

ポスター発表

要 旨

(P-001~P-105)

会場： 大学会館 3F 大集会室

日時： 9月18日(土) 13:00~15:00

* 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

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を経済評価することである。

産卵場造成や種苗放流など、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を有している。

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。北海道と沖縄県を除く全国を調査対象とし、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ついて、CVMのノンパラメトリック推定法により住民の支払意志額（WTP）を計測した。ノンパラメトリック推定法は、特定の分布形を仮定せずに計測するため、標本サイズが大きくなれば、得られた推定値が真の値に近づくという望ましい統計的性質をもつ。

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

図1は、ノンパラメトリック推定法で得られた受諾確率のグラフである。受諾確率のグラフは、横軸がアンケートの提示額、縦軸が各提示額別に負担すると回答する確率を表わす。

年間1世帯当たりの平均WTPは、受諾確率曲線を積分した値であり、全回答者が持つ平均的な支払意志額である。

計測の結果、年間1世帯当たりの平均WTPは、6,914

円であることが明らかとなった。

4. 考察

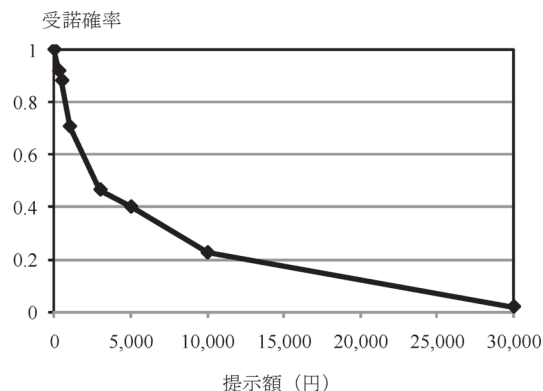


図1 受諾確率のグラフ

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は、年間1世帯当たり平均WTPで6,914円となった。

これまで内水面漁業の多面的機能を経済評価した研究は少ない。その中で、阿部ら（2009）は、アユに関連する保養・交流・学習機能として、産卵場造成ボランティア参加2,711円/回、放流イベント参加1,665円/回を明らかにしている。

異なる機能を単純に比較できないが、アユに関連する景観保全効果は、（1世帯当たり年1度の参加を仮定すると）保養・交流・学習効果に対して、金額ベースで2.6～4.2倍高いことが明らかとなった。

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）：中山間アユ漁場の地域貢献機能に関する評価技術の開発、水産総合研究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）：アオサ回収による環境保全効果の経済評価—福岡市の和白干潟を事例として—北日本漁業、第38号、109-122。寺脇拓『農業の環境評価分析』勁草書房、2002。

* 山本鎔子・岩船敬（農環技研）、平林公男（信州大）

1. はじめに

ユスリカ類は淡水、汽水、海水などの流水や止水に、また強酸性の水域にいたるまで広く分布している。本報告では淡水湖および強酸性の潟沼（pH 2）から採取したユスリカ 2 種の体内脂質組成について調べ、とくに生体幕の主要な構成成分であるリン脂質について比較検討を行った。

2. 材料と方法

使用した試料：

宮城県潟沼産 *Chironomus acerbiphilus* 4 齢幼虫

山梨県河口湖産 *Prosilocerus akamusi* 4 齢幼虫

実験方法：

体長を測定したのち体内の糞を十分排出させ、クロロホルム：メタノール：水（1：2：0.8）により全脂質を抽出した。抽出した全脂質および画分したリン脂質の脂肪酸組成をガスクロマトグラフ分析装置（GL サイエンス製 GC-353）およびガスクロマトグラフマスマススペクトロメーター装置（Finnigan Mat TSQ 70B）を用いて測定した。各脂肪酸の標準試薬はフナコシ薬品(工業)製の試薬により、リテンショ

ンタイムとピーク面積の比較から同定と定量を行った。その他の試薬については和光純薬工業(株)製を使用した。

3. 結果

分析に使用したユスリカの特徴（2002 年 10 月に採取）を表-1 に示す。

P. akamusi は *C. acerbiphilus* の約 2 倍の体長および個体重を持つが乾重量あたりの脂質含量は後者のほうが高い値を示す。全脂質の主要な脂肪酸は C16 と C18 脂肪酸であるが、前者は n-3 系の C20 以上の脂肪酸を多量に含むのに対し、後者のユスリカは C18 以上の脂肪酸は n-6 系であった。

両ユスリカの主要なリン脂質（図 1）の Phosphatidylethanolamin(PE)と Phosphatidylcholine(PC)は、*P. akamusi* では主に C18:2 と C20:5 からなるが *C. acerbiphilus* では C18:2 であった。

1. 考察

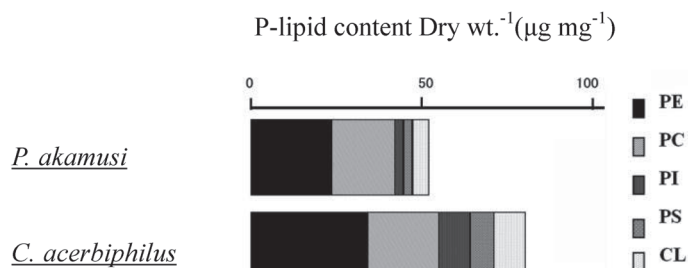
生育環境の異なった湖沼に生息するユスリカについて脂肪酸組成の面から検討を試みた。

表-1 齢幼虫の特徴

	<i>Prosilocerus akamusi</i>	<i>Chironomus acerbiphilus</i>
Body length (mm)	19.7 ± 2.25*	11.6 ± 1.70
Dry weight (mg ind. ⁻¹)	2.6 ± 1.1	0.5 ± 0.33
N content dry wt ⁻¹ (mg mg ⁻¹)	0.10	0.12 ± 0.01
C content dry wt ⁻¹ (mg mg ⁻¹)	0.52	0.55 ± 0.01
Total lipid content dry wt ⁻¹ (mg mg ⁻¹)	0.40 ± 0.07	0.5 ± 0.06

図-1 終齢幼虫の乾燥重量あたりのリン脂質含有量

* SD



P-004 キノンプロファイル法を用いた 2010 年夏季の琵琶湖の微生物相解析

*高巢裕之 (京大・生態研)、國弘忠生 (愛媛大・沿岸セ)
中野伸一 (京大・生態研)

1. はじめに

湖沼や海洋のプランクトン生態系には、微生物ループと呼ばれる有機物伝達経路が存在し、生食食物網に匹敵する炭素フラックスを担っている。従属栄養細菌(以下、細菌)は、溶存態有機物の粒状化により原生生物への餌資源供給を行うことで微生物ループを駆動する原動力となる点で、特に重要である。微生物生態学分野への分子生物学的手法の適用により、細菌種レベルでの解析や特定の栄養基質代謝遺伝子の検出など、細菌群集の定性的な情報は蓄積しつつある。しかし、実際に細菌群集の動態と物質循環過程の連関を明らかにするには、定性的な情報に加え、定量的な情報が必要不可欠である。本研究では、定量的に優れた微生物群集構造の解析手法であるキノンプロファイル法に着目した。キノンは呼吸や光合成を行う生物細胞膜に存在する電子伝達系脂質成分であり、エネルギー獲得の際の必須成分である。細菌は遺伝系統学的グループによって異なる優占キノン分子種を保持し、キノン量は細菌のバイオマスとみなすことができるため、細菌グループの存在割合を推定できる。本研究では、キノンプロファイル法を用いて、琵琶湖北湖における各細菌グループの微生物バイオマスへの寄与率の変動パターンと諸環境要因との関係を明らかにすることを目的として、水温や栄養基質などの鉛直勾配が形成される夏季に調査を行った。

2. 材料と方法

キノンプロファイル法を用いて細菌群集の質的・量的変動を解析するにあたり、2010年5月に琵琶湖北湖定点の表水層(5m)から試水を採取し、サイズ分画用フィルターを用いて、細菌の主な捕食者である従属栄養ナノ鞭毛虫に捕食されるサイズ画分(以下、細菌画分: 0.2 - 2.0 μm)と、それ以上のサイズ画分(> 2.0

μm)に分けて、予備的にキノン分析を行った。6月以降は毎月1回、同観測点において細菌群集構造の変化が大きいと報告される表水層(5m)と比較的安定的であるとされる深水層(70m)から採水し、キノン分析に加え、全細菌およびピコ植物プランクトン、従属栄養ナノ鞭毛虫の計数、環境要因として溶存態有機炭素量、クロロフィル *a* 量の測定を行っている。

3. 結果と考察

5月の表水層において検出されたバルクキノン量は 191 pmol/L で、11種類のキノン分子種が検出された。細菌画分のキノン量は 61.5 pmol/L であるのに比べ、>2.0 μm 画分のキノン量は 130 pmol/L と約2倍多かった。細菌画分では、光合成生物(ピコ植物プランクトン)の持つプラストキノン(PQ-9)が約44%を占め、つづいて、主に β プロテオバクテリアの持つユビキノン(UQ)-8 が約18%を、*Cytophaga - Flavobacterium - Bacteroides* (CFB)グループの持つメナキノン(MK)-6, 7 が約13%を占めていた。>2.0 μm 画分では約83%を PQ-9 が占めていた。一般に、淡水の細菌群集においては β プロテオバクテリアが優占するとされており、本研究の結果もこのことをサポートした。また、本研究では、PQ-9 が多く検出されたこととクロロフィル *a* 濃度が高い (7.20 $\mu\text{g/L}$) 条件で CFB も優占したが、これは CFB グループの細菌は植物プランクトンのブルーム時に優占すると従来の研究で報告されていることと関係があるかもしれない。これまでの報告の多くは、 β プロテオバクテリアや CFB の優占について数をベースとして議論しているが、本研究の結果からバイオマスとしても両細菌グループが重要であると考えられた。発表時には6月以降の解析結果も合わせ、夏季における微生物相の変動を報告する予定である。

*久保田憲昭（株式会社 環境アセスメントセンター北信越支社）

1. はじめに

ダム下流河川における出水と河川生物の動態については近年研究が進んだ分野であるが、同一地点で様々な規模の出水のデータを長期にわたって取得した事例は少ない。美和ダム下流河川では連続した10年間の生物調査データが蓄積されており、これを用いてダム下流部の水生生物現存量の出水動態を解析したので報告する。

2. 材料と方法

天竜川水系三峰川の美和ダム・高遠ダムの下流に位置する三峰川下山田付近の定点において、夏季8月・冬季12～1月の定期調査と、出水に合わせた出水後調査を行った。定期調査の底生動物は2000年～2009年、付着藻類は2001年～2009年に調査した。出水後調査は2003年～2009年に行い、調査頻度は出水直後、1週間後、2週間後、1ヶ月後、2ヶ月後とした。

底生動物は瀬の礫底から25 cm コドラートの2回採集により種の同定の後に個体数、湿重量を分析した。付着藻類は底生動物と同じ場所の4個の礫から採集し、ユネスコ法によりクロロフィルa量を分析した。

3. 結果

付着藻類は主に珪藻・藍藻が優占し、大きな出水等がない年の現存量は概ね100～150 mg-Chl.a m²程度であった。底生動物の冬季の総現存量は75～175g m²程度であり、年間を通じてヒゲナガカワトビケラ属が現存量の多くを占めた。

2003年以降に発生した出水のうち調査対象とした出水規模は9～542 m³ s⁻¹の9出水で、期間中の最大出水(542m³s⁻¹)の生起確立は11年に1度の規模であった。出水直後の現存量は、付着藻類・底生動物ともに流量200 m³ s⁻¹程度(1～2年に1回程度生起)までの出水では流量規模に対応して現存量は変動し、それ以上の出水ではほぼ皆無の状態であった(図1)。

出水後の付着藻類現存量は出水直後から1週間後までは出水の余波で増加は低調であったが、出水後2週間程度で平常の現存量程度まで達した。増加が安定していた1週間後から2週間後の現存量の増加速度は4～11 mg-Chl.a m² d⁻¹であった。底生動物は出水後に個体数・現存量ともに増加し、2ヶ月程度で出水前の現存量ほどに増加した。この間の現存量増加速度は1.0～2.7 g m² d⁻¹であった。

付着藻類の回復速度は出水規模や出水後の環境要因の影響を受けず概ね一定であったが、底生動物では季節により回復の傾向は異なった。

また、底生動物の冬季現存量は夏季以降の出水時期に関連し、晩秋などの遅い時期に出水が発生した年の冬季現存量は低い値となった(図2)。

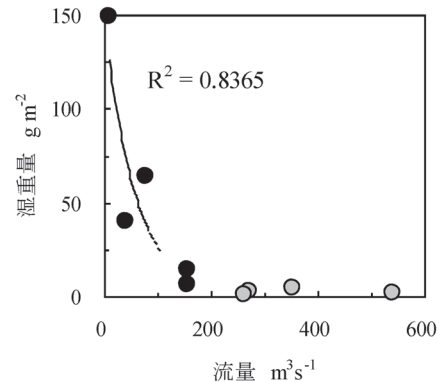


図1 出水直後の底生動物現存量と出水規模

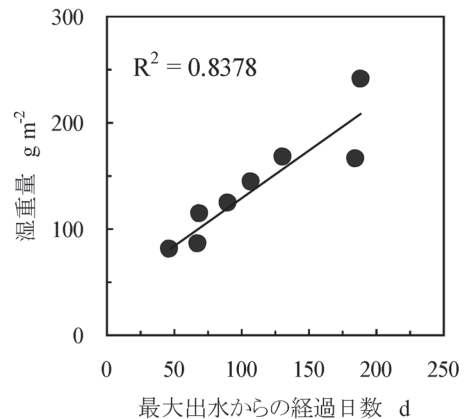


図2 底生動物冬季現存量と出水時期

4. 考察

ダムで流量制御された美和ダム下流河川では、出水での現存量の減少は大きい回復は早かった。底生動物では出水からの経過日数が冬季現存量を規定しており、秋季以降の出水や同時期の人為的な河床改変は、冬季現存量を低下させ、翌春の群集にも影響を及ぼすことを示唆している。

*本研究は国土交通省三峰川総合開発工事事務所発注の委託業務の調査結果を解析したものである。データの公表を許可いただいた同事務所に深く感謝する。

P-006 本州日本海側河川に分布するイワナ属魚類の遺伝的關係について

*河合幸一郎・今林博道（広島大学大学院生物圏科学研究科）

1. はじめに

本州の日本海側流入河川にはアメマス、ニッコウイワナ、ゴギの3垂種のイワナが分布しているが、これらの形態的差異、分類学的位置に加え、分布境界についても議論がある。そこで、ニッコウイワナとゴギの分布境界とされる鳥取県日野川を中心として、これらの遺伝的關係を調べた。

2. 材料と方法

源流域を主対象とした釣獲により採集した31水系由来113個体のニッコウイワナ・ゴギから鋳型DNAを調製し、H15915 (5'-ACCTCCGATCTYCGGAT-3'; Aoyama *et al.* 2000) と H15285 (5'-CCCTAACCCGVTTCTTYG C-3'; Inoue *et al.*, 2000) のプライマーを用いてmtDNAチトクロムb領域の557bpを増幅し、CLUSTAL W (Thompson *et al.*, 1994)を用いてアラインメントし、ハプロタイプ分けした後、PAUP*4.0 (Swofford,

2000)を用い、オショロコマ、カワマス、レイクトラウトを外群とし最大節約法により系統樹を作成した。

3. 結果と考察

計49のハプロタイプのうち、日野川の東側の鳥取県甲川以東のニッコウイワナ域で28、西側の島根県伯太川以西のゴギ域で11タイプが見られ、2タイプのみがニッコウイワナ・ゴギに共通であった。一方、日野川水系では19タイプが見られ、このうち1タイプはゴギ特異的、5タイプはニッコウイワナ特異的であった。また、ゴギ、ニッコウイワナともに複数のクレードにまたがった(下図)。

これらの結果は、ニッコウイワナとゴギとの間に強い生殖隔離が起こっているものの、遺伝的交流が無くなっているわけではないことを示唆するとともに、日野川に両者が混棲していることを裏付けるものと考えられる。

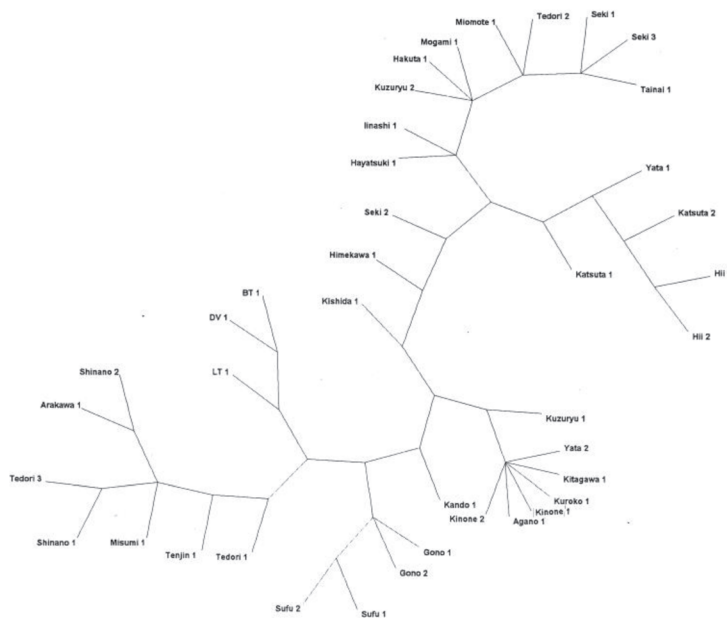


図 東北～山陰地方日本海流入河川に分布するイワナの遺伝的關係

W
E
B
非
公
開
希
望

*鏡味 麻衣子¹、小林達也¹、西廣淳²
¹東邦大学理学部,²東京大学農学生命科学

1. はじめに

オニビシは一年生の浮葉植物で、湖底と水中に根をはり、水面に葉をロゼット状に展開して群落を形成する。千葉県印旛沼では1980年代頃より大繁茂しており、夏場には水面を覆い尽くす。

オニビシは生態系の中で重要な機能を担っていると考えられる。オニビシが作り出す空間構造は、魚や鳥、昆虫など多様な生物の生息場所となっている。さらに、生育中に水中あるいは底泥から窒素やリンを吸収するため、水質浄化機能を持っていると言われている。オニビシを急激に刈り取ると、栄養塩濃度が増加し、植物プランクトンが大発生し水質が悪化したという報告もある。オニビシの大繁茂に適切に対処するためにも、オニビシの生態を明らかにし、オニビシが印旛沼生態系においてどのような役割を担っているのか理解することが不可欠である。

そこで本研究では、印旛沼におけるオニビシの分布、生育密度を測定し、オニビシの葉面積、乾燥重量、CNP含量から、オニビシの生物量と栄養塩吸収量を推定した。また、オニビシの葉を捕食する陸生昆虫、ジュンサイハムシの密度と捕食量を測定することによりジュンサイハムシにより湖外に運ばれる物質を推定した。

2. 方法

調査は、西印旛沼のオニビシ群落が形成されている一本松湖岸にて行った。オニビシの葉の回転速度とジュンサイハムシの世代時間が約3週間であることを考慮し、2009年6月から10月まで3週間おきに行った。10月19日に調査地全体のオニビシが消滅したことを確認した。

1m² コドラートを水面4カ所ランダムに設置し、オニビシのロゼット数とジュンサイハムシの個体数の計数を行った。オニビシのロゼットを3つランダムに選び、葉面積、乾燥重量、CNP含有量を測定し、生物量を算出した。被食量は被食跡から推定した。同時にオニビシとハムシの炭素窒素安定同位体比を測定し、両者の被食捕食関係を推定した。

3. 結果

オニビシの葉のサイズ（面積、乾燥重量、長さ、幅）は6月から徐々に増加し9月に最大となり10月に減少した。生物量は、6月から8月は約36g/m²とほとんど変化が見られなかったが、9月に急増し85g/m²と最大の生物量となり、10月は減少して10月末に消滅した(図1)。

オニビシのハムシによる被食量は、8月に3g/m²と最も多くなったが、葉全体の10%と低く抑えられ

た(図1)。ハムシの個体数は、幼虫は7月に、成虫は8月にピークがみられた(図1)。10月には、越冬個体として陸地に移動したため成虫、幼虫ともに観察できなかったと考えられる。

オニビシの $\delta^{13}\text{C}$ は月によって-28から-25‰の間を変動し、ハムシはオニビシの値と同様の値をとった。 $\delta^{15}\text{N}$ はオニビシが10.8‰、ハムシが13.8‰となり、ハムシはオニビシを主要な餌資源となっていると考えられた。

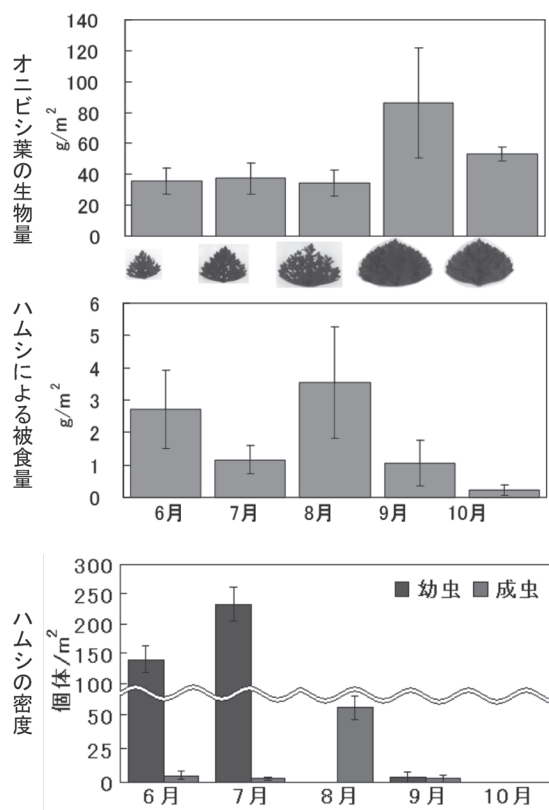


図1 オニビシの生物量、被食量、およびハムシ個体数の変化

4. 考察

年間1m²当たりのオニビシ総生物量、オニビシの乾燥重量あたりの窒素・リン含量(3.4%N、0.8%P)および繁茂面積(948276m²)からオニビシの年間栄養塩吸収量を推定したところ、窒素は約17.6t、リンは4.5tとなった。印旛沼全体の年間栄養塩含量と比較した結果、オニビシは湖水中の窒素の約2%、リンの約13%に相当する量を吸収していることが明らかになった。印旛沼においてオニビシによる栄養塩吸収量は生物として無視できない事が示唆された。ハムシによる被食量は10%と低かったが、窒素300kg、リン70kgが湖外へ運ばれたと推察された。

P-009 ヒシの繁茂が三方湖のベントス・プランクトン群集に及ぼす影響

*加藤義和（東京大学 総合文化）、西廣淳（東京大学 農学生命科学）、
吉田丈人（東京大学 総合文化）

1. はじめに

福井県若狭町に位置する三方湖では、近年、夏季にヒシ (*Trapa japonica*) が水面の大部分を覆うくらい繁茂するようになった。ヒシの繁茂は湖の生物群集や生態系に大きな変化をもたらすと予想されるが、具体的にどのような影響が見られるのかについては、これまでほとんど調査されてこなかった。そこで本研究では、ヒシが密生することによって湖内の物理化学環境およびベントス群集・プランクトン群集に起こる変化を明らかにすることを目指した。

2. 方法

2009年8月（ヒシが最も繁茂した時期）に、ヒシが密生した地点（5地点）・まばらに出現した地点（1地点）・不在の地点（4地点）の合計10地点において、水中の溶存酸素量・クロロフィル濃度・各種栄養塩濃度などの物理化学環境を評価した。また、プランクトンおよび湖底のベントスを採集し、その個体数を計数した。同様の調査を2009年11月（ヒシが枯死した後）にも行い、ヒシが繁茂した8月との比較を行った。

3. 結果

夏季には、ヒシが見られなかった地点の水深1.5m付近までは溶存酸素量が比較的多かった（5~8 mg L⁻¹）。一方、ヒシが密生する地点では、水深50cmですでに溶存酸素量が5mg L⁻¹を下回り、水深1m付近で溶存酸素量が2mg L⁻¹まで低下する地点もあった。

冬季には、湖内全域で溶存酸素量は回復し、どの地点でも水面付近の溶存酸素量は10 mg L⁻¹を上回った。また、水深1.5m付近でも溶存酸素量が5 mg L⁻¹以上の地点がほとんどだった。

クロロフィル濃度は、夏季には湖内全域で一様に

低かったが（約10μg L⁻¹）、冬季には8月の数倍（20~100μg L⁻¹）にまで増加した。

夏季において、ヒシが密生する地点では、ユスリカ幼虫や貧毛類は極めて少なく（<50 個体/m²）、センチュウの仲間が優占していた（およそ100-10000 個体/m²）。冬季には、夏季にヒシが密生していた地点でもユスリカ幼虫や貧毛類が著しく増加していた（およそ50-1000 個体/m²）。

4. 考察

クロロフィル濃度が夏季に低かったのは、ヒシが水面を覆うことによって光が十分に水中に届かず、植物プランクトンの生産が妨げられたからだと考えられる。

ヒシが密生することにより、溶存酸素量の低下および水中に達する光量の減少という大きな変化が起こることが明らかになった。この二つの環境変化が他の水生生物にもたらす影響は、酸素量や光量が制限されることによる直接的な生存・生育の阻害のみならず、餌となる生物の増減あるいは捕食者の増減を通じて生物群集全体に波及する可能性がある。夏季に、ヒシの密生する地点ではユスリカ幼虫や貧毛類が極めて少なかったことも、ヒシの繁茂によって酸素量が制限されたためかもしれない。ヒシは、生息場所の物理化学環境を大きく改変するだけでなく、生物群集の構造をも大きく改変する種（生態系エンジニア、キーストーン種）であるといえよう。

W
E
B
非
公
開
希
望

P-011 Food web analysis of recently constructed Fei-Tsui Reservoir, Taiwan: A comparison with the ancient Lake Biwa

*Noboru Okuda, Yoichiro Sakai & Kayoko Fukumori (Ctr Ecol Res, Kyoto Univ)
Shao-Min Yang & Chih-Hao Hsieh (Inst Oceanogr, Nat Taiwan Univ)
Fuh-Kwo Shiah (Res Ctr Environ Change, Acad Sinica)

1. Introduction

Management of reservoirs has traditionally attached great importance to water quality control because their main function is to supply drinking water. At present, however, there is an increasing need to evaluate their ecosystem functions and services to reach post-2010 targets for the Convention on Biological Diversity.

Stable isotope analysis (SIA) is a promising tool to characterize ecosystem properties, especially food web structure, which delineates energy flow driven by trophic interactions within the ecosystem. It is also useful in detecting ecosystem alterations under anthropogenic disturbances. Here we conducted the food web analysis for Fei-Tsui Reservoir, which was recently established in Taipei and has the potential for environmental changes due to global and local human impacts, using the SIA to assess its initial condition for the forthcoming long-term monitoring. We also intended to compare its food web structure with that of Lake Biwa, which is similar in lake morphology but has a long evolutionary history.

2. Materials and methods

We collected a total of 45 samples including 10 fish, 2 macrozoobenthos and 4 zooplankton taxa from coastal and pelagic waters of Fei-Tsui Reservoir, together with four basal food sources, POM, epilithon, sediment and leaf litter. No profundal zoobenthos were found in Ekman-Berge grab samplings. We measured $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ for these samples using a mass spectrometer (Finnigan MAT Delta-S, Germany), defined as per mil (‰) deviation from the standard in the following equation:

$$\delta^{13}\text{C} \text{ or } \delta^{15}\text{N} = (R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}} - 1) \times 1000 \text{ (‰)}$$

where $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ or ${}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$. The standard is Pee Dee belemnite limestone carbonate for $\delta^{13}\text{C}$ and atmospheric nitrogen (N_2) for $\delta^{15}\text{N}$. The analytical precision is 0.1 ‰ both for $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$.

We estimated trophic position of animals embedded within the food web, based on their isotopic signatures and those of their putative basal food sources, as follows:

$$\begin{cases} f_1 + f_2 = 1 \\ f_1\delta^{13}\text{C}_1 + f_2\delta^{13}\text{C}_2 + \Delta\delta^{13}\text{C}_{ef}*(TL - 1) = \delta^{13}\text{C}_{cons} \\ f_1\delta^{15}\text{N}_1 + f_2\delta^{15}\text{N}_2 + \Delta\delta^{15}\text{N}_{ef}*(TL - 1) = \delta^{15}\text{N}_{cons} \end{cases}$$

where f_1 and f_2 represent the proportion of reliance on two major primary producers, POM (i.e., phytoplankton)

and epilithon (i.e., benthic microalgae), respectively. $\delta R_1, \delta R_2, \delta R_{cons}$ ($R = {}^{13}\text{C}$ or ${}^{15}\text{N}$) are isotopic signatures of POM, epilithon and each focal consumer, and TL trophic level. $\Delta\delta^{13}\text{C}_{ef}$ and $\Delta\delta^{15}\text{N}_{ef}$ stand for trophic enrichment factor, assuming that consumer's $\delta^{15}\text{N}$ is enriched by 3.4‰ relative to its diets and its $\delta^{13}\text{C}$ by 0.8‰.

3. Results and discussion

The food web configuration of Fei-Tsui Reservoir was depicted in Fig. 1. Among invertebrates, zooplankton showed more depleted values of the $\delta^{13}\text{C}$, while coastal shrimps (no.11) enriched the $\delta^{13}\text{C}$ with its high reliance on benthic algal production (83.9%). Fishes occupied a variety of trophic positions, with a catfish (no.6) showing the highest trophic level (3.84 TL) as a top predator of this reservoir. Three fish species highly relied on pelagic production (73.8% on average): one is newly settled juvenile gobies (no.10) which has the pelagic stage during its amphidromous migration, one a pelagic species introduced from Lake Biwa (no.5), and the remaining one a fluvial benthic predator (no.8), which might rely on terrigenous organic matter in river but not in pelagic habitats. Excluding these three species and one coastal exotic species, adult native fishes showed on average 80.9% of the benthic production reliance. It contrasts with Lake Biwa in which the benthic production reliance is 27.4% for the whole fish community. These two ecosystems are similar in lake morphology, i.e., deep pelagic waters, but quite different in their geological ages, suggesting that native fishes from Fei-Tsui Reservoir have fluvial origin and its lentic history is too short for them to adapt to newly created pelagic environment.

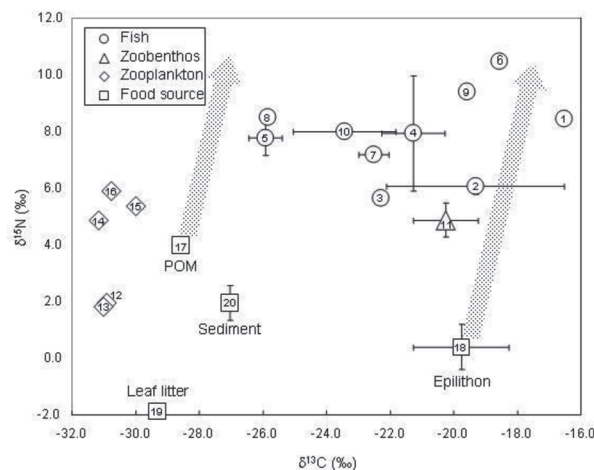


Fig.1 Trophic position of each organism in a food-web of Fei-Tsui Reservoir.

*川口和也・河合幸一郎・今林博道（広島大学大学院・水族生態学研究室）

<研究目的>

ユスリカの仲間には極限環境に適応している種類があり、乾燥地帯、潮間帯、酸性湖などの過酷な環境下で生息している種類がいる。今回の研究ではあまり研究が行われていない、酸性湖に生息している種についての知見を得るために、①累代飼育②酸耐性実験の2つの項目について、サンプリングを行い採取した酸耐性ユスリカで比較を行った。

<方法・結果>

1. サンプリングを行った結果、宇曾利湖（青森県）、潟沼（宮城県）、雲仙温泉（長崎県）、硫黄谷温泉（鹿児島県）で、酸耐性ユスリカを得ることができた。サンプリングの際に現地での pH 値を測定し、幼虫、成虫を採取した。採取した成虫から標本作製し同定した結果、4種類とも異なる種類であった。

2. 採取したユスリカを研究室に持ち帰った後、現地の水+土壌を用いたものと、水道水+牛乳寒天培地を用いたもので累代飼育を行ってみた。寒天培地の組成は牛乳 2%、寒天 1%で作成した。結果としては、どの酸耐性ユスリカも現地の水+土壌を用いたものではしばらくしたら絶えてしまった。水道水+寒天培地を用いたものでは、潟沼で採取した種はすぐに耐えてしまったが、雲仙温泉、硫黄谷温泉で採取したものは飼育、累代がうまくいった。このことからこの2種類に関しては必ず酸性条件下でなくてはならないというわけではなさそうである。（宇曾利湖で採取したユスリカは運搬で絶えてしまった。）

3. 累代に成功した2種類のユスリカを対象に酸耐性実験を行い酸耐性能力の比較を行う事にした。硫酸溶液を使用して、合計 11 の実験区分を作成しこれらをシャーレに入れその中にユスリカ幼虫を5匹ずつ入れた。その後、気温 25°C（水温約 20°C）の実験室で 24 時間置いて、24 時間後の生存数を

調べた。わずかに動いているものも生存固体としてみた。

結果は雲仙温泉から採取したユスリカは pH1.7 以上、硫黄谷温泉から採取したユスリカは pH1.97 以上の pH なら生息が叶だという事が分かった。雲仙温泉の pH 値が 2.69、硫黄谷温泉の pH 値が 3.8 であったので、この結果から今回実験に用いた2種類のユスリカは現地の pH 値よりも低い pH 値で生息可能であり、高い酸耐性能力を有している事が分かった。

<課題>

今回採取したユスリカのうち、2種類で耐性実験を行った。生存可能 pH は2種類で異なっていたが、その差は約 0.3 と小さかった。この2種類のユスリカ幼虫の酸耐性のわずかな差が何によるものかを詳しく調べてみる必要がある。

W
E
B
非
公
開
希
望

*池田雄基（広島大学大学院 生物圏科学研究科）

1. はじめに

ユスリカ幼虫は、河川や湖において水質改善者としての役割を担っていることが知られている。ユスリカ幼虫による水質改善とは、急速にデトリタスを摂食して生長し、羽化することによる有機物除去能と、幼虫期の生理学的・生態学的特性に依存する水質浄化能の2つを指す。本研究では後者について扱い、水中のリン酸態リンに着目して、種ごとの生態とそれによって及ぼされる水質への影響の違いについて明らかにすることを目的としている。

2. 実験材料・方法

予備実験にて浄化能力が示されたセスジユスリカ *Chironomus yoshimatsui*、ハイイロユスリカ *Glyptotendipes tokunagai*、ヤモンユスリカ *Polypedilum nubifer*、ウスモンユスリカ *Polypedilum nubeculosum* の4種（デトリタス食性・採集摂食者）と、藻類食性・剥ぎ取り摂食者であるヨドミツヤユスリカ *Cricotopus sylvestris*、ろ過摂食者であるユミナリホソミユスリカ *Dicrotendipes nervosus* の6種を用いて実験を行った。

リン酸態リン濃度 $60 \mu\text{g/ml}$ の水 150ml に付着性藻類 0.02g（乾燥重量）、ユスリカ 3,4 齢幼虫 50 個体をいれ、1 週間リン酸態リン濃度の変化をみた。また、摂食量の計測と、ユスリカ幼虫の実験期間中の行動観察を行った。

3. 結果・考察

藻類食者であるヨドミツヤユスリカ以外の5種で浄化能力が認められた。5種の中で最も高い浄化能力を示したのはろ過摂食者であるユミナリホソミユスリカで、次いでウスモンユスリカ、ヤモンユスリカ、ハイイロユスリカ、そして最も低かったのはセスジユスリカであった。摂食量では浄化能力と反対

の傾向が見られ、多いものから順にセスジユスリカ、ハイイロユスリカ、ヤモンユスリカ、ウスモンユスリカ、ユミナリホソミユスリカであった。行動観察から、実験期間中にセスジユスリカの一部で巣管を作らずにデトリタスに群がって摂食するという習性が見られた（他の4種はほとんど巣管の中で煽動運動を行いながら摂食していた）。また、巣管の大きさを5種の間で比較すると、ユミナリホソミユスリカで最も大きく、他の4種はほぼ同じ大きさであった。

以上の結果から、ユスリカ幼虫の浄化能力は、周囲のデトリタスを粘液で固めて巣管を形成することでリン酸態リンの溶け出しを抑制する富栄養化抑制能力であると考えられる。摂食量の違い、また藻類食者であるヨドミツヤユスリカで浄化能力が認められなかった点なども考慮すると、最も高い浄化能力が期待される種類は、大きな巣管を作り、さらにリン酸態リンを吸収する藻類をあまり食べない種類であると考えられる。今回、摂食の効果はほとんど認められなかったが、これは実験系が小さく、密度が低かったためと考えられる（より大きな実験系でより高い密度での実験を長期間行えば、大きな効果があると考えられる）。

*平塚智子（東京大・新領域）、山室真澄（東京大・新領域）

1. はじめに

ハス *Nelumbo nucifera* Gaertn. は、日本国内の本州・四国・九州のため池や湖沼と広く生育している。ハスは、浮葉と立葉の2種類の葉身を持ち、底泥内に地下茎を持つ水生植物である。富栄養化環境において、地下茎による栄養繁殖によって旺盛に繁殖することが知られており、多くの国内湖沼での生育域の拡大が観察されている。ハスは葉が繁茂する時期には、浮葉によって水表面、さらに立葉によって水面より上を覆う。そのため、水面下環境への光の透過の阻害や、他の水生植物の生育阻害などの影響を及ぼしていることが推察される。更に、密集して生育することにより船舶航行の阻害や水質や漁業への影響などの問題が生じている。一方で、ハスを含む水生植物には、水中の栄養塩類を体内に取り込むこと、懸濁物質の沈降・吸着を促進することにより、水質改善を図ることも期待されている。

本研究では、千葉県北西部に位置する手賀沼において、ハス群落が水環境に及ぼす影響を評価することを目的とする。

2. 材料と方法

2-1. 調査地

手賀沼は、千葉県北西部の都市部に位置しており、沼面積 6.5km²、最大水深 3.8m、平均水深 0.86m で容量 560 万 m³ を有する河川による堰止湖である。周辺は住宅地に囲まれており、流域面積は 14,398ha、流域内の人口は 497.6 万人の都市部に位置する沼であり、水質は過栄養化している。手賀沼では、1970 年代からの水質悪化や護岸工事などにより沼内の水生植物は消失しており、現在は沼岸に抽水植物群落、沼内ではハス群落が存在するのみである。対象としたハス群落は 1964 年 5 月以前の空中写真には写っておらず、1965 年 9 月撮影の空中写真では、群落の面積は 1.5ha であった。2009 年の群落の面積は 18.7ha に達しており、毎年拡大し続けている。

2-2. 調査項目

調査はハスの生育段階に合わせて年に 4 回行った。水質・底質調査は、ハス群落内外における流動状況と植物体の繁茂状況から、群落内 4 箇所と群落外 2 箇所を選定し行った。また、群落中央と沿岸部において夏季 4 日間の連続観測を行った。各地点で植物体を採取し、植物体内の栄養塩類濃度と炭素・窒素安定同位体比を測定した。

3. 結果

水質調査から、水中光量子の値が、群落外で最も高い 1514.97 $\mu\text{mol sec}^{-1} \text{m}^{-2}$ が観察された時間に、群落内では 22.87 $\mu\text{mol sec}^{-1} \text{m}^{-2}$ を示した。また、夏季 4 日間の連続観測中には日中においても群落内では 0 $\mu\text{mol sec}^{-1} \text{m}^{-2}$ を記録することが多く観察された。連続観測中に、群落内では溶存酸素量の最低値が 1.66mg L⁻¹ を示した。

水質浄化作用である栄養塩類の吸収や懸濁物質量の捕捉・沈降促進効果は、地点内でばらつきが見られ、群落内外での大きな差は見られなかった。

植物体内の窒素安定同位体比の値は、季節ごとの差は見られなかった。一方、炭素安定同位体比は、夏季に変化が見られ、植物体の密度が高い沿岸域では、夏季に値が低くなった。

4. 考察

調査結果から、ハス群落内の環境について検討した。水質結果から、群落内では水面下に光が十分に届いておらず、嫌気環境が誘発されることが示唆された。炭素安定同位体比の値が低くなったことから、特に沿岸域で嫌気環境が誘発されていることが明らかになった。その結果として、水面下では貧酸素状態となり、硫酸還元反応により底質から硫化水素が発生していることが示唆された。加えて、ハスは水面上の葉によって大気とのガス交換を行い、酸素を大気中に、二酸化炭素を水中に放出する。そのため群落内は、貧酸素化と嫌気環境が促進されやすい環境にあることが推察された。生物調査からもハス群落では、他の水生植物群落や開放水面と比較して生物相が貧弱であることが確認されている。この原因として、貧酸素環境や硫化水素の発生の影響が大きいことが推察された。

ハスの環境浄化作用について検討した。結果より、仮に最も植物体が繁茂している 8 月に群落内のすべての植物体を刈り取ったとしても、その除去量は手賀沼への流入量の 2-3 日分にしかならず、効果は非常に限定的であることが明らかになった。

更に、2 種類の葉身によって水面を覆うことや旺盛な繁殖力による拡大によって、他の水生植物への影響を及ぼすことが示唆された。

ハス群落内では、ハスの密度の違いによって水質や底質の結果が異なっていた。本調査結果から、密度と環境影響について評価することは、全国的に拡大しているハス群落の管理方策につながると考えられる。

*石井裕一¹⁾, 矢部徹¹⁾, 玉置雅紀¹⁾, 中嶋信美¹⁾, 中村雅子²⁾, 芝原達也³⁾, 井上智⁴⁾, 岩淵美香⁵⁾, 立本英機⁶⁾

¹⁾国環研・生物, ²⁾鳥取大院・連合農, ³⁾(社)アーバンネイチャーマネジメントサービス, ⁴⁾横浜・環科研, ⁵⁾川崎・公害研, ⁶⁾千葉大・工

はじめに

東京湾, 大阪湾, 博多湾など後背地に大都市を抱える国内各地の閉鎖性海域では, 干潟や藻場などの沿岸域浅海域において, 異常増殖した大型緑藻アオサ類が堆積するいわゆる「グリーントイド(緑潮)」の発生が報告されている。このグリーントイドによって漁業被害や悪臭, 景観悪化など生態系サービスの低下が引き起こされ, 各地で新たな環境問題として認識されている。グリーントイドを形成する浮遊性アオサ類には, 従来から国内に広く分布していたアナアオサ (*Ulva pertusa*) やリボンアオサ (*U. fasciata*) などが挙げられるが, 近年になり南方系の新種ミナミアオサ (*U. ohnoi*) の存在が報告された。各地の沿岸浅海域において *U. ohnoi* の侵入が報告されているものの, その多くが低頻度あるいは局所的な試料採取に基づくものであり, 同種の侵入状況については定性的な情報のみに限られているのが現状である。

本研究では, 沿岸浅海域においてグリーントイドを形成するアオサ類の種別現存量およびその季節変化を定量的に把握し, 対象水域への *U. ohnoi* の侵入状況の把握とグリーントイドへの同種の寄与を評価することを目的としている。本講演では, 東京湾内に設けた複数のモニタリングサイトでの調査結果を報告する。

方法

東京湾内の7ヶ所の浅海域(野島公園, 東扇島東公園, 三番瀬, 谷津干潟, 千葉ポートパーク, 牛込干潟, 富津干潟)を調査地点とした(Fig.1)。各地点での調査は2009年10月(秋季), 2010年1月(冬季), 4月(春季)および7月(夏季)の4回実施した。谷津干潟については2009年5月から1回/月の頻度で調査を実施した。各地点において50cm×50cmのコードラートを用いてアオサ類の採取を実施し, アオサ類のバイオマスおよび層数の計測を行った。各コードラートからアオササンプル複数個体を無作為選定し, 種同定を行った。各サンプル断片(5mm×5mm)からDNAを熱抽出(95°C, 10分, 100mM Tris-HCl, 1M KCl, 10mM EDTA)した後, PCRによりITS2領域を増幅した(Mighty Amp DNA Polymeraseを使用)。PCR産物のダイレクトシーケンスによる塩基配列の決定, あるいは制限酵素断片の多型解析(CAPSマーカー法)により種の同定を行った。

結果と考察

秋季には何れの調査地点においてもグリーントイドの発生が確認された。多くの地点では, その後グリーントイドは消失し, 冬季から夏季にかけてはアオサ断片が僅かに存在するのみであった。谷津干潟のみは, 他の調査地点と異なりグリーントイドは年間を通して発生してい

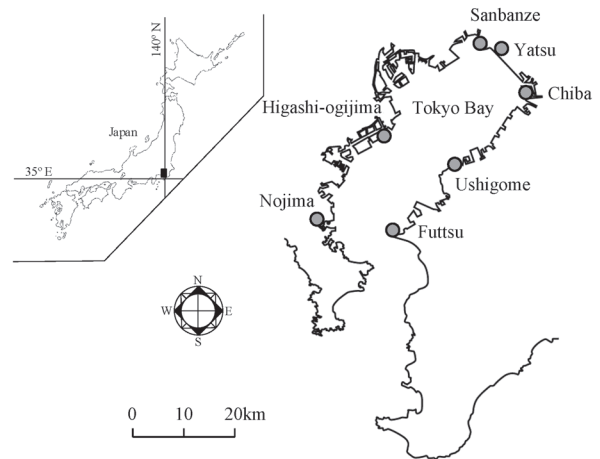


Fig.1 調査地点

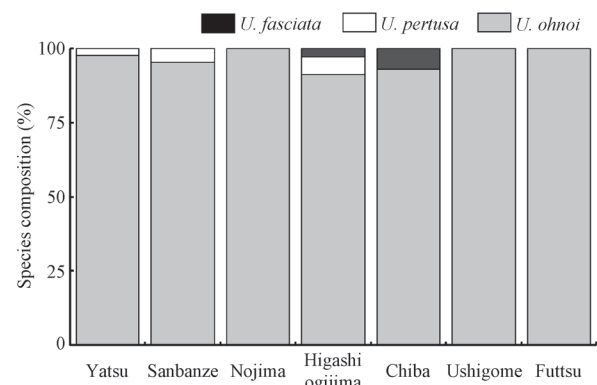


Fig.2 各調査地点におけるグリーントイド形成アオサ類の種構成比

た。そのバイオマスは夏季に最小値, 冬季に最大値が観測され, 季節変動パターンも異なっていた。

各調査地点において秋季にグリーントイドを形成していたアオサ類の種構成比を Fig.2 に示す。何れの調査地点においても *U. ohnoi* が最優占種であり, 在来種である *U. pertusa*, *U. fasciata* の存在比率はきわめて小さいことが確認された。また谷津干潟では, 年間を通して *U. ohnoi* が最優占種となっていた。

以上の結果から, 東京湾で環境問題となっているグリーントイドは, いずれの調査地点においても *U. ohnoi* の侵入に起因するものと推測された。

本研究の一部は, 国環研と地環研とのC型共同研究「浅海域の干潟・藻場における生態系機能に関する研究」における情報・意見交換を介して実施された。関係各位のご協力に謝意を表す。

【はじめに】

沿岸帯における特徴的な植生構造は本来、河川の氾濫など不定期な攪乱により維持されてきた。その一方で人間の安全と快適のためになされた治水・利水や水資源管理の結果、自然攪乱は減少し、植生遷移が進行し、ヨシ原を始めとした沿岸帯固有の生態系は衰退しつつある。

本研究では、現在の水位管理されたヨシ原生態系における沿岸微地形および沿岸地形の特徴に注目し、それぞれに応じた栄養塩供給と攪乱強度の多様性を、野外調査と野外実験を交えて検討してきた。それらの結果から、現在の沿岸ヨシ原の維持機構とその生態系機能を決定する要因を検討することを目的としてきた。

【方法】

2.1 調査地点

霞ヶ浦西浦沿岸において、2005年以降、奥行き40m以上の植生帯が発達していた3地点、土浦入り/右岸41.25km地点、小野川河口/右岸25km地点及び新利根川河口/右岸5km地点(図1)を調査場所として選定した。

2.2 植生調査

湖岸堤防を基準に湖心に向かってライントランセクトを設置し、5m間隔で1m²のコードラートを設置した。各コードラート枠内において植生調査を行い、構成種の被度と平均草高を測定した。

2.3 表層水及び間隙水の採取と分析

国交省の許可を得て、各地点で湖側、陸側に採水場所を設け、塩ビ管製の井戸を採水口が深度5,15,50cmに位置するように設置し、毎月採水を実施した。試水はオートアナライザーによる栄養塩分析及び一部は採水前後の雨水とともに酸素安定同位対比の計測に供した。

2.4 土壌コアの採取

各地点それぞれ湖側、中央、陸側の3カ所で深さ約1m直径7.5-10cmのコアサンプルを採取し、土壌柱状図を作成した。

【結果と考察】

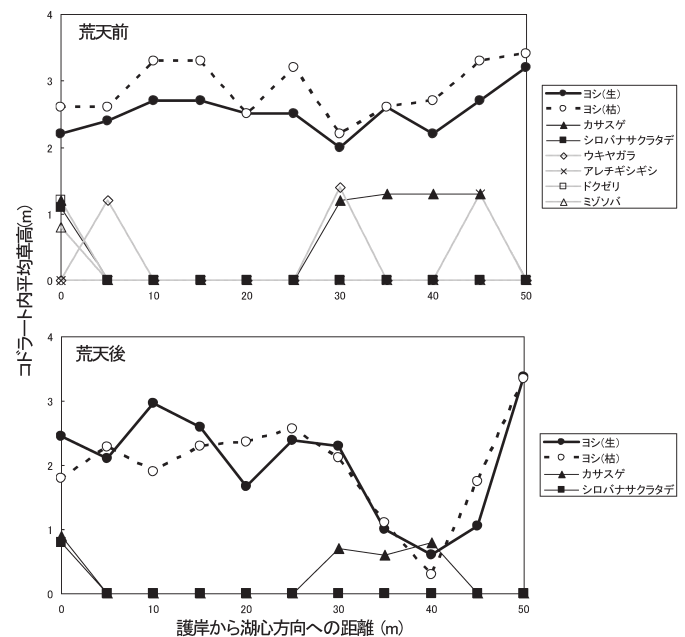
間隙水中の栄養塩、特に窒素の挙動を把握し、優占種であるヨシの成長との関連についての知見を得た。また、湖水と酸素安定同位体比の異なる雨水をプローブとして、降雨及び降雨直後の水位上昇による越入水の植生帯内表層水及び地下間隙水への移動についての知見を得た。さらに、

土壌コアの解析により土壌間隙水の移動性と土性の関連を考察する。

霞ヶ浦のヨシ帯は陸上からの栄養塩の供給を護岸により遮断されており、物質の移動は湖水の越入及び水位低下時の持ち出し、間隙水の交換及び降雨による栄養塩の供給並びに生物による分解や固定により成り立っていると予測される。調査中に観測された荒天による急激な水位変動により生じた地形と植生の変化(図2)について検討し、沿岸植生帯の衰退の原因についても検討する。



(図1)調査地



(図2)新利根川河口/右岸5kmにおける2006年10月23-24日の荒天による植生破壊。上は2006年6月21日、下は10月30日に実施した湖岸植生ライントランセクト調査の結果。

P-018 洞爺湖における最近の動植物プランクトンの動態と食物網について

*傳法 隆^{1,2}, 吉田 悠貴¹, 上田 宏^{1,2}

(¹北海道大学大学院環境科学院, ²北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)

1. はじめに

北海道南西部に位置する洞爺湖は、湖水面積 71.2km², 最大水深 179.7m, 容積 8.19km³ の火山性カルデラ湖で、その南岸には周期的に噴火を繰り返す有珠山が聳えている。本湖は、これまでに人間活動や天然災害による攪乱を度々受けてきた。始めに、人為的攪乱としては、公共下水道が設置される前の温泉町からの汚水による水質汚濁があり、これにより一時湖水の富栄養化が進行した(1960年代)。また、1939年に水力発電の目的で上流の硫黄鉱山の強酸性排水を含む長流川の河川水を導水管により洞爺湖に導入したため、湖水のアルカリ度が徐々に低下し、1970年にはpHが5.5以下まで酸性化した。これにより、1960年代前半まで年平均40トンあったヒメマス漁獲量がほとんど獲れなくなるという生態系への大きな影響も見られた。次に、天然災害による攪乱としては、20世紀に入ってから4度の噴火があり、噴火の際に降灰もしくは泥流として流入する火山灰から洞爺湖に於いて植物プランクトンの成長制限因子となっているリンが溶出し、それにより湖の基礎生産力が増大している可能性が示された。

本研究では、2000年3月の有珠山噴火とその後の洞爺湖の物理化学的環境の変化が湖内食物網に与えた影響について評価することを目的とし、定期環境モニタリングの他に、胃内容物解析及び安定同位体比解析を行い、Fujiwaraら(2000)が行った噴火前年までの結果と比較した。

2. 材料と方法

水温、透明度、クロロフィル *a* 濃度、及び動物プランクトン量の経年変化などの環境・生物モニタリングデータは、北海道大学洞爺臨湖実験所で行っている定期モニタリングデータを用いた。胃内容物解析並びに安定同位体比解析に供する試料は、実験所前浜の沿岸帯もしくは最大水深部の沖帯において、2008年5月から2009年11月にかけて、魚類、無脊椎動物、植物プランクトン(POM)、付着藻類、及び水生植物の別に採集した。捕獲した魚類は、尾叉長・体重を計測した後消化管を摘出し、胃内容を種類ごとに計数した。また、安定同位体比測定のための乾燥試料は、ホモジナイズ後脱脂処理し、乾燥粉末化した後、安定同位体質量分析計(Finnigan MAT社、MAT252)に供した。

3. 結果

有光層に於けるクロロフィル *a* 濃度は、2008年から2009年にかけて増加傾向を示し、2009年5月に2.3µg/lの最大値を示した。動物プランクトンは、2008-2009年とも、小さなミジンコである *Bosmina* が優占し(10個体前後/L)、大きなミジンコである *Daphnia* は、2008年夏と2009年の秋にわずかに出現しただけであった(1-1.5個体/L)。一方、2009年のケンミジンコの現存量は2008年の1/2以下に減少した(0.5-1.0個体/L)。

胃内容物解析では、沖帯に於いて、サクラマスがもっとも強い魚食性を示した。大型ヒメマスは、一年を通して小魚(ワカサギ)とヨコエビを捕食し、夏季には動物プランクトンも多く利用するなど幅広い摂餌選択性を示した。小型ヒメマスと中型ワカサギは、夏季には動物プランクトンを捕食し、冬季には小魚とヨコエビを捕食するなど両種は年間を通して餌に対する競合性が見られた。また、ワカサギは体長が大きくなるにつれて、小魚とヨコエビを中心とした食性に変化した。沿岸魚であるエゾウグイ、ウキゴリ及びヨシノボリは、ユスリカ幼虫や水生昆虫などの底生無脊椎動物を主に捕食していた。

安定同位体比解析では、沿岸帯の一次生産者のδ¹³Cと沖帯の一次生産者のδ¹³C値が大きく異なっていた(14.4‰)ため、食物網構造において、沿岸帯由来の炭素と沖帯由来の炭素を容易に弁別できた。δ¹⁵N値は一次生産者が最も低く、枝角類、ヨコエビ・ユスリカ、ケンミジンコ、魚類・スジエビの順に大きくなっていったが、多くの魚種のδ¹⁵N値が9‰付近に集中していた。有珠山噴火以前の安定同位体比解析のデータ(1998年4月~1999年9月)との比較では、サクラマス・ヒメマス(15cm以上)・ワカサギ(8cm以上)の沖帯魚で、δ¹³C値とδ¹⁵N値とも2.0‰程度の減少が見られた。

4. 考察

有珠山噴火前後における沖帯魚の安定同位体比の変化は、噴火後洞爺湖の基礎生産力が増大したため、動物プランクトンの現存量が増加し、また大きなミジンコである *Daphnia* も出現するようになったことから、ヒメマスなどのプランクトン食魚の食性が底生生物から動物プランクトンへシフトしたことが原因と考えられる。

*馬場俊介(東大院・農)、赤坂宗光・高村典子(国立環境研究所)

1. はじめに

沈水植物群落は湖沼の水を透明な状態に保ち、多くの動植物の住処を提供するなど、高い生態的機能を有する。しかし、沈水植物の種の25%がレッドリストに記載され(角野 1994)、種の存続が危ぶまれている。

沈水植物の成長に及ぼす環境要因について、全リンが多い場所や透明度が悪くなり光環境が十分でない場所(Scheffer 1993)、もしくは底泥に泥が多い場所(Barko 1991)、は成長に適さないことが示されている。本研究では、沈水植物が繁茂する環境はどのような環境なのかを明らかにするために、今まで判明している環境要因も含め、在来の沈水植物が数多く残る青森県小川原湖を対象に現存量と環境要因との関係を調べた。

2. 方法

調査は2009年の6月と8月の二回、湖全域の沿岸部に52地点を設けて行った。調査地点では、水深、光条件、底泥の粒度と有機物含量、及び水質を測定した。さらに0.3×0.4mの方形区を二つ設置し、それに含まれる植物を潜水にて全て採取し、種別に乾燥後、計量した。小川原湖で盛んなシジミ漁の攪乱が沈水植物の現存量に関係するのかわかるために操業者を対象にアンケート調査を行った。

各種現存量と環境要因との関係を明らかにするために冗長性解析を、総現存量と環境要因との関係を明らかにするために回帰木を用いて解析を行った。

3. 結果と考察

二回の調査で6月は11種の沈水植物が確認され、8月は15種の沈水植物と、マリモ類が確認された。

8月の各種現存量と環境要因との関係を冗長性解析により調べたところ(図1)、ヒロハノエビモ、イトモ、マリモ類はその他11種と比較して、水深が浅く、底泥に礫が多く、有機物含量が少ない地点で少なかった。加えて、イトモは消散係数が高い地点でも現存量が多かった。イバラモは全リンが多い地点、攪乱頻度が高い地点で現存量が多い傾向があった。

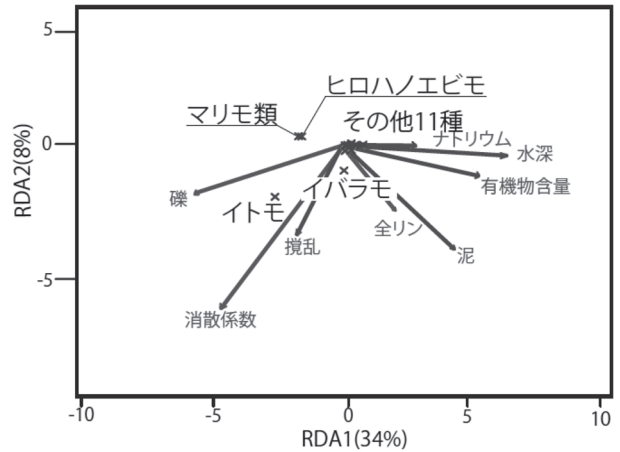


図1. 各種現存量と環境要因との関係

8月の総現存量と環境要因との関係を回帰木で調べたところ(図2)、沈水植物の現存量は、まず水深2.7m以下に集中して多く、さらに礫が底泥に8.7%以上含まれる地点で最も多かった。また、礫が8.7%未満でも泥が0.6%未満の地点で多かった。

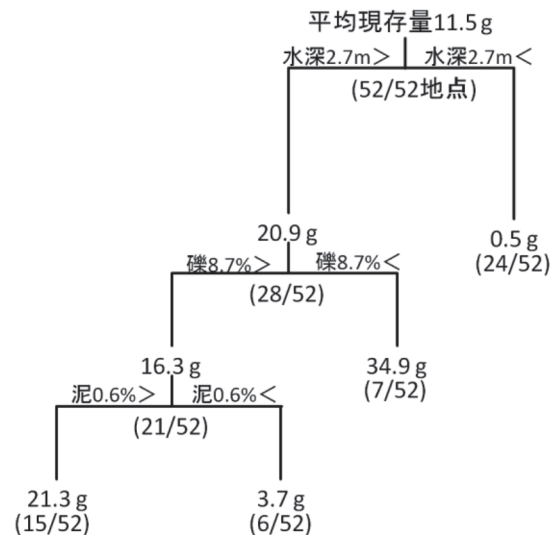


図2. 回帰木による沈水植物の8月の総現存量と環境要因との関係。平均現存量：(乾重/方形区)

4. 参考文献

角野 康郎 (1994):日本水草図鑑
 John W.Barko et al (1991):Aquatic Botany 41
 M.Scheffer et al (1993):Tree 8

*八巻礼訓（東大院・新領域），山室真澄（東大院・新領域）

1. はじめに

湖沼沿岸植物群落においては、植物の茎や葉などが水中に様々な環境を提供し、多くの動物が集まる。魚類に関しても例外ではなく、多くの魚類が沿岸植物群落を生活の場としている。生物多様性を保全するためにも、今後の水産資源を確保するためにも、沿岸植物群落が動物に与える影響の評価と、その適正な管理が必要である。

富栄養化が進行している日本の都市平野部湖沼では、抽水植物と浮葉植物の繁茂が目立つ。抽水植物は魚類生息場としての有用性が確認されている一方、ハスなどの浮葉植物が魚類の生息環境に与える影響に関する研究は少ない。

そこで本研究では、富栄養化の進行した都市平野部の浅い湖沼において、ハス群落による魚類生息環境への影響を抽水植物群落と比較することで、魚類生息への影響を評価し、魚類生息環境改善への有用性を検討することを目的とした。

2. 材料と方法

千葉県北西部に位置する手賀沼を調査地とし、湖沼内のマコモ群落・ハス群落を対象とした。

調査項目は生物相調査（魚類、昆虫、ベントス、動物プランクトン）とその炭素・窒素安定同位体比である。

炭素・窒素安定同位体比により、沿岸植物群落間における食物連鎖を把握し、餌環境を評価した。

3. 結果及び考察

生物相調査の結果、マコモ群落・ハス群落の魚類の種数・個体数はそれぞれ14種459個体、4種208個体であり、マコモ群落のほうが圧倒的に多かった。

炭素・窒素安定同位体比の測定結果を図1に示す。マコモ群落での優占種となる魚類（モツゴ、トウヨシノボリ）の餌生物はユスリカの幼虫、アメンボで

あった。一方、ハス群落における優占種（モツゴ、トウヨシノボリ）の餌生物はユスリカの幼虫とイネネクイハムシ（6.0~6.8mmほどの甲虫）であった。これまでにモツゴが陸生甲虫を食べるといった報告はない。ユスリカの幼虫を好んで食べるとされるモツゴが、水面へ浮上してイネネクイハムシを食べているとすれば、ユスリカの幼虫を食べにくくする何らかの要因があると考えられる。

ハス群落はマコモ群落とは異なり、葉による水面の被覆面積が多い。そのため、水中における光合成が阻害され、嫌気環境になる。嫌気環境では硫酸還元反応が生じ、硫化水素が発生する。硫化水素は生物にとって極めて強い毒性を示す。硫化水素は底泥を発生源とするため、モツゴは沼底での採餌を避け、イネネクイハムシを食べている可能性がある。魚類相の乏しさについても硫化水素による生物体への害、採餌が困難であること、貧酸素化で住みにくい環境にあるためと考えられる。

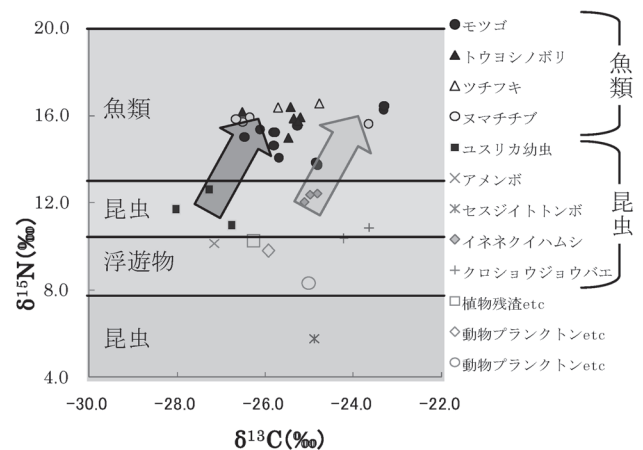


図2.炭素・窒素安定同位体比（ハス群落）

W
E
B
非
公
開
希
望

P-022 水生ミミズ (*Dero. limosa*) の試験生物化と重金属の急性毒性影響に関する研究

多田 満、*小神野豊 ((独) 国立環境研究所)

1. はじめに

水界(河川、湖沼など)に流入した化学物質はその殆どが水中で分解し消失されるが、重金属などは分解されず、沈降して底質に吸着し、残留して生物濃縮され、生物や生態系に悪影響を及ぼすことが懸念されている。現在、OECDの底質の試験生物として、ユスリカやヨコエビ、イトミミズが推奨されている。そこで今回新たに、底質における試験生物化を目的として、水生貧毛類のウチワミミズ (*Dero. limosa*) について、生態特性と重金属 (Cu) の急性影響を調べたので報告する。

2. 試験方法

2.1 餌量試験

①100 ml の飼育水(脱塩素水)の入ったビーカー(100 ml 容量)に、ウチワミミズ 1 個体(体長 8.84 ± 1.09 mm)を入れ、室温 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、光周期 16L8D の条件下で試験を行った。配合飼料(クランブル 4C)を餌として、0、1、2、3、4、5 粒(1 粒、約 10 mg)をそれぞれ与え、1 週目から 4 週目までの増殖数を計測した。

②藻類(クロレラ)を餌として、0、100、200、400 μl (100 μl 、乾燥重量約 1.5 mg)をそれぞれ与え、1 週目から 4 週目までの増殖数を計測した。①と同様に 100 ml の飼育水の入ったビーカーにウチワミミズ 1 個体を入れ、①と同様な条件下で試験を行った。

2.2 水温別成長試験

水温 10、15、20、25、 30°C で、それぞれウチワミミズの成長増殖数を計測した。100 ml の飼育水の入ったビーカーに、ウチワミミズ 1 個体(体長体長 8.84 ± 1.09 mm)を入れ、光周期 16L8D で、餌は配合飼料 2 粒(約 20 mg)をそれぞれ与えて試験を行った。

2.3 重金属 (Cu) の急性毒性試験

分裂後 24 時間以内の個体(体長、約 8 mm)を用いて銅 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) に対する 24、48 時間の

急性毒性試験を行った。試験条件は、水温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 、光周期 16L8D の止水式で行った。Cu の半数致死濃度 (LC_{50}) は、Probit 法により求めた。

3. 結果及び考察

餌試験の結果は、配合飼料を餌として与えたもので、最も増殖したものは 2 粒(約 20 mg)を与えたもので個体数が 12 となった。しかし、餌量がそれ以上になると水質が悪化し、増殖数も低下する傾向にあった。6 粒を越えると餌が腐敗しすべて死滅した。餌量試験②の結果では、1 週目までは、餌を与えなかったものを除いて平均で 4 個体と差がなかったが、4 週目では、100 ml で 18 個体、200 ml で 25 個体、400 ml で 38 個体と餌量の増加にともなって個体数も増加した。水温別増殖試験では、 10°C 、 15°C で 4 週目でも殆ど増殖しないのに対して、 25°C で 66 個体、 30°C では 72 個体と増殖し、 10°C の 24 倍となった。また、Cu の 48hLC_{50} は、68.1 mg/L (表 1) となり、他の水生貧毛類に比較して約 5 倍程度感受性が高かった。今回の試験結果から、ウチワミミズは、他の水生貧毛類に比較して、小型であり増殖率が高く、試験生物化が容易であり、また、Cu に対しては、感受性が高いことが明らかとなった。

表 1. 水生ミミズの銅に対する急性影響 (mg/L)

種名	24h LC_{50}	48h LC_{50}	95% Range
ウチワミミズ	92.4	68.1	56.8-83.9
イトミミズ	364.7	273.5	195.0-401.0
オヨギミミズ	452.2	344.8	234.5-738.1
オオミジンコ	20.8	17.0	15.3-19.4

W
E
B
非
公
開
希
望

*石澤良子・松田あゆみ(山形大学大学院・理工学研究科)、日野修次(山形大学・理学部)

1. はじめに

猪苗代湖は、1990年代中頃までは酸性のため生物量が少なく透明度の高い湖沼であった。しかし、徐々に中性化が進行し、富栄養化が懸念されている。これまで(1998～2005年)の研究で、微生物群集による有機物の取り込み活性や潜在的な分解活性の評価は、酢酸ナトリウムの取り込み活性を基準に用い評価してきた。しかし、さまざまな微生物群集による取り込み活性などが変化している可能性もあるため、評価の方法についてこれまでに実施された研究との比較を含め、一般的な培養で用いられるグルコースと酢酸の取り込み活性の比較検討を行った。

2. 方法

採水は湖心の表層で2009年4月～11月に11回行った。試水は山形大学の実験室でポリカーボネートビンに分注し、 ^{13}C -グルコース、 ^{13}C -酢酸ナトリウムを加え、 20°C で24時間培養した。添加量はそれぞれ終濃度が1, 5, 10, 50, 100, 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ となるように調整した。培養後、Whatman GF/F フィルター(ポアサイズ0.7 μm)でろ過し、 60°C で乾燥試料とした。 ^{13}C の取り込み量の測定は日本分光 $^{13}\text{CO}_2$ アナライザーを使用した。

3. 結果および考察

本研究での結果に加え、1999～2005年に行った猪苗代湖と2007～2008年に行った朱鞠内湖での実験結果を含めて比較し、考察を試みた。

基質濃度と取り込みに関する実験の結果(Fig.1)より、微生物の取り込みは酵素反応の式に当てはめることができるため、ラインウェーバープロットを用いて、取り込みの最大速度(V_{max})および基質親和性(K_s)を求めた。今回は、 $50 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 付近での取り込み低下がみられたため、 $1 \sim 10 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ におけるラインウェーバープロットを用いている。酢酸取り込みの V_{max} 値は $0.14 \sim 0.91 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (Ave= $0.54 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)、 K_s は $0.45 \sim 5.71 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ (Ave= $2.49 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$)、グルコースの V_{max} 値は $0.04 \sim 0.30 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (Ave= $0.14 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)、 K_s 値は $0.44 \sim 2.38 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ (Ave= $1.29 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$)であった。両者を比較すると、 V_{max} 値は酢酸ナトリウムが大きい、 K_s 値については夏以降どちらが大きいかはっきりしなかった。このことから、取り込みに関しては酢酸ナトリウムが有利であると考えられるが、基質親和性はどちらが高いかはっきりしないため、低濃度での取り込みに関しては更なる検討が必要であると考えられる。また、 $1, 50 \sim 200 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ における V_{max} , K_s を求めた結果、小さな違いはみられたが $1 \sim 10 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ 同様に、 V_{max} 値は酢酸ナトリウムが大きい、 K_s 値についてはどちらが大きいかはっきりしな

かった。基質濃度と取り込みに関する実験は、一定濃度以上で飽和すると考えられていたが、 $50 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ 付近でわずかに停滞する現象がみられた(Fig.1)。この原因は、2段階反応もしくは細菌群集の構造によるものではないかと考えられ、培養株による炭素取り込みの検討が必要であると考えられる。

単位当たりの V_{max} 平均値は酢酸が $3.38 \times 10^{-2} \text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{molC}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、グルコースが $0.91 \times 10^{-2} \text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{molC}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ であった。この結果と猪苗代湖(2004, 2005)における酢酸の取り込み活性と比較する。単位炭素当たりの V_{max} 平均値は、2004年 $16 \text{mmol}^{13}\text{C} \cdot \text{molC}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、2005年 $27 \text{mmol}^{13}\text{C} \cdot \text{molC}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 K_s 平均値は2004年 $4.06 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ 、2005年 $0.3 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。このことから、猪苗代湖での酢酸取り込み活性は2004年から現在まで徐々に大きくなっていると思われるが、基質親和性に関してはどちらも言えなかったため、猪苗代湖の取り込み活性の指標として酢酸が適しているのではないかと考えることができる。

中～富栄養である朱鞠内湖の酢酸の単位炭素当たりの V_{max} 平均値は、2007年 $2.4 \text{mmol}^{13}\text{C} \cdot \text{molC}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、2008年 $1.6 \text{mmol}^{13}\text{C} \cdot \text{molC}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 K_s 平均値は2007年 $2.14 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ 、2008年 $2.6 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。また、グルコースの単位炭素当たりの V_{max} 平均値は、2007年 $0.75 \text{mmol}^{13}\text{C} \cdot \text{molC}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、2008年 $0.45 \text{mmol}^{13}\text{C} \cdot \text{molC}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 K_s 平均値は2007年 $50.48 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ 、2008年 $75.05 \mu\text{mol}^{13}\text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。平均値で比較すると、酢酸、グルコース共に、朱鞠内湖よりも貧栄養である猪苗代湖のほうが、取り込み活性が高いことが分かった。これらの違いは、酢酸の基質親和性に違いが見られなかったことから、湖水が貧栄養であることに原因があると考えられる。これらの結果から、更なる検討が必要であると考えられる。

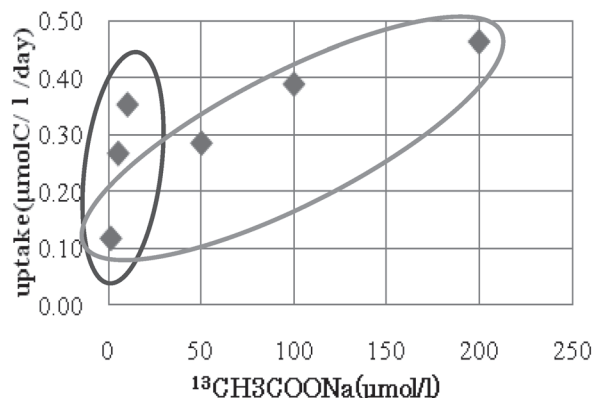


Fig.1 猪苗代湖による酢酸取り込み活性(09.09.02)

*渡邊圭司, 石井裕一, 渡邊未来, 山村茂樹, 今井章雄, 林 誠二 (国環研)
小松伸行 (茨城霞環科セ)

1. はじめに

浮遊細菌には, 世界中の淡水湖沼で普遍的かつ優占種として検出されるクラスターが存在する (Zwart *et al.*, 2002)。その中で, GKS98, *Polynucleobacter necessarius*, ACK-M1 および *Rhodospirillum rubrum* sp. BAL47 (R-BT065, *Limnohabitans*) クラスターに属する浮遊細菌は, 検出頻度も高く特に注目が集まっている。しかしながら, これらのクラスターに属する浮遊細菌は, 近年まで難培養性微生物として広く知られており, FAM (filtration-acclimatization method) および DAM (dilution-acclimatization method) のような特殊な分離方法により初めて分離・培養に成功した (Hahn *et al.*, 2003)。

一方, 我々はこれまでに平均粒子保持径 0.7 μm のグラスファイバーフィルター (GF/F) でろ過したろ液を, R2A 培地に接種し培養することにより, その内の一部を簡便に分離・培養することに成功した (Watanabe *et al.*, 2009)。

本研究では, 得られた純粋分離株を用いて炭素源資化性試験および増殖速度を調べたので報告する。

2. 材料と方法

純粋分離株 (GKS98 クラスター, *Polynucleobacter necessarius* ssp. *asymbioticus* [PnecC], *P. cosmopolitanus* [PnecD], *Limnohabitans parvus*, *L. planktonicus*, *L. curvus*) について BIOLOG プレート (AN および GN2) による炭素源資化性試験を行った。対数増殖期にある各培養細胞を遠心分離により集め, GN/GP および AN 接種液 (BIOLOG 社製) に, $A_{600\text{nm}} = 0.6$ となるように懸濁した。恒温培養槽で 27°C, 72 時間培養し, 基質の代謝による呈色反応を, 680XR マイクロプレートリーダー (Bio-Rad 社製) により 595 nm の吸光度で評価した。コントロールは 0 時間目のサンプルとした。

それぞれの純粋分離株を MR2A 液体培地 (R2A 培地よりグルコースと可溶性デンプンを除いた) に接種後, 1~3 日間前培養した (27°C)。次に, 対数増殖期の菌体を遠心分離により集菌し, 同様の新鮮培地 10mL に $A_{600\text{nm}} = 0.001$ となるよう接種し培養した。適宜培養液 100 μL を抜き取り, 細菌の増殖を 600 nm の吸光度で経時変化をモニターし, 増殖速度を算出した。

3. 結果

GKS98, *P. necessarius* ssp. *asymbioticus*, *P. cosmopolitanus*, *L. parvus*, *L. planktonicus* および *L. curvus* に属する浮遊細菌は, 有機酸に広く利用能を示したが, 糖質については, グルコースのみが *Limnohabitans* グループにわずかに利用された。アミノ酸類に関しては, GKS98 クラスターに属する細菌は広く利用したが, 他のクラスターについてはわずかに利用したのみであった。ピルビン酸は, 有機酸の中で唯一試験した全てのクラスターに代謝された。

Limnohabitans 属の浮遊細菌は, 他の浮遊細菌と比べ速い増殖速度を示した。その中でも, *L. curvus* は極めて速い増殖速度 (0.2~0.3 h^{-1}) を示した。

4. 考察

炭素源資化性試験を行った全ての浮遊細菌が, 炭素源として有機酸に強く依存していた。湖沼において有機酸の主な供給源としては, 植物プランクトンの一次生産や溶存有機物の光分解産物等が知られているが, このように栄養要求性が似ている浮遊細菌群が, 湖沼において生息域を分けているのか, もしくは栄養源をめぐる競争をしているのか興味深い。

Limnohabitans グループ (R-BT065 クラスター) については, 増殖速度が速く, 従属微小鞭毛虫 (HNF) の主な餌資源であることが既に報告されている。今後は, 日本の湖沼における *Limnohabitans* グループを含む浮遊細菌の現存量等を明らかにする必要がある。

P-026 外来種チクゴスズメノヒエが湖岸に形成する Floating Meadows の特性

*永坂正夫 (金沢星稜大・人間科学)

1. はじめに

Floating meadows は *Paspalum* (スズメノヒエ) 属や *Echinochloa* (イヌビエ) 属などのイネ科草本を優占種とする浮島群落であり、アマゾンなど年間水位変動の大きな熱帯-亜熱帯の河川氾濫原に特徴的な群落である。この Floating meadows は貧酸素条件になりがちな底泥に比べて、はるかに多様で高い現存量の動物相を保持する場となることが明らかにされている。

チクゴスズメノヒエ (*Paspalum distichum* L. var. *indutum*) は北米南部を原産とする水生植物であり、1980年代に九州のクリーク地帯において、通水障害等を引き起こす強雑草としてはじめ認識された。現在までに、その分布は新潟など中部以北にまで広がっている。温帯域の本邦には本来 Floating meadows に相当する群落は存在しなかったのだが、生育期のチクゴスズメノヒエ群落はまさに侵入水域における Floating meadows となっている。このチクゴスズメノヒエによって形成された Floating meadows がどのような動物相を保持するのか、それは在来抽水植物群落や沈水植物群落の動物相とどのように相違するかは知られておらず、2009-2010年の生育期に群落内部の物理環境測定から調査を開始した。

2. 材料と方法

石川県の河北潟の湖岸に広がったチクゴスズメノヒエ純群落において、群落内水面下の物理環境測定を実施した。測定項目は水温・pH・溶存酸素量・電気導電率である。

沖側から群落内部に向かって計測ラインを設定し、1m 間隔に測定点を設けた。各測定点では群落を壊さないよう静かにプローブを沈め、水深 0.1m ごとに湖底直上まで測定を繰り返した。

測定日は 2009 年 9 月、10 月、2010 年 5 月、6 月、7 月に各 1 回実施した。なお、7 月の測定時には昼夜

連続測定をあわせて実施した。

3. 結果と考察

一般に、水生植物の過繁茂は群落内部と周囲の水交換を低下させ、また有機物の分解に伴って容易に貧酸素環境を形成すると言われてきた。しかし 2009 年 10 月の測定では、群落外側の開水面表層で 3.1 mg l^{-1} とかなり低い溶存酸素量を示したのに対して、群落内側表層においてより高い 5.5 mg l^{-1} の溶存酸素量が測定された。チクゴスズメノヒエ群落内の溶存酸素濃度は必ずしも開水面に比べて低くはなく、水面直下ではむしろ群落内の方が高く保たれている場合があることが確認された。

この傾向は翌年の 2010 年 5 月、6 月、7 月の測定でも同様に確認されており、群落内側で何らかの酸素供給がおこなわれていることが示唆され、生育期間中群落内部で高い溶存酸素量が恒常的に維持されていることが予測された。

しかし 7 月の昼夜連続測定では、日没後から日の出まではほぼ夜間を通して溶存酸素量は群落内部で低い傾向にあった。群落外側の開水面表層で 7.4 mg l^{-1} と昼間に近い溶存酸素量が 1:00 頃でも維持されていたのに対して、同時間の群落内側表層においては同時刻に 3.5 mg l^{-1} と低い値を示している。

今後、昼夜連続測定データの蓄積を進める予定である。また、昼の群落内表層での溶存酸素の上昇の原因として、付着藻類の生産と根系の酸素放出のどちらが寄与しているのか明らかにしてゆこうと考えている。

謝辞

本研究は科研費 (10267718) による助成をうけています。

P-027 琵琶湖湖心における植物プランクトン群集構造の垂直分布と周年変動

*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

琵琶湖は周辺地域および下流域の飲料水源として重要な役割を担うと同時に、多様な固有種や希少種が生育する環境としての価値ももっている。このため、琵琶湖における植物プランクトン群集構造やその動態については深い関心もたれており、長期に渡っての研究が行われてきた(一瀬ら, 1990 など)。

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群集構造の垂直分布と周年変動を解析した。

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。これらの結果を深度ごと、月ごとに比較した。

3. 結果と考察

垂直分布分析の一例として、図 1 に 11 月のサンプルについての DGGE 結果を示した。表層から水深 30 m までは *Aulacoseira* sp. が優勢し、これに加えて異なる 3 つのクリプト藻類が検出された。この時期に *Aulacoseira* sp. が優勢していることは既報の結果と一致した。一方、40 m 以深においては、*Synedra* sp. が優勢植物プランクトンとして検出された。さらに出現藻類の多様性、垂直分布の月ごとの遷移を比較することによって各月の優占種が月ごとに変化していることがわかった。

謝辞

本研究は科研費 (21247005) の助成を受けたものである。

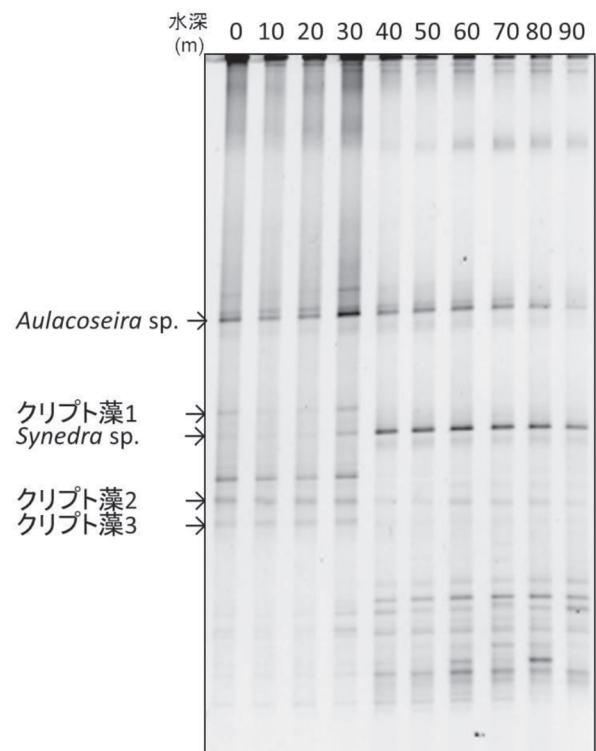


図 1. 2009 年 11 月 20 日のサンプルの DGGE 結果

P-028 コアユによる捕食が琵琶湖における動物プランクトン群集の 長期トレンドに与える影響

*伴 修平・遠藤修作・大川聡・梅景大樹・土井絵美（滋賀県立大学）・
酒井陽一郎（京大生態研センター）

1. はじめに

琵琶湖の富栄養化は1950年代から顕在化し、植物プランクトン生物量もこれに伴って1980年代まで増加傾向を示す。一方、コアユは典型的な動物プランクトン食者であり、植物プランクトン生物量の増加に伴ってその漁獲量は増加傾向を示す。ところが、コアユの潜在的な餌生物である甲殻類動物プランクトンの個体数に同様の増加傾向は認められない。これは、コアユによる捕食が動物プランクトン個体数の増加を抑制していた結果と考えることができるが、証明するのは難しい。本研究では、2002～2008年の定期調査と室内実験によって、これを説明する証拠を得たので報告する。

2. 方法

動物プランクトンの採集は、2002年1月から2008年10月の期間、2004年を除き、断続的にほぼ毎月、琵琶湖北湖に設定した水深約60mの定点（ただし、2002年は水深約90mの定点）にて行った。採集にはシンドラートラップあるいはバンドーン採水器を用い、試水は5-20m間隔で採取した。それぞれの試水は、目合い40 μ mのプランクトンネットにて濾過濃縮し、4%のシュガーホルマリンにて固定・保存した。調査時には、透明度を測定し、上記の深度間隔でクロロフィルa量も測定した。また、CTDにて水温の鉛直プロファイルを得た。持ち帰った試料は実体顕微鏡下で検鏡し、甲殻類動物プランクトンについて種毎に計数した。個体数は20m水柱当たり換算した。コアユの摂餌選択性を調べるため、滋賀県水産試験場で採取・保存されていた2002～2008年の6月と7月のコアユ標本5個体ずつについて、その胃充満度（胃内容物重量：体重比）を求めた後、胃内容物を種毎に計数した。*Daphnia*属2種については飼育実験を行い、琵琶湖でみられるクロロフィルa量で餌を与えた場合と餌を潤沢に与えた場合でそれぞれ個体成長と個体群成長を調べた。

3. 結果

調査期間を通して、水温は毎年4月頃から上昇し始め、5月中旬～12月中旬の期間、10～20mに温度躍層が形成された。クロロフィルa量は成層が始まる5～6月に20m以浅で増加する傾向を示したが、2007年には11～12月に増加がみられた。透明度は3

～12mを変動したが、*D. pulicaria*が優占していたときに高い傾向を示した。

甲殻類動物プランクトンは、*D. galeata*、*D. pulicaria*、*Bosmina longirostris*、*Diaphanosoma brachyurum*、*Chydorus* sp.、*Eodiaptomus japonicus*の6種で99%以上を占めた。このうち、*D. pulicaria*は2002～2003年には出現せず、それ以前には1999年に一度増加した記録があるのみである。新たに出現が認められるようになった*D. pulicaria*は、それまで出現していた*D. galeata*に比べて0.5mm程大きく、分布深度も若干深い傾向にあった。個体数は*D. galeata*が $0.1\sim 6.3\times 10^5$ ind m^{-2} 、*D. pulicaria*が $0.1\sim 3.0\times 10^5$ ind m^{-2} であり、前者が後者をほぼ常に上回っていた。

調査期間中におけるコアユの胃充満度は、1.02～2.78%であり空胃個体はなかった。胃内容物中には上記動物プランクトンが認められたが、選択的に食べられていたのは*Daphnia*属2種であり、*E. japonicus*はプランクトン中に優占していたにもかかわらずほとんどの場合、コアユには選択されていなかった。また、2005年以降は*D. pulicaria*の選択度指数が高く、これが優占するときには*D. galeata*は選択されない傾向にあった。

飼育実験によると、*D. pulicaria*は常に0.5mm程度大きく、琵琶湖でみられる餌量で飼育すると2mmで成熟するのに対して、*D. galeata*は1.5mmで成熟した。個体群増殖速度は*D. pulicaria*の方が常に高く、実験開始の少なくとも4週間後には実験開始時の個体数の25倍を上回った。

4. 考察

*D. pulicaria*は湖でみられる餌濃度で飼育した場合、*D. galeata*に比べて高い増殖速度を示したにもかかわらず、琵琶湖では*D. galeata*より増えることはなかった。*Daphnia*属2種はコアユによって選択的に摂食されており、*D. pulicaria*は成熟サイズが大きいため、*D. galeata*に比べてコアユの捕食による影響を強く受けたものと考えられる。これらの結果は、2004年以前の高いコアユ現存量が大型の*Daphnia*現存量を抑えていた可能性を示唆する。そして、動物プランクトンの長期変動を解析しようとするときに、コアユのようなプランクトン食魚類の個体数変動を十分に考慮することが重要と考えられた。

琵琶湖北湖におけるピコシアノバクテリアの 遺伝的多様性とその動態

*大久保智司¹、細川由貴¹、石川可奈子²、宮下英明¹

(¹京都大・院・人間環境学、²滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

1. はじめに

ピコシアノバクテリアは細胞サイズが2 μm以下のシアノバクテリアであり、湖沼では *Synechococcus* がその主要な構成者である。*Synechococcus* 様シアノバクテリアは16S rRNA 遺伝子を用いた系統解析で多系統になるが (Robertson et al. 2001)、湖沼に優占する浮遊性のピコシアノバクテリアの多くは海産の *Synechococcus* や *Prochlorococcus* を含む「ピコ植物プランクトン」クレードに属することが知られている (Becker et al. 2004)。琵琶湖においては、浮遊性ピコシアノバクテリアの存在量が季節的に変動すること、夏季には細胞数が 10^5 - 10^6 cells/ml レベルになり全体のクロロフィル量に占めるピコシアノバクテリアのクロロフィル量の割合が約45%に達することが知られており (Nagata 1986, Wakabayashi and Ichise 2004)、主要な一次生産者の1つであると考えられる。また、琵琶湖ではこれまで、ピコプランクトンの大発生が起きた際に系統的に異なる3株の *Synechococcus* (ピンク株、グリーン株、ブラウン株) が分離されている (Maeda et al. 1992, Kane et al. 1997)。

ピコシアノバクテリアは細胞サイズが小さく形態が単純であることから、顕微鏡下での形態や色調観察によって識別・同定することが難しい。そのため、琵琶湖の湖水中に存在するピコシアノバクテリアの遺伝的多様性やその動態についてはわかっていない。最近では、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に関する解析が可能となっている。そこで本研究では、分子生物学的手法を用いてピコシアノバクテリア (*Synechococcus*) の遺伝的多様性とその垂直分布、季節変動について解析した。

2. 材料と方法

2008年4月から2009年3月および2008年10月から2010年3月にかけて、それぞれ琵琶湖北湖の Ie-1 (35°12'58"N, 135°59'55"E) および N4 (35°22'44"N, 136°5'43"E) において採水を行った。採水はニスキン採水器を用いて表層から湖底直上まで深度別に行い、GF/F ガラス繊維ろ紙 (直径25 mm) を用いて各深度の湖水1 Lを吸引ろ過した。ろ紙からDNAを抽出し、それを鋳型として、単細胞シアノバクテリアの16S rRNA 遺伝子に特異的なプライマーセット GC-CYA353F/CYA781R(b)を用いてPCRを行った。増幅されたPCR産物を変性剤濃度勾配ゲル電気泳動 (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。さらに、得られた塩基配列情報を用いて系統解析を行った。

3. 結果

PCR-DGGE によって検出された遺伝子型のうち、*Synechococcus* に由来するものは全て「ピコ植物プランクトン」クレードに属した。各遺伝子型の系統関係について解析したところ、クレード内でさらに14の異なるサブグループに帰属した。

これまでに分離されている株のうち、ピンク株と同じ、あるいは近縁な遺伝子型は1-8月のサンプルから検出され、DGGEバンドの濃さからこれらのサンプル内のピコシアノバクテリア群集中で最も量の多い遺伝子型の1つであると考えられた。一方、グリーン株、ブラウン株と近縁な遺伝子型は2009年8月の0-10 mのサンプルから検出されたが、他の月や深度ではほとんど検出されなかった。9-12月のサンプルからは、上記の分離株とは異なるサブグループの遺伝子型が検出され、相対的に最も量の多い遺伝子型は月によって異なっていた。

深度別に比較すると、6-9月のサンプルではピコシアノバクテリアの群集構造が深度によって異なっていた。表面から温度躍層まで (0-20 m) は1つもしくは2つの同じ遺伝子型が相対的に多かったが、それよりも深い所では存在する遺伝子型やその組み合わせが深度によって異なっていた。それに対して、1-5月および10-12月のサンプルでは、検出された遺伝子型が表層から湖底直上までほとんど同じであった。

4. 考察

琵琶湖には、これまでに分離されている *Synechococcus* 属シアノバクテリアとは系統的に異なる多くの別の遺伝子型の *Synechococcus* が存在することが明らかになった。また、月によってピコシアノバクテリア群集内で優占する遺伝子型や各遺伝子型の垂直方向の分布パターンが異なっており、琵琶湖のピコシアノバクテリアは全体の存在量だけでなく群集内の多様性についても季節によって変動しているということが示唆された。

5. 謝辞

本研究は科研費 (21247005) の助成を受けたものである。また、本研究の一部は京大生体生態学センターの調査船「はす」を利用して行った。ご協力いただいた方々に、この場を借りて感謝の意を表す。

*濱田浩美（千葉大），田中 敦（国環研）

五十嵐聖貴（道環研），藤江 晋（てしかが自然史研究会）

深澤達矢（北大院），小林 拓（山梨大），南 尚嗣（北見工大）

1. はじめに

摩周湖は、北海道東部に位置する日本最大の閉塞湖である。摩周湖には、流入河川は無いとする勝井(1955),徳井(1966),国立環境研(1982), Horiuchi, Ambe, Kawai(1985),中尾(1987)らの報告がある一方、高安・近藤(1934),田中(1992)の報告では1本の流入河川を報告している。特に高安・近藤(1934)は流入河川において1931年8月30日に水質と流量の観測を行っている。本研究では、この河川の流域面積が0.017km²と小さいにもかかわらず、年間を通しての水流があることを確認した。水流は、確認できる流路長はわずか20mほどで、上流は厚い軽石堆積物があり、その下から湧出する湧水を水源としている。

ここでは、流量と水質の継続観測を実施し、水収支と物質収支における摩周湖への水と溶存物質の供給量の検証することを目的とした。

2. 調査地域の概要

摩周湖は屈斜路カルデラの一部で、摩周カルデラの凹地に冠水したものである。湖水は、およそ4000~5000年前のカムイッシュ火山およびカムイヌプリ火山の噴出を最後に、カルデラ内に徐々に貯えられ、約1000年から1500年前に現在の摩周湖が形成されたと考えられている(国立環境研(1982))。流入河川付近の地質は、古期屈斜路火砕流の石英安山岩質溶結凝灰岩からなり、この凝灰岩が難透水層となって湧水が生じている。河川は湖岸の軽石中に浸透し、直接湖水には達しない。摩周湖の湖岸で恒常的な流入水はこの地点以外にはない。

3. 調査方法

2007年6月より年4回から5回の調査を実施するとともに、2008年8月には自記流量計を設置、2009年8月からは自動採水器を設置している。

① 流量調査…流量が少ないため、直接法による測定を行った。また、2008年8月以降は電極非接液型電磁式流量センサFD-M50および100(キーエンス社製)を設置し、流量の

自記観測を行っている。

② 水質調査…水温、pH、電気伝導度を測定するとともに採水を行っている。2009年8月からは6712型自動採水器(Isco社製)を設置し、2日から3日間隔で採水を行っている。採水器は太陽電池による電源のバックアップを行うとともに、小湧水の水流を採水器内に引き込み約6°Cで冷却している。

4. 流量と溶存物質の変化

流入河川の流量変化と降水量の関係は図1に示した。降水量の多い時、流量は増加するが、年間を通じて比較的安定した流量を示していることがわかる。高安・近藤(1934)では、8月

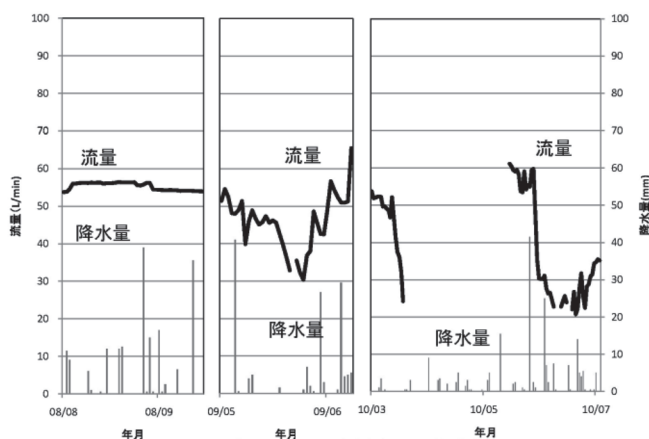


図1 流入河川の流量変化と降水量

末に約75L/minの流量があったとしており、本研究で得られている流量よりわずかに大きい。河川上流部の軽石層の崩壊が著しく、連続的な流量を得ることは容易ではない。しかし、自記観測により、河川流量は平均50L/min程度と推定され、比流量は4.9m³/s/100km²となることがわかった。

水質はT-Pが0.04mg/L, T-Nが0.50mg/L, Cl⁻は4.6-5.0mg/L, SO₄²⁻が4.2-5.0mg/Lの値を示し、Cl⁻やSO₄²⁻は摩周湖水の1/2の濃度であった。

発表では、流域のカルデラ壁からの地下水流入が本河川の水量、水質と類似するという仮定し、水収支と物質収支の観点から考察を行う。

なお、本研究は国立環境研究所「GEMS/Water ベースラインモニタリング調査」の一部である。

*五十嵐聖貴（道環研）・藤江 晋（てしかが自然史研究会）
 深澤達矢（北大）・濱田浩美（千葉大）・小林 拓（山梨大）
 南 尚嗣（北見工大）・武内章記・田中 敦（国環研）

はじめに

湖沼の透明度を制限する要因には、プランクトンの量や種類などの生物的な要因と、土砂粒子や溶存物質などの非生物的な要因がある。生物的な要因の中で、もっとも透明度との関係が強いのは一般に植物プランクトンであり、多くの湖沼で植物プランクトン量と透明度の間には負の相関がみられる。摩周湖では透明度の低下が懸念されているが、透明度の変化の原因として生物的な要因と非生物的な要因のどちらが重要なのかは明らかになっていない。そこで、摩周湖の透明度を生物的な側面からみた場合にどの程度まで説明ができるのか検討した。

方法

摩周湖湖心部において湖水を深度別に採水し、固定して持ち帰り、植物プランクトンの同定と計数、蛍光顕微鏡によるピコ植物プランクトンの計数、蛍光光度計によるクロロフィル-*a* (Chl-*a*) 量の測定をおこなった。また、湖水中の Chl-*a* 量を目的変数、出現プランクトンの数を説明変数として重回帰分析をおこない、得られた偏回帰係数から植物プランクトンの種ごとの Chl-*a* 量の推定をおこなった。

結果と考察

図 1 に透明度の季節変動を示した。春の循環期（5月下旬）以降に透明度が高くなり、夏から秋の成層期に透明度が低くなる傾向が認められる。表層の Chl-*a* 量も概ね似た季節変動を示すが、同一日の透明度と Chl-*a* 量を対で比較すると傾向がずれることがしばしばあり、相関関係あまり強いものではなくなる（図 2）。その、Chl-*a* 量と透明度の「ずれ」は、「Chl-*a* 量が多いわりに透明度が高い」ということが多く、その逆はあまりないよう見受けられる。その原因として、Chl-*a* 量と同じでも種組成（サイズ組成）が異なると透明度が変わる（Chl-*a* 量と同じ場合、小型種優占よりも大型種優占のほうが透明度が高い）ということが考えられる。

重回帰分析の結果、透明度深度までの植物プランクトンではピコ植物プランクトンと 5 μm 程度の植物プランクトンが多く、平均して両者で Chl-*a* 量の半分以上を占めることが示された（図 3）。これらの小型の植物プランクトンは、沈降速度が極めて遅いこともあり、摩周湖の透明度に対する生物的な規

定要因として重要である可能性が高い。これらが過去に比べて増加したのかどうかは、比較できる過去のデータがないために不明であるが、魚類の活動による湖内生態系の変化によって植物プランクトンが小型種優占に変化した可能性は想定されている。

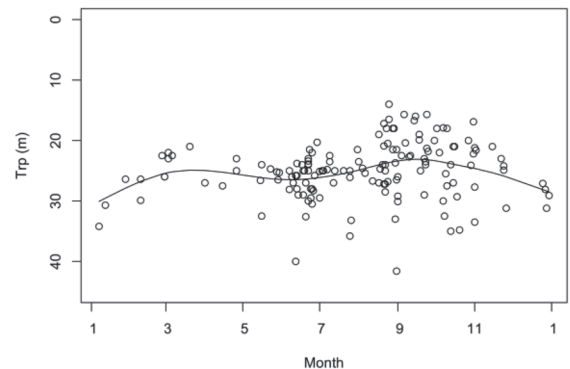


図 1. 透明度の季節変動（1917～2010年, n = 150）

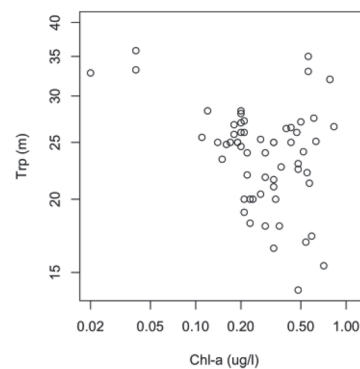


図 2. 表層の Chl-*a* 量と透明度の関係（1979～2010年, $r = -0.36$, $n = 60$ ）

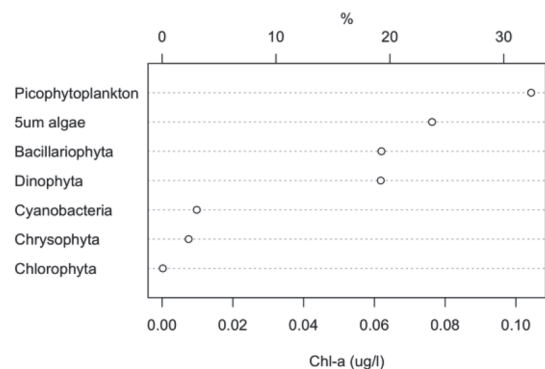


図 3. 水深 0～20 m 層における植物プランクトンの平均バイオマス（2005～2009年, n = 49）

P-032 クロロフィル, 濁度, 光減衰係数の係留観測により推定した 摩周湖透明度の年間変動

*田中 敦, 武内章記(国環研), 五十嵐聖貴(道総研), 藤江 晋(てしかが自然史研究会), 小林 拓(山梨大), 濱田浩美(千葉大), 南 尚嗣(北見工大), 深澤達矢(北大院)

はじめに 摩周湖は1931年に41.6mという世界最高の透明度を記録した。国内で最も環境保全の配慮が払われている湖ではあるが, 近年の透明度は25m前後を推移している。この原因を解析するために2008年から集中的な観測を行っている。冬季の観測が困難なことから, 係留観測によって連続的な水質, 透明度変化を得ることを目的としている。

方法 2008年5月から水深20m層と40m層(正確な水深は係留ごとに異なる)に各々3種の測器(JFEアドバンテック)を係留した。クロロフィル・温度計, 低濃度濁度計はセンサー下向き, 光量子計はセンサー上向きで, 1時間ごとに受光面をワイパー清拭の後, 20データを採取する。上記測器群と分光光量子計, 放射輝度計・照度計(TriOS)によるプロファイル観測, 色彩輝度計(コニカミノルタ, CS-200)による透明度板測色, SS計測など現場観測や水質分析を実施している。プランクトンの定量的計数結果については別途発表する。

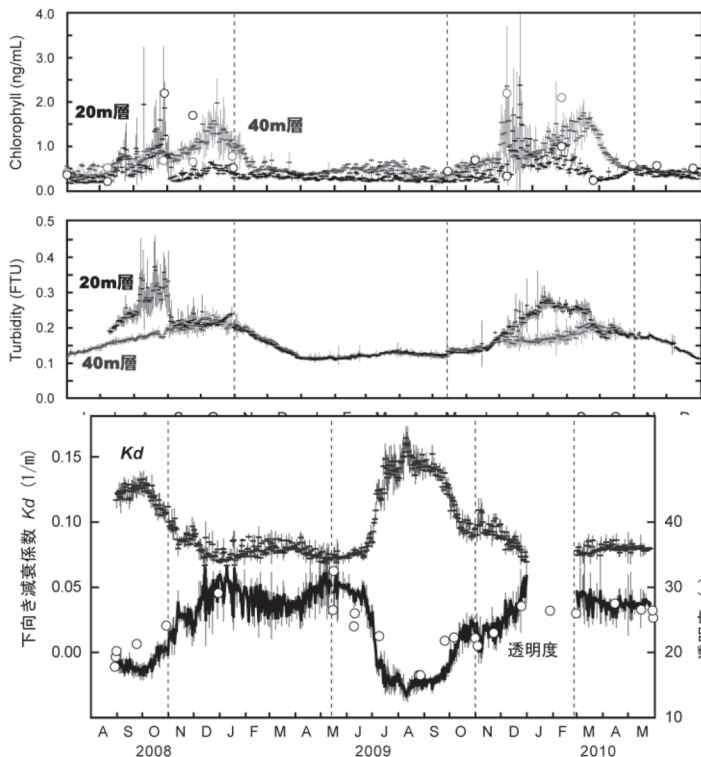
結果と考察 透明度は30cm程度の白色円盤が水中で見えなくなる深さであり, 水中光の下向き・上

向き減衰, 透明度板の分光反射係数, 目の比視感度で定まる透明度板輝度(S)と水中光バックグラウンド(BG)の(S-BG)/BG比が小さくなり, 眼で区別できなくなるものと表現される。下向き光減衰係数を2深度の水中光量子束密度の変化, それに影響する植物プランクトンによる吸収・散乱と粒子散乱をクロロフィル, 濁度に置き換え, 係留データを得た。

クロロフィル濃度は6月に20m層で高く, 秋に極大層は40mを通過しながら深くなり, 冬に消滅する(図1上, 日中の平均値)。2008年8月の透明度は20m前後であり(図2)。この時の減衰係数も20m層で他深度よりも2倍以上大きかった。濁度はクロロフィルと同調しており, 冬季は低値で一定であった(図1下)。全層混合の起きる12月末, 5月中旬に両者の濃度は特に低くなる。下向き減衰係数(Kd)も冬場, 特に循環期に低く, 2.2/Kdで示した予想透明度は30mを超えることがある(図2)。実測値との一致度も高く, 2009年5月には32.5mの過去25年間で最大の透明度を得た。酸化的で栄養塩に乏しく, プランクトンの少ない底層湖水の湧昇, 希釈により透明度が上がったことが再確認された。

一方, 2010年5月の実測透明度は26.5mにとどまり, 高い透明度を与える条件は限定的であることが示唆された。

透明度板の測色によると水中で直ちに青みがかかり, 深さとともにBGに近づく。透明度の高い摩周湖, 支笏湖は青色(488nmチャンネル)の光透過がよく, 他は水色が長波長にシフトしていた。過去2年間, 摩周湖は結氷しなかったが, 結氷年の場合, 光遮へいや解氷期の栄養塩の投入などの影響により, 異なる透明度変化を示すことが予想される。



▶ 図1 係留観測による日中のクロロフィル濃度と実測値(O)及び濁度の日変動(平均値と標準偏差)。縦破線は測器の交換等の境界。この前後で係留水深が異なる。

◀ 図2 2層間で計算した日中の光減衰係数と透明度の推定値及び実測値(O)

W
E
B
非
公
開
希
望

P-034 霞ヶ浦におけるケイ素濃度の長期上昇と珪藻ブルームに及ぼす影響

*荒居博之 (筑波大学・大学院・生命環境科学研究科)

福島武彦 (筑波大学・大学院・生命環境科学研究科)

1. 目的

霞ヶ浦では過去30年間にわたって溶存態および懸濁態ケイ素濃度が観測されており、これらは2005年まで湖心周辺で上昇傾向にあった(荒居・福島, 日本陸水学会第73回大会)。ケイ素濃度上昇の有力な要因として、近年まで増加傾向にあった無機懸濁物質からのケイ素溶出が想定され、現地の底質・湖水を用いた室内実験によってその可能性が示唆された(荒居・福島, 日本陸水学会第74回大会)。一方で、ケイ素は地球上の一次生産の重要な担い手である珪藻にとって必須の元素であるが、その動態の長期変化が珪藻ブルームに明確な形で影響を及ぼしたという研究例は極めて少ない。そこで本研究では、(1)珪藻類濃度の長期変化傾向およびケイ素濃度との関連性について解析から明らかにすること、(2)霞ヶ浦のケイ素および珪藻類濃度の推定モデルを作成し、それを用いてケイ素濃度上昇の影響を評価することを目的とする。

2. 方法

対象地域の霞ヶ浦(西浦)は面積171 km², 平均水深4 m, 最大水深7 mの浅い富栄養湖である。本研究では、国立環境研究所によって1980年4月から2007年3月まで毎月観測されている、霞ヶ浦湖心の植物プランクトン濃度および溶存態ケイ素濃度を取得し、解析に使用した(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)。なお、植物プランクトン濃度は計数された細胞数 (cell ml⁻¹)に、平均的な細胞当たりの体積 (μm³ cell⁻¹)を乗じて示されている。溶存態ケイ素濃度はICPで測定されている。

3. 結果・考察

湖心の珪藻類濃度は1980年以降、有意な上昇傾向にあった(12ヶ月間移動平均値, $p < 0.001$)。また、月別にみると1・2月は上昇傾向に、11月は減少傾向にあった($p < 0.05$)。珪藻類濃度を横軸に、溶存態ケイ素濃度を縦軸にとってこれらの年周変化の関係をみると、多くの年で直線関係ではなく、時計回りのループがみられた。各年代の平均をとると、1980年代から2000年代にかけての明瞭な変化として、①ループが2周から1周になっている、②ケイ素濃度、珪藻類濃度ともに最大値が上昇している、③ケイ素濃度の最小値が上昇していることが挙げられる(図1)。①について、全植物プランクトン中の珪藻の割合をみると、2001年から2006年にかけて、珪藻類は7・8月を除いてほぼ常に最優先種となっており、春季・秋季のみ卓越していた1980年代とは繁殖時期を異にしていることがわかる。②について、ケイ素濃度は多くの年で8

月に最大値をとっている。これは、5月から8月にかけて珪藻ブルームが弱まるためであるが、この4ヶ月間のケイ素濃度の平均上昇量は1980年代に0.5 mg l⁻¹, 1990年代に1.5 mg l⁻¹, 2000年代に2.0 mg l⁻¹であり、近年ほど溶出等による水中へのケイ素供給速度の増大が示唆される。③は近年ほどケイ素が枯渇する前に珪藻ブルームが終焉していることを示唆する。すなわち、近年のケイ素濃度上昇により、珪藻にとっての制限要因がケイ素から他の因子(水温等)にシフトしている可能性がある。

地点 n における水中の溶存態ケイ素と珪藻類濃度の変化速度を表すために、次に示す式を提案する。

$$\frac{dS_i}{dt} = a_n - b\mu_n A_n, \quad \frac{dA_n}{dt} = \mu_n A_n + c_n$$

ここで S_i は単位面積あたりの溶存態ケイ素量 (g m⁻²), t は時間 (d), a は非生物要因(溶出・流入)による S_i の変化速度 (g m⁻² d⁻¹), b は珪藻被殻のケイ素密度 (g μm⁻³), μ は珪藻の成長率 (d⁻¹), A は単位面積あたりの珪藻量 (μm³ m⁻²), c は成長以外(沈降・流出)による A の変化速度 (μm³ m⁻² d⁻¹)である。珪藻の成長率 μ は、主に水温とケイ素濃度に制限されると考え、次式が成り立つとする。

$$\mu_n = \mu_{\max} g(T_n) \frac{S_i}{S_i + S_m}$$

ここで μ_{\max} は珪藻の最大成長率 (day⁻¹), T は水温 (°C), $g(T)$ は成長率の温度依存性を表す関数, S_m は珪藻に関するケイ素の半飽和定数 (g m⁻²)である。以上の式に相当と考えられる数値を代入した結果、図1にみられるような時計回りのループがモデルにおいてもみられた。今後は本モデルのパラメータ決定および再現性評価をする必要があり、パラメータを変動させることによって、ループの原因や珪藻増殖の制限要因の特定が期待される。

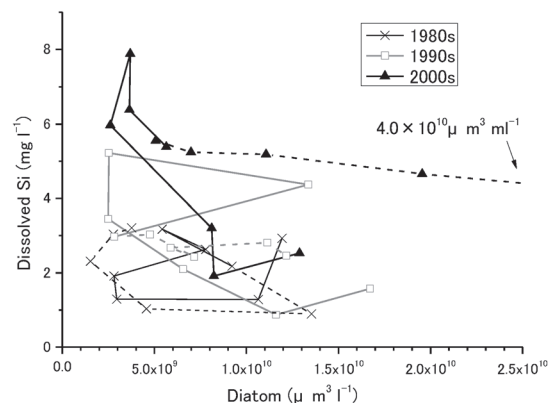


図1 各年代平均の珪藻類濃度と溶存態ケイ素濃度の年周変化の関係。実線は4月から10月、破線は10月から翌年3月までの変化を表す。

P-035 明暗瓶法とトレーサー法による植物プランクトン光合成速度の比較評価

*山本千尋（龍谷大院・理工）， 岸本直之（龍谷大・理工）

一瀬諭， 古田世子（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

1. はじめに

植物プランクトンの一次生産量を測る手法として、炭素安定同位体比を用いたトレーサー法と、溶存酸素の変化量を利用した明暗瓶法が知られている。明暗瓶法は光合成により生成される酸素量の変化を測る手法であるが、十分な酸素量の変化の差を生じさせるために長時間の培養時間が必要とされている。明暗瓶法で測れるのは総光合成速度と純光合成速度である。一方、トレーサー法は¹³Cを人為的に注入し、藻類に取り込ませて同位体分別を利用するものである。分析装置による精密な炭素同位体比の測定が可能なトレーサー法は明暗瓶法よりも感度が良いため、短時間の培養で光合成速度の測定が可能で少量の試料での実験が可能であるという利点がある。しかし、トレーサー法による測定結果は、純光合成速度であるのか、総光合成速度であるのかは必ずしも明白ではない。そこで異なる二つの植物プランクトンの光合成速度測定を実施し、両者の比較を行った。

2. 方法

緑藻の *Coelastrum cambricum*(CC), 車軸藻の *Staurastrum dorsidentiferum* v. *ornatum* (ST) を用いてそれぞれの手法での培養実験をし、光合成速度の算出を行った。培養環境は温度 20°C、光強度 22.4、36.5、57.7 μmol/m²s の 3 条件を設定し、培養液は CT 培地(千原、西澤 1989) (TAPS なし) を用いた。培養時間は 3 時間に設定をした。プランクトンを接種した CT 培地を滅菌済 BOD 瓶に封入した。トレーサー物質として NaH¹³CO₃ を培地内 C に対する ¹³C の存在比が 10% になるように注入した(最終濃度 0.076 μM)。培養開始前と培養後に溶存酸素濃度を測定した。その後、細胞を Whatman GF/C ろ紙に取り、安定同位体比質量分析計 (Thermo SCIENTIFIC FlashEA, ConFloIV, DELTA V Advantage) で炭素同位体比を測定した。明暗瓶法では、下記の式で総生産速度の計算を行った。

細胞あたり光合成速度(μ gO₂/cell hour)

$$=(\Delta C_L - \Delta C_D)/(X \cdot t) \dots (1)$$

ΔC_L:明瓶 DO 変化(μ gO₂/ml)、ΔC_D:暗瓶 DO 変化(μ gO₂/ml)、X:細胞数(cells/ml)、t:培養時間(hr)である。トレーサー法については、Hama ら(1983)の計算式に基づき光合成速度(μ gC/cell h)の計算を行った。明暗瓶法とトレー

サー法の光合成速度の比較をするために、光合成で起こる炭酸同化の反応(2)から、明暗瓶法の O₂ を(3)式を用いて C に変換した。



$$C(\mu gC) = O_2 \text{ 発生量}(\mu gO_2) \times \{(12 \times 6)/(32 \times 6)\} \dots (3)$$

3. 結果と考察

明暗瓶法とトレーサー法で算出した光合成速度の結果の一例として ST の結果を図 1 に示す。明暗瓶法は総光合成速度と純光合成速度を使用した。

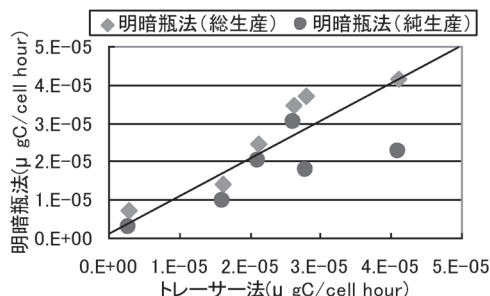


図 1、ST のトレーサー法と明暗瓶法の光合成速度の比較

図 1 の直線は 2 つの光合成速度が一致する点を結んだものである。プロットと直線の比較から、トレーサー法は総光合成速度に近い数値を示していると考えられた。また、CC についても同様の結果が得られた。このことから、本測定条件においてはトレーサー法は総光合成速度を示していることが示唆された。また、どちらの種類においても光強度が強くなるほど光合成速度が速くなる傾向がみられた。

4. 文献

W.M.ダーリー、藻類の生理生態学 (1987)

西澤一俊、千原光雄、藻類研究法 (1979)

T.Hama et al., Measurement of Photosynthetic Production of a Marine Phytoplankton Population Using a Stable ¹³C Isotope (1983), p31-36, Marine Biology 73

5. 謝辞

本研究は環境省環境技術開発等推進費「湖内生産および分解の変化と難分解性有機物を考慮した有機汚濁メカニズムの解明」(H20~22 年度 代表 一瀬諭)の一部として実施した。ここに記して謝意を表する。