関係者のご協力に謝意を表する。

# P-40

## 沿岸小河川における ウキゴリ属魚類の餌資源利用

\*満尾 世志人（新潟大・自然再生セ），岸本 圭子（新潟大・自然再生セ）

### 1. はじめに

サケに代表される川と海を往来する通し回遊魚は、海から川への遡上や陸生昆虫の捕食によって海-川-陸の栄養塩循環に影響を及ぼすなど、河川にとどまらず生態系間の相互作用においても重要な役割を果たすことが明らかにされている。しかしながら、こうした知見はそのほぼ全てがサケ科魚類を対象とした研究に基づいており、回遊性淡水魚類の大部分を占めるハゼ科など小型魚類が果たす役割については大きく見過ごされている。

ウキゴリ属魚類はハゼ科に属する体長 10cm ほどの底生魚で、日本及び周辺地域に広く分布している。本属魚類は河川で産卵する両側回遊の生活史をもち、海洋で全長 3cm ほどに成長した個体が初夏に河川へ遡上する。河川では主に底生動物等を捕食するとされているが、詳細な報告例は乏しい。また河川遡上後の個体による餌資源利用はその後の成長・定着に大きく影響を及ぼすと思われるが、当該時期は底生無脊椎動物の現存量が低下し、特に大型の昆虫等を捕食できない小型個体にとって河川内の資源は極めて限定的であると予測される。

本研究では、佐渡島内に生息するウキゴリ属魚類を対象とし、河川遡上後からの餌資源利用実態について報告する。

### 2. 材料と方法

佐渡島内の沿岸河川を対象とし、当該地域における河川遡上時期である 7 月からウキゴリ属魚類の採集を行った。採集した個体は体長等を計測したのち消化管を摘出し、実態顕微鏡下で内容物の同定を行った。同定された胃内容物は各個体における出現の有無として記録した。

### 3. 結果

2018 年 7 月に実施した調査の結果、当該時期におけるカゲロウ目等の底生動物に対する依存度は低く、ウキゴリ属魚類は主にハエ目幼虫を捕食している傾向が把握された（表）。河川遡上直後の小型個体に関しては、大型個体に比べて多くの個体でハエ目

幼虫を捕食していた。また、成魚では半数以上でアリ類やダンゴムシ類などの捕食が認められたが、小型個体ではこうした陸生無脊椎動物の利用は比較的 low、餌メニューに基づく NMDS(non-metric multidimensional scaling)の結果においても大型個体と有意に異なる食性を示すことが把握された（図）。

### 4. 考察

成魚では半数以上の個体が陸生無脊椎動物を捕食していたが、これはサケ科魚類において確認されている事例と同様に、当該時期におけるカゲロウ目等の底生動物の不足が要因となっていると考えられた。一方で、小型個体では陸生無脊椎動物の利用率は低かったが、これは餌生物に対して体サイズが小さかったためと思われる、河川遡上後の小型個体はハエ目幼虫に大きく依存していると考えられた。

表 胃内容物における各メニューの出現状況

| 餌メニュー      | 出現頻度(%)            |                  |
|------------|--------------------|------------------|
|            | 加入個体<br>(TL40mm以下) | 成魚<br>(TL41mm以上) |
| ハエ目幼虫      | 91.7               | 61.1             |
| トビケラ目幼虫    | 8.3                | 5.6              |
| カゲロウ目幼虫    | 16.7               | 11.1             |
| その他水生無脊椎動物 | 0.0                | 27.8             |
| カエル類       | 0.0                | 5.6              |
| 魚類         | 0.0                | 16.7             |
| 陸生無脊椎動物    | 33.3               | 55.6             |
| 植物         | 25.0               | 22.2             |
| その他        | 8.3                | 11.1             |

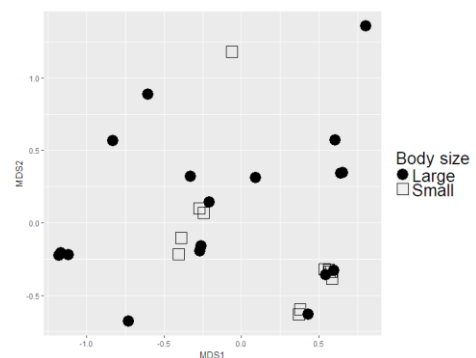


図 各個体の胃内容物に基づく NMDS

# 旭川に生息するアカザ (*Liobagrus reini*) の地域個体群の 分布と生息環境及びミトコンドリアハプロタイプ解析

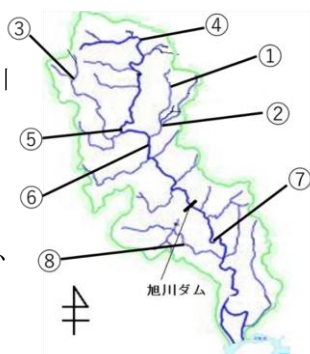
\*幸 竜二 (岡山理科大学・院・理) 齋藤 達昭 (岡山理科大学・院・理)  
河良 理一 (岡山理科大・理)

## 1. はじめに

アカザは、ナマズ目アカザ科の夜行性の底生魚である。鱗はなく 4 対の口ひげを持ち、体色は暗褐色または赤褐色で、背びれと胸びれにマヒ性の棘を持っている。カジカとアカザは早瀬や平瀬で浮石が多い底質が砂礫である場所に生息し、また上記の場所に生息する水生昆虫を捕食していることが報告されている。私たちの研究ではカジカの生息環境とこれらのカジカ個体群のミトコンドリアハプロタイプネットワークを研究してきた。そこで、本研究では旭川に生息するアカザの分布と生息環境およびこれら個体群の遺伝子解析を行った。

## 2. 材料と方法

旭川における支流余川 (①)、目木川 (②)、新庄川 (③)、植杉川 (⑨)、宇甘川 (⑧) 及び本流の上、中、下流域の上長田 (④)、勝山 (⑤)、落合 (⑥)、吉田 (⑦)、牟佐 (⑩) の計 10 地点でアカザの捕獲を行った。



アカザをタモ網によって捕獲

する場合、人数 4~5 人で約 30 分、流れの下流側にタモ網を仕掛けて、その後浮き石を足で動かし捕獲した。捕獲した個体の全長、体長、捕獲した場所の傾斜、水深、流速、石の粒径と浮石率、底質の粒度分布を記録したのち、99.5%エタノール溶液に保存し、固定した。固定したアカザの筋肉片から Charge Switch<sup>R</sup> gDNA Tissue Kit を用いて DNA を抽出し、ミトコンドリア DNA 上に存在する 12SrRNA 領域 (955bp)、cyt-b 領域 (300bp) を用いて PCR 法により増幅させた。PCR 産物を電気泳動にて確認後、MonoFas<sup>R</sup> DNA 精製 kit を用いてゲルから抽出した。鋳型 DNA をもとにダイレクトシーケンス法により塩基配列を決定した。

## 3. 結果

アカザの生息環境は、流速が 1 m/s 以下、傾斜は 3° 以下でほとんど捕獲されている。低質の粒度分析では粒径 0.2~2mm の粗砂が 18%~52%、2~20mm の小礫が 38%~83%を占める場所となった。先行研究のカジカの分布と比較すると、勝山より上流域ではアカザの生息地点は、カジカの生息地点よりも下流域で見られた、一方で、勝山より下流域では、カジカとアカザが同所的に共存して生息していた。但し、宇甘川では、カジカの生息が確認されておらず、アカザのみが虎倉から下流域で生息していた。ミトコンドリアのハプロタイプ別に見ていくと旭川本流の上長田では共通ハプロタイプのみが 1 種類、余川では共通ハプロタイプ以外にもう 1 種類、目木川では 2 種類、新庄川では 2 種類、植杉川では 1 種類、勝山で 2 種類、落合より下流域では上流域で発見されたハプロタイプが発見された。ただし下流域でも支流の宇甘川では 2 種類発見されて計 11 種類みられた。



## 4. 考察

カジカは、流速 1 m/s よりも速い場所や傾斜角が大きい場所、底質の粒径が大きい地点でも生息が確認され、カジカの分布がアカザよりも上流域で生息できる理由ではないかと考える。全国的なアカザのミトコンドリアハプロタイプ分析が行われた cyt-b 領域を見ると、旭川の共通ハプロタイプは、近隣の河川の生息するアカザと類似した塩基配列を示しており、最も類似していたのが広島県の成羽川産のアカザであった。

SHIN Ki-Cheol (RIHN), TAYASU Ichiro (RIHN)

札本果（京大・生態研センター）、\*陀安一郎、申基澈（地球研）、  
森誠一（岐阜経済大・地域連携推進センター）

## 1. はじめに

濃尾平野の西端を流れる揖斐川水系の津屋川は、養老山地の複合扇状地の扇端に沿って、養老山地からの水を集めながら流下する。これらの扇端から湧き出す湧水は、津屋川の環境に影響を与える重要な要素である。津屋川には、トゲウオ科イトヨ属に属するハリヨが生息している。トゲウオ科は北半球高緯度地域に広く分布する冷水性の魚類で、岐阜県の津屋川はその分布南限に位置する。温暖な気候である津屋川においてハリヨが繁栄してきた背景には、豊富な湧水により夏場でも比較的冷たい水温に保たれてきたことが大きな理由だと考えられる。しかし、1960年代以降、湧水の枯渇やそれに伴う河川環境の悪化および水域の埋め立ての進行とともにハリヨの生息地や個体数は減少しており、現在では絶滅危惧種に指定されている。そこで、ハリヨが存続するために必要な生息範囲を、生活史を通して理解することが必要である。

ストロンチウム同位体比 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) は、岩石の年代やその起源の研究に用いられてきたが、近年環境学の研究にも広く用いられるようになってきた。河川水に溶存する  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値は、その水が辿ってきた経路の岩石に含まれるストロンチウムの  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値が反映されるため、集水域河川の水の混合状態をトレースすることができる。本川における  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値の流程変化は、本川に流入する湧水との混合によって生じると考えられるため、本川と湧水の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値の流程変化を明らかにすることで、魚類耳石の分析による移動履歴の研究に活用することができると考えられる。

## 2. 材料と方法

本調査は、2016年12月に本川2地点と湧水6地点、2017年11月に本川8地点と湧水10地点、2018

年6月に本川9地点と湧水10地点を選定し、試水について現地で  $0.20\mu\text{m}$  メンブランフィルターを用いて濾過を行った。濾液中の元素濃度は ICP-MS (Agilent 7500cx)、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値は表面電離型質量分析計 (Thermo Fisher Scientific TRITON) を用いて分析した。本研究における各  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値の分析精度は、 $1\times 10^{-5}$  以下であった (1SE)。

## 3. 結果

津屋川本川の最上流地点においては最も低い  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値 (0.70983) を持っており、下流に向かって連続的に  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値が上昇していることが分かった。また、本川に流れ込んでいる湧水の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値は本川に比べると高く、流程変化を説明できると考えられた。この結果は、この津屋川集水域で最も低い  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値を示すと考えられる石灰岩が、最上流域のみに存在するという地質情報とも矛盾しない。

## 4. 考察

本研究においては、養老山地の南北方向に沿って  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値の異なる湧水が生じていることが明らかとなったが、これは母岩となる地質の違いによるものと考えられる。

今回の結果から、津屋川の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値は本川の最上流域から下流域に向けて、また本川と湧水の間で違いがあることが明らかとなり、調査地点を選ぶことで、ハリヨが湧水のみを利用しているのか、また上流域と下流域での交流があるのかを調べることが可能であると考えられる。

\*佐藤 翔 (埼玉大・理工), 藤野 毅 (埼玉大・理工)

## 1. はじめに

2011年3月に発生した福島第一原発事故から約7年半が経過し、公共用水域における放射性物質による環境汚染は大きく減少したものの、現在も河川水生生物中のCs-137が検出されている<sup>1)</sup>。特に、大型で濾過・雑食性のヒゲナガカワトビケラ属中のCs-137濃度は常に他の水生昆虫よりも高く、汚染された細粒状流下物の影響を強く受けている<sup>2)</sup>。

前報では、真野川下流域(南相馬市)で捕獲したヒゲナガカワトビケラ属の幼虫のみならず、成虫からも検出限界値レベルであるもののCs-137が検出された<sup>3)</sup>。幼虫からの高いCs-137は消化管内を通過する細粒状流下物の影響を受けており、どの程度のCs-137がヒゲナガカワトビケラ体内に同化されているのかは依然として不明である。そこで昨年度に引き続き、より汚染が高い場所でヒゲナガカワトビケラ属の成虫が飛来する時期を見込んで採集を試み、蛹も含めた各成長段階におけるCs-137の含有状況を確認する。

## 2. 材料と方法

環境省が実施する5つのモニタリング調査河川中で、特に太田川(南相馬市)であらゆる生物から高いCs-137濃度が確認されている。そこで2018年8月7日から8日にかけて真野川下流域に加えて太田川のダム流入河川とダム下流部においてヒゲナガカワトビケラ属と河川流下物を採取した。8月7日の日没後にはダム流入河川においてライトトラップによる成虫の捕獲を試みた。太田川のダム流入河川は大礫(粒径64~256mm)や巨礫(同256mm以上)で覆われ、ヒゲナガカワトビケラ属が優占していた。ちょうど蛹も多く見られた。幼虫、蛹、成虫(雄)の種は全て*S. marmorata*であった。採取時の水温は22℃であった。本州の*S. marmorata*は年2化性と報告され昨年5月中旬で同じ流域で越冬世代の*S. marmorata*成虫を捕獲している。現地で詳細な年間

の河川水温データがないため断定はできないが、7月からの異常な高温が続いたことから早くも非越冬世代が羽化したと思われる。幼虫60個体・蛹17個体・成虫30個体を捕獲直後に80%エタノールで固定した。次に、懸濁性の流下物はプランクトンネットを流水中に設置し、先端の採水部分において捕集し、ステンレス製のふるいにより粒径別(500μm、250μm、125μm、63μm)に分けた。各試料のCs-137測定はゲルマニウム半導体検出器を利用する。

## 3. 予想される結果

去年5月に真野川下流域で捕集したヒゲナガカワトビケラ属の幼虫個体群(個体数 $n=34$ , 重量1.143g d.w.)と成虫個体群(個体数 $n=37$ , 重量1.195g d.w.)の比較から成虫のCs-137濃度は幼虫のおよそ1/10程度に留まった。但し、成虫の値は24時間のゲルマニウム半導体検出器による測定でも検出限界以下であり、Cs-137濃度が真野川より4倍高い太田川の試料によって再確認する。蛹の段階でCs-137濃度が成虫と同程度であれば、放射性物質は幼虫時代に消化管から排泄によって消長し、成虫への影響は小さいことが明らかとなる。同時に、成虫のどの部分に残るかを調べる必要がある。逆に、幼虫に近いCs-137濃度である場合は脱皮時に大きな変動が生ずると考えられる。

## 謝辞

ゲルマニウム半導体検出器による放射性物質の計測は東京農工大学五味高志博士のご好意により行われている。

## 参考文献・資料

- 1) 環境省(2018): 平成29年度水生生物放射性物質モニタリング調査結果.
- 2) Fujino et al.(2018): Landscape and Ecological Engineering, 14(1), 37-43.
- 3) 佐藤・藤野(2017): 陸水学会田沢湖大会

## 広島県太田川流域における 造網型トビケラと環境の関係

\*中村 虎之介（広島大・生物圏）河合 幸一郎（広島大・生物圏）

### 1. はじめに

トビケラ目の幼虫は、湖沼や河川の源流域から下流まで幅広く分布する主要な底生生物であり、多様な生態を有している。造網型トビケラとは、河床に捕獲網が付随した巣を作り、流下物をろ過し摂食するトビケラである。シマトビケラ科、ヒゲナガカワトビケラ科、クダトビケラ科、イワトビケラ科、キブネクダトビケラ科、カワトビケラ科が造網型トビケラとして知られており、河川の瀬において種数、個体数ともに卓越するグループである。シマトビケラ科については、上流から下流にかけて分布する種が変化することも知られている。その分布の変化は何らかの環境の変化によってもたらされと考えられるが、環境要因との関係は一部が明らかになっているに過ぎない。太田川は広島県西部を流れる一級河川であり、約 102 万人の流域人口を有する。流域には温井ダムをはじめ、工場や農地といった人工物の影響を強く受けている地点から、自然度の高い地点まで幅広い環境がある。太田川流域の多様な環境から造網型トビケラを採集し、どのような環境要因が造網型トビケラに影響を与えるかを解明することを目的とし、研究を行った。

### 2. 材料と方法

太田川流域の源流から下流まで 25 地点を調査地点として設定した。調査は 4 月から 11 月まで行い、各定点を 2 月に 1 度調査を行った。調査地点において、電気伝導度 (EC)、水温、溶存酸素 (DO) の測定を行い、底生生物の採集および採水を行った。底生生物の採集は 25 cm×25 cm のコドラートを用いた定量採集を 5 回、調査地点の瀬にて行った。定量採集の際、表面流速および、コドラート内の中礫 (32mm~128mm)、大礫 (128mm~256mm) および巨礫 (256mm 以上) の個数を記録した。4 月から 5 月分のサンプルについて、トビケラ目の幼虫を取り出し、種類と個体数を確認した。造網型トビケラについて

は可能な限り種まで同定を行い、その他のトビケラについては、科まで同定を行った。水質の分析については、過マンガン酸法により COD、アセトン抽出による吸光光度法により chl a、chl b、chl c、自動分析機 SWAAT を用いて NO<sub>2</sub>-N+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、NH<sub>4</sub>-N、SiO<sub>2</sub>-Si および、PO<sub>4</sub>-P を計測した。

### 3. 結果

合計 11 科 2,149 個体が採集され、1,263 個体が造網型トビケラであった。25 地点中、造網型トビケラが優占した調査地点は、18 地点であった。このうち、14 地点においてシマトビケラ科が優占し、4 地点はヒゲナガカワトビケラ科が優占した。ウルマーシマトビケラは 23 地点で確認され最も広範囲で確認された。イカリシマトビケラは最も上流の 1 地点のみで確認された。DO と各地点で採集された造網型トビケラの割合、および、DO と造網型トビケラの種数の間に正の相関がみられた。ウルマーシマトビケラおよびギフシマトビケラと礫の個数の間に相関がみられた。

### 4. 考察

造網型トビケラの分布範囲は重なる地点が多く分布範囲の狭い種は、何等かの環境要因の制限を受けていると考えられる。イカリシマトビケラは横川のみで採集された。横川は夏季においても水温が 19℃であり最も低く、水温以外の要因は他の調査地点と大きな違いはなかった。このことから、イカリシマトビケラについては水温が分布に最も影響を与えていると考えられる。DO が減少したことで、造網型トビケラの種数が減少した。低い溶存酸素量に適応した種が少ないためであると考えられるが、種ごとに明確な境界は得られなかった。ウルマーシマトビケラとギフシマトビケラにおいては、礫の大きさや数と相関がみられ、河床の状況が分布に影響を与えていると考えられる。

\*内田朝子（豊田市矢作川研究所），野崎健太郎（椋山女学園大・教育），  
山田佳裕（香川大・農）

## 1. はじめに

河川全体の環境の実態を理解するためには、物質循環の基盤である付着藻類の一次生産力を流程で比較することが求められる。しかしながら測定の煩雑さから、流域全体で一次生産力を推定した事例は限られている。そこで本研究では、付着藻群落の光合成を非破壊で測定できる袋法を用いて矢作川の一次生産力の流程分布の把握を目的とした。加えて、付着藻類の懸濁試料を用いた明暗びん実験を室内培養で行い、光合成活性の測定を行った。

## 2. 材料と方法

矢作川の上流から下流において流程の異なる 10 地点の調査地を設定し、2018 年 2 月 24～28 日に調査を実施した。

袋法は調査地の瀬でランダムに拾い集めた礫を  $0.35\text{ m} \times 0.25\text{ m}$  のカゴに敷き詰め、透明のポリエチレン袋（厚さ  $0.1\text{ mm}$ ）に入れ、その中に 15 L の河川水を静かに注ぎ、袋内の空気を抜いて袋の口を閉じた（明状態）。同様に黒ビニール袋を用いて作成したものを暗状態とした。明暗袋は各区の平均水深に沈め、約 3 時間後の DO 濃度の変化を測定した。培養時間中に生じた DO の増減から一次生産量を推定した。培養後、カゴ内のすべての礫から表面の付着物をナイロンブラシで採取し、保冷ボックスに入れ持ち帰り、クロロフィル  $a$  量と付着藻類種組成の分析を行った。

光合成の測定試料は、各調査地の瀬から礫を拾い、礫表面の付着物をナイロンブラシで剥ぎ取り蒸留水に懸濁させたものを用いた。懸濁試料は実験室に持ち帰り、トレーに広げ、水生昆虫類やゴミなどを取り除いた後、調査地の河川水でクロロフィル  $a$  濃度が  $0.1 \sim 0.2\text{ mg L}^{-1}$  になるように希釈し、酸素びん（ $100\text{ ml}$ ）に分注した。酸素びんは温度を  $8^{\circ}\text{C}$  に設定した人工気象器で 3 時間培養した。光強度は約  $15 \sim 300\text{ }\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  の間に 5 段階設定した。培

養終了後、Winkler 法でびん内の酸素を定量した。

## 3. 結果

袋法で得られた各地点の純生産量および呼吸量は、 $8.6 \sim 45.2\text{ mg C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ 、 $2.1 \sim 39.0\text{ mg C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$  の範囲にあった。一次生産量は古巣、豊田大橋、明治用水頭首工下流、池島で大きく約  $60 \sim 70\text{ mg C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ 、最も小さい地点は葵大橋で約  $30\text{ mg C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$  であった。光合成速度は  $0.9 \sim 8.2\text{ mg C mg Chl.}a^{-1}\text{ h}^{-1}$  の範囲にあり、最小値は池島、最大値は小渡であった。

一方、室内培養の結果、光合成—光曲線から得た最大光合成速度は  $0.5 \sim 2.4\text{ mg C mg Chl.}a^{-1}\text{ h}^{-1}$  の範囲にあった。最下流地点の葵大橋で最大値 2.37、ソジバと豊田大橋で最小値  $0.46\text{ mg C mg Chl.}a^{-1}\text{ h}^{-1}$  を示した。

## 4. 考察

冬季における矢作川流程の一次生産は純生産量に対して呼吸量の大きい地点が多くみられた。冬季は出水が少なく河床が安定した時期であるため、付着藻類群落マットが厚く、下層では活性が低下した藻類などが増加していると推測される。袋法で求めた光合成速度は、小渡、矢作第二ダム、笹戸、広瀬で大きな値が示された。小渡は減水区間で支流の河川水で維持されている場所、笹戸は矢作第一ダムの水が発電後に放流される場所、広瀬は支流合流後である。冬季は河床環境の安定する時期であるが、これらの地点では付着藻類群落の一次生産力を高める環境要因が内在していると考えられる。

一方、光合成—光曲線から得た最大光合成速度は池島と葵大橋で袋法の光合成速度と同値であったが、その他の地点は袋法の値を下回った。多くの地点で現場袋法の光合成速度が最大光合成速度より大きな値を示した要因については、現在進めている夏季の結果も含めて考察する予定である。

\*建石 有稀, 楊 宗興 (東京農工大)

### 1. はじめに

二価鉄を豊富に含む還元的な水が酸化的环境下に接する場所では、鉄酸化細菌が二価鉄を酸化しエネルギーを得る過程で生成した水酸化鉄の沈殿が見られることがある。これは特に BIOS (biogenic iron oxyhydroxides) と呼ばれており、鉄酸化細菌をはじめとした様々な細菌が含まれ、その細胞数は  $10^8 \sim 10^9$  cell/g(wet weight) と報告されている<sup>1),2)</sup>。鉄酸化細菌には化学合成独立栄養性の種も含まれているため、非光合成的な一次生産者として生態系を支え得ると考えられるが、BIOS に関して生態学的な役割を明らかにした研究は存在しない。

本研究で調査地とした都立桜ヶ丘公園内の湧水地点に見られる BIOS と思われる沈殿物には、16SrRNA 遺伝子解析の結果から鉄酸化細菌が含まれていることがわかっている<sup>2)</sup>。この沈殿物に、ユスリカ幼虫やミズムシなどの無脊椎動物が多数生息していることが見出された。これらの底生生物は鉄酸化細菌を餌資源として利用している可能性がある。

本研究では、底生生物と沈殿物の炭素・窒素安定同位体自然存在比の測定と、炭素安定同位体  $^{13}\text{C}$  をトレーサーとして、底生生物が沈殿物内の鉄酸化細菌を餌資源としているかを確認する飼育実験を行った。

### 2. 材料と方法

都立桜ヶ丘公園湧水地点において、沈殿物と沈殿物内のユスリカ幼虫(*Chironomus* sp.)、ミズムシ(*Asellus hilgendorfi*)を篩を用いて採取した。容量 100 mL の DO 瓶に沈殿物と GF/F でろ過した現地の水を入れ、Cambridge Isotope Laboratories, Inc. ( $^{13}\text{C}$ , 99%) と Wako の  $\text{NaHCO}_3$  を用いて 20000‰, 0‰ に調製した  $\text{NaH}^{13}\text{CO}_3$  を終濃度 0.2 g/L となるように添加した。16℃暗所で培養し沈殿物を  $^{13}\text{C}$  で標識した。次に  $^{13}\text{C}$  標識した沈殿物と現地の水を入れた容量 50 mL の三角フラスコでユスリカ幼虫とミズムシを 14℃暗所で 7 日間飼育した。飼育前後の底生生物、沈殿物の炭素・窒素安定同位体比を EA-IRMS にて測定した。

### 3. 結果と考察

現場の底生生物の  $\delta^{13}\text{C}$  値はユスリカ幼虫( $-63.0 \pm 0.13\text{‰}$ )、ミズムシ( $-53.43 \pm 0.12\text{‰}$ )であり沈殿物( $-41.5 \pm 0.20\text{‰}$ )よりも低い値を取った。 $\delta^{13}\text{C}$  値が低い餌

資源としてはメタン酸化細菌が知られており<sup>3)</sup>、桜ヶ丘公園のユスリカ幼虫とミズムシもメタン酸化細菌を餌資源としている可能性がある。

$^{13}\text{C}$  標識した沈殿物でユスリカ幼虫とミズムシを飼育した結果、ユスリカ幼虫の  $\delta^{13}\text{C}$  値は有意な上昇がみられなかったが、ミズムシの  $\delta^{13}\text{C}$  値は  $^{13}\text{C}$  で標識していないもの( $-54.8 \pm 1.27\text{‰}$ )と比べ標識したものの( $-27.2 \pm 4.72\text{‰}$ )では、飼育に用いた沈殿物の  $\delta^{13}\text{C}$  値( $-25.0 \pm 3.19\text{‰}$ )に近い値にまで有意な上昇がみられた(t 検定,  $p < 0.05$ )。このことからミズムシは沈殿物内の独立栄養性の鉄酸化細菌、少なくとも独立栄養性細菌を餌資源としていることが明らかになった。

陸水環境における化学合成独立栄養生物による一次生産は、これまでメタン酸化細菌によるものを除いて注目されていなかった。本研究では  $^{13}\text{C}$  を用いた直接的な取り込み実験により、陸水生態系において鉄酸化細菌が非光合成的な一次生産者として利用されていることを初めて明らかにした。

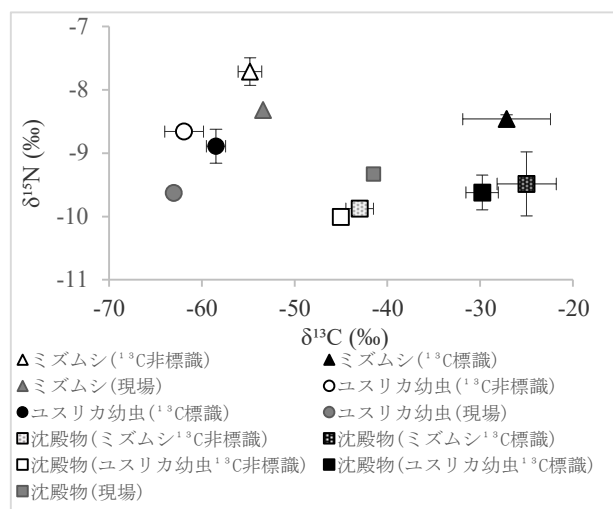


図 1. 桜ヶ丘公園湧水地点で採取した、沈殿物、ユスリカ幼虫、ミズムシの飼育実験前後の炭素・窒素安定同位体比  
沈殿物括弧内は飼育した生物を示す

### 4. 参考文献

- [1] Emerson, D., and N. P. Revsbech. *Applied and Environmental Microbiology* 60.11 (1994): 4022-4031.
- [2] Kato, S., et al. " *Applied and environmental microbiology* (2013): AEM-03840.
- [3] Kohzu, A. et al. *Aquatic Microbial Ecology* 36.2 (2004): 189-194.

\*久野良治（中部大院・応生）、村上哲生（中部大・応生）

## 1. はじめに

中池見湿地（福井県敦賀市）の面積の7.6%を占める止水域は、褐色の水を湛え、抽水植物に縁取られた景観から典型的な腐植栄養型の天然湖沼と誤解されているかもしれない。2000年代初期の国立環境研究所の総合調査（野原・河野，2003）や中池見湿地をラムサール条約に登録する際に作成された”Information Sheet”には、この池が近年、人の不注意により出来たものであることは記述されていない。

湿地の中に現れた池の湿地保全上の対応については、本来の湿地環境とは異質のものであり可能であれば元の湿地・水田環境に復元すべきと考えることもできるし、一方、この池が水田が放棄された後、灌漑水路・排水路などの水棲生物の代替地として機能しているとする考え方もある。しかし、池の環境や水棲生物の観察記録は乏しく、現在の水深さえも定かではない。本研究は、この止水域、通称「笹鼻池」の陸水学的な性状について報告し、今後の笹鼻池の管理のための議論に資することを目的とする。

## 2. 観測結果

### 2-1. 湖盆の形態

現在の笹鼻池は1.9 ha、池は渇水期には3つの湖盆に分かれ、豊水期の最大水深は3.9 mに達する。

### 2-2. 水位の季節変動

2年間の水位観測により、冬季に水位が上昇する積雪地域型の水位変動を示すことが明らかになった。

### 2-3. 成層と底層酸素濃度

夏季に明瞭な水温成層が発達する。成層は浅い池沼に見られる一時的な日成層ではなく、底層までの循環は起きない。そのため、底層の酸素濃度は、終日 $1.0 \text{ mg L}^{-1}$ を上回ることがない。成層は秋から冬にかけて解消される。

### 2-4. 水色と水中での光の減衰

水色は季節により変化する。茶褐色の水色は春から秋までの期間であり、冬季には澄んだ青色系の水色になる。湿地の他の水深の浅い水域と異なり、腐植だけで水色が決定されるのではなく、浮遊藻類の寄与もあるものと考えられる。

光の消散係数（ $k$  値）は、浮遊藻類が多い時期の $4 \text{ m}^{-1}$ から少ない時期の $1 \text{ m}^{-1}$ まで変動する。

### 2-5. 水質の特徴

一般的な腐植栄養型湖沼と比較し、表層、底層のpHが7以上になる時期が多かった。表層は一次生産による炭酸イオンの消費、底層は湿地北側の基盤である石灰岩からの湧水が影響しているらしい。成層期の硬度の鉛直分布は、水深に従い硬度も増す傾向を示す。

### 2-6. 浮遊藻類の現存量と種類組成

表層水のクロロフィル  $a$  濃度は、 $7 \sim 23 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ であった。成層期には躍層付近に $80 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ を超すクロロフィル極大層が認められた。主要な種類は *Merismopedia* sp. や *Oscillatoria* sp. 等の藍藻類であった。

### 2-7. 堆積物

堆積物は $250 \text{ } \mu\text{m}$ 以下の細砂が重量の97.6%を占めた。植物遺体は0.5%に過ぎない。堆積物中の珪藻遺骸は、小型の *Fragilaria* 属の占める割合が高い。

### 2-8. 一次生産速度

夏期における一次生産速度は、表層では概ね $0.69 \sim 7.41 \text{ mgO}_2 \text{ m}^{-3} \text{ h}$ であった。

## 3. 笹鼻池は在来の湿地生物の生息場の代替となり得るか？

底層の酸素状態や湿地としては異常な高いpHは、在来の水棲生物の生息場としては適当ではないと考えている。

\*長谷川裕弥, 吉澤一家（山梨県衛生環境研究所）

## 1. はじめに

山梨県の山中湖では、1973 年より水質モニタリング（公共用水域調査）を実施している。本湖湖心の TN の年平均値は減少傾向にあり、TP は横ばいで推移している。一方、湖沼などの閉鎖性水域では、長年堆積した汚濁有機物が物理的、化学的要因により、窒素やリンを溶出することが知られており、これが水質改善の進まない要因の 1 つと考えられている。本研究では、水生植物が多く繁茂（有機物が多く堆積）している平野ワンド（図 1）で水質及び底質、間隙水の栄養塩を測定し、底質が水質に与える影響を調査した。

## 2. 調査の概要

2016 年 4 月から 12 月まで毎月 1 回、平野ワンド湖心で表層水と底層水を採取し、JIS 法に従い SS、TN、DTN、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、TP、DTP、TOC を測定した（溶存態は孔径  $0.45\mu\text{m}$  フィルターでろ過）。また、エクマンバージ採泥器で湖心及びヒシ帯、対照区の 3 地点で表層（0～10cm）の底質を採取し、底質調査法に従い乾燥減量、強熱減量、TN、TP、COD を測定した。さらに、遠心分離法により底質から間隙水を抽出し、孔径  $0.45\mu\text{m}$  フィルターでろ過したろ液を JIS 法に従い DTN、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、DTP を測定した。採水する際、湖心及び対照区で水深 1m 毎に溶存酸素(DO)を測定した。

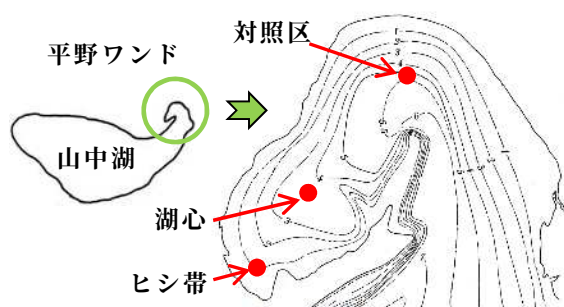


図1 調査地点

## 3. 結果と考察

### 3. 1 水質測定結果

湖心（水深約 3m）と対照区（水深約 5.5m）では、7～9 月に表層水と底層水の間に  $1\sim 2^\circ\text{C}$

の水温差を生じたが、年間を通してほぼ等温だった。7 月に対照区の底層 DO が  $2.6\text{mg/L}$  まで低下したが、他の時期は  $5\text{mg/L}$  以上だった。以上より、底層は嫌氣的にならず、底質からの栄養塩の溶出は少ないと考えられた。

表層水及び底層水中の TN、TP に季節変動はみられなかった。TN と SS の間には相関関係が得られなかったが ( $R=0.44$ ,  $n=17$ )、TP と SS の間には高い相関関係が得られ ( $R=0.96$ ,  $n=17$ )、懸濁物質に吸着しているリン量が多いと考えられた。TN に対する DTN の割合は 6～57%（平均 18%,  $n=17$ ）、TP に対する DTP の割合は 8～27%（平均 16%,  $n=17$ ）であり、植物プランクトンや水生植物に利用できる溶存態の窒素やリンは全量の 2 割程度だった。

### 3. 2 間隙水と底質測定結果

3 地点の間隙水 DTN の季節変動をみると、春期は各地点の濃度差がなかったが、夏期にヒシ帯の濃度が爆発的に上昇した（図 2）。また、ヒシ帯の底質の窒素量は、他の地点より約 2 倍高かった。ヒシ帯では水の流れが停滞し、枯れた水生植物は底質に堆積し易い。そのため、他の地点より栄養塩を多く含んでいたと考えられた。この水域の底層が嫌氣的になると水質環境が悪化すると考えられた。

3 地点の間隙水 DTP の季節変動をみると、夏期に濃度が減少し、冬期に濃度が上昇した。これは夏期に植物プランクトンや水生植物が増加し、リンの消費量が増えたためと考えられた。

底質中の TN、TP、COD に季節変動はみられず、強熱減量との間の相関は低かった。

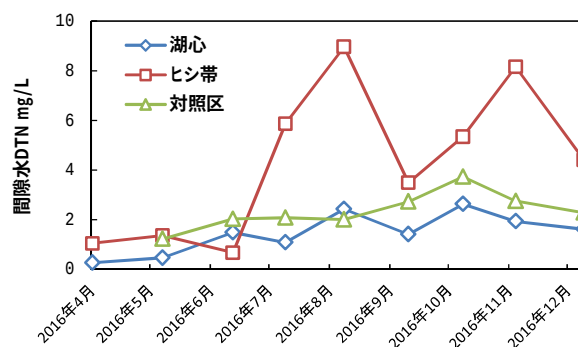


図2 間隙水 DTN の季節変動

## フルボ酸鉄シリカ資材設置による ヨシ帯土壌の砂質化および生物相の変化

\*上野 薫 (中部大・応生), 東 優汰 (中部大・応生),  
坂野一博 (NPO 法人 藤前干潟クリーン大作戦)

### 1. はじめに

ヨシは河川や湖沼の護岸浸食防止機能や水質浄化機能、野生生物の住处となる生育生息機能を備えている重要な植物である。近年、愛知県の庄内川河口域ではヨシ群落の衰退が問題視されている。これまでの調査から、衰退要因として貧酸素かつ強還元条件であり硫化水素濃度が高く、有機物および粘土分の多い土壌環境が挙げられたが、具体的な生育土壌の改善策は見出されていない。有明海で行われたフルボ酸鉄シリカ資材を用いた底泥浄化の現地実験(渡辺ら, 2016)では、設置3ヵ月後に光フェントン反応によりヘドロの分解と土壌の砂質化、アサリの生育環境が改善されたと報告されている。本研究では、ヨシの生育環境改善を目指し、同様の資材を設置することで同様の効果が得られるのかを確かめる実験を行ったので報告する。

### 2. 材料と方法

調査地は愛知県名古屋市庄内川河口域中堤地区(河口から0.45km地点)とし、上流側から、対照区、海砂のみ(3kg)を設置した砂区、フルボ酸鉄シリカ資材(フルボ酸鉄シリカ資材:海砂=1:1計6kg)を設置した資材区の計3区とした。調査地では、5×5m方形枠を設置し、8月に設置前、設置から3ヵ月後の11月に設置後の理化学性、生物性分析用の土壌を採取し、以下の調査項目を測定した。土性(篩別法+沈降分析)、土粒子密度、ケイ酸(モリブデン青法)、溶存態炭素(DOC)、懸濁態炭素(POC)、強熱減量(Li) ベントス調査。また同時に、現地調査を行い、ORP、硫化水素濃度を測定した。

### 3. 結果と考察

強熱減量は全ての地点で設置後に増加傾向を示し、ヘドロの分解という意味での資材の効果は認められなかった。土粒子密度は、対照区では設置前が高く、砂区と資材区では設置後が高かった( $P<0.05$ )。粒度分布は、全体的に設置前と変わらず、粘土とシルトで8割以上を占めている地点が多かった。対照

区では設置前後で粒度の構成がほとんど変化せず、砂区と資材区は設置後に陸地側で中砂分の割合が増加していた。砂区と資材区の土粒子密度との関係性から考えると、上流側の区画から中砂分が、生分解性の袋から海砂が漏れ出して堆積した可能性がある。

ORPは設置後で対照区がより還元化し、砂区と資材区では設置後は酸化傾向にあった。また、硫化水素濃度は設置後に各区で上昇したが、砂区と資材区では対照区に比べ上昇は抑制傾向にあった。過去のORPと硫化水素濃度の調査結果では、ORPは夏から秋に還元化し、硫化水素濃度は、夏から秋にかけて高濃度化していた。過去の季節変動とは異なる挙動をしていたことから、この項目では砂と資材の効果が生じていた可能性がある。ケイ酸濃度は全ての地点において設置後に低下しており、設置後での巻貝による珪藻類捕食や珪藻の枯死が要因と考えられた。ベントス調査では資材設置前でゴカイ類が多く、設置後は巻貝が多かった。調査区内にはトビハゼが多く、これらはゴカイ類などを捕食し、繁殖期は6月下旬~8月である。そのため、11月の中旬から下旬では、夏期に個体数が増加したトビハゼにより、多くのゴカイが捕食され、個体数が減少した可能性がある。また設置後の表層において、カワザンショウガイが多く確認され、その殆どが生存個体であった。これら巻貝は、底生微細藻類や海水中の植物プランクトンを主な餌資源として利用するため、早春から夏期に餌資源である藻類を捕食した結果、個体数が増加したと考えられた。

### 4. まとめ

フルボ酸鉄シリカ資材の顕著なヘドロ分解効果は認められず、設置後での変化の多くは季節変動によるものと考えられた。本調査地の溶存酸素量は極めて低いため、光フェントン反応に必要な酸素が乏し、渡辺ら(2016)と同様の3ヵ月間の設置実験でも効果が認められなかった可能性が高い。

## 【企業展示】

会場：環境理工学部 2 階 I 会場（215 講義室）

展示期間：10 月 7 日（日）－8 日（月）

### 参加企業・団体

環境システム株式会社

JFE アドバンテック

スリーエス・オーシャンネットワーク株式会社

ワイエスアイ・ナノテック株式会社

# マイクロプロファイラー

## 次世代ー水質計自動昇降装置

### 【測定項目】

水温 電導度 pH-ORP 溶存酸素 濁度  
クロロフィルa フィコエリスリン  
アオコ（フィコシアニン）  
塩素イオン 水中光量子 など 全 15 項目

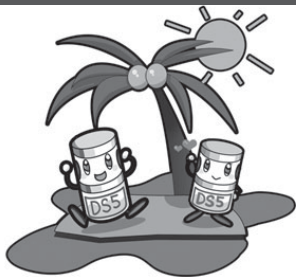
アオコやカビ臭問題  
精度高い水質計測が  
問題解決への近道です。

1 計測 10cm 毎 (5 データ) 最大 100m まで

### 【電源】

太陽電池 標準 200W 1 枚

[www.hydrolab.co.jp/](http://www.hydrolab.co.jp/)



[sales@hydrolab.co.jp](mailto:sales@hydrolab.co.jp)

## 環境システム株式会社

〒660-0083

兵庫県尼崎市道意町7-1-3ARICビル624号

電話 06-6657-5130 FAX 06-6657-5131

# 燐光式DOセンサー **RINKO®**

当社独自開発の光学式DOセンサーにより、フィールドでの水質測定が大きく前進します。RINKO®は90%応答時間が1秒以内という世界最高性能(2008年当社調べ)を有し、従来困難であったプロファイル観測や長期自動観測において高精度なデータが確実に得られます。

## **RINKO®の特長**

☆レスポンスタイム(90%): 1秒以内※<sup>1</sup>

☆高分解能:< 0.04%

☆酸素無消費検知方式: 攪拌不要

☆メンテナンス容易: 検知膜交換可能

☆キャリブレーション容易

☆メーカーサポート充実: 100%国産品

☆JIS K 0102 に準拠※<sup>2</sup>

※<sup>1</sup>: ARO-PR, RINKO W除く

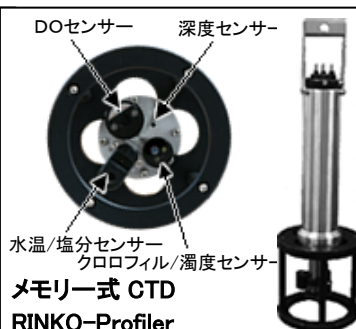
※<sup>2</sup>: 有線式センサー除く



ワイパー式メモリーDO計  
RINKO W



小径プローブ DO 計  
ARO-PR



DOセンサー 深度センサー  
水温/塩分センサー クロロフィル/濁度センサー  
メモリー式CTD  
RINKO-Profiler



クロロフィル/濁度センサー  
深度センサー DOセンサー  
水温/塩分センサー pH/ORP  
センサー  
直読式総合水質計  
AAQ-RINKO



小型メモリーDO計  
RINKO I / ID



有線式 DO センサー  
RINKO II / ID



アナログ出力 DO センサー  
(耐圧 7,000m)  
RINKO III



**JFE アドバンテック 海洋・河川事業部**

URL <http://www.jfe-advantech.co.jp/>

本 社 〒663-8202 兵庫県西宮市高畑町 3-48

TEL.0798-66-1783 FAX.0798-66-1654

東京本社 〒111-0051 東京都台東区蔵前 2-17-4JFE 蔵前ビル 2F

TEL.03-5825-5589 FAX.03-5825-5591

東北支店 〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町 1-3-1TMビル 2F

TEL.022-711-7535 FAX.022-711-7534

e-mail [ocean@jfe-advantech.co.jp](mailto:ocean@jfe-advantech.co.jp)(大阪営業部) [ocean-tokyo@jfe-advantech.co.jp](mailto:ocean-tokyo@jfe-advantech.co.jp)(東京営業部)



沿岸、湖、河川で連続水質分析データ観測、データはPC、iPhone などへ転送

## W I Z 水質分析現場プローブ



### 観測対象例

- ・アンモニア (N-NH<sub>3</sub>)
- ・オルトリン酸塩(P-PO<sub>4</sub>)
- ・硝酸塩 + 亜硝酸塩 N-(NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>)
- ・硝酸塩 (N-NO<sub>2</sub>)
- ・全リン酸 (P)
- ・全窒素 (N)
- ・化学的酸素要求量/全有機体炭素量 (COD/TOC)
- ・生物化学的酸素要求量 (BOD)
- ・濁度/全浮遊物質量 (TSS)
- ・Cr<sup>6+</sup>/Fe<sup>2+</sup>/Ni<sup>2+</sup>/Cu<sup>2+</sup>/Zn<sup>2+</sup> など



### スリーエス・オーシャンネットワーク株式会社

〒136-0073 東京都江東区北砂4-19-30-1119

TEL : 03-3646-6692 FAX : 03-3646-6732

e-mail : sales@3s-ocean.com URL : <http://www.3s-ocean.co.jp>

## ～ ハンディメータから AUV まで ～

### AUV (自律式水中航行体)

ECOMAPPER AUV

i3XO Eco Mapper / Autonomous Underwater

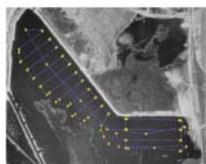


予め設定した航行プランで水中自律航行を行い、

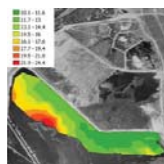
- ・多項目水質マッピング
  - ・高解像水底地形探査
  - ・3D 流速分布プロファイル、デジタルビデオ映像 等
- 多くの情報を得ることができます。



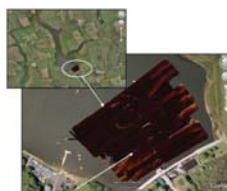
大変、小型です



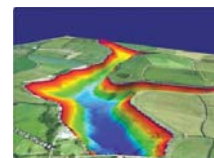
航路設定 PC 画面



水質マッピング



サイドスキャン地形



マルチビームスキャン地形

### 3 次元流向・流速/地形探査装置- River Surveyor

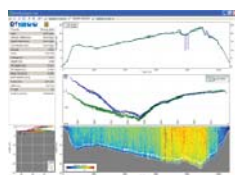


River Surveyor センサ部

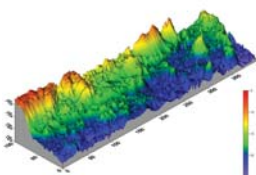
- ・3 種の周波数(0.5/1/3MHz)超音波による、流速分布・地形探査の次世代メソッド
- ・RTKGPS とのシステム連動にて高精度な流速、地形、流量計測を実現します。



トリマランによる曳航計測



断面流速・地形データ



3D ボトム地形解析

### GPS 搭載・メモリ式 CTD 計 CastAway !

- ・ハンドサイズの超小型 CTD
- ・業界初！ GPS をビルトイン
- ・Bluetooth データ転送



重量  
わずか 450g



スタイラスペンでスタート  
GPS 測位後、CastAway !

### ハンディ多項目水質計 Pro DSS



ケーブル長最大 100m !



多項目センサヘッド

水温・電導度・塩分・蛍光式 DO  
pH・ORP・濁度・クロロフィル・シアノバク  
テリア・NH4-N・NO3-N・CL-

### 多項目水質計 EXO シリーズ

- ・メモリー観測、直読観測のハイブリッドな使用が可能 !
- ・電極自動洗浄ワイパ搭載



水温・電導度・塩分

蛍光式 DO・pH・ORP

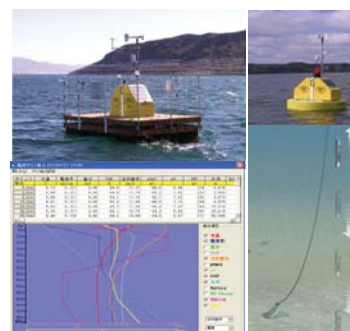
濁度・クロロフィル

アオコ(シアノバクテリア)

NH4- ・ NO3- ・ CL-

### 鉛直水質プロファイラー VPS シリーズ

- ・多項目水質計を自動昇降し、リアルタイムにデータ伝送
- ・世界最小/最軽量クラス
- ・電源はソーラパネルで OK !



ワイエスアイ・ナノテック株式会社

〒210-0023 川崎市川崎区小川町14-19

TEL 044-222-0009

FAX 044-222-1102

www.xylem-analytics.jp

xylem  
Let's Solve Water

## ロギング機能内蔵水位計 CRS45X シリーズ



CRS45X は川底に設置するだけで水位の計測が可能です。  
データはセンサーに蓄積され、PC で回収します。  
電池寿命は 5 年間なので長期間の観測にも適しています。

## レーダー式水位計 CS475



CS475 はレーダー式の水位計です。センサーから発せられたマイクロ波が水面に当たり、跳ね返ってくるまでの時間をもとに水位を計測します。  
センサー自体は水面上に設置するため、大雨時の増水による川への流入物、水質汚濁による影響を受けません。また、メンテナンスアクセスも容易です。  
計測値はデータロガーで記録します。

## 自動採水器 PVS5120C/D



PVS5120C/D はポータブル型の自動採水器です。  
タイマー設定による自動採水はもちろん、キャンベル社データロガーを組み合わせることにより、水質の変化（濁度、PH、溶存酸素等）、自然環境の変化（気温、降水等）が発生した際に、採水を行うことが可能です。  
最大で 1L×24 回の採水に対応しております。  
最大のメリットは、専用真空式ポンプの採用により、従来の採水器と比較して、ほぼメンテナンスフリーで採水能力が持続します。

## PONSEL 各種水質センサー



フランスに本社を置く AQUALABO 社の PONSEL シリーズは、屋外での水質計測に特化したセンサーを多種取り揃えております。  
海外では河川管理、湖沼管理、養殖産業、海洋調査他、多くのフィールドで採用実績がございます。  
計測項目は溶存酸素、PH、ORP、だく度、電気伝導度をはじめ、多くの計測項目を網羅しております。  
センサー毎に計測項目が異なっており、ご希望の計測項目に適したセンサーを選択できます。  
また、多項目を同時に計測できるセンサーもございます。  
センサーは全てデジタル出力（SDI-12/RS-485）で、データロガーで記録、制御を行います。  
キャンベル社のデータロガーと組み合わせることにより、よりフレキシブルな条件下での計測が可能になります。  
PONSEL センサーでの計測をより容易に導入するために、携帯型のハンディディスプレイをご使用頂くことで、計測値をリアルタイムで表示、記録することが可能です。  
センサーはいずれも低消費電力のため、商用電源が使用できない環境でも、ソーラーパネルによる運用で、長期間の定点計測が可能です。

お問い合わせ先は

キャンベル社 センテック社 日本総代理店



**太陽計器株式会社**

[http:// www.taiyokeiki.co.jp](http://www.taiyokeiki.co.jp)

170

**2018/10/15 より新社屋に移転します！**

〒335-0015

埼玉県戸田市川岸 3-2-5

NK ビル戸田公園

E-mail: [info\\_csi@taiyokeiki.co.jp](mailto:info_csi@taiyokeiki.co.jp)