

P-1

Web 公開不希望

*森朱音, 和田憲昭, 千賀有希子 (東邦大学・理)

1. はじめに

陸水域における藻類の光合成による生産および自己分解由来の溶存有機物 (DOM) は、エネルギーフローの起点として重要であると考えられる。一方、飲料水という観点において、異臭味物質や毒性物質などになる可能性があるため問題視されている。しかしながら、DOM は複雑な混合物として放出されるため測定が難しく、その詳細な構成成分はいまだ明らかになっていない。近年注目されている三次元励起蛍光スペクトル (EEM) 法は、DOM が持つ蛍光特性を利用し、成分を分画する方法である。また、統計解析 PARAFAC (Parallel Factor Analysis) を組み合わせることで、重なり合ったピークを分離することができ、DOM の起源や組成に関する情報を得ることができる。

本研究では、藻類が生産する DOM 成分を明らかにするために、緑藻類 *Chlorella* sp. の純粋培養を行い、*Chlorella* sp. から生産される DOM を EEM 法によって測定した。構成成分のピークの分離は目視によるピークピッキングおよび PARAFAC によって行った。

2. 材料と方法

四尾連湖 (山梨県) の湖水から *Chlorella* sp. の純粋株を得た。この *Chlorella* sp. を用いて、17 日間の無菌培養を行った。培地は、ろ過した水道水に N:P=10 mgN/l:1 mgP/l の濃度となるように KNO₃ と KH₂PO₄ を添加し、オートクレーブ滅菌したものを使用した。培養は、蛍光灯下、水温約 25 °C で行った。時間を追って OD₆₆₀、クロロフィル a 濃度、溶存有機炭素 (DOC) 濃度、DOM 成分の測定を行った。DOM 成分の分離は、水中溶存有機物蛍光測定装置 (Aqualog, HORIBA Scientific) を用いて EEM 法で行った。測定条件は、励起波長 260 nm~600 nm、蛍光波長 210 nm~620 nm、バンド幅 3 nm、積分時間 1 秒とした。DOM 成分のピークの解析は、目視によるピークピッキングおよび PARAFAC によって行った。DOM 成分の相対蛍光強度は、10 µg/l の硫酸キニーネ溶液の励起波長 (Ex) 350 nm、蛍光波長 (Em) 450 nm 付近の蛍光強度を 10 QSU (Quinine Sulfate Unit) として規格化した。

3. 結果および考察

OD₆₆₀ の値は、培養最終日まで増加し、*Chlorella* sp. の増殖がみられた。クロロフィル a 濃度は、培養開始から 9 日目に最大値をとり、その後若干減少した。DOC 濃度は、培養最終日まで増加し続けた。したがって、*Chlorella* sp. の光合成に伴って DOM が生産されたと考えられた。EEM 法によって DOM 成分の解析を行ったところ以下の 7 つの成分がピークピッキングによって検出された: Peak 1 (Ex/Em=270~279 nm/330~334 nm), Peak 2 (332~339/428~434), Peak 3 (285~288/416~426), Peak 4 (318~326/423~438), Peak 5 (276~288/403~409), Peak 6 (272~279/380~383), Peak 7 (270~276/370~373)。そのうち、Peak 1, 2, 3, 4 の相対蛍光強度と DOC 濃度の間に統計的に良い正の相関 ($p < 0.01$) が得られた。したがって、これら 4 つの成分が *Chlorella* sp. が生産する DOM の主な成分であると考えられた。Peak 1 についてはアミノ酸 (Yamashita and Tanoue, 2003), Peak 2, 3, 4 については微生物起源 (Stedmon and Markager, 2005; Cory and McKnight, 2005) と報告されている。蛍光強度が低かった Peak 5, 6, 7 は、蛍光強度の大きい Peak 1 のピークに取り込まれ、実験途中で検出できなくなった。PARAFAC 解析 (data: n = 100) では、Peak 1, 2, 3 が分離でき、この 3 成分の重要性が示唆された。残りの 4 成分については、PARAFAC 解析により分離できなかったが、光合成により生産される重要な成分であると考えられ、今後さらなる検討が必要である。

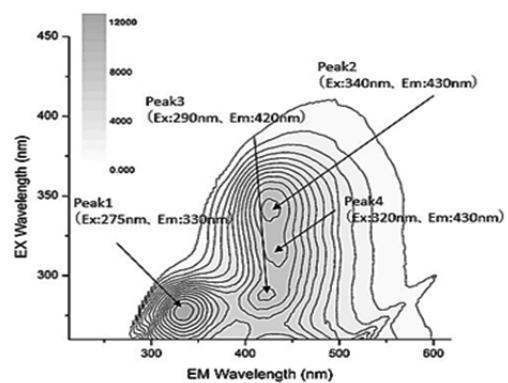


図 2 溶存有機物成分の三次元励起蛍光スペクトル

赤城大沼の底質と周辺土壌の放射性 Cs 分布

*阿部隼司 (群馬大学・院理工), 相澤省一 (群馬大学・院理工), 森 勝伸 (群馬大学・院理工), 佐藤記一 (群馬大学・院理工), 角田欣一 (群馬大学・院理工), 野原精一 (国立環境研究所), 鈴木究真 (群馬水試)

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災により福島第一原子力発電所事故より放射性物質が環境中に放出された。放出された放射性物質は北風に乗って福島県南部、栃木県北部、群馬県北部に降下した。群馬県内に降下した放射性物質により群馬県内の広範囲の底質、土壌の放射性 Cs 汚染が見られた。また、同年8月には、赤城大沼のワカサギは基準値以上の放射能汚染が観測された。赤城大沼の放射性 Cs 汚染の実態を明らかにし、ワカサギに特異的に高い放射性 Cs 汚染が見出された原因を究明するために、本研究では赤城大沼の周辺土壌及び湖底質の放射性 Cs の経時変化と分布を測定した。

2. 材料と方法

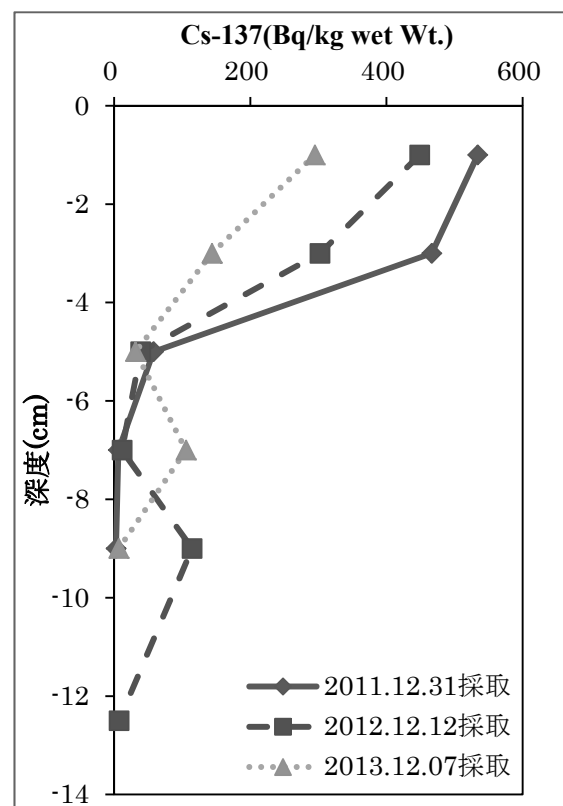
赤城大沼の周辺土壌は2012年6月に17ヶ所、湖底質は流入、湖心、流出の3ヶ所で2012年6月、8月、10月、12月、2013年2月、6月、8月、10月、12月の計8回の採取を行った。採取したすべての試料中の放射性 Cs は Ge 半導体検出器を用いて測定した。土壌試料は風乾し、2 mm のふるいにかけて、100 ml の容器に入れ、測定した。湖底質は佐竹式コアサンプラーを用いて採取し、表層から 10 cm までは 2 cm 間隔で切り分け、10 cm 以上は 5 cm ごとに切り分けた。切り分けたそれぞれの湖試料は寒天を用いて体積を 100 ml にしてから放射性 Cs レベルを測定し、放射性 Cs の鉛直分布とインベントリー(単位面積当たりの放射性 Cs 量 (Bq/m²))を求めた。

3. 結果

周辺土壌の放射性 Cs は、100 Bq/kg~2000 Bq/kg までの広い濃度範囲で測定された。高い値が検出されたのは赤城大沼東側 (黒檜山) 山麓で採取した土

壤と赤城大沼南側 (覚満淵) で採取した土壌であった。底質中の放射性 Cs の分布においてはどの地点でも表層 10 cm 程度までしか放射性 Cs は観測されなかった。特に湖心においては表層から 5 cm 程度までに放射性 Cs が分布していることがわかった。

図1 湖底質 (湖心) の放射性 Cs の垂直分布



4. 考察

湖底質においては湖心では攪拌が起こりにくいため、表層から 5 cm までに分布していると考えられる。底質の放射性 Cs 量は図 1 より減少傾向にあると考えられるが、試料ごとの放射性 Cs 濃度のばらつきも大きいので、定量的評価にはさらにデータを集める必要がある。

P-4

深見池における全層無酸素層の出現

*登めぐみ¹⁾、須田ひろ実¹⁾、大八木麻希¹⁾、横山亜希子²⁾、岩月栄治¹⁾、八木明彦¹⁾

1) 愛知工業大学工学部 2) (株) ウォーターエージェンシー

1. はじめに

深見池は、長野県下伊那郡阿南町にあり、北緯 35° 32' 55" 77、東経 137° 81' 93" 56 に位置する天然湖で、短径 150m、直径 300m、表面積 2.1ha、体積 $1.4 \times 10^5 \text{m}^3$ 、容積 $1.0 \times 10^5 \text{m}^3$ 、最大深度 7.70m である。2013 年の観測中、11 月 16 日に全層 DO が 0 ~ $1 \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ とこれまで見られなかった非常に珍しい現象が得られたので報告する。

2. 方法

採水は最大深度(7.75m)で船上よりサイホン式手動ポンプで実施した。水温 (WT)と溶存酸素(DO)は DO メータ(投入電極式, 蛍光法, HACL 社)にて測定。全有機態炭素(TOC), 溶存有機態炭素(DOC)は全有機物炭素計(TOC-V メータ)を用いて測定。クロロフィル a は、663, 645, 630nm、バクテリオクロロフィル c は、662nm の波長を用いて、比色法で測定。

[微量元素]:テフロンろ紙 GF/F(0.45mm)でろ過し、ろ紙上の物を懸濁態とした。ろ液に CHCl_3 、沈殿物は王水で処理した。測定は島津 ICPE-9000 で定量。分析元素は生元素を主体とし、Al, As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, S, Se, Si, Sn, Ti, V, Zn を測定した。

3. 結果と考察

WT, DO, DOC, H_2S , Chl. a, B-Chl. c の鉛直変化

WT は 11 月 2 日から 16 日に 5m 以深で変化が大きく、全層 10°C となった。これに伴って DO は、2 日の最大値は、 9.22mgL^{-1} であるのに対し、16 日は 0.83mgL^{-1} で全層 1mgL^{-1} 以下と、ほぼ無酸素状態であった。11 月 2 日から 16 日の 2 週間で約 1/90 になり、11 月 16 日から 12 月 21 日の約 1 ヶ月では 12 倍と劇的に変化が認められた。11 月 2 日は、DO 濃度が急激に低くなる層(5~6m) で B-Chl.c 濃度が高くなっていたが、11 月 16 日は 2 日に比べ Chl.a, B-Chl.c 濃度が全層で分布し、かつ、低くあまり差もなく、7.5m でのみ B-Chl.c 濃度が高いことが観測された。

アンモニア態窒素が 1mgL^{-1} 、硝酸態窒素が 0.3mgL^{-1} と大きく変動し、硝化・脱窒が同時に生じたと考えられた。

11 月 16 日の微量元素(溶存態)の鉛直変化

Mn は、0~7m で約 0.01mgL^{-1} であったものが、7.5m では約 1mgL^{-1} と、10 倍増加した。また Fe も、0~7m で約 0.01mgL^{-1} で 7.5m では約 2mgL^{-1} となり、20 倍増加した。Cr は全層約 1mgL^{-1} が検出され、Al は、0~7m で約 0.02mgL^{-1} で 7.5m では約 0.004mgL^{-1} となり、1/5 に減少したことが認められた。12 月に劇的に増加した。Si は、0~7m で約 3mgL^{-1} で 7.5m では約 8mgL^{-1} となり、約 2.7 倍の増加が確認された。この様に微量元素に 11 月 16 日の全層無酸素層の出現で大きな変動が観測された

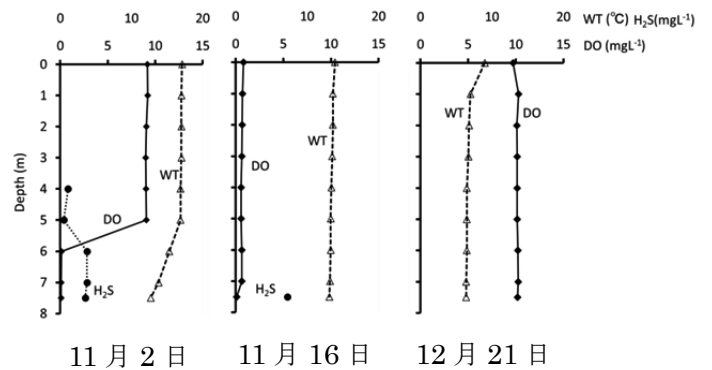


図-1 WT, DO, H_2S の鉛直変化 (2013 年)

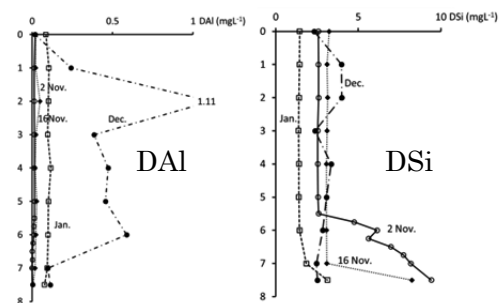


図-2 DAI(左)と DSi(右)の鉛直変化 (2013, 14 年)

謝辞

本研究の一部は、平成 24 年度 文部科学省私立大学等研究設備整備費等補助金によった。

* 吉田知可 (信州大学大学院 総合工学系研究科)
池田良徳 (北海道大学大学院 獣医学研究科)
宮原裕一 (信州大学 山岳科学研究所)

1. はじめに

諏訪湖は長野県のほぼ中央に位置する富栄養湖である。諏訪湖では、1960年代から1970年代前半にかけ、工場廃水の流入により、水産物の重金属汚染が問題となった。一方、信州大学山地水環境教育研究センターが1977年から行っている諏訪湖の定期観測により、近年、諏訪湖下層水が夏期に貧酸素化していることが示されている。この還元的な環境が、底質中での重金属類の挙動に影響を及ぼしている可能性がある。そこで、1977年、1981年、2003年、2013年に採取した底質コアについて、その重金属類濃度の鉛直分布を見ることによって、過去から現在までの諏訪湖における重金属汚染の変遷や、近年の貧酸素化による重金属類の挙動への影響を解析した。

2. 材料と方法

底質コアは、諏訪湖湖心において、1977年、1981年、2003年、2013年の計4回採取を行った。1977年8月12日には20cm、1981年8月11日には24cm、2003年8月1日には52.5cm、2013年8月16日には24cmのコアを採取した。各コアは、任意の厚みに切り分け、十分に乾燥後、メノウ乳鉢で粉碎した後、硝酸に溶解し、内部標準法により、ICP-MSで重金属類の定量を行った。

3. 結果と考察

2003年に採取されたコアについて、工場廃水などの人為的な汚染を表す指標として、水質汚濁防止法に定められている、クロム、カドミウム、鉛、ニッケル、銅、亜鉛の鉛直分布を見たところ、クロム、カドミウム、鉛、ニッケル、銅、亜鉛の濃度が大幅に上昇した時期があることが確認された。本コアと同時に採取された底質コアの年代(Ikenaka(2005))と対応させたところ、クロムとカドミウムの極大は1975年、鉛、ニッケル、銅、亜鉛の極大は1982年と推定された(図1)。1971年6月には水質汚濁防止法が施行され、1979年の10月には、下水道の一部

供用が開始されるなど、諏訪湖の浄化に向けた取り組みが始まったことで、1975年頃には、一部の重金属の流入が減少し始めたと考えられた。さらに、2003年のコアの0-2.5cmと50-52.5cmの重金属濃度を比較したところ、カドミウムと鉛を除き、1960年に相当する50-52.5cmの重金属濃度よりも、0-2.5cmの濃度の方が高かった。このように、重金属の諏訪湖への流入は減少しているが、一部を除き、1960年以前の状態には戻っていない。

一方、1977年と2013年のコアは、年代推定ができていないため、その表層(1977年:0-5cm, 2013年:0-6cm)に含まれる重金属濃度を、2003年のコアおよび寺島ほか(1990,1992)の1987年と1991年のコアと比較した。コア表層の重金属濃度は、1977年よりも、2013年のほうが低かった。また、寺島らは、測定方法が異なるが、1987年よりも、1991年の方が表層の重金属濃度が低かった。さらに、2003年と2013年のコアでは、大きな濃度の差が見られなかったため、2003年以降、重金属の流入状況は、ほとんど変化していないと考えられた。また、諏訪湖の貧酸素化は、2000年以降顕著であるが、これらの重金属は、還元的な環境下では、硫化物に変化し、水に難溶になると考えられ、諏訪湖の貧酸素化は、これらの重金属濃度の減少には関与していないと考えられた。

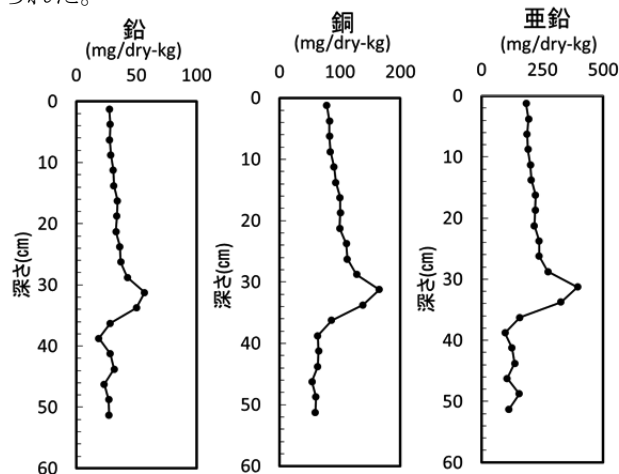


図1 2003年のコアにおける重金属の鉛直分布

*菅原庄吾（島根大・院・総理），山室真澄（東京大・院・新領域），
神谷宏（島根県保環研），井上徹教（港空研），勢村均（島根県水技セ），
江川美千子（島根大・院・総理），清家泰（島根大・院・総理）

1. はじめに

島根県東部に位置する宍道湖は、平均水深が約 4.5 m と比較的浅い湖沼である。宍道湖では、大橋川を介して流入する海水により底成層を形成し、夏季にはこの躍層以深がしばしば貧酸素化する。この底成層は強風等により消滅し、形成と消滅を繰り返す。2012 年の 7 月末以降、宍道湖において強固な躍層が形成され、強風が吹いても底成層が完全に破壊されず、その結果、長期的に無酸素状態を呈し、さらには深度 5 m 以深部の湖底直上水中から高濃度の溶存硫化物（22 mgS/L）が検出された。また、観測を行った約 3 週間後に宍道湖西部において大規模な青潮が発生し、スズキやフナ等の魚類が 2000 匹以上浮いているのが確認された。今回は、青潮発生前後の水質連続観測の結果から、2012 年 9 月 19 日に発生した青潮の発生メカニズムがほぼ解明されたので報告する。

2. 材料と方法

斐伊川と大橋川を結ぶ直線上の 5 箇所(西から A, B (宍道湖湖心), C, D 及び E)に水質観測所を設け、自記記録式電導度計及び DO 計を設置し 10 分に 1 回の間隔で計測した (Fig. 1)。自記記録式電導度センサー(JFE アドバンテック社製 Model INFINITY-CT)は、全地点の湖底直上 10, 30, 50 cm の位置及び B を除く 4 地点の表層 1 m に設置した。B, D 及び E の湖底直上 10 cm の位置に自記記録式 DO センサー(JFE アドバンテック社製 Model RINKO)を設置した。

宍道湖湖心の水位データは、国土交通省観測データを使用した。気象データ及び境（鳥取県）の水位データは、気象庁のデータを使用した。

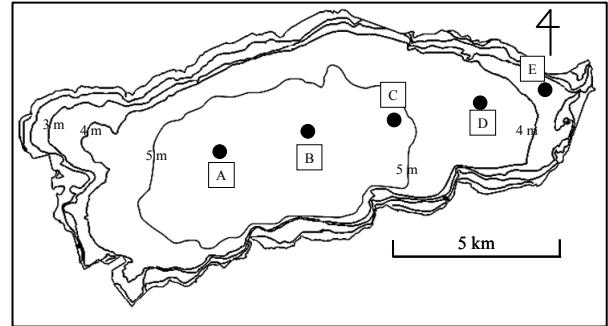


Fig. 1 水質観測所の位置

3. 結果と考察

2012 年 9 月 16 日から 17 日にかけて台風 16 号の接近に伴い海水面が上昇して高潮状態となった。この日の天文潮は大潮で、境の水位が T.P. +100 cm まで上昇し、その水位の上昇に少し遅れて宍道湖湖心の水位が T.P. +86 cm まで上昇した。境の水位が宍道湖湖心の水位よりも高くなった結果、宍道湖の底層の塩分よりも高い塩分の海水が流入し、その様子が時間差で観測点 E, D, C, B, A の順に観測された。19 日の早朝から 22 時にかけて強い西寄りの風が吹き続き、ピーク時には平均風速と最大瞬間風速がそれぞれ 11.7 m, 15.8 m の風が観測された。19 日の 12 時ごろから、観測点 C, B の底層の電導度（32～35 mS/cm）が、表層の電導度（約 9 mS/cm）まで急激に減少した。青潮は 19 日の 14 時頃宍道湖西部で確認された。これは、強い西風により、底層水塊が西側に移動する過程で、流入した海水が湖心底層の硫化水素を含む水塊を押し出し、硫化水素を含む水塊が一気に湧昇して青潮が発生したものと考えられる。また、湖心底層の電導度が再び 30 mS/cm まで回復したことから、躍層が完全に崩壊せず寄り戻ったものと考えられる。本観測データは、青潮警報システムを構築する上で非常に重要なデータとなるであろう。

トゲマダラカゲロウ属幼虫の二次生産に対する栄養基礎

P-7

* 田村繁明, 加賀谷隆 (東大院・農学生命)

1. はじめに

河川の底生動物には、肉食をとまなう雑食者が少なくない。これらの捕食圧を評価するには、二次生産とそれに対する栄養基礎推定によるアプローチが有用である。トゲマダラカゲロウ属幼虫は、河川上中流域に普通に出現し、バイオマスも大きい。これらの幼虫は、石面付着物とともにコカゲロウ類などの動物餌を摂食する雑食者である。

本研究は、トゲマダラカゲロウ属各種幼虫について年二次生産量を求め、消化管内容物分析に基づき各餌資源の二次生産に対する相対的貢献度を評価することを目的とする。また、本属幼虫による動物餌の年消費量を推定することで、主たる餌であるシロハラコカゲロウに対する捕食圧を評価するとともに、本属幼虫の体サイズと肉食性の関係を明らかにする。

2. 材料と方法

多摩川水系の二次河川の瀬において、2010年6月～2011年6月に2～8週間隔で採集を行い、出現したトゲマダラカゲロウ属5種(オオマダラカゲロウ、ヨシノマダラカゲロウ、フタマタマダラカゲロウ、ミツトゲマダラカゲロウ、未記載種)の二次生産を瞬間成長速度法によって、シロハラコカゲロウの年二次生産をサイズ頻度法によって推定した。

トゲマダラカゲロウ属各種について、消化管内容物分析を行い、消化管中の藻類、不定形デトリタス、植物片デトリタス、動物片の各面積割合を求めた。既往文献より得た各餌資源の同化効率と純生産効率を乗じた値を餌資源間で比較することで、各調査間隔における二次生産に対する相対的貢献度を推

定した。また、二次生産と動物片の相対的貢献度を乗じた値を同化効率と純生産効率で除すことで、本属各種の餌動物の消費量を推定した。

大型個体の解析数が少ない未記載種を除く4種について、個体の頭幅と消化管内容物に占める動物餌の割合の関係を調べた。

3. 結果

トゲマダラカゲロウ属各種の年生産量は1.8～18.1 mgDW/m²の範囲にあり、本属全体では51.7 mgDW/m²であった(表)。各種の年生産に対する各餌資源の貢献度は、フタマタマダラカゲロウと未記載種を除き動物餌が最も高く、動物餌の貢献度はオオマダラカゲロウの64%が最大で、本属全体では51%であった(表)。未記載種を除き、餌動物個体の80%以上をシロハラコカゲロウが占めていた。トゲマダラカゲロウ属の餌動物の年消費量は74.7 mgDW/m²と推定され(表)、シロハラコカゲロウの年生産量(130.2 mgDW/m²)の57%に相当した。日消費量は4～5月に特に大きかった(0.6～0.7 mgDW/m²)。いずれの種の個体も、頭幅と動物餌割合の間には有意な正の相関が認められた。

4. 考察

雑食者トゲマダラカゲロウ属幼虫において、大型個体は高い肉食性を示し、動物餌の貢献度が50%を超える種が存在することが示された。また、普通種であるシロハラコカゲロウに対する本属幼虫の捕食圧は無視できない大きさであることが明らかとなった。本属の数種で体色斑変異と河床の色特性との対応が確認されており、本属の体色斑は餌動物に対する隠蔽色として機能している可能性がある。

表. トゲマダラカゲロウ属各種幼虫の年生産量、各餌資源の年生産に対する貢献度、餌動物の年消費量。括弧内はブートストラップ法によって計算した95%信頼区間を示す。

種	年生産量 (mgDW/m ²)	貢献度(%)				餌動物の年消費量 (mgDW/m ²)
		藻類	不定形デトリタス	植物片デトリタス	動物片	
オオマダラカゲロウ	13.8 (9.4-18.5)	20 (14-29)	13 (10-19)	2 (1-3)	64 (50-74)	25.5 (15.3-36.6)
ヨシノマダラカゲロウ	11.1 (7.9-14.5)	25 (18-34)	19 (13-28)	1 (0-2)	55 (37-67)	17.4 (10.6-24.5)
フタマタマダラカゲロウ	6.9 (3.6-10.9)	30 (23-38)	35 (27-45)	5 (3-7)	30 (13-46)	5.6 (1.7-11.1)
ミツトゲマダラカゲロウ	18.1 (13.3-23.2)	31 (15-59)	17 (12-25)	3 (2-5)	49 (14-68)	25.3 (6.1-41.1)
未記載種	1.8 (1.0-2.6)	51 (40-62)	27 (24-31)	6 (5-7)	16 (3-29)	0.9 (0.1-1.7)
合計	51.7 (42.9-60.2)	28 (21-39)	19 (16-23)	2 (2-3)	51 (35-59)	74.7 (49.0-94.0)

*田中亜季（大阪府立大・理学），難波利幸（大阪府立大・理学），谷田一三（大阪府立大・理学），竹門康弘（京都大・防災研）

1. はじめに

河床下の河床間隙域は、無機物や有機物などの様々な物質の交換の場である。また、そこには多様な分類群に属する間隙動物が生息しており、その環境に影響を与えている。河川生態系機能の全容を理解するためには、河床間隙動物の群集構成とその空間的・時間的変化を知る必要がある。

しかし、河床間隙域の構成材料である土砂と礫の粒径分布は空間的に不均一であることから、異なる河川で河床間隙動物を同じ方法で採集・比較することは困難である。様々な河床への適用範囲の広い採集方法として、河床間隙動物を間隙水と共に採集するポンプ法が知られているが、分類群によって異なる採集バイアスが生じるなどの欠点がある。本研究では、堆積物を丸ごと採集するコア法と比較することにより、ポンプ法で偏りのない定量的な採集を実現する方法を開発した。

2. 材料と方法

調査は、2007年1月10日と14日に、木津川中流域で実施した。河道から砂州にかけて80 m²の範囲内で、ポンプ法とコア法により、それぞれ5つの生物サンプルを採集した。このとき、ポンプ法では、河床内に埋められた内径54 mmの塩ビパイプ(100個の小孔を側面に持つ)で、河床表層から深さ20 cmまでの範囲から、電動ポンプ(6L/min)で10 Lの河床間隙水を連続5回揚水した。コア法では、直径123 mmの塩ビパイプで、河床表層から深さ10~14 cmまでの範囲から、間隙動物を河床材料ごと採集した。

研究室では、採集された動物について、同定、体長・体幅・体高の計測、個体数の計数が行われた。採集方法による生物の採集バイアスは、10 Lの間隙水を含む体積に換算されたコアサンプル中の個体数

に対するポンプサンプル中の個体数の比（採集バイアス指数）で評価された。揚水量の増加に伴う採集個体数の減少パターンは、累積50 L中の個体数に対する各10 L中の個体数の比をもとに評価された。

3. 結果

間隙動物は、採集バイアス指数と体サイズにより3グループに分けられた。特に、小さい体を持ち円形横断面を持つ生物の採集バイアス指数は高かった。

連続的な揚水で観察された個体数の減少傾向により、間隙動物は3グループ（急減型、漸減型、中間型）に分けられた。急減型は、砂に似た大きさと比重を持つ動物にみられるパターンであり、漸減型は、巧みに遊泳するか、堆積物にしがみつく能力に劣り流されやすい動物にみられるパターンであった。

微小甲殻類は、ポンプ法によって密度が過大評価される傾向にあったが、ソコミジンコを除いて、10 Lサンプル中の微小甲殻類間の相対密度と、コアサンプル中のそれらの間の相対密度はよく似ていた。また、甲殻類と太陽虫を除いて、中間型の動物は、50 Lの揚水でコア1000 cm³中の個体数とよく対応する個体数が採集されていた。

4. 考察

河床間隙動物の採集バイアスには、体サイズと扁平率が関係し、体サイズが大きい動物と扁平である動物が採集されにくいことが明らかとなった。

ポンプ法で採集バイアスを抑えた群集構成を得るには、各動物群の採集バイアスに応じて、コア1000 cm³中の個体数に匹敵する個体数を含む揚水量を選択することで、ポンプ法で得られた群集構成を、現場の群集構成に近づくよう補正することができることが明らかになった。

1. はじめに

香川県の新川は水中の有機物濃度が高い。これまでの調査で、この高濃度の有機物の起源はため池から流入する浮遊藻類であることがわかってきた、流域の浮遊藻類の分布、季節変化について調査を行った結果、新川の主要な藻類は *Microcystis aeruginosa* 等の藍藻、*Cyclotella meneghiniana* 等の珪藻であり、流域のため池と同様の分布と季節変化を示した。一方で、流入した浮遊藻類の河川における増殖については、知見が十分でない。河川の水質形成のメカニズムを解析するためには、河川内の一次生産の情報が必要である。そこで、本研究では、新川の河川水中の浮遊藻類の一次生産の測定を行い、有機物汚濁のメカニズムについて考察した。

2. 調査方法

香川県の新川河口堰による止水域において、2012年10月27日から2014年5月1日まで、週1回の頻度で、日中に明暗びん法による内部生産の測定を行い、純生産速度を測定した。また、河川水を採取し懸濁態有機物量及びクロロフィル a 量の測定を行った。さらに、止水域の水の流出量を測定し、水の滞留時間を算出した。この観測は、河川流量が少なく、河川内のクロロフィル濃度が高くなる冬期～春期にかけて計4回行った。これらの結果を基に、新川河口堰の止水域の懸濁態有機物に対する河川内での一次生産の寄与について考察を行った。

3. 結果

期間中、10 mm/day 以上の雨が降った日は18回あった。2013年6月から11月にかけて多量の降水があった日が多かった。多いときは50～160 mm/day の雨が降った。止水域における水の滞留時間は、4回の観測において1.8～3.7日であった。観測期間は河川水量が少なく、年間を通して水の交換率が低くなる

時期である。

新川の止水域におけるクロロフィル a の濃度は、最も高い時期で300 μ g/L に達し、2013年3月から4月にかけて濃度が最も高くなった。一方で5月から10月にかけては、比較的濃度が低く、100 μ g/L 程度であった。新川における純生産速度は、2013年2月から4月にかけて上昇傾向にあり、2013年の6月に低下したが、2013年7月から8月にかけて最も高く、約9mgC/L/day となった。2014年も同様の傾向であった。止水域における光合成活性は、順生産と同様の傾向を示したが、2013年の7月に特に高い値を示した。また、純生産と Chla 及び光合成活性についていずれも、2013年6月下旬、9月中旬のような、まとまった雨が降ったときに値が大きく低下した。

4. 考察

純生産の増減の時期と現存量 (Chla) の増減は一致せず、統計的に見ても、両者に関連性は見られなかった ($p < 0.05$)。

まとまった雨が降った時期には、藻類の現存量・純生産・光合成活性いずれも大きく低下している。これは、雨による大きな水量の増加が、河川水中の植物プランクトン濃度及び栄養塩濃度に希釈効果をもたらしたためと考えられる。

止水域の有機物濃度に対して純生産による炭素増加分の、懸濁態有機物 (POC) への寄与率は、流量を観測した日について、2013年2月9日に19%、3月12日は45%、4月16日が80%、2014年4月22日が66%と見積もられた。寄与率は、4月に大きくなり、水温の上昇と共に河川内の一次生産が高まると考えられる。

河川水量が少なくなる時期には、河川の高濃度の有機物は、流域のため池からの外部負荷に加えて、河川内での内部生産も寄与していると考えられる。

P-10

Web 公開不希望

印旛沼における珪藻附着性真菌類の 形態観察及び分子系統解析

*野崎大貴, 石田聖二, 鏡味麻衣子 (東邦大・理)

1. はじめに

近年、分子生物学的手法により、微生物の環境DNAの塩基配列の情報は飛躍的に増えているが、必ずしも種名と対応している訳ではない。個々の微生物を単離培養し、形態や生活史から同定した種名と対応した形で分子系統関係を得ることが理想的だが、実際のところ多くの微生物において単離培養は容易ではなく大変手間がかかる。

湖沼において、植物プランクトンは真菌類のツボカビに寄生されることが知られている。先行研究では、ツボカビの孢子体の形態や宿主の違いなど、光学顕微鏡レベルの観察によって、ツボカビの種が同定されてきた。しかし、実際はツボカビの種同定には電子顕微鏡による遊走子の微細構造の観察が必要だが、寄生性ツボカビはそのための培養が難しい。

Single Cell PCR によるアプローチは、単離培養の必要がなく、光学顕微鏡レベルの宿主と孢子体の形態観察をした上で分子系統解析ができる。また、従来の分子系統解析と比べて非常に簡便である点で優れている。そこで本研究は、千葉県印旛沼で観察された珪藻附着性真菌類を対象にSingle Cell PCR法を適用し、真菌類の形態および宿主と分子系統との関係性を調べることを目的とした。

2. 材料と方法

2013年と2014年に行った調査で得られた印旛沼の湖水サンプルを用いて、珪藻に附着している真菌類の形態観察及び分子系統解析を行い、その対応関係を調べた。

(1)真菌類の形態観察

真菌類が持つキチン質を染色するCalcofluor Whiteを用いて、蛍光顕微鏡下で珪藻に附着する真菌類を鞭毛虫と区別して検出した。真菌類の孢子体の形態(球形、卵形など)、フタや柄の有無といった項目について観察し、カメラで撮影した。

(2)分子系統解析

観察した真菌類を、マイクロピペットを用いて顕微鏡下で単離し、珪藻に附着した状態でPCRチュー

ブに移した。HOT SHOT法によりDNAを抽出した後、真菌特異的なプライマーを用いて、核18SrDNA配列の一部(約1.6kbp)をPCR増幅した。ダイレクトシーケンシングで得られた塩基配列に既存の真菌類の配列に加え、分子系統樹を作成した。

3. 結果と考察

印旛沼では、優占種である珪藻 *Aulacoseira granulata*、*Aulacoseira ambigua*、*Synedra acus* などに真菌類が附着していた。これらの真菌類を光学/蛍光顕微鏡下で観察した結果、球形と卵形の孢子体を観察することができ、それぞれの形態のものが上記3種の珪藻全てに附着していた。

分子系統解析の結果、珪藻に附着する真菌類はツボカビ(C)だけではなく、近年新たに提唱された真菌のクリプトマイコータ(CM)、さらに2つの既知のツボカビ門の全ての目、真菌類の全ての目に含まれない新規系統(FA、FB)が存在することが明らかとなった。*A. ambigua* からはC、CM、FA、*A. granulata* からはFB、*S. acus*からはC、FAが確認された。孢子体の形態と系統との対応関係は必ずしも明瞭ではなかった。

新規系統FAに関しては、単離培養に成功しており、野外試料の観察結果と同じく、*A. ambigua*を宿主として卵形で柄がない特徴が確認できた(図)。ただし、同様の特徴はCMでも見られたことから、形態のみで系統を判別することは難しいだろう。

今後はさらにサンプル数を増やすとともに、単離培養にも取り組み、さらに詳細な真菌類の分子系統の解明と形態や生活史、宿主との関係についての解析を進める。

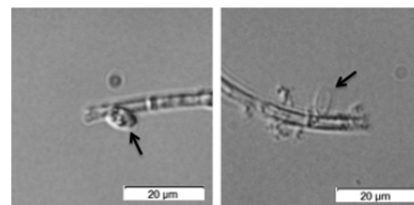


図. 培養中の珪藻 *A. ambigua* に寄生する新規系統の真菌類 FA の孢子体 (左) と殻 (右)

On the effect of pH of water sample on the recovery rate of environmental DNA

*Satsuki Tsuji (Ryukoku Univ. GraduateSchool), Hiroki Yamanaka (Ryukoku Univ.)

1. Introduction

Environmental DNA (eDNA) analyses to detect aquatic species have been applied to various water bodies from mountain streams to sea including lakes and ponds. eDNA analysis is a recently emerged technique; therefore, accumulation of basic knowledge about effective method of eDNA recovery from field water is merited.

DNA molecules are negatively charged when it is suspended in solution due to phosphate ions in the ribose-phosphate backbone. When the target DNA is suspended in water as an extracellular form, special attention needs to be paid to pH of water. In the present study, the effect of pH of water on the eDNA recovery rate at filtration process through the modification of ionization state of DNA was examined by using water containing purified DNA derived from common carp *Cyprinus carpio* and field water from natural habitat of carp. Effect of proteinase K on DNA extraction efficiency from filter sample was examined to clarify the existence form of target DNA in field water.

2. Materials and Methods

Ultrapure water containing purified carp DNA was adjusted to 5 pH conditions (pH5 to pH9) to examine the effect of sample water pH on the filtration efficiency. Water sample from freshwater lagoon, which was adjusted to the optimum pH determined in the experiment using purified DNA, was used to examine if pH control was effective for improving filtration efficiency in field water. Extraction efficiency of eDNA from filters were compared between use and non-use treatments of proteinase K in DNA extraction step to examine the existence form of eDNA in the field. GF/F glass fiber filters were used for all filtrations. Real-time TaqMan® PCR was conducted with a StepOne-Plus™ Real-Time PCR system to determine copy numbers of carp DNA (cytochrome *b* region) in each eDNA sample.

3. Results

In the laboratory experiment using purified DNA of carp, there was a difference in recovered DNA copy numbers (copies/μL) among pH treatments. Post hoc test showed there were significant differences in average DNA copies in pH5 treatment comparing with that of pH8 and pH9. Therefore, in the field water experiment, sample water was adjusted to pH5 before filtration and the DNA recovery rate was compared with that of the natural field water (pH8.84, not adjusted). There was no difference in eDNA recovery rate between pH5 treatment and the original pH control. DNA extraction efficiencies were significantly different between proteinase K treatment and control treatment. Average DNA copies were larger in the proteinase K treatment (2450.4 copies/μL) than that of the control (1593.0 copies/μL).

4. Discussion

DNA is negatively charged in water; therefore, the molecular size would be increased by H⁺ attaching on DNA in acidic condition. The enlarged molecules were likely to be trapped easily by the filter. Furthermore, DNA seemed to adhere on the glass fiber filter easier in acidic condition because of its increased hydrophobicity. pH control did not cause any difference in DNA recovery rate in the examination on field water samples. The result plausibly suggested that the DNA in the field water did not exist as naked state but as cell form or as complexes with any substances which were less affected by pH of the surrounding water on its electrical charge in comparison to naked DNA.

Yield amount of DNA was higher in proteinase K treatment. Because the proteinase K is an enzyme that can degrade many proteins, the increment of extraction efficiency of DNA suggested that eDNA would exist as cells or tissue fragments which were shed by carps in the field. The adherence property of these sources of eDNA are not likely to be changed by pH of water; therefore, it is not required to control the pH of water for filtration in further research.

水系内に広域分布するチラカゲロウの個体群構造と遺伝的構造 -2つの遺伝系統群の検出とそれぞれのハビタット選好性について-

* 斎藤 梨絵 (信州大・総合工), 竹中 將起 (信州大・理工)
東城 幸治 (信州大・理・生物)

1. はじめに

チラカゲロウ *Isonychia japonica* は東アジア広域に分布し、とりわけ日本列島内においてはほぼ網羅的に分布する。さらに、河川の上流から下流域までの水系内広域に分布する。

このような広域分布種の分布特性やその系統進化的な背景を明らかにすることを目的に、日本広域産サンプルを用いて遺伝子解析 (mtDNA COI, 16S rRNA; nDNA ITS2, Histone h3) を行った結果、日本列島のチラカゲロウは遺伝的に大きく分化する2系統群から構成されることが明らかとなった。さらに、各系統群を構成するチラカゲロウが採集された地点の河川規模を河川次数と集水域面積により評価したところ、系統群間での流程分布における傾向が認められた。すなわち、上流域と中下流域で異なる系統群を構成するチラカゲロウの存在が確認された (上流域 J-U 系統; 中・下流域 J-D 系統)。

本研究では、旭川水系 (岡山県) を対象に、水系内における両系統群の分布を詳細に究明すること、またこれらの間には棲みわけが生じているのか、棲みわけが生じているのならどのような環境要因が効いているのかについて追究することを目的とする。

2. 材料と方法

旭川水系を対象とし、本川と支川に全 15 の調査地点を設け、チラカゲロウの定量採集を実施した。各調査地点で採集された個体の遺伝子解析 (mtDNA COI 領域) を行い、いずれの系統群に属するかを識別した。また、各調査地点のハビタット構成要素 (流速・開空率・底質粗度・FPOM 等) を類型化すると共に、各系統群に位置づけられたチラカゲロウとその棲息環境の関連性について、一般化線形モデルを用いた解析を実施した。

3. 結果・考察

旭川本川 (A-4, A-5 地点)・支川である宇甘川の上流 (U-1, U-2 地点) および2支川 (新庄川, 目木川の全地点) では J-U 系統、旭川本川の上流 (A-3) 中・下流域 (A-6 から A-10 地点) および宇甘川の下流域の地点 (U-3, U-4 地点) で J-D 系統を構成するチラカゲロウの存在が認め

られた (図 1)。

本研究により、J-U、J-D 両系統を構成するチラカゲロウが同一水系内で流程分布している傾向が示され、流程に沿った空間的な棲みわけの可能性が強く示唆された。上流域で J-U 系統、中・下流域では J-D 系統を構成するチラカゲロウの存在が認められる傾向が強いものの、例外として、旭川本川の最上流地点 (A-3 地点) では J-D 系統を構成するチラカゲロウが確認された。これは興味深い結果であるが、A-3 地点はダムの上流域に位置しており、勾配が緩やかで開空率も高い。J-U、J-D 系統のチラカゲロウは、単に上流・下流域で棲みわけているのではなく、河川のハビタット構成要素に強く依存したハビタット選好性にもとに、両系統群の分布パターンが成立しているものと考えられる。



図 1. 旭川水系における調査地点と各地点で検出されたチラカゲロウの遺伝子系統 (☆ J-U 系統の遺伝子型が確認された地点; ● J-D 系統の遺伝子型が確認された地点; ⊗ チラカゲロウが採集されなかった地点)

おける分子系統地理学的研究

*趙 在翼 (信州大学・総合工学系)・東城 幸治 (信州大学・理・生物)

1. はじめに

マダラカゲロウ類は、河川の流程に沿って、また、同所的に生息している種群においては河道内の微細な環境（マイクロハビタット）の違いによる「すみわけ（ニッチ分割）」が生じていることが知られている。これらの観点から、マダラカゲロウ類の群集構造と遺伝構造を比較・検討することは非常に興味深く、本研究ではマダラカゲロウ種群の遺伝子解析を実施した。

トゲマダラカゲロウ *Drunella* 属およびトウヨウマダラカゲロウ *Cincticostella* 属は、新北区・東洋区に広く分布しており、幼虫は流部から緩流部までの広範囲に生息している。*Drunella* 属は、日本から7種 (*D. cryptomeria*, *D. ishiyamana*, *D. triacantha*, *D. basalis*, *D. trispina*, *D. kohnoi*, *D. sacharinensis*)、韓国から5種 (*D. aculea*, *D. latipes*, *D. lepnevae*, *D. solida*, *D. triacantha*) が記録されている。一方、*Cincticostella* 属は、日本から4種 (*C. elongatula*, *C. levanidovae*, *C. nigra*)、韓国から2種 (*C. levanidovae*, *C. tshernovae*) が記録されている。

2. 材料と方法

本研究で実施したマダラカゲロウ類の遺伝子解析には、日本列島・朝鮮半島・極東ロシア地域から採集したサンプルを用い、ミトコンドリア DNA COI 領域を遺伝子解析の対象とした。

3. 結果と考察

現段階では断片的なサンプリング調査に基づく解析ではあるが、*Drunella* 属のマダラカゲロウ類は、朝鮮半島も含めて全7種 (*D. basalis*, *D. latipes*, *D. trispina*, *D. cryptomeria*, *D. tryacantha*, *D. ishiyamana*, *D. sp*)、一方、*Cincticostella* 属は全3種 (*C. elongatula*, *C. levanidovae*, *C. tshernovae*) を解析対象として、遺伝的類縁関係を比較・検討した。*Drunella* 属における遺伝子解析の結果、各々の種レベルでの単系統性が強く支持された。オオマダラカゲロウ *D. basalis* 種内では、種内での遺伝的分化は小さく、地理的距離と遺伝的距離の間に相関が認められなかった。*Cincticostella* 属における遺伝子解析の結果においても、各々の種レベルでの単系統性が強く支持された。さらに、オオクママダラカゲロウ *C. elongatula* は、単系統性が支持される3つのクレードから構成されることが明らかとなり、各クレードを構成するオオクママダラカゲロウの

地理的分布は異なる傾向を示した (図1, 2)。オオマダラカゲロウおよびオオクママダラカゲロウは、どちらも上流域や溪流に分布する種群であるが、地理的な遺伝子構造は種間で大きく異なることが明らかとなった。

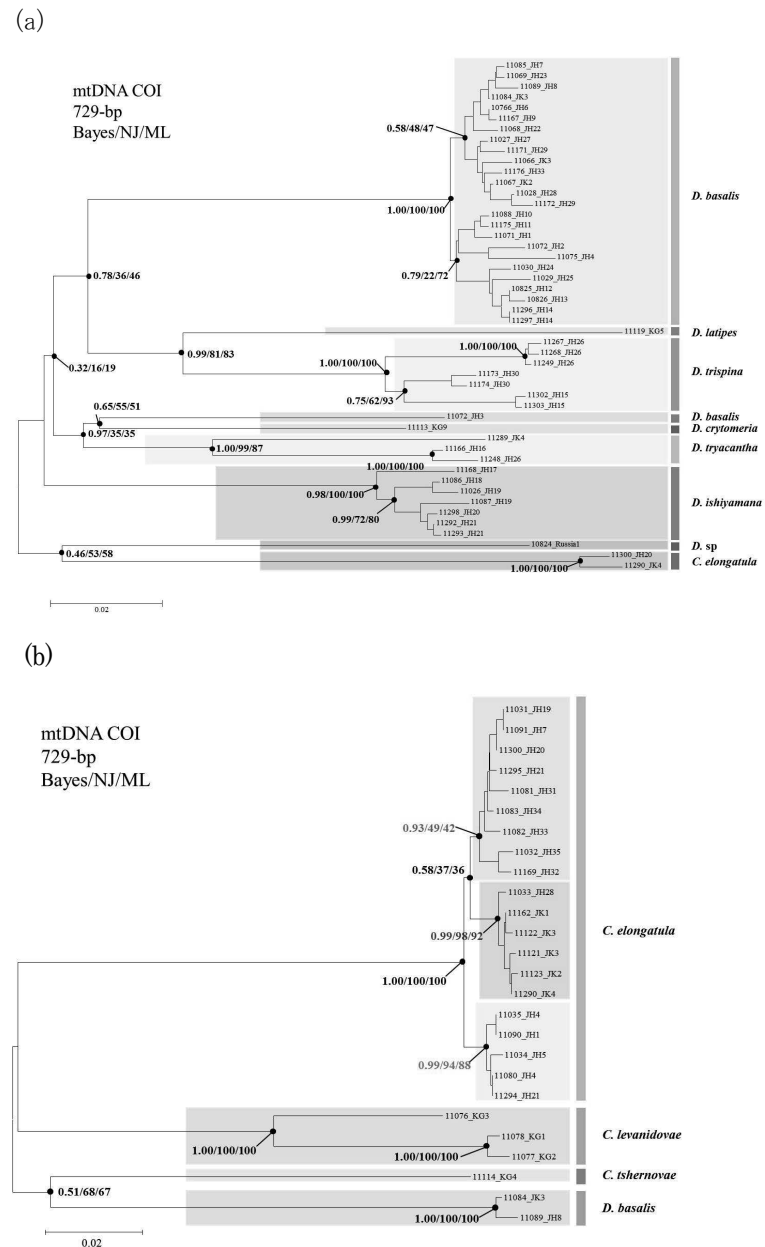


図1. トゲマダラカゲロウ *Drunella*属種群 (a) トウヨウマダラカゲロウ *Cincticostella* 属種群 (b) における mtDNA COI 領域 (729-bp) の塩基配列データに基づく分岐樹 (NJ 樹)。各主要分岐点における事後確率/ブートストラップ値 (NJ 法/ML 法) を示した。

*加藤義和、奥田昇、由水千景、陀安一郎（京都大・生態研）

1. はじめに

湖沼生態系は、さまざまな生態系サービスを人類にもたらす一方、乱獲や汚染、開発といった人間活動の影響を最も受けやすい生態系の一つである。水質の悪化や生物多様性の減少といった深刻な問題を抱えている湖沼も少なくなく、食物網構造の解明が積極的に行われてきた。さまざまな研究アプローチの中でも、食物網構造の長期的な変遷を明らかにすることは、湖沼が過去に受けた人為的な影響を評価し、適切な保全策や漁業計画を立てる上で重要である。しかし、長期間にわたって調査が継続され、食物網構造の変遷が明らかにされている湖沼生態系は皆無に等しい。本研究では、琵琶湖集水域で100年以上にわたり採集・蓄積されてきた魚類標本を対象に、アミノ酸窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$) を用いて過去の栄養段階の変遷を明らかにすることを目的とした。水域の一次生産者と陸上植物のどちらの栄養起源を利用するかによって、消費者の栄養段階を求める計算式は異なるため、両者の混合を考慮に入れた栄養段階の推定方法を適用した。

2. 材料と方法

本研究では、琵琶湖を代表する捕食者であるハス (*Opsariichthys uncirostris uncirostris*) を対象魚種とした。ハスの成魚は沖合を広く遊泳しながら小型魚類や無脊椎動物を追跡、捕食しているが、5月下旬から8月中旬には湖岸または流入河川の流れのゆるやかな場所へ移動し、繁殖する。このような生活史を持つハスは、沖合を遊泳しているときには栄養起源のほとんどが水域由来（植物プランクトン）だが、繁殖期には、河川から流入してきた陸域由来の栄養起源も混合して利用していると考えられる。そのため、ハスの栄養段階を推定するには栄養起源の混合を考慮する必要があると予想される。

1914年以降に採集、保管されてきたハスの液浸標本について $\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ を測定し、2ソース混合モデルによる栄養起源の寄与率および栄養段階の推定を行った。この際、過去の琵琶湖における水域栄養起源

の代用物として、イサザ (*Gymnogobius isaza*) の過去の液浸標本を用いた。イサザは沿岸部で孵化した直後から沖合で一生活を過ごすため、水域栄養起源の同位体情報を有していると考えられる。得られた栄養段階について、従来のバルク窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}_{\text{bulk}}$) に基づく栄養段階推定の結果と比較した。

3. 結果

$\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ による推定では、ハスの栄養段階は1910年代から1960年代にかけてはほぼ横ばい (TP=3.0-4.0) であったが、1970年代に上昇し (TP>4.0)、その後、1980年代から2010年代にかけて下降、横ばいの傾向にあった (TP=3.0-3.5)。 $\delta^{15}\text{N}_{\text{bulk}}$ による推定でも、同様の変動傾向が見られた。さらに、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ および $\delta^{15}\text{N}_{\text{bulk}}$ によって推定されたハスの栄養段階の間には有意な相関がみられた ($r=0.60$; $P<0.001$)。ハスへの水域起源の寄与率は、50%から100%の範囲にあり、個体によって大きな差が見られた

4. 考察

本研究では、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ に基づき、琵琶湖の高次捕食者であるハスの栄養段階を過去にさかのぼって推定する手法の有効性を実証した。このことは、食物網構造の長期的な変遷を明らかにする上で、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ が有効なツールとなることを示している。ただし、栄養起源の混合が想定される場合には、過去のベースラインとなる栄養起源を適切に選ぶ必要がある。

今回観察されたハスの栄養段階の長期変動は、1960年代以降、琵琶湖で進行した富栄養化とその後の水質改善、1980年代以降に琵琶湖で急増した侵略的外来魚との種間競争、あるいは、近年になって実施されている自然護岸や内湖の復元といった環境保全策とも密接な影響を持っている可能性がある。ハスの栄養段階変動をもたらした要因の解明は、今後の重要な課題である。さらに今後、さまざまな機関に保管されている生物標本を用い、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ による栄養段階推定を行うことで、過去の食物網構造の復元、さらには生態系管理等への応用が期待される。

富栄養化した汽水域における 沿岸性動物プランクトン群集の季節変化

*中野翔, Seo Dong-Il, Chang Kwang-Hyeon (Kyung Hee Univ.)
Baek Seung-Ho, Jang Min-Ho (Kongju National Univ.)
Choi Jong-Yun (Pusan National Univ.), Kim Yong-Jae (Daejin Univ.)

1. はじめに

汽水域沿岸では、沿岸性のカイアシ類が水域内で頻繁に発生し、魚類の主要な餌資源としての役割を持つことが知られる。しかし、沿岸域では護岸工事や汚染物質の流入などの人為的な環境変化が起こりやすく、カイアシ類群集の生態もそれに伴い、変化することが知られているが、その要因の詳細は不明瞭である。そのため、今後、汽水域沿岸におけるカイアシ類群集の生態に対する深い理解を得るために、その要因を分析する必要がある。

セマングムは全長 33km に及ぶ巨大な堤防によって閉鎖された湾である。湾内は、河川からの淡水および、堤防内に設置された水門からの海水流入により広大な汽水域を構成している。また、河川からは栄養塩類、有機物などが多量に流入し、湾内は富栄養化している。セマングムの特徴として、河川水流入による淡水化および富栄養化などの環境変化の要因が限定されるため、セマングム内の沿岸性カイアシ類群集の生態変化を環境変化と関係付けて分析することにより、汽水域での沿岸性カイアシ類群集の生態の変化の過程、要因をより詳細に調べることができる。

そのため、本研究では、セマングム沿岸域における過去と現在のデータを比較し、堤防建設による環境変化および沿岸性カイアシ類群集の生態変化を把握し、現代における環境要因と沿岸性カイアシ類群集構造との関係を統計解析により分析した。

2. 材料と方法

2013 年から 2014 年にセマングム内湾において、年 4 回 (2013 年 7 月, 10 月および 2014 年 2 月, 4 月) の定期モニタリングを行い、海水域 11 地点、淡水域 6 地点にて、動物プランクトンおよび基礎水

質を分析した。また、セマングムにおける過去の動物プランクトン群集および水質データは文献調査により入手し、過去と現在の変化を考察した。

3. 結果と考察

セマングム沿岸では、堤防建設後、湾内のクロロフィル a 濃度、COD およびアンモニア態窒素 (NH₄-N) の増加、および塩分濃度の減少が示された。さらに、カイアシ類群集の個体群密度の大幅な増加、および種組成の変化も確認された。これは堤防建設による富栄養化の進行に伴った、一次生産の活性化によるものと推測される。このカイアシ類の群集密度の増加に伴い、過去に少数での出現が報告されていた汽水性カイアシ類 *Oithona* 属、*Eurytemora pacifica* および *Sinocalanus tenellus* 等が近年になり再出現し、増加していた。しかし、小型の汽水性カイアシ類 *Acartia* 属は年代に関係なく優占種として出現し、堤防建設前後および、季節変化によって種組成を変化させていた。しかし、この傾向は他の汽水域沿岸でも報告されており、セマングム沿岸のカイアシ類群集は汽水域沿岸における典型的な群集構造をもつことがわかった。

近年におけるセマングム沿岸で優占したカイアシ類群集と水質との関係を統計解析により分析した結果、富栄養化に関係する要因 (クロロフィル a 濃度、COD) と一部の種は関係性を示したが、多くの種は水温および塩分濃度と強い関係性を示した。このことから、近年のセマングムにおいて、富栄養化がカイアシ類群集全体に与える影響は小さくなく、塩分濃度と水温によって種組成や分布を変化させていると推測される。

* 黒田敬彬（香川大・院・農），山田佳裕（香川大・農）

1. はじめに

有機物汚濁は流域の生活廃水、農業廃水などの有機物濃度が高い水が河川に流入し、河川水中の有機物濃度が上昇することで引き起こされる。河川水中の有機物濃度が河川で分解できる濃度を上回っていると、分解しきれない有機物が河床堆積物中に蓄積される。香川県にはため池が数多く存在しており、多くが富栄養化している。ため池からの放流水が河川水に有機物を供給しており、下流域で河川水中の有機物濃度が高くなっている。河床堆積物中の有機物濃度が増加すると有機物の分解に必要な酸素の消費量が増加し、嫌氣的雰囲気形成される。河床堆積物中の溶存酸素濃度は河床堆積物、ひいては河川全体の代謝を把握する上で重要なパラメーターであると考えられる。本研究では、1年を通して有機物濃度が高い新川の下流の河床堆積物中の溶存酸素濃度の時空間変動を明らかにし、変動を及ぼす原因、嫌氣的雰囲気の程度について研究を行った。

2. 観測地点と期間及び方法

本研究は香川県の新川下流域に定点(N:34.303681 E:134.099606)を設けて行った。新川は全長 18.7 km、流域面積 131.9km²の二級河川である（香川県 1993）。観測は2013年2月8日から2014年6月20日の期間に、河道中央部の表流水と河床堆積物の8cmから80cmの間隙水の観測及び採水を行った。間隙水の採水は底から8cmの部分に6mmの穴のあった長さ150cmの鉄パイプを打ち込み、電動ポンプを用いて行った。水温、溶存酸素濃度、流速、CH₄、主要イオン類を測定した。

3. 結果

表流水の水温と河床堆積物の水温の関係をみると、全ての観測日において、河床堆積物の20cmまでは表流水と類似した温度を示していた20cm以深から水温が変化している観測日が見られ、これらの観測日は20cm付近に躍層が生じていた。溶存酸素飽和率は、表流水では過飽和が多かったのに対して、

河床堆積物中では60%以下の日が多く見られ、好氣的生物の生息に影響を及ぼす濃度になっていたことがわかった。堆積物の深度が深くなるごとに溶存酸素飽和率は減少し、60cm以深ではほとんど枯渇していた。溶存酸素が少ない河床堆積物中ではCH₄、NH₄⁺-N、PO₄³⁻-Pの濃度が高く、逆にNO₃⁻-N、SO₄²⁻-Sは低かった。

4. 考察

河床堆積物の水温と表流水の水温の関係は、堆積物中の20cm付近で躍層が形成されることから、20cm浅層と20cm以深の間隙水は異なった表流水に起因している。全ての観測日において河床堆積物の20cmまでは表流水と類似した温度を示したため、河床堆積物の浅層の間隙水の起源は直上の表流水であると考えられる。河床堆積物表層と表流水の溶存酸素飽和率の差分は流速と負の相関が得られ(R = -0.891)、流速が20cm/s以下の観測日の多くは溶存酸素が80%以上減少していた。河床堆積物表層において、溶存酸素が6mg/L以上存在していた時は、NO₃⁻-NとSO₄²⁻-Sは表流水と同じ程度で、河床堆積物中では脱窒や硫酸還元は行われていない。一方でNH₄⁺-Nは微量であり、硝化活性は高い。CH₄は表流水と比べて減少しており、河床堆積物表層中でCH₄の酸化が行われていると考えられる。河床堆積物表層の溶存酸素が3~5mg/Lの時は、NO₃⁻-Nは表流水と比べて約50%減少していた。SO₄²⁻-Sについては同程度でCH₄は減少していた。溶存酸素が約1mg/Lの時は、NO₃⁻-N、SO₄²⁻-Sが大きく減少し、脱窒や硫酸還元が盛んに行われていたと考えられる。一方でNH₄⁺-Nは多く、硝化活性は低い。PO₄³⁻-Pは表流水の約3倍になっており、PO₄³⁻-Pが溶出していた。CH₄は堆積物表層で高く、CH₄が生成されていた。

以上のことから、特に表流水の流速が20cm/s以下の時には河床堆積物表層は還元的になり、CH₄生成まで嫌氣的代謝が進行することがわかった。

* 荒居博之, 福島武彦 (筑波大学・生命)

1. はじめに

湖沼底質中の鉛直分布を求める際、底質採取時の流失・攪乱等の影響はしばしば問題となる。一方、福島第一原子力発電所事故によって環境中に放出された放射性セシウムは土粒子に吸着して湖沼等に堆積するため、トレーサーとして利用できる可能性がある。そこで、異なる3種類の採泥器によって放射性セシウムの鉛直分布を求め、ダイバーが採取した底質コアの分布を真値として比較することで、採取方法の違いが結果に与える影響を評価した。

2. 材料と方法

2.1 対象地域

特性の異なる2つの湖沼、霞ヶ浦 (湖面積 171.5 km²、最大水深 7 m) と茨城県龍ヶ崎市に位置する中沼 (湖面積 0.011 km²、最大水深 13 m) を対象とした。

2.2 底質試料の採取

霞ヶ浦 (2012年7月)、中沼 (2014年6月) とともに湖心において、3種類の採泥器及びダイバーにより、それぞれ2~4回の底質採取を実施した。ダイバーはアクリル管 (内径 10 cm、長さ 100 cm) を用いて底質コアを採取した (図 1a)。また、離合社製 HR 型不攪乱柱状採泥器 (内径 11 cm、長さ 50 cm のアクリル管を使用; 以下、HR 型と呼ぶ; 図 1b)、同社製湖沼型簡易コアサンプラー (内径 4 cm、長さ 30 cm のアクリル管を使用; 湖沼型; 図 1c) 及び同社製エクマンバージ採泥器 (エクマン; 図 1d) によって底質を採取した。ダイバー、HR 型及び湖沼型の底質コアは、1~2 cm 間隔にカットして分析に供した。

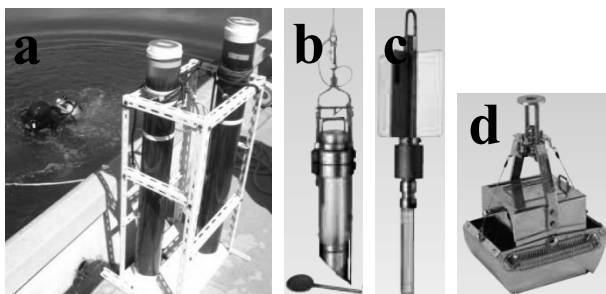


図 1. 本研究で使用したコア採泥器

2.3 分析

試料は 110°C で 24 時間乾燥ないし凍結乾燥後、乳鉢で砕いて U-8 容器に封入し、Ge 半導体ガンマ線検出器による ¹³⁴Cs (604.7 keV)、¹³⁷Cs (661.6 keV) 濃度の測定に供した。また、試料の一部を用いて含水比、強熱減量を測定した。

3. 結果と考察

霞ヶ浦における ¹³⁷Cs 濃度及び ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs 放射能比の鉛直分布は、ダイバーと HR 型では大差ないが、湖沼型では大きく異なっていた (図 2)。湖沼型によるこれらの分布はダイバーのそれとほぼ平行にずれており、ダイバーを真値とすると、湖沼型では表層の 15~20 kg m⁻² (深さ 15 cm 程度) を採取できていないことになる。この要因としては、底質採取時に本来開くはずの弁が開かず、底質表面に圧力がかかることによって含水比の高い表層を採り逃していることが考えられる。また、深さ 0~10 cm の ¹³⁷Cs インベントリーは、ダイバー、HR 型、湖沼型でそれぞれ 9.6 ± 0.4、10.6 ± 0.7、1.9 ± 0.2 kBq m⁻² であった。一方、エクマンの結果は採取ごとの誤差が大きいが、同様に採取時の若干の流失が示唆された。これらの結果は、含水比及び強熱減量の結果と整合的であった。中沼に関しては今後解析予定である。

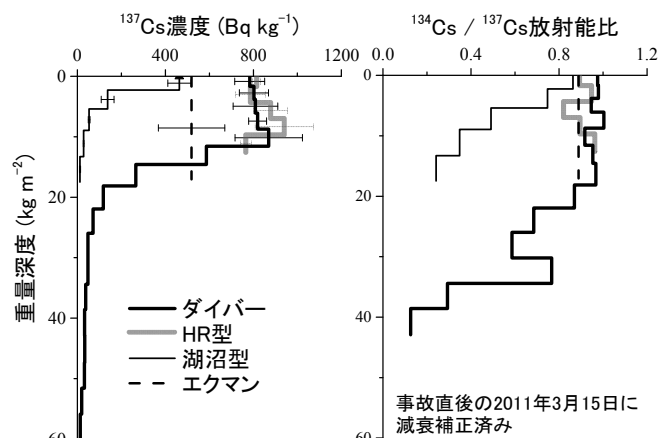


図 2. 霞ヶ浦において複数の手法で採取した底質中の ¹³⁷Cs 濃度及び ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs 比の分布 (2012年7月)

底泥厚の異なるコアを用いたリンの溶出実験について

P-19

* 神谷航一 (筑波大院, 茨霞環科セ), 福島武彦 (筑波大院), 相崎守弘 (茨霞環科セ)

1. はじめに

湖底泥からのリンの溶出が起きると, 流入負荷を削減しても湖水質が改善せず, その影響が長期間に渡るとの報告¹⁾もあるため, 溶出のメカニズムを把握したうえで対策を講じることが望まれる。

底泥からのリンの溶出の要因については, 底泥直上の嫌気化に伴う底泥中の Fe-P の解離によるものとされている²⁾。しかし, 溶出に関与する深度については, 間隙水濃度が高濃度になる深度と考えられている³⁾が, 表層数 mm の範囲であるとの報告⁴⁾もあり, 不明な点が残されている。

そこで本研究では, 霞ヶ浦(西浦)で採取した底泥を用いた溶出実験により, 溶出に関与する底泥深度と底泥中の形態別リンを把握することを目的とした。

2. 方法

溶出実験に使用した底泥コアは, 2013年11月28日に, 重力式コアサンプラーとアクリル筒(内径7 cm, 長さ50 cm)を用いて, 西浦湖心で計6本採取した。採取したコアのうち1本はその日の内に分析し, 残りの5本については, 底泥厚を2~20 cmに段階的に調節した後に直上水をろ過湖水に入換え, 嫌気条件下で25℃の暗所に保管した。

実験期間は23日で, 分析試料は断続的に採取した直上水と, 実験初期と終了時に嫌気条件下でスライスした2 cm 間隔の底泥, 並びに底泥を15,580 g (10,000 rpm), 20 min で遠心分離後, Whatman 社製 GF/F フィルターでろ過した間隙水とした。

分析項目は, 液体試料の TP, PO₄-P, DO (直上水のみ) 濃度, 底泥試料の TP と形態別リンとした。各分析方法は, BRAN-LUEBBE 社製 Auto Analyzer 3 と AACS-II を用いて液体試料の TP と PO₄-P 濃度を, HACH 社製 HQ30d を用いて DO 濃度を, 底質調査法に準じて底泥 TP と形態別リン含有量を分析した。

3. 結果と考察

直上水の DO 濃度は, 初期の 7 mg/L に対し, 5日目には全てのコアで 0 mg/L を示した。一方, TP 濃度は5日目以降に全てのコアで増加し, 実験終了時では, 泥厚の違いに関係なくほぼ同じ値を示した。このことから, リンの溶出には底泥表層 2 cm が大きく関与していることが示唆される。そこで, 直上水, 表層 2 cm の底泥及び間隙水に含まれるリンの収支が, 実験初期と終了時で一致するか確認した。

直上水では初期の 0.002 g/m² に対し平均 0.151 g/m² と 0.149 g/m² 増加したが, 底泥中では初期の 3.068 g/m² に対し平均 2.895 g/m² と 0.173 g/m² 減少した。このことから, 底泥表層 2 cm 中に含まれるリンが溶出に大きな影響を及ぼしていると考えられる。一方, 間隙水では初期の 0.001 g/m² から平均 0.010 g/m² と 0.009 g/m² 増加しているが, 直上水と底泥中の変化量に比べると低い値であった。

また, 底泥中では CBD-P (主に Fe 結合型リン酸) が最も減少 (Fig. 2) しており, Fe-P の解離が一番の要因と考えられる。しかし, 次いで Residual-P も減少していることから, その内訳について把握する事が今後の課題である。

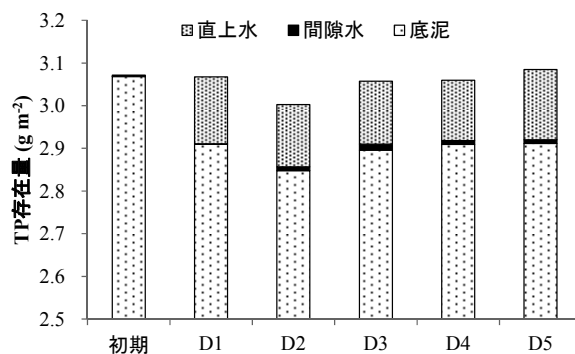


Fig. 1 実験初期と終了時における TP 収支 (※D1~D5: 底泥厚が 2, 5, 10, 15, 20 cm)

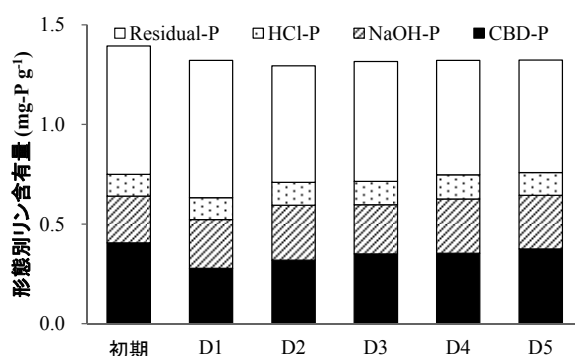


Fig. 2 実験初期と終了時における形態別リン含有量の推移

4. 参考文献

- 1) Søndergaard et al. (1999) *Hydrobiologia* **408/409** 145-152
- 2) 小林ほか(1991)水質汚濁研究, 第14巻, **4**, 253-260
- 3) 細見ほか(1984)国立公害研究所研究報告, **51**, 219-240
- 4) Smith et al. (2011) *Limnol. Oceanogr.* **56(6)**, 2251-2264

*水野勝紀, 浅田昭 (東京大学生産技術研究所)

1. はじめに

栃木県湯ノ湖では、外来種であるコカナダモ (*Eloдея nuttallii*) の繁殖領域拡大が、在来種のカタシャジクモ (*Chara globularis* var. *globularis*) やヒメフラスコモ (*Nitella flexilis* var. *flexilis*) などの植生へ及ぼす影響が危惧されており、それら沈水植物の分布状況の把握やコカナダモ刈取り作業後の持続的な経過観察を可能とするモニタリング手法が必要である。これまでに、1) 濁度の影響を受けにくい、2) 比較的調査効率が良いという理由などから、音響による植生調査が各地で実施されており、サイドスキャンソナー、エコーサウンダー、マルチビームソナーなど、場所や用途に合わせて様々な音響デバイスが使用されている。近年は、医療用超音波診断装置によく似たコンセプトで、高分解能な音響ビデオカメラが開発されており、浅瀬水域の植生調査にも用いられ始めている。本研究では、その音響ビデオカメラを応用することで、「混生する植物群を分類し、さらにその分類した植物群の空間的な分布を把握する」ための音響計測手法と音響画像処理手法を開発したので報告する。

2. 材料と方法

本研究では、開発した観測手法の有用性を実証するためのフィールド試験地として、栃木県の湯ノ湖を選定した。選定した主な理由は以下である。

- ・現在でも沈水植物が多く繁茂していること。
- ・透明度が高く、肉眼や光学ビデオカメラを用いて結果検証が可能なこと。

また、使用した観測システムを図1に示す。高分解能音響ビデオカメラ DIDSON (Sound Metrics, Bellevue, WA, USA) と動揺センサ (OS-5000US, Ocean Server Technology, Massachusetts, SA) 及び、DGPS (A100, Hemisphere, Alberta, Canada) を小型ボートに艀装し、音響データを取得した。また、3次元音響画像構築に必要な、連続した薄いスライス状の音響データを作成するために垂直視野角 3° の音響レンズを DIDSON に装着し、専用の取り付け治具を用いて音響ビデオカメラを 90° 傾けた状態で支持し、手漕ぎボートを移動させながら連続したスライス状のデータを取得した。さらに、取得した2次元音響画像内に現れる各沈水植物の音響画像特徴量 (反射強度や形状) を基に、混生する植物群を分類した。またその分類後の2次元画像を複数枚用いて、GPS や動揺センサの情報と組み合わせ、3次元画像を再構築することで、それぞれの沈水植物群の空間分布を把握した。

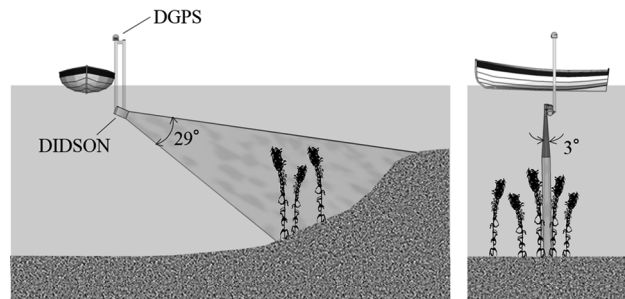


図1. 観測系

3. 結果

今回の試験で得られたデータの一部を図2に示す。この図は、2次元音響画像内で分類した沈水植物群を色分けし (カタシャジクモ: ダークグレイ, コカナダモ: ライトグレイ), その分類した200枚の画像をGPSと動揺センサのデータを用いて合成した3次元音響画像である。今回、1voxelの分解能を 2 cm^3 とした。カタシャジクモ群落中にコカナダモが繁茂している様子が再現されているのが分かる。

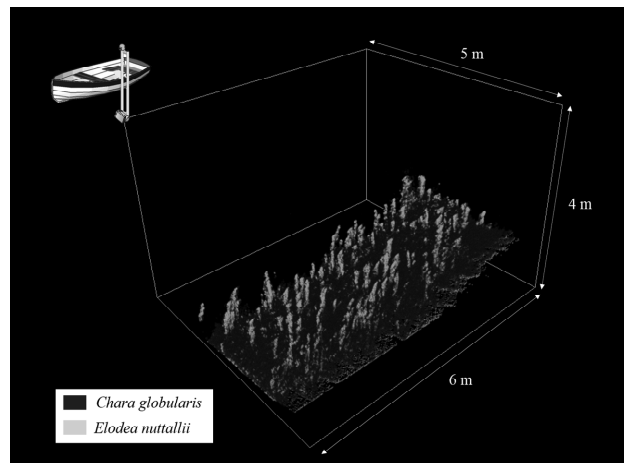


図2. 3次元音響画像例

4. まとめ

高分解能音響ビデオカメラと音響レンズ及び、新たに提案した音響画像処理手法を組み合わせることで、混生しているカタシャジクモ (絶滅危惧種) とコカナダモ (外来種) を分類し、それぞれの空間的な分布を把握することができた。本計測手法は、サンプリングをしない (あるいは数を減らす)、植物の高さを含めた3次元的な広がり を定量化可能、濁度の影響を受けないなど、利点が多く、今後の水生植物調査に資するものである。

謝辞

本研究は、公益財団法人河川財団の河川整備基金助成事業 (251263006) 及び、科学研究費 (若手研究 B, 25870153) により助成を受けて行われた。

*中村 剛也, 相崎 守弘 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)

1. はじめに

1980年代の霞ヶ浦(西浦)は、冬季から春季に透明度が3m以上となったが、1990年代からは年間を通じて、概ね1m以下を維持するようになった。また、1998年から2005年にかけては、湖水が白濁する現象が起きており、霞ヶ浦の透明度は、0.3mまで低下した。したがって、霞ヶ浦の光環境は、経年的・鉛直的に大きく変動していたと考えられるが、霞ヶ浦の光環境の長期的な変化に関する研究は、透明度を基に議論されており、光のデータを直接検討した研究はほとんど見られない。そこで、本研究は、霞ヶ浦における光環境の経年・季節変動の把握および霞ヶ浦における光の減衰を支配していた要因の把握を目的として、国立環境研究所の霞ヶ浦データベースに記録されている光の実測データの解析を行った。

2. 材料と方法

本研究では、国立環境研究所の霞ヶ浦データベース <http://db.cger.nies.go.jp/gem/inter/GEMS/database/kasumi/> において公開されている西浦湖心(St.9)の光環境や水質のデータを解析した。植物プランクトンは水温によっても大きな影響を受けて変動するため、本研究では、各項目を春季(3月)から冬季(翌年2月)にかけての平均値を用いた。各水質データは、深度0mから2mの水柱の値である。したがって、本研究では、深度0mから2mの光消散係数を算出し、水質データとの関係を検討した。トリプトン量は測定値がなかったため、懸濁有機窒素(PON)とRedfield比を用いて、懸濁有機物量(POM)を算出し、SSからPOMを差し引くことで得た。

3. 結果と考察

1978年から2011年の霞ヶ浦(西浦)・湖心における相対照度の経年・季節変化を Fig.1 に示した。1993年まで、湖心の相対照度は明瞭な季節変化を示し、最も光が到達する時は1%以上が湖底に達した。しかし、1993年以降は季節変動が不明瞭になり、2002年から2005年は、年間を通じて深度4m以深が概ね0.0001%以下の相対照度であった。したがって、霞ヶ浦湖内の光環境は白濁時代にかけて悪化したが、2007年以降は0.0001%以下の相対照度帯が少なくなっていることから改善傾向にあると考えられた。

光消散係数は、全ての年で、SSに有意で高い正の相関を示し($R=0.93$, $R^2=0.86$, $P<0.001$, $n=33$)、霞ヶ浦では、水中で光を減衰させる要因の中で、懸濁物による散乱・吸収が主な要因であることが考えられた。また、SSをPOMとトリプトンに分けて検討すると、1999年から2006年を除いた23年間の光消散係数は、POMに対して、有意で高い正の相関を示し($R=0.87$, $R^2=0.76$, $P<0.001$, $n=25$)、1999年から2006年は、トリプトンに対して、有意で高い正の相関を示した($R=0.93$, $R^2=0.87$, $P<0.01$, $n=6$)。したがって、1999年から2006年は、植物プランクトンによる吸収・散乱によって光が減衰していたのではなく、減衰要因がトリプトンの吸収や散乱であったと考えられた。

謝辞

本研究は国立環境研究所の霞ヶ浦データベースを利用させて頂いた。この場を借りて謝意を表す。

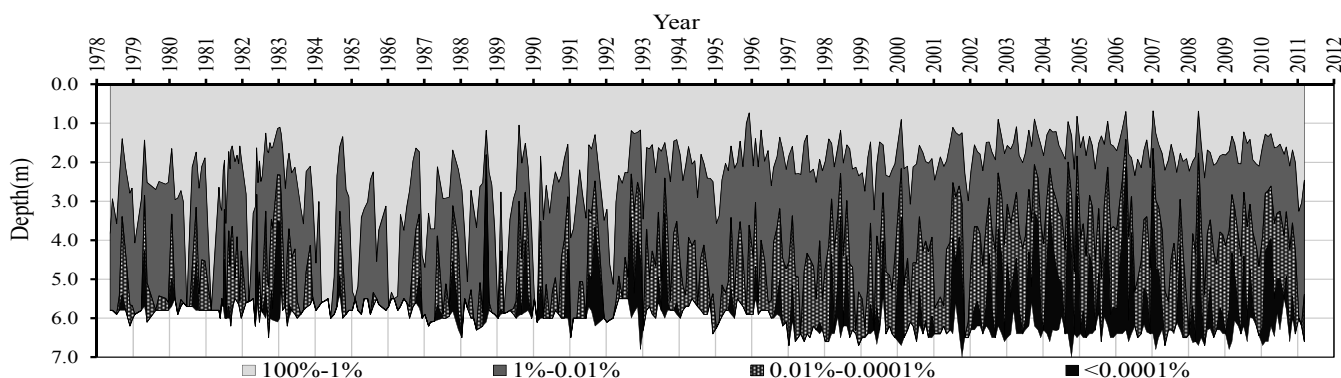


Fig.1 1978年から2011年の霞ヶ浦(西浦)・湖心における相対照度の経年・季節変化。実測値のない深度は直前の1mにおける光消散係数で算出して推定。データ参照：国立環境研究所 霞ヶ浦データベース。

P-22

Web 公開不希望