

## 1. はじめに

長野県環境部の調査によると、野尻湖をはじめとしたいくつかの県内湖沼で COD の漸増傾向がみられており、環境基準の達成には至っていない。これまでの研究成果として COD 漸増に溶存態有機物(DOM)の寄与が大きいことが示唆されたことから、DOC 濃度の季節変化やその分解特性、特に栄養塩添加が有機物分解に与える影響を調べた。

## 2. 材料と方法

### 2-1. DOC 濃度

研究対象は野尻湖、大座法師池、木崎湖(湖心)、中綱湖、女神湖、白樺湖とした。このうち、野尻湖、木崎湖、女神湖で COD の漸増傾向がみられている。各湖沼の湖水は 2015 年 5 月～2016 年 6 月まで、冬季を除いて約 2 カ月おきに採取した。採取時に携帯用 EC/pH 一体型メーターを用いて水温、EC、pH を測定した。採取した湖水はポリカーボネート製ビン(PC ビン)に入れ、氷冷下で実験室に持ち帰った。湖水は 420°C で 3h 加熱して有機炭素を除去したガラス濾紙(Whatman GF/F、粒子保持能 0.7 $\mu$ m)でろ過し、Chl.a 濃度、DOC 濃度、NO<sub>3</sub>-N 濃度、PO<sub>4</sub>-P 濃度を測定した。

### 2-2. 湖水中有機物の分解試験

分解試験用の湖水は、木崎湖湖心の表層(0m)および底層(25m)において 2015 年 9 月に採取した。持ち帰った湖水をろ過のまま 1L PC ビンに 500ml ずつ分注し、Control 区、P 添加区、N・P 添加区(n=2)を用意した。栄養塩添加源には KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> と KNO<sub>3</sub> を用い、それぞれの湖水中での濃度が 0.1mgP/L、1mgN/L となるように添加した。好気状態、暗条件下で振とう器で攪拌しながら室温 22 $\pm$ 2°C の恒温室で 120 日間培養した。一定期間ごとに一部を採水し、ろ過した後に DOC 濃度を測定した。

## 3. 結果

### 3-1. DOC 濃度

白樺湖を除く湖沼で 2015 年 5 月から 10 月にかけて DOC 濃度は上昇し、12 月にかけて低下した。白樺湖では 8 月に DOC 濃度が最大となった。その後、木崎湖、野尻湖、中綱湖では 2016 年 6 月まで緩やかな低下傾向を示しながら低濃度で推移したが、女神湖、白樺湖では 2016 年 4 月から 6 月にかけて上昇した。大座法師池では目立った季節変化は見られなかった。

### 3-2. 湖水中有機物の分解試験

表層の最終分解率は Control 区で 5%、P 添加区で 14%、N・P 添加区で 18%であった。一方、底層の分解率は Control 区で 57%、P 添加区で 58%、N・P 添加区で 55%であった。期間全体を通しては、N・P 添加区で最も DOC 濃度が低下する傾向となった。

## 4. 考察

### 4-1. DOC 濃度

2015 年 5 月から 10 月にかけて DOC 濃度が上昇したのは、水温の上昇により湖水表層での藻類生産が活発になったためと考えられる。また、2015 年 8 月、2016 年 6 月には Chl.a 濃度と DOC 濃度に正の相関がみられた(それぞれ R =0.65, R =0.79)。また、2015 年 12 月には Chl.a 濃度と DOC 濃度に強い負の相関がみられた(R =0.86, 中綱湖除く)。ほとんどの湖沼で Chl.a 濃度が 10 月に最大となることに加え、水温の下がる 10 月頃から藻類が枯死し、細胞組織中の糖類やタンパク質が湖水中に溶出する量が増加したために 12 月に枯死した藻類起源の DOC が多く存在したと考えられる。

### 4-2. 湖水中有機物の分解試験

表層では P 添加区および N・P 添加区で有機物分解が促進されたことから、N および P が制限要素になっていることが示唆された。一方、底層では Control 区と栄養塩添加区で最終的な分解率に差は見られなかったことから、N および P が制限要素になっている可能性は低いと考えられた。

\*加藤季晋（島根大院・総理、島根県保環研）、菅原庄吾（島根大院・総理）、  
神谷宏（島根県保環研、島根大・汽水セ）、江川美千子（島根大院・総理）、  
清家泰（島根大院・総理、島根大・汽水セ）

## 1. はじめに

中海は日本海と狭い水道（境水道）でつながっている汽水湖で、潮汐の影響を受けて物質交換が起こる。また、日本海からの海水の流入により強固な塩分躍層が形成される。中海の湖心付近では、夏季に日本海からの海水の流入による溶存酸素の供給により底層に蓄積した  $\text{NH}_4^+$  が酸化されるが、水深 6 m 付近は光が届くぎりぎりの深度であり、硝化の光阻害が生じ  $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$  の反応が阻害され  $\text{NO}_2^-$  が蓄積されることが知られている（清家ら, 1997）。

本研究では、新たな窒素循環プロセスであるアナモックス反応に着目した。アナモックス反応は、ヒドロキシルアミン ( $\text{NH}_2\text{OH}$ ) と  $\text{NH}_4^+$  が反応して中間体であるヒドラジン ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) を形成し、この  $\text{N}_2\text{H}_4$  から分子状窒素 ( $\text{N}_2$ ) を形成して系外に放出するものである。この  $\text{N}_2\text{H}_4$  から  $\text{N}_2$  への脱水素反応のとき、 $\text{NO}_2^-$  の還元により生成した  $\text{NH}_2\text{OH}$  と  $\text{NH}_4^+$  が反応して再び  $\text{N}_2\text{H}_4$  が形成されることもアナモックス反応の特徴である。中海では、夏季に  $\text{NH}_4^+$  と  $\text{NO}_2^-$  が蓄積するため、アナモックス反応による窒素除去が活発に起きている可能性がある。

本研究の目的は、アナモックス反応の中間体である  $\text{NH}_2\text{OH}$  と  $\text{N}_2\text{H}_4$  の環境水中での挙動からアナモックス反応を確認することにある。そこで、当研究室で確立した  $\text{NH}_2\text{OH}$  定量法及び  $\text{N}_2\text{H}_4$  定量法を用い、中海において同時定量を行い、経月変化を観察した。さらに、中海におけるアナモックス反応の有無や窒素除去率を解明するため培養実験を行い検討した。

## 2. 方法

$\text{NH}_2\text{OH}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ : 現場で  $\text{NH}_2\text{OH}$  及び  $\text{N}_2\text{O}$  測定用試料水を 70 mL バイアル瓶にそれぞれ密封し、 $\text{NH}_2\text{OH}$  測定用試料水にはフェノール溶液と  $\text{NaClO}$  溶液を添加したあと実験室に持ち帰った。 $\text{N}_2\text{O}$  測定用試料水にはホルマリンを添加後、実験室に持ち帰った。実験室では、試薬を添加した試料水に  $\text{N}_2$  ガスで気相 40 mL を作り、気液平衡の状態にした後、気相試料をガスクロマト

グラフ (Shimadzu GC-14) により測定した。

$\text{N}_2\text{H}_4$ : 現場で 50 mL プラスチックシリンジに試料水を採取し、ろ過後、*p*-ジメチルアミノベンズアルデヒド溶液を添加し発色させた。発色させた試料水を Sep-Pak C18 カードリッジに通水し、吸着させて持ち帰り、実験室にて塩酸・エタノール混合溶液で溶離し、分光光度計 (Shimadzu UV-1800) で 457 nm にて吸光度を測定した。

## 3. 結果と考察

中海湖心の底層（湖底上 0.5 m）の 2014～2015 年の溶存無機態窒素の経月変化から、2014 年は夏季に海水の流入と光阻害による  $\text{NO}_2^-$  の蓄積が確認された。また、アナモックス反応のもう一つの基質である  $\text{NH}_4^+$  や中間体である  $\text{NH}_2\text{OH}$  と  $\text{N}_2\text{H}_4$  も夏季の  $\text{NO}_2^-$  の蓄積時に増加した。中海湖心では夏季に海水の流入と光阻害による  $\text{NO}_2^-$  の蓄積によってアナモックス反応が生じていることが確認された。一方、2015 年の  $\text{NO}_2^-$  の蓄積は 10 月から 11 月と 2014 年よりも遅く観測された。この時、アナモックス反応の中間体である  $\text{NH}_2\text{OH}$  と  $\text{N}_2\text{H}_4$  も低く検出されたことから、2015 年はアナモックス反応の活性が低かったものと考えられる。中海湖心において  $\text{NO}_2^-$  の蓄積する時期がアナモックス反応による窒素浄化にとって重要であることがわかった。

アセチレン阻害法を用いた中海湖心の底層水の培養実験の結果は、培養開始 3 日目にアナモックス反応の中間体である  $\text{NH}_2\text{OH}$  と  $\text{N}_2\text{H}_4$  が増加していたことから、アナモックス反応を確認できた。また、アセチレン阻害法を併用したことでアナモックス反応による窒素除去量を推定することができ、今回の培養実験では約 6 割がアナモックス反応によって除去されたものと推察された。

中海の窒素循環において、これまで一般的な脱窒による窒素除去のみしか考えられていなかった。しかし、本研究により夏季に  $\text{NO}_2^-$  が蓄積する中海底層においてアナモックス反応による窒素除去も重要な役割を果たし、中海の自然浄化としてアナモックス反応が深く関わっているものと考えられる。

1P-3

Web 公開不希望

熱分解及び熱脱着 GC/MS を用いた琵琶湖北湖底質中有機成分の動態解析

\*村山耀平<sup>1</sup>, 津田 瞳<sup>1</sup>, 布施泰朗<sup>1,2</sup>, 岡本高弘<sup>3</sup>  
奥居紳也<sup>3</sup>, 早川和秀<sup>3</sup>, 柄谷 肇<sup>4</sup>, 山田 悦<sup>1,2</sup>

1. 京工織大院・工芸, 2. 京工織大・環境科学セ, 3. 滋賀県琵琶環研セ, 4. 京工織大・分子化学系

1. はじめに

近年、琵琶湖では、温暖化の影響による成層期の長期化等に伴う深水層における溶存酸素量 (DO) の低下と底質環境への懸念されている。今年 2016 年には例年 1~2 月に観測される全循環が 1 か月以上遅延し、3 月末に観測されるなどの事象が発生している。しかし、湖底の低酸素化による有機成分の動態への影響に関する報告は少ない。そこで本研究では、湖底質中有機物量を前処理なく熱分解 GC/MS を用いて測定する半定量分析法を開発し、有機物の動態解析に用いた。また、熱脱着 GC/MS を用いて底質中の脂肪族炭化水素の起源解析についても検討した。

2. 材料と方法

底質試料は 2015 年 5 月、8 月、10 月及び 2016 年の 2 月 5 月に滋賀県の環境基準点である琵琶湖北湖今津沖中央(St. 17B, 水深約 90m)で不攪乱採泥器及び自作の浮泥捕集システムを用いて堆積層別に採取し、2015 年 5 月、10 月及び 2016 年 5 月試料を湖底環境シミュレーション実験(2015 年: 120 日間, 2016 年: 30 日間, 60 日間, 120 日間)に用いた。同実験では、pH 7、水温 7°C、溶存酸素量を 2015 年は 0, 2.6, 10 mg/L、2016 年:は 0 mg/L に制御し、直上水は St.17B 85m 濾過水と交換して行った。底質コアは採泥直後とシミュレーション実験後の試料を堆積層別(Layer 1: 0-1 cm, Layer 2: 1-2 cm, Layer 3: 2-4 cm, Layer 4: 4-10 cm, Layer 5: 10-20 cm)に分離し、それぞれの底質試料及び間隙水中の化学成分を分析(TOC 分析、蛍光 X 線分析、TD, Py-GC/MS 分析、3 次元蛍光分光光度法)し、シミュレーション実験前後で比較解析した。TD, Py-GC/MS 分析については、底質乾燥試料を前処理なしで測定を行い、国立環境研究所提供の湖底質標準試料(NIES No.31 霞ヶ浦)と比較して相対評価した。

3. 結果と考察

熱脱着(TD)GC/MS で得られた脂肪族炭化水素(Alkanes)を 2015 年及び 2016 年のシミュレーション実験前試料と比較すると、2016 年の方が Layer 1~4 で最大で 2 倍程度の高い値を示した。2015 年 5 月のシミュレーション実験前後試料(DO: 0, 2.6, 10 mg/L)の熱分解(Py)の結果を比較すると、DO 2.6 mg/L において最も大きな変化を示し、脂質起源(Alkanes, Alkenes)は Layer 4 で 30%の減少(Fig. 1 A)、ポリフェノール/リグニン起源(Benzene, Toluene, Xylene)は Layer 1 で 35%の増加、タンパク質/アミノ酸起源(Pyridine, Methylpyrrole)は Layer 3 で 55%の増加など大きな変化を示した。また、DO 0 mg/L ではポリフェノール/リグニン起源で増加(4~7%)を示したが、脂質起源及びアミノ酸/タンパク質起源は減少傾向(1~20%)を示した。2015 年 10 月試料(DO 0 mg/L)のシミュレーション実験(3 本のコアを使用)では各コアによる違いが認められたが、全ての熱分解生成物量が増加(7~28%)を示した(Fig. 1 B)。これより、2015 年 10 月のシミュレーション実験の結果は 2015 年 5 月(DO 0 mg/L)の結果と異なることから、底質コアの採取時期による影響が考えられた。

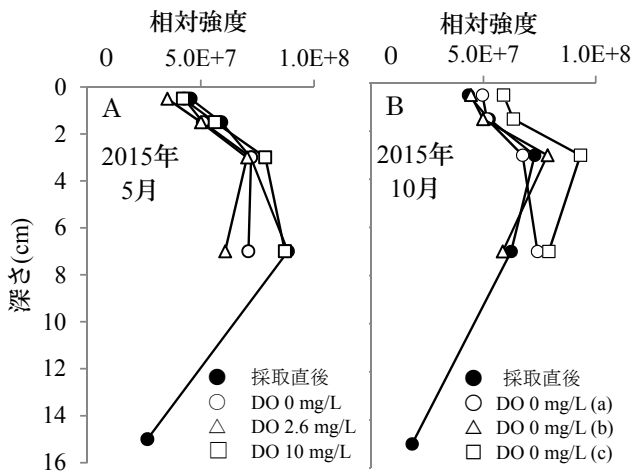


Fig.1 脂質成分の鉛直グラフ

\*初 雪<sup>1</sup>, 村山耀平<sup>1</sup>, 津田 瞳<sup>1</sup>, 布施泰朗<sup>1,2</sup>,  
早川和秀<sup>3</sup>, 柄谷 肇<sup>4</sup>, 山田 悦<sup>1,2</sup>

1. 京工織大院・工学, 2. 京工織大・環境科学セ, 3. 琵琶湖環研, 4. 京工織大・分子化学系

## 1. はじめに

琵琶湖における物質循環については、これまで、窒素循環、リン循環などを中心に検討されてきた。しかし、有機物の物質循環は、地球科学的、化学的及び生物学的な変動要因や有機物の化学組成の変化などからその実態を把握することは困難であった。しかし、有機物の物質循環についての知見は湖内の生態系を保全する上で不可欠である。琵琶湖において大気、流入河川及び沿岸帯等から負荷される多環芳香族炭化水素 (PAHs) が底質に蓄積していることが報告されている。また、PAHs の化学的性質などのため底質中で微生物の影響を受けにくいと推測され、長期にわたり安定に存在していると考えられる。そこで本研究では、PAHs の底質中における化学的安定性について検討すると共に PAHs の水平分布及び堆積層別分布を明らかにすることにより PAHs を指標とした琵琶湖北湖における有機物の動態解析を行うことを目的とした。

## 2. 材料と方法

底質試料は 2015 年 5 月, 10 月, 2016 年 2 月, 5 月, 7 月に滋賀県の環境基準点である琵琶湖北湖今津沖中央 (St. 17B, 水深約 90 m) から長浜港に向けて水深 60m, 40m, 20m 及び 10m の 4 地点、計 5 地点で不攪乱採泥器及び自作の浮泥捕集システム (コア捕集後上部に蓋をするシステム) を用いて堆積層別に採取し、2015 年 5 月の試料については、直上水の溶存

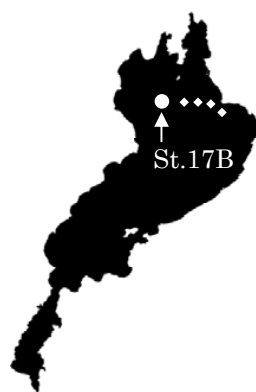


Fig. 1 サンプルング地点

酸素量を制御して約 120 日間シミュレーション実験を行った (Fig. 1)。得られたそれぞれの底質コア (採取した直後とシミュレーション実験終了後の試料) は堆積層別 (Layer 1: 0-1 cm, Layer 2: 1-2 cm, Layer 3: 2-4 cm, Layer 4: 4-10 cm, Layer 5: 10-20 cm) に分離し、それぞれ底質試料及び間隙水中の化学成分を解析した。さら

に、底質乾燥試料から PAHs を溶媒抽出 (ジクロロメタン) し、蛍光検出-HPLC 法で濃度を求めた。また、熱分解及び熱脱着 GC/MS を用いた底質試料の直接分析法により熱脱着成分、熱分解生成物による起源解析も行った。

## 3. 結果と考察

底質乾燥試料中 PAHs の分析法を評価するために St.17B: Layer 5 の試料を用いて再現性を確認した結果、検出された PAHs の変動係数はそれぞれ、Nap: 15.0%, Flu: 23.8%, Phe: 8.2%, Ant: 10.2%, Flt: 10.1%, Pyr: 8.3%, B[a]A: 7.6%, Chr: 9.0%, B[b]F: 21.7%, B[k]F: 19.0%, B[a]P: 20.9%, DA: 5.5%, B[ghi]P: 7.2%, IP: 2.7% であった。また、PAHs 標準試料を底質試料に添加して回収率を求めた結果、Nap: -19%, Flu: 89%, Phe: 117%, Ant: 132%, Flt: 157%, Pyr: 132%, B[a]A: 125%, Chr: 123%, B[b]F: 127%, B[k]F: 37%, B[a]P: 116%, DA: 110%, B[ghi]P: 114%, IP: 48% であった。さらに湖底環境のシミュレーション実験 (DO 値: 0, 2.6, 10 mg/L) で用いた底質コアから得られた堆積層別底質乾燥試料中の PAHs 濃度の変化を求め、変動幅が最小で再現性、回収率ともにより値であり、底質中濃度が比較的高い PAHs の濃度変化を Fig. 2 に示す。B[b]F は化石燃料燃焼由来の大気中浮遊粒子状物質に最も多く存在する試料であり、大気由来の化学成分の指標になると考えられた。また、B[a]A, B[ghi]P は、大気からの負荷が B[b]F よりも低いと推測されるが、底質中で B[b]F と同程度の濃度存在しており、比較的安定に存在している化学指標として評価可能であると考えられた。

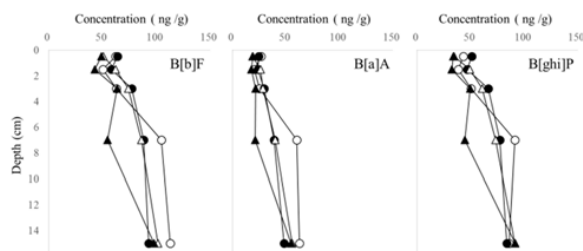


Fig. 2 堆積層別底質試料中 PAHs 濃度のシミュレーション実験 (120 日間) 条件による変化  
○: 採取直後, ●: DO 0 mg/L, △: DO 2.6 mg/L, ▲: DO 10 mg/L

## ダムは水生昆虫の春季羽化ピークにどのような影響をもたらすか：流程地点間での比較

\*赤松真治<sup>1</sup>, 松岡真梨菜<sup>1</sup>, 水守裕一<sup>1</sup>, 谷川緑<sup>1</sup>,  
布野隆之<sup>2</sup>, 一柳英隆<sup>3</sup>, 土居秀幸<sup>4</sup>, 片野泉<sup>5</sup>

(<sup>1</sup>兵庫県立大学 環境人間学部, <sup>2</sup>兵庫県立 人と自然の博物館, <sup>3</sup>九州大学 工学部,  
<sup>4</sup>兵庫県立大学大学院 シミュレーション学研究科, <sup>5</sup>奈良女子大学 理学部化学生命環境学科)

### 1. はじめに

20世紀初頭より治水や貯水等の様々な目的のために数多くのダムが建設されてきたが、この四半世紀の間に、ダムの建設によって様々な問題が引き起こされることが明らかにされてきた。

ダム河川において、河床に生息する水生昆虫の幼虫が流程にそって変化することが知られている一方、陸上へと羽化していく成虫相が、ダム河川流程にそって変化することに着目した研究はほとんどない。これら羽化した水生昆虫の成虫は、羽化地点近辺を飛翔し、鳥類などの高次捕食者に捕食されることで、陸上の食物網へと取り込まれていくことが予想される。幼虫相が変化することから考えると、ダム周辺では、河川から陸上にいたる食物網構造が変化している可能性が考えられるが、そのような研究は全くといってない。そこで本研究では、ダム河川流程における河川と陸上の連続性を考える第一歩とするため、水生昆虫の羽化ピークである初春～晩春期の羽化成虫相を、流程各地点で比較し、どのような分類群が鳥類の餌資源となっているのかを考察した。

### 2. 研究方法

調査は姫路市夢前町に位置する菅生ダム周辺で行った。流程沿いに、上流・ダム湖岸・ダム直下・下流の4地点の採集地点を設け、羽化昆虫を採集した。採集は、2016年3月下旬から5月下旬にかけて7-10日おきに合計9回、パントラップを用いて行った(写真1)。各調査地点では、日没前に、石鹼水を入れたパントラップを3つ設置し、蛍光灯を点灯させて一晩採集を行った後、翌朝回収した。

サンプルは実験室に持ち帰り、冷凍庫で保存した。実験室では実顕微鏡下で目レベル(トビケラ目・カゲロウ目・カワゲラ目・ヘビトンボ目・双翅目・その他)で同定し、湿重量を計測した後70%エタノールで固定した。その後、個体数・湿重量データについて、地点間・調査日間で比較した。

### 3. 結果・考察

調査を開始した2016年3月27日では、全地点で

採集されたのは双翅目のみであったが、次の調査日である4月5日からトビケラ目・カゲロウ目が出現した。ダム直下では、トビケラの個体数・湿重量共に他の地点より常に多く、その傾向は4月下旬で最も顕著だった。

カゲロウ目は主に上流・ダム直下・下流に出現し、多く見られるようになったのは4月23日からであった。その頃は上流を中心に収集されたが、その2日後の4月25日にはダム直下や下流で個体数が増え始め、5月28日のダム直下では個体数・湿重量共に半分以上を占めるまでに増加した。また、カゲロウ目においては、個体数は少ないが重量が大きい上流と、個体数は多いが重量が小さいダム直下・下流という傾向が見られた。ダム湖岸では、調査中においてカゲロウ目が出現する事は殆ど無かった。

5月28日にはダム直下と下流にてヘビトンボ目が採集された。また、同時期に先ほどの二地点でカワゲラ目が小数ではあるが採集された。双翅目は5月8日と5月28日を除き、上流からダム直下にかけて増加し、下流で減少するという傾向が個体数において見られた。

これらの調査結果から、地点間でそれぞれの分類群の消長に違いがあることが示された。ダムの直下でトビケラ目が多かったことは、ダムによる影響と考えられる。



写真1. パントラップ

## 水生昆虫の羽化におよぼす小規模ダムの影響：

## 季節間および流程地点間での比較

\*松岡 真梨奈(兵庫県立大・環境人間),赤松 真治(兵庫県立大・環境人間),  
水守 裕一(兵庫県立大・環境人間),谷川 緑(兵庫県立大・環境人間),  
布野 隆之(兵庫県立人と自然の博物館),一柳 英隆(九州大学・工),  
土居 秀幸(兵庫県立大・院・シミュレーション),片野 泉(奈良女子大・理)

## 1. はじめに

河川に生息する水生昆虫の多くは幼虫期を水域、羽化後の成虫期は陸域で活動する生活史を持つ。水生昆虫を対象としたダムの影響についての研究は幼虫期のみを扱ったものが多いが、実際は河床に生息する幼虫だけではなく、羽化後の成虫にもダムによる影響がみられると考えられる。また、水生昆虫の成虫は、鳥類などの高次捕食者に捕食されることで、水域から陸域へ捕食被食関係等を通じて食物網構造を繋ぐ役目を果たしていると考えられる。ダム河川流程の幼虫相変化をみる限り、成虫相もダム周辺で大きく異なっていることが予想される。そのため、ダム周辺では食物網構造が大きく変化している可能性が示唆されるが、このような着眼点に基づいた研究はほとんどない。そこで本研究では、羽化後の水生昆虫成虫相に及ぼすダムの影響を明らかにすることを目的に野外調査を行い、成虫相をダム流程・調査地点間で比較した。

## 2. 方法

兵庫県姫路市の菅生ダム(夢前川水系菅生川)周辺を調査地とした。このダムは総貯水容量 1950 千 m<sup>3</sup>、堤高 55m の小型のダムである。ダム湖地点を中心にダム上流から下流にかけて 4 地点を定めた(上流地点、ダム湖地点、ダム直下地点、下流地点)。これら 4 地点で、2015 年 5 月から 2016 年 9 月までの間、月に 1 回の頻度でサンプリングを行った。水生昆虫成虫の捕獲には、虫の走光性を利用し虫を集め、石鹼水に落とす仕組みの蛍光灯付パントラップを用いた。持ち帰ったサンプルは冷凍保存し、目レベルで同定を行い、目別個体数と目別湿重量を記録した。同定後は 70%エタノール保存した。

## 3. 結果と考察

サンプルからはハエ目、カゲロウ目、トビケラ目、カワゲラ目、ヘビトンボ目、その他陸生コウチュウ目、チョウ目、カメムシ目等が採集された。

目別個体数の結果より、菅生ダム周辺では春期から秋期にかけて捕獲成虫はダム直下地点で多く、ダム湖地点に少ない傾向がみられた(図 1)。一般に水生昆虫は幼虫期に河川の流れにより下流方向へ流下し、成虫期に上流方向へと遡上飛行を行うことで流下距離を補償していると言われている。ダム直下地点の採取数が調査時期を通じて多いという結果からは、成虫の遡上行動が菅生ダム堤体に阻害され、上流への移動ができずに直下地点に溜まっている可能性が考えられる。

一方、冬期に関しては他の地点では 0~数匹程度しか成虫が採集できなかったが、ダム湖では一定数以上の成虫が採集された。この結果は自然河川には見られない、流水域内に創出された止水域であるダム湖の特異性を示唆していると考えられる。すなわち、冬場のダム湖は捕食者にとっては一定量以上の餌資源を供給する餌場として働く可能性が考えられた。ただし冬期に羽化しているのは主にハエ目であり、湿重量では非常にわずかであった。今後、捕食者にとってどの程度有益な餌資源であるのかなどの検討が必要と考えられる。

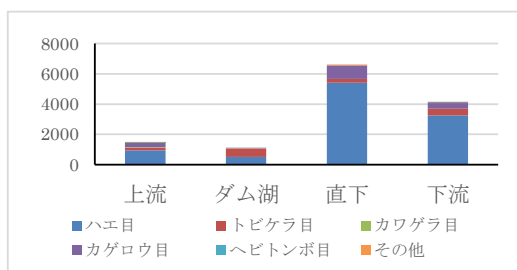


図 1 2015 年 7 月 各地点の目別個体数

## ダム河川流程における流下物および流下プランクトン群集組成の季節変化

\*谷川 緑, 水守 裕一, 松岡 真梨奈, 赤松 真治(兵庫県立大 環境人間), 相馬 理央(兵庫県立大・院 環境人間学), 一柳 英隆(九州大学 工), 土居 秀幸(兵庫県立大 学・院 シミュレーション), 片野 泉(奈良女子大 理)

### 1. はじめに

日本の河川の多くはその流程にダムが設置されており、本来は流水域だった場所にダム湖という止水域が創出されている。ダム湖は、その回転率の遅さ（ダム規模の大きさ）に応じて、植物および動物プランクトンが発生する。本来、これらプランクトンは日本の流水域にはあり得ない餌資源であるため、ダム下流域の生物群集に強く影響していることが報告されている。しかし規模の小さなダム河川においては、下流の生物群集に及ぼす流下プランクトンの影響について詳しく調べた報告はほとんどない。

本研究では、規模の小さな貯水ダムの上下流で流下プランクトンを季節的に採集し、季節間・地点間で比較した。また、小規模ダム河川の生物群集に及ぼす流下プランクトンの影響について考察を試みた。

### 2. 研究方法

兵庫県姫路市の菅生ダム(夢前川水系、流域面積 8.7km<sup>2</sup>)に 7 地点の調査地点を設けた (図 1)。これらの調査地点で、2015 年 4 月・7 月・11 月・2016 年 2 月の計 4 回、野外調査を行った。調査では、植物プランクトン現存量をはかるために採水し、また、プランクトンネット(100 $\mu$ m メッシュ)を使用して、流下プランクトン採集を行った。流下プランクトンサンプルは、冷蔵して実験室に持ち帰った。実験室では、採水サンプルを GF/C フィルターを用いてろ過し、クロロフィル a 量を測定した。また、流下プランクトンサンプルを 200-400 倍で検鏡し、出現した植物プランクトン・動物プランクトンを同定・計数した。各データは単位流量あたりに換算した後、季節間・地点間で比較した。

ン・動物プランクトンを同定・計数した。各データは単位流量あたりに換算した後、季節間・地点間で比較した。

### 3. 結果・考察

7 月のダム湖では *Volvox sp.* が優占して出現していた。また、ダム直下では、*Volvox* に加えて糸状珪藻および附着性珪藻が数多く見られ、更に下流に下ると、徐々に珪藻類の数が多くなっていった。また、11 月では *Volvox* にかわり *Aulacoseira* が優占して出現し明瞭な季節変化を示すと同時に、7 月と同様に、ダムからの流程にそって、*Aulacoseira* の出現割合は変化していた。これらの結果は、ダム湖由来のプランクトンから、河床由来の剥離した附着藻類へと、ダムからの流程にそって流下物が変化していることを示すと考えられる。今後は、11 月・2 月の植物プランクトン・動物プランクトンの同定・計数を行い、ダムからの流程沿い・季節的にどのような変化があるのかを見ていく必要がある。



図 1. 調査地点(St.1~St.7)



## 小規模ダム河川におけるダム・堰堤・支川流入が 底生動物群集に与える影響

\*水守裕一（兵庫県立大学 環境人間），松岡真梨奈（兵庫県立大学 環境人間）  
赤松真治（兵庫県立大学 環境人間），谷川緑（兵庫県立大学 環境人間）  
相馬理央（兵庫県立大学院 環境人間），一柳英隆（九州大学 工）  
土居秀幸（兵庫県立大学院 シミュレーション），片野泉（奈良女子大学 理）

### 1. はじめに

日本の河川の多くにはダムが設置されており，ダム下流では河床に生息する生物の種多様性が低下する問題がいくつか報告されている．しかしこれら報告の多くは，規模の大きなダム河川におけるものである．日本には規模の小さなダムも数多くあるが，これら小規模ダム河川では，ダムによる底生動物群集など生物への影響を論じる報告はもちろん，河床環境に及ぼす影響を論じる報告もほとんどないのが現状である．

そこで本研究では，小規模ダム河川において河床物理環境と底生動物群集を対象とした野外調査を行い，規模の大きなダム河川でこれまでに報告されてきたダム下流生態系への影響が，小規模ダム河川でも見られるかどうかについて考察した．

### 2. 方法

兵庫県姫路市の菅生ダム（夢前川水系菅生川，兵庫県，集水面積 8.7km<sup>2</sup>）の上流地点(St.1)，ダム直下地点(St.3)，ダム下流地点 (Sts.4, 5)，流入支川合流後(St.6)，流入支川(St.7)の 6 地点を調査地点として 2015 年 7 月に調査を行った．調査時には電気伝導度 (EC)，pH などの環境変数を測定の後，附着藻類・流下物・河床材料・底生動物の採集を行った．底生動物の採集にはコドラート付きサーバーネット (50×50cm)を用いて，河床表面から深さ 15cm までを対象として採集しホルマリンで固定して実験室に持ち帰った．実験室ではソーティングの後，1mm 以上の個体について目レベルでの湿重量測定の後，可能な限り細かいレベルまで同定・計数して底生動物変数を算出した．底生動物変数は個体数密度，種数，多様性指数  $H'$ ，摂食機能群 (FFG)，生活型とした．

### 3. 結果・考察

個体数密度はダム直下の St.3 で最も高く，これま

での報告と同様な結果が得られた．しかし一方，種数と多様性指数  $H'$ は，ダム直下地点と他地点で有意な差はなかった．このことから，小規模ダムの下流では種多様性の大幅な低下は起きていないことが示唆された．

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

本研究では，小規模ダムの上流と下流では，群集構造は変わるものの種多様性の低下はほとんど起きていないことが示唆された．ダムのない自然河川では流程にそってゆるやかに群集構造が変化することが予想されるが（河川連続体仮説），小規模ダム河川ではダム下流で種多様性の低下がほぼない状態で急激に群集構造が変化する．このことは，小規模ダム河川においては，ダムの影響によって流域の  $\beta$  多様性が増加するなど，これまで研究されてきた大規模ダム河川での生物群集変化とは異なる変化様式があることを示唆しているかもしれない．今後，さらなる検討が必要と考えられる．

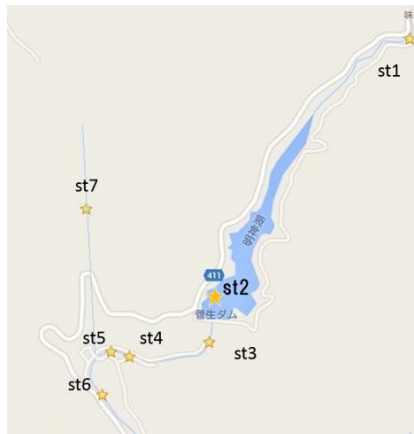


図 1：菅生川における調査地点

## 水棲生物の分布への河川横断構造物の影響 ：環境 DNA 分析の試み

\* 櫻井 翔 (龍谷大院・理工), 三宅 凜太郎(龍谷大・理工),  
本澤 大生, 辻 冴月(龍谷大院・理工), 山中 裕樹(龍谷大・理工)

### 1. はじめに

河川の連続性は水棲生物の移動を容易にし、生息域の確保や生物種が成長段階に適した環境に移るために重要である。しかし、河川には、治水や利水を目的とした堰やダムなどの構造物が多く存在しており、回遊行動を伴う水棲生物の移動の妨げになっている。また、河川横断構造物が水棲生物に与える影響は種や河川横断構造物の大きさ、河川内の環境、また、生物種ごとの遊泳能力や登坂能力に依存して大きく異なる為、各々のケースごとに個別の評価を行う必要がある。

従来、水棲生物の移動分散を把握する為には、標識再捕獲法やテレメトリー分析、直接観察などの手法がもちいられてきたが、いずれも多大な労力や専門的技術が必要である。近年、水棲生物の存在を評価する分析技術として環境 DNA 分析が注目を浴びている。環境 DNA 分析は、水中に含まれている水棲生物由来の DNA を回収・分析することによって生息している生物種を把握する分析技術である。

本研究は、比較的遡上能力が大きく異なると予想されるボラとモクズガニの2種を用いて河川横断構造物の影響を環境 DNA 分析によって評価するパイロットスタディを試みた。

### 2. 材料と方法

対象種は遊泳魚であるボラと、歩脚をもつ甲殻類であるモクズガニの2種を選択した。調査地は、大阪湾への流入河川とし、武庫川では中流から下流部に位置する河川横断構造物16地点と、その他の16本の河川では最下流に位置する河川横断構造物の上流側と下流側で実施した。各地点で500 mLを採水し、すぐさま現場でろ過を行った。なお、フィルターにはガラス繊維製のGF/F (GE ヘルスケア) を使用した。後日、フィルターからDNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen) を用いてDNA抽出を行い、100 µLのDNA試料を得た。

ボラはCytb領域、モクズガニはND5領域を特異的に増幅できるプライマーセット、及びTaqManプローブを用い、リアルタイムPCRで試料水中に含まれている対象種のDNAの有無を確認した。河川横断構造物の上下間におけるDNAの検出頻度の違いを明らかにするために一般化線形混合モデル(GLMM)を用いて比較検討を行った。

### 3. 結果と考察

武庫川において、ボラのDNAは河川の潮止堰から魚道が設置されている河川横断構造物の区間内では連続して検出されたが、魚道が設置されていない河川横断構造物の上流では検出されなかった。一方で、モクズガニのDNAは魚道が設置されていない河川横断構造物を超えた上流側からもDNAを検出することができた。また、大阪湾に注ぐ河川の河川横断構造物の上流側と下流側で比較したところ、魚道が設置されていない河川横断構造物の下流側でボラのDNAが検出されたものの、上流側ではDNAが検出されなかった。しかし、モクズガニに関しては魚道が設置されていない河川横断構造物の下流側と上流側どちらからもDNAを検出することができた。GLMM解析を行った結果、河川横断構造物の上下間において種によるDNAの検出頻度に有意な違いを認めることができた。

これらの結果から、環境DNA分析を用いて河口からの距離や河川横断構造物の数、また魚道の有無によってボラとモクズガニが受ける影響が異なることを示すことができた。このことは、環境DNA分析は河川横断構造物の影響を生物種ごとに評価する指標として利用できることを意味している。今後はより多くの種を対象にしての影響を評価することで、生態学と工学を結びつけ、生態系に影響を及ぼしにくい河川横断構造物の設計に貢献することが期待できる。

\*熊崎悠一（東邦大学・理），成岡知佳（東邦大学・理）  
野原精一（国立環境研究所），千賀有希子（東邦大学・理）

## 1. はじめに

水系腐植物質（AHS）は植物などの生物遺骸に由来する高分子量で共役系の複雑で安定な構造を有している物質であり，溶存有機物（DOM）の多くを占めるといわれている。水域における AHS の機能として，有害金属と錯形成することでその毒性を低減，生物にとって有害な紫外線を吸収し生物を保護，微生物へのエネルギー源や炭素源となることなどが挙げられる。このように，AHS には水域生態系の物質循環や生産性を左右するといった重要性があるにも関わらず，AHS の動態は不明瞭な部分が多い。

本研究では，AHS が多く存在し，様々な水域へそれらを供給する湿原の池澮水を対象に，AHS の量と質を測定した。また，AHS 動態と環境因子との関係を考察した。

## 2. 材料と方法

2015，2016 年 8 月に尾瀬ヶ原の池澮水 39 ヶ所を採水した。溶存有機物炭素（DOC）濃度は全有機炭素測定装置（TOC-2300，平沼産業株式会社）で測定した。AHS の定量は樹脂吸着 - 炭素測定法（Tsuda et al. 2012）により行った。AHS の質は水中溶存有機物蛍光測定装置（Aqualog, HORIBA Scientific）を用いて，EEM 法で測定した。EEM 法とはある範囲の励起波長に対して放出される蛍光を連続的に測定し，DOM 成分を検出する手法である。EEM の測定条件は励起波長（Ex）220～600 nm，蛍光波長（Em）210～620 nm，バンド幅 3 nm，積分時間 0.5 秒とした。多変量解析の 1 つである PARAFAC（Solo+Mia, Eigenvector Research）を用いて，EEM データセットを解析し，成分の特定を行った。また，得られた成分の蛍光強度は 10 µg/L 硫酸キニーネ溶液の Ex/Em=350/450 nm 付近のピークの蛍光強度を 10 QSU（Quinine Sulfate Unit）とし相対的に規格化した。

環境因子として，現場で pH，電気伝導度（D-54, HORIBA Scientific），溶存酸素濃度（DO），水温（HQ30d, HACH）を測定した。クロロフィル *a* 濃度

は，有効保持粒子径 0.7 µm のガラス繊維ろ紙で試料水をろ過し，99%メタノールでクロロフィル *a* を抽出した後，遠心分離を行い，蛍光分光光度計（TD-700, Turner Designs 社）で測定した。また，一般生菌数として，現場で池澮水 1mL を菌数測定用簡易培地（コンパクトドライ「ニッスイ」TC，日本製薬株式会社）に添加し，30°C，暗条件下で 14 時間培養後，コロニー数をカウントした。一般生菌数は，2016 年のみ測定を行った。さらに，池澮面積は globe（国土地理院）を用いて解析した。

## 3. 結果と考察

2015，2016 年の試料における DOC 濃度は 0.6～14.0 mgC/L であった。2015 年尾瀬ヶ原の 25 地点の試料における AHS は 1.0～8.9 mgC/L であり，DOM 全体に占める割合は 46～80% であった。

2015，2016 年の試料における EEM データを PARAFAC により解析した結果（ $n=174$ ），2 種類の AHS 様物質，AHS-1（Ex/Em = <252, 336/485 nm），AHS-2（Ex/Em = <252, 309/406 nm）が検出された（Stedmon and Markager 2005）。

尾瀬ヶ原池澮における AHS-1, 2 の蛍光強度は DO と池澮面積に負の相関（ $p < 0.01$ ）を示した。AHS 分解過程には，微生物と光が関与しているといわれている。また，AHS は一般に高分子で複雑な構造を持つため微生物に利用され難く，AHS 分解には微生物よりも光の方が寄与すると考えられている（Senga et al. *in press*）。したがって，尾瀬ヶ原池澮における AHS は，太陽光下で DO を消費して酸化分解すると考えられた。さらに池澮の面積が大きいほど太陽光を集めやすく，AHS は連鎖的に分解すると推察された。一方で，AHS-1, 2 の蛍光強度は一般生菌数と正の相関（ $p < 0.001$ ）を示した。この結果から，バクテリアは AHS を何らかの代謝過程で利用するのではないかと考えられた。

2016 年の試料を用いたクロロフィル *a* 濃度と樹脂吸着 - 炭素量測定法による AHS の定量については現在検討中である。

## 釧路湿原におけるシカの環境攪乱が栄養塩動態に及ぼす影響

\*金子 命<sup>1)</sup>, 保原 達<sup>1)</sup>, 中谷 暢丈<sup>1)</sup>, 日野 貴文<sup>1)</sup>  
 稲富 佳洋<sup>2)</sup>, 島村 崇志<sup>2)</sup>, 宇野 裕之<sup>2)</sup>, 吉田 剛司<sup>2)</sup>

1) 酪農学園大学, 2) 北海道立総合研究機構環境科学研究センター

### 1. はじめに

大型の草食哺乳動物であるシカは、採食行動を通じて、植物種構成の単純化などの生態系に不可逆的な影響を与えることが世界的に報告されている。また、過剰な採食圧が、間接的に水圏や土壌圏を含めた生態系内の栄養塩動態に影響を及ぼす可能性が指摘されている。これらの知見は、森林や草地生態系に関するものが殆どであり、湿地林や湿原生態系といった土壌が冠水した環境での研究報告は非常に少ない。そこで本研究では、湿原生態系におけるシカの環境攪乱が栄養塩動態に及ぼす影響を解明することを目的とし、近年、シカの環境攪乱が進む釧路湿原において、土壌及び土壌溶液の化学分析を行った。

### 2. 材料と方法

2014年8月に釧路湿原内でも、シカの食害が特に顕著にみとめられた6つの調査地域を設定した。各調査地域では、広葉樹林、湿地林、湿原（低層湿原もしくは高層湿原）の植生タイプに分類したプロットを設定し、それぞれのプロットにおいて土壌と土壌溶液を採取した。土壌については、採取時の水分含有量や有機物分解の度合いに応じて、鈣質土、泥炭土、黒泥土の3つの土壌タイプに分別し、それぞれの窒素無機化特性、可給態リン酸濃度を計測した。土壌溶液については、陽イオン及び陰イオンを計測した。

### 3. 結果と考察

土壌の交換態アンモニア及び窒素無機化速度は、低層湿原で有意に高くなった。また、低層湿原は黒泥土壌を特徴としており、釧路湿原における窒素循環は植生や土壌に依存することが示唆された。また、硝酸は多くの調査地域の土壌及び土壌溶液中で殆ど存在せず、可給態リン酸についても一部地域を除き、低濃度で分布していた。このことから、広域的には釧路湿原におけるシカの栄養塩動態への影響は少ないと考えられた。しかしながら、今後シカの釧路湿原への影響評価を正確に行う上では、より局所的な地域への影響についても注視していく必要がある。

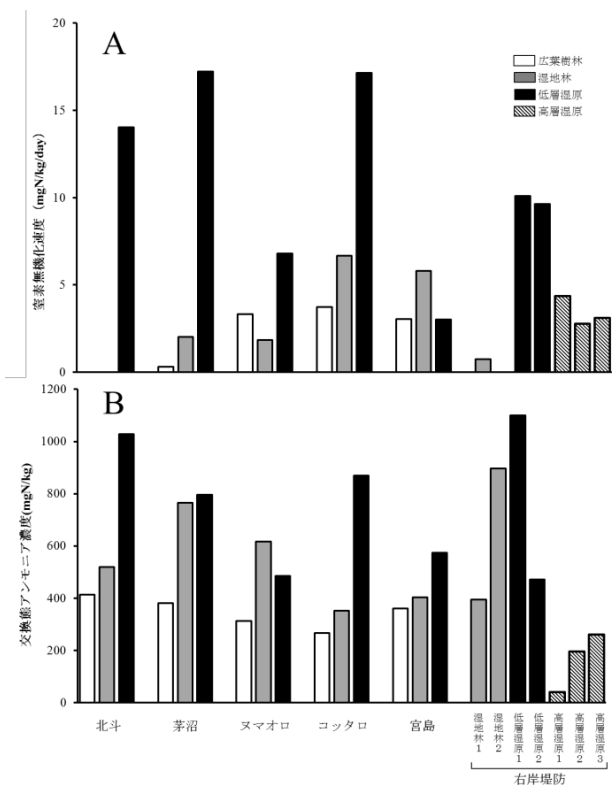


図1. 植生タイプ毎の窒素無機化特性  
 (A:窒素無機化速度 B:交換態アンモニア濃度)

表1. 調査地域毎の土壌及び土壌溶液の諸特性

調査地域	植生タイプ	土壌タイプ	陽イオン (mg/L)					陰イオン (mg/L)		
			Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
北斗	広葉樹林	鈣質土	-	-	-	-	-	-	-	-
	湿地林	泥炭土	12.50	0.12	0.55	0.90	3.15	2.31	N.D.	0.34
	低層湿原	黒泥土	7.20	0.05	0.49	2.18	6.32	2.58	N.D.	0.13
茅沼	広葉樹林	鈣質土	-	-	-	-	-	-	-	-
	湿地林	泥炭土	5.35	0.07	0.77	1.34	8.86	1.73	N.D.	0.56
	低層湿原	黒泥土	17.00	0.08	0.31	1.51	6.97	0.20	N.D.	0.27
スマオロ	広葉樹林	鈣質土	-	-	-	-	-	-	-	-
	湿地林	泥炭土	7.23	0.05	0.51	1.48	5.81	0.44	N.D.	0.15
	低層湿原	泥炭土	8.88	0.14	0.77	1.52	3.97	0.90	N.D.	0.34
コッタロ	広葉樹林	鈣質土	-	-	-	-	-	-	-	-
	湿地林	泥炭土	7.44	0.11	2.58	2.11	11.10	2.52	N.D.	0.22
	低層湿原	黒泥土	6.15	0.15	0.25	1.01	7.76	0.26	N.D.	0.18
宮島	広葉樹林	鈣質土	-	-	-	-	-	-	-	-
	湿地林	泥炭土	7.34	0.76	1.04	2.24	11.40	2.27	N.D.	0.03
	低層湿原	泥炭土	7.60	0.07	0.87	1.78	10.40	4.31	N.D.	0.99
右岸堤防	湿地林1	泥炭土	22.00	0.09	0.72	7.91	32.30	10.43	N.D.	0.07
	湿地林2	泥炭土	24.10	0.04	0.97	1.98	3.84	14.00	0.08	0.56
	低層湿原1	黒泥土	-	-	-	-	-	-	-	-
	低層湿原2	黒泥土	1.86	0.03	0.21	0.71	2.63	0.93	N.D.	0.09
	高層湿原1	泥炭土	3.15	0.05	0.63	1.34	4.34	0.85	N.D.	0.29
	高層湿原2	泥炭土	5.29	0.08	0.60	2.17	11.20	0.73	N.D.	0.19
	高層湿原3	泥炭土	-	-	-	-	-	-	-	-

## 河川及び沿岸域における溶存有機物の時空間変化 — 震災によって創出された塩性湿地の影響 —

\*橋本和磨・福島慶太郎・横山勝英（首都大院・都市環境）

### 1. はじめに

水圏の溶存有機態炭素（DOC）は、炭素循環の中で、河川から沿岸への輸送経路を担う重要な画分であり、水域生態系に影響を与えている。一方、東日本大震災では、地盤沈下の影響で沿岸域に塩性湿地（震災湿地）が創出された。この震災湿地が河川から沿岸に供給される DOC の濃度や蛍光特性に影響を与えている可能性がある。復興の在り方が問題になっている今、震災湿地の影響評価は急務である。

DOC の質的特徴を測定する方法に励起蛍光マトリクス（EEM）があり、EEM の解析手法として、Parallel Factor Analysis（PARAFAC）が近年用いられている。本研究では、震災湿地が DOC の濃度や蛍光特性に与える影響について検討した。

### 2. 研究方法

研究対象地は宮城県気仙沼市舞根地区の西舞根川・東舞根川と舞根湾である。震災湿地は西舞根川と土管 1 本で接続されており、上げ潮時は河川と河口の水が流入、下げ潮時は湿地の水が河口へ流れる。

定期観測として 2013～2016 年に、主に下げ潮時に西舞根川（西上流・西中流・湿地・西河口）と東舞根川（東上流・東河口）の 6 地点で全 12 回、2014～2016 年に、舞根湾内の 3 深度で全 12 回、採水した。2015 年 5 月に、西中流、湿地、西河口で 1 時間間隔の 26 時間の連続採水を行った。採水後は速やかにろ過を行い、TOC 計により DOC 濃度を、分光光度計により EEM を測定した。EEM は、Matlab 上で PARAFAC 解析を行った。

湿地に設置した水位計と、湿地内部のレベル測量で得られた詳細地形から、水位－容積曲線を作成し、湿地の水収支を求めた。水収支に水質項目を乗じて、物質収支を求めた。

### 3. 結果

河川・海・湿地の全試料を対象に PARAFAC 解析を行った結果、5 つの成分に分離された（Table 1）。

連続採水における湿地の水質から、DOC 濃度と腐植

様物質 A・C・M の蛍光強度は、湿地の水位に対応した周期性が見られ、水位が極小となる干潮時に高かった。タンパク様物質 T と高波長側の他生性腐植様物質 A' の蛍光強度は全体を通して一定であった。

1 潮汐における湿地の水収支比 ( $Q_{out}/Q_{in}$ ) と物質収支比 ( $L_{out}/L_{in}$ ) を比較すると (Table 2)、全項目で物質収支比の方が高かった。しかし、物質収支比は項目で異なり、DOC と A・C・M が、T・A' よりも高かった。

### 4. 考察

本調査地の震災湿地は、もともと耕作地であり、津波被災後は落葉落枝やがれきなどの有機物が多く堆積していることが考えられる。以上から、底質における微生物の有機物分解による他生性腐植物質 (A・C) の溶出、植物プランクトンや藻類由来の自生性腐植様物質 (M) の溶出が卓越していることが考えられる。それらは下げ潮時に湿地から流出し、河口に供給されていることが分かった。一方、自生性のタンパク様物質 (T) と高波長側の他生性腐植様物質 (A') に及ぼす影響は小さく、画分によって震災湿地の影響が異なることが分かった。

以上から、震災湿地が形成されたことで、湿地内の有機物動態によって陸域から海域への特定の腐植様物質の負荷が増大したことが明らかとなった。

Table 1 PARAFAC により分離された因子

	Ex/Em (nm)	Coble et al. (1998)	Mostofa et al. (2013)
A	270 (370) <sup>a</sup> / 476	Peak A	他生性 腐植様物質
C	(<260) <sup>a</sup> 370 / 411	Peak C	他生性 腐植様物質
M	310 / 409	Peak M	自生性 腐植様物質
T	<260 / 327	Peak T	自生性 タンパク様物質
A'	<260 / 528	(PeakA) <sup>b</sup>	(他生性 腐植様物質) <sup>b</sup>

<sup>a</sup> 二次ピークを表す。 <sup>b</sup> Peak A に類似。

Table 2 1 潮汐の水収支と物質収支

	$Q_{out} / Q_{in}$	$L_{out} / L_{in}$	$L_{out}^*$	$L_{in}^*$
DOC	1.15	1.59	7591	4767
A	1.15	2.41	5898	2444
C	1.15	1.63	5909	3633
M	1.15	2.09	7145	3422
T	1.15	1.24	7822	6332
A'	1.15	1.17	5867	5027

\*単位はDOC: gC, 蛍光強度: QSU

# 1P-14

## 雨天時の出水による霞ヶ浦への栄養塩負荷と底泥からの栄養塩溶出について

\*金子陽輔、對馬育夫、南山瑞彦 ((国研)土木研究所)

### 1. はじめに

湖沼の水質に影響を与える直接的な汚濁負荷としては、湖沼に流入する河川からの外部負荷、湖沼底泥からの溶出、生物生産等の内部負荷、降雨などが挙げられる。本研究では、霞ヶ浦の流域を対象に、雨天時の外部負荷の要因の一つと考えられる合流式下水道の雨天時越流水(CSO)が放流先に及ぼす影響を調査するため、CSO が流入するポンプ場の上下流の地点で栄養塩負荷量の調査を行った。また、雨天時の流域からの負荷が、栄養塩類の溶出(内部負荷)に与える影響を把握するため、底泥溶出試験を実施した。

### 2. 調査方法

栄養塩負荷量の調査は、CSO が流入する霞ヶ浦流域の A 河川のポンプ場上流 700 m 地点 (St.1) およびポンプ場下流 100 m 地点 (St.2) の河川水 (図 1 参照) の窒素、りん濃度と流量を調査し負荷量を算出した。調査は異なる 2 つの降雨イベントで行い、調査日①では総降雨量 168mm、調査日②では総降雨量 83.5mm であった。

底泥溶出試験に供した底泥は図 1 に示す地点 (St.3~5) で採取した。採取は 2014 年 9 月 (台風通過前) と 10 月 (通過後) の計 2 回行った。湖水を GF/B フィルターでろ過した水を採取した底泥の直上水として用い、嫌気条件 (DO: 1.0 mg/L 以下) および好気条件 (8.0 mg/L 程度) で、20 日間 30°C 暗所で溶出試験を行った。

### 3. 結果と考察

A 河川において、越流水の放流前後の栄養塩負荷量の比較を行った結果を図 2 に示す。雨天時の St.1 と St.2 の栄養塩負荷量を比較したところ、調査日①では越流期間中に St.2 より St.1 の負荷量が上回っており、CSO による影響は見られなかった。一方で、調査日②では越流期間中に St.1 より St.2 の負荷量が上回る結果となり、調査日②では CSO による河川への影響が考えられた。また、調査日①では St.1 と St.2 の SS 負荷量に差はほとんどなかったが、調査日②では St.2 の SS 負荷量が St.1 より大きい結果が得られており、2 つの降雨イベントによるポンプ場からの栄養塩負荷には違いがあると考えられることから、ポンプ場負荷についてより詳細な解析が必要である。

図 3 に溶出試験時の  $\text{NH}_4\text{-N}$  および  $\text{NO}_3\text{-N}$  の溶出速度を示す。嫌気条件下での台風通過後の底質は、それぞれの地点で  $\text{NH}_4\text{-N}$  の溶出速度が増加しており、St.3 で最大であった。これは、St.3 が雨天時に流入河川から運ばれる汚濁物の影響を受けやすいためと考えられる。また、台風通過後の St.3 では、

好気条件下で  $\text{NH}_4\text{-N}$  が多く溶出し、 $\text{NO}_3\text{-N}$  が溶出されなかった。本調査とは別に、霞ヶ浦において降雨が前 1 週間以上なかった日に採取した底泥の溶出試験結果では、好気条件下で  $\text{NH}_4\text{-N}$  がほとんど溶出されず、 $\text{NO}_3\text{-N}$  は溶出されるという傾向が得られており、今回の実験結果ではこの傾向とは異なるものであった。

### 4. まとめ

霞ヶ浦流域の雨天時において CSO が流入するポンプ場の上下流の地点で栄養塩負荷量を調査した結果、降雨イベントによって CSO の影響度が変化していると考えられた。また、雨天時の霞ヶ浦における底泥溶出試験の結果、嫌気条件下では、それぞれの地点で  $\text{NH}_4\text{-N}$  の溶出速度が増加しており、流入河川に最も近い St.3 で最大であったため、流域からの負荷の影響が考えられた。



図 1 霞ヶ浦とその流域河川における調査地点

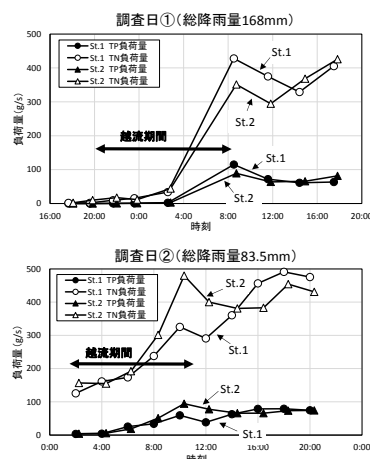


図 2 越流水の放流前後の栄養塩負荷量

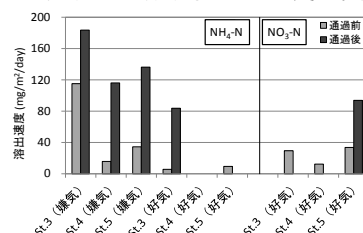


図 3 霞ヶ浦における  $\text{NH}_4\text{-N}$  および  $\text{NO}_3\text{-N}$  溶出速度

## 高濃度酸素水供給装置を用いるダム湖の窒素浄化に関する研究

\*引野愛子 (島根大・院・総理工), 管原庄吾 (島根大・院・総理工)  
 増木新吾 (松江土建株式会社), 江川美千子 (島根大・院・総理工)  
 清家泰 (島根大・院・総理工, 島根大・汽水セ)

## 1. はじめに

水圏において窒素化学種は、微生物による硝化や脱窒等の作用により循環している。硝化とは、好気的な環境においてアンモニア酸化細菌による  $\text{NH}_4^+$  から  $\text{NO}_2^-$  への酸化、および亜硝酸酸化細菌による  $\text{NO}_2^-$  から  $\text{NO}_3^-$  への酸化過程のことである。脱窒とは、微生物による  $\text{NO}_3^-$  の異化的還元過程のことであり、嫌気的な環境において通性嫌気性細菌である脱窒細菌により、 $\text{NO}_3^-$  が  $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  を経て  $\text{N}_2$  ガスとして系外に放出される。そのため、脱窒は水圏の窒素浄化の最終段階を担うことから、非常に重要なプロセスと言える。

島根県の東部に位置する布部ダムでは、水温躍層の発達に伴い底層が貧酸素化し、窒素やリンなどの栄養塩濃度が増加するという問題があった。そこで当研究グループは、2010年から布部ダムの底層の貧酸素状態を改善するため、高濃度酸素水供給装置(松江土建(株)製 WEP システム)による酸素供給を行っている。その結果、湖底からのリンの溶出を防ぐことができたものの、さらなる水質改善にはリンのみならず窒素の浄化も必要である。それには、湖底から溶出した  $\text{NH}_4^+$  を硝化し、さらに脱窒により  $\text{N}_2$  ガスとしての系外への放出が肝要である。また、2015年から、より効率的に酸素供給を行うため WEP システムの自動運転を行っている。

本研究では、水質改善を目的に栄養塩である窒素化学種を  $\text{N}_2$  ガスとして系外に放出する硝化と脱窒について定期観測を通して検討した。また、WEP システムの自動運転による効果の検証を行った。

## 2. 材料と方法

## ・定期観測

観測はほぼ月一回の頻度で行った。北原式採水器を用いて湖水を採水し、現場でろ過後保冷して実験室に持ち帰った。ろ過水中の  $\text{NH}_4^+$  をインドフェノール青法(Sagi, 1966),  $\text{NO}_2^-$  をナフチルエチレンジアミン吸光光度法

(Bendschneider and Robinson, 1952),  $\text{NO}_3^-$  を Cd-Cu カラム還元ナフチルエチレンジアミン吸光光度法(Wood et al., 1967)を用いて定量した。

## 3. 結果と考察

湖底上 1 m における 2014 年 6 月の DO は  $0 \text{ mgO}_2/\text{L}$  であったが、WEP システムを 4 日間稼働し 30 日間停止後の DO は  $2 \text{ mgO}_2/\text{L}$  だった。6 月から 7 月にかけて湖底上 1 m における溶存無機態窒素 (DIN) 濃度が  $1400 \mu\text{gN}/\text{L}$  から  $700 \mu\text{gN}/\text{L}$  まで減少したことから、硝化・脱窒の一連の反応が起こったことが示唆された。また、10 月から 11 月にかけて  $\text{NO}_3^-$  が  $370 \mu\text{gN}/\text{L}$  から  $50 \mu\text{gN}/\text{L}$  まで減少した。これは、WEP システムの停止により嫌気的環境となったことで脱窒が進行したためと考えられる。

一方、WEP システムの自動運転を始めた 2015 年の DIN 濃度は手動運転を行った 2014 年とほとんど変わらなかった。本システムは遠隔操作機能を有するため、現場に行かずとも水質や WEP システムの稼働状況の確認や制御が可能となった。しかしながら、現場の DO を  $1\sim 5 \text{ mgO}_2/\text{L}$  にコントロールするまでには至らなかった。今後、装置の稼働条件の修正により、さらなる窒素の削減が期待できる。

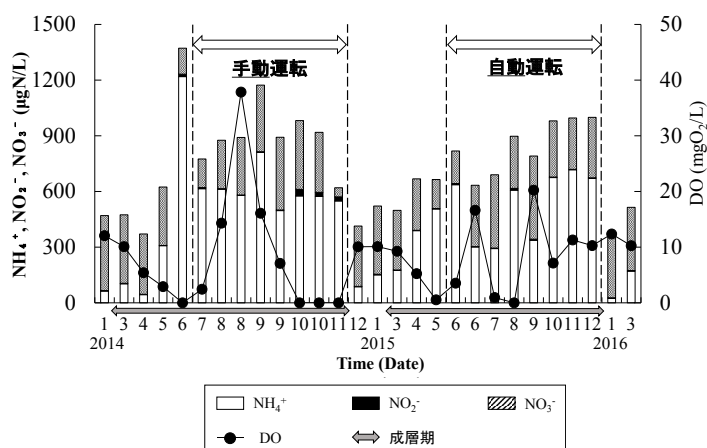


Fig. 1 湖底上 1 m における  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  及び DO の時系列変化

## 底生ミジンコのトンボ幼虫に対する被食回避行動 ：泥にもぐるミジンコと死んだふりをするミジンコ

\*山田紗友美（東北大 院 生命） 占部城太郎（東北大 院 生命）

### 1. はじめに

マルミジンコ科の種をはじめとする底生性のミジンコ類は、植物間隙や底泥上などに生息しており、捕食性の水生昆虫や魚類にとって重要な餌資源と考えられている。実際、トンボ幼虫（ヤゴ）各種の食性を調べた研究では、胃内容物に占める底生性ミジンコ類の割合は大きいという。しかし、いずれの底生性ミジンコ類もヤゴに等しく捕食されているのか、また被食率は底生環境によって異なるのか、捕食者に対して種特異的な防衛行動を示すかなど、底生ミジンコ類の被食応答は良くわかっていない。そこで本研究では、底生ミジンコ類の捕食者に対する応答やその底生環境の影響を明らかにするため、ヤゴに対する底生ミジンコ類の被食率や行動パターンを異なる底生環境下で観察した。

### 2. 方法

2016年5月及び6月に深泥池（京都市北区）において、*Chydorus sphaericus*.（マルミジンコ）、*Alona* spp.（シカクミジンコ）、*Ilyocryptus spinifer*.（トゲフトオケブカミジンコ）を *Ceriatrigon melanurum*（キイトトンボ）の幼虫とともに採集し、研究室に持ち帰った後、下記の室内実験をおこなった。

#### 行動観察

プラスチック製のシャーレ（直径 35 mm、高さ 12 mm、水深約 9 mm）に観察するミジンコを 1 個体入れて顕微鏡下で観察し、8 分間、20 秒毎にいた場所（上、下）と行動（静止、遊泳）を記録した。この観察は、シャーレに泥を入れた場合（泥有）と入れない場合（泥無）で行ない、いずれの場合も各種 3 個体について行った。

#### 被食実験

キイトトンボに、①ミジンコ各種を単独で与えた場合と②各種混合で与えた場合の被食実験を行った。単独実験では、キイトトンボ 1 個体をいれたシャーレに、ミジンコ 10-15 個体入れ、1 時間後の生残ミジンコ数を記録した。混合実験では、キイトトンボ 1 個体をいれたシャーレに、2 種（マル×シカク、シカク×ケブカ、マル×ケブカ）または 3 種（マル×シカク×ケブカ）の組み合わせで実験を行い、15 分後の各種生残数を記録した。なお、この実験では、

マルとシカクは各 8 個体、ケブカは 5 個体を入れた。実験はそれぞれ泥有と泥無で行い、いずれも 3 回の繰り返しをおこなった。ミジンコ種間での被食率の違いは Chesson の選択性指数  $\alpha$  を用いて評価した。処理区間での有意性は、Mann-Whitney の U 検定で調べた。

### 3. 結果と考察

行動観察では、マルミジンコは泥無に比べて泥有の場合に水面付近を頻りに浮遊する傾向が見られた。また、ケブカミジンコは泥有の場合には泥の中に潜り動かなくなる傾向がみられた。被食実験の結果、シカクミジンコがキイトトンボ幼虫に最も捕食され、次いでケブカミジンコ、マルミジンコの順で被食率は低下した。

ヤゴは場当たりの捕食をすることから、餌の生物との遭遇頻度が捕食率に重要と指摘されている。したがって、シカクミジンコは捕食者の有無に関係なく、底泥中を良く動き回るため、被食率が高くなったのだろう。ケブカミジンコは泥有で被食率が低くなったが、これは泥中に潜行し動きを止めていたためと考えられる。一方、マルミジンコは主に水面近くでの遊泳、壁面への付着による静止によって、捕食者との遭遇頻度を下げていたと考えられる。また、マルミジンコではヤゴに攻撃された際には動きを止めることで捕食を回避することも頻りに観察された。

以上の結果から、ヤゴに対する底生性ミジンコ類の被食率は種間で異なること、その違いは泥中への潜行や死んだふりなど、種特異的な被食回避行動により生じていることが明らかとなった。

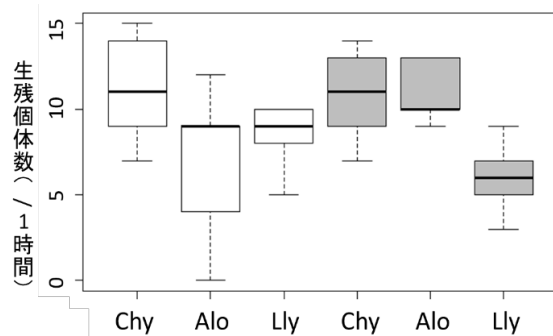


図1 各種ミジンコの生残個体数 白色-泥無、灰色-泥有



**はじめに**

河川底生動物種の生息場所パッチ間における空間分布は、生息環境要求により説明されることが多い。一方、流下・着地といったパッチへの移入行動に対する水理環境の影響はほとんど着目されてこなかった溪流の淵において、落葉枝によって形成されるリターパッチは、淵の中央付近に位置する淵央パッチと、淵の下流端付近に位置する淵縁パッチの2タイプにおおむね区別され、底生動物のこれらのタイプ間における分布は種によって様々である。

一方、瀬に生息する昆虫が流下により下流の瀬に到達するには、不適な環境である淵を通過するリスクと流下物食のサケ科魚類による捕食リスクがある。流下移動を頻繁に行う種ではこれらのリスクは強く働き、前者に対しては淵に流入してから着地までの流下距離と流下時間は長いほど、後者に対しては短いほど適応的である。

本研究は、溪流の淵と瀬に生息する昆虫種のそれぞれについて、淵に流入後の流下距離と流下時間の種間差を調べることで、淵における流下・着地行動の機能を明らかにすることを目的とする。

**材料と方法**

**淵に生息する種**：破碎食者、収集食者、捕食者について、淵央パッチに分布が偏る5種（淵央分布種）、淵縁に分布が偏る1種（淵縁分布種）、淵央パッチと淵縁パッチに分布の偏りを示さない4種（不偏分布種）の計10種を対象とした。栃木県日光市の石見川に淵を模した人工水路を設置し、水路の上流から放流した各個体の流下距離、流下時間を測定した。各種について生体のほかに死体も供試し（各種につき20個体以上）、それらの比較から、流下・着地行動における能動的調節の有無を判断した。

**瀬に生息する種**：優占種かつ普通種である8種を対象とした。各種の流下頻度を評価するために、石見川において河床の採集調査と流下ネットを用いた採集調査により相対生息密度と流下密度を調べた。淵

に生息する種と同様に、各種の生体について流下距離、流下時間を測定し（各種につき3~37個体）、相対流下率（流下密度：相対生息密度）とそれらとの関係を解析した。

**結果**

**淵に生息する種**：破碎食者の平均流下距離は、生体死体とも淵央分布種は淵縁分布種の50%であった。収集食者と肉食者の平均距離は、生体では淵央分布種は不偏分布種の70%であった。淵央分布種の平均流下距離よりも短い流下距離を示す個体が20%含まれていた。ただし死体では、淵央分布種と不偏分布種の平均流下距離に差は認められなかった。各種の生体、死体の平均流下時間についても、流下距離と同様の傾向が示された。

**瀬に生息する種**：各種の相対流下率は、最小と最大の種で12倍の違いがあった。平均流下距離、平均流下時間は、ともに相対流下率が高い種ほど短いという関係を示した（図2）。

**考察**

**淵に生息する種**：破碎食者、収集食者、捕食者は、種間の淵内分布の相違に整合する流下・着地行動を示した。すなわち、淵央分布種は、不偏分布種と淵縁分布種よりも流下距離が相対的に長かった。また、不偏分布種は流下距離が短い個体も少なくなかった。したがって、これらの種の淵における流下・着地行動は淵内分布を決定する機能を有するといえる。ただし、破碎食者の分布には体サイズと巣の形状の種間差が重要であるのに対し、収集食者と捕食者の分布には能動的な行動の種間差が重要であるといえる。

**瀬に生息する種**：相対流下率が高い種ほど淵における流下距離と流下時間が短かった。したがって瀬に生息する流下頻度の高い種の淵における流下着地行動は流下物食魚類の捕食リスクを回避する機能を有するといえる。

## 福島県裏磐梯地域に生息する外来底生動物

## (ウチダザリガニとフロリダマミズヨコエビ)

\*難波元生 (福島大・理工), 内藤裕一 (JAMSTEC), 塘 忠頭 (福島大・理工)

## 1. はじめに

福島県裏磐梯地域には外来底生動物であるウチダザリガニとフロリダマミズヨコエビが広範囲に分布している。しかし、これらの利用する餌資源についての知見はほとんどなく、生態系や在来生物に与える影響についても明らかになっていない。そこで、演者らは両種が生態系や在来生物に及ぼす影響を解明することを目的に、両種の食性解析を行っている。本研究では、ウチダザリガニの消化管内容物観察と両種の安定同位体比分析の結果を報告する。

## 2. 材料と方法

ウチダザリガニは流水域2地点で2015年8月(夏季)、2015年11月(秋季)、2016年2月(冬季)、2016年5月(春季)に採集した。採集時には、ウチダザリガニの餌資源になり得る底生動物も採集した。採集したウチダザリガニは体長を測定した後に解剖し、消化管内容物(前腸)を観察した。また、窒素と炭素の安定同位体比を分析し、ウチダザリガニが利用する餌資源の寄与率を求めるため、混合モデルによる解析を実施した。

フロリダマミズヨコエビは流水域2地点と止水域2地点の計4地点で2015年8月(夏季)、2015年11月(秋季)、2016年5月(春季)に採集した。採集時には、食性が既知の底生動物、水生植物、河床や池底の堆積物(リター)も採集した。採集したフロリダマミズヨコエビは窒素と炭素の安定同位体比を分析し、食性が既知の底生動物の安定同位体比と比較し、利用している餌資源と食物網における栄養段階を検討した。

## 3. 結果及び考察

## 3.1 ウチダザリガニの食性

ウチダザリガニの前腸には、ユスリカ類やカゲ

ロウ類などの動物片も確認されたが、植物片の方が多く含まれていた。

本研究における安定同位体比分析の結果、ウチダザリガニの $\delta^{15}\text{N}$ 値は同時期に同地で採集されたどの底生動物よりも高かった。また、混合モデルによる解析の結果、ウチダザリガニが餌資源として底生動物を利用している可能性が高いことが示唆された。

以上の結果は、裏磐梯地域に生息するウチダザリガニは雑食性であり、底生動物と水中の植物の両方に対して捕食による直接的な影響を与えていることを示している。今後は、本種が生態系や在来生物に与える間接的な影響についても明らかにしていく必要がある。

## 3.2 フロリダマミズヨコエビの食性

フロリダマミズヨコエビは水生植物由来の有機物(デトリタス)を餌資源としていると言われていたが、本研究における安定同位体比分析の結果は、すべての地点でその $\delta^{15}\text{N}$ 値は捕食者(ゲンゴロウ類の幼虫やトンボ目の幼虫)の値と同等、あるいはそれよりも高かった。このことは裏磐梯地域に生息するフロリダマミズヨコエビは流水域、止水域ともに底生動物由来の有機物(デトリタス)を餌資源として利用している可能性が高いことを示唆している。

本種はデトリタス食者であるミズムシ(甲殻類)との間で餌資源をめぐる競合が生じる可能性が懸念されているが、本種の $\delta^{15}\text{N}$ 値はミズムシのそれよりも高いことから、両種が利用する餌資源は異なるものと思われる。したがって、餌資源をめぐる競合の可能性は低いと考えられる。本種が生態系やミズムシ以外の在来生物に及ぼす影響を把握するためには、本種の食性の詳細を明らかにする必要がある。

\* 鈴木舞 (島根大・院・総理工), 菅原庄吾 (島根大・院・総理工)

勢村均 (島根県水技セ), 神谷宏 (島根県保環研)

江川美千子 (島根大・院・総理工), 清家泰 (島根大・院・総理工, 島根大・汽水セ)

## 1. はじめに

硫化水素の代表的な定量手法の一つに、メチレンブルー吸光度法 (Cline, 1969) があり、その測定にはガラスシリンジが用いられる。ガラスシリンジは、体積が可変であり任意の体積で密閉できる上、気密性が高いため空気中の酸素の混入がほとんど無い。そのため、ガラスシリンジを用いると、採水から測定まで一度も空気に触れずに操作が出来ることから、ガラスシリンジは硫化水素の定量に最適な器具だと言える。しかし、試料が極めて微量の場合、液量が少なすぎてガラスシリンジでは操作ができない。また、体積が可変で微量試料を密閉できる器具は無い。そこで本研究では、メチレンブルー吸光度法による微量試料水中硫化水素の定量を目的とし、Cline (1969)の方法を基に従前の操作手順や使用する器具を刷新し、新規に考案した。また本法を用いて貧酸素曝露時のヤマトシジミの殻内に蓄積する硫化水素を定量し、検証した。

## 2. 材料と方法

### ・標準定量操作

ピペットマンを用いて試料を 200  $\mu\text{L}$  採取し、低濃度用発色試薬 0.2 mL を入れた試験管の底までピペットを差し込み、ゆっくりと試料を押し出した。その後、攪拌せずに 15 分間放置し 0.1 M HCl 5 mL を添加して 1 cm のセミマイクロセルを用いて 2 時間以内に 667 nm における吸光度を測定した。

### ・検証実験

#### < 供試貝 >

実験に使用したヤマトシジミ (殻長 20 mm  $\pm$  1 mm) は 2015 年 11 月初旬に宍道湖東部で採取し、島根県水産技術センター内で 4 日間予備飼育を行ったものを用いた。

#### < 試験水の調整及び飼育条件 >

塩分を 5 psu に調整した海水に、窒素ガスを通気して溶存酸素を追い出し、ガラスシリンジに充填した。その後 0.1 M HCl を添加して pH を 7.0  $\pm$  0.1

になるように調整し、これを試験水とした。その試験水を 1 個体のヤマトシジミを入れた別の 30 mL のガラスシリンジに 20 mL 添加し、気相を抜いてゴム栓で密栓した。その後、室温が 25°C の恒温室内で、水槽にガラスシリンジを入れ、遮光した。このシリンジを複数本用意し、24 時間毎に 4 本無作為に選択し、試験水及び殻内の硫化水素の測定を行った。選択されなかったものは、24 時間毎に水交換を行った。

## 3. 結果と考察

ヤマトシジミ 1 個体から採れる外腔液の液量は、成貝 (殻長約 20 mm) ですら数 100  $\mu\text{L}$  程度である。そこで試料量を 200  $\mu\text{L}$  として、検討を行った結果、0.1 M 塩酸を用いると定量範囲は 0.1~50 mgS/L, 決定係数 ( $R^2$ ) も 0.993 と直線性の良い検量線が得られた (Table 1)。

ヤマトシジミを貧酸素水中で飼育した結果、時間経過と共に貝殻内の硫化水素濃度が上昇し、最大で 29.5 mgS/L 検出された (Fig. 1)。

本研究の結果から、宍道湖におけるヤマトシジミの斃死要因として単なる貧酸素による死亡ではなく、貧酸素+殻内の硫化水素生成による死亡という新たな死因が浮上した。

Table 1 定量範囲と決定係数

Item	HCl concentration / mol L <sup>-1</sup>				
	0.0	0.01	0.1	0.5	1.0
Quantitative range / mgS L <sup>-1</sup>	0.2-30	0.2-30	0.1-50	0.2-50	0.2-30
Coefficient of determination ( $R^2$ )	0.990	0.995	0.993	0.991	0.997

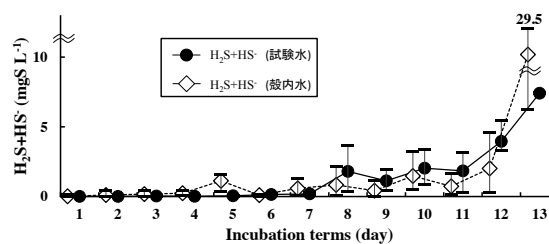


Fig. 1 時系列変化

## 諏訪湖産ヒメタニシにおけるアオコ毒素マイクロシスチンとその代謝産物について

\*木村龍平（信州大・理），横山淳史（農業環境技術研究所）  
全逢錫（信州大・理），朴虎東（信州大・理）

### 1. はじめに

湖沼生態系におけるアオコ産生毒素 microcystin (以下 MC) は、強い肝臓毒性を持ち、さまざまな水生生物および家畜などへの被害を及ぼす。

MC は魚介類などの水生生物の肝臓・中腸線に蓄積する。中でも軟体動物腹足綱では MC 蓄積のみならず細胞内での MC による毒性影響が明らかにされた。腹足綱は魚類や鳥類など高次消費者の餌となる。また国や地域によっては直接人間の食用とされることもある。したがって、食物連鎖による高次消費者への毒素移行を防ぎ、また水産資源としての価値を損なわないためにも、腹足綱において MC の取り込みを防ぎ、蓄積量を抑えることが重要である。本研究では腹足綱の中でも特に高い MC 蓄積を示すヒメタニシ (*Sinotaila histrica*) を対象に、2016 年に採取されたヒメタニシの中腸腺と過去のヒメタニシ試料の再分析を行い、MC 濃度およびその代謝産物について比較することを目的とする。

### 2. 材料と方法

調査対象となるヒメタニシは 2016 年 7 月に諏訪湖西岸で 10 匹採集した。採集したヒメタニシを凍結乾燥後、中腸腺を摘出し、これを乳鉢で均質化し、24 時間攪拌しながら BuOH:MeOH:Water 溶液(1:4:15)で 3 度抽出した。その後 HDG カラムで固相抽出し、更にシリカゲルカートリッジで精製した。これを再び蒸発濃縮させ、100%MeOH で再溶解し液体クロマトグラフ質量分析計 (LCMS-2020; Shimadzu) で定性・定量分析を行った。また、過去の試料についても同様な分析を行った。

### 3. 結果

2016 年における乾燥済みのヒメタニシの中腸腺からは MC-RR、0.45  $\mu\text{g/g}$ 、6(Z)-Adda MC-RR 1.45  $\mu\text{g/g}$ 、

6(Z)-Adda MC-LR 1.38  $\mu\text{g/g}$  が検出された。また MC のグルタチオン (GSH) 抱合体およびシステイン (CySH) 抱合体は検出されなかった。1997 年から 2002 年に採集されたヒメタニシの再分析結果と比較を行った。MC 含有量が最も高かった 1998 年 10 月諏訪湖のヒメタニシの中腸腺には、新たに MC-YR の存在が確認された。RR と LR の GSH 抱合体はいずれも不検出であったが、CySH 抱合体と見られる物質が 1998 年の試料からは検出された。

### 4. 考察

MC は CySH や GSH と抱合体を形成しその毒性を低下させることが知られている。1997 年から 2002 年に採集させたヒメタニシの再分析結果の中で MC 蓄積濃度が最も高かった 10 月のヒメタニシからは、GSH 抱合体が不検出であった。これはヒメタニシが代謝時に MC の GSH 抱合体を生成していないことを示唆している。また、MC は紫外線によって 6、7 位の二重結合が異性化した無毒の誘導体 [6(Z)-Adda<sup>5</sup>] となることが知られているが、湖水中における通常の MC と [6(Z)-Adda<sup>5</sup>] の濃度比に反して、ヒメタニシの中腸腺においては [6(Z)-Adda<sup>5</sup>] が通常の MC より高い濃度となることが分かった。これはヒメタニシが毒性のある MC のみを選択的に代謝し排出していることを示しており、ヒメタニシの毒代謝様式を明らかにするためにも今後は CySH 抱合体の有無に焦点を当て調査していく必要がある。

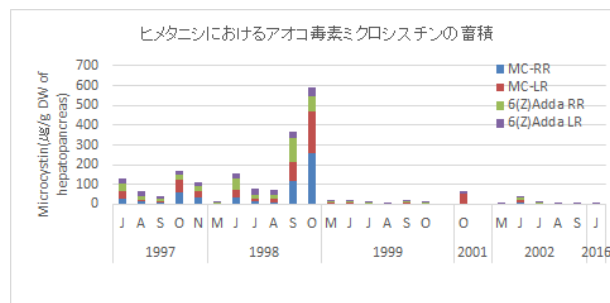


図 1 諏訪湖産ヒメタニシにおける MC の含有量

## 水草ヒシの藍藻 *Microcystis aeruginosa* に対する 成長阻害物質の探索

\*丸山あい (信州大・理), 二木功子 (信州大・理)  
船山啓 (信州大・理), 朴虎東 (信州大・理)

### 1. はじめに

長野県松本市の千鹿頭池において、2003 年から 2010 年まではアオコを形成する藍藻 *Microcystis aeruginosa* が発生していたが、2011 年以降ではアオコが見られなくなった代わりに水草ヒシが繁茂するようになった。植物プランクトンと水草の間には光条件、栄養塩類といった環境要因で競争関係にある。さらに、水草からはアレロパシー物質が放出されており植物プランクトンの成長を抑制すると報告されている。アオコを制御する新たな方法として水生植物の二次代謝産物の利用が研究されており、アレロパシー物質は天然化合物であるため水環境に悪影響を与えないとして注目を集めている。本研究では、水草ヒシの抽出液による藍藻 *M. aeruginosa* への成長抑制効果を評価し、成長阻害物質の定性及び定量を目的とする。

### 2. 材料と方法

試験生物は藍藻 *M. aeruginosa* (NIES-298) を使用した (細胞濃度  $1.0 \times 10^7$  cells/mL)。ヒシ (*Trapa japonica*) は 2014 年 6 月に長野県松本市にある千鹿頭池で採取し、浮水葉の乾燥粉末 (DW) 1 g に 80% メタノールを 30mL 加え 12 時間放置し、遠心分離 (3000 rpm) 及びガラスフィルタ (GF/C) で濾過することでヒシ抽出液を作成した。また、ODS カートリッジによりヒシ抽出液中の溶存物質を水分画からメタノール分画まで分離し、計 6 段階の分画を作成した。バイオアッセイについて、マイクロプレートに藍藻培養液 150  $\mu$ L と濃度段階をつけたサンプル 100  $\mu$ L を添加し吸光度を測定 (655 nm) することで成長抑制効果を評価した。定性・定量分析については、液体クロマトグラフ質量分析計 (LCMS-2020; Shimadzu) によりヒシ抽出液及び 6 段階の分画中の溶存物質を測定した。

### 3. 結果と考察

バイオアッセイについて、ヒシ抽出液暴露後 2 日目で *M. aeruginosa* の成長抑制が見られ、濃度が増加するに伴い成長抑制効果が高まった。LC/MS (SIM) 分析について、ヒシ抽出液には eugenin ( $t_R$ : 19min), ellagic acid ( $t_R$ : 26min), quercetin ( $t_R$ : 31min) のポリフェノールが含まれていることがわかり、抽出物あたりの濃度はそれぞれ 143, 64.6, 15.0 mg/g であることがわかった。Eugenin, ellagic acid, quercetin の標準物質による *M. aeruginosa* に対する  $EC_{50}$  はそれぞれ 1.6, 5.1, 3.6 mg/L (Saito et al., 1989; Nakai et al., 2000) と報告されており、ヒシ抽出液中の eugenin, ellagic acid, quercetin が *M. aeruginosa* に対する成長阻害物質であることが示唆される。ODS カートリッジにより分取した 6 段階の分画の LC/MS 分析結果から、水溶性の分画でも成長阻害物質が検出されたため、これらの成長阻害物質は水に溶けることができ、ヒシから湖沼水中に放出されることが考えられる。また、それぞれの成長阻害物質の定量結果と  $EC_{50}$  の値に基づいて毒性等量 (TEQ) を換算したところ、eugenin が最も高い値を示した。このことから、ヒシ抽出液中の *M. aeruginosa* の成長に対する成長抑制効果の中で、eugenin が大きく寄与していることが示唆された。

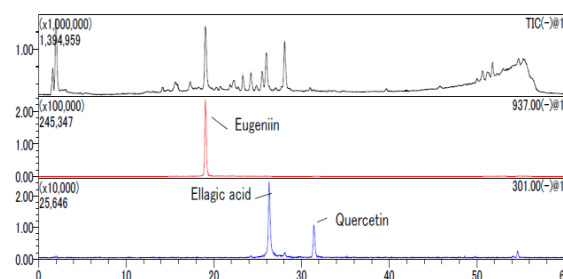


図1 ヒシ抽出液の MS クロマトグラム

\*山中 ももこ, 中田 舞, 中村 銀士,  
森本 大地, 左子 芳彦,  
吉田 天士 (京大院・農)

## 1. はじめに

*Microcystis aeruginosa* は世界中の富栄養化した湖沼においてアオコを形成する代表的なラン藻である。本種には肝臓毒ミクロシスチンの生産能を有するタイプが存在するため、その群集構造や動態を理解することは世界の水資源を管理するうえで重要である。

本種個体群の消長には本種感染性ウイルスが関与することが指摘されているが、いまだ知見は乏しい。このようなウイルスと本種との相互作用の手がかりとして CRISPR 機構 (Clustered Interspaced Short Palindromic Repeat) が知られており、この配列からウイルスの感染履歴が異なる本種個体群 (CT : CRISPR Type) に分類できる。そこで本研究では、本種のウイルスに対する獲得免疫機構の 1 つである CRISPR の配列に基づき、京都府広沢池の本種個体群の動態を解析した。さらに、本種 CRISPR 配列に獲得されたスペーサー配列を同環境中のウイルスメタゲノム配列と比較することで、本種に感染するウイルスのゲノム情報を探索した。

## 2. 材料と方法

2014 年 6~11 月 (10 月は除く) および 2015 年の 6~10 月の 1 か月毎に、京都市広沢池の表層水を採取した。遠心分離により細菌画分を調製し DNA を抽出した。得られた DNA に対して本種 CRISPR 配列を標的とした PCR を行い、増幅産物を MiSeq を用いてシーケンスした。得られた CRISPR 配列に基づき、本種個体群を CT に分類し、優占する CT の経時的な変動を調べた。

2015 年 10 月の広沢池の試水からフィルター過および密度勾配遠心法によりウイルス画分を精製し、DNA を抽出した。得られた DNA よりライブラリを調製して MiSeq でシーケンスし、SPAdes を用いて配列をアセンブリした。得られたコンティグ配列と本種 CRISPR 配列のスペーサー配列とを比較することで本種ウイルスのゲノムを探索した。

## 3. 結果

各試料における CRISPR 配列は、5~41 個の CT に分類され、いずれにおいても CT25 および CT47 が優占した。2014 年および 2015 年では優占する CT25 および CT47 の宿主個体群が 1%未満から 90%以上にわたり大幅に変動し、月ごとに CT の構成比が大きく変化した。2014 年および 2015 年において、9 月までは CT25 および CT47 が定期的に繁栄と衰退を繰り返した。また、2014 年 11 月および 2015 年 10 月ではどちらの CT も割合が低くなり、出現した CT の種数が増した。

本種スペーサー配列の相同配列は、リファレンスのウイルスゲノム (分離株のゲノムが登録されたデータベース) よりもウイルスメタゲノムに多く認められた。スペーサー配列の相同配列を含む 69 個のコンティグのうち、7 個は既知の本種ウイルスと相同性を示した。複数のスペーサー配列を含むコンティグには、ラン藻に広く獲得されている機能未知のタンパク質やウイルスの部分配列が含まれた。

## 4. 考察

CT は、本種の個体群ごとにウイルスの感染履歴が異なることを示すため、ウイルスの頻度依存的選択により優占する個体群が繁栄と衰退を繰り返す (Constant Diversity dynamics) と考えられた。

スペーサー配列の相同配列を含むコンティグの多くは、既存のウイルスゲノムとは相同性を示さず、環境中には未分離の本種ウイルスが存在すると考えられた。69 個のコンティグのうち 4 個が Ma-LMM01 (既知の本種ウイルス, 約 160 kbp) の部分配列であると推測されたことから、仮にすべての本種ウイルスが Ma-LMM01 と同等のゲノムサイズを持つと仮定すると、69 個のコンティグは約 16 種の未知本種ウイルスに由来すると推定された。

本研究は、科学研究費基盤研究 (B) (26281031) による助成もで行われた。

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

### 1. はじめに

北海道渡島大沼は駒ヶ岳山麓に位置し、大沼及び小沼から成る湖沼である。大沼と小沼はセバット(狭戸)と呼ばれる水道部で接続しており、大沼への流入河川水は、ここを通り小沼に流れ込む。小沼の水は大沼からのみであり、小沼南端で湖水が排出され、久根別川となり津軽海峡へと注ぐ。本湖沼は古くから水産業や観光の拠点となってきたが、1980年代には湖沼の富栄養化が進行し、それ以来、有害有毒藍藻類のブルーム、アオコが毎年発生している。アオコは生態系や主要産業に悪影響をもたらすため早急な対策が必要であるが、渡島大沼における植物プランクトンの出現動向に関する知見は不足しているのが現状である。

本研究では、水柱の植物プランクトン群集に加え、堆積物試料を合わせて採取し、休眠期細胞についても把握し、渡島大沼における植物プランクトンの時空間的な動態を明らかにすることを目的とした。

### 2. 材料と方法

調査は2015年5-11月の毎月末に、渡島大沼の北側より設けた Sts.1-5 (St.5のみ小沼)、及び湖岸沿いの定点 OP, OC で行った。湖水は Sts.1-5 では表層、中層(水深5m以深の定点のみ)、底層から採取した。試料はグルタルアルデヒドで終濃度1%にて固定後、倒立顕微鏡下を用い、植物プランクトンの同定及び計数を行った。また、水理環境は、水温、pH、透明度、溶存酸素、各種栄養塩濃度、Chl. a 量を測定した。

堆積物試料は、0-3 cm 深を採取して冷暗所で1ヶ月以上保存し、最確数法(MPN法)に供し、休眠期細胞やシストを計数した。MPN法では2種類の培地(CSi培地、GeO<sub>2</sub>添加CT培地)を用い、2段階の温度条件(10°C, 20°C)を設定して、合計4区を設けて計数を行った。マイクロプレートを用いた培養は光強度100 μmol photons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>、明暗周期14h L: 10h Dで2週間行い、倒立顕微鏡下で観察後、最確数表により各植物プランクトンの休眠期細胞数を求めた。

### 3. 結果

植物プランクトンの細胞数及びChl. a 量の値は、全ての定点で8月に最大値を示し、その後減少した。同時期の値を定点間で比較すると、8-10月についてはSt.2(最深部)の値が最大であり(7.7 x 10<sup>4</sup> cells mL<sup>-1</sup>, 28.7 μg L<sup>-1</sup> Chl. a)、同様にSt.1の値も高かった。一方で湖心以南の定点(Sts.3-5)での値は低い傾向を示した。出現種の季節変動を見ると、5月にはSt.5で黄色鞭毛藻 *Uroglena americana* の割合が高く、

6月にはSt.5以外の定点で羽状目珪藻 *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa* や中心目珪藻 *Aulacoseira* spp. が増加した。藍藻は6月の時点で中層及び底層にのみ確認されたが、7月には表層においても確認された。8月には全ての定点で *Dolichospermum* sp. が優占し、St.2では *Microcystis* spp. と合わせ、これら2属で全植物プランクトン細胞数の98%を占めた。その後、9月には *Dolichospermum* sp. が減少し、優占種が *Microcystis* spp. に交替した。表層水のN/P比については、8月にはSt.3以外の全ての定点で1.6-2.2の範囲にあり、9月にはSts.1-4で39.8-54.0の範囲の値を示していた。9月以降は植物プランクトンの細胞数が減少し、*Cyclotella* spp. などの中心目珪藻の割合が増加した。また、9月中旬には数日間の降雨の後に、広範囲に渡って湖面に溶藻性アメーバ *Asterocaelum* sp. と判断される乳白色から緑白色の着色域が形成されたが、現在調査研究中である。

MPN法による休眠期細胞については、20°Cにおいては珪藻や緑藻、藍藻の増殖が観察されたが、10°Cでは主に珪藻の増殖が確認された。藍藻 *Dolichospermum* sp. の休眠期細胞数はSts.1-4で2.3 x 10<sup>2</sup> - 3.3 x 10<sup>2</sup> MPN g<sup>-1</sup> wet sediments であり、St.5では45 MPN g<sup>-1</sup> wet sediments と少なかった。 *Microcystis* spp. に関しては明瞭なコロニーの形態を示す細胞が観察できなかったため、休眠期細胞の算出には至らなかった。

### 4. 考察

渡島大沼における2015年の植物プランクトンの変動は、春季の珪藻及び黄色鞭毛藻の増加に始まり、夏季の糸状藍藻 *Dolichospermum* sp. を中心とするアオコの発生が特徴的であった。9月には *Microcystis* spp. との優占種の交替が起こったが、これはN/P比の変化を反映した結果と考えられる。水平分布に関して、渡島大沼では年間を通じて南西から北東に吹く風が卓越することが知られており、植物プランクトンの表層における分布に影響したと考えられる。また、植物プランクトンの最大発生量は、8月のアオコ発生時にSt.2で確認された。湖沼の最深部(13.6 m)は堆積物が集積するため、藍藻類の休眠期細胞が大量に集積しており、これらが鉛直混合等により表層へ供給された可能性が考えられる。今後は堆積物の直接検鏡により *Microcystis* spp. の休眠期細胞を確認して計数を行い、水平分布を調べ、アオコの発生機構を明らかにしていく必要がある。

豊田真樹(信州大・理), 牧内和隆(信州大・理)  
河鎮龍(信州大・理), 朴虎東(信州大・理)

## 1. はじめに

白駒池は長野県八ヶ岳連峰の北、標高 2115m 地点に位置する腐植栄養湖である。湖内における生産は乏しく Chlorophyll a 濃度は 10 $\mu$ g/L を常に下回る。しかし、このような環境にも関わらず、この白駒池には大型動物プランクトンである *Acanthodiptomus pacificus* と *Daphnia dentifera* が優占し、それぞれ夏季の個体密度は約 350,000inds/m<sup>3</sup>, 約 200,000inds/m<sup>3</sup> に達する(平野 2012)。これらの動物プランクトンを支える餌資源については、これまで様々な議論がなされてきたものの、十分には明らかにされていない。根岸(2015)において、白駒池に生息する動物プランクトンの脂肪酸組成の分析をしたところ、植物プランクトンが産生しない炭素数 15 および 17 の脂肪酸が含まれていた。これらはバクテリアにおいては産生されている脂肪酸である。このため、バクテリアが餌資源として示唆された。本研究は脂肪酸組成の分析を行い、白駒池における動物プランクトンである *D.dentifera* を支える餌資源をより詳細に解析することを目的とする。

## 2. 実験方法

白駒池のプランクトンにおける脂肪酸分析のために解氷後の 5 月から 10 月までに採水とプランクトンネットを用いた採集を行った。採取した湖水を 4 種のメッシュサイズ(20 $\mu$ m, 75 $\mu$ m, 100 $\mu$ m, 150 $\mu$ m) のふるいによって分画し、分析に用いた。加えて、白駒池において採取された動物プランクトンの消化管から未同定の微生物細胞が確認されていることから、湖水からバクテリアや酵母の分離を試みた。酵母はサブロー寒天培地(日水製薬株式会社)を選

択培地として湖水から分離し、純培養した試料について分析した。また、平板希釈法により酵母の細胞密度を計数した。各試料は凍結乾燥させた後 90%アセトンに浸して超音波をかけ抽出を行った。その後、遠心分離し上清をスピンフィルター(ポアサイズ 0.2 $\mu$ m) にかけて、液体クロマトグラフ質量分析(LC/MS-APCI)を用いて脂肪酸の分析を行った。

## 3. 結果

湖水の分画試料は 20  $\mu$ m 以上の試料においては C15 および C17 脂肪酸が検出されず、100 $\mu$ m の試料では検出された。粒子サイズ、20 $\mu$ m から 100 $\mu$ m 未満の粒子組成は主に藻類であり、100 $\mu$ m 以上の分画においては主に動物プランクトンが捕集されている。湖水から分離された酵母は *Cryptococcus diffluens* と同定され、C15 および C17 脂肪酸がいずれも検出された。この酵母のサイズは約 5 $\mu$ m であり、細胞密度は 100cfu/ml 程度であった。

## 4. 考察

湖水の分画試料の分析結果から、白駒池に動物プランクトンは含有している C15 および C17 脂肪酸は粒子サイズが 20 $\mu$ m 未満の粒子に由来していると考えられる。すなわち、動物プランクトンが藻類よりも小さな粒子も餌資源として利用していることが分かった。また、酵母の分析結果から、白駒池に生息する動物プランクトンが含有している C15 および C17 脂肪酸は酵母由来のものであると考えられる。

以上より、白駒池に生息する動物プランクトンの餌資源として、バクテリアだけでなく、酵母を捕食することが示唆された。



## 小湖沼の *Daphnia dentifera* 個体群における 遺伝構造の経年変化；優占クローンはなぜ毎年交代しないのか

\*柳沼康平(東北大院・生命)、八巻圭佑(東北大院・生命)、熊谷仁志(大阪大学院・工学)  
牧野渡(東北大院・生命)、占部城太郎(東北大院・生命)

### 1. はじめに

湖沼の主要な動物プランクトンである *Daphnia* は、生育に好適な季節は単為生殖による急発卵で増殖し個体群を維持しているが、プランクトン生活に不適な季節、例えば水温が低く栄養の乏しい冬期に備えて休眠卵も生産する。このため、プランクトン個体群が冬期に絶えても、環境が好転する春には休眠卵から孵化した個体により新たな個体群が創設される。集団遺伝の観点からみると、遺伝子型（クローン）の多様性が選択圧により季節的に減少したとしても、有性生殖により生産される休眠卵から毎年個体群が創設されるのであれば、遺伝構造は変化するものの、クローンの多様性は復活すると考えられる。一方、周年プランクトンとして生活出来る湖沼では、休眠卵生産のメリットが減るため遺伝構造は経年的に大きく変化せず、クローンの多様性は小さくなると考えられる。しかし、同一湖沼の *Daphnia* 個体群を数年に渡って調べた研究は限られており、その個体群遺伝構造の経年変化や越冬様式とクローン多様性との関係は良くわかっていない。そこで、私たちは山形県畑谷大沼に産する *Daphnia dentifera* と *D. galeata* を母種とする雑種個体群(本研究では便宜的に *D. dentifera* と称す)を対象に、その個体群遺伝構造とクローン多様性の季節的及び経年的変化を調べた。

### 2. 材料と方法

山形県畑谷大沼は、もともと天然沼であったが、江戸時代に堰を造りその嵩上げを数回行って現在の状態となった溜め池で、最大水深は 6m、表面積は 19ha

である。*Daphnia* の採集は、2008 年から 2014 年の 7 年間、解氷期にあたる 3 月ないし 4 月から 12 月にかけて毎月 1 回の間隔で行った。採集した試料からは、個体数を計数して個体群密度を計算するとともに、毎月 50 個体程度を任意に選んで DNA を抽出した。抽出した DNA から mt12SrRNA とマイクロサテライト遺伝子 8 座を解析し、計 3391 個体の多座遺伝子型を決定した。クローンの多様性はプライベート多座遺伝子型数やその割合及び Simpson 指数で、個体群の遺伝的多様性はヘテロ接合度 ( $H_0$ ,  $H_1$ ) で評価した。個体群で任意交配が行われているかを確認するためにハーディワインベルグ平衡逸脱度を調べるとともに、有性生殖の頻度は近交係数 ( $F_{IS}$ ) 及び連鎖不平衡から逸脱した遺伝子座の割合 ( $LD_{prop}$ ) から推定した。年間の遺伝的分化度は  $F_{st}$  及び Jost の  $D_{est}$  を比較することで評価した。これら解析は ARLEQUIN 及び GenoDive を用いて行った。

### 3. 結果と考察

*D. dentifera* 個体群のクローンの多様性は、いずれの年でも春から秋にかけて減少したが、クローン組成は年ごとにすべて入れ替わるのではなく、複数のクローンが複数年卓越的に出現した。しかし、クローンの多様性は経年的に減少することはなく、個体群の遺伝的多様性も経年的に同じレベルを推移した。また、遺伝的分化度は年に寄って大きく変化する場合とあまり変化しない場合がみられた。これら結果をもとに、畑谷大沼における *D. dentifera* 個体群の維持機構と遺伝構造に対する越冬様式の影響について議論する。

1P-26

Web 公開不希望

## 富栄養湖(白竜湖)の細菌群集に対する成長に関連した

## 有機物と栄養塩の協同効果

\*東海林 洵(山形大学大学院理工学研究科), 日野 修次(山形大・理)

## 1. はじめに

水圏の細菌群集は分解者としてだけではなく、再生産者として他の生物群集が利用出来ない溶存態有機物を利用して成長・分裂・増殖する。細菌群集による溶存態有機物(DOM)の利用は、微生物ループにおける炭素循環の出発点であり、高次の炭素循環に link するうえで重要な役割を果たしている。細菌群集が DOM を利用する際、その DOM に対して順応できる細菌群が選択的に利用していくと考えられるため、河川からの流入などに伴い増加した有機物の種類によって細菌群集としての適応性も異なると考えられる。

本研究の対象である山形県南陽市の白竜湖は田畑からの農業排水の流入が多い富栄養湖である。これまでの研究では、白竜湖の細菌群集に対して有機物を添加培養するとそれらの有機物を利用し増殖したが、その程度や細菌群集構造の変化について有機物の種類によって違いがあることがわかった<sup>1)</sup>。しかしながら、添加した有機物はそのすべてが利用されているわけではないことも分かっている。また、細菌の成長には炭素源だけでなく栄養塩(特にリン)が必要である。

本実験では、有機物と同時に栄養塩が湖に流入したと仮定し、有機物のみ添加培養した細菌の成長と比較して、リン添加の場合の影響を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験方法

2015年4月～2016年9月の白竜湖湖心にて表層水を採水し、直ちに実験室に持ち帰り、ポアサイズ 2.0  $\mu\text{m}$  のヌクレポアフィルターでろ過して細菌以外の生物を除いた。そのろ液に有機物としてグルコース、酢酸ナトリウム、アラニン、グルタミン酸をそれぞれ終濃度が 1.0  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  となるように添加した。また、有機物を添加した試料に栄養塩としてリン酸二水素カリウムを終濃度 2.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  となるように添加した試料も作成した(無添加、有機物のみ添加、有機物+リン酸塩を添加)。培養は一週間とし、

培養後の試料をポアサイズ 0.7  $\mu\text{m}$  の WhatmanGF/F でろ過した。ろ液からは TOC-V(Shimadzu)を用いて溶存態炭素・窒素量を測定し、ろ紙からは CHN コーダー MT-5 (Yanaco)を用いて懸濁態炭素・窒素量を測定した。溶存態・懸濁態リン量はモリブデンブルー法によってそれぞれ測定した。さらに試料から抽出した DNA によって細菌群集構造を確認する変性剤濃度勾配ゲル電気泳動(DGGE)や DAPI 染色による蛍光顕微鏡での細菌数計数によって栄養塩の有無による細菌群集の構造変化を測定した。

## 3. 結果・考察

有機物とリン酸塩を添加し培養した結果、すべての試料でリン酸塩の取り込みとリン酸塩を同時に添加した際の有機物の取り込み促進が確認された。また、グルコースやグルタミン酸を添加した試料ではリン酸塩の有無によって細菌数の増加にも有意な差が見られた。懸濁態のリン量測定より、細菌中のリン含量に増加がみられたことから取り込んだリンを細胞分裂に利用しているのではないかと考えられる。しかし、アラニンや酢酸ナトリウムをリン酸塩とともに添加・培養した試料では、有機物のみ添加実験と比較して細菌数の増加量に差があまりみられなかった。これらに関しては添加したリン酸塩の取り込みが見られたが有機物のみ添加した試料に比べて細菌数の増加に変化がないことから個体当たりで考えるとリン含量が増加していると考えられる。

一方、酸抽出リン(Acid-P)の結果からはポリリンのようなリン貯蔵体の蓄積は見られなかったため、取り込んだリンは RNA のような核酸の形で蓄積されていると考えられる。DGGE による群集構造の確認では、リン酸塩の有無によってゲルのバンドの濃淡にも変化がみられることから細菌数の変化による優占種の変化が起きていて、これは細菌種による栄養塩の利用の違いによるものと考えられる。

1) 東海林・日野 日本陸水学会第 80 回大会(2015)

## Spatio-temporal variation in fungal communities in Lake Biwa based on high-throughput sequencing

\* Peixue Song, Shoko Tababe and Syuhei Ban (Univ. of Shiga Pref.)

### 1. Introduction

A lot of evidences that fungi may play an important role of material cycling in aquatic ecosystem has been accumulated during a last decade. In Lake Biwa, several studies for fungal parasites on phytoplankton dynamics have been also done. But there are limited information on whole fungal communities especially its diversity using modern molecular analysis. In this study, whole fungal communities in Lake Biwa were determined seasonally and spatially using high-throughput sequencing technique.

### 2. Materials and Methods

Water samples for molecular analysis were collected with a Van Dorn bottle (20 L) from 0, 5, 10, 15 and 20 m at a pelagic (66 m, N35°18'20.1", E136°09'36.5") and from the surface at a littoral (0.5 m, N35°15'48.0", E136°12'48.6") sites in 24 April, 22 May, 10 June and 16 September 2015. The samples from all the depths at the pelagic site were combined to one sample. All water samples were concentrated with a 20- $\mu$ m mesh netting. In September, net sample was also collected with a 0m-bottom vertical net haul using a conical plankton net with 100- $\mu$ m mesh. DNA was extracted from each sample using DNeasy® Plant Mini Kit. High-throughput sequencing targeted the fungal specific ITS region and analyzed by MiSeq platform for fungal communities.

### 3. Results

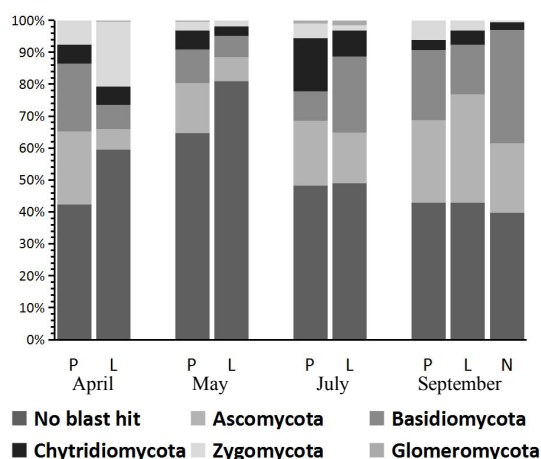
Fungal communities from the water column showed high diversity with 362109 reads belonging to 1512 operational taxonomic units (OTUs). The OTUs belonged to 216 Ascomycota, 217 Basidiomycota, 82 Chytridiomycota, 132 Zygomycota, 8 Glomeromycota, and 858 no blast hit (unknown fungi). The major orders including Pleosporales, Eurotiales and Hypocreales in class of Dothideomycetes, Eurotiomycetes and Sordariomycetes, respectively, were found in phylum Ascomycota. Agaricales and Malasseziales were the major orders in class Agaricomycetes and Exobasidiomycetes, respectively, were found in phylum Basidiomycota.

Rhizophlyctidales and Rhizophydiales were the major order of class Chytridiomycetes in phylum Chytridiomycota. Basidiobolales were the major order in phylum Zygomycota.

Apparent spatio-temporal variations in fungal communities were found in Lake Biwa. The fungal community compositions were slightly different among the months and sites (Fig. 1). The diversity in the littoral site was higher than that in the pelagic site, showing 503, 268, 308, and 224 OTUs in the littoral site while 118, 255, 108, and 163 OTUs in the pelagic site in April, May, June and September, respectively.

### 4. Discussion

In this study, 'no blast hit' sequences represented the most part of whole sequences obtained, implying a large number of undescribed species in fungi from Lake Biwa. Although the dominant genera *Aspergillus*, *Penicillium*, and *Rhizophyidium* were prevalent in the aquatic habitats, the phylum Basidiomycota and Zygomycota, which were generally recognized from the terrestrial habitats, were newly discovered from the water column in Lake Biwa. The most species of phylum Chytridiomycota was found in July, and this matched the fact that high parasitic rates on phytoplankton were recorded in the previous study.



**Figure 1.** Relative composition of OTUs with phylum level. P, L and N represent pelagic, littoral, and net sample, respectively.

\*赤木光子 (東京海洋大), 加納光樹 (茨城大水圏セ)  
河野 博 (東京海洋大)

## 1. はじめに

茨城県南東部から千葉県北東部に位置する霞ヶ浦(西浦, 北浦, 外浪逆浦, 北利根川, 鰐川, 常陸利根川の各水域の総体)では, かつて帆曳き網などによる漁業が盛んで, 現在でも主にトロールや張り網による漁業が行われている。主な漁獲物は魚類とエビ類で, 魚類の中ではワカサギ *Hypomesus nipponensis* とシラウオ *Salangichthys microdon*, ハゼ科魚類(ゴロの佃煮の材料)が主要な漁獲対象となっている。しかし, ワカサギとシラウオの資源量は年によって大きく変動し, また, ハゼ科魚類の資源量は減少傾向にあるため, 漁業者の間では安定した漁業経営が難しい状況にある。

このような状況下で, 最近の県水産試験場の研究によって, ワカサギの資源量の年変動は, 孵化直後の仔魚の初期餌料の量と直接的に関連付けられる可能性が示唆されている。また, 本種については初期餌料の密度の短期変動と孵化後の初期減耗の関係なども明らかにされつつある。一方で, ワカサギと同時期に出現する複数種の仔魚に関して, 摂餌生態を詳細に調べた事例はないため, 仔魚期に種間で餌資源を巡る潜在的な競争関係が存在するのかわかしくは明らかになっていない。そこで本研究では, 霞ヶ浦(北浦)において春季に同所的に出現するワカサギ, シラウオ, ハゼ科ヨシノボリ属の一種 *Rhinogobius* sp. の仔魚について, 環境中の餌生物の量や組成と食性との関係を調査し, 種間での摂餌生態の差異を明らかにすることを目的とする。

## 2. 材料と方法

霞ヶ浦のうち, 北浦全域の沖帯に南北方向にほぼ等間隔に設定した 10 定点において, 2015 年 4 月下旬に調査を実施した。各定点において, 濾水計を付けた稚魚ネット(口径 1 m, 目合 500  $\mu$ m)を, 表層(水深 1 m)と中層(水深 4 m)で曳網し(中層曳きは湖心付近の 5 定点のみ), 仔魚を採集した。仔魚の採集の直後に, ジュディ型淡水用中層ネット(口径 0.25 m, 目合 75  $\mu$ m)を使用して表層と中層の動物プランクトンを採集した。仔魚は同定と計数

を行い, 各定点における密度を調べた。さらに, ワカサギ 64 個体, シラウオ 31 個体, ヨシノボリ属の一種 30 個体ずつを抽出し, 体長と上顎長の計測, 消化管内容物の摘出を行った。消化管内容物中の餌生物は実体顕微鏡下で可能な限り低位の分類群まで同定し, 各餌生物の体幅と個数, 消化管内容物組成(%N), 消化管充満度, 摂餌選択性を調べた。環境中の動物プランクトンは種の同定と計数を行い, 各定点の種組成と密度を調べた。

## 3. 結果および考察

仔魚と動物プランクトンの種組成は採集地点の北部と南部とでは大きく異なっていた。

口幅は, ワカサギとシラウオでは同じ体長階級間ではほぼ差が見られなかった。餌生物の体幅はワカサギとシラウオでは体長 14 mm 以下のうちはほぼ同じであったが, それ以降ではシラウオの方がワカサギよりも平均値が大きかった。消化管中の餌の個数はワカサギでは体長 17 mm ほどを境に著しく増大したのに対してシラウオとヨシノボリ属の一種は体長階級間での差は確認されなかった。

消化管内容物組成は 3 種ともノープリウスの割合が高かった。ワカサギとシラウオではコペポダイトの割合が成長に伴い増大していた。一方, ヨシノボリ属の一種では成長に伴いノープリウスの割合がやや減少していた。同じ定点で採集された同じ体長階級のワカサギとシラウオの消化管内容物組成を比較すると, その組成には差が見られなかった。

ワカサギの体長 8-14 mm の消化管内容物組成を北部と南部で比較したところ, ノープリウス, ワムシ類, ワムシ類の卵の割合に差が見られた。これは北部と南部の環境中の動物プランクトンの種組成の差を反映しており, ワカサギ仔魚はある程度食性を柔軟に変えられるのかもしれない。なお, 北部と南部で消化管充満度に差は見られなかった。

3 種の仔魚の摂餌選択性を調べたところ, いずれもノープリウスに対して強い正の選択性を示していた。このことは, 3 種の仔魚はノープリウスを巡って潜在的に競争関係にあることを示唆している。

## 洪水による大型鰓脚類の生息状況の変化について

\*森田美佳子（関西大学大学院）， 山川栄樹（関西大学）  
田んぼの生きもの調査グループ（滋賀県立琵琶湖博物館）

### 1. はじめに

大型鰓脚類は、もともと降水による一時的な水たまりに発生する生物であったが、今では、稲作に伴う水位変化という適度な人為的攪乱が繰り返される水田環境にうまく適応して生息している。大型鰓脚類は、水入れ後水温が上昇する1ヶ月程度の間のみ姿を現し、中干し以後は卵の状態ですの中に休眠している。そのため、圃場整備により用排水が分離された地域では、平常時に成体の遊泳や卵を含む土砂の流動により、水路を介して移出入がおきる可能性は非常に低い。実際、滋賀県には7種の大型鰓脚類が生息しているが、トゲカイエビは南部の大津市から野洲市に、ヒメカイエビは大津市の圃場整備が行われていない市街地近傍の水田に分布が偏っている。

2013年9月16日未明、台風18号による大雨のため、滋賀県高島市宮野で鴨川右岸堤防が決壊し、宮野、鴨、永田地区の160ha余りの水田が流出・埋没、冠水した。また、甲賀市信楽町では大戸川の水があふれ、長野、勅旨、黄瀬地区にある大戸川沿いの水田が泥をかぶった。本研究では、これらの地区における洪水前後の大型鰓脚類の分布状況を調査し、洪水という大規模な自然攪乱により、大型鰓脚類の分布の多様性がどのように変化したかを考察する。

### 2. 材料と方法

滋賀県では、筆者らも所属する琵琶湖博物館の研究グループが、大型鰓脚類の分布を1999年から毎年調査している。調査では、水田ごとに畦から採集網で捕獲した大型鰓脚類をアルコール固定して持ち帰り、顕微鏡下で種を同定する。また、採集日時、天候、気温、水温のほか、田越灌漑の有無、用排水分離の状況、泥の色や粒子の大きさ、水の濁り具合を記録するとともに、農家の人と出会えば、水入時期、農薬の使用状況等の聞き取りを行っている。調査地域の水田に大型鰓脚類が見つからなかった場合は、当該地点にその日時には「いなかった」と記録している。

鴨川決壊の3ヶ月半前の2013年6月上旬に、中流の鹿ヶ瀬から下流の音羽へ向かう道路沿いにある約320筆の水田の調査を行っている。洪水から2年9ヶ月を経過し、流失したほぼすべての水田で稲作が復

活した2016年6月上旬、洪水で水につかった高島市宮野、鴨、永田地区にある680筆余りの水田を調査した。これらの結果に、2000年から2004年までに調査した15地点のデータを加えて比較検討を行う。

一方、甲賀市信楽町の大戸川流域については、洪水前年の2012年5月末から6月初めに、西、長野、勅旨、牧地区の72筆の水田において調査を行っている。洪水後の2015年と2016年の5月末には、調査範囲を大戸川上流の神山地区、および支流の信楽川上流の柞原、朝宮地区まで広げて約270筆の水田について調査したので、これらの結果を比較検討する。

### 3. 結果と考察

高島市の鴨川流域において大型鰓脚類が見つかった水田の割合は、2013年の調査では5/320であったが、2016年の調査では約1.6倍の17/680に増えている。とくに、破堤地点より下流の生息域は、2013年以前は南部山沿いの音羽、勝野地区に限られていたが、2016年の調査では、破堤地点直下の宮野地区と鴨地区の西部、浸水地域周縁部の永田地区に広がっていることが確認された（Fig.1）。この地域の水田は近代的な灌漑用水網が整備され、水路を介した自然な移出入は起きにくいことから、破堤による洪水で広がった大型鰓脚類が、農薬を使わずに耕作している水田に定着した結果であると考えられる。

一方、甲賀市信楽町の大戸川流域において、トゲカイエビとヒメカイエビは2013年以前の調査では各1筆でしか確認できなかったが、2015～6年の調査では前者が29筆、後者が17筆で確認できた。また、1筆内に複数種の大型鰓脚類が共生する割合は、滋賀県全体の平均値より有意に高くなっており（Tab.1）、洪水により多様性が増したと考えられる。



Fig. 1. 鴨川流域の分布の変化

Tab.1. 共出現率の比較

種	信楽	全県
1	59%	69%
2	35%	26%
3	5%	4%
4	0.5%	0%
5	0.5%	0%

1P-31

Web 公開不希望

1P-32

Web 公開不希望



# 2P-1

## 名古屋大学博物館に保存された資料

### 「西條八束と日本陸水学の流れ」

\*寺井久慈・坂野純子（名古屋大・博物館）

#### 1. はじめに

2012年9月に名古屋大学で開催された日本陸水学会第77回大会（名古屋大会）に合わせて名古屋大学博物館企画展「西條八束と日本陸水学の流れ」が開催された。故西條八束名古屋大学名誉教授（1924-2007）が所蔵していた日本陸水学創生期の田中阿歌麿、吉村信吉、上野益三、菅原健らの著書・論文・資料を基に日本陸水学の流れを振り返る展示を行った。その後、これら展示の背後にある資料を整理して外部から検索できるようにリストを作成、名古屋大学博物館の資料として分類し、資料番号を付して格納した。

#### 2. 背景

大学博物館の存在意義は自然史資料や考古学資料の蒐集・展示のみでなく、大学の研究成果とその研究基盤・学問の流れを一般市民に分り易く提示することにある。西條により名古屋大学で陸水学研究が活発に展開された経緯として名古屋大学理学部創設にかかわり、水圏科学研究所設立に貢献した菅原健の存在が大きかった。併せて、西條が田中阿歌麿や吉村信吉らの資料を保存していたことが「日本陸水学の流れ」を名古屋大学博物館に保存する契機となった。

#### 3. 結果

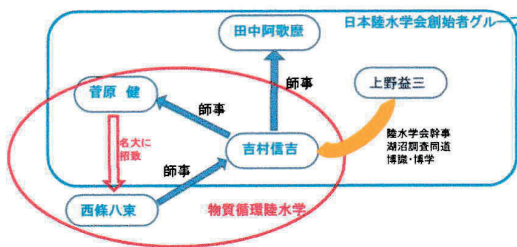
収納資料は西條が所蔵していた書籍と資料に大別した。書籍は850点を陸水学・海洋学・生態学など8分野に分類した。このうち陸水学が200点を占めた。西條所蔵書籍の分類分野については図書館分類に従ったわけではなく、あくまでも陸水学との関わりを基準に分類した。それぞれ100点程度を目途にしたもので、海洋学、生態学、環境・自然保護分野以外では水文学+水問題、地理学+地学・化学、水産+水生生物などと便宜的な分類としたものである。資料は著書・論文・その他の著作物として分類し合わせて、西條320点、田中30点、吉村270点、上野60点、菅原30点、および西條が保存した中海・宍道湖、長良川、内湾関連の資料120点など、総計約830点到整理した。吉村信吉の自著論文244点については西條が分類していた15項目に従って整理した。

なお、西條関わった中海・宍道湖淡水化問題、長良川河口堰問題、伊勢・三河湾開発問題については新聞記事等のスクラップブックも併せて、リストアップに至らない資料をまとめて保存している。

#### 4. 考察

西條は生前に、所蔵していた250点（雑誌を除いて）の書籍・論文を東京大学山室研究室に寄贈し、同研究室でリストが作成されている（三田村私信）。この中に吉村の資料が25点あるが、今回のリストとは重複していない。名古屋大学博物館の陸水学資料が山室研究室の所蔵資料とリンクして閲覧できるように検討したい。また、西條が陸水学の立場から環境保全のために積極的な発言を続けたことについて、可視化できるようにすることが課題と思われる。

#### 陸水学創始者グループと西條八束



\*渡邊圭司, 木持謙, 王効挙, 田中仁志 (埼玉県環境科学国際センター)  
袁進, 喬曉榮, 李超, 惠曉梅, 齊朔風 (山西省生態環境研究中心)  
山田一裕 (東北工業大)

## 1. はじめに

中国では、急速な経済発展にともなう水質悪化や生物多様性への深刻な影響など、身近な水環境にかかわる問題が大きな懸念事項となっている。これらの問題に取り組んで行くためには、未来を担う小・中学生などの若い世代に、水環境を身近に感じてもらうとともに、どのような問題が存在し、将来的にどのような影響を及ぼす可能性があるのか、また、どのような水環境を後世に残していくべきかなど広く学んでもらう必要がある。

我が国では、既に水生生物指標による水質汚濁評価などの体験型環境教育が広く普及している。中国においては、このような取り組みは始まったばかりであり、今後のさらなる普及および拡充が強く求められている。

埼玉県では、姉妹省県の提携を行っている中国山西省の生態環境研究中心と共同で、山西省における小・中学生を対象にした体験型環境教育の実施を目指している。実際に河原で体験型環境教育を行う際、衛生指標（糞便汚染）の値は、子供たちの安全性を確保する上で重要な事前確認事項である。本研究では、山西省内の体験型環境教育の候補地として沁河4地点および汾河1地点を選び、それぞれの地点における大腸菌数および大腸菌群数の実態調査を行ったので報告する。

## 2. 方法

山西省は中国華北地方に位置し、西に黄河、東に太行山脈が広がっている。面積は 156,300km<sup>2</sup> であり、人口は約 35,712,000 人である。本研究では、山西省内を流れる沁河の4地点および汾河1地点について、パックテスト（共立理化学研究所）による簡単な水質調査と、ペトリフィルム培地 EC プレート（3M）による大腸菌群数および同社製 SEC プレー

トによる大腸菌数の測定を試みた。ペトリフィルムは、フィルム上に滅菌処理済み培地が均一にコーティングされ冷水可溶性ゲル化剤を含むため、検水 1mL を加えることで細菌培養用の培地として機能する。オートクレーブを使用できない環境下でも簡単に細菌検査用の培地を調整することができるため、利便性が高い。

試水をポリプロピレン製の滅菌済チューブに採取し宿泊しているホテルに持ち帰った後、試水を良く攪拌し 1~1000 倍の範囲となるように滅菌済リン酸緩衝液で希釈し、希釈液 1mL を EC プレートおよび SEC プレートに塗抹した。細菌試験用恒温培養器（カルボックス、柴田科学）にて 37℃恒温下で 12 時間以上培養し、付属のマニュアルに従って菌数測定を行った。

## 3. 結果および考察

沁河4地点および汾河1地点のパックテストによる水質調査の結果は、pH が 8.0~9.5、COD (mg/L) が 3~>8、NH<sub>4</sub>-N (mg/L) が <0.2~0.3、PO<sub>4</sub>-P (mg/L) が <0.2~0.2 であった。大腸菌数は 0~6 (CFU/mL)、大腸菌群数は 0~136 (CFU/mL) で、大腸菌数は沁河3地点で、大腸菌群数は沁河1地点でペトリフィルム培地を用いた方法では未検出となった。大腸菌数および大腸菌群数については、COD 値が同程度の埼玉県内河川と比較すると、比較的低い値であることが明らかとなった。以上の結果より、体験型環境教育を行う際の候補地として、少なくとも沁河の3地点では、糞便汚染の影響は低く、衛生指標面での安全性が確保できているのではないかと考えられた。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP15H05126) の助成を受けたものである。

2P-3

Web 公開不希望

## 福島県浜通り地域の貯水池における放射性セシウム濃度の時間変化

\*舟木 泰智（日本原子力研究開発機構）、吉村 和也（日本原子力研究開発機構）、  
佐久間 一幸（日本原子力研究開発機構）、成田 哲也（日本原子力研究開発機構）

### 1. はじめに

陸水域での放射性セシウム ( $^{137}\text{Cs}$ ) の移動挙動を把握するとともに、今後の移動挙動予測手法を開発することを目的として、福島県浜通り地域に位置する5つのダムと9の小規模なため池で $^{137}\text{Cs}$ の動態調査を進めている。調査対象の貯水池流域は、いずれも福島第一原子力発電所の事故により環境中へ放出された放射性物質によって、比較的高濃度に汚染されている。本報では、このうち請戸川水系の中腹に位置する大柿ダム（流域面積約110km<sup>2</sup>）の底質調査、セディメントトラップ調査および水質調査から得られた懸濁態および溶存態として流域を流下する $^{137}\text{Cs}$ 濃度の時間変化について報告する。

### 2. 方法

底質試料は水中バイブレーション式コアサンプラーおよび不攪乱柱状採泥器を用いて採取した。沈降粒子はセディメントトラップ（を用いて、貯水池の底層付近で採取した。また、採水器等を用いて流入・放流水および湖水を採取した。底質・沈降粒子は粒度試験を実施するとともに、Ge半導体検出器により放射能濃度を測定した。採水試料は孔径0.45 $\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過し、懸濁態と溶存態を分離した後、放射能濃度を測定した。

### 3. 結果・考察

底質調査の結果、貯水池の上流側に $^{137}\text{Cs}$ に汚染された土砂が厚く堆積し、下流側の放流工付近まで流下する土砂の量は少ないことがわかった。また、上流側は一部に砂粒子（63-2,000 $\mu\text{m}$ ）が卓越するが、下流側はほとんどシルト（4-63 $\mu\text{m}$ ）・粘土粒子（<4 $\mu\text{m}$ ）で構成される。そのため、ダムから下流域への土砂流出の観点からは、流下距離が長いシルト・粘土粒

子と $^{137}\text{Cs}$ 濃度との関係を把握することが重要となる。

底質および沈降粒子は、既往の土壌試料などの調査結果と同様に粒径が小さい画分ほど $^{137}\text{Cs}$ 濃度が高い傾向を示した。一般に比表面積（粒径）と $^{137}\text{Cs}$ 濃度の関係はべき乗の関数で表現できるとされ、大柿ダムの底質および沈降粒子から推定された指数値は約0.2であった。求められた指数値は事故から5年程度の期間においてほとんど変化しないため、今後もダム湖へ供給される粒子の比表面積（粒径）と $^{137}\text{Cs}$ 濃度の関係は、概ね上記の関数で説明できるものとする。また、放流水中の懸濁態と粒径や $^{137}\text{Cs}$ 濃度などが類似していると考えられるダム湖の放流工付近で採取した底質の $^{137}\text{Cs}$ の蓄積履歴を復元し、粒径ごとの $^{137}\text{Cs}$ 濃度の時間変化について検討した結果、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度は時間に依存して指数関数的に減少することがわかった。加えて、底質の採取後から継続的に捕捉している沈降粒子と放流水中の懸濁態 $^{137}\text{Cs}$ 濃度の時間変化は、上記の底質の $^{137}\text{Cs}$ の蓄積履歴から推定した濃度の減少傾向と概ね一致した。

一方、溶存態 $^{137}\text{Cs}$ の濃度は、1) 時間の経過とともに緩やかに低下する、2) 夏場に高く冬場に低い季節変化を示す、3) 湖内では表層水よりも底層水のほうが高い値を示す傾向があることがわかった。また、溶存態と懸濁態の分配係数は $10^4$ から $10^5$  (L/kg) オーダーの値を示した。上記のように、溶存態 $^{137}\text{Cs}$ 濃度には、季節変化や深度変化が認められることから、底質からの溶出による内部負荷の影響について調査を実施している。

以上、これまでに貯水池で得られた $^{137}\text{Cs}$ の移動挙動に関する知見は、定期的に実施されている河川のモニタリング等を補完する上でも有効な情報と考えられる。

\*佐久間一幸（日本原子力研究開発機構）、舟木泰智（日本原子力研究開発機構）、北村哲浩（日本原子力研究開発機構）、飯島和毅（日本原子力研究開発機構）、辻英樹（国立環境研究所）、林誠二（国立環境研究所）

### 1. はじめに

福島第一原子力発電所事故後、環境中に放出された放射性物質の中で、現在一番問題となっているのが半減期の長い<sup>137</sup>Cs (30.2 y)である。高汚染の森林域溪流水中においては未だ溶存態 Cs が検出されており、それらが流入する河川水中の溶存態 Cs の挙動予測が重要な課題となっている。そこで本研究では、統合型水循環流域シミュレータを用いて森林域における溪流水中溶存態 Cs の発生源を明らかにし、さらにその経路を解析することを目的とする。

### 2. 方法

解析対象は福島県浜通り 2 級河川の一つである太田川の上流域とした。土地利用は 99%以上が森林 (ALOS, 2014)であり、平均沈着量が約 1800 kBq/m<sup>2</sup> (第3次航空機モニタリング, 2011) である。表層土壌図や地質図を参考に 3 次元水理地質モデルを作成した。解析に使用するコードは、流域水循環系の水・土砂・核種輸送プロセスを分布型物理モデルによって解くことができる GETFLOWS (GEneral-purpose Terrestrial fluid-FLOWSimulator) (登坂ら, 1996; Mori et al., 2015)を用いた。着目している放射性 Cs は溶存態であるが、懸濁態から再分配によって Cs が溶出してくることを考えると、懸濁態も同時に解く必要がある。また対象とする核種は<sup>137</sup>Cs である。固液分配係数は 400,000 L/kg、固相と液相は瞬時平衡、乾燥状態に応じて線形に分配係数を増減するように仮定した。上記に加え、森林コンパートメントモデルと流域モデルを有機的に結合して解くことによって、リターフォールやリターの分解等を考慮した上で、対象領域を解析した。気象外力は、横川雨量計を用いて 10 分間雨量を与え、気温、風速、日射時間は原町 AMeDAS データ、相対湿度は福島 AMeDAS データを用いた。実測に関しては、流域からの流出点において水位-濁度の連続観測を実施し、H-Q 曲線の作

成、月一回程度の採水を行い、溶存態・懸濁態 Cs 濃度を測定した。これらの実測値と計算値の比較を行いモデルの再現性を検証した。水・空気の 2 成分 2 相流体に対して、水の平衡場を計算するために、月平均降水量から月平均蒸発散量を差し引いた有効降水量 (2.33 mm/day) を流域全体に与え続け、地下は全て水に浸っている状態から計算を開始して、地上と地下の水のやりとりが安定する状態を初期状態として、2014 年～2015 年の非定常解析を実施した。

### 3. 結果・考察

水に関しては出水時のピーク位置やピーク高さを高精度で再現し、また年間水収支に関しては、2 年間を通じて誤差数%以内であることを確認した。このモデルを用いて、森林域溪流水中の溶存態 Cs の流出挙動の解析を実施した。河川中の溶存態 Cs の濃度は夏場に高く、冬場に低い傾向が観測データから得られているが、計算結果においても、同様に夏場に高く冬場に低い傾向を示した。これは降水量に応じた土壌の乾燥状態の違いや、汚染濃度の高い箇所を流れる流量の変化、河川中の懸濁態 Cs 濃度の増減による再分配が考えられる。濃度の絶対値については、実測値が 0.2-0.5 Bq/L に対して、計算値は 0.1-0.3 Bq/L であり、過小評価気味ではあるものの概ね整合的な結果を確認することができた。また出水時における地表流水中の溶存態 Cs 濃度の空間分布を出力することによって、出水時のみ現れる流出経路の確認や濃度の高低の場所の特定をすることができた。前述の試算の結果や既存の研究成果等から森林内の土壌間隙水やリターからの溶脱が河川中の溶存態 Cs 濃度の上昇に影響を与える可能性があることから、前述の森林コンパートメントモデルを連結させ、溶存態 Cs 濃度計算結果の再現性を確認しているところであり、本結果についても併せて報告する予定である。

\*吉村 和也（原子力機構・福島環境安全センター）

## 1. はじめに

市街地における放射性セシウムの降雨に伴う流出評価は、市街地の線量予測に加え、水系の放射性セシウムに対する供給源としての役割を理解する上で重要である。市街地は舗装面の他、草地や畑地などの非舗装面により構成され、それぞれが異なった放射性セシウムの沈着・移行特性を示すと指摘されている。そのため、市街地から流出する放射性セシウムを評価するには、被覆条件（舗装／非舗装）を区別した解析が必要である。

舗装面堆積物（堆積物）の放射性セシウム濃度は、緩衝深度の違いにより非舗装面の表層土壌（表層土壌）に比較し高いことが指摘されている。そのため、市街地から流出する懸濁態の放射性セシウム濃度は、堆積物／表層土壌における濃度の二成分混合系で規定できる可能性がある。また Zn、Pb は、堆積物のトレーサーとしての有用性が指摘されている。本研究では、Cs-137 濃度、および Zn、Pb についてトレーサーとしての有用性を確認すると共に、市街地から降雨時に流出する懸濁態 Cs-137 の起源推定を行った。

## 2. 方法

調査は 2014 年 12 月-2015 年 1 月にかけて、帰還困難区域内の市街地における 2 つの集水域（Site-O（約 3 ha）、および Site-T（約 4 ha））にて実施した。市街地から流出する懸濁物質（SS）は、雨水排水溝に設置した自動採水器により排水を採取し、これをメンブレンフィルター（孔径 0.45  $\mu\text{m}$ ）でろ過することで回収した。堆積物、および表層土壌は、集水域内、およびその近傍からそれぞれ 6 地点、12 地点で採取した。堆積物、および表層土壌は乾燥後、一部を分級し 5 つのサイズ画分を作成した。各試料中の Cs-137 濃度はゲルマニウム半導体検出器により、重金属類は ICP-MS により測定した。また各試料の粒度分布は、レーザー回折・散乱式粒度分布計により測定した。SS の粒

度分布は、SS 濃度が高かった Site-T における 2015 年 1 月 27 日の試料についてのみ得られた。

Cs-137 濃度は被覆条件の他、沈着量に依存する。本研究では Cs-137 濃度 ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) を沈着量 ( $\text{Bq m}^{-2}$ ) で除し、沈着量あたりの Cs-137 濃度（Entrainment coefficient; EC ( $\text{kg}^{-1} \text{m}^2$ )) を求めた。沈着量は歩行サーベイにより測定した 2014 年 12 月 10 日時点の値を用いた。

## 3. 結果

EC、および Zn 濃度は、堆積物で有意に高い値を示し、トレーサーとしての有用性が確認された。EC、Zn 濃度は粒度依存性を示したことから、SS と同程度の粒径を想定した EC、Zn 濃度に補正した。各試料の EC、Zn 濃度を図 1 に示す。SS に対する堆積物の寄与率は、EC 比で 53-67%、Zn 濃度比で 78-85%と推定された。

## 4. 考察

EC 比と Zn 濃度比で推定された寄与率は、同程度であった。僅かな違いは EC が低い、または Zn 濃度が高い他起源の SS の存在を示唆する。発表では単位面積当たりの寄与率も報告する。

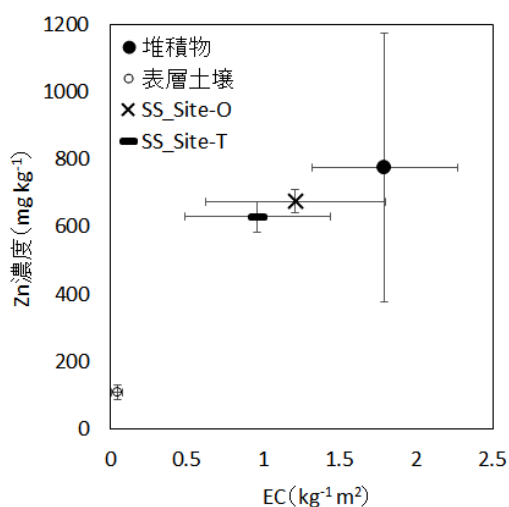


図 1 EC、Zn 濃度比

2P-7

Web 公開不希望

## 群馬県内の湖沼・ダム湖における環境放射能

野原 精一（国立環境研究所・生物・生態系環境研究センター）

### 1. はじめに

水生生物が減少した原因は、稚魚や産卵親個体の乱獲、環境汚染物質の影響、寄生生物の影響、ダムの影響に加え、河川工事や土地利用改変による生息域の減少によるものとされている。これら諸要因が重なり有用水産資源が長期的に減少し生態系サービスが劣化している。そこで、ダムなどの人工構造物等による生物生息地の改変が湿地生態系機能・生態系サービスへ及ぼす影響を評価することを最終目的に群馬県内の利根川流域の湖沼・ダム湖で実施した。

2011年3月には東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質は地表や水界等に沈着し、更に湖水中や底質へ移行した。そこで湖沼・ダム湖のワカサギの放射性 Cs 汚染の実態を解明するために、環境放射能および陸学的な調査研究を行った。現地調査は群馬県水産試験場との共同研究、各地の漁業協同組合の協力で遂行された。

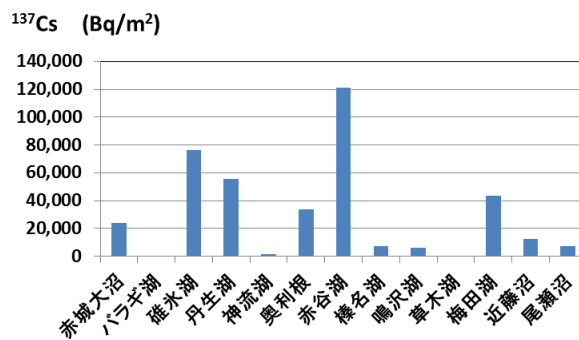
### 2. 調査地および方法

調査は2015年9月から10月に実施した。調査地は赤城大沼、バラキ湖、碓氷湖、丹生湖、神流湖、奥利根湖、赤谷湖、榛名湖、鳴沢湖、草木湖、梅田湖、近藤沼、尾瀬沼で行った。各地で底質調査、プランクトン調査、水深、水温、電気伝導度、透明度、クロロフィル量、懸濁物質質量、LISST-100xによる粒度組成を行った。植物プランクトンは各水深別に採水して、1Lをルゴール液で固定した後、50mlに濃縮して検鏡した。動物プランクトンは目合い200 $\mu$ mの直径40cmのネットを0-20mの水深の垂直引きを行い、シュガーホルマリンで固定して検鏡した。採水して粒度分析計（LISST-100x）で粒径分布を観測した。底泥を直径6cmの重力式の佐竹式コアサンプラーを用いて湖心付近で不攪乱のコアを採取して、実

験室に持ち帰り層別に切り分け、生重量、乾重量を測定後、U-8 容器に詰めて、ゲルマニウム検出器で放射性 $^{134}\text{Cs}$ と $^{137}\text{Cs}$ を分析した。いずれの試料も $^{137}\text{Cs}$ のピークがバックグラウンドと明確に区別できるまで十分な測定時間（最大 50,000 秒）を費やした。体積標準線源から求めた $^{137}\text{Cs}$ （661.6 keV）の検出効率を用い、試料厚さ効果、試料によるガンマ線吸収及び試料採取時点への減衰補正を施して、乾重量あたりの放射能濃度を求めた。

### 3. 結果：群馬県の環境放射能底質モニタリング調査

各地でのインベントリーは下記の図のようであった。自然湖沼（赤城大沼、榛名湖）では表層のみに $^{137}\text{Cs}$ の福島第一原発事故による放射能ピークがあった。赤城大沼では底質の $^{137}\text{Cs}$ 総量の1/1000が底質間隙水に含まれ、今後 $^{137}\text{Cs}$ 挙動（移動、溶出）が注目される。尾瀬沼では7,500 Bq/m<sup>2</sup>の $^{137}\text{Cs}$ の福島第一原発事故による放射能汚染があった。尾瀬沼ではグローバルファールアウトの $^{137}\text{Cs}$ の放射能から堆積速度は3.4mm/年と推定された。ダム湖（梅田湖、赤谷湖）ではピークが複数回あり、洪水のたびに流域から $^{137}\text{Cs}$ の流入があったと推定された。近藤沼では $^{137}\text{Cs}$ ピークから堆積速度年間3.7cmと推定されかなり早い速度で堆積していると推定された。





\* 荒居博之, 福島武彦, 恩田裕一 (筑波大学・生命環境)

### 1. はじめに

2011年3月の福島第一原子力発電所事故により、半減期の長いセシウム<sup>137</sup>(<sup>137</sup>Cs)が東北・関東地方を中心に広域に沈着した。Csは土粒子に強く吸着し、河川を通して下流の湖沼・沿岸域等に運搬される。したがって、下流湖沼において<sup>137</sup>Csの分布や動態を把握することは、放射性物質の中長期的な管理・予測の観点から重要となる。筆者らは霞ヶ浦を対象に、底質及び流入SSの<sup>137</sup>Cs濃度を2013年まで調査した(日本陸水学会第79回大会)。本稿では新たな調査結果を追加し、底質中の<sup>137</sup>Cs濃度の鉛直分布特性並びにインベントリーの経年変化傾向を評価した。また、湖全体の<sup>137</sup>Cs収支を推定した。

### 2. 材料と方法

茨城県南部に位置する霞ヶ浦(西浦, 北浦)を対象とした。内径10cmの亚克力管を用いて、西浦9地点, 北浦4地点で長さ50cm以上の底質コアを1回以上採取した。このうち西浦・湖心, 同・掛馬沖, 北浦・釜谷沖では、2011~2015年にかけて毎年採取を実施した。多くのコアは2cm間隔にカットし、凍結乾燥・粉碎後、Ge半導体検出器による<sup>137</sup>Cs濃度の測定に供した。試料の一部は含水比, 比重, 強熱減量の測定に供した。底質中の<sup>137</sup>Csインベントリーは、<sup>137</sup>Cs濃度と含水比, 比重から求めた。

主要な西浦流入河川である桜川及び恋瀬川の国交省流量観測点において、2012年9月にSSサンプラーと濁度計を設置し、2015年12月まではほぼ月1回の頻度で試料を回収した。SS試料は凍結乾燥し、<sup>137</sup>Cs濃度の測定に供した。西浦への<sup>137</sup>Cs流入負荷量は、SSの<sup>137</sup>Cs濃度, 濁度, 流量等から推定した。

### 3. 結果と考察

代表的地点である西浦・湖心並びに北浦・釜谷沖における<sup>137</sup>Cs濃度の底質鉛直分布は、ピーク濃度の低下と平坦化が進み、2015年には深さ30cm程度(40 kg m<sup>-2</sup>)まで平坦な分布が確認された(図1a)。従来報告されている西浦湖心の底質堆積速度(1 kg m<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup>程度)では<sup>137</sup>Csの到達深度を説明できず、堆

積後の深部への移行が示唆される。このような分布は浅い湖沼で限定的に確認されており(荒居ほか, 2015)、強風時の混合等が要因として考えられた。

一方、掛馬沖では濃度低下はみられたものの、湖心のように深部への移行は確認されなかった(図1b)。

底質中の<sup>137</sup>Csインベントリーに関して、西浦・湖心では経年的な増加傾向が検出されたが、その上流の掛馬沖では2012年以降増加がみられなかった。したがって、掛馬沖では河川からの<sup>137</sup>Cs負荷を打ち消す何らかの要因、例えば細粒子の再懸濁・流出等が示唆され、湖心のインベントリー増加に対するソースの一つである可能性も推察された。

期間中、桜川及び恋瀬川のSSの<sup>137</sup>Cs濃度は有意に減少していた( $p < 0.005$ )。桜川の<sup>137</sup>Cs濃度の平均値(94 Bq kg<sup>-1</sup>)は恋瀬川(460 Bq kg<sup>-1</sup>)より低く、流域の<sup>137</sup>Cs沈着量の大小関係と整合的であった。

西浦9地点(2014~2015年), 北浦4地点(2014年)の底質コアに基づき、各湖沼の<sup>137</sup>Cs総放射エネルギーを推定したところ、それぞれ3.8 TBq, 0.8 TBqであった。西浦の総放射エネルギーに対して、流入河川調査に基づく2012~2015年の西浦への懸濁態<sup>137</sup>Cs年間流入量は0.3~3.2%、過去の分配実験等に基づく溶解態<sup>137</sup>Cs年間流出量は0.3~1%と推定された。

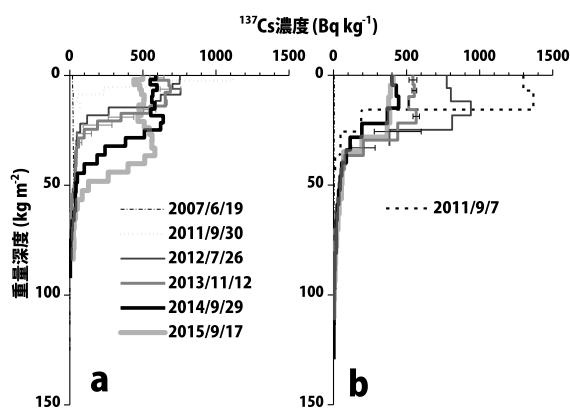


図1. 西浦・湖心(a)及び同・掛馬沖(b)における<sup>137</sup>Cs濃度の底質鉛直分布。

### 参考文献

荒居博之ほか(2015) Proc 16th Workshop on Environmental Radioactivity, 2015-4: 244-251.

# 2P-10

## 計算機シミュレーションによる請戸川河口付近における 放射性物質が付着した土砂の移動予測

\*山田進 (原子力機構)、北村哲浩 (原子力機構)、中西貴宏 (原子力機構)  
佐久間一幸 (原子力機構)、町田昌彦 (原子力機構)

### 1. はじめに

2011年3月の福島第一原子力発電所の事故により環境中に放出された放射性物質の一部は陸域に沈着し、その後、雨等の影響により河川に流入し、下流に移行しており、その一部が河川敷に堆積していることが観測されている。この放射性物質の振る舞いを理解することは住民の安全の帰還のためには重要なことである。

この事故で放出された放射性物質の多くはセシウム（特にCs-134及び137）であり、土砂に付着する性質が強く、多くは付着したまま土砂の移動に伴って移動する。そのため、土砂の移動を予測することでセシウムの動態も予測できる。

そこで、本研究では上流が比較的線量率の高い地区内を流れている請戸川の河口域を対象とし、土砂の振る舞いを計算機シミュレーションによって予測し、その結果からセシウムの振る舞いを予測する。

### 2. 方法

本研究では図1に示した高瀬川との合流を含む請戸川河口域（約4200m×500m）を850×100のセルに分割し、2次元シミュレーションを実施する。シミュレーションに利用するコードは北海道大学の清水教授によって開発されたNays2Dコード[1]に並列化等の必要な機能を追加したものを利用している（Nays2Dの最新版は河川シミュレーションソフトiRICにNays2DHとして含まれており、<http://i-ric.org/ja/> からダウンロードすることで利用できる）。また、並列シミュレーションは原子力機構所有の並列計算機SGI ICE Xを用いて実行している。

### 3. 結果

2011年9月の台風イベントにおける請戸川、高瀬川の流水量および浮遊砂量をGETFLOWS[2]により求めた結果を境界条件として利用し、また、観測により得られた土砂の粒径ごとのセシウム濃度を用いて、河口域に堆積したセシウム量を計算した。

この結果は原子力機構が2012年12月に測定した空間線量率[3]と同様の分布傾向を示しており、洪水時のセシウムの振る舞いの予測に計算機シミュレーションを用いることは有効であると結論付けられる。

### 4. 考察

本発表では、上流が比較的線量率の高い地区を流れている請戸川の河口域における洪水時のセシウムの振る舞いを2次元シミュレーションにより調査することで、洪水時の河川敷に堆積するセシウムの分布傾向を評価した。その分布を実際に観測した空間線量率と比較したところ、同様の分布傾向を示しており、シミュレーションが河川によるセシウムの振る舞いを予測する有力な手法であることを確認した。

今後は、シミュレーションにより様々な規模での洪水時のセシウムの堆積分布を評価し、住民の安全な帰還のための情報提供を目指す。

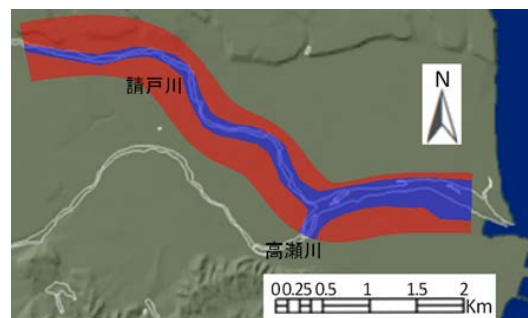


図1 シミュレーション範囲

### 参考文献

- [1] Y. Shimizu, Ann. J. Hydraul. Eng. 47, 2003. DOI: 10.2208/prohe.47.643
- [2] K. Mori, et. al., Environ. Model. Softw. 72, 2015. DOI: 10.1016/j.envsoft.2015.06.012
- [3] Y. Sanada, et. al., Exploration Geophysics 45(1), 2013. <http://dx.doi.org/10.1071/EG13004>

\*町田昌彦 (原子力機構)、山田進 (原子力機構)、佐久間一幸 (原子力機構)  
操上広志 (原子力機構) 北村哲浩 (原子力機構)

## 1. はじめに

2011年3月の福島第一原子力発電所(1F)の事故により環境中に放出された放射性物質の一部は、陸域に非一様に沈着した。その結果、福島県浜通りにおいて、1F北東方向の山地森林の沈着濃度が比較的高いことが航空機サーベイ等から明らかとなり、山地森林からの放射性セシウムの流出過程の解明が強く求められている。

福島県の浜通りの山地を源流とする河川の多くは、太平洋岸へと直接注ぎこむため、河川は森林を流れる溪流の上流域と沿岸部での比較的傾斜の緩い下流河口域とに凡そ分けることができる。しかも、それらの河川の多くは、上流域にダム湖を有しているという特徴があり、放射性セシウムの動態もその特徴を反映すると考えられる。

こうした地形及び河川の特徴と共に、森林から流出する放射性セシウムの多くは、比較的粒径の細かい土砂(シルト及び粘土)に強く固着され、土砂と共に運搬されることを考慮すると、放射性セシウムの多くは一旦、ダム内にて滞留・沈降した後、下流域へと運ばれると考えられ、ダムのない少数の河川とは、放射性セシウムの動態において、はっきりとした差異があることが分かってきた。

そこで、本発表では、福島県浜通り地方において、典型的なダム湖内に流入する河川水の流動と河川水により運ばれる土砂の粒径毎の滞留及び沈降の様子をシミュレーションにより調べた結果を報告する。更に、土砂の輸送と共に、放射性セシウムの動態に対する知見についても報告し、河川水及び土砂の移流・拡散と放射性セシウムのダム湖内分布について得られた成果を報告する。

## 2. 方法

本発表では、福島県浜通り地方において、放射性セシウムの沈着濃度が高い流域を有する請戸川上流にある大柿ダム[1]を計算対象として、河川水の流動と土砂の移流・拡散及び堆積のシミュレーションを目標とする。大柿ダム湖内では、鉛直(深さ)方向に温度等がはっきりとしたプロファイルを有して

いることが観測等により分かっているため、鉛直方向分布も陽に解く3次元計算が必要と判断し、 $\sigma$ 座標系を採用した3次元流動解析コードを開発した。更に、開発コードを原子力機構所有のスーパーコンピュータSGI ICE X上で並列動作可能とし、精細な解像度レベル(0.5~1m程度の格子間隔)のシミュレーションにも対応可能とした。

本研究で対象としている大柿ダムに対しては、水深の詳細測定データがあり、比較的解像度の高い格子が作成可能であり、スーパーコンピュータによる高解像度シミュレーションが可能である。

## 3. 結果

2011年9月の台風イベントにおける請戸川上流の流量および浮遊砂量をGETFLOWS[2]より求めた結果をダム湖内流入境界条件として利用し、また、観測により得られた土砂の粒径ごとの濃度を用いて、ダム湖内の各地点に堆積する堆砂量をシミュレーションした。この結果は、原子力機構が湖内の様々な地点にて測定した湖底土のサンプリングによる堆砂傾向と一致しており、豪雨時の放射性セシウムの動態の予測に上記3次元シミュレーションを用いることが有効であると結論付けられる。

## 4. 考察

本発表では、上流が比較的高濃度に放射性セシウムが沈着した山地森林を流域として持つ河川及びダム湖内における堆砂シミュレーションを基に、放射性セシウムの堆積分布の予測が可能になることを示した。今後は、シミュレーションを利用することで、様々な規模の降雨時にて、セシウム滞留・堆積分布を様々なダム湖内にて評価し、ダムから取水される水中濃度や懸濁体濃度の情報を基に、今後の下流への影響評価に役立つことを目指す。

[1] S. Yamada et al., Environ. Res. Lett. 10(2015)014013.

[2] K. Mori, et. al., Environ. Model. Softw. 72, 2015. DOI: 10.1016/j.envsoft.2015.06.012

水生昆虫コガタシマトビケラに対する  
ネオニコチノイド系殺虫剤の毒性評価

横山淳史（農研機構・農業環境変動研究センター）

## 1. はじめに

化学物質の生態リスク評価は、個体群や群集を対象とすることが望ましいが、野外調査やメソコズム試験の実施は容易ではない。そこで、室内毒性試験結果を外挿して個体群レベルでの影響評価に活用することになるが、生物は成長段階により化学物質に対する感受性が変動することが知られており、一定の成長段階しか用いない従来の個体レベルの室内毒性試験の結果を、様々な成長段階の個体を内包する個体群の影響評価に活用するためには解決すべき課題が残されている。第1に、個体の成長に伴う感受性の変動を把握できる室内毒性試験法が必要である。第2に、農薬等の一時的な曝露からの個体群の回復性を適切に評価する個体群動態モデルの開発が必要である。演者はこれまでに水生昆虫コガタシマトビケラ (*Cheumatopsyche brevilineata*) を対象とした成長段階別毒性試験法を開発するとともに（日本陸水学会第77回大会）、室内個体群動態モデルを確立した（同79回大会）。本報では、環境生物に対する影響が最近注目されているネオニコチノイド系殺虫剤の中からジノテフランおよびクロチアニジンが被験物質として選定し、開発した手法を用いてコガタシマトビケラの個体レベル・個体群レベルでの毒性評価を実施した結果を報告する。

## 2. 材料と方法

被験物質には和光純薬工業株式会社より購入した標準品を用いた。曝露濃度は予備試験を行って決定した。曝露期間は48時間に設定し、曝露開始時および終了時に試験水の被験物質濃度をLC/MS/MSで定量した。

毒性試験には2006年6月に確立した室内累代飼育系統のM系統（横浜市宮川由来）を用いた。試験に供した成長段階は卵期（産卵1日後：E1、4日後：E4、7日後：E7の3つの発生段階）および幼虫期（1～5齢）である。試験は成長段階毎に実施し、各試験の影響個体率から計算プログラムSASを使用して濃度-反応曲線及び半数影響濃度（EC<sub>50</sub>）を求めた。

成長に伴う感受性の変動と個体群の回復性を考慮した影響評価を行うため、コガタシマトビケラ室内個体群動態モデルに成長段階別の濃度-反応曲線を組み込み、被験物質に48時間曝露された場合の個体数変動をシミュレーションし、個体群の存続が可能な最高曝露濃度（個体群閾値濃度）を算出した。

## 3. 結果と考察

両被験物質ともに、成長に伴う感受性の変動パターンは一致していた。神経系が未完成であるE1～E4期は不感受性であり、100 mg/Lの限度試験でも影響は観察されなかった（表）。神経系がほぼ完成するE7期から感受性を示し、続く1齢幼虫期が最も高感受性となった。その後、幼虫の成長に伴い感受性は低下した。幼虫期の中で1齢幼虫期が最も高感受性となる傾向は、過去に報告された有機リン系やカーバメート系殺虫剤に対する感受性変動パターンと類似していた。被験物質間で比較するとクロチアニジンに比ベジノテフランの毒性の方が、E7期～1齢幼虫期に対しては相対的に弱く、2齢以降に対しては強い傾向が見られた。

毒性試験結果を室内個体群動態モデルに組み込み、3つの仮想年齢組成個体群（卵・1齢の多い若齢、1齢・2齢の多い中齢、3齢・4齢の多い高齢）で個体群閾値濃度を計算し、個体群感受性がどの程度変動するかを調べた。計算の結果、両被験物質ともに個体群感受性は若齢個体群が最も低く、中齢個体群が最も高かった。被験物質間で比較すると、若齢個体群ではクロチアニジンの影響を受けやすいが、中齢以降の個体群では相対的にジノテフランに強く影響を受けた。

以上の結果から、一定の成長段階のみを用いる従来の室内毒性試験では、個体群に対する化学物質の相対的な影響の強さは評価できないこと、個体群の年齢組成によって個体群の感受性が変動することが明らかになり、より適切な生態リスク評価には、成長に伴う感受性変動の把握と個体群動態モデルを用いた影響評価が有用であることが示唆された。

表 実測濃度に基づく各成長段階のEC<sub>50</sub>値

成長段階	48h-EC <sub>50</sub> (μg/L)	
	ジノテフラン	クロチアニジン
卵 E1	>106,000	>108,000
E4	>97,000	>95,100
期 E7	159	32.7
1 齢	13.0	8.70
2 齢	20.2	25.1
3 齢	17.9	34.1
4 齢	25.4	42.9
5 齢	47.6	49.0

## 水生昆虫の行動に基づくネオニコチノイド系殺虫剤の新規影響評価法の検討

\*田中仁志、大塚宜寿（埼玉県環境科学国際センター）  
相子伸之、矢吹芳教（大阪府立環境農林水産総合研究所）

### 1. はじめに

ネオニコチノイド系殺虫剤は広く利用され、防除対象外の昆虫に対する影響が懸念される。それら殺虫剤はミツバチに対する影響について多くの報道があることで知られるが、直接的な殺虫剤の作用のみならず、餌資源の不足が群れの栄養状態を悪くし、ストレスへの抵抗力を低下させているとの指摘もある<sup>1)</sup>。一方で、水田で使用されるネオニコチノイド系殺虫剤フィプロニルやイミダクロプリドにアキアカネ幼虫の孵化や発生に影響する<sup>2)</sup>。埼玉県内の河川においては、クロチアニジンやジノテフランの検出率が90%以上と高かったこと<sup>3)</sup>などが報告されており、水生昆虫の多くは幼虫期を水中で過ごすため、河川へ流入したネオニコチノイド系殺虫剤に暴露しやすいことが推察されるものの、水生昆虫に対する影響についての情報は不足している。そこで演者らの研究では、ネオニコチノイド系殺虫剤は昆虫の神経系に作用することに着目し、致死濃度よりも低濃度で行動に影響が出るであろうと考え、水生昆虫を用いた新たな生態影響手法の構築を目的としている。本発表では、幼虫の運動量(単位時間あたりの移動距離)の定量的評価を報告する。

### 2. 材料と方法

#### 2. 1 試験生物と採取場所

試験生物は、埼玉県西部の丘陵地帯を流下する、荒川支流の都幾川(東松山市)(図1)の平瀬で比較的容易に採集可能な、シロタニガワカゲロウ、エルモンヒラタカゲロウ及びフタツメカワゲラの幼虫を使用した。採集した水生昆虫は、バケツへ移し、エアレーションを行った状態で実験室へ持ち帰った。

#### 2. 2 殺虫剤への暴露条件と運動量解析

ネオニコチノイド系殺虫剤は、埼玉県内河川で検出率の高いクロチアニジンを対象にした。クロチアニジン 50%含有水和剤(商品名:フルスウィング、住化グリーン株式会社)0.02gを100ml蒸留水に溶解し、殺虫剤原液とした。試験系は滅菌シャーレ(90×15mm、IWAKI サイテック)にガラス繊維濾紙(ワットマン GF/D)を敷いた後、ミネラルウォーター(ボルヴィック)20mlを加え、試験生物の幼虫を1匹ずつ入れた。暴露区には殺虫剤原液を設定濃度になるように加え、20℃恒温室内の振盪機(42rpm 旋回運動)上で暴露させた。なお、事前に行った暴露条件の検討では、カゲロウ類幼虫は一週間以上、カワゲラ類では約1ヶ月の飼育が可能で、観察中に脱皮も行われ、最終的に羽化する個体もあった。クロチアニジンの影響は、ビデオカメラで撮影した幼虫の動画から、Windows10 パソコン用2次元運動解析ソフトウェア DIPP-MotionV/2D(ディテクト株式会社)を用いて単位時間あたりの移動距離を運動量と

して求め、暴露濃度との関係を解析した。

### 3. 結果及び考察

図1は、シャーレ内のフタツメカワゲラ幼虫を撮影したビデオ映像のキャプチャ画像(左)とこの幼虫が約10分間移動した軌跡を運動解析ソフトで処理した線(右)である。この時、経過時間と幼虫(体長15mm)の移動距離は、一次直線的な関係( $R^2=0.97$ )を示し、平均移動速度は約8.3mm/sであった(図2)。

本発表では、水生昆虫幼虫の行動に着目した新たな影響評価方法として運動量の定量的評価方法を検討した。観察中、比較的連続して動き回る特徴があったカワゲラ類幼虫は、運動量を指標とした影響判定に適した試験生物である可能性が示された。また、市販運動解析ソフトを用いることにより、運動量の定量的評価が可能であり、現在、ネオニコチノイド系殺虫剤の定量的影響評価を進めている。

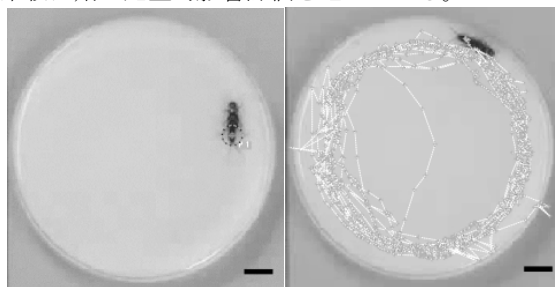


図1 シャーレ内の試験生物(カワゲラ幼虫)と約10分間の移動軌跡線(スケールは1cm)

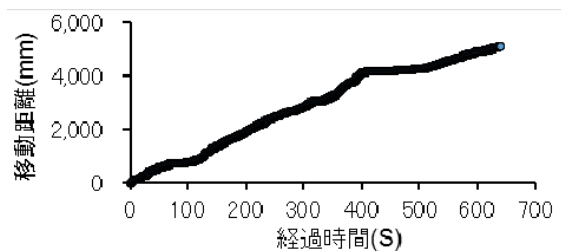


図2 シャーレ内における試験生物(カワゲラ幼虫)の移動距離と経過時間の関係

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP26550090 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1) 中村純(2015)ネオニコチノイド系農薬の使用規制でミツバチを救えるか, 日本農薬学会誌, 40, 2, 191-198. 2) 神宮宇ほか(2009)フィプロニルとイミダクロプリドを成分とする育苗箱施用殺虫剤がアキアカネの幼虫と羽化に及ぼす影響, 農業農村工学会論文集, 259, 35-41. 3) 大塚ほか(2014)埼玉県内河川におけるネオニコチノイド系殺虫剤7化合物の汚染実態, 第48回日本水環境学会年会講演集, 515.

## 兵庫県六甲山地におけるオオカクツツ

### トビケラの生活史と流程分布

\*渡辺昌造 (ひとはく地域研究員)

三橋弘宗 (兵庫県立人と自然の博物館, 兵庫県立大学)

#### 1. はじめに

オオカクツツトビケラは、日本各地の湧水、細流に広く分布する水生昆虫であるが、野外における季節消長の詳細や流程分布の制限因子を明らかにした研究はない。本研究では、兵庫県南部の六甲山系において2年間の通年定期調査および分布調査を行い、本種の生活史と流程分布を明らかにした。

#### 2. 材料と方法

生活史調査は、兵庫県神戸市六甲山北部に位置する古寺山細流で、2007年から2年間毎月の採集を行った。分布調査は、さまざまな河川規模、標高、河川勾配の全86カ所で幼虫の出現・不在について2008年～2010年にかけて調査を行った(Fig.1)。

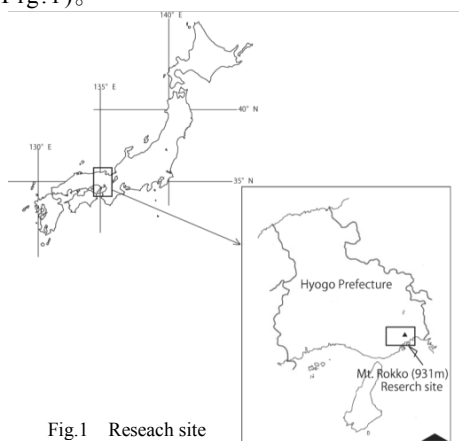


Fig.1 Research site

#### 3. 結果

羽化(産卵)は春と秋の2回確認できたが、明確な世代数は確認できなかった(Fig.2)。春から夏にかけての成長停滞期と秋から冬の成長促進期が認められた。分布

範囲は流域面積 2.32km<sup>2</sup>以下の細流に限られた(Fig.3)。Fisherの正確確率検定にもとづく流域面積の上限は 4.5km<sup>2</sup>( $\alpha=0.05$ )と推定された。河川規模と標高を説明変数とするロジスティック回帰モデルでは、出現および不在の予測適合率はそれぞれ約78%であった。

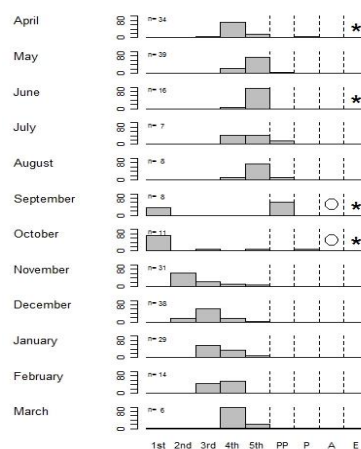


Fig.2 Seasonal change on life cycle stage

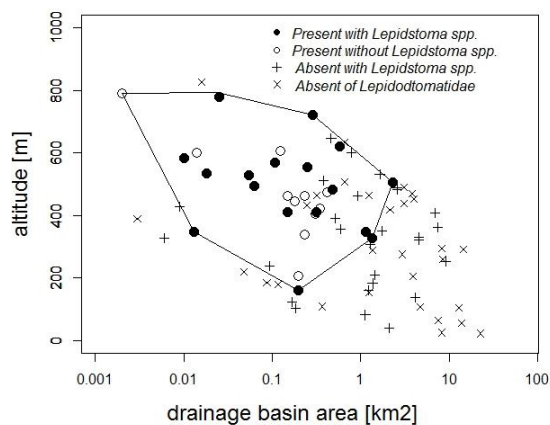


Fig.3 Longitudinal distribution of Lepidosomatidae

#### 4. 考察

夏季の成長停滞や夏眠は、羽化、産卵時期を同調させている可能性がある。河川規模+標高で表される分布予測モデルの実用性が示唆された。

# 2P-15

## 水生昆虫の生息場所として人工基盤を用いた河川生態影響評価手法の提案

○相子伸之・矢吹芳教（(地独) 大阪府立環境農林水産総合研究所）

大塚宜寿・田中仁志（埼玉県環境科学国際センター）

### 1. はじめに

環境省は、個々の化学物質の濃度ではなく、生物への毒性影響を通して水環境への影響を総じて評価する手法として WET (Whole Effluent Toxicity) 法の導入を検討している。標準的な WET 法では、魚類、甲殻類および藻類を試験生物として用いる。しかし、ある種の殺虫剤など、昆虫に対して低濃度で影響を及ぼす一部の物質に対する毒性は、過小評価されることが考えられる。

そこで、水生昆虫を用いた生態影響評価手法の提案として、河川に人工基盤を設置し、そこに定着する水生昆虫を観察し、種構成の変化を評価する手法の構築を試みた。演者らのこれまでの調査研究では定性的評価にとどまったが<sup>1)</sup>、本年度は定量的評価を追加したので、その内容を中心に報告する。

### 2. 材料と方法

大和川水系石川の支流の上流部の溪流において、上流側から A、B-1、および B-3 の 3 地点に水生昆虫の定着基盤として、半丁ブロック（以下、ブロック；縦×横×高さ＝19 cm×19 cm×11 cm、水平方向に楕円柱状の空洞がある）を設置した。ブロックは 2 つを 1 組に、空洞が流れ方向と垂直になるように組み合わせ設置した。平成 27 年 10 月 14 日にブロックを設置し、1 回目は平成 28 年 3 月 25 日に取り出して水生昆虫を採集した。これらのブロックは、水生昆虫を採取した同日に改めて設置し、2 回目は平成 28 年 4 月 12 日に取り出して水生昆虫を採集した。定着した水生昆虫を目視で確認しながら、溪流水でプラスチックバット内に流し入れた。それぞれの地点毎に設置した 2 つ 1 組のブロックは、同じプラスチックバットに流し入れて 1 つの試料とした。プラスチックバットから落葉・落枝などを除去したのちに水生昆虫を捕集し、速やかに実験室に持ち帰った。持ち帰った水生昆虫は、実体顕微鏡下で同定して種組成を記録した。

### 3. 結果と考察

ブロックの設置期間が、約 5 ヶ月間の 3 月と約 0.5 ヶ月間の 4 月の種組成は、類似していた（表 1）。また、地点間の種組成は、地点 A と地点 B-1 とでは類似していたが、地点 A と地点 B-3 とでは類似点は少なかった。3 月と 4 月に出現した同一種の定着数は、地点 A におけるモンカゲロウ属 a 種、あるいは地点 B-1 におけるコカゲロウ属 c 種は 3 月より 4 月で定着数が減少したものの、地点 B-1 のトウヨウマダラカゲロウ属 c 種、d 種、およびマダラカゲロウ属 e 種は、3 月より 4 月で定着数が増加していた。定着数には羽化や出水による流失が影響する可能性があるが、同一種の定着数は、ブロックの設置期間の長さに依存しないと考えられた。これらのことから、定着基盤としてブロックを設置した場合、0.5 ヶ月程度の期間で、その時節に応じた水生昆虫が定着することが推察され、水中の汚染物質に対する河川生態影響評価手法への活用も可能であると考えられた。

表 1 ブロックに定着した水生昆虫

水生昆虫	地点A		地点B-1		地点B-3	
	3月	4月	3月	4月	3月	4月
マダラカゲロウ科	トゲマダラカゲロウ属 a		1			
	トゲマダラカゲロウ属 b	△	△	○		
	トウヨウマダラカゲロウ属 c	△	△	△	△	○
	トウヨウマダラカゲロウ属 d	△	△	1	◎	1
	マダラカゲロウ属 e	△	△	△	○	1
ヒラタカゲロウ科	ヒラタカゲロウ属 a	△	△	1		
	タニガワカゲロウ属 b	△	○	1		
	ヒラタカゲロウ属 c		1			
モンカゲロウ科	モンカゲロウ属 a	◎	○	△		1
トビロカゲロウ科	トビロカゲロウ属 c	○	○	△	△	1
コカゲロウ科	フタバカゲロウ属 a					1
	コカゲロウ属 b		○			
	コカゲロウ属 c		○	◎	△	◎
フタオカゲロウ科	フタオカゲロウ属 a			△		△
シマトビケラ科	コガタシマトビケラ属 a					△
カワゲラ科	オオヤマカワゲラ属 a	△				
サナエトンボ科	クロサナエ a	1				

◎:10匹以上、○:6~9匹、△:2~5匹、1:1匹

#### 引用文献

- 1) 相子ら (2015) 河川の生態影響評価に向けた水生昆虫の生息実態調査手法の提案、日本陸水学会第 80 回大会 (函館) 講演要旨集、185  
謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP26550090 の助成を受けたものです。

## 1. はじめに

高速シーケンシング技術の進展により大量のDNA配列が高速で決定できるようになり、環境中に存在するメタゲノムDNA試料を丸ごと解析することが可能になってきた。一方、種判別マーカーとして提唱されているシトクロムcオキシダーゼサブユニットI (COI) 領域の遺伝子情報の蓄積も進んできており、代表的な水生昆虫であるカゲロウ・トビケラ・トンボ・カワゲラの4目合計で約6.2万配列が国際データベース(GenBank, DDBJ, ENA)に登録されている(2016年9月)。NCBI Taxonomy databaseに属名+種小名からなる正式な種名で登録されているものが5,548種あり、そのうちの約82%の種でCOI配列が既に登録されている。我々は、河川メタゲノム試料から次世代シーケンサーを用いて得られた配列データを用いて国際データベースを検索することにより、DNA試料が由来する水生昆虫種群を判別するシステムを構築したので、その結果と今後の展望について報告する。

## 2. 方法

解析の出発試料として、愛媛県重信川の10地点から得られたメタゲノムDNA試料をプライマーLCO1490およびHCO2198を用いてPCR法で増幅し、次世代シーケンサー(454 GS FLXシステム, Roche Diagnostics)でDNA配列を読み取った配列データ(泉ら、日本応用生態工学会2015年大会)を用いた。この配列群を、CD-HIT(Li, W. *et al.* 2001)を用いて、97%以上の一致率をもつグループに分けた後、BLAST(Altschul, S.F. *et al.* 1990)を用いて国際データベース登録配列と照合し、高い類似度を示す種の配列を抽出した。配列群の整理と一致率の計算には、BLASTに加えてグローバルアライメントソフトMUSCLE(Edgar, R.C. 2004)を用いた。

## 3. 結果

次世代シーケンサーによって得られた165,508配列のうち、HCO2198に続く300塩基の領域を読み取ることができた94,530配列について、97%一致率に基づきグループ分けしたところ、5,715グループが得られた。各グループの代表配列と国際DNAデータベースに登録されている配列とを比較して、類似度の高い配列(種)を選び出した。類似度が80%以上を示す種の属する目に分類したところ、ハエ目に5,715グループ中3,247グループ、カゲロウ目に1,498グループ、トビケラ目に212グループ、トンボ目に6グループ、カワゲラ目に9グループが分類された。配列数についてはハエ目に河川試料全体94,530配列の内の60.5%が、カゲロウ目に32.8%、トビケラ目に3.9%、トンボ目に0.03%、カワゲラ目に0.02%がそれぞれ分類された。

続いて、カゲロウ目に分類された1,498グループ30,915配列の種判別を試みた。ここでは配列の類似度

95%以上を基準に既登録種との対応付けを行った(表1)。その結果、カゲロウ目に分類されたうちの約57%にあたる17,635配列が10種に同定された。しかし残りの約43%の配列は、既知の配列との類似度が95%を下回っており、それらは未登録の種(未記載種も含む)由来であるか、あるいはシーケンシングエラーによるものと考えられる。例えば表中A-Eに該当する配列は、全て一致率97%以上でグループ分けされた1グループであり、同一種に由来する配列群であると推察されるが、最も類似度が高いAと*Rhithrogena japonica*の間の類似度も89%にとどまり、未登録の種であると判断される。この配列グループには2,829配列が含まれており、カゲロウ目に分類される配列全体の9.2%を占めていた。B-Eも同様に、それぞれのグループ内での一致率は97%以上であるが、既登録配列に対する類似度は82~88%であった。

## 4. 考察

以上の結果より、カゲロウ目に関しては約57%の配列データについて種との対応付けができた。しかしながら、残りの配列については対応する種が不明であり、河川メタゲノムデータから生息する種群の同定を行うには、更なるリファレンスデータ(正確に同定された種由来のDNA配列)の登録が必要である。また、COI配列解析に用いられる汎用プライマーは、PCR増幅が難しい種の存在も多く知られていることから、より効果的な(増幅バイアスのかからない)プライマーの開発も課題である。

表1. カゲロウ目の種判別結果

科名	種名	グループ数	配列数
Baetidae			
	<i>Acentrella sibirica</i>	224	8494
	<i>Tenuibaetis flexifemora</i>	41	876
	<i>Labiobaetis atrebatinus orientalis</i>	21	212
	<i>Nigrobaetis chocoratus</i>	5	22
Heptageniidae			
	<i>Epeorus Inigrus</i>	290	5634
	<i>Afronurus yoshidae</i>	60	1997
	<i>Rhithrogena japonica</i>	7	34
Ephemerellidae			
	<i>Ephemerella</i> sp. OPU_BS_E2012-129	2	360
	<i>Serratella setigera</i>	2	5
Ephemeridae			
	<i>Ephemera strigata</i>	1	1
対応する種が不明な配列(抜粋)			
(類似度の最も高い種名と類似度)			
A	( <i>Rhithrogena japonica</i> 89%)	1	2829
B	( <i>Eurylophella prudentalis</i> 86%)	1	1868
C	( <i>Takobia yoshinensis</i> 88%)	1	1411
D	( <i>Hexagenia limbata</i> 82%)	1	1362
E	( <i>Labiobaetis atrebatinus orientalis</i> 83%)	1	1209



## モンゴルに分布するシロイロカゲロウ *Ephoron nigridorsum* の遺伝的構造

\*関根一希 (立正大・地球, Korea University)  
Badamdorj Bayartogtokh (National University of Mongolia)  
Yeon Jae Bae (Korea University)

### 1. はじめに

一般に、氷期は陸上生物の分布や遺伝的多様性に大きな影響を与えたとされる。一方で、流水環境は極端な寒冷や凍結を干渉するとされ、流水環境下に生息する水生昆虫は氷期サイクル時に陸上昆虫ほど影響を受けなかったと推測される (Malicky, 1983; Pauls et al., 2006)。

モンゴルの気候は亜寒帯気候とステップ気候および半砂漠気候の移行帯であり、冬は長く厳しく、夏は短く暑いことで特徴づけられる。シロイロカゲロウ科シロイロカゲロウ属の一種 *Ephoron nigridorsum* は、掘潜型のカゲロウであり、モンゴルにおける河川中流域に分布する。本種の幼虫はモンゴルの温暖な4か月の間(4-7月: 河川水温は 15-25°C) に同調的な成長をして、気温の下がり始める8月に羽化をする (Avlyush et al., 2013)。羽化ステージは極端に短く(数時間)、この間に交尾・産卵し、死亡する。卵では胚発生が進行し、約8か月間、卵の状態越冬する。

本研究では、モンゴル最大の水系であるセレンゲ川水系における *E. nigridorsum* の遺伝的構造および demographic history を推定し、氷期における個体群への影響を検討した。

### 2. 材料と方法

モンゴル・セレンゲ川水系の10地域個体群において、*E. nigridorsum* の幼虫を手網で採集し、ライトトラップにより羽化個体を採集した。各地域個体群から10個体程度のミトコンドリアDNA COI 領域 (676 bp) を読み、これらの塩基配列データに基づき、遺伝子多様度、塩基多様度、ハプロタイプネットワークおよびベイジアン・スカイラインプロットの解析を行なった。置換速度として 0.0177/100 万年 (Papadopoulos et al., 2010) を用いた。

### 3. 結果

計101個体を解析し、50個のハプロタイプが認められた。各地域個体群の遺伝子多様度および塩基多様度はそれぞれ  $0.887 \pm 0.132$  (平均  $\pm$  標準偏差) および  $0.007 \pm 0.002$  と比較的高かった。ハプロタイプネットワークは長鎖型であり、地理的な分化パターンは認められなかった。ベイジアン・スカイラインプロットの結果では、最終氷期を通して個体群が安定・増加したことが示された。

### 4. 考察

*Ephoron nigridorsum* の羽化ステージは極端に短い、セレンゲ川水系内では羽化個体の遡上飛翔や幼生や卵の流下によって、比較的頻繁に遺伝的流動が生じていると考えられる。山岳棲のカゲロウでは、地域間の遺伝的分化を生じる例もあるが (Baggiano et al., 2011)、*E. nigridorsum* は山岳には生息せず、河川中流域に広く連続的に分布するため、地域間の分化は生じにくいのだろう。

植物記録 (Tarasov et al., 1999) やセレンゲ川が流入するバイカル湖の堆積物解析 (Murakami et al., 2012a, b) によっても、セレンゲ川水系の水温は、最終氷期に低下したとされる。しかしながら、*E. nigridorsum* の個体群サイズの減少は、最終氷期を通して認められなかった。幼虫期に耐寒性のある北極地方や山岳棲の水生昆虫類は、氷期に分布・個体群を拡大したとされる (e.g., Pauls et al., 2006; Lehrian et al., 2010; Theissinger et al., 2011; Schultheis et al., 2012; Sproul et al., 2015)。*Ephoron nigridorsum* の幼虫では耐寒性は認められないが、現在よりもさらに厳しい気候環境下 (さらに寒い冬と短い夏) においても、世代をまわし、個体群サイズを拡大させたことができたと考えられる。

\*井上栄壮, 早川和秀, 卯田隆, 永田貴丸, 一瀬諭, 古田世子,  
藤原直樹, 池田将平 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

### 1. はじめに

琵琶湖南湖では、1994年の渇水以降、夏季の沈水植物(水草)の繁茂面積が拡大し、湖底の低酸素化等の障害が生じている。かつて、南湖ではシジミ類等の貝類が多産したが、演者らは、現在の底生動物相は水生貧毛類(ミミズ類)が優占すること、水草繁茂量が多いほどミミズ類等の生息密度が低いことを報告してきた。しかし、貝類の減少は1960年代から続いており、水草繁茂だけが減少要因ではないと考えられる。

南湖では、特に1950年代以降、湖岸の地形改変が進み、現在73%が人工湖岸である。急深な湖岸断面に改変されれば、流動が停滞し、泥質の堆積につながると考えられる。南湖沿岸の底質は、1969年から2003年の間に粒径0.5mm未満の割合が増加し(滋賀県水産試験場, 2005)、湖岸や底質の変化も貝類減少の一因となった可能性がある。

本講演では、粒度等の底質条件と、貝類等の底生動物の分布との関係評価を目的として、南湖で実施した現況把握調査の結果を報告する。

### 2. 材料と方法

南湖における底質・底生動物の採集は、2014年4月～9月に湖内78地点(以下、湖内)、2015年5月に沿岸31測線における湖岸から50m沖・100m沖の62地点(以下、沿岸)で行った。水深は、各地点で採集時に測定した後、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.)での値に換算した。

底質・底生動物は、エクマン・バージ採泥器(開口部15cm×15cm)を用いて採集した。底質は、表層1cmの中央粒径値(レーザー回折散乱法、SALD-3100、島津製作所)、強熱減量(450℃、3時間)を測定した。底生動物は、底質をふるった残渣を10%ホルマリンで固定した後、選別・計数した。湖内では、底質を5回採集して目合2mmのふるいにかき、貝類のみ計数した。沿岸では、底質を2回採集して目合250μmのネットですべてのマクロベントスを計数した。

### 3. 結果と考察

南湖の底質は、湖内では泥質帯が大半を占めた。砂質帯は、主に東岸、南岸付近に広がるほか、沿岸では流入

河川河口付近等に局所的に分布した。沿岸では、水深が深いほど、底質の中央粒径値が小さく( $R = -0.537, p < 0.001$ )、強熱減量が高かった( $R = 0.711, p < 0.001$ )。急深な湖岸断面への改変が、泥質や有機物の堆積につながったことが示唆された。

南湖の貝類は、巻貝ではタニシ類が優占し、沿岸の浅い水域で生息密度が高い傾向がみられた。二枚貝ではシジミ類が優占し、過去に底質改善(覆砂、湖底耕耘)等の事業が実施された場所や、沿岸の砂質帯で生息密度が高かった(図1)。沿岸では、シジミ類の生息密度は、水深が浅いほど( $R = -0.376, p = 0.003$ )、底質の中央粒径値が大きいくほど( $R = 0.345, p = 0.006$ )、強熱減量が低いほど( $R = -0.297, p = 0.019$ )高かった。

貝類以外の底生動物は、ミミズ類の生息密度は、沿岸では水深が浅いほど( $R = -0.460, p < 0.001$ )、底質の強熱減量が低いほど( $R = -0.510, p < 0.001$ )高かった。

南湖においてシジミ類等の生息環境を再生するためには、残存する浅い砂質帯の保全とともに、湖岸断面の緩斜面化や、覆砂等による底質粒度の最適化が有効と考えられる。対策の具体化に向けて、今後、底生動物の多様性・生産性と、浅い砂質帯の形成・維持にかかる要因との関係、食物となる植物プランクトン等との関係について明らかにする必要がある。

**文献** 滋賀県水産試験場(2005):平成14～15年度琵琶湖沿岸帯調査報告書。滋賀県水産試験場,彦根。

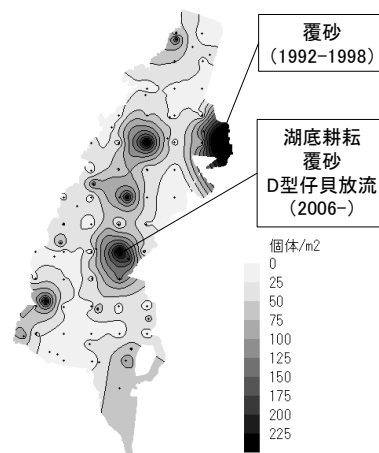


図1. 琵琶湖南湖におけるシジミ類生息密度の分布(2014年4月～9月)。

## 浅場における断続的な貧酸素がヤマトシジミの生残に与える影響

\*辻谷睦巳（鳥取大院・連農），戸島邦哲，増木新吾，高橋智（松江土建（株）），山口啓子（島根大・生資）

### 1. はじめに

宍道湖西岸に位置する十四間川では、宍道湖の主要漁獲資源であるヤマトシジミが生息している。宍道湖におけるヤマトシジミの資源量は2011年に急激な資源量低下が起きるなど不安定であり、その減少要因も明らかにされていない。ヤマトシジミが主に生息する場所は4m以浅と比較的浅いところである。浅場では宍道湖湖盆底層に停滞していた貧酸素水を含んだ高塩水が風の影響などにより湧昇し、ヤマトシジミの生息場所を脅かしている。ヤマトシジミは高い貧酸素耐性を持っているとされているがこれは長期間、連続的に貧酸素化した場合であり、断続的な貧酸素が繰り返されることによるヤマトシジミへの影響は明らかにされていない。一方で他の二枚貝では、致命的ではない貧酸素の曝露が繰り返されることにより貧酸素耐性が低下することが挙げられている。このことからヤマトシジミについても同様の現象が起きていると推測される。

また近年、底層溶存酸素量が着目され、水生生物が生息・再生産する場を保全・再生することを目的に「生活環境項目の保全に関する環境基準」に底層溶存酸素量が追加になった。現時点では底層溶存酸素量の類型指定まで決められていないが、基準値として2~4mg/Lが定められている。そこで、私達は宍道湖における浅場での底層溶存酸素量の挙動を調べ、断続的に発生する貧酸素水がヤマトシジミの生残に与える影響を調べたので報告する。

### 2. 材料と方法

飼育実験はヤマトシジミを20個体収容したネットを実験区および対照区で10袋ずつ垂下し、各区200個体で飼育した。飼育期間は2015年7月7日~2015年8月18日まで行った。実験区では酸素供給装置（WEPシステム）を設置し、酸素供給エリア内にネットを底泥に着底させ飼育を行った。対照区ではWEPシステムの影響を受けない地点においてネットを底泥に着底させ飼育を行った。いずれも水深は2m付近であった。また、両区間にデータロガー付き水温・溶存酸素計（MiniDOT）を設置し、底層溶存酸素量を1時間間隔で連続的に測定した。現地では飼育中のヤマトシジミを定期的に回収し、死亡した個体を取り除き生残率を求めた。測定が終わった

後は再びネットに収容し速やかに沈めた。また、ネットに付着物が多数付着した場合は新しいネットに交換した。区間での生残率の検定にはFisherの正確確率検定を用いた。

### 3. 結果および考察

底層溶存酸素量の連続観測の結果、対照区において数時間~2日程度の断続的な貧酸素（<3mg/L）が観測された（Fig.1）。飼育期間中に貧酸素になった合計時間は実験区で145時間、対照区で434時間であった。ヤマトシジミの生残率では8月12日以降で実験区の生残率が有意に高くなった（Fisher's exact test  $p < 0.05$ ）。実験終了時の生残率は実験区で63%、対照区で45%であった。両区間で生残率に差が見られた要因として、致命的でない貧酸素に断続的に晒されることにより貧酸素耐性が低下し、ヤマトシジミの生残に影響していることが推測された。

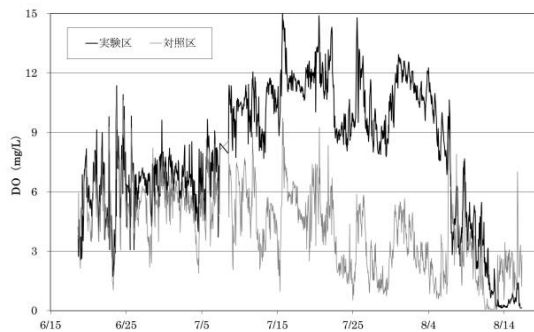


Fig.1 実験区および対照区における底層溶存酸素量の変化

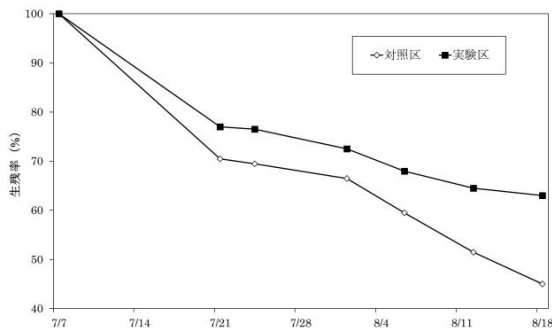


Fig.2 実験区および対照区におけるヤマトシジミの生残率の変化

## 赤土等環境要因との関係について

\*佐竹 潔, 山野博哉, 林 誠二 (国立環境研究所)  
金城孝一, 知花 睦, 座間味佳孝 (沖縄県衛環研)

## 1. はじめに

琉球列島久米島は沖縄県那覇市より西 100km に位置する面積 59km<sup>2</sup> の大陸島である。この島は亜熱帯に属しており、サトウキビを基幹作物とした農業が盛んであるが、赤土の流出などが問題となっている。

久米島の河川にはクメジマボタルやキクザトサワヘビをはじめとする固有種が生息している。そのうち、クメジマボタルは近年の減少傾向が著しいことから平成 24 年 8 月にレッドリストで絶滅危惧 I a 類へとランクアップされている (環境省, 2012)。久米島において陸水域の生物多様性の保全を考慮するために、クメジマボタルを含む底生動物を対象として調査を行っているところである。

## 2. 材料と方法

先行研究として藤田ら(2012)による 2010~2011 年の調査があり、佐竹らが底生動物や環境要因の調査を 2013~2015 年、クメジマボタルの成虫調査を 2015 年と 2016 年に行っている。環境要因については多項目水質計(TOA-DKK, WQC-24)を用いた水質項目、濾過水を用いての栄養塩、ならびに SPRS、気温を基本とし、河川の周辺環境を代表するものとして全天写真を用いての空隙率や湿度を 2015 年に追加した。なお、SPRS (suspended particles in river sediment) は赤土堆積量の簡易測定法 (金城ら、2004) によって得られる河川底泥中の赤土堆積の指標である。

これらの調査データのうち、藤田ら(2012)によるデータについて許可を得て解析を行ったので報告する。解析には統計ソフトの R2.15.3、vegan package を用いた。クラスター解析; 在不在データ、類似度、ward 法など、NMDS ; 在不在データ、有意な変数を表示した。ただし、甲殻類がより詳細に調査されているが、水生昆虫 (EPT) は不足がちであるなど分類群によって調査データに偏りがあったのと、淡水域と汽水域の生物相が異なり過ぎる問題点があったので、調査地点や分類群をすべて用いた場合と一部に限定した場合の解析を行った。

## 3. 結果

河口域から源流域まですべての地点、すべての分類群を用いた解析では、大きく 2 つのクラスター (1. 河口域と河口域直上部、2. 淡水域) に分かれたが、淡水域の地点がきれいに分かれなかった。また NMDS の stress 値は 0.153 であり、塩分濃度\*\*\*, PO<sub>4</sub>-P\*\*\*, 電気伝導度\*\*, 流速\*が有意であった。

河口域を除き、底生動物の分類群を限定 (貝類・トンボ類・ホタル) した解析では、クラスター解析で上流、下流、源流・細流、中流の 4 クラスターに分けられた。また、NMDS の stress 値は 0.091 であり、環境要因のうち SPRS\*\*, 流速\*, PO<sub>4</sub>-P\*, 水温\*, 気温\*が有意であった。

## 4. 考察

汽水域を含んだ調査データからの NMDS 解析では塩分濃度や PO<sub>4</sub>-P が特に有意であることから、底生動物の分布は汽水域や富栄養化した下流域の環境と関連づけられると考えられた。これは確かな解釈であると考えられるが、ホタルを含む底生動物と赤土など環境要因との関係を考察する目的には必ずしも向いていない。また底生動物のデータを用いたクラスター解析の結果も汽水域とその他の淡水域とが大きく分けられたものであった。一方、淡水域に限定し、ホタルや貝類などの分類群を絞った解析ではクラスター解析も上流域など地点ごとに区分され、NMDS 解析では赤土堆積の指標である SPRS がもっとも有意であった。NMDS 解析の stress 値も汽水域を含んだ場合の 0.153 から 0.091 と改善されている。なお、NMDS の種ごとのプロットを詳細に検討すると、貝類 12 種のうちカワニナがクメジマボタルにもっとも近い位置に配置されており、やはりクメジマボタルとその餌動物カワニナとの関連は深いと考えられた。

なお、クメジマボタルの成虫データとその幼虫時期の環境要因を用いて Zero-inflated regression model による解析を試みているので併せて紹介したい。

\*長谷川裕弥, 吉澤一家（山梨県衛生環境研究所）

### 1. はじめに

山梨県の西湖では、絶滅したと考えられていたクニマスが生息している。本研究所では、クニマスの生息環境を明らかにするために、湖内の水温や光量子量、プランクトン等の測定を定期的に行っている。今回は、相対光量子量 1% となる水深（補償深度）を透明度と水色、南中高度の重回帰分析により求めた。また、透明度とプランクトンの関係について考察したので報告する。

### 2. 調査の概要

2015 年 3 月～2016 年 8 月まで毎月 1 回、概ね快晴時に水深別に光量子量の測定を西湖湖心で実施した。光量子量の測定は、LI-COR 社製の光量子センサー（船上用：LI-190SA、水中用：LI-192SA、測定波長：400～700nm）と光量子計（LI-250A）を使用した。水中の光量子量は、船上の光量子量に対する相対光量子率（%）として評価した。また、これに併せて 2015 年 5 月から 2016 年 3 月までは毎月 1 回、2016 年 4 月～8 月までは毎月 2 回、水深 0～20m までのプランクトンを採取した。プランクトンネットは、丸川式中層プランクトンネット NXX13 を使用した。プランクトンは、約 3.5% グルタルアルデヒドとなるように固定し、プランクトン計数板を用いて光学顕微鏡（Nikon 社製）で細胞数を計測した。また、多項目水質計（東亜ディーケーケー社製）で水深別の水温、溶存酸素（DO）、クロロフィル a を測定した。

### 3. 結果と考察

#### 1. 補償深度の推定

植物プランクトンが光合成できる水域は、相対光量子率 1% 程度（補償深度）までと言われており、相対光量子率から植物プランクトンの増殖水域を推定することができる。一般的に水中での光量子量は、水深が深くなると指数関数的に減衰することが知られており、補償深度は透明度の 2～2.5 倍の水深として近似的に求められるとの報告がある<sup>1)</sup>。西湖の場合、調査期間の補償深度が透明度の約 1.7～3.3 倍となり、上記の算出方法で補償深

度を推定するには、誤差が大きかった。そこで、目的変数を補償深度とした重回帰分析を行い、推定式を作成した。説明変数には、水中の懸濁物量や植物プランクトン量の指標となる透明度と水色を選択した。また、南中高度の高さも光量子量に影響するため選択した。使用したデータは、快晴時に測定したもののみとした。ただし、2015 年 9 月と 2016 年 6 月は、湖水に濁り等が生じていたため除いて解析した。重回帰分析により得られた式を以下に示す。

$$[\text{補償深度, m}] = -0.54 \times [\text{透明度, m}] + 0.070 \times [\text{南中高度}] - 1.3 \times [\text{水色}] + 29, \\ R = 0.97, n = 13, p < 0.05$$

高い相関関係が得られ、実測値との誤差は 5% 以内だった。以上より、簡易に測定できる透明度と水色を測定するだけで、快晴時における補償深度を推定することができた。

#### 2. 透明度と植物プランクトンの関係

調査期間中の西湖の平均補償深度は、水深約 19m であった。そこで、補償深度付近（水深 0～20m）までの植物プランクトンの総細胞数や組成と透明度の関係を検討することにした。水深 0～20m の平均した植物プランクトン細胞数/L と透明度の間に相関関係は得られなかった（ $R=0.31$ ）。これはクロロフィル a 濃度の鉛直分布測定結果から、植物プランクトンの密度が、透明度の水深付近に集中していたためと考えられた。次に植物プランクトン相の経月変化をみると、2015 年度の優占種は珪藻綱（*Fragilaria crotonensis*）であったが、2016 年度は鞭毛藻綱（*Dinobryon* sp.）であった。また、2016 年 5 月には *Uroglena* sp. の増殖により透明度が低下した。今後は、植物プランクトン層の水深の把握や植物プランクトンの優占種の種類により、水質や透明度等にどのような影響を及ぼすのか調査していきたい。

#### 参考文献

1) 西條八東・三田村緒佐武（1995）：新編湖沼調査法。講談社，東京。

2P-22

Web 公開不希望

## 新たな淡水マイクロコズム実験系の開発

\*坂本正樹（富山県立大・工）、真野浩行（土木研・水環境研究グループ）  
河鎮龍（信州大・理）、花里孝幸（信州大・山岳科学研究所）

### 1. はじめに

現在、国際市場で流通している化学物質は約 10 万種にも及ぶと言われており、これらは水環境中に意図的・非意図的に放出されている。現状は、標準試験生物の毒性試験結果から算出される指標値（予測無影響濃度）が多くの化学物質の生態リスク評価に用いられている。農薬類については、2013 年に欧州食品安全機関から新たなガイダンスが発表されており、3 つの異なる階層（Tier）における RACs（regulatory acceptable concentrations）を用いた評価が実施され始めている。この中で、マイクロコズムやメソコズム等の群集レベル試験は Tier-3 と位置づけられており、最も実環境に近い試験とされている。

一般に、種レベル試験は実施が容易であるため、個体群や群集レベルでの試験と比較すると膨大なデータが蓄積されている。一方で、すでに確立されている既存のマイクロコズム実験系では実施に必要な生物種が多く、小さな研究機関では生物の管理等が難しいという問題がある。

本研究では、扱いが容易で、再現性が高く、既存の種レベル試験データと直接比較できる 2 栄養段階のマイクロコズム試験系の開発を目的とし、初期条件（実験開始時の生物密度）を選定した。

### 2. 材料と方法

マイクロコズムの構成種としては、ムレミカヅキモ（*Pseudokirchneriella subcapitata*）とオオミジンコ（*Daphnia magna*）の 2 種類を用いた。これらは標準試験生物として OECD 等の公定試験に用いられる生物である。本研究ではまず、動物プランクトンの培養に餌としてよく用いられるクロレラ（*Chlorella vulgaris*）と細胞内炭素含有量を比較し、オオミジンコの増殖に必要なムレミカヅキモの初期密度を決定した。次に、異なる容器サイズのマイクロコズム試験系（250-100 mL）でムレミカヅキモとオオミジンコの個体群動態を調べ、系の安定性を

比較した。ここでは、密度の最大振幅（ $\log_{10}(\max/\min)$ ）、変動係数（CV）、最低密度を安定性の指標とした。また、オオミジンコによるムレミカヅキモへの摂食圧が高すぎて食いつくしが起こってしまうと、両種の個体群密度の振幅が大きくなり、系が不安定化してしまう。マイクロコズム試験中、系の安定性が高く保たれる条件を選定するため、オオミジンコ初期個体群における成体と仔虫の構成比を決定した（実験 3）。

### 3. 結果と考察

ムレミカヅキモ細胞あたりの有機炭素含有量を分析・検討したところ、マイクロコズム試験系におけるムレミカヅキモ初期密度を  $5 \times 10^5$  cells mL<sup>-1</sup> と設定した。また、異なる容器サイズのマイクロコズム実験の結果から、500 mL 容量が最も適していることがわかった。系の安定性の指標である密度の最大振幅（ $\log_{10}(\max/\min)$ ）は、「オオミジンコ初期個体群は仔虫のみから構成される」処理区で最も低くなった。最大振幅は、確率的に密度がゼロになるリスク（全滅のリスク）を表す。変動係数（CV）および最低密度はムレミカヅキモとオオミジンコのどちらにおいても「仔虫のみ」の処理区で高くなった。これらの結果から、マイクロコズム試験系における *D. magna* 初期個体群は 1 齢仔虫のみによって構成されるものが望ましいと判断した。

本研究で確立されたマイクロコズムの構成種はどちらも OECD 等のガイドラインで推奨されている標準試験生物であるため、飼育も容易である。さらに、構成種の個体群動態に対する化学物質の影響を調べることで、得られた結果は既存の種レベル試験結果と直接比較することが可能になる。今後、この試験系を活用することで、種レベル試験からはわからない、生物間相互作用が存在する場合に、生態リスクがどのように変化するのかを評価できるようになると期待される。

2P-24

Web 公開不希望



### 1. はじめに

生態系において細菌群集は分解者として、そして微生物ループの起点としての主要な役割を担う。従来の生態学では細菌群集はブラックボックスとして扱われ、機能を論じる上でその構造は考慮されてこなかった。近年、細菌群集の構造と多様性に関する情報が蓄積しつつあるが、細菌群集の構造と機能を関連付けた研究はまだほとんど見られない。

細菌の細胞サイズは、栄養塩取り込みや被食といった生態系における機能と直結する重要な形質である。本研究では、琵琶湖北湖における細菌 6 系統分類群( $\alpha$ -、 $\beta$ -、 $\gamma$ -プロテオ細菌、CF クラスター、アクチノ細菌、古細菌)の細胞サイズ分布の変動を解析した。各系統分類群の細胞サイズ確率密度分布は Kernel Density Estimation 法(以下 KDE 法)を用いて推定した。ここで KDE 法とはサンプルから母集団の確率密度分布を推定するノンパラメトリック統計手法で、各サンプルデータを一定のバンド幅をもった正規分布と見なして、全てを足し合わせることで母集団の確率密度分布を推定する方法である(図 1)。得られた確率密度分布から、モード、サイズ多様性指数を計算し、それぞれの分布の変動を定量化し、細菌系統分類群と細胞サイズ分布に関する以下の仮説を検討した。

- (1) 細胞サイズ-生態系機能仮説：細胞サイズは生態系機能に対応するため、環境条件(水温、捕食圧、栄養塩など)に依存して変動する。
- (2) 系統分類群-サイズ仮説：細胞サイズは細菌系統分類群ごとに体系的に異なる。すなわち、細菌群集構造と機能に関わる細胞サイズは対応する。
- (3) 特定分類群可塑性仮説：系統分類群ごと細胞サイズ可塑性が異なり、特定の分類群が環境に応答して細胞サイズを変化させる。
- (4) 細胞サイズ-水温仮説：ほ乳類や昆虫が寒冷条件下で体サイズが大型化するように(ベルグマンの法則)、低温環境で細胞サイズが大型化する。

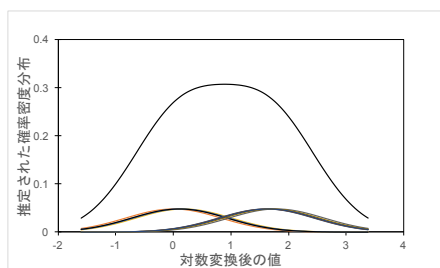


図 1 仮想サンプル (n=10) に対して KDE 法により推定された確率密度分布

### 2. 材料と方法

解析には、2002 年 5-12 月の期間に琵琶湖北湖において得られた細菌及び環境データを用いた。採水は表水層とクロロフィル極大層の 2 層で週 1 回の頻度で行った。細胞サイズとして、FISH 法と画像解析(Olympus BX60 & Media Cybernetics Image Pro)により得られた全細菌および 6 系統分類群の細胞体積を用いた。環境要因として水温( $^{\circ}\text{C}$ )、Chl a ( $\mu\text{g/L}$ )、DIP、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、DSi ( $\mu\text{mol/L}$ )を測定した。本研究では、バンドは場として母集団が正規分布を示すときの理論値である  $h=1.06\sigma n^{-1/5}$  を用いた。ここで  $\sigma$  はサンプルの標準偏差、 $n$  はサンプル数である。

### 3. 結果と考察

真正細菌の平均サイズ、モードに対する水温の影響は明確には見られなかった。一方で、Chl a 量と平均サイズ、モード、サイズ多様性の間には比較的強い正の相関( $r\sim 0.5$ )がみられた。発表では、分類群ごとの細胞サイズ分布および多様性に関して、上記の仮説に基づき解析した結果を報告する。

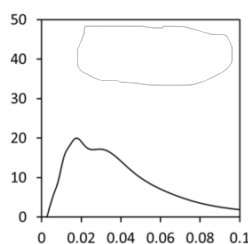


図 2 2002 年 5 月 15 日表水層における全細菌の確率密度分布

2P-26

Web 公開不希望

2P-27

Web 公開不希望

\*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、喬曉榮、恵暁梅、齊朔風（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との間には密接な関係があり、生物保全の上では、その生物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、中国山西省を流れるモデル河川で、山西省生態環境研究中心と共同で河川および魚類等水生生物の調査を行った。そして、魚類等の保全に向けて、観察された代表的な魚種の生態学的見地から考察した。

### 2. 方法

#### 2.1 調査河川

山西省南部に位置する晋城（しんじょう）市内を流れる黄河支流の沁河（しんが）で、河川・生物調査を行った。沁河は、晋城市の北隣の市に源を発し、晋城市内を貫流し、河南省で黄河に流入する。全長約 490km、流域面積約 13,500km<sup>2</sup>（晋城市内の河川長約 170km、流域面積約 4,900km<sup>2</sup>、高低差約 450m）の河川である。

#### 2.2 調査方法

河川調査は流況、環境因子、水質等について実施した。水質調査にはパックテスト（株式会社共立理化学研究所）を用いた。生物調査は、すくい網を中心に、地点によっては投網等を用いた。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 河川環境と水質の概況

沁河の河川環境や流況は、日本でいえば山間部の上流域と類似し、早瀬や淵等の多様性に富んでいた。黄土高原に位置するため、砂泥の河床も見られた。一方、流域の都市の汚水や処理水の流入から、その水質は、pH: 7.7~7.8、COD: 3~7 mg/L、NH<sub>4</sub>-N: <0.2~0.4 mg/L、NO<sub>3</sub>-N: 0.8~4mg/L であり、概ね日本の河川の中流域に相当するものであった。

#### 3.1 採捕魚類と生息環境

日本には生息しない白条魚（*Hemiculter leucisculus*）が、やや流れのある砂利底の環境で観察された（図 1）。本種は、ワタカに近い仲間とされているが、採捕された環境から、その生態はオイカワやカワムツに類似すると推測された。

また、中国では在来種となるタイリクバラタナゴと、その産卵母貝であるドブガイが、流れの緩やかな砂泥底の環境で観察された（図 2 および図 3）。ドブガイは、稚貝から殻長 10cm 以上に至る個体が観察され、良好な河床環境が維持されるとともに、順調に再生産されていると考えられた。

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が、流れの緩い環境で観察された（図 3）。河床環境は、砂泥から石礫まで様々であったが、共通して水生昆虫や甲殻類が多く観察され、餌生物が豊富であることを反映していると考えられた。

### 3. まとめ

沁河では、多様な魚種が確認され、各々の生態学的特徴に応じた河川環境に生息していた。

### 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。



図 1 白条魚（中国名）



図 2 タイリクバラタナゴ



図 3 ナマズとドブガイ

2P-29

2P-30

Web 公開不希望

### 1. はじめに

長野県諏訪湖は、富栄養化による水質汚濁が1960年代に著しく進行した。その後、流域下水道の整備などの浄化対策により、湖水中の全窒素・全リン濃度は減少傾向にある。しかし、近年になって、底層溶存酸素濃度の低下や沿岸でヒシの繁茂など、新たな課題が生じている。これら近年の環境変化を考えるためには、諏訪湖の水質だけでなく、底質の変化も合わせて知る必要がある。

そこで、本研究では、1977年、1981年、2003年および2013年に採取された堆積物について、炭素、窒素、鉄およびリン濃度を測定し、諏訪湖における水質変動の解明を試みた。

### 2. 材料と方法

1977年、1981年、2003年および2013年に、長野県諏訪湖で採取された堆積物を試料とした。これら試料は、いずれも8月に採取されたもので、そのコア長は、それぞれ20 cm、24 cm、52.5 cm、24 cmであった。試料は、それぞれ任意の厚みで切り分けられ保存されており、それらの水分を乾燥器中で除き、メノウ乳鉢で粉碎し、分析試料とした。まず、試料を秤量後、錫箔で包み、その炭素および窒素含量をCHNコーダーで測定した。また、試料中の金属含量を測定するため、試料をテフロン容器に秤量し60%硝酸を添加し、マイクロウェーブ照射により試料の分解・抽出を行った。この分解液を蒸留水でメスアップし、ICP-MSで鉄濃度を測定した。さらに、上記分解液を蒸留水で適宜希釈し、モリブデン青法によりリン濃度を測定した。

### 3. 結果と考察

各年の堆積物とも、炭素、窒素、鉄およびリン濃度の鉛直分布を求めた。なお、試料によりコア長や切り分けた厚みが異なるため、0～10cmと10～20cmの平均濃度を求め、相互の比較を行った。

炭素含量は、0～10cmの方が10～20cmよりも常に多く、堆積過程で有機物の分解が生じていることが示された。また、1981年以降、どちらの層でも炭素含量は減少傾向にあり、水中CODの減少傾向と対応していた。そこで、1981年以降、湖における有機物負荷は減少傾向にあると考えられた。

窒素含量は、炭素同様、0～10cmの方が10～20cmよりも常に多く、堆積過程で有機窒素化合物の分解が生じていることが示された。また、堆積物中の窒素含量は2003年と2013年の間に減少が認められ、水中の全窒素濃度の減少傾向と対応していた。

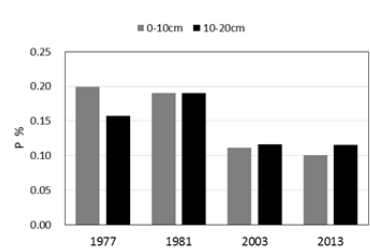


図1 諏訪湖堆積物中のリン含量

リン含量は、炭素や窒素とは異なり、0～10cmと10～20cmの濃度差は小さく、有機リン化合物の分解あるいは還元環境でのリンの溶出は、比較的深部でも生じていることが示唆された。また、リン含量は1981年と2003年の間に大きな減少が認められ、これも水中リン濃度の減少傾向と対応していた。

次に、堆積物中の鉄含量を測定したところ、0～10cmの鉄含量が経年的に減少傾向にあることが示された。また、1977年と1981年の堆積物では、鉄含量とリン含量には正の相関がみられ、リンの動態に鉄が関与していることが示唆された。しかし、2003年と2013年の試料では、そのような関係は認められなかった。近年の底層の貧酸素化にともない、リンとともに鉄が堆積物から溶出し、堆積物中でのリンの存在形態が変化している可能性がある。

以上より、諏訪湖では、水質改善にともない、底質中の炭素、窒素、リン含量も減少していることが明らかとなった。

\* 井上徹教 (港空研)

### 1. はじめに

摩擦速度は底面近傍での乱流構造を特徴づける最も重要なパラメーターの一つであるが、現場において摩擦応力の直接測定を適用することは技術的に難しい。本稿では、堆積物表面近傍における酸素濃度分布を定量的に把握することを目的として、最適な摩擦速度推定手法を検討した。

### 2. 材料と方法

流動観測は、高さ0.9 m、幅1.3 mの三脚の中心にプローブ部が下方になる状態で設置したADV (Nortek AS社製、ノルウェー) により行った (図-1参照)。ADVは流速測定部が海底上4.0~15.5 cmの位置となるように設置した。本観測では3方向の流速成分について64 Hzまたは32 Hzの周波数で測定するよう設定し、14分30秒間の連続測定を行った後30秒間の無測定時間を設け、この間にADV本体からパソコンへのデータ転送を行った。この1回のルーチンを1バーストとし、32バーストから108バースト行うことで8時間から24時間の観測を行った。このような観測を地点を変更しながら、計7回行った。本計測結果から、現地での摩擦速度を推定した。

現場での酸素濃度分布は、Glud et al. (2009)により導入された微小濃度分布測定装置を用いて観測された。微小酸素電極は鉛直方向に移動可能な電動シリンダーに取り付けられており、本観測では100  $\mu\text{m}$ 間隔での鉛直分布測定を行った。

また、Inoue and Nakamura (2009)に従い、界面近傍の拡散方程式と堆積物中での生化学的な反応項を含む鉛直一次元拡散方程式を用いて酸素濃度の鉛直分布を計算した。本法では拡散係数が摩擦速度の関数となっており、これにより流動条件により、酸素濃度分布が変化する。

### 3. 結果と考察

摩擦速度の計算結果を概観すると、TKE法により推定された摩擦速度は他の手法から求められた値よりも明らかに大きな値をとっており、0.37~1.05  $\text{cm s}^{-1}$ の範囲で変動していた。一方、EC法とID法は同程度の値をとり、0.11~0.55  $\text{cm s}^{-1}$ の範囲で変動していた。これらの値は海岸域で観測された値 (0.5~1.5  $\text{cm s}^{-1}$ ) と比較すると小さい値であり、大陸棚において観測された値 (0.41~0.48  $\text{cm s}^{-1}$ ) と同程度であった。

対応する時刻の流動観測データが有効である拡散境界層内の酸素濃度測定データ (一例を図-2に示す) は計100データ得られた。これら全てのデータセットに対し、酸素濃度の測定値と上記モデルによる計算値に比較を行った。測定値と計算値との回帰直線は理想的には傾き1、切片0であり、誤差や決定係数を考慮すると、

本観測条件に対してはEC法が最も適しており、鉛直方向流速を用いたID法が次善の方法であると考えられた。詳細についてはInoue et al. (2011)を参照されたい。

#### 参考文献

- 1) Inoue, T., R. N. Glud, H. Stahl and A. Hume (2011). "Comparison of three different methods for assessing in situ friction velocity: A case study from Loch Etive, Scotland." *Limnology and Oceanography: Methods* 9(6): 275-287.
- 2) Glud, R. N., H. Stahl, P. Berg, F. Wenzhöfer, K. Oguri and H. Kitazato (2009). "In situ microscale variation in distribution and consumption of O<sub>2</sub>: A case study from a deep ocean margin sediment (Sagami Bay, Japan)." *Limnology and Oceanography* 54(1): 1-12.
- 3) Inoue, T. and Y. Nakamura (2009). "Effects of hydrodynamic conditions on sediment oxygen demand: Experimental study based on three methods." *Journal of Environmental Engineering* 135(11): 1161-1170.



図-1 観測器材

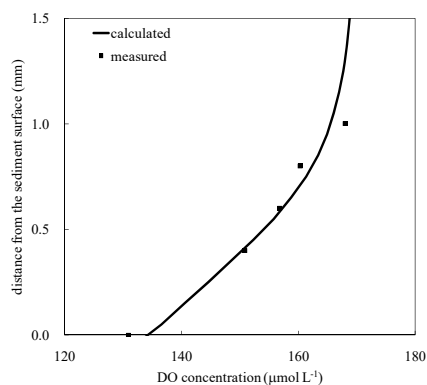


図-2 酸素濃度分布に関する観測と計算との比較



## 北浦における水銀濃度分布

\*荻部甚一(茨城大・広域水圏セ), 武内章記(国環研)

## 1. はじめに

近年, 水銀による環境汚染の地球規模での進行が懸念されている。流域住民のみずがめであり, 国内有数の漁獲量を誇る霞ヶ浦の一部である北浦では, 湖水, 底質, 魚類についての水銀濃度調査は行われているものの, 北浦生態系における水銀の動きについては検討されていない。従って, 現在懸念されている水銀汚染が北浦生態系, さらに流域住民の健康に及ぼす影響を考える上では, 北浦生態系における水銀の移行過程の解明が必要不可欠である。そこで本研究では, 北浦生態系における水銀の移行過程の解明を目的とし, まずは北浦生態系における水銀濃度分布を明らかにすることを試みた。

## 2. 方法

湖水は, 2015年7月に北浦の湖心部(水深6.6m), 北部(水深4.7m), 南部(水深2.9m)の3地点と北浦北部の流入河川下流域2地点および北浦南部の流出河川1地点で採水を行った。また, 湖内3地点では深度別に表層, 中層, 底層(湖底直上)の3層で採水を行った。各採水地点では環境要因として水温, pH, 溶存酸素量(DO), 電気伝導度, 相対光量(湖内3地点のみ)の計測も行った。底質は湖心部においてエクマンバージ採泥器による採泥を行った。魚類については, 2014年に北浦で採取されたチャネルキャットフィッシュを分析対象とした。水銀分析法は湖水については冷蒸気原子蛍光分析法(総水銀: Tekran 2600 (CVAFS), メチル水銀: Tekran 2700 (GC-CVAFS)), 底質および魚類に関しては加熱気化原子吸光分析法(総水銀)を用いた。魚類に関しては炭素および窒素安定同位体比分析(Flash EA & ConFlo III & DELTAplus Advantage)も行った。

## 3. 結果と考察

北浦3地点の表層における総水銀濃度は湖心(0.28 ng/L)が一番高く, 北部(0.19 ng/L)と南部

(0.18 ng/L)では大きな違いは見られなかった。また, 湖水中のメチル水銀濃度はほとんどの地点で検出下限値(0.0004 ng/L)だったため, 評価はできなかった。一方, 2つの流入河川の総水銀濃度(0.38~0.59 ng/L)は北浦湖水に比べておよそ2~3倍高く, かつメチル水銀を検出することができた(約0.02 ng/L)。これらの流入河川は北浦に流れ込む22本の流入河川の中で最も流域面積及び平均流量が大きい河川であり, 北浦内部への水銀の供給源として, これらの流入河川が一定の役割を果たしている可能性が示唆された。底質の総水銀濃度は, 湖心部において13 ng/g湿となり, 湖水(底層)に比べておよそ14万倍高い結果となった。北浦生態系における高次捕食者であるチャネルキャットフィッシュ(体長: 13~56 cm)の総水銀濃度は11~118 ng/g湿となり, 湖水に比べて5万~55万倍も高くなっていた。また, チャネルキャットフィッシュの栄養段階の指標となる窒素安定同位体比と総水銀濃度の間には有意な相関関係は見られなかったが, この魚類の体長と総水銀濃度の間に有意な正の相関( $r^2=0.56, p<0.05$ )がみられた。この魚類における総水銀分析結果はどれも日本の魚介類の水銀暫定的規制値(総水銀: 400 ng/g)よりも低い値であることも分かった。以上のように, 本研究により北浦生態系における水銀濃度分布の一端が明らかになった。

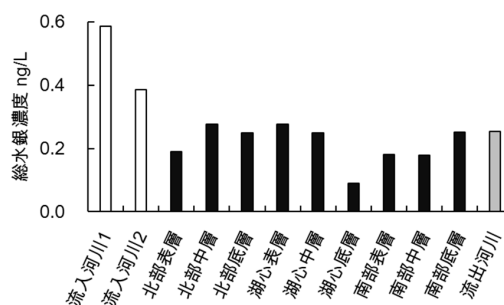


Fig.1 北浦湖水, 流入・流出河川水中の総水銀濃度

\*中谷暢丈, 坂本未央, 帖佐大介, 角勇斗, 杉山紗希, 北井康貴, 山梨光訓  
(酪農学園大・農食環境), 牛山克己 (宮島沼水鳥・湿地セ)

## 1. はじめに

北海道美瑛市に位置する宮島沼は、春と秋に数万羽のマガン (*Anser albifrons*) が飛来する国内最大の寄留地としてラムサール条約湿地に登録されているが、近年富栄養化が進行し、夏季にはアオコの発生も見られる。富栄養化といった湖沼の水質に影響を与える栄養塩の負荷過程には、流入河川による外部負荷、底泥からの溶出等に由来する内部負荷、降雨等による直接負荷があり、宮島沼ではそれぞれ水田を主体とした周辺農地からの農業用排水、沼内に堆積した底泥からの溶出、季節的に訪れるマガン排泄物による負荷等が該当すると考えられる。そのため、富栄養化の進んだ宮島沼の水質改善には、これらの負荷源からの負荷量を把握した上で、効果的な対策を講じることが重要といえる。

本研究は、宮島沼とその周辺域を含めた水質モニタリングの結果から、富栄養化の現状を把握するとともに、その水質形成過程に及ぼす栄養塩類、特にリンの負荷過程を明らかにすることを目的とした。

## 2. 材料と方法

2014年4月から2015年11月の冬季積雪期間を除き、月1~3回程度現地へ赴き、周辺農地の水源となっている石狩川大富揚水機場の取水口1地点、沼に流入する農業用排水路の末端4地点、沼内の突堤1地点、および沼からの流出水路1地点の合計7地点において現地水質観測と採水、並びに取水口を除く各地点の流量観測を計33回実施した。採取した水試料は研究室に持ち帰り、JIS K 0102 に従いCOD, SS, T-N, T-P を測定した。2015年度には、イオンクロマトグラフィーを用いて主要陰イオン類および陽イオン類の分析も行った。また、沼内3地点にセジメントトラップを設置し、沈降物を採取した。また、マガン排泄物試料の採取も行った。これらの試料については、底質調査法に従い、リン含有量を測定した。さらに、アクリルパイプを用いて

採取した湖心の底泥柱状試料を用い、人工気象機内にて栄養塩類の溶出実験も行った。

## 3. 結果と考察

宮島沼に流入する水量は、周辺農地の灌漑状況に強く影響を受けていることが示された。また、非灌漑期よりも灌漑期に全リン濃度は低かったことから、農業用水源に使用している石狩川河川水による希釈が認められた。しかしながら負荷量で見ると、用水負荷よりも排水負荷のほうが高く、周辺圃場は物質排出型であることが示された。さらに、灌漑期間における水田の水管理方法によって、物質毎に流出特性が異なることが認められた。これらの結果から、流入水による宮島沼へのリン負荷量は年間約200kgと推定された。一方、宮島沼から流出するリン負荷量は年間約460kgと推定され、外部負荷よりも直接負荷や内部負荷が大きいことが示された。

マガン排泄物に含まれるリン含有量は、乾燥重量あたり3~6g/kgであった。参考文献を元に算出したマガン排泄物による沼へのリン負荷量は、年間約150kgと算出された。さらに、溶出実験結果から求めた底泥表面からのリン溶出量は、好氣的条件下及び嫌氣的条件下で、年間それぞれ約68kg及び約900kg溶出することが示された。

沈降物の調査結果から、沼内における底泥の巻上量は、新生沈降物量よりも数倍から1桁高く、沼内の物質循環過程には底泥の巻上げによる影響が大きいことが示された。また、各リン含有量から推定すると、新生沈降物と巻き上がった底泥沈降物によるリン堆積量は、概ね同程度であることが示された。

以上のことから、農業排水やマガンによる栄養塩負荷もあるが、水深の浅い宮島沼では、内部に堆積した底泥からのリンの栄養塩回帰が大きく、沼の水質改善には底質の浚渫が有効であると考えられた。<参考文献>黄光偉, 磯部雅彦 (2007) 土木学会論文集B, 63: 249-254.

帆苺 信 (新潟県立教育センター)

### 1. はじめに

近年、都市水路・下水路・農業水路などで環境用水を導水する取組が全国で広がっている。2007年に全国で初めて鳥屋野潟（新潟県新潟市）で環境用水が認められ、以降、鳥屋野潟では、灌漑期、非灌漑期を通じて阿賀野川や信濃川からの導水が行われている。本研究では、その導水が潟の水質にどのような影響を与えているのか、また、そこに生息する動物プランクトンはどのような影響を受けているのかを調べることを目的に行った。

### 2. 鳥屋野潟の概要

新潟市の市街地近郊に位置する鳥屋野潟は、潟面積が137ha、最大水深1.5mほどの富栄養湖である。都市化に伴って水質悪化が顕著になり、1970年代にはCODが最大15mg/Lに達するなど、汚濁が深刻化した。そこで1980年からは鳥屋野潟浄化事業が開始され、最大4ヶ所の揚水機場から鳥屋野潟への導水が実施され現在に至っている。現在の年平均CODは8mg/L程度である。

2007年からは非灌漑期（9月～3月）に浄化のための環境用水が開始され、信濃川からは210,816m<sup>3</sup>/日、阿賀野川からは239,410m<sup>3</sup>/日の水が導水のために汲み上げられている。

### 3. 方法

鳥屋野潟の沖合に定点を3つ（弁天、湖心、親松）を設け、環境条件の測定ならびに動物プランクトンの採集を行った。

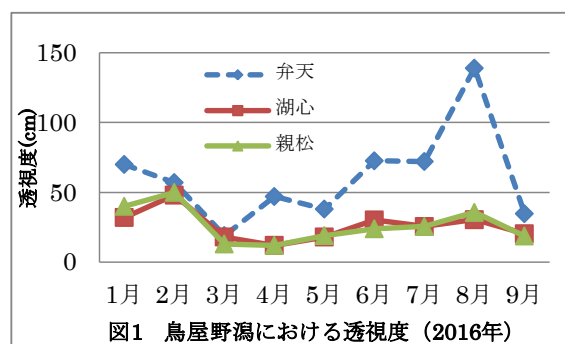
環境条件の測定として、水温、溶存酸素量（DO）、pH、電気伝導度（EC）、水深、透視度、透明度などを現場で測定し、持ち帰った湖水によってChl. a濃度とセストン量を測定した。また、動物プランクト

ンの採集は、カラム式採水器を使って採水した湖水をメッシュサイズ40μmのネットで濾すことによって行った。

採集と測定は2012年5月から月1回の割合で行い、現在も継続中である。各揚水機場による導水の流量や実施時期については、管理をしている亀田郷土地改良区のデータを用いた。

### 4. 結果と考察

透視度は、阿賀野川からの導水が流入する地点に近い弁天で1年を通じて高い傾向が見られた（図1）。農業用水と環境用水の切り替え時期で導水が止まる9月、3月透視度が下がることから、弁天での透視度には導水の影響が大きいと考えられる。しかし、潟全体の平均滞留時間が1～2日と湖水の入れ替わりが大きい鳥屋野潟ではあるが、湖心では導水の影響がみられないことから、阿賀野川からの導水の効果は極めて限定的であるともいえる。一方、信濃川からの導水が流入する地点に近い親松では、湖心と比較して透明度の値に違いが見られず、透視度に関しては信濃川からの導水の効果がほとんど見られないと判断できる。今後、各定点における動物プランクトン組成への導水の影響を検討していく予定である。



### 1. はじめに

琵琶湖では、1980年代半ばから現在まで BOD は減少する一方で COD が増加から横ばいで推移する乖離現象が続いている。この原因を究明するため、これまでに多くの研究者によって有機物の研究がなされた結果、琵琶湖の COD の多くが溶存有機物であり、それらには難分解性有機物が多いこと、その収支の推定から湖内由来の有機物が半分以上を占めることがわかってきた(岡本・早川 2011、佐藤ら 2016)。一方で、原因究明の研究に COD でなく有機炭素を用いて行われてきたことは、COD の指標としての有用性が揺らぐ結果となった。COD による水質保全の枠組みは依然として機能しているものの、汚濁負荷原因の究明にあまり役に立たないこと、また、生物生産など生態系の物質循環の扱いに向かないことから、COD に代わる指標として全有機炭素(TOC)が提案されている(津田ら 2014)。

新たな有機物指標の是非を議論するには、COD と TOC の特性の違いを見る必要がある。COD(Mn)は酸化力が十分でなく、有機物の一部を測定していることは周知の事実であるが、TOC に比較してどのような特性を持っているかは定かとなっていない。

そこで本研究では、COD が示す有機物の質について検討することを目的として、琵琶湖およびその流域の河川と排水を用いて、COD と TOC や BOD との比較を行い、COD の検出性を検討した。さらに、有機物の生分解試験を行い、COD が示す有機物の質と分解性との関係も検討した。

### 2. 方法

2007～2010 年度にかけて、琵琶湖、琵琶湖流域の河川水、流域内に存在する各種発生源からの排水より採取を行った(岡本・早川 2011、佐藤ら 2016)。

湖水は、滋賀県が定点観測を行っている 7 地点で採取した計 84 試料を用いた。河川水は、安曇川、米川、宇曾川、白鳥川、日野川、野洲川、姉川、長命寺川で採取した計 60 試料を用いた。事業所排水、下水処理水、水田および畑、宅地道路、山林他の面源排水も採取し試験に用いた。

有機物の分析には、公定法による BOD、COD の測定の他、TOC の測定を次の方法にて行った。試水を Whatman GF/B でろ過後、ろ液を TOC 計にて、ろ紙を元素分析計により計測し、その和を TOC 値とした。

生分解性試験には、100 日間の振とう試験を行い(佐藤ら 2016)、試験前後での前述の分析を行った。

### 3. 結果と考察

湖水、河川水の TOC と COD の相関性は高かった(図 1、 $r^2 = 0.853, 0.964$ )。COD の酸化が理想的に起こると仮定した場合の傾き 2.67 を 100%として、COD で検出されている有機物の割合を求めると、湖水で 48.0%、河川水で 49.4%に相当した。

TOC に対する COD の比(COD/TOC 比)を比較したところ、河川水と、特に渓流水で高く、各種排水の大半は、湖水、河川水よりも比が低かった。渓流水は比較的 COD で検出されやすい有機物を多く含むといえる。

生分解試験によって減少した分解性有機物と試験前の有機物の濃度を比較したところ、両者には正の相関があった( $r^2 = 0.710$ )。ただし、湖水では X 軸に 0.5-1 mg/l の切片が見られ、湖水は各サンプルに共通して 0.5-1 mg/L の難分解性の有機物を含んでいた。河川水にはそのような切片は見られなかった。また、分解前後で COD/TOC 比に大きな差はみられなかった。試料によって COD の検出率に違いはあるものの、COD と TOC の相関性は高く、琵琶湖水および流域河川水において COD は有機物の総量の変動を捉えていたといえる。

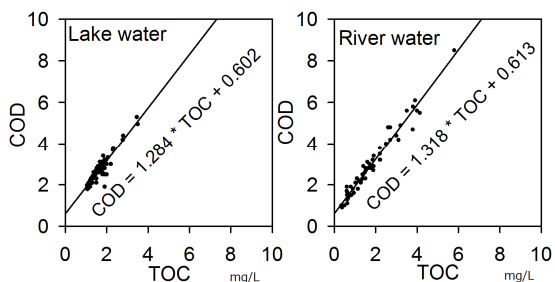


図1 琵琶湖水および流域河川における TOC と COD の関係

### 4. 文献

岡本・早川: 水環境学会誌 34(5), 151-157, 2011

佐藤ら: 水環境学会誌 39(1), 17-28, 2016

津田ら: 用水と廃水 56(3), 213-226, 2014

### 謝辞

本研究の一部は、環境省環境総合研究推進費の補助を受けて行われた。試料の一部の採取には、環境省事業の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

2P-37

Web 公開不希望

## 安定同位体比からみた琵琶湖における 有機物の生分解試験結果について

\*廣瀬佳則, 岡本高弘, 古角恵美, 佐藤祐一, 早川和秀, 七里将一, 奥居紳也  
(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター), 高津文人 (国立環境研究所)

### 1. はじめに

琵琶湖では、下水道の整備や工場排水対策等の水質保全対策がすすめられており、流入する汚濁負荷量は減少している。そのため、琵琶湖の水質においても全窒素、全リンは漸減傾向にあり、富栄養化の進行は一定抑制されている状況にある。しかし、1984年以降有機汚濁の環境基準項目であるCODは増加し、その後高止まり傾向を示している(滋賀県, 2015)。このような水質の変動に対して滋賀県では、琵琶湖水質と陸域からの流入負荷と湖内での一次生産等との関係を把握するにあたり「琵琶湖流域水物質循環モデル」(佐藤ら, 2011)の構築および改良を進めており、このモデルにおいて有機物の物質収支を多角的に評価するための一つの手法として炭素安定同位体比について検討を行っている。

本研究では、CODが高止まり傾向を示している一因と考えられている微生物利用性の低い難分解性有機物の実態調査(廣瀬ら, 2016)と並行し実施した有機物の生分解過程における炭素安定同位体比の把握調査の結果について報告する。

### 2. 方法

図1に示した今津沖中央(水深約90m)および唐崎沖中央(水深約4m)の2地点において、四季(2014年11月, 2015年2月, 2015年5月, 2015年8月)の表層(水深0.5m)および水深85mの湖水を採取した(2月は表層のみ)。これらの試料をポリカーボネート製NALGEN容器に入れ、生

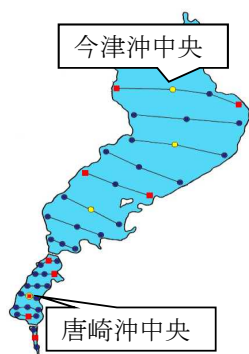


図1. 調査地点

分解試験(20℃±0.5℃, 暗条件で100日間, 水平振とうを60回/分)を実施した。0日目, 14日目, 49日目, 84日目, 100日目の試料についてTOC, リン, 窒素等の分析と溶存有機物

の炭素安定同位体比を測定し(測定精度±0.10~0.15‰), 生分解過程におけるそれらの時系列的な変化を調べた。

### 3. 結果と考察

生分解試験におけるTOC濃度の変化は季節に関係なく今津沖中央および唐崎沖中央ともに生分解初期に易分解性の有機物の分解が進み, 100日分解後にはTOC濃度が1.0mgC/L前後に収束した。今津沖中央の水深85mの試料に関しては生分解初期から易分解性の有機物が表層と比較すると少ないため顕著な減少は認められなかったが100日分解後には表層同様1.0mgC/L前後に収束した。100日分解後に残存した難分解性画分のTOC濃度は季節および水深によらずほぼ一定であった。年間の平均値は今津沖中央で0.91mgC/L, 唐崎沖中央で1.06mgC/Lとなり, 難分解性有機物における溶存態の割合は約9割と高かった。この傾向は, 2010年度に実施した結果(岡本ら, 2011)と同様であった。

生分解過程における炭素安定同位体比の変動について, 有機物の大部分を占める溶存態を見てみると大幅な変動は認められなかったが, 8月に採取した試料では分解初期から減少する傾向にあり, 今津沖中央の表層水では100日分解の前後で-25.3%から-26.7%まで減少した。また, 100日分解後の炭素安定同位体比は8月に低くなる傾向が認められたが, -26.0%前後(-26.9%~-25.2%)で季節や地点において大きな変動は認められなかった。

### 4. 参考文献

- 岡本高弘ら(2011): 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書第7号, 87-102
- 佐藤祐一ら(2011): 水環境学会誌, 34(9), 125-141
- 滋賀県(2015): 滋賀の環境2015, 24-25 33-34
- 廣瀬佳則ら(2016): 第50回日本水環境学会講演要旨集, 504

2P-39

Web 公開不希望

2P-40

Web 公開不希望



2P-41

Web 公開不希望

\*藤嶽暢英 (神戸大・院農学), 園田 碧 (神戸大・院農学), 廣田 充 (筑波大・院生命環境), 内田雅己 (国立極地研), 中坪孝之 (広島大・院生物圏科学)

### 1. はじめに

高緯度北極地域の土壌は巨大な炭素貯留庫である。この地域の土壌の約 15%は、新鮮植物遺体が厚く堆積した有機物層から成るPEAT湿原であり、全世界の土壌有機炭素量のおよそ 50%に相当する量が存在するとの報告もある。しかし、気候変動によって温暖化が進行し、永久凍土の融解や、生物活性の高まりにより、数千年の時間をかけて蓄積されてきたこれらの炭素は損失の大きな危機に晒されている。したがってこの地域の土壌炭素の分布や植生、炭素循環に関する研究は近年盛んに行われ、その現状が明らかにされつつある。しかし、溶存有機物 (DOM) 中の難分解性成分であるフミン物質 (AHS) については、測定が容易でないために実態が明らかでなく、その特性についても不明である。そこで、本研究では高緯度北極の湿原生態系における流出 DOM の特性について調べた結果を報告する。

### 2. 材料と方法

調査はスヴァールバル諸島, Ny-Ålesund 地区, Brøgger 半島北部の湿原 (Stuphallet; 78°57'N, 11°39-40'E) で 2014 年 7 月と 2015 年 7 月~8 月の二回行った。水試料は湿原地域の流入口 (崖) から沿岸海域までの 17 地点にかけて採取した。EC 値と pH 値は現地測定し、水試料は凍結して持ち帰り、Tsuda et al. (2012) の方法に準じて DOM ならびに AHS 濃度を測定した。加えて、ICP-MS 分析装置を用いて各種溶存元素濃度を測定した。

凍結融解サイクル (FTC) 試験に用いた土壌試料としては湿原内の 3 地点から各 5 連のコア試料を採取したものを凍結して持ち帰った。

### 3. 結果と考察

#### I. DOM の分布と特性

湿原内河川の DOM 炭素濃度は 1~5 mgC L<sup>-1</sup> の範囲であり、隣接する湿原外河川のそれは 0.4~0.8

mgC L<sup>-1</sup> の範囲であった。また、難分解性有機物の指標である AHS の DOM における組成比は沿岸域海水で 35~40%、湿原内河川で 40~65%であった。これらの DOM と AHS 濃度の結果から、湿原内河川の方が湿原以外の場所よりも常に高い値を示す傾向にあり、湿原の方が多くの炭素を流出していることが示された。特に AHS 割合は湿原内では湿原以外の地点に比べて常に 10%以上多く含まれており、DOM の特性が炭素流出の研究において重要な影響を及ぼすことが示唆された。

#### II. 湿原からの DOM 流出量の概算

前述の定量結果と流量測定の結果から、DOM と AHS の湿原からの流出量のシミュレーションを作成した。その結果、7/1~8/20 までの夏季およそ 7 週間において、DOM として約 604.3 kgC、AHS として約 321.7 kgC の炭素が Stuphallet 湿原から溶存体として海へと流出することが概算された。湿原の総面積から算出した 15g C m<sup>-2</sup> の炭素流出量の値は Nakatsubo et al. (2015) の報告した炭素蓄積量に匹敵するオーダーであり、およそその半分量が難分解性の DOM であることが明らかになった。このように湿地生態系における DOM 研究の重要性が量・質の双方から見て明らかとなった。

#### III. FTC モデルによる DOM の流出挙動の予測

FTC を増すごとに溶出する DOM の炭素濃度は減少したが、AHS 割合は増加した。これは、FTC の影響によって湿原から海への AHS 流出の増加が促される可能性を示唆する。

Tsuda et al. (2012) A method for quantitative analysis of aquatic humic substances in clear water based on carbon concentration. *Analytical Science*, **28**, 1017-1020

Nakatsubo et al. (2015) Carbon accumulation rate of peatland in the High Arctic, Svalbard: Implications for carbon sequestration. *Polar Science*, **9**, 267-275

2P-43

Web 公開不希望

## 酸性度が高い富良野川の水質と生物

\*今 聖一郎、中谷 暢丈、北井 康貴、佐藤 明日香、秋山 瑞希、  
北川 由莉奈、金子 命、保原 達（酪農学園大・農食環境）

## 1. はじめに

北海道の中央部大雪山系の活火山である十勝岳を源流とし、北西に向かって下る富良野川は、1926年に起きた大正泥流によって水源域や河川が荒廃し、その水質も酸性度を強めたとされている。特に上流部の pH は著しく低く、大正泥流以前に生息していたとされる魚類はみられない。

酸性河川水では、その酸性度が低いほど非耐性種の水生生物が減り、特徴的な耐性種のみがみられることが知られている。そのため、酸性度の高い富良野川においても特徴的な水生生物がみられ、流下に伴う酸性度の緩和によって生息する水生生物種や数に変化がみられると予想される。そこで本研究では、富良野川流域において河川水質および水生生物の調査を実施し、水生生物におよぼす酸性度の影響について明らかにすることを目的とした。

## 2. 調査方法

2016年5月21日と年8月2日、富良野川上流から下流、周辺河川について、現地観測（pH、EC、DO、ORP、水温、気温）と採水を行った。さらに8月の調査では、水試料採取地点の流量観測を行い、地点1から4までにおいて河床礫表面の珪藻類および底生生物の採取をおこなった。

採取した水試料は研究室に持ち帰り、粒径0.45 $\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターで濾過後、Dionex社製イオンクロマトフィーを用いて、陽イオン（ $\text{Na}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ ）及び陰イオン（ $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ）を測定した。また、モリブデン黄法を用いて、溶存シリカ  $\text{SiO}_2$  を測定した。

採取した珪藻類はグルタルアルデヒドを用いて現地で固定後、研究室持ち帰り、冷蔵庫内で沈殿させた。沈殿した珪藻類は、パイプユニッシュを用いて洗浄後、永久プレパラートを作成し、100～400倍の光学式顕微鏡を用いて、観察した。また底生生物は研究室に持ち帰り、エタノールで固定した後、種の同定と計数を行った。

## 3. 結果と考察

富良野川流域における pH 分布をみると、最上流部の地点1で採取した河川水において2.95と最も低く、下流方向へ下るにつれて徐々に高くなり、最下流部の地点7では4.94となった（表1）。pHの最も低かった地点では、陰イオンとして硫酸イオン濃度が最も高かったことから、火山性の硫黄の酸化に伴い硫酸が形成されることで顕著な酸性度を示すことが明らかとなった。硝酸イオンを除くと、下流方向への pH 増加に伴い、各種イオン濃度および EC は減少した。このとき、河川流量も増加しており、富良野川支流河川水の流れ込みによる本流の水素イオン濃度およびイオン濃度の希釈が起きていると考えられた。逆に硝酸イオン濃度は下流に向かうほど高くなり、周辺農地や酪農地帯からの硝酸イオンの流出が増加の原因と考えられた。

表1 現地観測結果（2016年8月2日）

	No.	pH	EC mS/m	水温 ℃	ORP mV
上流 ↑	1	2.95	137.1	18.7	421
	2	4.22	44.4	17.7	316
	3	4.26	37.9	17.0	285
	4	4.26	35.8	16.8	310
↓ 下流	5	4.68	28.9	17.1	302
	6	4.63	27.6	17.0	302
	7	4.94	22.7	20.5	304

水生生物をみると、pHの最も低かった最上流部の地点1では珪藻類や底生生物はほとんど確認できなかったが、希釈などによってpH4以上となった地点2～4において、珪藻類や底生生物を確認することができた。また、富良野川に流入するpH6.5の支流では、多数の珪藻類および底生生物を確認された。これにより、酸性度の高いことでその種や数は制限されているが、流下に伴う酸性度の緩和により、水生生物の侵入が可能となっていることが示された。

## 口永良部新岳噴火による屋久島渓流水の影響

\*永淵 修 (福岡工業大学)、横田久里子 (豊橋技術科学大学)、中澤 暦(福岡工業大学)

### 1 はじめに

2015年5月29日9:59に口永良部新岳が34年ぶりに爆発的噴火し、噴煙が火口から約10,000mまで上昇し、上空8,000m~10,000mの西風に運ばれ屋久島西南部に降灰現象があった。この噴火に起因する降灰による屋久島渓流水への影響を明らかにするために全島河川の調査を行った。

### 2 方法

降灰現象確認のため、5月29日の夜に安房から淀川登山口までのa~f (Fig.1)においてスギの葉に付着した降灰を採取し、イオン成分と水銀濃度を計測した。5月30日の11時過ぎから降雨による渓流水の降雨時流出に係る水質を観測した。調査対象の溪流は、西部7溪流(1~7)、1地下水(8)、西部から南部にかけては、瀬切川(9)、大川(10)、黒味川(11)、中間川(12)、鈴川(13)の5河川、東部では梶川(14)、宮之浦川(15)の3河川、北部から西部林道までは、一湊川(16)と永田川(17)の2河川で採取した。また、その後6月中は観測を継続した。水質は、イオン濃度と水銀濃度を計測した。

### 3 結果と考察

Fig.1にスギの葉に付着した火山灰中のイオン成分と水銀濃度を示す。これは、降灰分布に一致した濃度勾配であり、降灰は屋久島西部の流域内で大量の降灰現象があったことを示している。

5月30日の降雨後の屋久島渓流河川中の水銀濃度とイオン濃度をFig.1に示す。降灰と関係のあるF、 $SO_4^{2-}$ の濃度および水銀濃度が高く、特に西部林道の川原溪流群の濃度が高かった。高濃度域は西南部の鈴川までであった。東部の梶川には、降灰の影響は見られなかった。火山の降灰に起因する物質濃度が高かったのは、その流域内の降灰が多かった河川に

その傾向がみられた。5月30日以降、4,5日~1週間の間隔で約1ヶ月観測を続けたが、Fイオンは6月1日には平常値に戻っていたが、 $SO_4^{2-}$ は平常値に戻るにかなりの時間がかかった。Fは水溶解度が大きい為早い時期に河川中から消失したものと考えられる。一方、 $SO_4^{2-}$ はかなり長い時間降灰中に残存し、降雨の度に河川中に流出してくるものと考えられる。水銀はFよりは長く河川中に流出するが $SO_4^{2-}$ ほどは長く流出しなかった。この結果から一時的な降灰による河川生態系への影響は、 $SO_4^{2-}$ については慎重に検討する必要がある。特に、屋久島のように渓流水を簡易ろ過して飲料水として供給しているところでは、飲料水によるヒト健康リスク、さらには野生動物への影響も考慮する必要がある。

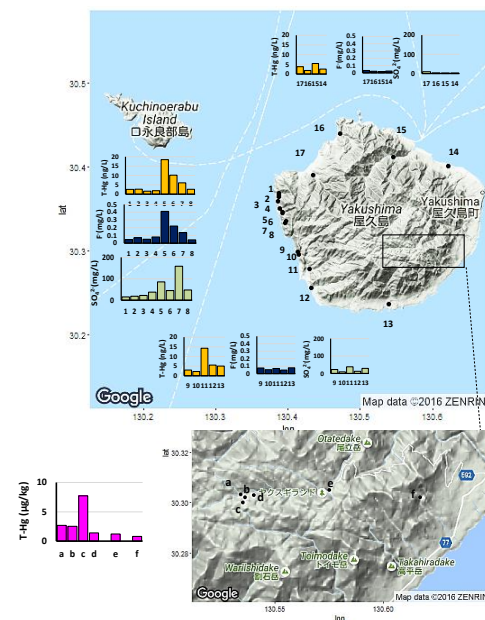


図1 調査地点図および水銀濃度とイオン濃度

# 2P-46

## 北海道東部（標茶町）の森林小河川における河川流量とフラックス

鎌内宏光（金沢大・臨海），福島慶太郎（首都大・都市環境），近藤昭彦（千葉大・CEReS），岡部芳彦，勝山智恵，佐藤修一，林大輔，徳地直子（京大・フィールド）

### 1. はじめに

河川流量とフラックスは降水量や気温、地質、植生を含めた土地利用などの影響を受ける。森林が国土の7割を占める我が国では、森林小河川は水生動物に生息場所を提供するだけでなく、中下流域に供給される河川水の水質と水温に大きな影響を与える。

北海道東部は国内で最も年降水量が少なく年平均気温が低い地域である。根釧台地は緩やかな丘陵地が続き、主な土地利用は牧草地と、広葉樹二次林や常緑／落葉針葉樹の人工林等の森林である。台地の北部から東部では摩周岳に由来する火山噴出物が、南部では海成堆積岩が基盤となっている。そこで本研究では環境要因とこれら地域における一次河川の流量とフラックスの関連性について検討した。

### 2. 研究場所と方法

試験河川は根釧台地に位置する、京都大学フィールド科学教育研究センター北海道研究林・標茶区の10林班の一次河川（43° 22' N, 147° 38' E；以下A河川）と、標茶町町有林内の一次河川（43° 18' N, 147° 38' E；以下B河川）とした。両河川における採水地点の直線距離は約8.7kmである。いずれも標高50-140mの丘陵地の広葉樹を主体とした二次林集水域に由来する。年平均気温5.5°C、年降水量1060mm、土壌凍結深度40cm、森林土壌は黒色火山灰土、岩相はA河川では非アルカリ火砕流（後期更新世～完新世）、B河川では集水域の大部分は海成及び非海成層の堆積岩類（中期更新世）である。

両河川に各1カ所の圧力式水位計を2010年10月から2012年9月まで設置して水位と水温を記録し、別途観測した断面流量から水位を流量に換算した。

水位計設置地点において2010年10月から2011年7月までの間に各々12回採水を行って主要無機イオンをイオンクロマトグラフィーで分析した。

### 3. 結果と考察

河川流量はA河川で0.112 m<sup>3</sup> y<sup>-1</sup> (0.097 - 0.121)、B河川で0.017 m<sup>3</sup> y<sup>-1</sup> (0.005 - 0.118)であった。主要無機イオンの組成は両河川で異なり、A河川では硝酸やカルシウムイオンが多く、B河川では硫酸イオンが多かった。水温はA河川で年平均6.64°C（最高 - 最低；0.89 - 14.04）、B河川で6.45°C（-0.10 - 17.48）であった。B河川は冬期に凍結したが、A河川では凍結しなかった。A河川の集水域では火砕流に由来する砂礫質の母材に雨水が浸透することで水温変動が小さくなり、結果的に冬期の極低温な地表温度の影響が相対的に小さく凍結しないのに対して、B河川では地質学的に新しい堆積岩が母材であることから帯水層が浅く地下水の滞留時間が短い結果として地表温の季節変動の影響が相対的に大きく、冬期には凍結するものと考えられた。降雨イベントに対する流量の応答は両河川で異なり、A河川に比べてB河川ではピーク流量までの時間や平水までの回復時間が短い傾向がみられた。このことは両河川の集水域間における降雨の滞水時間の違いを支持していると考えられる。

冬期における河川水の凍結は、水生生物や物質循環に大きな影響を与えられられる。同じような地形が広がる根釧台地においても、母材の違いによって河川生態系の冬期の構造が大きく異なることが示唆された。

\* 飯泉佳子、大前 英（国際農研）

### 1. はじめに

太平洋島嶼国の多くは、脆弱な水資源や土壌資源を有しており、気候変動や海面上昇の影響を大きく受けやすいことが知られている。また、このような地域の多くに共通する特徴として、沿岸に発達するサンゴ礁生態系は地域の重要な観光資源であるが農地整備や宅地開発など陸域の人間活動に伴う土砂や汚濁物質の流入によるダメージを受けやすいこと、海外からの経済援助への依存度が高いこと、食料を含め消費財の多くを輸入に頼っていることなどが挙げられる。本地域において持続可能な社会を構築するための重要な課題として、流域の水資源と土壌資源を適切に管理するとともに、食料安全保障の観点から食料自給率を向上させる必要性が指摘されている。

太平洋島嶼国に共通するこれらの問題の多くを抱えるパラオ共和国を対象に、農業生産と流域・沿岸生態系の保全を両立する流域管理システムを構築・提案することを目的に研究を実施している。本発表では、パラオ共和国の中でも面積が最大のバベルダオブ島において河川の水質調査を行った結果を報告する。

### 2. 試料と方法

パラオ諸島は約7千万年前に形成された九州-パラオ海嶺上に位置し、568の島々より構成される。平均気温は28℃、年間降水量は約3,800mmで、熱帯雨林気候に分類される。バベルダオブ島の面積は365km<sup>2</sup>であり、パラオ諸島の総面積の約75%を占めている。近年、バベルダオブ島では、コロール島からの首都移転、周回道路の整備、宅地や農地の開発などが進み、降雨時に海域へ土砂が流出するなど問題が発生している。

2016年7月22日にバベルダオブ島内の河川8か所とダム1か所を対象に、水質調査を行った(図1)。現場では、測器を用いてpH、EC、水温、濁度、TDS、Salinityを測定するとともに、ポリエチレン製の瓶に試水を採取した。試水は実験室へ持ち帰り、イオンクロマトグラフィーを用いて主要な溶存無機イオ

ンの濃度を定量した。重炭酸イオン濃度は、イオンクロマトグラフィーで測定した総主要陰イオン濃度と総主要陽イオン濃度の差として求めた。



図1 調査地概要

### 3. 結果および考察

ECの値は河川の2地点で他の観測点よりも1桁大きく、それぞれ888μS/cm、240μS/cmであった。これらの地点では、塩化物イオン濃度とナトリウムイオン濃度が相対的に高く、アルカリ非炭酸塩型の水質に分類されることから、海水の影響を受けた水であることが示唆される。この2地点を除く7地点では、ECの平均は18.0μS/cm(9.2-35.3μS/cm)であった。これら7地点のうち6地点は、浅層地下水に多く見られる水質組成とされるアルカリ土類炭酸塩型に分類され、1地点は他の水質区分との境界付近ではあるがアルカリ非炭酸塩型に分類された。また、全地点におけるpHの平均は、7.11(6.75-7.47)だった(算術平均値)。島の北側3地点(全て河川水)では7未満であったのに対し、他の地点では7以上であった。濁度の平均は5.72NTU(3.23-9.99NTU)となった。今後、地質や土地利用との関係などについて考察を進める。

\* 奥川光治(富山県立大・環境工学), 菊池美里((株)アイザック)

### 1. はじめに

庄川扇状地を流れる河川の中には地下水が湧出する河川があり、アシツキやバイカモ、ミクリ、トミヨといった貴重な植物や魚類が数多く生息していた。ところが近年、地下水の湧出量減少や水質汚濁により希少生物が減少してきている。そこで河川改修や圃場整備にあたり、環境保全を目的として生態系に配慮した近自然工法が採用され始めているが、水環境の改善はまだ不十分である。著者らは、地下水が湧出する河川の水環境保全のため、基礎データを取得する調査を実施しており、庄川左岸の玄手川における水質特性については既に報告した(奥川・菊池, 2014)。本稿では庄川右岸の鴨川水系における水質特性について報告する。

### 2. 調査河川の概要と方法

調査は、中部用水、清水川・親司川、北野牧野用水(以下、北牧用水とする)および新開川の4河川・用水で実施した。中部用水は、庄川河川敷の集水埋渠から取水した地下水が流れている三面コンクリート張りの農業用水であり、北牧用水・鴨川に合流する。清水川は、中部用水から分流した後、他の河川も合流し、下流で親司川と名前を変え、最終的には北牧用水に合流する。親司川では、所々川底から地下水の湧出が見られ、バイカモやトミヨが認められるが、周辺には住宅地があり、生活排水の流入も見られる。清水川・親司川は、以下、親司川と称する。北牧用水は、庄川合ロダムから取水した表流水が流れており、下流で鴨川と名前が変わる。上流域には農地、工場、住宅地があり、種々の排水の流入が見られる。川底から地下水湧出も見られ、一部でバイカモが認められるが、コカナダモが多く繁茂している。新開川は、北牧用水と同じく庄川合ロダムから取水した表流水が流れていて、北牧用水に合流する。新開川は、農業排水や生活排水が多く流入してにがりがある。三面コンクリート張りで、地下水は湧出しておらず、植物はほとんど見られない。

調査は、しばらく晴天が続く河川に雨の影響がなかった2013年6月5日と7月17日の2日間で夏期

調査を実施し、冬期調査を12月17日に実施した。調査・分析項目は水温、pH、電気伝導率(EC)、DO、全有機態炭素(TOC)、全窒素(TN)、全リン(TP)、溶性ケイ酸(SiO<sub>2</sub>)、イオン類、アルカリ度などである。

### 3. 結果および考察

夏期調査の結果について示す。水温について見ると、親司川・中部用水では、北牧用水・新開川よりも水温の低下が認められた。これは、温度の低い地下水の影響によるものと考えられる。親司川の一部では地下水の湧出が見られたが、住宅地を流れているため生活排水流入により他の地下水湧出地点より高い値になった。ECについては親司川で上昇傾向が見られた。そこで各イオンについて見てみると、陰イオンの約70%を占めるHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度と陽イオンの約60%を占めるCa<sup>2+</sup>濃度は親司川で上昇傾向であった。Mg<sup>2+</sup>やSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>など他のイオンにおいても、同様に上昇傾向が見られた。さらに湧水が見られる地点で、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Ca<sup>2+</sup>イオンそれぞれの割合が増加していた。TOC、TP濃度は、濁りの少ない地下水の影響により、中部用水と親司川で低濃度であった。北牧用水と新開川においては、濁りや農業排水・生活排水の影響によりTP濃度が大きくなったと考えられる。北牧用水のTOCでは急激な濃度の低下が見られた。これは、自然浄化作用によるものや清浄な地下水の流入が原因と考えられる。中部用水ではTNは低濃度であったが、湧水が見られる親司川で上昇傾向が認められた。また、地下水が流れる中部用水と親司川ではNO<sub>3</sub>-Nが約8割以上を占めていることがわかった。さらに、中部用水・親司川と比較して北牧用水では懸濁性有機態窒素(PON)の比率が大きかった。北牧用水では農業排水や生活排水の流入によりPONの比率が高くなったと考えられる。

以上のように、地下水流入や地下水湧出によって、河川水質に特徴的な変化があることが明らかになった。冬期調査の結果についてはポスターで示す。

#### 参考文献

奥川・菊池(2014)日本陸水学会第79回大会。



### 1. はじめに

沖縄県摩文仁浄水場の原水水質は濁度や大腸菌等が低濃度であることから緩速ろ過方式により浄水処理を行っている。しかし、緩速ろ過方式では原水水質で課題となっている硬度・蒸発残留物・硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素については処理が難しいことから、沖縄県企業局からの受水と混合することによって低減し給水している。特に硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素においては、原水上流地域のし尿や下水道、ダム周辺のサトウキビ畑等への肥料成分の影響と考えられ、濃度が高い傾向がみられる。そこで、本研究では浄水場で繁殖する藻類を用いて硝酸濃度低減化を目的として実験を行った。

南部水道企業団水道ビジョン

[http://nanbusuido.jp/sn\\_content/themes/nanbu/pdf/bizyon120327.pdf](http://nanbusuido.jp/sn_content/themes/nanbu/pdf/bizyon120327.pdf)

### 2. 材料と方法

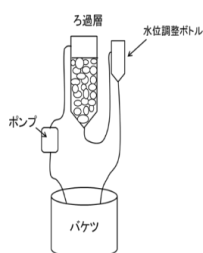
#### 2-1 材料

摩文仁浄水場の藻、摩文仁浄水場の水  
東京都北区十条井戸水、井戸水で繁殖させた藻

#### 2-2 方法

##### (1) ペットボトル装置を用いた実験

・2Lペットボトル容器を使用して装置内に藻を繁殖させ、東京都北区十条井戸水を1リットル循環させ、0, 1, 2, 3, 5, 7 日目に10m l ずつ採取した。



##### (2) 三角フラスコを用いた実験

・200m l の三角フラスコに、摩文仁浄水場の藻を 1.1567、1.2547、1.1760、1.1603、1.1760、1.1760 g と摩文仁浄水場の原水を 100m l 加え、振とう培養器（水温25度、120回/分）にかけた。

・同様に（2）東京都北区十条井戸水、井戸水で繁殖させた藻 0.1704、0.1561 g においても同条件で振

とう器にかけ、0, 1, 2, 3, 5 日目にろ紙、漏斗を用いて藻類を除去した水を5m l ずつ採取した。

### (3) 硝酸分析

各装置で循環させ採取した水をサリチル酸ナトリウムによる定量法により、吸光度を測定し硝酸イオン濃度を算出した。

### 3. 結果

以下の図に示したように、ペットボトル、三角フラスコのいずれの実験でも硝酸イオン濃度の減少が見られた。

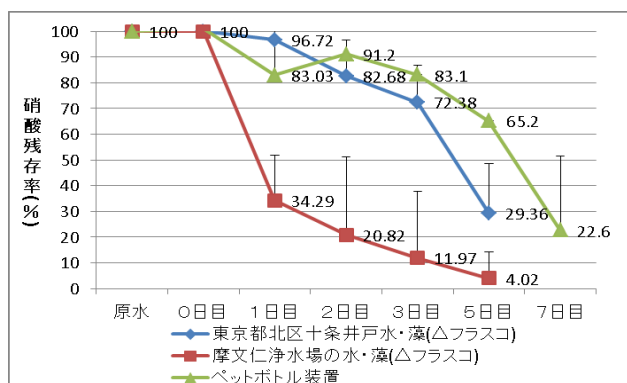


図1 硝酸イオン濃度の減少率

### 4. 考察

まず浄水場に近い装置であるペットボトルの結果より、藻には硝酸濃度を低減させる効果があることが示された。次に効率の良い方法を調べるために実験室で藻類を繁殖させてある水槽で最大限繁殖させた藻と水の割合から藻の使用量を算出し、三角フラスコの実験を行った。三角フラスコ実験の結果より、藻の硝酸濃度最大低減値を推測する事ができた。

これらの結果より、浄水場内に繁殖する藻類には硝酸濃度低減効果があり、浄水場での実用化に藻類を用いることが可能であると考えられる。

現在は浄水場にさらに近いモデル装置を使用して、効率の良い条件について検討中である。

\*山中 裕樹 (龍谷大・理工)、源 利文 ((神戸大・発達)

### 1. はじめに

2008年に水中を漂うウシガエル由来のDNAをマーカーとして、生物の捕獲や観察を伴うことなく、水試料から特定生物の存在を判別する環境DNA分析が提唱された。これ以降、様々な生態学的研究や外来種駆除活動等に急速にその分析技術の利用が広まっている。環境DNAは「生体外DNA」とも呼ばれ、水棲生物から剥がれ落ちた体表組織や排泄物由来のDNAである。現在ではこれらを適切に回収して濃縮し、PCRやDNAシーケンシングによって分析することで、複数種を同時に検出したり、興味ある種の生物量を推定する手法等が提案され、急速な発展が続いている。

ヌートリア (*Myocastor coypus*) は多数の国で外来生物として定着が確認されており、日本においては農業被害の報告があると同時に生態系への影響が大きいことが懸念され、特定外来生物に指定されている。近畿圏においては特に淀川に沿った大阪平野部で定着が進んでおり、水系に沿った分布の拡大が強く懸念されている。淀川から琵琶湖に至る河川沿いでは、その途中に位置する天ヶ瀬ダムの下流側でも目撃例があり、琵琶湖への侵入・定着は目前であると考えられる。実際には琵琶湖周辺でも少しずつ目撃例が散見されるようになってきており、本種の詳細な分布把握や移動分散の様子をとらえることが喫緊の課題である。

本研究では、半水棲の哺乳類であるヌートリアの分布を環境DNA分析によって把握できるかを試行した。対象水域はすでに目撃情報がある程度確認されている淀川本流と、主要な支流の一つである桂川の水系とした。

### 2. 材料と方法

淀川で15地点、桂川で37地点の採水を2012年9月に実施した。地点ごとに、淀川の水試料は2リットル、桂川は4リットルをグラスファイバーフィルター(GF/F)でろ過し、フェノールクロロホルム法によってDNA抽出を行った後に、DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen社)をもちいて精製を行った。これらのDNA試料はそれぞれ、(1)および(2)の報告

済み研究で採取したものである。1マイクロリットルのDNAをテンプレートとして地点ごとに4繰り返しリアルタイムPCRでテストを行い、1つでも陽性反応が得られた地点はヌートリア由来のDNAがあったと判断した。なお、PCRに用いたプライマーおよびTaqManプローブは、本種のミトコンドリアcトクロームb領域を特異的に検出できることが確認されている。国土地理院のデータベースから得られた調査地点の標高、周辺(半径1.5キロメートル)の標高の標準偏差、年平均気温、最大積雪深、日照時間等を独立変数、ヌートリアDNAの有無を従属変数として、統計解析アプリケーションRをもちいてロジスティック回帰による解析を行った。

### 3. 結果および考察

ヌートリアのDNAは49地点中26地点で検出され、かなり広範囲にわたって分布していることが推定された。Rのstep関数をもちいて説明変数の選択を行ったところ、有意な変数として調査地点周辺の標高のばらつき(標準偏差)のみが残った。この変数は調査地周辺の起伏の激しさを指標になると考えられ、ヌートリアは比較的フラットな地形のハビタットへ侵入・定着しやすい可能性が示唆された。天ヶ瀬ダムよりも上流の琵琶湖側に位置する3地点からはDNAは検出されなかった。

調査地点の半分以上でDNAが検出されたこと、そして桂川ではかなり上流部からも検出されていることを考えると、かなり起伏の激しい谷あいなどを除けば、ヌートリアはかなり柔軟に、どのような環境の場所であっても侵入できる可能性がある。環境DNA分析は対象地点では水を汲むという作業だけで調査が可能であり、本検出系は今後、琵琶湖淀川水系における広域かつ長期的なモニタリングに利用できる。

### 4. 引用文献

- (1) Yamanaka H. & Minamoto T. (2016) Ecological Indicators, 62, 147-153.
- (2) Fukumoto S., Ushimaru A. & Minamoto T. (2015) Journal of Applied Ecology, 52, 358-365.

### 1. Introduction

大ダムでの発電、利水、治水などにより私たちが享受してきた利益は計り知れない。一方で、河川横断物である大ダムは、生態系、地域社会、水産業、水運、農業、林業、観光などに大きな変化をもたらしたが、農業用水や飲料水の供給に関しては、代替水源がないことから、多くのダムが人間社会にとって不可欠なものとなっている。

一方、河川横断物であるダムは、環境調和技術でもなく、構造物としても持続的でない。それは、我々がダムへの堆砂、下流濁水化、生物往来阻害、水質変化、栄養塩流下阻害などの問題に対して解決の方針や目処すら持っていないからである。本発表では、最大限に負荷を低減し、かつ、人間社会も一定の利益を確保することのできるシステムを、天竜川水系佐久間ダムを例に提案する。

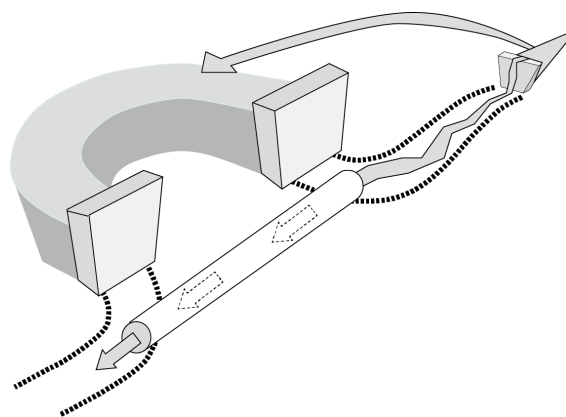
### 2. Materials and Methods

発電、利水、治水のダムの目的ごとに考えることにより糸口が見える。まず、発電で重視されるのは、貯水量ではなく、発電機との大きな落差と安定した流量である。堆砂が堆砂容量を超えた天竜川水系の美和ダム（148%）、水窪ダム（116%）などでも発電機能に支障がないことからそれがわかる。一方、利水においては、取水口より上にある水量を確保することが水の安定供給を支える。そのため、特に、大都市の飲料水を供給するダムでは貯水量が重要である。ところが、治水においては、それらとは全く異なり、貯水池がより多量の出水を受け止めて下流に流下させないことが求められるので、容量の大きさと貯水量の少なさが求められる。すなわち、空っぽの大容量のダムが最適である。実際には、多目的ダムというのは、このような、相反する目的別に容量を振り分けて計画、運用される。

### 3. Results

複数のダム弊害と、目的別要請を対応させると、従来の単純なダム構造ではどうしても矛盾が生じ、弊害を低減できない。本発表では、解決策の1つと

して、図のような構造のダムを提案する。



図．隔離した貯水池に清水バイパスで水を供給し、砂礫を通過させるためのダム構造．

この提案は、現在のダム湖においてΩ型の大きく蛇行した箇所が3つある佐久間ダムについての具体案である。図の右上が天竜川の上流側で、左下が下流側でその先に現在のダム堤体がある。貯水池から導水路で発電取水口に接続すれば、このシステムで平水時の発電には支障がなく、貯水池に堆砂も発生しない。砂礫はトンネル河道を通過して下流に運ばれる。ただし、すべての水量を発電に使わず、河道を掃流させる分を放棄する必要がある。この状態で、旧貯水湖は空なので、大きな治水力を行使できる。

もちろん、この構造を実現するためには、現在ある堆砂を処理して、ダムの堤体を複数設置する、下流ダムの諸問題を解決するなどが前提である。

### 4. Discussion

現在、流域の地盤がもろいために、佐久間湖には1億3000万 $m^3$ ともいわれる堆砂が存在し、なお毎年増え続け、問題解決の目処も立たない。仮に、5 $m^3$ （約10t）を陸揚げして運搬する費用が過小な1万円としても2600億円を要する計算となる。堆砂は増え続けており、実際にはその10数倍～10倍かかると思われる。天竜川あるいは大井川流域で全国に先駆けてなんらかの解決の糸口を探る必要がある。

\*宋 媛媛 (北海道大・院・環境科学)

根岸 淳二郎 (北海道大・院・地球環境科学)

### 1. はじめに

湧水とは、一般的に地下水が自然状態で流出したもので、扇状地の末端部（扇端）などに出現する。比較的長い時間をかけて地下を流れ、その過程で深層地下水の影響を強く受けるため、外気温や地上での降水などによる影響を受けにくい。そのため、湧水は水温の変動が通年で安定的である場合が多い。その結果、温帯域では、山地から河道を流下してくる河川表層水と比較して、冬季に高い水温を示し、その関係は夏季には逆転する。

この水温環境の違いは、生物プロセスにおいても重要な役割を果たす。例えば、冬季にはサケの産卵床として湧水部が好まれる。また、湧水が卓越する河川では水温の特異性に加え底質がより安定しているため、付着藻類量や堆積有機物量が多く、それに伴って底生動物相も特異な群集構造を呈する。

本研究では、扇状地河川扇端部において河床から湧出する湧水に着目した。特に食物網や物質循環の観点に注目し、付着藻類及び水生昆虫の応答を定量化することで、湧水の生態学的な機能を明らかにすることを目的とした。

### 2. 方法

本研究の調査地は石狩水系の豊平川である。豊平川扇状地の扇端部を調査地として選定し、既往知見で湧水が存在するとされる区間を含む縦断流呈距離約3kmを調査区間とした。調査区間に湧水が多く確認されている湧水区間と、湧水が確認されていない非湧水区間を設定し、2015年8月、2016年2月及

び7月に河川水、河床間隙水（表層より約20cm）、藻類及び水生昆虫の採取を行った。

電気伝導度（EC）、溶存酸素量（DO）、硫酸イオン（ $\text{SO}_4$ ）濃度、硝酸態窒素（ $\text{NO}_3$ ）などの項目に注目し、調査区間間での湧水の影響の程度を比較した。湧水の食物網へ与える影響を把握するために、付着藻類と藻類食の水生昆虫（ヒラタカゲロウ科）の炭素窒素安定同位体比分析を行った。炭素・窒素安定同位体比はそれぞれ  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  および  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  の値で、標準物質に対する  $\delta^{13}\text{C}$  と  $\delta^{15}\text{N}$  で表した。統計解析には、t-test や GLM を用いた（有意水準：0.05）。

### 3. 結果と考察

河床間隙水について、区間間で水温、EC、DO、 $\text{NO}_3$ 、 $\text{SO}_4$  に有意な差が見られ、湧水区間は相対的に溶存イオン濃度が高く、溶存酸素濃度が低かった。

藻類、水生昆虫の安定同位体比分析から、EC が高いほど、藻類や水生昆虫の  $\delta^{15}\text{N}$  の値が高くなり、 $\delta^{13}\text{C}$  が低くなる傾向が見られた。湧水は、より高濃度の硝酸態窒素を含有したため、それを体組織に同化させる過程を経て湧水区間河床上に生息する藻類や水生昆虫の  $\delta^{15}\text{N}$  が高いということが考えられた。また、湧水はより低い DO を呈した。このことから、湧水は微生物呼吸に起因する酸素消費が卓越する環境を有していると推察された。微生物の呼吸作用由来の溶存炭素は軽い炭素 ( $^{12}\text{C}$ ) を比較的多く含むことから、湧水の影響を受けている藻類と水生昆虫はより低い  $\delta^{13}\text{C}$  を示したと考えられた。これらより、湧水は食物網を介して水生生物の組成元素（窒素・炭素）の質へと影響を与えていることが示唆された。

(A-Z)	(* speaker)	(五十音順)	(* 講演者)
Aadrean	*4S-3	相子伸之	*2P-15,2P-13
Akanuma Hiromi	4S-4	相崎守弘	1B06
Akira Terui	*4S-6	青柳直樹	1C04
Andra R. J. ANAS	1A16	赤木光子	*1P-29
Asaeda Takashi	4S-7,4S-14	赤坂卓美	2A02
AudetteYuki	*4S-2	赤松真治	*1P-6,1P-7,1P-8,1P-9
BaeYeon Jae	2P-17	赤松史一	*1C09
Bayartogtokh Badamdorj	2P-17	赤間亮夫	2B01
Beata Bober	1A02,1A03	秋山瑞希	2P-44
BixiaChen	*4S-5	浅野悟史	1A06,3S-3
ChangKwang-Hyeon	4S-9	安部真央	2B03
Choi Jong-Yun	2P-37	尼子博章	1A04
Fujinaga Shohei	4S-10	網田和宏	*1C05
Gaël Dur	1A17	荒居博之	*2P-9
GoSun Mi	*2P-37	有井鈴江	1A02,1A03,1A03
Hendadura Chandani Chalanika De Silva	*4S-13	有田康一	1B11
Hodoki Yoshikuni	4S-10	安藤晴夫	2P-43
Indranil Mukherjee	*4S-10	飯島和毅	2P-5
Jang Min-Ho	2P-37	飯泉佳子	*2P-47
Jo Jaeick	*1A25	五十嵐聖貴	1P-26
Jun-Wook Hur	4S-8	池谷仁里	1A05
Kelum sanjaya	*4S-7(*講演なし)	池田将平	*1A03,1A05,2P-18
KHATUN SANTONA	*1P-3	池田勇太	*3S-6
Kim Min-Seob	2P-37	池谷透	3S-3
Kobayashi Raita	4S-4	石井裕一	*2P-43,1B11
Koji Nakamura	4S-5	石川可奈子	1A04
Kyong Ha	4S-8	石川尚人	3S-4,3S-4
Kyu-Jin Kim	4S-8,*2P-29(*講演なし)	石田卓也	*3S-3,1A06
Leese Florian	4S-1	石丸真菜	1B05
Liu Xin	*1A17	石綿進一	1A24
Matthaei Christoph	4S-1	一井築	*1P-32
Méjean Pauline	1C02	市川誠	1A07
Min-Ho Jang	4S-8	一瀬諭	1A03,1A05,2P-18
Morita Takashi	1A17	市橋大山	1C04
Nakano Shin-ichi	4S-10	一柳英隆	1P-6,1P-7,1P-8,1P-9,3S-7
NamGui-Sook	4S-9	井手淳一郎	3S-3
Navruz Shermatova	*4S-8	伊藤祥子	2P-7
Nisikawa Usio	4S-5	伊藤裕之	1C08
Nowell Peter	4S-2	伊藤雅之	3S-4
O' Halloran Ivan	4S-2	稲井公二	*2A06,*2P-16
OhHye-Ji	*4S-9	稲富佳洋	1P-12
Okazaki Yusuke	4S-10	伊波はるな	1B03
Oomae Shinsuke	1A17	稲波璃香	2S-1
Ouellette Lance	4S-2	井上源喜	*2B08
Parveen Mahfuza	*4S-14	井上栄壮	*2P-18,1A04
Piggott Jeremy (Jay)	*4S-1	井上徹教	*2P-32
Poungparn Sasitorn	1B14	今井章雄	*2B07,1B07,1B08,2B05,2P-26
Privaldos Osbert Leo A.	3S-3	今井一郎	1A11,1A12,1P-23
Rashid Md H.	4S-14	今聖一郎	*2P-44
Sang-Hyeon Park	4S-8	今村正裕	3S-5
SeoJong-Mo	2P-37	岩熊敏夫	*1S-2,*1S-8
Song Uhran	3S-4	岩崎雄一	1B20
Takashi Asaeda	4S-13	岩田智也	*3S-1,*3S-9,3S-2,3S-3,3S-4,3S-6,1P-3
Takasu Hiroyuki	*4S-12	植田真司	*2B02
Taku Kadoya	*4S-11	上野隆平	1A07,1A08
Townsend Colin	4S-1	上原一彦	2S-1
Usio Nisikawa	4S-3,*4S-4	上原佳敏	*1A06,3S-3
Voroney Paul	4S-2	潮雅之	3S-4
Yusuke Miyazaki	4S-6	丑丸敦史	2S-5
Zhenmian Qiu	4S-5	牛山克己	2P-34

卯田隆	2P-18	加藤良太	2P-24
内井喜美子	*2S-7,*2S-8	金子命	*1P-12,2P-44
内田雅己	2P-42	金子裕明	*1A24
内野栄治	1C04	金子陽輔	*1P-14,2P-30
宇野裕之	1P-12	加納光樹	1A22,1P-29
占部城太郎	*3S-7,1P-16,1P-25	狩野好宏	2B04
江川美千子	1B18,1P-15,1P-19,1P-2	鎌内宏光	*2P-46
江崎智昭	1C08	神松幸弘	2S-4
江角敏明	2B04,1B04	神谷宏	*1B04,1P-19,1P-2,2B04
柯佳吟	3S-4	神谷航一	*1B06
海老瀬潜一	*1B01	萱場祐一	2A04,2P-27
袁進	2P-2,2P-28	柄谷肇	1B19,1P-4,1P-5
王晓航	*1A19	苜部甚一	*2P-33,1A22
王効拳	2P-2,2P-28	川崎竹志	1A04
大上和敏	*1C06,2B08	川崎伸之	2B07
大沢信二	*1C03,1C01	川野田實夫	2B08
大竹二雄	1A06	河野博	1P-29
大塚宜寿	2P-13,2P-15	河野吉将	1P-31
大塚北人	1B03	川村裕樹	1B01
大塚俊之	1B14	菊池美里	2P-48
大槻朝	1A20	木瀬晴美	2P-43
大坪あかね	1C06	北井康貴	2P-34,2P-44
大手信人	3S-4	北川由莉奈	2P-44
大西菜月	*1B15	北村大樹	1B20
大沼沙織	1B12	北村哲浩	2P-10,2P-11,2P-5
大林夏湖	1A08	木田森丸	*1B14
大前英	2P-47	亀甲武志	1A06
大八木英夫	1P-26	金海燕	*1A16
大藪智久	1C08	木村成子	*1A10
岡崎友輔	1P-26	木村智彦	1C08
岡田紗央里	*2P-49	木村龍平	*1P-20
岡田俊典	1A07	木持謙	2P-2,*2P-28
岡野淳一	3S-4	喬曉榮	2P-28,2P-2
岡部芳彦	2P-46	桐山徳也	1B07,1B08
岡本高弘	1A04,1B07,1B08,1B19,1P-4,2P-36,2P-38	金城孝一	2P-20
小川幸輝	*1C01	熊谷仁志	1P-25
小川竜平	*2P-39	熊崎悠一	*1P-11
奥居紳也	*1B08,1B07,1B19,1P-4,2P-38,2P-38	倉元隆之	1B12
奥川光治	*2P-48	操上広志	2P-11
奥田昇	1A06,3S-2,3S-3,3S-4	恵暁梅	2P-2,2P-28
尾坂兼一	*3S-2,3S-3	江俊賢	2B02
落合伸陽	2P-24	上月佐葉子	2S-1
小野田幸生	*2P-27	古角恵美	2P-38
小畑元	1B05	小島久弥	1P-3
恩田裕一	2P-9	小菅瞭吾	1B03
		小関正道	2P-49
鏡味麻衣子	1A20	後藤直成	*2P-24
鏡良弘	1B20	後藤奈美	1C09
加賀谷隆	1P-17	小林草平	2A04
垣見直希	*1P-31	小林淳希	*1P-23,1A11,1A12
角勇斗	2P-34	小林拓	1P-26
葛西真由子	1B03	小林卓也	3S-5
柏田祥策	1B20	小林由紀	1A06,3S-4
片岡佳孝	1A06	小松一弘	*2B05,1B07,1B08,2B07,2P-26
片野泉	*2S-3,1P-6,1P-7,1P-8,1P-9,2S-2	近藤昭彦	2P-46
片寄優二	2P-3	今藤夏子	1A07,1A08
勝原光希	2S-5	近藤美麻	2S-1
勝山智憲	2P-46		
加藤季晋	*1P-2,2B04	齊朔風	2P-28,2P-2
加藤憲二	*2A05(*講演なし)	齋藤達昭	2P-40,2P-41
加藤幹男	2A06,2P-16	坂井三郎	1A09

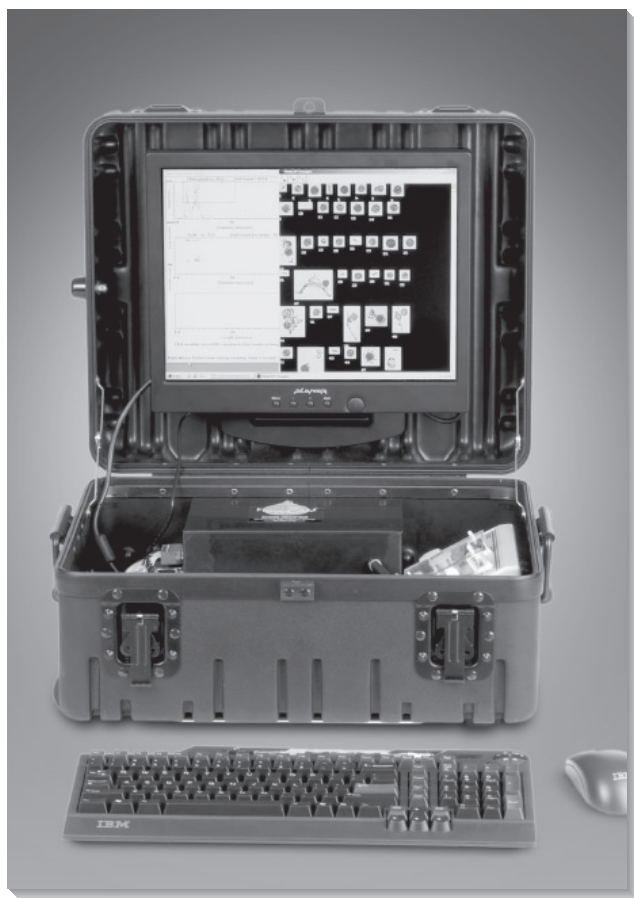
酒井陽一郎	1A17,3S-4	高津文人	1B08,2B05,2B07,2P-26,2P-38,1B07
坂田雅之	*2S-9	高野敬志	*1C04
酒多勇輔	2S-3	高野宏平	3S-7
嵯峨友樹	*2B04	高橋祥尚	*1A18
坂野純子	2P-1	高橋智	2P-19
坂本正樹	*2P-23	高畑直人	1C02
坂本未央	2P-34	高原輝彦	2S-7,2S-4
坂本充	*1S-1,*1S-4	高村岳樹	1A24
崎幸子	2B04	高村健二	1A07,*1A08
佐久間一幸	*2P-5,2P-10,2P-11,2P-4	高村典子	2B05
櫻井翔	*1P-10	武内章記	2P-33,1P-26
左子芳彦	1A10,1P-22	竹門康弘	2A04
佐々木顕	2B09	武田悠太	*2A03
佐竹潔	*2P-20	竹村恵二	1C01
佐藤明日香	2P-44	立花道草	2B06
佐藤成二	2P-3	田中敦	1P-26
佐藤修一	2P-46	田中邦明	1A12,1P-23,1A11
佐藤貴之	1B07,1B08,1B12,2B07	田中仁志	2P-15,2P-2,2P-28,*2P-13
佐藤拓哉	2S-4	田辺祥子	1A19,1P-28,1A18
佐藤翼	*1B17	田邊優貴子	*2B09
佐藤泰哲	1B02	谷川緑	1P-6,1P-7,1P-9,*1P-8
佐藤祐一	*1A04,2P-36,2P-38	谷口真人	1C03
佐野有司	1C02	田之上智美	*1P-1
佐原健	1A23	田林雄	1B04
座間味佳孝	2P-20	玉置雅紀	1B11
沢田隼	2S-4	陀安一郎	3S-4,3S-3
澤近美咲	2P-40,2P-41	田んぼの生きもの調査ク	1P-30
七里将一	2P-38	知花睦	2P-20
篠原高弘	1B07	張光玠	2P-37
篠原隆一郎	2B05,2B07,2P-26	帖佐大介	2P-34
柴田智郎	*1C02,1C01	千代真照	3S-2
島村崇志	1P-12	塚本浩貴	2P-24
清水秀明	1C09	辻清美	1A02,1A03,1A16
霜鳥孝一	*1B07,1B08,2B05,2B07,2P-26	辻冴月	1P-10,*2S-6
下村航一	1P-17	辻谷睦巳	*2P-19
初雪	*1P-5	辻英樹	2P-5,*2P-7
全逢錫	*1A14,1A13	對馬育夫	1P-14,*2P-30
菅原庄吾	1P-15,1P-19,1P-2,1B18	津田瞳	1P-4,1P-5,*1B19
菅原庄吾	1B04	土屋健司	2P-26
杉本亮	1C03	塘忠顕	1P-18
杉山紗希	2P-34	常村将太	1C08
杉山雅人	1B15,1B02	鶴田哲也	2S-1
杉山裕子	2P-41,2P-40	寺井久慈	*2P-1
鈴木啓助	*1C07	寺村伊織	2S-6
鈴木剛	1A23	土井絵美	1A17
鈴木準平	3S-5	土居俊平	2B06
鈴木舞	*1P-19	土居秀幸	1P-6,1P-7,1P-8,1P-9,2S-2,2S-3,2S-7,2S-8,1A21
角哲也	2A04	土居愛美	2P-41,*2P-40
諏訪裕一	1B17	東海林洵	*1P-27
清家泰	1P-15,1P-19,1P-2,1B18,1B04	東城幸治	2P-23
関根一希	*2P-17	富樫博幸	3S-4
勢村均	1P-19	時枝隆之	*1B03
千賀有希子	1B17,1P-11,1B13	徳地直子	2P-46
宋媛媛	*2P-52	戸島邦哲	2P-19
宋培学	*1P-28	戸田三津夫	*2P-51
相馬理央	1P-8,1P-9,2S-3,*2S-2	戸田任重	1P-1
十河勇樹	*1A21	戸田三津夫	2P-39
園田碧	2P-42	富岡典子	1B07,2B05,2B07,*2P-26
		富田勢	2S-5,*2S-4
大洞裕貴	1P-23,*1A12,1A11	富田浩嗣	1A02,1A03
平祥和	*2A01	富山英明	*1B20

豊田真樹	*1P-24	日高舜介	*2S-5
内藤馨	2S-1	日野修次	1P-27
内藤裕一	1P-18	日野貴文	1P-12
中井康平	1B15	平岡佳子	1A16
中井量暉	2S-6	平林公男	*1A07
中川恵	2B05	平山拓弥	1A22
長坂翔子	2B03	廣瀬佳則	*2P-38,2P-36
長坂征治	1B20	廣田充	2P-42
中澤暦	2P-45	深澤敦	1P-26
中島信美	1B11	福井学	*1S-7
中島祐輔	1C08	福島慶太郎	*2B03,1P-13,2P-46
永田広大	*1P-17	福島武彦	1B06,2P-9
永田貴丸	2P-18,*2P-22	福島路生	2P-26
中谷暢丈	1P-12,2P-44,*2P-34	福田吏紗	*2P-41,2P-40
中田舞	1P-22	福原晴夫	*1S-6
中坪孝之	2P-42	藤井力	1C09
長縄秀俊	*2A07	藤井智康	*1C08
中西貴宏	2P-3,2P-10	藤江晋	1P-26
中野史織	1C06	藤嶽暢英	*2P-42,1B14
中野翔	2P-37	藤永承平	*1P-26,*3S-4
中野伸一	3S-4,1P-26	藤本章晃	*1A23
中野大助	3S-1,3S-9,*3S-5	藤原建紀	1C08
中野拓治	*1B09	藤原直樹	1A03,2P-18
永野昌博	2S-4	布施泰朗	1B19,1P-4,1P-5
永淵修	1B01,*2P-45	二木功子	*1A15,1P-21
中村方哉	*1B11	舟木泰智	*2P-4,2P-5
中村銀士	1P-22	船山啓	1P-21
中村幹雄	1A09	布野隆之	1P-6,1P-6,1P-7
中山恵介	1C08	ブラディミール	1B02
中山典子	1B03	古田世子	*1A05,1A03,2P-18
成田哲也	2P-4	帆苺信	*2P-35
成岡知佳	1P-11,*1B13	細田耕	*1B02
難波元生	*1P-18	細田真生	*1A09
西村洋子	*2P-25	堀田大貴	2P-27
根岸淳二郎	2P-52	保原達	1P-12,2P-44
野澤亜紀	2P-43	本郷真理	*1A22
野原精一	*2P-8,1B17,1P-11,*1S-5	本田尚美	1C03
野村早織	*1B16	牧内和隆	1P-24
芳賀裕樹	1A04	牧野渡	1A20,1P-25
朴紫暎	*1B18	増木新吾	1P-15,2P-19
朴虎東	1A14,1A15,1B16,1P-20,1P-21,1P-24,1A13,1B16	町田昌彦	*2P-11,2P-10
橋本和磨	*1P-13	松岡真梨奈	*1P-7,1P-6,1P-8,1P-9
橋本旬也	2P-43	松尾豊	2B04
河鎮龍	2P-23,1P-24	松梨史郎	3S-5
長谷川英尚	2B02	松橋彩衣子	2S-7
長谷川裕弥	*2P-21	真野浩行	2P-23
花里孝幸	1A15,2P-23	丸岡奈津美	*1A20
早川和秀	*2P-36,1B08,1B19,1P-4,1P-5,2P-18,2P-22,2P-38	丸尾雅啓	*1B05
林誠二	2P-20,2P-5,2P-7	丸山あい	*1P-21
林大輔	2P-46	万木理恵	2P-49
原田憲	2S-3	三崎弘宗	2P-14
原田健一	*1A01,*1A02,1A16	三島壮智	1C01,1C03
バレンティン	1B02	水野晃子	2B09
伴修平	*2B06,1A17,1A18,1A19,1P-28	水野勝紀	1A13
韓智仙	*1A13,1A14	水守裕一	*1P-9,1P-7,1P-8
日朝菜摘	2B08	南山瑞彦	1P-14,2P-30
東端啓貴	1B20	源利文	*2S-10,2P-50,2S-1,2S-2,2S-3,2S-4,2S-5, 2S-7,2S-8,2S-9
引野愛子	*1P-15	三村徹郎	1B02
久松俊一	2B02	宮川幸雄	*2A04



宮城俊彦	*1B10	李超	2P-2,2P-28
三宅洋	*2A02	刘鑫	2B06
三宅凜太郎	1P-10		
宮地淳	1A16	渡邊圭司	*2P-2,2P-28
宮下治希	1B05	渡辺幸三	2A06,2P-16
宮下洋平	*1A11,1A12,1P-23	渡辺苑生	1B03
宮田直幸	1A05	渡辺昌造	*2P-14
宮原裕一	*2P-31,1A15	渡辺泰徳	1B02
宮正樹	2S-9	渡辺裕也	2A02
村井大平	2P-3	渡部健	2S-1
村上綾	3S-4	和波一夫	2P-43
村田貴拓	1B02		
村山耀平	1B19,*1P-4,1P-5		
村山理紗子	2B08		
望月陽人	1B02		
本澤大生	1P-10,2S-6		
森照貴	2A02		
森田美佳子	*1P-30		
森本喬也	2P-40,2P-41		
森本大地	1P-22		
柳沼康平	*1P-25		
安河内祐二	1A23		
矢吹芳教	2P-13,2P-15		
矢部徹	1B11		
山川栄樹	1P-30		
八巻圭佑	1P-25		
山口啓子	1A09,2P-19		
山崎正夫	2P-43		
山下竜司	1A02,1A03		
山田悦	1B19,1P-4,1P-5		
山田一裕	2P-1,2P-28		
山田紗友美	*1P-16		
山田進	*2P-10,2P-11		
山田佳裕	1P-32		
山中裕樹	*2P-50,1A21,1P-10,1P-31,2S-4,2S-6,2S-7,2S-8		
山中ももこ	*1P-22		
山梨光訓	2P-34		
山野博哉	2P-20		
山本麻由佳	1B05		
山本哲史	2S-5,2S-9		
山本優	1A07		
山本義彦	*2S-1		
山本亮介	3S-5		
湯川孝紀	2P-40,2P-41		
楊宗興	*1S-3		
横田久里子	2P-45		
横山淳史	*2P-12		
横山勝英	1P-13,2B03		
吉澤一家	2P-21		
吉田知可	2P-31		
吉田剛司	1P-12		
吉田天士	1A10,1P-22		
吉田安伸	*1B12,1B12		
吉村和也	*2P-6,2P-4		
吉村研人	2A02		
吉村真由美	*2B01		
吉山浩平	*3S-8		
四ッ谷隆徳	1C05		





## イメージングフローサイトメータ

# FlowCAM

プランクトンなどの懸濁粒子をCCDカメラで撮影し、その画像をCPUで解析することで各粒子のサイズ・面積・ESDを算出します。FlowCAMはクロロフィル蛍光や光散乱の計測データと画像データとをシームレスに関連づけられるスキッタグラム作成機能を備えた、最新のフローサイトメータです。

### 仕様

#### ●測定レンジ

倍率	測定レンジ
1×	約10 $\mu$ m-3
4×	約5 $\mu$ m-2
10×	約2 $\mu$ m-0.5
20×	約1 $\mu$ m-0.3

#### ●解析

各パーティクルの長さ・幅・面積・球換算サイズ(ESD)  
蛍光強度(クロロフィル・フィコエリスリン)、  
光散乱強度



## クロロフィル測定装置

# 10-AU-005CE

ダイナミックレンジと安定性に優れたターナーデザイン社 多目的フィールド蛍光光度計です。クロロフィルのIn-Vivo測定と抽出測定が、手軽に、精度よく、しかも簡便に行うことができます。

- 検出限界  
クロロフィル-a 0.005 $\mu$ g/l
- 光学系  
デュアルビーム方式
- レンジ  
3レンジ(オート、マニュアル) 0.001~999.9
- 検出器  
レッドセンシティブ光電子倍增管(185-870nm)



※なお、くわしい仕様に関しては科学機器部(03-3265-4265)までお問い合わせ下さい。

## Ping DSP 社 3DSS - Multi Angle Swath Bathymetry Sonar

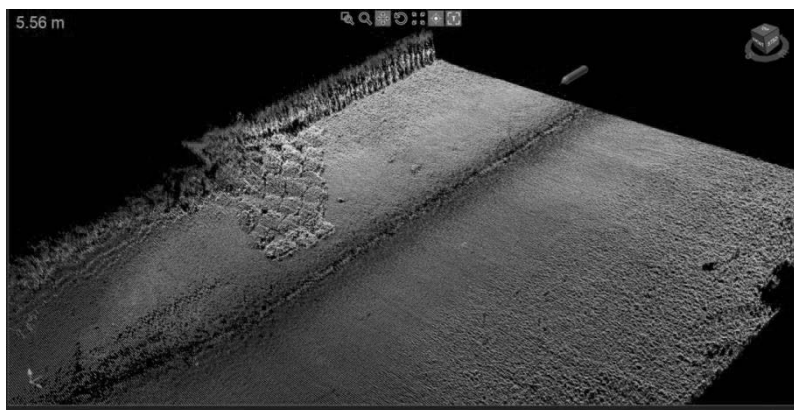
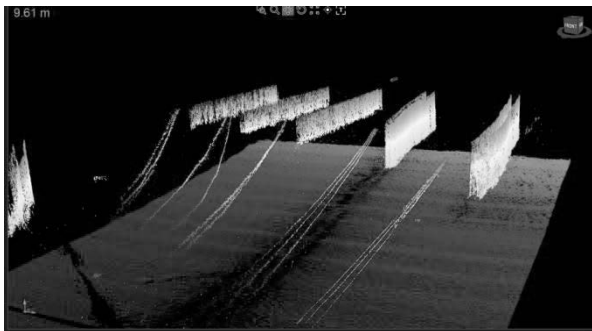
3DSS TM Multi Angle Swath Bathymetry Sonar は、PingDSP 社が開発した次世代の軽量コンパクトかつ高精度の浅海用 3D スワス音響測深システムです。ソナー重量 9.5kg という取扱い易さが、小型ボートによる河川、ダム、河口域、港湾等における海底地形ならびに構造物調査において最高レベルの作業効率性を提供します。

Ping DSP



3DSS-DX-450

A compact dual transducer 3D sidescan for over-the-side pole-mounted and small AUV applications.



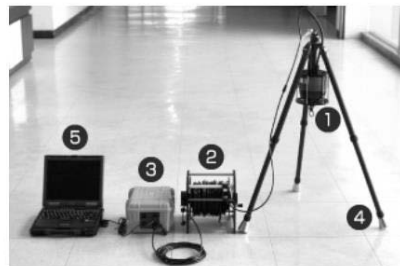
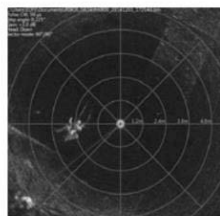
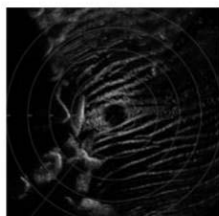
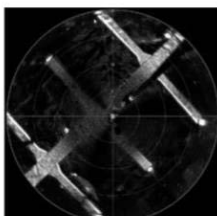
## EofE Ultrasonics 社 360° High Resolution Scanning Sonar RS900

軽量コンパクト 360° スキャニングソナー

- ・海中捜索
- ・沿岸警備
- ・機雷捜索
- ・モニタリング調査
- ・ROV/AUV 航行支援等



EchoLogger



- ① EchoLogger RS900 ソナーヘッド
- ② 50m 水中ケーブル
- ③ Power Supply ボックス
- ④ ソナーヘッド三脚
- ⑤ ノートPC(オプション)

SEA

株式会社エス・イー・エイ  
Science Engineering Associates Corporation

株式会社エス・イー・エイ

〒279-0043 千葉県浦安市富士見 3-16-3 TEL047-350-1251/FAX 047-350-1259

<http://www.seanet.co.jp> [mailbox@seanet.co.jp](mailto:mailbox@seanet.co.jp)

# mini DO<sub>2</sub>T USB

水温 溶存酸素データロガー



- 単三アルカリ電池 2本で動作
- 1分間隔で約1年間記録
- mini-Wiper 装着で、付着物にも強い
- 蛍光式 DO センサー採用

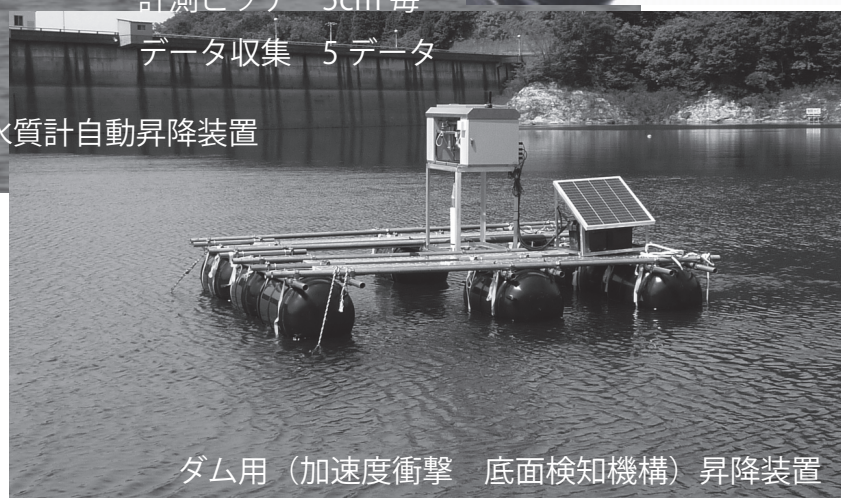
## HYDROLAB Datasonde5x

x Automatic Winch System

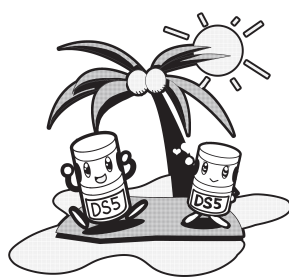


沿岸域 汽水域に最適「可搬可能な」水質計自動昇降装置

水温・塩分・溶存酸素  
濁度・クロロフィル a  
pH・酸化還元電位  
シアノバクテリアなど  
測定間隔 10分毎  
計測ピッチ 5cm 毎  
データ収集 5データ



ダム用（加速度衝撃 底面検知機構）昇降装置



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

環境システム株式会社

〒660-0083 兵庫県尼崎市道意町 7-1-3,624

TEL 06-6657-5130 FAX06-6657-5131



KONGSBERG

# KONGSBERG コングスベルグ

## 溶存ガスを検知するCONTROS(コントロス) 各種水中センサー・システム



- HydroC CO<sub>2</sub> - 溶存二酸化炭素センサー**
- ・ROVのような航走体への装備も可能
  - ・長期観測のほか、ブイや係留設備での使用も可



- HydroFlash O<sub>2</sub> - 溶存酸素センサー**
- ・溶存酸素センサー
  - ・フロート、採水ロゼット等幅広い配備に対応可能



- HydroC CH<sub>4</sub> - 溶存メタンセンサー**
- ・CH<sub>4</sub>分圧(pCH<sub>4</sub>)のその場でのオンライン測定
  - ・長期観測にも対応



- HydroC CO<sub>2</sub> FT - 溶存二酸化炭素センサー**
- ・連続観測装置向けに設計された溶存二酸化炭素センサー
  - ・酸性化調査、気候研究等幅広いアプリケーションに対応

# bbe

moldaenke

## 植物プランクトンの蛍光特性を利用した bbeのユニークな蛍光光度計シリーズ



- FluoroProbe(フルオロプローブ)**
- ・浮遊性の微細藻類を最大5のグループで自動分類およびクロロフィル分析機能
  - ・深度、透過率、CDOM測定および濁度補正機能を搭載
  - ・スタンドアローンでの長期モニタリングにも対応



- Bentho Torch(ベントーチ)**
- ・付着性の微細藻類が対象
  - ・緑藻類、シアノバクテリアおよび珪藻類のクロロフィルa量を類別して定量



- Algae Torch(アルジートーチ)**
- ・浮遊性の微細藻類が対象
  - ・シアノバクテリアとクロロフィルa  
総量を類別して定量

- 10 cells(テン・セルズ)**
- ・現場向け簡易バラスト水検査・分析装置
  - ・藻類の細胞数を計測



### 日本海洋株式会社

〒120-0003

東京都足立区東和5-13-4 東和ビル

TEL:03-5613-8902 / FAX:03-5613-8210

<http://www.nipponkaiyo.co.jp/>