

一般講演

要旨

(1A-01~3C-10)

会場：A 会場 (401 講義室): 1A-01~3A-10

B 会場 (301 講義室): 1B-01~3B-09

C 会場 (201 講義室): 1C-01~3C-10

期間：9 月 18 日(土)~9 月 20 日(月)

*源 利文、本庄三恵、山中裕樹、内井喜美子、川端善一郎（地球研）

はじめに

コイヘルペスウイルス病（KHVD）はコイヘルペスウイルス（KHV）を病原体とするウイルス感染症である。本病には主としてマゴイ（*Cyprinus carpio carpio*）およびニシキゴイ（*C. carpio koi*）が感染し、キンギョ（*Carassius auratus*）などの他のコイ科魚類も感染することが報告されている。KHVD は初発発生後短期間に世界中へと感染が拡大し、日本国内においては 2003 年に初めて確認された後、2005 年には全ての都道府県で発生が確認された。その被害の甚大さから、KHV の分布状況を正確に把握することは重要であるが、病気がアウトブレイクして初めて侵入を把握できるのが現状であり、対応はつねに後手にまわる。そこで、本研究では水中のウイルスを調査することによって、病気が顕在化する以前にウイルスの侵入を把握する手法の確立を試みた。

材料と方法

国内での KHVD の初発発生から 5 年後の 2008 年 7 月から 8 月にかけて、全国の全ての一級水系の 109 河川における KHV の分布状況を調べた。国道交通省河川局所管の水質観測所のうち、原則として各水系の最下流部をサンプリング地点とした。各地点で河川水 4 リットルを採水し、4℃で実験室まで運んだ。サンプルの運搬にかかった日数は最大で 3 日である。ウイルス濃縮には陰電荷膜法（Minamoto et al., 2009; Honjo et al., 2010）を用いた。採取した河川水 4 リットルに既知量の外部標準ウイルスを加え、A1³⁺を用いた陰電荷膜法によりウイルス濃縮の後、DNA 抽出および精製を行った。精製 DNA を鋳型にリアルタイム PCR によって KHV と外部標準ウイルスの量を測定し、原水中の KHV 濃度を推定した。

サンプルの運搬中に時間とともにウイルスが分解される可能性を考慮して、環境水中における KHV の分解曲線を求める実験を行った。琵琶湖で採取した

環境水に既知量の KHV を添加し、0、8、24、72 時間後のウイルス残存量を上述の方法で測定し、KHV の分解曲線を得た。

結果と考察

KHV の分解速度は水質によらずほぼ一定で、4℃における分解量は一日あたり 0.70±0.06 であった。以下の解析において、河川水中の KHV 現存量は上記の分解速度を用いて輸送中の分解を補正した値を利用した。

109 の河川サンプルのうち、6 サンプルについては陰電荷膜法による濃縮効率が著しく低かったため解析から除外した。残る 103 サンプルのうち、93 サンプルから KHV が検出された。中部地方から東北地方にかけての日本海側で全般に KHV 濃度が高く、中国四国地方では濃度が低かった。また、KHVD のアウトブレイクがほとんど発生していない北海道においても、調べた全ての河川で KHV が検出された。国道交通省の「全国一級河川の水質現況」によると 2008 年度までの KHVD 発生河川は全国で 55 水系であり、本手法はアウトブレイク発生前のモニタリング手法として有効であると考えられた。また、ウイルスの検出された河川においてアウトブレイクが起きていない河川が多数存在することから、ウイルスが侵入しても病気が発生する環境と発生しない環境があると考えられ、病気を引き起こさない河川環境作りへのヒントとなることが期待される。

引用文献

- 国道交通省（2009）全国一級河川の水質現況。
Honjo, M. N. et al. (2010) Appl. Env. Microbiol. 76: 161-168.
Minamoto, T. et al., (2009) Appl. Env. Microbiol. 75: 6900-6904.

—経済的価値に与える要因—

* 棧敷孝浩（中央水産研究所）、玉置泰司（中央水産研究所）、
高橋義文（北星学園大学・経済）、阿部信一郎（中央水産研究所）、
井口恵一郎（中央水産研究所）

1. はじめに

これまでわが国では、内水面漁協を中心として各地域で、産卵場造成や種苗放流などにより、アユの生息を維持する取り組みを進めてきた。

アユの生息を維持する取り組みは、内水面漁業に果たす役割だけでなく、アユが主に川底の石に付着する藻を食べることで景観を保全する機能、いわゆる水産業の多面的機能を発揮している。そのため、アユ生息による川底の景観保全に対する住民の意向を把握することは、内水面漁協による川の環境保全への認知・理解、さらに、漁協経営を取り巻く厳しい状況の中で、存在価値を高めることにつながるものと考えられる。

そこで本研究の課題は、産卵場造成や種苗放流などの取り組みから発現する、アユ生息による川底の景観保全効果の経済的価値に影響を与える要因を、計量経済学的に明らかにすることである。

なお、アユ生息による川底の景観保全効果は、市場を通じた価格付けを行うことができない非市場財の効果である。そのため、住民へのアンケート調査に基づき、便益の大きさを金額として評価することのできる仮想市場評価法（CVM）による分析をおこなう。

2. 材料と方法

データの収集にあたっては、2010年2月にインターネットリサーチによるアンケートを実施した。対象地域である北海道と沖縄県を除く全国の20代以上の男女を母集団とし、人口分布に合わせて性別、年代別に1,000サンプルをランダム抽出した。

分析方法は、アユによる川底の景観保全効果に対する経済評価に影響を与える要因について、パラメトリック推定法として、住民の支払行動関数を計測した。支払行動関数では、回答者の支払意志額（WTP）にどのような要因が影響しているのかを明らかにすることができる。

アユ生息による川底の景観保全に対する支払い形態は、アンケートのCVM質問部分において、全国の川を対象に、川底の景観保全のためにアユの生息維持に要する費用負担を国民に求めるものとした。CVMの質問形式は、サンプル当たりの情報の効率性とバイアスも少ないとされる二段階二肢選択形式を採用した。

3. 結果

支払行動関数の計測では、分布の仮定として対数正規分布モデルと対数ロジスティック分布モデルを想定し、AICのより小さい対数正規モデルを採用した。

アユ生息による川底の景観保全効果の経済的価値に影響を与える要因は、以下の通りである。

- 1) 高い「年間所得」、低いアンケート「提示額」の回答者：回答者が各自の所得制約や提示額を十分に考慮して回答した証とみなせる。
- 2) 「川のそばで散歩などの経験」や「現在の居住地から1km以内に川がある」回答者：普段の生活で、川との関わりのある回答者ほど、アユ生息による川底の景観保全効果の経済的価値を高める。
- 3) 「川で水泳・水遊びの経験」や「沢登りの経験」がある回答者：実際に川とふれあう経験をもつ回答者ほど、アユ生息による川底の景観保全効果の経済的価値を高める。

4. 考察

計測結果（上記、2）および3）から、普段の生活で川との関わりのある回答者、実際に川とふれあう経験をもつ回答者ほど、産卵場造成や種苗放流などにより発現する、アユ生息による川底の景観保全効果の経済的価値を高めることが明らかとなった。

今後、以上の計測結果をいかに活用し、地域住民にアピールしていくのが、内水面漁協による川の環境保全への認知・理解、そして内水面漁協自体の存在価値を高めることにつながるものと考えられる。

付記

本研究は、独立行政法人水産総合研究センター交付金一般研究による研究成果の一部である。

引用文献

阿部信一郎・井口恵一郎・玉置泰司（2009）：水研センター一般研究平成20年度研究成果（内部資料）。
棧敷孝浩・玉置泰司・清水幾太郎・田坂行男（2010）：北日本漁業、第38号、pp. 109-122。
寺脇拓（2002）：農業の環境評価分析、勁草書房。

1A-03 洪水時に見られる細粒土砂濃度のレジーム変化が付着藻類に及ぼす影響

*森 照貴・小野田幸生・萱場祐一（自然共生研究センター）

1. はじめに

近年、ダム湖に堆積する土砂量を減らすために、既に堆積している土砂を下流河川へ排出する対策（フラッシングなど）や、ダム湖に流入する土砂量を軽減させる対策（バイパスの建設）など、様々な方策が検討されている。いずれの手法も、ダム湖内に堆積している、もしくはダム湖に流入する細粒土砂を、自然発生した洪水時の濁水と一緒にダム下流へ排出しようというものである。そのため、自然に生じる濁水とは、濃度や粒径分布など様々な面で違いが生じることから、自然界で生じる濁水とは異なる影響が河川生態系に及ぶことが懸念されている。

濁水が河川生態系に及ぼす影響は、魚類や底生動物、付着藻類など様々な生物を対象に研究が進められてきた。特に、餌資源として底生動物やアユなど多くの河川生物に利用され、河川生態系を支える重要な生産者である付着藻類は、定着性のために濁水から移動によって回避することが不可能であり、濁水の影響を直接的に強く受けると考えられる。

大量に細粒土砂を含む濁水は、付着藻類に異なる影響を及ぼすことが知られている。ひとつ目の影響としては、現存する付着藻類を剥離することで、藻類の更新を促すものであり、もうひとつは濁水に含まれるシルトなどが付着藻類に捕捉されることで、生産性が減少し、藻類の更新が妨げられるものである。

濁水の付着藻類に及ぼす影響を解明するため、自然発生した大量の土砂を含む洪水時に調査を行うことは難しく、多くの研究者が、実験水路を用いて検証を行ってきた。しかし、既存研究の多くは開水路を用いているため、洪水時に見られるような非常に早い流速や掃流力を実験条件に反映させることが難しく、実際に野外で生じている現象を再現しているとは言い難い。そのため、自然条件よりも多くの細粒土砂が含まれている洪水時に、付着藻類の更

新を促すか否かについての知見は非常に限られている。そこで、本研究では、閉水路（管路）を用いることで、洪水時に見られる流速下における細粒土砂濃度の増加が付着藻類に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、研究を行った。

2. 材料と方法

最初に、付着藻類を定着させるため、レンガを木曾川に1週間沈水させた。流速および濁水濃度の影響を明らかにするために、付着藻類が定着したタイルを各処理の実験水路に入れ、24時間曝露させた。実験処理は、洪水時の流速を反映させるために、流速を1, 2, 4 m/sに設定し、SS濃度を0, 5000, 10000, 50000, 100000 mg/Lに設定した。さらに、濁水の影響によって変化した付着藻類が、どのように回復するのかを調べるために、再度、木曾川にタイルを戻した。濁水への曝露直前、曝露直後、曝露から1,3,6,12日後に、付着藻類のchl.a量およびAFDM量、そして生産量を測定した。流速および濁水の濃度が、付着藻類の特性に及ぼす影響を、一般化線形混合モデルを用いて明らかにした。

3. 予想される結果と展望

流速と濁水の濃度は相互作用して、付着藻類に影響を及ぼすと考えられる。ある一定以上の流速を持つ濁水条件下では、多くの藻類が剥離されるため、chl.aやAFDM量に違いはないと考えられる。しかし、洪水後の平水時において、回復にどの程度の時間を必要とするのかについては、藻類の一次生産性やバイオマスの増加量と関連して流速や濁水の濃度間で違いが生じると予想される。本研究から得られる結果から、自然界で見られる濁水以上に、濃度を濃くすることによって、どのような影響が付着藻類に及ぶのかを解明することができ、近年、検討が進められている堆砂対策を行うことによって、ダム下流河川において、どういった影響が生じるのかについての知見を与えられると考える。

*西川 潮（新潟大・超域）、林 瑠宇（北大・院・環境科学）

1. はじめに

ザリガニ類は、環境改変者（生態系エンジニア）ならびに動植物の双方を摂食する雑食として、生態系において主要な役割を担う“雑食性エンジニア”である。ニホンザリガニ (*Cambaroides japonicus*) は、日本固有種かつわが国唯一の在来ザリガニ種で、北東北および北海道に分布する。本種は、森林伐採や、生息地の分断化、外来種の侵入の影響を受けて、各地で地域集団の絶滅や生息個体数の減少が報告され、環境省のレッドデータブックで絶滅危惧種 II 類に指定されている。これまでのニホンザリガニの分布域全域を網羅する分子系統地理解析の結果から、本種には、大きく、二つの地理グループがあることが示されている（図 1）。本研究では、進化的歴史背景の異なる道央グループと道東グループを対象として、ニホンザリガニの機能的役割を評価するためのマルチ空間スケールの実験を行った。

2. 材料と方法

道央と道東の各地域から 3 河川ずつザリガニが生息する河川を選び、そのうちの 1 河川においては 4 つの河川淵、残り 2 河川においては 1 つずつの河川淵を選び、各淵に人工水路を用いてザリガニ排除区とザリガニ区を設けた。両地域の溪畔林の優占種であるヤチダモ (*Fraxinus mandshurica*) とイタヤカエデ (*Acer mono*) から生葉を摘み取り、乾燥させたものを束ねて人工水路に設置した。地域ごとに、単一河川スケールと複数河川スケールにおいて、処理区間で落葉分解速度ならびに落葉に移住した底棲無脊椎動物の現存量を比較した。

3. 結果と考察

野外実験の結果、道央においては、ザリガニを排除すると、主要な破碎分解者であるヨコエビの現存量が増加し、落葉の分解が促進された。一方、道東河川においては、ザリガニを排除すると落葉の分解が遅くなる傾向を示したことから、落葉分解者としてザリガニが重要な役割を果たしているものと考

えられる。ザリガニの影響は、両地域ともに単一河川スケールにおいてのみ認められ、複数河川のスケールにおいては明らかにならなかった。これは、河川間の物理化学的環境や群集構成の違いなどがザリガニの影響よりも強く作用しているためと考えられる。

これらのことから、ザリガニは、局所スケールの生態系プロセスや食物網の維持形成に重要な役割を果たしていること、その機能的役割は地域によって異なることが示された。地域間でのザリガニの役割の違いが、はたして、群集構成の違いを反映しているのか、ザリガニの進化的歴史背景の違いを反映しているのかについては、今後、精査を要する。



図 1. 絶滅危惧種ニホンザリガニの分布。16S mtDNA に基づく分子系統地理解析の結果、本種は大きく、道央 (●)、ならびに道東 (○) の 2 つの地理グループに分かれた (Koizumi et al. 投稿中)。本研究では、これら 2 つの地理グループを対象としてマルチ空間スケールの操作実験を行い、ニホンザリガニの機能的役割の地域間変異、ならびにその影響が作用する空間スケールを明らかにした。丸で囲った地域が各地域の調査地を示す。

*岡田久子 (明治大学・農)・芦澤和也 (明治大学大学院・農学)・
知花武佳 (東京大学大学院・工学)・倉本宣 (明治大学・農)

1. はじめに

早瀬の河床上には多様な付着藻類が生育している。出水の規模により、その付着藻類に与える影響は異なる。小規模な出水では河床の礫上に付着する藻類は水流によって剥ぎ取られ、中規模な出水では上流から移動する砂礫などによってそぎ取られる。大規模な出水では藻類が付着したまま礫自体が下流へ移動する。

付着藻類の現存量は、出水による河川流量の増加によって著しく減少し、その後時間の経過とともに回復する。本研究では、出水が河床における付着藻類の回復に与える影響を明らかにすることを目的とした。主として、東京都の多摩川中流域で調査を実施した。

2. 方法

2010年5月に河床付着物に出水の規模に対応した人工的な出水のインパクトを与えるマイクロハビタットの実験的操作を実施し、その後の付着物の回復を調査した。

① 瀬において、流速 20~30cm/s、水深 5~15cm の河床にある礫径約 15cm の石を 60ヶ採取し、3つのグループにわけて、それぞれ以下の1~3の処理をした。

1. そのまま (control)
2. 流れ処理：流れの速い場所 (約 100cm/s) へ 20 分間移動 (小規模出水)
3. ブラシ処理：ブラシかけ 20 回 (中規模出水)
4. 新しい河原の石 (大規模出水)

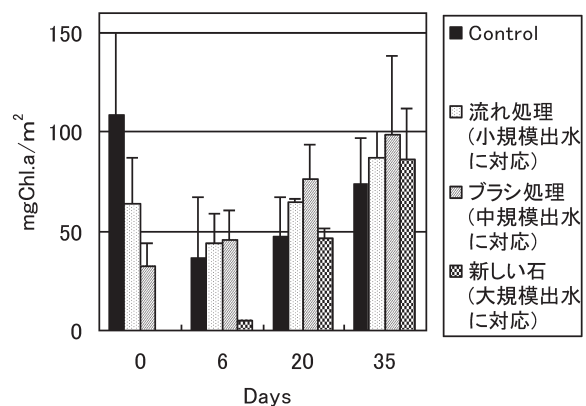
2.~4. は出水の規模に対応した人工的な出水のインパクトを付着表面に与えたものである (2. は小規模出水、3. は中規模出水、4. は大規模出水に対応)。1. は control である。

グループごとに、インパクト処理をした後、一

部の石 (各 5ヶ) は初期現存量を把握するため付着物を採取、その他の石 (各 15ヶ) は 6 割水深における平均流速 20.3cm/s、平均水深 9.2cm のコドラート内に設置した。処理 4. については河原の新しい石 15ヶを採取して、同じコドラート内に設置した。

② 6 日後、20 日後、35 日後に各 5ヶの礫を取り出して付着物を採取し、分析試料とした。

3. 結果と考察



平水時において、付着藻類の現存量は発達とともに最大現存量まで増加すると剥離がおり、その後増加剥離を繰り返す。本調査では出水規模に応じた異なる現存量からの回復で、一定時間が経過する (設置から 35 日後) と、付着量の差は小さくなった。

河床では礫径によって、出水の影響は異なり、小さな石ほど影響は大きい。河床はさまざまな礫径の石によって構成されており、出水後の影響の大きさは石のサイズ区分ごとに異なる。このため、河床を単位面積当たりで見ると、出水直後の現存量は石のサイズによって異なるが、回復するにつれて、付着藻類量は石のサイズによる差がなくなると考えられた。

*萱場祐一・小野田幸生（自然共生研究センター）、皆川朋子（福岡大学）

はじめに

河床近傍を流下する掃流砂は底生性付着藻類の剥離を促進することが知られている。このため、掃流砂の存在は、河川におけるエネルギー基盤の変化を介して底生動物、魚類等の生物群集に影響を及ぼす可能性がある。しかし、掃流砂の多寡が一次生産速度を含む有機物代謝に及ぼす影響を定量的に評価した研究は少ない。本研究では、以上を背景として掃流砂の多寡が有機物代謝をどのように変化させるかを現地調査から明らかにし、実験に基づきそのメカニズムの解明と評価方法について検討を行った。

材料と方法

現地調査で対象としたのは木曾川第の第1支川阿木川に設置している阿木川ダム（岐阜県恵那市、集水面積 81.8km²）である。ダムの上流、直下において流下方向に 30m 程度の区間をそれぞれ設定し、2009 年 11 月より月に 1 回現地調査を行った（2010 年 7 月段階で継続中である）。阿木川ダム集水域は風化花崗岩が分布し、上流はマサの流出に伴い平常時でも掃流砂が観察されるが、ダム直下は掃流砂がほとんど観測されない。現地調査では①掃流砂量の測定、②コドラート（50cm×50cm : 10 コドラート）における粒径別被度面積（巨礫、大礫、中礫、小礫、砂）と流速・水深測定、③溶存酸素濃度の連続観測に基づく一次生産速度・呼吸速度の推定、④粒径別材料底生性付着藻類の chl-a の定量（3~6 サンプル）、を行った。実験は岐阜県各務原市にある（独）土木研究所自然共生研究センター内実験河川の上流区間を用いた。本区間の延長は 130m、平均河床勾配は 1/200 の直線区間であり、ここに大礫・中礫が敷き詰められている。また、本区間上流には給砂区間があり、ここに粗砂を敷き詰め下流に供給できる仕組みとなっている。実験では 0.1 m³ s⁻¹、0.15 m³ s⁻¹、0.20 m³ s⁻¹、流砂量をそれぞれ 0.3~0.4 (m³/day) 0.8~1.1 (m³/day)

3.1~3.7 (m³/day) に設定した。実験は各設定に対して 2~3 週間継続し、この間、現地調査とほぼ同様の項目を調査した。

結果と考察

阿木川ダム直下における一次生産・呼吸速度は流量が安定している冬季にダム上流と比較して相対的に高い値を示したが、流量が増加する 4 月以降はその差は小さくなった。付着藻類の chl-a 量も同様の傾向を示したが、小礫、砂の chl-a 量は巨礫、大礫、中礫と比較して小さく、特に、ダム上流における小礫、砂の値は極めて低く推移した。また、粒径別被度面積を見るとダム上流では砂被度が、ダム直下では巨礫、大礫が大きかった。このように、ダム直下では付着藻類の生育基盤となる巨礫、大礫の割合が多く、これらの chl-a 量が大きかったが、ダム上流では巨礫、大礫の割合が少なく、これらの chl-a 量は小さかった。砂、小礫のような小粒径材料は付着藻類の生育基盤として不適と言われている。また、砂、小礫の掃流は相対的に粒径の大きな材料（以下、大粒径集団）を磨耗し付着藻類の剥離を促すことが知られている。本結果もこれらの報告を支持したが、メカニズムの詳細を明らかにすることはできなかった。流量、流砂量を変化させた実験結果からは、掃流力が小さく小粒径集団が移動しない場合には当該粒径材料の chl-a 量が増加し、移動開始に伴い chl-a 量が急激に減少する、移動を開始しても掃流砂量が少ない場合には大粒径集団の chl-a 量が大きく、多くなると「砂被度増加」、「大粒径集団の剥離促進」により徐々に低下する傾向が見られた。本結果は、掃流砂量変化が①小粒径集団の付着藻類現存量の変化、②河床における小粒径集団の面積比率を変化、③大粒径集団に対する剥離促進、といった経路を介して一次生産速度に影響を及ぼすことを示唆している。

*永井孝志 (農環研)、石原 悟 (農林水産消費安全技術センター)、
横山淳史 (農環研)、岩船 敬 (農環研)

1. はじめに

水田で使用された農薬は、用水を通じて河川に流出しやすい。流出した農薬が水生生物へ悪影響を与えるリスクを評価、管理するために、「農薬の使用量を減らす」「農薬の流出防止対策をとる」「より低毒性の農薬に切り替える」などの対策をとった場合のリスク低減効果を予測することが重要である。すなわち、これまで行われてきた野外生物調査や室内毒性試験に加えて、影響予測のためのツールが必要とされている。

日本で幅広く使用されている除草剤のプレチラクロールは藻類への毒性が強い (半数影響濃度 $EC_{50} = 3.2 \mu\text{g/l}^{1)}$)。このため、藻類とプレチラクロールの関係を対象として、藻類の個体群動態への長期的な影響を予測できる数理モデルを開発した。

2. 方法

個体群モデルはロジスティックモデルをベースとし、水中農薬濃度を起点として、藻類の取り込みや消失過程を経て体内濃度が決まり、体内濃度に依存して増殖阻害や死亡などの影響が発現する、という計算を単位時間毎に繰り返す構造を持つ。

OCED で標準化されている試験方法²⁾に基づき、緑藻 *Pseudokirchneriella subcapitata* を用いて 72 時間の増殖阻害試験を行った。プレチラクロール濃度は 0.5 - 16 $\mu\text{g/l}$ の間で、公比 2.0 にて 6 段階の濃度区を設定した。その際、Sytox Green 蛍光色素を用いて死細胞を染色し、フローサイトメトリーを用いて生細胞と死細胞を分別して計数した。

72 時間の増殖阻害試験の後に、クリーンな培地に移植して増殖を測定する曝露からの回復性試験を行った。

モデル式は以下の通りとした：

$$\frac{1}{N} \cdot \frac{dN}{dt} = \mu \cdot f(x) - g(x)$$

$$\frac{dC_{body}}{dt} = k_{in} \cdot C_{water} - k_{out} \cdot C_{body} - C_{body} \cdot \mu$$

$$\mu = \mu_{max} \left(1 - \frac{N}{K}\right) \cdot f(x)$$

ここで、

N : 細胞密度 (cells/ml)、 C_{water} : 培地中農薬濃度 ($\mu\text{g/l}$)、 C_{body} : 体内農薬濃度 ($\mu\text{g/l}$)、 μ : 増殖速度 (/day)、 μ_{max} : 最大増殖速度 (/day)、 K : 環境収容力 (cells/ml)、 $f(x)$: 農薬による増殖阻害率の用量反応関係式、 $g(x)$: 農薬による死亡率の用量反応関係式、 k_{in} : 取り込み速度定数、 k_{out} : 消失速度定数

μ_{max} と K はコントロール培養試験によって決定し、 $f(x)$ と $g(x)$ は増殖阻害試験の結果を用いて決定し、 k_{in} 、 k_{out} は増殖阻害試験と回復性試験の結果を用いて

パラメータフィッティングにより決定した。

3. 結果と考察

72 時間増殖阻害試験の結果、プレチラクロール濃度の増加と共に増殖速度は低下し、死亡率は上昇した。この結果から、増殖阻害率と死亡率の用量反応関係式は以下ようになった。

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-3.3 + 3.8 \cdot \log(C_{body}))}$$

$$g(x) = \frac{0.23}{1 + \exp(1.4 - 1.4 \cdot \log(C_{body}))} + 0.011$$

また、曝露期間中の濃度が高いほど、その後クリーンな培地に移植した後の回復は遅くなった。これらの試験結果からモデルパラメータを決定し、モデルによる推定が実験結果をおおむね再現できることを確認した (下図)。このモデルを用いて野外の藻類個体群動態を予測することを試みる。

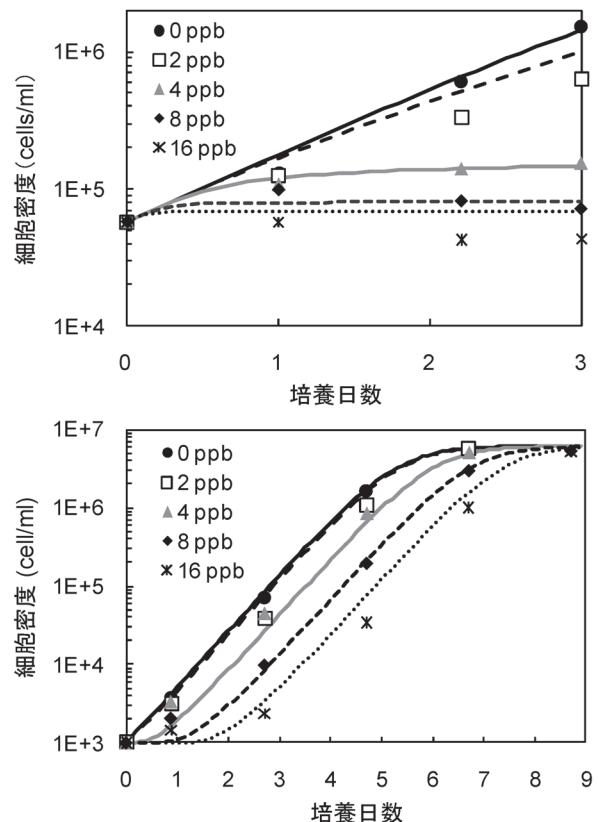


図. 増殖阻害試験 (上) と回復性試験 (下) の試験結果 (プロット) とモデル推定結果 (ライン)

参考資料

- 1) 環境省 化学物質の生態影響試験
- 2) OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, 201: Alga, Growth Inhibition Test

*玉置泰司（中央水産研究所）、棧敷孝浩（中央水産研究所）
高橋義文（中央水産研究所）、徳田幸憲（高原川漁業協同組合）

1. はじめに

わが国の重要な水産資源であり、国民の大切な遺伝資源でもある溪流魚の在来個体群の残存を図ることが求められている。在来個体群保護・増殖のための措置として、禁漁区や休漁区の設定等といった遊漁者への規制が必要となっている。これらの規制措置は、遊漁者数の減少、そして遊漁収入の減少へとつながり、最終的に漁協経営に対して経済的に負の影響をもたらす恐れがある。その一方で、これらの措置によって増殖した在来個体群が、遊漁可能区域に浸み出し、それらを求めて遊漁者が増加する可能性もある。本研究の課題は、溪流魚の遺伝的多様性を増大させ維持することによる経済効果を計測することである。

なお、このような経済効果は、市場を通じた価格付けを行うことができない非市場財の効果である。そのため、休漁区の設定により天然魚が増大した河川を解禁した場合の評価額を明らかにする、遊漁者へのアンケート調査に基づき、便益の大きさを金額として評価することのできる仮想市場評価法（CVM）による分析をおこなう。

2. 材料と方法

データの収集にあたっては、2010年1月にインターネットリサーチによるアンケート調査を実施した。対象者は、北海道と沖縄県を除く全国から、13万人の20歳以上の男性より抽出された溪流釣り人のうち、1,649人を人口統計に合わせた3つの地域区分別人口比率で抽出し、アンケート調査を実施した。

分析方法は、グループド・データ回帰モデルにより、溪流釣り人が休漁区を解禁した支流に高い（低い）経済評価を与える要因は何かと、溪流釣り人が休漁区を解禁した支流にどの程度高い遊漁料（日釣り券）を支払ってくれるのかを分析した。

3. 結果

多少高めの入漁料（日釣券）でも、休漁区を解禁した川で釣りたいかどうかの間では、釣りたいが72%、釣りにたくないが28%と圧倒的に釣りたい人が多かった。CVMの結果は表1の通りで、平均で23.5%、通常の日釣券よりも高い金額を支払うという結果が求められた。なお、表1を見ると、推定値がプラスの変数は、該当する遊漁者が高い金額を支払う傾向があり、マイナスの変数は、該当する遊漁者が高い金額を支払いに

くいことを示している。つまり高い遊漁料を支払う傾向にある遊漁者は、釣り場の選択に際しては「以前来たことがある」を重視し、川選びの重視点では、「大型魚が釣れる」、「天然魚が釣れる」、「釣り人が少ない」、「釣り人のマナーがよい」などを選択し、魚を増やす方法では「淵と瀬の造成・復元」が一番重要と思ひ、同居世帯年収は高いほど、溪流釣り歴年数は多いほど高い金額を支払う傾向にある。逆に高い金額を支払にくい遊漁者は川選びの重視点では「たくさん釣れる」、「遊漁料が安い」などを選択し、魚を増やす方法では「成魚放流」が一番重要と思ひ、溪流釣りは日帰りが多く、普段溪流釣りに小学生以下の子供を連れて行くという傾向がみられた。

表1 付値関数の計測結果

変数名	推定値	標準誤差
大型魚が釣れる（川選び重視点）	0.231 ***	0.082
同居世帯年収	0.218 ***	0.053
淵と瀬の造成・復元が一番重要と思う	0.204 ***	0.087
以前来たことがある（釣り場選択情報）	0.182 **	0.072
釣り人が少ない（川選び重視点）	0.164 **	0.068
釣り人のマナーがよい（川選び重視点）	0.161 **	0.069
天然魚が釣れる（川選び重視点）	0.128	0.067
溪流釣り歴（年数）	0.018 ***	0.003
たくさん釣れる（川選び重視点）	-0.126	0.065
普段溪流釣りに小学生以下を連れて行く	-0.193 **	0.086
遊漁料が安い（川選び重視点）	-0.204 ***	0.077
成魚放流が一番重要と思う	-0.211 **	0.106
溪流釣りは日帰りが多い	-0.344 ***	0.079
定数項	0.940 ***	0.363
σ	1.149 ***	0.027
サンプル数		1477
最大対数尤度		-3200.383
平均WTP		23.497
中位WTP		12.140

注) ***は1%水準で有意、**は5%水準で有意であることを示す。

4. 考察

休漁区を設定した場合、解禁時には通常より平均で23%高い金額を支払うという結果が得られた。このことは休漁区を設定した場合、解禁時には通常より2割程度高い遊漁料を設定しても受け入れられる可能性を示しており、例えば1,500円の料金では1,850円への値上げも受け入れられることとなる。これは遊漁料の値上げを通じて、漁協の経営改善に役立つと考えられる。

付記

なお、本報告は水産庁の委託事業により実施された研究成果によるものである。

引用文献

玉置泰司・棧敷孝浩 2010（平成22）：溪流魚の遺伝的多様性の増大・維持による経済効果の検証，平成21年度溪流資源増大技術開発事業報告書，10pp.

1B-01 固相抽出法を用いる環境水中微量ヒドラジンの定量法について

*梶谷貴宏¹⁾・三上育英¹⁾・奥村稔²⁾・清家泰²⁾

1) 島大院総合理工学研究科 2) 島根大総合理工

1. はじめに

新たな窒素除去プロセスとして、嫌氣的アンモニア酸化(anaerobic ammonium oxidation : anammox)反応が注目されている。

最近、そのanammoxプロセスの新しい経路(Fig.1)が提唱された。この反応機構ではアンモニアとヒドロキシルアミンが結合し、ヒドラジンを形成する。その後、ヒドラジンは4電子を放出し、窒素ガスに転換する。また、これらの電子が亜硝酸塩からヒドロキシルアミンへの還元のために使用されることが仮定されている。現在、anammox型脱窒の評価手法としては¹⁵N 窒素同位体を用いた測定が主流である。しかし、¹⁵N 窒素同位体を用いた測定法は煩雑で高価な機器を必要とする。

そこで本研究では、anammox型脱窒の中間体として生成されるといわれているヒドラジン(N₂H₄)に着目し、ヒドラジンを定量することでanammox型脱窒を評価できるのではないかと考え、その前段階としてヒドラジンの定量法について検討している。従来法では、微量ヒドラジンの定量が困難なため、本研究では、*p*-ジメチルアミノベンズアルデヒド比色法を利用しSep-Pak C18カートリッジを用いた濃縮定量法の開発を目指し検討を行った。

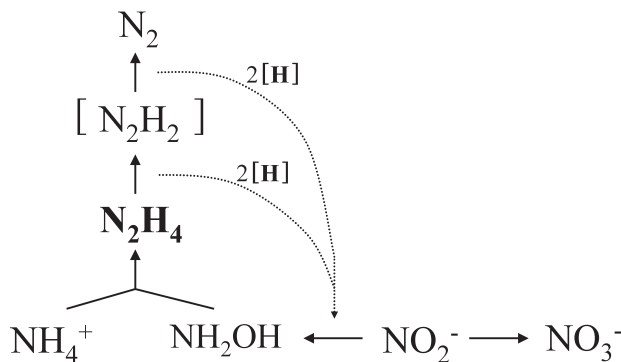


Fig.1 Possible reaction mechanism for anaerobic ammonium oxidation.

Astrid A. van de Graaf, Peter de Bruijn, Lesley A. Robertson, Mike S. M. Jetten and J. Gijs Kuenen Microbiology (1997), 143, 2415-2421

2. 方法

2-1 ヒドラジンの定量

塩酸酸性にしたヒドラジンを含むサンプルに *p*-ジメチルアミノベンズアルデヒド溶液を添加しアルダジンを生成させた後、これを Sep-Pak C18 カートリッジに通水し吸着させた。次に、エタノールを通水することで吸着したアルダジンを溶離し、吸光度を測定した。

2-2 環境水中における添加回収

本法が環境水に用いることができるかどうかを検討するため、5 倍濃縮時における操作検量線を作成するとともに、島根県中海から採水した汽水サンプルにヒドラジン標準溶液を添加し、回収実験を行った。

3. 結果と考察

ヒドラジンが反応して得られるアルダジンは Sep-Pak へ問題なく吸着されることが確認された。また、回収率 90%以上で溶離が可能であった。5 倍濃縮時における検量線において、概ね良好な直線性と再現性が得られた。また、汽水を用いた濃縮添加回収実験の結果、平均して 94%程度の回収率が得られた(Table1)。汽水に含まれる物質による Sep-Pak C18 カートリッジへの吸着・溶離への妨害はないものと考えられる。また相対標準偏差の値(5.33%)より、本法は、概ね再現性のよい方法として、現場への適用が可能であることが分かった。

Table 1 Recovery of Hydrazine added to Lake Nakaumi water.

sample	Added μg N/L	Found μg N/L	Recovery %	RSD (n=5) %
	0	0.07	—	—
		18.9	94.2	
L.Nakaumi	20	17.4	86.7	
		18.3	91.2	5.33
		19.1	95.2	
		20.1	100.2	

* 松原大悟¹⁾・須山雄介¹⁾・管原庄吾¹⁾・奥村稔²⁾・清家泰²⁾

1) 島根大 総合理工学研究科

2) 島根大 総合理工

1. はじめに

メタンはメタン生成菌によって生成される。メタン生成菌は、絶対嫌気性細菌であるため、酸素がなくなった環境下で活性を持つ。したがって、自然界のメタン生成起源は湿地、水田及び湖沼にあり、その嫌気的環境下で発生すると言われている。湖沼におけるメタンの生成挙動を知ることは、特に湖底環境の実態を理解する上で極めて重要である。また、メタンは、二酸化炭素の約 25 倍のポテンシャルをもつ温室効果ガスであり、京都議定書の削減対象物質としても知られている。この視点からも、メタンの生成挙動を知ることは重要である。また、メタン生成菌は硫酸還元細菌と拮抗関係にあり、一般に硫酸還元細菌のほうが優勢であるため、硫酸還元細菌が存在する環境ではメタンは生成されにくいとされている。

本研究では、無酸素化しやすく、メタン濃度が高い汽水湖中海の浚渫窪地に高濃度酸素水を導入し、メタン生成に及ぼす影響について検討を行った。

2. 方法

湖水中の溶存メタン濃度、堆積物中のメタン生成活性について検討した。溶存メタンの定量操作は次の通りである。現場で 70ml のバイアル瓶に試料水を密封し、微生物の活性を止めるためにホルマリンを 1ml 注入した。実験室に持ち帰り、N₂ ガスを注入し気相を作った後、気相部分を測定し見積もった。堆積物中のメタン生成活性は、まず空の 70ml のバイアル瓶に湖底堆積物を深度別に 5ml 注入し、脱気した後に N₂ ガスを注入し、気相部分を定量した。2 時間培養した後に再び定量し、1 回目と 2 回目の濃度変化から、乾燥重量あたりの生成活性を算出した。測定はすべて FID 付きガスクロマトグラフ (Shimadzu GC-14B) で行った。

3. 結果と考察

本研究では、高濃度酸素水導入水域 (実験区) と高濃度酸素水の影響が及びにくい水域 (対照区) についてそれぞれ調査を行い、比較検討した。Fig. 1 に実験区および対照区の底層水の溶存メタン濃度、硫化水素および DO の時系列変化を、Fig. 2 に実験区および対照区の堆積物中の深度別メタン生成活性を示す。溶存メタン濃度についてみると、対照区では、年間を通して DO 濃度が低く、溶存メタン濃度は高い値を示したのに対し、実験区では、対照区に比べて DO が高く、溶存メタン濃度は低い値を示した。また、堆積物中のメタン生成活性を対照区と実験区とで比較すると、実験区のほうが対照区に比べてかなり活性が低くなっていた。これらは、高濃度酸素水導入の影響により、実験区の湖底泥界面が酸化環境になり、メタン生成活性が抑制されたためと考えられた。

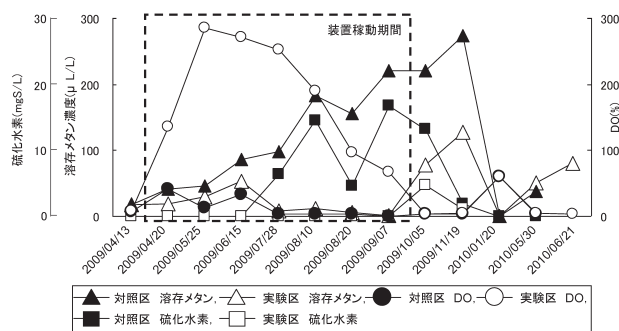


Fig. 1 実験区および対照区の底層水の溶存メタン濃度、硫化水素及び DO の時系列変化

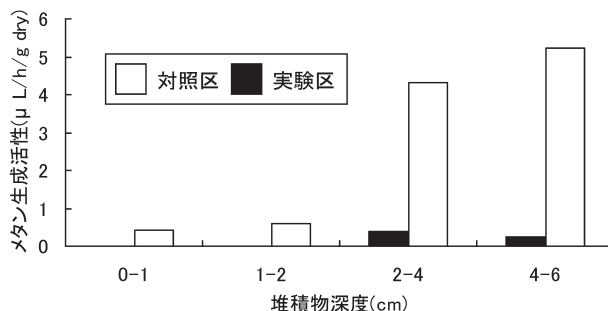


Fig. 2 実験区および対照区の堆積物中の深度別メタン生成活性

1 B-03 汽水湖中海浚渫窪地の湖底泥界面における窒素化学種の挙動に及ぼす高濃度酸素水導入の影響

※小道綾香¹⁾,奥村 稔²⁾,清家 泰²⁾

1)島根大 総合理工学研究科 2)島根大 総合理工

1. はじめに

水圏における窒素は、有機物を代謝する微生物反応により、還元過程で硝酸塩から分子状窒素へ変換され大気へと戻る。この脱窒過程は水圏から窒素(N)をN₂として系外に除去することから、富栄養化抑制プロセス(自然の浄化機構)として、非常に重要である。

本研究では、汽水湖中海の浚渫窪地における高濃度酸素水導入による水質・底質改善プロジェクト研究の一環として、湖底堆積物の脱窒活性を通して見た窒素浄化能に基づきその影響評価を試みた。今回は、プロジェクト研究の3年間にわたる窒素化学種の挙動をまとめ、その後半年間の結果を併せ考察した。

2. 方法

2-1 実験方法

現場にて 156ml バイアル瓶に底層水と湖底堆積物を入れ密封した。現場脱窒活性測定用の瓶には、アセチレンを添加し 6 時間現場の温度で培養した。培養終了後、ホルマリンを添加し活性を停止させた。さらに N₂ ガスを注入して気相をつくり、生成した N₂O をガスクロマトグラフィーにより定量した。最大脱窒活性(最適条件における活性)については、N₂ ガス、アセチレン、KNO₃ 溶液を添加し、6 時間、25℃の条件下で行った。

2-2 定量法 (または測定機器)

N₂O: ECD 付きガスクロマトグラフ (Shimadzu GC-14B)

NH₄⁺-N: インドフェノール青法

NO₂⁻-N: ナフチルエチレンジアミン法

NO₃⁻-N: Cu-Cd カラム還元ーナフチルエチレンジアミン法

PC:CHN コーダー(Yanaco MT-5)

3. 結果と考察

高濃度酸素水を導入した実験区の現場脱窒活性、最大脱窒活性のいずれも、高濃度酸素水を導入していない対照区に比べて、高い活性を示した。また、対照区では湖底堆積物の表層部のみ活性を示したのに対し、実験区では表層から約 5cm の深度まで活性を示した(図1)。さらに、実験区における底層の DIN は対照区に比べ減少した(図 2)。これらは、高濃度酸素水を導入することにより、湖底泥界面における硝化反応が活性化し、脱窒細菌の基質である硝酸塩や亜硝酸塩が増加したことを受けて、脱窒反応が促進されたことを示すと考えられた。

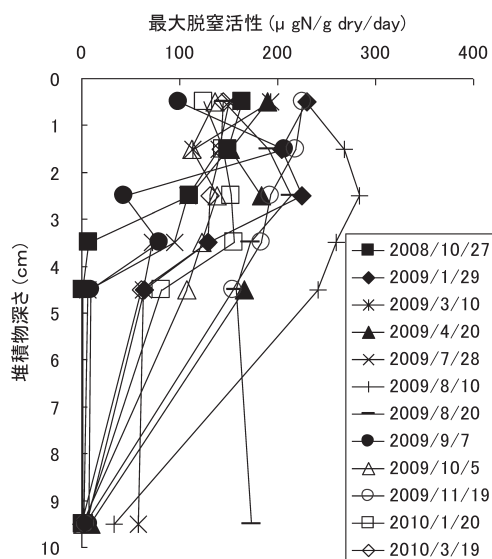


図1 実験区における堆積物深度別による最大脱窒活性の変化

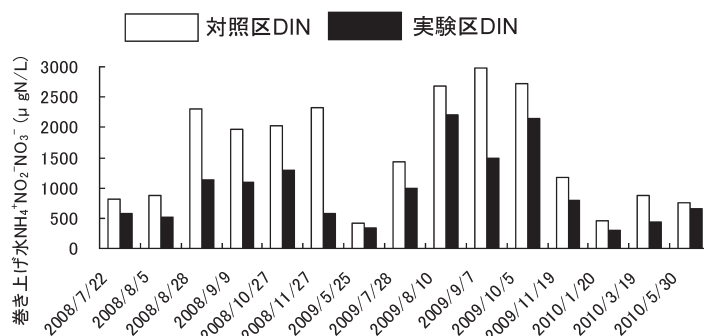


図2 巻き上げ水中のDIN (NH₄⁺+NO₂⁻+NO₃⁻)の時系列変化

田中秀典¹⁾・戸田顕史¹⁾・平塚純一²⁾・*石飛 裕²⁾
 (島根県環境保健公社¹⁾・自然と人間環境研究機構²⁾)

1. はじめに

昭和 30 年代から工事が始まった宍道湖・中海の干拓・淡水化事業は、時代の流れにより平成元年に淡水化が、平成 10 年には干拓事業が中止された。森山堤防と大海崎堤防に囲まれた最大の干陸予定地中海本庄水域は、森山堤防の一部が開削され、境水道と直接つながった。

これまで本庄水域は、西部承水路堤防の一部が切れており、そこから中海本湖との湖水交換が行われていた。この承水路は水深が浅く、成層した中海の上層水しか流入できないため、本庄水域の水塊は均一に近く風による混合を受けやすく、従って底層まで酸素が供給されやすい状況にあった。

このため、水深 5m 近くまでホトトギスガイが生息し、冬季に大陸から飛来する潜水ガモ類の格好の餌となっていた。また、良好な底層の状況を反映し、商品価値の高いクロソイ、ヒラメ幼魚、マハゼ、ヨシエビなどの底生魚が漁獲されていた。

西部承水路堤防は 2007 年 7 月～2008 年にかけて撤去され、森山堤防は 2009 年 5 月 11～15 日に開削された。撤去と開削に伴う本庄水域の水理構造と底生生物の変化について報告する。

2. 材料と方法

本庄水域東側の入江地先に底生生物の観測測線を設け、水深 1m～5m まで 1m 毎に試料採取を行った。試料は、スミスマッキンタイヤー採泥器 1 回とし、2006 年 4 月から 2009 年 8 月まで原則として隔月に行った。採取した試料は 2mm メッシュの篩いで分画し、篩いに残った貝類他については、分類し、湿重、個数を計測した。採取時には、水温、電気伝導度、溶存酸素を水深 1m 毎に測定した。水理構造の変化は、本庄水域などで行われている島根県保健環境科学研究所の観測結果などから解析した。

3. 結果および考察

西部承水路堤防が撤去されるまで、中海水は承水路出口から 2km 上流部にある開口部から本庄水域に流入していたが、承水路途上に水深約 2.5m の浅瀬があったため、中海の上層水しか流入しなかった。撤去により大海崎堤防の付け根から流入するようになり、流量は増加し、また、堤防の撤去水深が 3.5m とされたため、時として中海の下層水が本庄水域に流入し、底層の塩分上昇が見られた。しかし、森山堤防の開削後(水

深 5.5m) は、境水道側から常時下層水が流入し、下層の塩分が上昇し、中海本湖と同様に水深 4m 付近に塩分成層が形成され、また、暖候期に下層が貧酸素化し、本庄水域の水理構造は大きく変化した。

これまで、本庄水域の水深 1m～5m 付近までホトトギスガイが見られていたが、西部承水路の撤去が進んだ 2008 年以降、浅場ではアサリが優占し、深場では暖候期の生物相が貧弱化した。2008 年と 2009 年の 8 月には水深 5m では底生生物は認められず、開削翌々月の 2009 年 7 月 12 日、4m 層以下の試料から硫化水素臭がし底生生物は死滅していた。短期の観測ではあるが、これらの底生生物の変化は承水路堤防撤去と森山堤防開削によって引き起こされた本庄水域の湖水交換と水理構造の変化に対応しているように見える。

表 1 中海本庄水域入江地先における底生生物群集第一優占種の変遷 (2006.4～2009.8)

採取年月	水深 2m	水深 5m
2006 年 4 月	コケゴカイ	ホトトギスガイ
6 月	ホトトギスガイ	ホトトギスガイ
8 月	ホトトギスガイ	出現なし
10 月	カワグチツボ	ヤマトスピオ
12 月	ニホンドロゴエビ	ニホンドロゴエビ
2007 年 2 月	ニホンドロゴエビ	ニホンドロゴエビ
4 月	カワグチツボ	ヤマトスピオ
6 月	カワグチツボ	システニデス属
8 月	ホトトギスガイ	クシカギゴカイ
10 月	シズメリドロゴエビ	ヤマトスピオ
12 月	ホトトギスガイ	ヨツバナスピオ
2008 年 2 月	カワグチツボ	ホトトギスガイ
4 月	アサリ	ホトトギスガイ
6 月	カワグチツボ	ヤマトスピオ
8 月	ホトトギスガイ	出現なし
10 月	ホトトギスガイ	イトエラスピオ
12 月	—	—
2009 年 2 月	—	—
4 月	アサリ	システニデス属
6 月	アサリ	ヒメシラトリガイ
8 月	アサリ	出現なし

注) 2006 年 8 月は前 7 月の大出水により中海上層水の塩分が低下した。この上層水が本庄水域に流入し 2 層構造が形成され、これによって下層が貧酸素化した影響と考えられる。

*鈴木 恵(龍谷大学大学院・理工), 岸本直之(龍谷大学・理工)

背景と目的

現在、国や地方自治体等によって水質の定点観測・データ収集が実施されている。琵琶湖においては、国や滋賀県等が沿岸より離れた沖や中央部で観測を行っている。しかしながら、市民が慣れ親しむ沿岸域の水質と沖合部の水質は必ずしも一致しない。また、近年環境中での物質動態解析に用いられている安定同位体比分析もプランクトン・魚類を対象として実施されており、湖水中有機物の安定同位体比変動についての知見は十分とはいえない。

そこで、本報告では琵琶湖沿岸域において水質調査と、湖水試料及びその粉末試料を対象とした安定同位体比分析を実施し、変動特性とその要因について調査した。

材料と方法

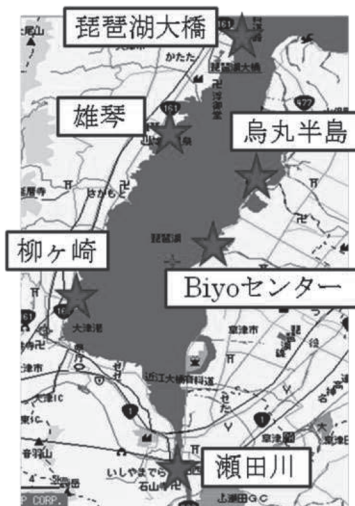


図1 琵琶湖南湖採水地点

試料水はGF/B(Whatman社製)でろ過し、懸濁態と溶存態に分離した。項目は一般分析(COD, BOD, TOC等)及び炭素・窒素安定同位体比分析とし、安定同位体比分析には湖水を真空凍結乾燥した粉末試料を使用した。また、 δ 値は次の式で算出した。

$$\delta \text{ 値} = \left\{ R(\text{試料}) / R(\text{標準物質}) - 1 \right\} \times 1000$$

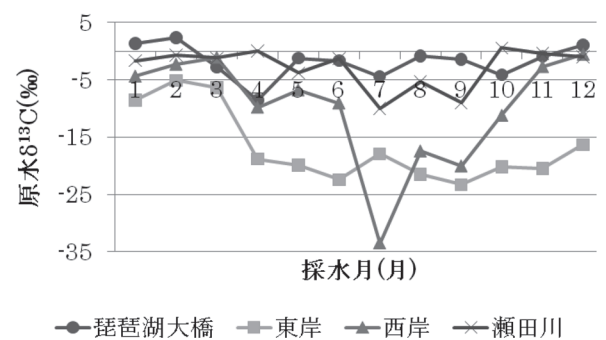
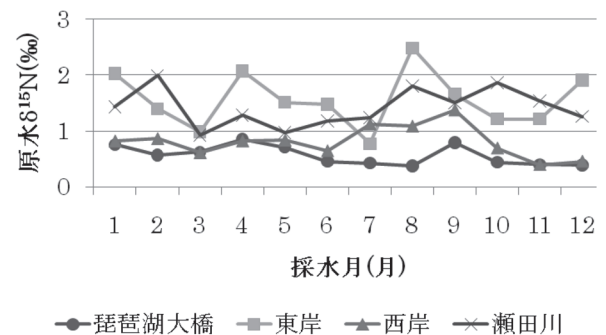
調査対象は琵琶湖南湖沿岸域とした(図1)。琵琶湖大橋道の駅、雄琴グランドホテル、烏丸半島、柳ヶ崎浄水場、Biyoセンター、瀬田川の6地点において2008年に採水を実施した。

結果と考察

一般分析の結果、地点によって差はあるもののBODは懸濁物質の影響を受け、COD及びTOCは溶存物質の影響を受けていた。また、東岸で懸濁物質の、西岸では溶存物質の影響が大きいと考えられた。

安定同位体比分析の結果、 $\delta^{13}\text{C}$ は琵琶湖大橋・瀬田川は年間を通して大きく変化しないが、東岸は冬季以外は全般に δ 値が低く、西岸は夏季に δ 値が低下した。 $\delta^{15}\text{N}$ は年間を通して大きく変化しないが、人為的影響が考えられる東岸・瀬田川で δ 値が比較的高い傾向にあった。原水の安定同位体比分析の結果を図2と図3に示す。

また、琵琶湖南湖に存在する地形性還流による底質の巻き上げや、沈水植物に挙げられるような植物体が安定同位体比に大きく影響を与えていると考えられた。

図2 2008年原水 $\delta^{13}\text{C}$ 経月変化図3 2008年原水 $\delta^{15}\text{N}$ 経月変化

*村田貴拓(京大院・人間環境学)、劉福全(京大院・人間環境学)、佐藤泰哲(山形大・理)、三田村緒佐武(滋賀県大・環境科)、中野伸一(京大・生態学研究センター)、三村徹郎(神大・理)、渡辺泰徳(立正大・地球環境科学)、A.Dulmaa(Mongolia・Institute of biology)、杉山雅人(京大院・地球環境学堂)

1. はじめに

モンゴル共和国に位置するフブスグル湖は 300～500 万年前に形成された自然湖であり、人為汚染の影響が少なく、地球環境の変化をモニタリングできるフィールドとして理想的な場所といわれている。そのため水圏科学、陸水学の観点から大変興味深い特色を有しており、物理、化学、生物等幅広い視点から研究がおこなわれている。

水中の化学種については 1999 年に Hayakawa らによって測定がなされているが、それ以降のフブスグル湖の水質に関する報告は見当たらない。また湖水中における微量元素の動態について議論した報告もない。

以上のことを背景に本研究では、フブスグル湖の水質調査を行い、主要成分以外の他に微量元素を含む湖中の物質の化学動態を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

2009 年 8 月 10～15 日にかけて調査を行った。湖全体を調査するため東西と南北の側線に沿って表面水を採水した。鉛直方向の水はフブスグル湖の主湖盆と副湖盆のそれぞれ最深付近で採取した。また流入河川(Khar US)、流出河川(Egiin)の調査も行った。

採水した試料を孔径 0.45 μm MILLIPORE フィルターでろ過し溶存態試料とした。現場で一般水質項目(水温、pH、電導度、クロロフィル *a* 蛍光量、透明度)の測定を行った。試料を持ち帰り研究室で主要イオン (Na、K、Ca、Mg、Cl、SO₄、アルカリニテュー)、栄養元素 (P、Si)、微量元素(V、Mn、Ti、Cu、Ni、Ba、Co、Sr、Zn)の分析を行った。

3. 結果

分析値を表に示した。また参考としてバイカル湖、琵琶湖(北湖)の水質測定データを記載した。

	フブスグル湖	バイカル湖	琵琶湖
表面積(km ²)	2760	31772	670
容積(km ³)	383	23000	27.5
最大水深(m)	262	1642	103.6
水温(°C)	12.0	16.0	29.7
pH	7.9		8.9
透明度(m)	15.5		7.2
Na(μM)	127	117	290
Mg(μM)	408	128	85
Ca(μM)	862	400	270
アルカリニテュー(meq/L)	2.44		0.67
Si(μM)	31.0	20.4	28.3
P(nM)	20.7	16.1	ND(96.9)
V(nM)	5.88	7.00	2.30
Ba(nM)	226	80.1	58.0
Sr(μM)	1.55	1.22	0.48
クロロフィル <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	0.4	1.5	1.0

4. 考察

フブスグル湖の平均透明度は 15.5 m であり、中栄養湖と呼ばれる琵琶湖北湖(7.2 m)と比較すると 2 倍高い結果となった。この理由としては水温の低さが考えられる。フブスグル湖の平均水温は夏季にも関わらず 12 °C であったことから、低水温により微生物の増殖が抑制された可能性が示唆される。

フブスグル湖水の平均 Mg、Ca、アルカリニテュー濃度はそれぞれ 408 μM 、862 μM 、2.44 meq/L であり、琵琶湖北湖と比較するとどれも 3 倍以上高い結果となった。また Ba、Sr においても同様であった。これらはフブスグル湖周辺地帯の石灰岩が大きく影響していることが考えられる。

フブスグル湖とバイカル湖の Mg、Ca、Ba、Sr 濃度を比較すると、どの元素においてもバイカル湖が低い結果となった。フブスグル湖はバイカル湖の上流に位置しており、Egiin、Selenga 河川を經由してバイカル湖へと水が流れている。つまり、この過程で上述した元素が何らかの影響で大きく減少していることが考えられる。

1B-07 Case II 水域における Quantitative Filter Technique (QFT) を用いた 懸濁物の吸光度測定

*吉村和也・松下文経・福島武彦 (筑波大・生命)

はじめに

懸濁物や、これを構成する植物プランクトン、トリプトンの吸収係数(それぞれ a_p , a_{phy} , a_{trp})の測定には、Quantitative Filter Technique (QFT)が広く用いられている(Mitchell, 1990)。近年、Case II 水域における吸収係数の測定において、トリプトンの後方散乱や近赤外域の吸収が影響する事が指摘されている(Tassan and Ferrari, 1995)。しかしながら、その影響について十分な評価が行われていない。

また、QFT を Case II 水域に適用する上で、高濃度のトリプトン存在下でも、 a_{phy} が正確に測定されているか、これまで確認がなされてこなかった。

本研究では、培養した *Cyclotella meneghiniana* Kützing (*C. meneghiniana*)とトリプトンを用い、 a_{phy} と a_{trp} の測定に対する、トリプトンの光学特性の影響を実験的に評価した。また、トリプトンを高濃度に含む試料について、*C. meneghiniana* の a_{phy} に対する、トリプトンの影響を評価した。

材料と方法

培養した *C. meneghiniana* と、霞ヶ浦湖心より採取したトリプトンの懸濁液、および両試料を任意の比率で混合した試料を作成した。試料は Whatman GF/F フィルターでろ過した。フィルター試料は各試料 2 枚作製し、1 枚は a_p 、残り 1 枚は a_{trp} の測定に用いた。 a_{trp} に用いるフィルター試料の色素は、メタノールにより抽出した。

a_p 、 a_{trp} 測定は、積分球を付けた分光光度計を用い、従来の QFT(QFT-conv)、及びトリプトンの光学特性を考慮した QFT(QFT-trp)により行った。QFT-conv は Mitchell (1990)に、QFT-trp は Tassan and Ferrari (1995)に従った。 a_{phy} は、 a_p と a_{trp} の差として算出した。 a_{phy} と a_{trp} は、それぞれクロロフィル a 濃度、トリプトン濃度で割って得た、特定吸収係数(それぞれ a^*_{phy} 、 a^*_{trp})として検討した。

結果と考察

C. meneghiniana 懸濁液について、QFT-conv および QFT-trp で求めた a^*_{phy} は、ほぼ同じ値を示した。一方、トリプトン懸濁液について求めた a^*_{trp} は、750nm における吸収、そしてスペクトルの傾きに差が認められた。以上の結果から、トリプトンによる後方散乱や近赤外域の吸収は、 a^*_p や a^*_{trp} に影響する一方、その差として求められる a^*_{phy} には大きく影響しない事が示された。

C. meneghiniana / トリプトン混合試料の a^*_{phy} を QFT-trp で測定した結果、高濃度のトリプトン存在下で、過大に評価された(図 1)。また過大な a^*_{phy} スペクトルでは、440nm のピークが不明瞭になっていた。その要因として、メタノールを用いた色素抽出作業による a_{trp} の減少が、 a^*_{phy} の増大に寄与したと考えられた。トリプトン懸濁液について、抽出前後の a_{trp} を比較した結果、抽出作業による a_{trp} の減少が確認された。そこで、 a^*_{phy} について a_{trp} の減少を補正した結果、正確な a^*_{phy} を得る事が出来た(図 1)。以上の結果から、トリプトンが高濃度に存在する試料では、 a^*_{phy} が過大に評価される可能性があり、抽出による a_{trp} の減少を考慮する必要がある事が示された。

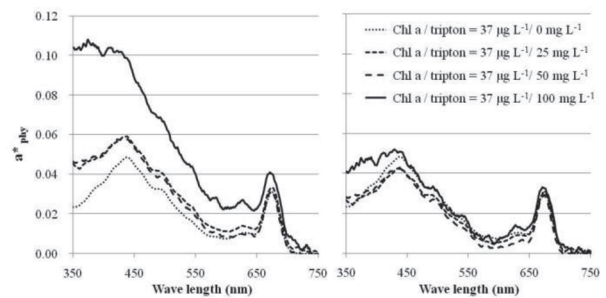


図 1. QFT-trp (左)と、 a_{trp} 補正(右)の a^*_{phy}

引用文献

- Mitchell, B.G., in Ocean Optics X, R. W. Spinrad, ed., Proc. Soc. Photo-Opt Instrum. Eng. 1302, 137-148. 1990.
Tassan, S., Ferrari, G.M., Limnol. Oceanogr., 40, 1358-1368. 1995.

*小松一弘、今井章雄、高津文人、川崎信之、佐藤貴之（国環研）、三浦真吾（武揚堂）

1. はじめに

紫外線を含む太陽からの光エネルギーは、水中で強度を減衰させながらも、溶存態有機物(DOM: Dissolved organic matter)を始めとする様々な物質を分解し、湖沼水質に影響を与えていると言われている。特に霞ヶ浦の様に、浅く鉛直方向の拡散が起こりやすい湖では、光分解による水質の変化を無視できないと推察される。本報告では、光分解が DOM 特性に与える影響を評価するとともに、実験を通して初めて得る事ができた DOM の立体構造に関する知見について、発表する。

2. 実験方法

2.1. 試料の採取及び保存

測定対象とした試料は、霞ヶ浦湖水をガラス繊維ろ紙(Whatman GF/F 公称粒子径 0.7 μ m)でろ過した試料、及び既報¹⁾に準じて霞ヶ浦湖水から抽出し脱塩・凍結乾燥を施したフルボ酸試料である。フルボ酸試料については、濃度が約 5mgC/L になるよう希釈して光分解実験に供した。

2.2. 光分解実験及び DOM 測定

50mL 石英チューブに入れた試料に対し、太陽光とほぼ同じスペクトルを有するショートアークキセノンランプを付属させた光分解装置(ウシオ電機社)で光照射を行った。放射照度は約 1000W/m²であり、照射時間は 6 時間(短時間照射)及び 24 時間(長時間照射)とした。

3. 結果及び考察

3.1. 光分解実験による DOM 特性の変化

Fig.1 に光照射に伴う試料水 DOC 濃度の変化を示した。ろ過試料の光分解率は短時間照射で約 10%、長時間照射で約 60%であり、照射時間の増加に伴って分解率が上昇した。また UV260/DOC ((Abs \cdot L)/(m \cdot mgC))は、光照射前で 17.2、短時間照射後には 11.7、長時間照射後には 1.0 となり特に長時間照射後に著しい変化が見られた。UV260 は DOM 中の不飽和二重結合の存在量を示す指標であることから、そうした構造を比較的多く有する疎水性成分が特に長時間の光照射エネルギーを受けると、選択的に分解されることが示唆された。

そこで、疎水性成分の代表であるフルボ酸を霞ヶ浦より抽出し、同様の光分解実験を施したところ、短時間照射でも DOC 換算で約 65%の高い分解率を示した。ろ過試料と顕著に異なる光分解特性が観察された。この差異が生じた主因として、DOM の立体構造上の特性が関わっていると考えられる。すなわち、DOM は光分解性の高いフルボ酸を始めとする疎水性成分の周囲に、光分解されにくい親水性成分等が弱い Binding で結びついた立体構造を形成し

ており、短時間照射では周囲成分である親水性成分が光分解を阻害した可能性がある。しかし照射が長時間に及ぶと、親水性成分も分解され、疎水性成分の光分解が促進されることによって、分解率が急激に上がったものと推察された。

3.2. 光分解前後における DOM の分子量分布

Fig.2 に光照射前後における DOM の分子量分布を DOC として検出した結果を示した。ろ過試料で検出された見かけ分子量 (AMW: Apparent Molecular Weight)=35000 の高分子成分は、長時間照射後には検出されなかった。また、同成分は抽出フルボ酸試料でも検出されず、UV260 として検出した場合には、いずれの試料でも検出されなかった。従って、当該高分子成分は UV 吸収能を有さない(親水性)成分である事が確認された。

4. まとめ

光分解実験を通して、DOM はフルボ酸を始めとする疎水性成分の周囲に親水性成分等が弱い Binding で結びついた立体構造を有していると示唆された。

謝辞

本研究は、平成 22~23 年度文部科学省科学研究費(基盤研究(A), 課題番号 21241008)の援助を受けて遂行したものである。ここに記して謝意を表する。

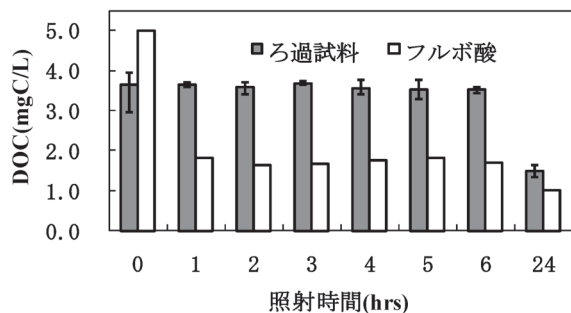


Fig.1 光照射に伴う試料水中DOC濃度の変化

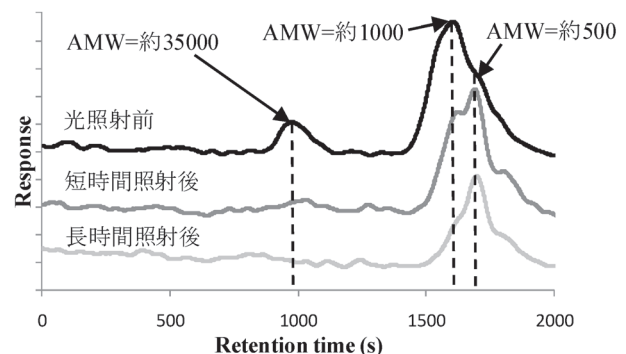


Fig.2 光照射前後における分子量分布の変化 (DOC検出)

<参考文献>1) Imai A. et al. (1999) Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56, 1929-1937

1C-01 琵琶湖北湖沖帯におけるワムシ類の長期変遷について（1980-2008）

* 藤原直樹，一瀬諭（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

1. はじめに

滋賀県琵琶湖環境科学研究センターでは、琵琶湖の水質モニタリングと併せて動植物プランクトンのモニタリングを約30年にわたり実施してきた。今回、琵琶湖におけるプランクトン調査結果の中から、北湖沖帯におけるワムシ類の長期変遷についてとりまとめたので報告する。

2. 方法

調査は、琵琶湖北湖の今津沖中央地点（北緯 35° 23' 41"，東経 135° 07' 57"）において、1980年から月2回の頻度で実施している。バンドーン採水器を用いて水深5m層の湖水を採取し、調査試料とした。試水1Lにグルタルアルデヒド固定液（25%グルタルアルデヒド500mL：CaCO₃12.5g：35%ホルムアルデヒド5mL）を0.5v/v%になるように添加し、2時間後、保存のため35%ホルムアルデヒド液を3~5v/v%になるように添加し、24時間静置してプランクトンを自然沈殿させた。次いで上澄み液を静かに取り除いて1/10量に濃縮した後、再度静置と濃縮を行って最終容量10mLまで濃縮した。

種同定および個体数の計数は、1990年3月までは10mLまで濃縮した試料の全量について倒立顕微鏡を用いて行った。1991年4月以降は10mLまで濃縮した試料の1mLを界線入りプランクトン計数板（離合社製：容量1mL、20マス×50マス）に取り、光学顕微鏡下で行った。

3. 結果および考察

1980年から2008年までに679回の調査を実施し、未同定種を含む27属62種のワムシが観察された。ワムシ類の個体数密度は、平均315個体/L（最大3,500個体/L）であった。調査期間中最も個体数密度が高かったのは *Polyarthra vulgaris*（ハネウデワムシ）で、全個体数の43%を占め（平均134個体/L）、全調査回数のうち358回（53%）で優占種となった。次いで個体数密度が高い順に、*Kellicottia longispina*（トゲナガワムシ）が全個体数の9.0%（平均28.3個体/L）、*Notommata* sp.（コガタワムシ）が8.0%（平均25.1個体/L）、*Synchaeta stylata*（ドロワムシ）が5.6%（平均17.5個体/L）で、他の種類は5%未満であった。

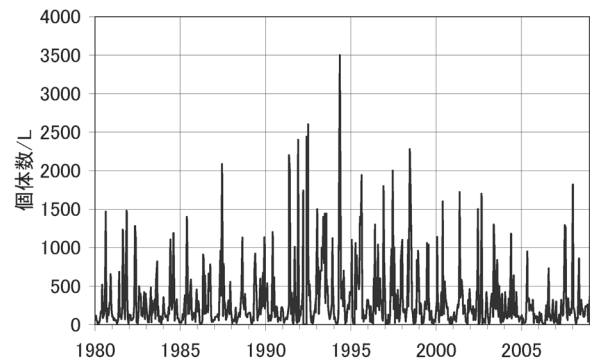


図1 琵琶湖北湖（今津沖中央）水深5m層におけるワムシ類個体数密度の変動

ワムシ類個体数密度の長期的な変動をみると、1990年代に増加した後、2000年代に減少している（図1）。この変動パターンは、琵琶湖北湖における植物プランクトン量の長期変遷¹⁾と同様である。出現数で上位を占める（合わせて56%）*P. vulgaris*、*S. stylata*、*Notommata* sp.の変動がワムシ類全体と同様のパターンを示した。

季節変動を見ると *P. vulgaris* は年間を通して分布しており、5~8月、12~1月に増加が見られた。ドロワムシ属（*S. stylata* および *S. oblonga*）も同様の変動を示したが、9月、10月には極めて少なくなった。8月に増加がみられる種は、*Conochilus unicornis*（ツノテマリワムシ）、ハナビワムシ属（*Collotheca cornuta*）および *Trichocerca*（ネズミワムシ）属、5~6月に増加がみられる種は、*Notommata* sp.、*Keratella quadrata*（コシブトカメノコウワムシ）および *Kellicottia longispina* だった。

4. おわりに

琵琶湖におけるプランクトンのモニタリングは、故若林徹哉氏と一瀬が長年継続してきた調査である。現在、プランクトンデータ解析の途上である。また、琵琶湖におけるプランクトンモニタリングの継続が今後の課題である。若林氏の長年の努力に感謝と敬意を表する。

文献

1) 一瀬ら：滋賀県琵琶湖・環境科学研究センター試験研究報告,2,97-108(2007)

*細川由貴, 大久保智司, 宮下英明 (京都大学院 人間・環境学研究科)
石川可奈子 (滋賀県立琵琶湖環境科学研究センター)

1. はじめに

琵琶湖の植物プランクトンはすでに 500 種以上が分類・同定されており, その変動については長期的な調査データが蓄積されている (辻村, 2005)。これまでの調査における微生物の同定は, 主に顕微鏡下での形態観察によって行われている。しかし形態に基づく同定では, 細胞サイズが小さいものや形態的特徴の少ないもの, 形態的に似ているものなどの同定が難しく, 高度な知識や熟練を要する。また, 群集構造の決定の際には, 計数などの煩雑な操作を要する。

近年では, DNA をマーカーとした分子生物学的手法によって環境中に存在する微生物の多様性や群集構造を簡便に解析することが可能となっている。そこで本研究では, 分子生物学的手法のひとつである PCR-変性剤濃度勾配ゲル電気泳動 (PCR-DGGE) 法を用いて, 琵琶湖北湖 (N4 地点) における植物プランクトンの多様性と群集構造の変動について解析することを目的とした。

2. 材料と方法

2009 年 4 月から 2010 年 3 月に琵琶湖北湖 N4 地点 (北緯 35 度 37 分, 東経 136 度 9 分, 水深約 90 m) において, ニースキン採水器を用いて表層から湖底直上まで 10 m おきに採水した。これらを GF/F ガラスフィルター (φ25 mm) で吸引ろ過し, 濾紙上の細胞から全 DNA を抽出した。これを鋳型 DNA として, シアノバクテリアおよび真核藻類葉緑体の 16S rRNA 遺伝子の部分断片を PCR によって特異的に増幅した。その際フォワードプライマーに GC-341F (Muyzer, 1995), リバースプライマーに CYA781R (Nübel, 1997) を用いた。得られた PCR 産物を DGGE によって分離し, 互いに移動度の異なるバンドを切り出してその塩基配列を決定した。得られた塩基配

列情報を用いて, BLAST 検索によって相同性の高い配列を検索し, 生物種の推定を行った。

3. 結果と考察

1 つの湖水サンプルから 1~8 本のバンドが, 各月では表層から直上までの計 10 湖水サンプルから 7~15 本のバンドが検出された。バンドとして検出された生物種は顕微鏡観察においても容易に認知できる生物種であり, また, 11 月の表層湖水に *Aulacoseira* sp. が優勢生物として検出されたことは, 11 月に珪藻が優勢生物として観察されたという定期観測結果と一致した。これらのことから, 本実験に用いた PCR-DGGE 法がサンプルの中に数的に優勢する生物種を検出できる方法であることが確かめられた。

検出されたバンドの出現パターン (バンドの数, バンドの位置, バンドの相対濃度) は, 月ごとに異なっていたことから, 各月において優勢して出現する植物プランクトンの生物種が異なっていることが示された。

8 月の表層と水深 10 m では, *Radiocystis* sp. が優勢生物種として検出された。*Radiocystis* 属シアノバクテリアは, 琵琶湖での報告例がなかった。また, 同じく 8 月に検出された 2 つの *Synechococcus* sp. は, 既報の *Synechococcus* sp. と異なる遺伝子型であった。このように本実験において用いた方法においては, これまでに報告されていない植物プランクトンや顕微鏡下での識別が困難な生物種の検出が可能であった。

謝辞

本研究は科研費 (21247005) の助成を受けたものである。

*西村英也（龍谷大・理工）、岸本直之（龍谷大・理工）、

一瀬 諭（琵琶湖環境科学研究センター）、馬場大哉（東レテクノ株式会社）

1. はじめに

琵琶湖における有機物循環を理解するにあたり、植物プランクトンのバイオマスを知ることは重要である。植物プランクトンのモニタリングは細胞数で行われることが多く、植物プランクトンバイオマスを有機物量として評価するためには細胞容積と細胞内炭素量の換算式が必要となる。現在、細胞容積と細胞内炭素量の換算式は複数提案されているが、海産植物プランクトンについての研究が主であり、植物プランクトンが持つ粘質鞘を考慮して構築された換算式は見当たらない。そこで本研究では、琵琶湖に生息する植物プランクトン種を用い、粘質鞘を考慮した換算式の構築を目指した。

2. 方法

換算式を構築するため植物プランクトンの単離培養を行い、その植物プランクトンの細胞内炭素量と細胞容積を調べ、細胞内炭素量と細胞容積の換算式を求めた。培養はM11とCT培地を使用した。培養は温度が19℃、湿度が55%程度に保たれた恒温恒湿室で行い、光強度は $36 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ に設定し、顕微鏡にて培養細胞をスケールと一緒に写真へ取りこみ細胞容積を評価した。細胞数はプランクトン計数板を使用し、計数した。CHN計（ヤナコMT-4）で炭素量および窒素量を測定した。

粘質鞘を持つプランクトン種については、炭素測定時に粘質鞘を保持したままの測定と、粘質鞘を除去した状態での測定を行い、その差を粘質鞘の炭素量とした。粘質鞘は、吸引ろ過の際に高圧で吸引を行い、検体を洗うようにろ紙上へ超純水を噴射することで除去した。

3. 結果

緑藻 (*Closterium gracile*, *Pediastrum biwae*, *Coelastrum cambricum*, *Phormidium tenue*, *Staurastrum dorsidentiferum*, *Staurastrum arctiscon*) を分析した。6種のうち2種は粘質鞘を比較的多く保持している種であった。粘質鞘を除去した状態で、細胞内炭素量と細胞容積を測定した結果と、その結果より求めた換算式を図1に示す。他の研究で用いられているように、結果のプロットは両対数グラフにて行い、近似直線を求めた。 $R^2=0.962$ は決定係数である。

本実験で用いた種の中で、粘質鞘をより多く持っていた *Staurastrum arctiscon* の細胞と粘質鞘の測定結果を表1に示す。

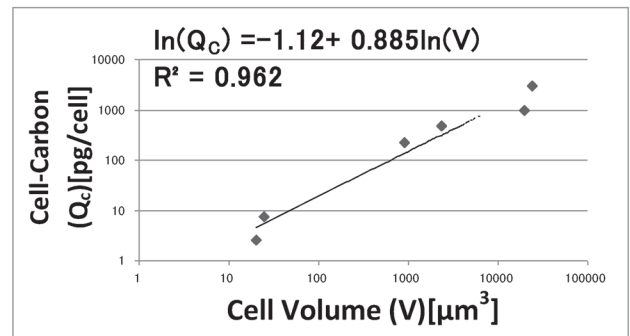


図. 1 細胞容積と細胞内炭素量の換算式

表1 *Staurastrum arctiscon* の細胞と粘質鞘の比較

	容積 (μm^3)	炭素量 (pg/cell)	炭素密度 (pg/ μm^3)
STA(粘質鞘)	697069	672	0.964×10^{-3}
STA(細胞)	23903	2994	125×10^{-3}

4. 考察

図. 1 で示す換算式は Strathmann (1967) の換算式と近い係数となった。また決定係数が大きく、換算式の適合性がいいことを示している。しかし、信頼区間は切片が -1.12 ± 1.80 、係数が 0.885 ± 0.245 であり、換算式の精度向上のためにはサンプル数をさらに増やす必要がある。

表1で示すように、粘質鞘の炭素密度は細胞の炭素密度の0.8%しかなく、とても希薄なことがわかる。しかし、*Staurastrum arctiscon* の場合、容積は細胞の約29倍もあるため、粘質鞘を保持したまま炭素量を測定すると、細胞のみの値より約20%も炭素量が大きく測定されてしまう。粘質鞘を除去せず測定を行うと、換算式に誤差が生じるため、換算式を構築する際には、粘質鞘の有無を確認し、粘質鞘を考慮する重要性が示唆された。

5. 参考文献

Richard R. Strathmann.(1967)、Estimating the Organic Carbon Content of Phytoplankton from Cell Volume or Plasma Volume. *Limn. Oceanogr.*12:pp.411-418

6. 謝辞

本研究は、環境省環境技術開発等推進費「琵琶湖における植物プランクトンの長期変動と難分解性有機物を考慮した水質汚濁メカニズムの解明(代表 一瀬諭)」の助成を受けて実施した。関係各位に謝意を表す。

*井上栄壮（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）、小林貞（川崎市）、
西野麻知子（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

1. はじめに

琵琶湖のユスリカ相は Sasa and Kawai (1987), 北川 (1997) などによって調査され, Kawai et al. (2002) までに総計 97 種が主に湖辺域から記録された。琵琶湖産のすべての動物のうち, 1 つの科でこれほどの種数を擁するものは他に知られていない (西野, 2001)。しかし, 1994 年 (Kawai et al., 2002) 以降の 10 年以上にわたって, 琵琶湖のユスリカ相は体系的に調査されていなかった。その間, 南湖における沈水植物帯の拡大 (西野・浜端, 2005) など, 琵琶湖の環境と生物相の変化が報告されてきた。

そこで演者らは, 琵琶湖のユスリカ相と分布の現況解明を目的として, 湖辺域を中心に 2006 年から調査を継続している。2008 年の本学会第 73 回大会において, 演者らは琵琶湖初記録 47 種を含む 97 種を確認したことなどを報告したが, 本講演ではその後得られた知見を加えて報告する。

2. 材料と方法

2006 年 4・6・8 月および 2009 年 1 月, 琵琶湖の沿岸帯から深底帯までの延べ 52 地点において, ユスリカ類幼虫の定性採集を行った。各地点において, 船上からエクマン・バーズ採泥器 (15×15 cm²) またはドレッジで幼虫を採取し, ナイロン袋に底質ごと収容した。

また, 2006 年 10 月から 2010 年 6 月にかけて, 琵琶湖湖辺域の延べ 306 地点において, ユスリカ幼虫および成虫の定性採集を行った。幼虫採集では, 現場で底質を攪拌し, 舞い上がった底質と幼虫を目合 250 μm の手網ですくい取った。成虫採集では, 水際付近で捕虫網を 5~10 分間振り, 採集されたユスリカ成虫を吸虫管で捕集した。

採集したユスリカ類のうち, 幼虫については適度な冷却とエアレーションを施しつつ生かしたまま持ち帰った。これらの幼虫は, 飼育容器に底質ごと移し替え, 室温条件で羽化したユスリカ成虫を捕集して種を同定した。

3. 結果と考察

現時点で総計 5 亜科 137 種のユスリカ類が同定され, うち 74 種は琵琶湖初記録であった (Table 1)。過去の分布記録を含めると, 琵琶湖産ユスリカ類の種数は延べ 5 亜科 171 種となる。

代表的な種の分布現況については, オオユスリカ *Chironomus plumosus* およびアカムシユスリカ *Prosilocerus akamusi* は少数個体が採集されるにとどまった。また, Sasa and Kawai (1987) および Kawai et al. (2002) の両方で記録された 43 種のうち, キミドリユスリカ *Chironomus biwaprimus*, ハイイロユスリカ *Glyptotendipes tokunagai* などの 8 種は, 本研究では現時点で確認されていない。

ヒメエリユスリカ属の 1 種 *Psectrocladius aquatromus* は琵琶湖岸のほぼ全域で, ヨドミツヤユスリカ *Cricotopus sylvestris* は南湖岸を中心とした全域で採集され, これら 2 種の分布は 1994 年 (Kawai et al., 2002) と同様であった。北湖の深底帯では, アシマダラユスリカ *Stictochironomus pictulus* が最深 90 m の地点で採集された。

琵琶湖初記録種のうち, コナユスリカ属の 1 種 *Corynoneura lacustris* 成虫は, 2006 年には主に南湖岸一帯で大量に採集された。しかし, 2007 年, 2008 年には北湖岸の調査地点の一部で大量に採集され, 本種の分布が北湖に拡大しつつあることが示唆された。

Table 1. Number of chironomid species recorded in Lake Biwa.

Subfamily	No. of species			Total*
	Sasa and Kawai (1987)	Kawai et al. (2002)	This study (new record)	
Chironominae	47	38	70 (32)	92
Orthoclaadiinae	18	20	45 (26)	55
Tanypodinae	5	5	17 (13)	19
Diamesinae	0	0	3 (3)	3
Prodiamesinae	1	1	2 (0)	2
Total	71	64	137 (74)	171

*Include other studies related to Lake Biwa.

*平林公男・井上栄壮・傅 正海・植田貴至（信州大学・繊維学部）・
吉澤一家（山梨衛研）・吉田雅彦（山梨県立大）・風間ふたば（山梨大・工）

1. はじめに

精進湖(海拔高度:901m, 湖岸線長:7km, 面積:0.5km², 最大深度:16.2m, 平均深度:7m)は、富士五湖の中で最も湖面積の小さい湖であり、本栖湖と西湖の中間に位置する堰止め湖である。湖盆形態は複雑であり、田中(1992)によると、湖沼型は富栄養湖に分類されている。

精進湖における底生動物相については Miyadi(1932)、北川(1973)、安野ら(1983)の報告があるが、近年の精進湖の底生動物相の水平分布や個体数の季節変化などについては、ほとんど知られていない。本報告では精進湖における底生動物相、特にユスリカ類について、湖内の水深別分布とその生息密度を明らかにすることを目的として、2010年3月に調査を行った。

2. 調査方法

調査は2010年3月1日に行った。調査地点は精進湖の広い湖盆の東部南北方向に合計4地点を設定し、Ekman-Birge 採泥器(採集面積 15X15cm²)を用い、一地点で3回の採泥を行った。試料は1回のサンプル毎にサーバーネット(NGG66; メッシュサイズ 0.25 mm)で泥を除き、ネット上の残物をすべて実験室に持ち帰った。底生動物は直ちに分別を行い、動物群ごとに個体数と湿重量を計測した。ユスリカ類の同定は実体顕微鏡下で区別可能なレベルまでタクサ毎に区分後、一部の個体でプレパラート標本を作成し、同定を行った。また、採集地点の環境測定項目として、水深、底泥表層(上部 3cm)の有機物含量、底泥直上水中の溶存酸素量と水温、泥温を測定した(表層泥、ならびに直上水の採集は重力式コアサンプラーによる)。底泥の有機物含量は表層泥を乾燥させ、450度、3時間、磁製ルツボに入れて電気炉で焼き、灼熱減量として算出した。

3. 結果および考察

全調査地点における環境要因の平均値は、灼熱減量: 15.0±4.2%、水温: 7.3±0.7°C、泥温: 7.4±0.7°C、DO: 12.1mg/l (St.1, depth:5m)であった。これらのうち、

灼熱減量は8.9%から17.6%までの範囲で変化した。

精進湖における底生動物全体の平均密度は 4,107 ± 3,957 個体/m² (水生貧毛類 50.2%、ユスリカ類 48.6%、フサカ類 1.2%)であった。水生貧毛類は全調査地点から捕獲され、水深が増すにしたがって、個体数密度は減少した(最深部 St. 4, で 133 ± 36 個体/m²)。ユスリカ類も全調査地点で捕獲されたが、地点別の密度には差が認められた。最も高密度の地点は St.1(水深: 5m)で、7,096 ± 1,767 個体/m²であった。また、ユスリカ類の幼虫生息密度と生物体量の深度別分布のパターンは異なり、生息密度は水深が増加するにしたがって減少し、生物体量は St.2 の地点を除いて、有意な変化は認められなかった。ユスリカ類は、9種が確認され、種によって、分布パターンが異なっていた。すなわち、*Propsilocerus akamusi* は全調査地点から捕獲されたが、*Einfeldia* sp.は最浅地点からのみ捕獲され、*Chironomus* sp.と *Sticochironomus* sp.の2種は最深地点からのみ捕獲された。一方、フサカ類の幼虫は水深が増すにしたがって、個体数密度と生物体量が共に増加した。各種底生動物と、環境要因との相関関係を調べてみると、*P. akamusi* は有機物含量と正の相関関係を示し、水温とは負の相関関係を示した。*Procladius* sp.は水深と負の相関関係を示し、泥温と正の相関関係を示した。一方、水生貧毛類は水深と負の相関関係を示したが、フサカ類は正の相関関係を示した。1973年に調査された北川(1973)の研究報告と比較すると、底生動物全体の密度は、今回、約15倍となっており、水生貧毛類は74個体/m²から2,063個体/m²に増加し(約28倍)、ユスリカ類幼虫は、192個体/m²から1,996個体/m²に増加していた(約10倍)。山梨県のデータによれば、精進湖の表層水質は1973年から2008年にかけて、顕著な変化は認められなかった。しかし、精進湖深底部の貧酸素層が近年厚くなっていることが明らかとなった(Miyadi, 1932; 北川, 1973; 有泉ら, 1997; 山梨県, 2005)。以上のことより、精進湖の湖底環境が近年大きく変化しており、夏期における貧酸素層の発達が底生動物相に大きな影響を与えている可能性が示唆された。

1C-06 Biomanipulation 後の湖沼におけるカブトミジンコの形態変化

*伊澤智博・河鎮龍・花里孝幸
(信州大・山岳科学総合研究所)

1. はじめに

動物プランクトンは、湖における食物連鎖を形成するうえで非常に重要な役割を果たしている。特に大型の動物プランクトンの一種であるミジンコ類は、積極的に植物プランクトンを摂食する。一方で、魚群集や無脊椎捕食者にとって良い餌になるため、彼らの現存量の変動は湖の生態系構造を大きく変化させることが知られている。

白樺湖は 2000 年に水質浄化を目的とした Biomanipulation (人為的生態系操作) が行われた湖である。この際に導入されたのがカブトミジンコ(*Daphnia galeata*)である。導入後、彼らはその個体群を増殖させ、現在では白樺湖の優占種となっている。

我々はカブトミジンコが湖への定着を成功させた背景には形態変化があると考えた。形態変化とは、カブトミジンコがある種の捕食者のカイロモン (情報化学物質) にさらされると表す防御戦略の一つで、ヘルメットと殻棘を伸長させることが知られている。白樺湖で観察されたカブトミジンコは季節的にこの形態変化を表しており、これが湖への定着を助けた可能性がある。

それで我々はフィールド調査を行い、その結果この湖に生息する無脊椎捕食者の一種、ノロ (*Leptodora kindtii*) がカブトミジンコに形態変化を誘導している可能性があることを明らかにした。しかし、これまでの研究で、ノロがカブトミジンコに形態変化を誘導することを実験的に検証した研究はない。本研究では室内実験を行うことで、何が彼らの形態変化を誘導するのか明らかにした。

2. 方法

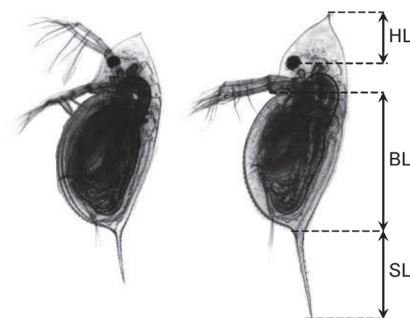
室内実験にはクローン培養したカブトミジンコとノロを用意した。形態変化が何によって引き起こされるかを調べるために下の 3 つの処理区を作った。

- 1. コントロール区
- 2. ノロカイロモン区
- 3. ノロの直接影響区

コントロール区では 500mL の飼育水で満たしたビーカーにさまざまな年齢組成のカブトミジンコを 50 個体入れ、エサとしてクロレラ (5×10^5 cells/ mL) を与えた。カイロモン区では、ノロを曝気水で 24 時間飼育し、これを濾過し、ノロカイロモン水として使用した。このノロカイロモン水にカブトミジンコを 50 個体入れた。直接影響区では、ビーカー内でノロ 6 個体とカブトミジンコ 50 個体を同所的に飼育した。物理的接触が可能な

状態にしたことで、ノロはカブトミジンコを捕食できる状態にした。

図 1. カブトミジンコの形態的な特徴



左：形態変化前
右：形態変化後

カブトミジンコ

を処理内からランダムに 20 個体選出し、顕微鏡でヘルメット長と殻棘長および体長を計測した。形態変化の基準として Helmet/Body length, Spine/Body length の割合で算出し (図 1)、統計解析をおこなった。実験は 9 日間行い、3 日に一回測定し、繰り返しを 8 回とした。

3. 結果と考察

ノロの存在に対しカブトミジンコは形態を変化させるという事実が明らかになった。特に仔虫期のヘルメットの発達が顕著であり、直接影響区では導入後 3 日目以降ではっきりとしたヘルメットの伸長が観察され、9 日目に最大となった (図 2)。このとき得られた変化の大きさは実際の白樺湖で観察された値とほぼ同等の高い値を短期間で示した。

このようなカブトミジンコの敏感な反応は、無脊椎捕食者の存在する湖で被食率を低下させることができる。そして彼らのこの防御メカニズムは個体群維持に有用であるという点で、今後の Biomanipulation においても有望視されると考えられる。

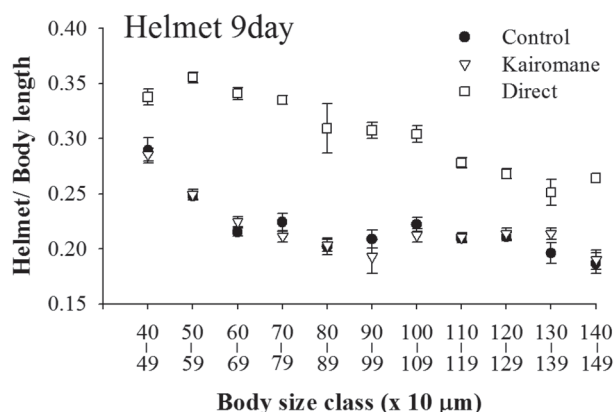


図 2. サイズクラスごとによるカブトミジンコの形態変化の割合 (直接影響区, Helmet, 9 日目)

1C-07 ワムシ類の卵の消化耐性：卵の生存率と捕食者の体長との関係

*永田貴丸（信州大学山岳科学総合研究所）

坂本正樹¹⁾（独立行政法人国立環境研究所環境リスク研究センター）

田中嘉成（独立行政法人国立環境研究所環境リスク研究センター）

花里孝幸（信州大学山岳科学総合研究所）

1) 現：富山県立大学工学部環境工学科

1. はじめに

ワムシ類は、湖沼で一般的に見られる小型動物プランクトンであり、様々な捕食者（無脊椎捕食者や仔稚魚）の重要な餌資源である。他動物プランクトン（ミジンコ類など）と同様に、ワムシ類も捕食者からの捕食影響を軽減させるため、様々な防御メカニズムを発達させてきた。その一つに、ワムシ類の卵が持つ消化耐性がある。我々は、捕食性枝角類 *Leptodora kindtii* の仔虫に捕食された場合、ワムシの親個体は消化されるが、卵は消化されず、生存可能であることを明らかにした。これは、ワムシ類の新たな個体群維持メカニズムとして重要な知見である。

一方、多くの捕食者は、成長に伴って捕食効率(餌生物の捕獲・消化など)が上昇する。*Leptodora* も例外ではなく、仔虫より成体の捕食効率が高い。野外には、様々な成長段階(体サイズ)の *Leptodora* が存在し、彼らとワムシ類は共存している。従って、野外において、ワムシ類の卵が持つ消化耐性がどれ程有効に機能するのかを把握するためには、*Leptodora* の体サイズとワムシ卵の生存割合との関係を調べる必要がある。本研究では、この関係を室内実験によって評価した。

2. 材料と方法

実験には、室内でクローン培養した *Brachionus urceolaris* (ワムシ) と *Leptodora kindtii* を用いた。用いた *Leptodora* は、仔虫から成体まで様々な成長段階のものであり(体サイズ 0.24-0.95 cm)、各体サイズの個体を別々の実験に使用した(実験の総数 61)。24 穴ウェルの 1 穴に飼育水 3.5 mL を入れ、そこに卵を 1 個抱えた *Brachionus* 10 個体と *Leptodora* 1 個体をそれぞれ加えた。1 時間後、生存あるいは捕食された *Brachionus* の数と、卵の消化の有無を確認した。卵が消化されずに残っていた場合、卵を実験終了後に 300 μ L の飼育水が入った 48 穴ウェルの 1 穴に移し、3 日間培養して孵化するのかわを調べた。実験及び培養は、21 $^{\circ}$ C、光周期 14 時間明期/10 時間暗期の室内で行った。

3. 結果及び考察

どの体サイズの *Leptodora* も *Brachionus* を効率的に捕食した(Fig. 1A)。 *Brachionus* 卵の生存割合は、*Leptodora* の体サイズの増加に伴って有意に減少した (Fig. 1B)。これは、*Leptodora* の成体に捕食された場合、ワムシ卵の生存割合が非常に低くなることを示している。体サイズによって、*Leptodora* の捕食行動に違いはない。従って、成長するに伴い、*Leptodora* の消化能力が上がると思われる。一方、生存した卵の孵化割合は、*Leptodora* の体サイズとは関係がなかった(Fig. 1C)。本研究の成果と、野外の

Leptodora の体サイズ組成の調査により、各時期のワムシの個体群変動には、卵の消化耐性がどの程度貢献しているのかわを予測できるだろう。

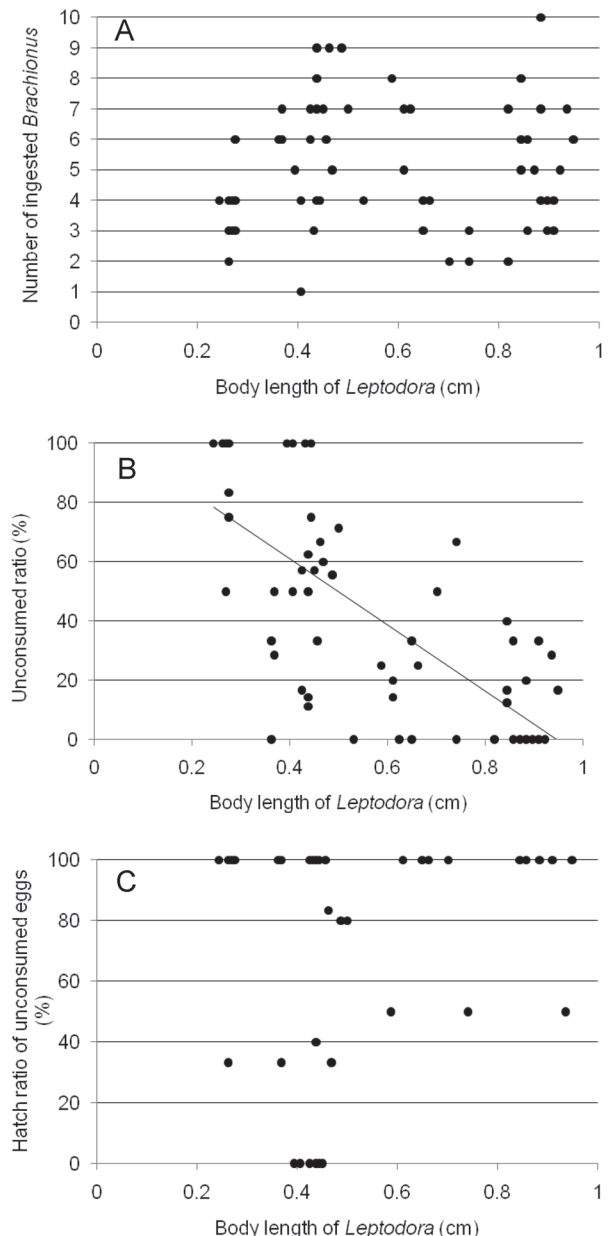


Fig. 1 *Brachionus* の親個体と卵の生存に対する *Leptodora* の体長サイズの影響 A) 捕食された *Brachionus* 親個体の数と *Leptodora* の体サイズとの関係 B) 卵の生存割合と *Leptodora* の体サイズとの関係 C) 生存した卵の孵化割合と *Leptodora* の体サイズとの関係

*小田重人（国立環境研究所）・鎌迫典久（国立環境研究所）
井口泰泉（岡崎統合バイオサイエンスセンター）

1. はじめに

湖に生息する枝角類の外部形態の顕著な季節的变化が初めて報告されてから100年が経つ。その後、外部形態の変化は捕食リスクを軽減していることが数多くの研究により示され、捕食者由来の化学物質はカイロモンと総称されるようになった。一方で、水温、乱流、ミジンコの破碎抽出液など、カイロモン以外の要因や一部の殺虫剤でも外部形態の変化を起し、殺虫剤とカイロモンとの複合曝露によってカイロモンの効果が促進されたりすることが知られている。このように、カイロモンと総称される物質以外にもトゲの伸長に直接関わる複数の環境要因が存在することがうかがわれる。しかしこれら様々な要因による形態変化のメカニズム解明は未だ進んでいない。本研究では、昆虫の多様な表現型を生み出す一因として知られる幼若ホルモンに着目し、甲殻類の幼若ホルモンおよびその類似化学物質がミジンコの外部形態に与える影響を調べるため、室内曝露実験を行った。

2. 材料と方法

実験には、国立環境研究所で10年以上累代飼育しているカプトミジンコ (*Daphnia galeata*) を用いた。実験には生まれて12時間以内の仔虫を用い、甲殻類の幼若ホルモンであるファルネセン酸メチルまたはその類似化学物質のフェノキシカルブに曝露した。設定曝露濃度はファルネセン酸メチルとフェノキシカルブでそれぞれ1.9–30 $\mu\text{g/L}$ 、0.13–2.0 $\mu\text{g/L}$ であった。曝露はガラス製カップに満たした50mLの薬液中で1個体ずつ飼育して行った。エサとしてクロレラ (*Chlorella vulgaris*) を $5 \times 10^5 \text{ cells/mL}$ の濃度になるように与え、隔日換水、水温 $21 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、日長16時間明期8時間暗期の条件下で実験を行った。実験開始から2, 4, 6日目に実体顕微鏡に装着したデジタルカメラを用いて実験個体の写真撮影を行い、得られた画像を形態測定に用いた。

3. 結果

ファルネセン酸メチルとフェノキシカルブ曝露はそれぞれ最低濃度1.9 $\mu\text{g/L}$ 、0.13 $\mu\text{g/L}$ からカプトミジンコの頭蓋の伸長をもたらし、その効果は濃度依存的に増加した (図1)。一方、殻刺は曝露により

濃度依存的な短縮傾向を示し、ファルネセン酸メチルとフェノキシカルブでそれぞれ1.9 $\mu\text{g/L}$ 、0.13 $\mu\text{g/L}$ から短縮が認められた。

4. 考察

実験結果から、幼若ホルモンはミジンコの仲間の外部形態の発達に大きく関わっていることが示された。様々な環境要因によってオスが出現するミジンコの仲間では、幼若ホルモンは仔虫の性決定に深く関わっていることがわかっている。このことから、カイロモンだけでなく、その他の環境要因が幼若ホルモンを介して外部形態変化に強く影響を及ぼしている可能性が示唆される。

ファルネセン酸メチルとフェノキシカルブ曝露による形態変化は、頭蓋の伸長だけでなく殻刺の短縮を伴っており、カイロモンと幼若ホルモンの両効果が複数の外部防御形態を複雑に変化させる可能性がある。

また、この発見はすでに明らかとなっている幼若ホルモンによるミジンコ仔虫の性決定への影響とあわせて、ミジンコの仲間における内分泌かく乱の新たな例としても捉えられるかもしれない。今後、ミジンコの仲間にも多様な表現型をもたらしている内分泌学的メカニズムの解明とともに、水界生態系におけるカイロモンを介した生物間相互作用へのストレスの影響についての研究が進むことが期待される。

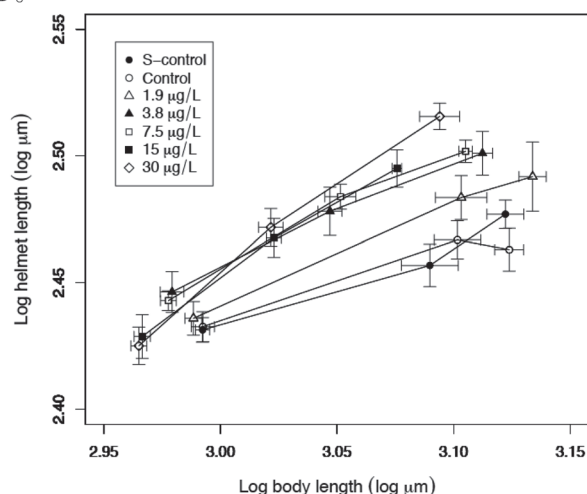


図1 ファルネセン酸メチル曝露によるカプトミジンコの頭蓋長と体長の関係の変化を示す。各濃度区における測定値の平均を実線でつなぎ、エラーバーは標準誤差を表す。