

3A-01 千曲川水系のヒラタカゲロウ類における個体群構造と遺伝的構造

扇谷正樹 (信州大院・工学系研究科)・関根一希 (信州大院・総合工学系研究科)・
*東城幸治 (信州大・理・生物科学科)

河川系は、線的な繋がりをもつ流水ネットワークからなり、河川生態系は複数の局所生態系が繋がったネットワークから形成される。流水を基本とする河川系内に棲息する水生生物にとって、上流から下流へと動くことは容易であってもその逆は困難であることから、上流-下流方向での移動・分散に関しては、河川の流れによる強い方向性が生じることになる。

水生昆虫類では、卵や幼生期における流下を補償するような河川系の上流方向へと向かう遡上飛翔(補償飛翔)がよく知られている。これらの中で、世代時間に対する成虫期間が極端に短いカゲロウ目昆虫類においては(翅をもつ亜成虫・成虫期間はあわせても僅か数日内)、遡上距離も限定的であるため、同一河川内においても流程に沿って種群が置き換わるような帯状分布 *zonation* が生じやすく、結果、顕著な *current segregation* が生じることとなる (Tojo, 2010)。

本研究では、カゲロウ類の中でも河川源・上流域から中流域にかけての長い流程においてしばしば優占種群となり、現存量も大きく、かつ極めて顕著な *current segregation* をもつヒラタカゲロウ *Heptageniidae* 科昆虫に注目し、本邦最大級規模の流域である千曲川(信濃川)水系内における個体群構造と遺伝的構造を比較・検討する。

調査地、材料および方法

千曲川水系内に、千曲川本川をはじめ千曲川最大の支川である犀川流域も含めて調査対象とし、合計 30 調査定点を設けた(千曲川本川内に 11 地点、犀川に 4 地点、犀川支水域の奈良井川に 6 地点、梓川に 4 地点、高瀬川に 5 地点)。

これらの調査定点において、2008-2009 年にかけての一年間に 4 回(季節ごとに)、採取時間を 20 分間とする定量サンプリングを行った。現場にて、採取された水生生物の中からヒラタカゲロウ科昆虫類のみをソーティングした後、エタノール固定した。この採取時間を一定とする定量調査に

加え、補足的に定性調査も実施した。採取されたヒラタカゲロウ種群を同定するとともに、種群ごとに採取された個体数もカウントした。

これらの基礎的、分類学的データに基づき、千曲川水系内 30 調査地点間の個体群構造を比較・検討した。

遺伝的構造の解析に関しては、定量調査あるいは定性調査の際に採取された個体の中から、種識別が確実であり、固定状態のよい個体を対象に実施した。歩脚基部の筋肉組織から全遺伝子を抽出し、DNA バーコード法で用いられるミトコンドリア DNA COI 領域の DNA 断片を特異的に増幅し得る汎用性の高いプライマーセットを用いて遺伝子解析を行うと共に、これらの配列情報に基づき、遺伝的構造を議論した。

結果と考察

千曲川本川においても、犀川支水系においても、ヒラタカゲロウ種群の多種が関与する *current segregation* が認められた。これらの基礎的情報から、源流域の特殊なハビタットに特化している「源流域のスペシャリスト種群」、これとは対照的に上流域から中・下流域までの広大な分布域を有している「ジェネラリスト種群」が存在し、そして、これら 2 群の「中間的な分布をもつ種群」、と三大別した。

源流域のスペシャリスト種群(オビカゲロウ、イワヒラタカゲロウ、キイロヒラタカゲロウなど)は、対象とした(犀川を除く)4 川の源流部のみに棲息しているため、これらの個体群同士での遺伝的交流 *gene flow* も極めて困難であると予想される。実際に、遺伝子解析の結果も、遺伝的交流はかなり古い時代に断たれており、ほぼ遺伝子流動は生じてこなかったことが明らかとなった。

一方、典型的なジェネラリスト種であるマツムラヒラタカゲロウは、調査対象地点の広域から認められており、遺伝子解析の結果、これらの水系内の対象水域は広大なメタ個体群的構造をしていることが明らかとなった。

3A-02 宮崎県綾町の照葉樹林の溪流のコバントビケラなどの水生昆虫

*林裕美子（てるはの森の会）、河野耕三（綾町）、串間研之（宮崎県椎葉村松尾中）、村上哲生（名古屋女子大学）

はじめに

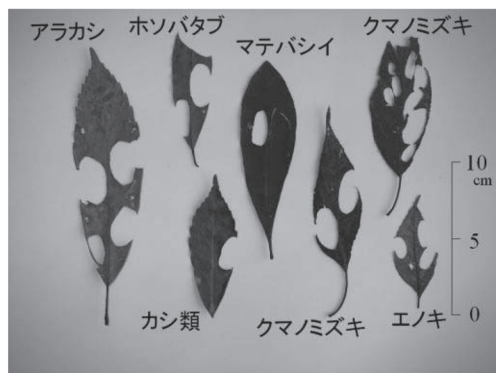
川の上流域では森林から供給される枝葉が河川生態系のエネルギー源として重要であると言われる。しかしこれは、上流部が自然植生で覆われていると想定しての議論でもある。日本の場合、戦後の拡大造林政策により広範囲の広葉樹自然林が針葉樹人工林に置き換えられたが、こうした森林の樹種転換が河川生態系に及ぼす長期の影響は詳細には調べられていない。本研究では、落ち葉はエネルギー源（食物）として利用されるだけでなく巣材としても用いられることに着目し、長径3cmにもなる楕円の大きな巣を造るコバントビケラ (*Anisocentropus*) が巣材にどのような樹種の落ち葉を利用するかを調べることで、常緑広葉樹（照葉樹）自然林から針葉樹人工林への樹種転換が水生昆虫群集に及ぼした影響を考察する。

方法

調査地：宮崎県で太平洋に注ぐ大淀川の支流の綾南川には、大森岳（標高1180m）南東稜南斜面およびその対岸から多数の溪流が流入する。このうち、集水域に照葉樹林が優占する溪流（調査地A: 1.8 km²、照葉樹林率72%）と、綾南川をはさんで対岸にある針葉樹林が優占する溪流（調査地B: 2.3 km²、針葉樹林率94%）で調査を行なった。

水生昆虫密度・リターの樹種：2008年11月26日に、それぞれの調査地で落ち葉をサンプリングし（乾重にして10~30g）、水生生物を分類・カウントしたのち、落ち葉を押し葉にして計量し、樹種を調べた。

コバントビケラの巣材の樹種：幼虫が切り抜いた楕円の巣自体からは樹種を特定することができなかったため、巣材が切り抜かれて楕円の穴があいた葉を同11月27日に落ち葉だまりから集め、押し葉にして樹種を調べ、枚数を数えた。



結果

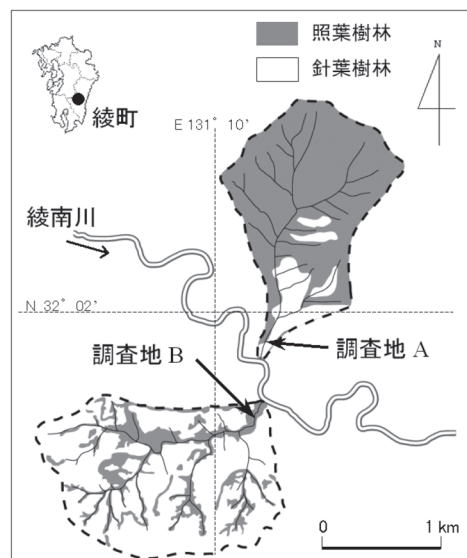
幼虫密度：調査地Aの落ち葉中のコバントビケラ幼虫密度は平均3.4匹/g落ち葉乾重、調査地Bでは2.6匹/g落ち葉乾重であった。

巣材の樹種：巣材には、調査地A (n=146) ではホソバタブとカシ類（いずれも常緑性）が好んで利用され（計47%）、調査地B (n=70) ではクマノミズキ（落葉性）の利用が突出した（57%）。利用した葉の常緑性と落葉性とで比較したところ、調査地Aでは82%が常緑樹であり、調査地Bでは84%が落葉樹であった。

溪流中の落ち葉の樹種：コバントビケラが利用していない落ち葉も含めた全体の常緑性・落葉性の比率は、調査地Aでは82%が常緑樹（カシ類、シイ類が多い）で、調査地Bでは80%が落葉樹（カエデ類）であった。

考察

コバントビケラは、巣材に針葉樹の葉を利用することができないにもかかわらず、針葉樹が優占する集水域の森林の溪流にも比較的高密度に生息した。しかし巣材に用いる樹種は、照葉樹林の溪流では常緑広葉樹の葉が大きな割合を占めたのに対して、針葉樹林の溪流では落葉広葉樹が利用されていた。針葉樹が優占する溪流では、植林時に皆伐された斜面の溪流沿いに先駆樹種である落葉広葉樹の溪畔林が再生したおかげで、コバントビケラの幼虫が利用する巣材が供給され、生存が可能になったと考えられる。



-河川形態と人工構造物の影響-

*関根一希 (信州大院・総合工学系研究科)・末吉正尚 (北海道大院・農学院)

片野泉・土居秀幸 (Carl-von-Ossietzky University Oldenburg)・東城幸治 (信州大・理・生物科学科)

はじめに

河川系は、線的な繋がりをもつ流水ネットワークからなる系であり、河川生態系は複数の局所生態系が繋がったネットワークから形成される。流水を基本とする河川系内に棲息する水生生物にとって上流から下流へと動くことは容易であってもその逆は困難であることから、上流-下流方向での移動においては河川の流れによる強い方向性が生じることになる。局所生態系ネットワークにおいて、一部の局所個体群がその規模を一時的に縮小・消滅した場合、周辺個体群から個体に移入することで早く回復することが知られているが (Watanabe et al., 2005)、河川系の場合、局所個体群の回復において上流側の局所個体群がより重要となると考えられる。

ダムなどの河川横断工作物は (止水域となるダム湖も含めて)、多様な水生生物の遡上および降下を困難にすることが知られている。また、ダム下流域では、ダムによる水量調節の結果、河床環境が改変されることにより、棲息する生物相が変化することが知られている。一方、このダム下流域に、自然状態を維持する支川が流入した場合、細粒土砂の供給による河床粗粒化の改善等、水生生物のハビタットが改善されることが予想される。また、ダム下流の支川はダム下流域に棲息する生物の供給源として働くかもしれない。すなわち、ダムは上流からの個体供給を遮ってしまうものの、支川個体群の流下・供給により、ダム流域の生物多様性を維持するといったシステムの存在も考えられる。

そこで、本研究では山岳溪流上部から河川中流域まで広く分布するナミヒラタカゲロウ *Epeorus ikanonis* を対象にして、ダムによる分断の影響、およびダム下流支川の影響を遺伝的レベルで評価することを研究目的とした。

材料と方法

以下に列記する 4 河川において、ダム湖より上

流域に位置する地点 (St. 0)、ダムサイトより下流域の 3 地点 (St. 1: ダム堤体より下流 0.9 km, St. 2: 1.8 km, St. 3: 2.7 km)、ダム下流の支川 (St. T) においてナミヒラタカゲロウの幼生を見つけ採りで採集した。

1. 奈良県奈良市布目川 (布目ダム; 対象流域内に支川の流入なし)
2. 滋賀県甲賀市野洲川 (青土ダム; ダム堤体より下流 2.5 km 地点に支川あり)
3. 滋賀県東近江市宇曾川 (宇曾川ダム; 下流 0.5 km 地点に支川あり)
4. 三重県松阪市蓮川 (蓮ダム; 下流 2.5 km 地点に支川あり)

採取サンプルから全 DNA を抽出・精製した後、個体レベルでの遺伝的評価の議論に適したミトコンドリア DNA COI 領域の塩基配列 (658 bp) を解析し、各調査地点のハプロタイプ多様度を算出・比較した。

結果と考察

各調査地点において採集した 10-20 個体のナミヒラタカゲロウについて解析したところ、計 49 のハプロタイプが確認された。ダム上流域 (St. 0) におけるハプロタイプ多様度については、4 河川間における有意な違いは認められなかった (ANOVA $p>0.05$)。一方、ダム下流域では、St. 1-3 において有意な河川間の違いが認められており (ANOVA $p<0.05$)、ダム下流側において支川のある 3 河川に比べて、支川のない布目川の多様度が有意に低いことが確認された (t-test $p<0.05$)。また、4 河川のダム下流側におけるハプロタイプ多様度について、ダムサイズ (湛水面積や堤高) やダムの維持期間との有意な相関は認められなかった。したがって、ダムにより河川棲昆虫の遺伝的多様性の低下が引き起こされるものの、ダム下流側で流入する支川からの生物の供給により遺伝的に多様な局所個体群が保持されると考えられる。

大気沈着物によって引き起こされた亜熱帯中国における 著しい酸性化と水生昆虫体内金属元素濃度への影響

*李可¹, Yunting FANG^{1, 2}, 齊藤亘¹, 楊宗興¹, 莫江明², 福原晴夫³, 吉村真由美⁴, 童曉立⁵
(1 東京農工大学、2 華南植物研究所、3 新潟大学、4 森林総合研究所関西支所、5 華南農業大学)

1 はじめに

北米やヨーロッパでは、大気沈着物のために森林土壌や渓流水が酸性化する現象が知られている。(Falkengren-Grerup et al., 1987)。これに対し、地質および気象条件が欧米と異なるアジア地域では、渓流水や湖沼まで酸性化する現象は知られていない。しかし、塩基の流亡が進んでいる湿潤熱帯域の土壌は酸緩衝容量が小さく、酸性化に対して高い感受性を持つことが予想される。

本研究で調査地とした中国南部広東省の Dinghushan 生態保護区は、酸性降下物の沈着量が多いことが報告されている。年間の窒素沈着量は林内雨で 35~50 kg N ha⁻¹ yr⁻¹ に及んでいる (Fang et al. 2008)。

Dinghushan の水域において、いくつかの渓流水の酸性の程度を調査し、また、酸性化による水生昆虫への影響を、その生息状況と体内の金属濃度から検討した。

2 材料と方法

2009 年 8 月と 10 月に、中国広州市中心部から 75km—150km の範囲内の三つの森林で調査を行った。調査地は Dinghushan と、対象地域 Heishiding と Conghua の渓流である。調査の内容は、渓流水の pH、EC、水生昆虫体内の金属元素濃度である。pH と EC は現地で pH 計と EC 計で測定した。水の成分の測定のために、現地で 45 μm フィルターで渓流水をろ過し、あらかじめ酸浴したポリビンに入れた。そして、ICP-MS で金属元素 (Na, K, Mg, Ca, Al, Mn, Fe, Cu)、イオンクロマトグラフィーで陰イオン (F⁻, Cl⁻, SO₄²⁻) を測定した。水生昆虫はサーバーネットで採集し、分類した。その後、乾燥させ、湿式硝酸分解を経て、ICP-MS によって金属濃度 (Na, K, Mg, Ca, Al, Mn, Fe, Cu) を測定した。

2 結果と考察

Dinghushan は、Heishiding と Conghua より、pH が非常に低く、EC が高く、金属の中で特に Al、Mn の濃度が高かった (表 1)。Dinghushan では、酸性降下物の沈着量が多いことが報告されている (Fang et al. 2008) ので、渓流水の pH が低く、EC が高いと考えられる。Dinghushan では、負荷される酸が多いため、イオン交換によって、Al と Mn が土壌か

ら溶脱し、渓流水に流入し、渓流水のこれらの金属濃度が高くなったと考えられる。

カワゲラ目の体内の Al 濃度は渓流水の Al 濃度の高い Dinghushan と渓流水の Al 濃度の低い Conghua で近い値であった (表 2)。そのため、カワゲラ目は体内に Al を吸収しないようなシステムがあると考えられる。また、それにより、カワゲラ目は酸性化に強いことが考えられる。カゲロウ目とトビケラ目は pH が高い Conghua の渓流水で採取できたが、pH が低い Dinghushan の渓流水では採取できなかった。特にトビケラ目は Conghua の 1 地点だけで採取できた。このことから、そのためカゲロウ目とトビケラ目は比較的酸性化に弱いことが考えられる。この研究から一部分水生昆虫の比較的酸性化に弱いことが考えられる。

表 1 調査地の pH、EC(μs/cm)、金属元素濃度 (μ mol/L⁻¹) 平均値 (n.d.は検出下限以下を意味する)

	Dinghushan 8月と10月の平均値 (n=12)	Heishiding 8 月の値 (n=4)	Conghua 10月の値 (n=2)
pH	4.13	6.03	5.90
EC	4.88	27.0	19.9
Na	89.6	341	83.9
Mg	19.7	7.87	13.5
Al	16.8	0.0533	15.6
K	29.2	36.2	3.24
Ca	18.2	17.0	10.5
Mn	1.27	0.0207	0.899
Fe	0.428	n.d.	0.648
Cu	0.0249	n.d.	0.0175

表 2 10月水生昆虫の体内の Al 濃度 (μ mol dw g⁻¹)

	D1	D2	D3	C1	C2
カワゲラ	11.3	7.84	—	10.7	11.0
カゲロウ	—	—	—	272	92.7
ヘビトンボ	15.1	15.2	9.42	101	—
トンボ	122	—	15.1	—	—
トビケラ	—	—	—	—	120

D1、D2、D3 はそれぞれ Dinghushan のことなる溪流を意味する、C1、C2 はそれぞれ Conghua のことなる溪流を意味する。—:現地で採集できなかったことを示す。n=1

群馬県及び県境隣接部の渓流域における 硝酸態窒素の濃度分布

* 栗田 秀男（群馬県自然環境調査会）

1. はじめに

2008年から群馬県内の渓流域における硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）の濃度分布を調べてきた。その結果、渓流域の硝酸態窒素は南からの NO_x を含む気流の侵入を想定することで説明できると考えられた。標高1000m以上の地域の渓流水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は低く、標高1000m未満の地域の渓流水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は南からの卓越風（首都圏からの気流を含む）が入りやすいかどうかと言う地形条件で決まるように考えられた。

そこでこの事をさらに確かめるために、今回は群馬県内に加えて群馬県境隣接部の渓流域も調査して大気中の NO_x が気流のうごきと関連して河川水に影響するかどうかを考察した。

2. 調査方法

平時の水質を見るため降雨増水日を避けて調査した。周辺に集落や耕作地の無い地点を選んだが、水質分析の結果下水排水や施肥の影響が感知された所のデータは除外した。群馬県で85河川101地点を、群馬県隣接県の新潟、長野、埼玉、栃木、福島の5県についてはあわせて24河川24地点を調査した。埼玉県北部の利根川・荒川挟部の地域は低標高で人口密度が高く下水排水や施肥の影響が顕著でデータから除外する地点が多かった。採水は岸辺で行うか川に入れえないところでは橋の上から採水器を下ろして採水したが、特異な水を捕捉しないように、何回かにわけて採水することにした。

水質の季節変動を見るため榛名山周辺で7河川8地点の月別調査をした。水質分析は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ のほか $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 TN 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 TP 、 COD も行った。分析は採水後3日以内で終了した。

3. 結果と考察

標高1000m未満の地点における、群馬県、埼玉県、埼玉県を除く4県と3群の $\text{NO}_3\text{-N}$ 値の平均値を比較すると、群馬県（0.9346mg/l）と埼玉県（1.3713）では差が無いが、他の県集団（0.4326）では有意に低かった、

埼玉県と群馬県で特に首都圏の NO_x 影響を強く受けているのではないかと？

埼玉県の荒川上流域と荒川・利根川に挟まれた地域に $\text{NO}_3\text{-N}$ の高濃度値が分布していた。ただし荒川・利根川の狭間域付近の値は下水排水と施肥の影響が感知され、それを差し引いて見ることになる。

群馬県周辺のデータはまだ少ないが、標高1000mを超える地点の $\text{NO}_3\text{-N}$ 値は1.0mg/l未満で、埼玉県に連なる長野の相木村や栃木県の佐野当たりでやや高い $\text{NO}_3\text{-N}$ 値であった。

群馬県や埼玉県などの渓流域の高濃度 $\text{NO}_3\text{-N}$ 値がすべて首都圏からの NO_x によるとはいえないかも知れないが、これ等の地域で、川筋に沿って人口密度の低い地域まで高濃度地点が存在し、地形に関係した濃度分布を持つことから考えると、現地発生 NO_x に加えて首都圏からの NO_x がかなり影響しているように思われる。

群馬県内での首都圏の気流影響は、概略、利根川沿いに水上当たりまでと、利根川支流の鐮川、碓氷川、烏川、吾妻川の中ほどまで及ぶが、神流川、渡良瀬川、桐生川では影響は比較的低いとみられる。榛名山周辺の8地点では、高標高地点で年間の $\text{NO}_3\text{-N}$ の季節変動幅が小さかった。

$\text{NO}_3\text{-N}$ 値の最大値はほぼ2.0～2.5mg/lであった。これは渓流域の飽和値か？

*小島永裕¹⁾, 長井正博²⁾, 酒井友美²⁾, 片山幸士²⁾

¹⁾滋賀県森林センター, ²⁾人間環境大学人間環境学部

はじめに

渓流水中の成分濃度は、森林系外からの流入、系内での生物地球化学的過程、水文学的過程などのいくつかの過程が複合的に作用して決まっている。

我々は、渓流水中の成分濃度の決定要因を明らかにするため、琵琶湖の集水域にある森林小流域で、降水や渓流水の観測を行ってきた。その取り組みの一環として、渓流水中の成分濃度に対する水量と温度の影響について報告した¹⁾。

本発表では、物質収支および水量の影響に基づいて、渓流水中の溶存成分を分類する方法について報告する。

調査方法

調査地は滋賀県野洲市大篠原にある集水面積 20.0 ha の森林で、日野川支流光善寺川の最上流部に位置し、花崗岩質で、スギ、ヒノキの人工林を主体とする。2003 年に雨量計と量水堰を設置し、降水量と渓流水量を自動計測している。さらに、観測地に設けた 8×10 m の区画において、樹冠通過雨と樹幹流の水量を観測し、降水量および渓流水量との関係を調べている。

2004 年 9 月から 2007 年 10 月にかけて 1 週間に 1 回、渓流水を量水堰の上流約 10 m において採取するとともに、降水、樹冠通過雨、樹幹流については 1 週間分ポリタンクに採取したものを回収した。採取した水試料は、孔径 0.4 μm のニュクリポアフィルター (Whatman 製) でろ過した。ろ液中の Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Al³⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, F⁻, Si(OH)₄ をイオンクロマトグラフ、空気分節自動流れ分析装置、全有機炭素計、分光光度計、蛍光光度計を用いて測定した。

物質収支に基づいた成分の分類

樹冠通過雨および樹幹流によって森林土壤にもたらされる成分の平均年間負荷量 L_{in} と、渓流水として森林外に流出する成分の平均年間負荷量 L_{out} を求めた結果、 L_{in} と L_{out} の大小関係は成分によって異なっ

ていた。この関係を明確にするため、負荷量比 L_{out}/L_{in} を成分ごとに算出した。

L_{out}/L_{in} が 1 に近い成分は森林へ流入後、土壤内で生物地球化学的作用をほとんど受けずに森林外に流出すると考えられる。これらを通過型成分とすると、これには Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻ が属していて、これらの L_{in}/L_{out} は 0.8~1.3 の値であった。

L_{out}/L_{in} が 0.8 より小さい成分には、K⁺, Al³⁺, H⁺, NO₃⁻ があった。これらは森林土壤内で吸収・分解を受けて濃度が減少する成分であるから吸収型成分と呼ぶことができる。

L_{out}/L_{in} が 1.3 より大きい成分には Na⁺, OH⁻, F⁻, HCO₃⁻, Si(OH)₄ があった。これらの成分は森林土壤内に供給源を持つ成分であり、このため供給型成分と呼ぶことができる。

渓流水中の成分濃度変化に基づいた分類

渓流水中の成分濃度の対数値 $\log C$ について、渓流水量の対数値 $\log Q$ を標準化したものに対する回帰係数 k_Q を求めた。 k_Q と上述の負荷量比に基づいた成分の分類の間には、一定の関係が認められた。

吸収型成分の k_Q はすべて 0.01 以上であった。 k_Q が正であることは、渓流水量の増加とともに成分濃度も増加することを意味している。降水による増水時に、これらの成分の森林土壤内での吸収・分解作用が十分に機能しないまま、森林外に流出していることがわかる。

供給型成分の k_Q は -0.03 以下で、負の値を示した。森林土壤深層に高濃度で存在すると考えられるこれらの成分は、降水時には希釈される結果、濃度が減少すると考えられる。

通過型成分の k_Q は -0.03~0.01 とほぼ 0 であり、その濃度は渓流水量の増減により変化しなかった。

引用文献

- 1) 小島永裕ほか(2009) 渓流水中の溶存成分濃度に対する水量および温度の影響, 第 120 回日本森林学会大会要旨集, D24

*大久保卓也, 東善広, 金子有子 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

1. はじめに

滋賀県におけるカシノナガキクイムシによるナラ類の集団枯損は、湖北・湖西地域を中心に 1980 年代後半から見られ、被害面積は 2000 年に 4.38ha、2005 年に 9.88ha、2008 年に 15.48ha と近年増加傾向にある。國松らの湖西地域安曇川支流での調査では、ナラ類の集団枯損が進行した 2000 年代に、渓流水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が同調的に増加したことが報告されている(金子ら, 2007; 寺田, 2009)。一方、同地域では 1990 年代後半からニホンジカの食害による下層植生の減少も見られていたことから、ナラ類枯損の影響のみをモデルにより定量的に評価する試みも行われている(福島・寺田・金子・國松, 未発表)。また、知内川、石田川、安曇川等の湖北・湖西の河川水中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が近年増加傾向にあり(大久保ら, 未発表)、ナラ枯れが関係している可能性もある。本報告では、ナラ枯れの森林渓流水水質に対する影響について、湖西地域の複数の調査地点における水質と流域環境の植生、地質との関係から解析した結果を示す。

2. 方法

森林渓流水の水質調査地点を図 1 に示す。水のサンプリングは降雨の影響が大きい時期は避けて月に 1~2 回の頻度で 2008 年 12 月から 2010 年 6 月に実施した。サンプル水はポリバケツを用い表層の水を採取した。サンプル水は実験室に持ち帰り Whatman 製 GF/F ガラス繊維ろ紙でろ過し、栄養塩類はブラール社製(現、ビーエルテック社) QUATTRO で測定した。

3. 結果

調査地点上流の流域におけるブナ・ナラ群落占有率と水質(12ヶ月平均値)の関係を見た結果、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度はやや正の相関を示す傾向がみられた(図 2)。また、ナラ枯れが進行していない京都府域では、ナラ枯れが進行している滋賀県域に比べて $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低い傾向がみられた。一方、流域内の表層地質に花崗岩が多い地点では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高い傾向がみられ(図 3)、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度に対しては地質の影響もあることがわかった。流域内の表層地質に花崗岩が含まれない地点のみ抽出して、ブナ・ナラ群落占有率と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の関係を見た結果、正の相関がみられた。これが、ナラ枯れの影響によるものかどうかは、現時点では明らかでない。ナラ枯れの水質への影響を確認するためには、調査地点を絞って同じ地点でナラ枯れの進行状況と水質変化を長期的にモニタリングする必要がある。

引用文献

金子有子・國松孝男・籠谷泰行・中島拓男(2007)環境負荷の軽減を図るための森林管理方法の検討-森林流出水および森林動態の長期モニタリング-, 琵琶湖環境科学研究センター研究報告書, No. 3, 101-109.

寺田征隆(2009)ナラ枯れ侵入前後での森林からの汚濁負荷流出の評価, 滋賀県立大学大学院 2009 年度修士論文, 33p.



図 1 調査地点

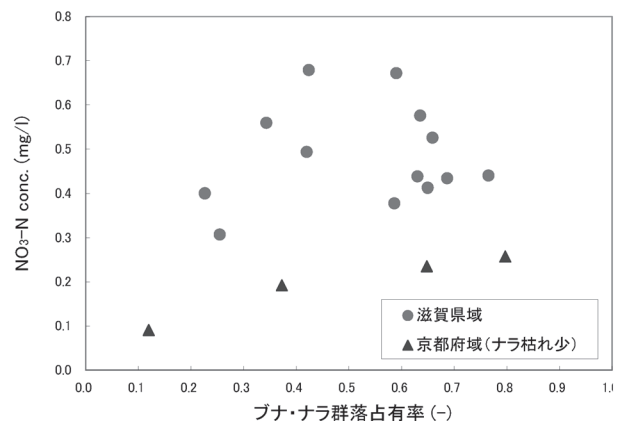


図 2 流域内植生のブナ・ナラ群落占有率と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の関係

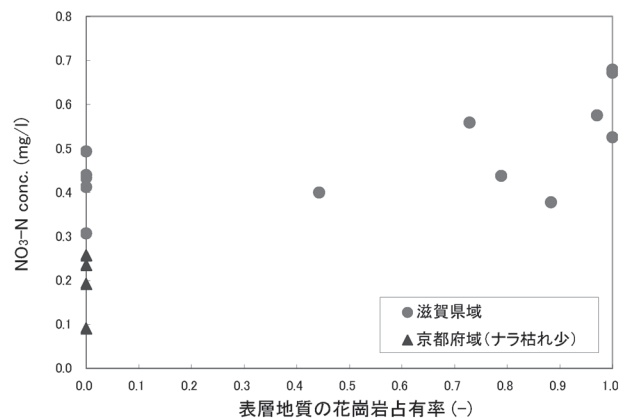


図 3 流域内表層地質の花崗岩占有率と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の関係

*竹知善範¹, 渡辺雄二郎², 大嶋俊一¹, 小松 優¹, 藤永 薫¹(¹金沢工大院・バイオ・化学, ²金沢工大・生活環境研究所)

1. はじめに

石川県中央部を流れる犀川・浅野川・金腐川・森下川は、地理的に近接しているながら、流路長や流域面積、また地域の土地利用、起源とする山の地質など違った特徴を有している事から、各河川の水質の違いを解明する目的で、今回調査対象として選んだ。地理的な性質として犀川・浅野川は金沢市の市街地の中心を流下しており、水質は人間活動の影響を強く受けていると考えられる。また、金腐川・森下川の水質は金沢市の近郊を流れており、周囲に田畑が多い事から、肥料流入などの影響が考えられる。

犀川は金沢市南東部に位置する奈良岳に端を発し、金沢平野を流下する過程で多くの支流と合流し日本海に注ぐ、流路延長約 35km、流域面積約 256km²の二級河川である。また、浅野川・金腐川・森下川は、金沢市に位置する順尾山・戸室山・医王山にそれぞれ端を発し、金沢平野を流下した後、河北潟に注ぐ大野川水系の二級河川である。

2. 方法

Fig.1 に採水を行った地点を示す。これらの地点について、2005 年から定期的に採水を行い、溶存物質の分析を行ってきた。今回は、2008 年 6 月からの最近 2 年間の水質データを中心に報告する。

試料水は、各調査地点にある橋梁上からポリプロピレン製のボトルにおもりをつけた手製の採水器をロープでおろし、河川中央部の表層水を採集した。



Fig.1 調査地点

3. 結果

採水期間中の主要イオン濃度の平均値を Table 1 に、NH₄⁺-N と PO₄³⁻-P の濃度の平均値を Table 2 に示す。Table 1 で、各河川の上下間で濃度を比較してみると、その変動により 3 つのパターンに分類できた。犀川・浅野川では全ての化学種で上流地点の濃度が低く、下流地点へ向かうにつれて上昇する傾向が見られ、特に Na⁺, Cl⁻ についてその特徴が顕著に見られた。金腐川ではほとんどのイオンについて上流地点の濃度が高く、下流地点の濃度が低くなるという傾向があった。森下川については上流地点、下流地点ともに濃度はほとんど変わらなかった。Table 2 について 4 者を比較すると、NH₄⁺-N と PO₄³⁻-P とともに浅野川下流地点の濃度が他の河川と比較して最も高い事がわかった。

Table 1 主要イオン類の平均値による比較

		イオン濃度 (ppm)						
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
犀川	上流	5.2	1.2	6.5	1.6	5.5	6.1	3.4
	下流	19.2	2.5	11.0	4.4	32.0	18.8	4.5
浅野川	上流	9.9	1.9	9.4	2.4	12.6	11.4	3.4
	下流	19.3	4.1	10.6	3.0	26.6	15.5	6.2
金腐川	上流	18.7	7.9	26.7	7.8	40.2	26.7	6.6
	下流	17.6	7.1	26.3	11.1	34.0	24.0	4.7
森下川	上流	11.1	2.6	8.8	2.9	14.2	15.3	2.9
	下流	10.7	2.7	9.1	3.1	15.1	14.9	2.5

Table 2 栄養塩類の年平均値による比較

	2008年6月 - 2009年5月		2009年6月 - 2010年5月	
	NH ₄ ⁺ -N (ppm)	PO ₄ ³⁻ -P (ppb)	NH ₄ ⁺ -N (ppm)	PO ₄ ³⁻ -P (ppb)
犀川下流	0.85	38	0.65	33
浅野川下流	3.42	538	4.15	659
金腐川下流	0.35	14	0.36	16
森下川下流	0.28	52	0.14	22

4. 考察

個々の水質は、流域周辺の土地利用と大きな関係があると思われる。NH₄⁺-N と PO₄³⁻-P が共に高濃度であった浅野川では、金沢市の中心部を流下しており人為的な影響を強く受けたため、このような特徴を示したと考えられる。森下川は田園地帯を流下しているにもかかわらず、天井川となっている部分が多いため、流入負荷が少ないと考えられる。他の河川でも、土地利用と関係した特徴が多く見られたので、それらの詳細を報告する。

3A-09 東北・北陸地方の河川における溶存態・懸濁態元素の分布と動態

*小林一星¹⁾、堀 智孝¹⁾、杉山雅人²⁾

1)京大院・人間環境学 2)京大院・地球環境学堂

【 はじめに 】

日本全土を網羅する様な広域的な河川水質調査として、小林(1961)が1940年代後半から1950年代にかけて行った全国の主要一級・二級河川を対象とした調査がある。この調査によって日本河川の平均水質が明らかになり、水質汚染が顕在化する前のデータとして貴重なものとなっているが、その後この様な広域的な河川の水質調査は行われてこなかった。

我々(佐々木(2003)、佐藤(2006)、小林(2010))は現代の水質を明らかにするために、小林(1961)と同じ河川で溶存態化学種の濃度を測定した。日本河川の平均水質を明らかにし、過去50年間の水質変容の程度とその原因について考察した。

また本研究では、小林(1961)は行っていない河川懸濁物質の化学成分の測定も行った。河川懸濁物質の大部分が上部地殻の破砕物であることに着目し、懸濁物質の化学組成を調べることで平均地殻組成を見積もる。本講演では東北日本弧の中央部に位置する東北地方と、岩石の種類が豊富な北陸地方に焦点を当て、その特有の地質が溶存態・懸濁態元素の組成に反映されているかどうか検証した。



図1：サンプリング地点

【 方法 】

◇ 一般水質項目

pH、水温、電導度、溶存酸素濃度は、採水時に測定した。

◇ 溶存態化学種

試水を孔径0.4μmのヌクレポアフィルターでろ過し、ろ液に含まれるものを溶存態とした。P・V・Moはオートアナライザー、Cl・SO₄はイオンクロマトグラフィー、Na・K・Ca・Mg・Siや微量元素は誘導結合プラズマ発光分析装置(ICP-AES)を

用いて測定する。アルカリ度は滴定によって求め、クロロフィルaは分光光度計を用いて測定した。

◇ 懸濁態化学種

試水をろ過して、ろ紙上に捕捉された粒子を懸濁態とした。採取した試料を杉山(1996)の方法に準拠して分解し、ICP-AESを用いて無機成分の測定を行う。

【 結果と考察 】

図2に2009年～2010年にかけての東北・北陸地方の日本海側の測定結果を示した。なお図2には比較のために2009年～2010年の四国北部・九州地方の結果と、小林(1961)の結果も示している。過去と現在を比較すると、北陸地方とは対照的に東北地方のNa・K・Ca・Mg濃度は上昇していた。東北地方のアルカリ度が上昇していたことが分かったが、主要陽イオンの濃度上昇によりイオンバランスが変化したことが原因の一つと考えられる。またSiについては、東北・北陸地方に限らず九州・四国地方においても濃度の減少がみられた。本講演では、これらの結果を元に溶存態化学種について議論する。加えて懸濁態についても考察を行う。

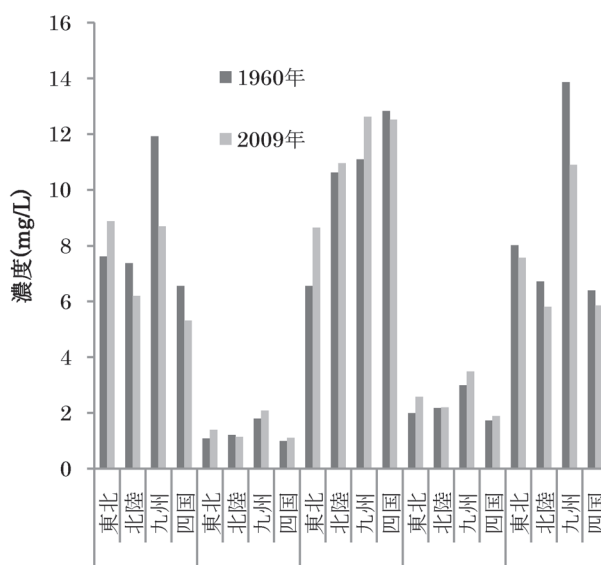


図2：東北・北陸・九州・四国地方における主要陽イオン濃度

*井上源喜, 清田麻衣, 折笠 綾, 本多英介, 大曾根陽子 (大妻女子大学)

1. はじめに

河川の表層堆積物中の有機成分は, 過去数十年間の平均的な河川環境を反映していると期待される. 全有機炭素 (TOC) や全窒素 (TN) 濃度は河川環境における生物生産量や汚濁状況を反映する指標となる. また, 堆積物中の炭化水素やステロールなどのバイオマーカーは, 有機成分の起源や環境変動の指標として広く研究が行われている. 本研究では都市河川である多摩川の表層堆積物を採取し, TOC, TN, 炭化水素, 脂肪酸, ステロールおよびフェノールカルボン酸の分析を行い, それらの特徴を明らかにし, 河川流域の環境条件と関連して考察した.

2. 材料と方法

試料採取は 2008 年 7 月 30 日および 2010 年 6 月 2 日に, 多摩川の上流から下流で行い, 砂礫質堆積物や植物葉を得た. 本稿ではこれらの分析結果の一部を示す. TOC および TN 濃度は, 試料を塩酸処理し粉碎後, 自動元素分析計 (Fisons NCS NA2500 Automatic Elemental Analyzer) で測定した. 炭化水素, 脂肪酸, ステロールおよびフェノールカルボン酸は, 試料をけん化 (80°C, 2 時間) 後, 酢酸エチルで抽出し, シリカゲルカラムクロマトグラフィーで炭化水素および脂肪酸・ステロール・フェノールカルボン酸フラクションに分離した. 脂肪酸はジアゾメタンでメチルエステル, ステロールおよびフェノールカルボン酸はトリメチルシリル (TMS) 剤を加え, TMS 誘導体とした. これらをガスクロマトグラフ-マススペクトロメーター (JEOL JMS-Q1000 Gas Chromatograph-Mass Spectrometer) で測定した.

3. 結果および考察

多摩川の試料は砂礫質のため TOC 濃度は 0.073 - 0.939%, TN 濃度は 0.022 - 0.110% で, かなり低い値を示した. また, TOC/TN 重量比も 3.33 - 8.53 と低く, 有機物は主として藻類や微生物に由来すると考えられる.

炭化水素は, 五日市線鉄橋下の試料を除き, 一連の奇数炭素優位の *n*-アルカン ($n\text{-C}_{14} - n\text{-C}_{40}$), イソプレノイド-アルカン (squalane, etc.), アルケン ($\text{C}_{17:1}$, $\text{C}_{20:2}$) および UCMH (unresolved complex mixture of hydrocarbons) が検出された. 興味深いことに五日市線鉄橋下の試料からは, $n\text{-C}_{32}$ に頂点を有する偶数炭素優位の *n*-アルカンが検出された. 海洋堆積物では偶数炭素優位の *n*-アルカンが検出された例はあるが, 淡水環境では本研究が最初であり, どのような生物に由来するのかが興味をもたれる. ステランやトリテルパンは熟成がかなり進んでいるものが検出された. 炭化水素は全体を通して UCMH が大部分を占めており, オイルやグリース等の石油製品, 燃焼生成物およびアスファルト等に由来する汚染性の炭化水素が多いことが判明した. 脂肪酸は *n*-アルカノイック酸 ($n\text{-C}_{10} - n\text{-C}_{34}$), 不飽和脂肪酸 ($n\text{-C}_{16}$, $n\text{-C}_{18}$) および分岐脂肪酸 ($b\text{-C}_{12} - b\text{-C}_{17}$) が検出された. 短鎖の *n*-アルカノイック酸が全試料で最も卓越することより, 藻類由来の脂肪酸が多いことが判明した. また, 分岐脂肪酸の存在は, バクテリアの寄与がかなり高いことが示された. ステロールは 24-エチルコレステロールが最も卓越しており, 高等植物に由来すると考えられる. また, リグニン関連の一連のフェノールカルボン酸が検出され, 高等植物の寄与があることが明らかになった. バニリン酸, シリング酸, *p*-ヒドロキシベンゾイック酸の 3 成分で考慮したところ, 藻類・微生物・裸子植物の寄与がかなり多いことがわかった.

多摩川の表層堆積物中には, 有機成分の特徴より河川水域の藻類や微生物 (バクテリア等), 高等植物の他に, 人間活動によるグリースやアスファルトを含む石油製品等に由来する炭化水素による汚染がかなりあることが明らかになった.

3B-01 閉鎖性汽水湖における窒素循環に関与する細菌群集構造の解析と潜在的浄化能力の評価

* 杉浦佳樹、倉橋正典、二又裕之（静岡大・工学）

1. はじめに

閉鎖性汽水湖である佐鳴湖は環境省が発表した全国の湖沼の水質調査結果（公共用水域水質測定結果）で、水の汚濁度を示す COD（化学的酸素要求量）の年平均値が 2001 年度から 2006 年度にかけて全国ワースト 1 位となっており、現在も富栄養化状態となっている。富栄養化の主な原因物質である硝酸 (NO_3^-) や亜硝酸 (NO_2^-) を自然の力で除去するためには、細菌による窒素循環の硝化および脱窒プロセスが必要である。しかし佐鳴湖の硝化および脱窒に関与する細菌に関する知見は非常に少ない。そこで本研究では、佐鳴湖における窒素循環に関与する細菌群集の解析と潜在的浄化能力の評価に着手した。

2. 材料と方法

まず佐鳴湖の化学的特性を把握するために、投げ込み式 pH メーターを用いて、水深毎の pH と酸化還元電位を定点測定した。また湖水のアンモニア態窒素 (NH_4^+-N)、硝酸態窒素 (NO_3^--N)、亜硝酸態窒素 (NO_2^--N) の濃度を測定した。次に湖水および底泥 {表層 (水深 -115cm ~ -116cm) と下層 (水深 -135 ~ -140cm) の二層} の計 3 層の細菌数を調べた。直接検鏡法により湖水の総菌数を、プレート培地を用いた希釈平板法により生菌数および硝化細菌 (アンモニア酸化細菌および亜硝酸酸化細菌) 数を、液体培地を用いた最確値法により脱窒細菌数を測定した。さらに底泥表層土を用いて、硝化および脱窒の潜在的浄化能力を動力学的に解析した。脱窒実験の際、電子供与対として 1/10TSB を添加し、ヘッドスペース中のガスをアルゴンに置換した。また底泥表層土から直接 DNA を抽出し、16S rRNA 遺伝子を標的とする PCR によりクローンライブラリーを構築し細菌群集構造を解析した。

3. 結果

3-1 化学的特性

湖水 (水深 0 ~ -120 cm) では pH 8.2 ~ pH 9.6 とアルカリ性であるのに対して、底泥 (水深 -120 ~ -200cm) では pH 7.0 ~ 8.9 と中性からアルカリ性であった。同様に、酸化還元電位は湖水 (水深 0 ~ -120 cm) では 65 ~ 180 mV と酸化状態であるのに対し、底泥 (水深 -120 ~ -200 cm) では -105 ~ -225 mV と還元状態であった。以上の結果から、佐鳴湖は湖水と底泥で pH および酸化還元電位が大きく異なる環境であることが明らかとなった。

3-2 菌数測定結果

湖水中の総菌数は約 2.3×10^6 cells ml^{-1} であり、生菌数および脱窒細菌、アンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌は、底泥のほうが湖水よりそれぞれ約 100 倍 ~ 1000 倍菌密度が高かった。また生菌数、脱窒細菌およびアンモニア酸化細菌菌密度は底泥表層土において最も高く、それぞれ約 7.6×10^6 cells g^{-1} soil、 2.0×10^5 cells g^{-1}

soil および 2.1×10^6 cells g^{-1} soil であった。その際の生菌数に対する脱窒菌数およびアンモニア酸化細菌の割合は約 2.6% および 27.6% であった。

3-3 脱窒活性の動力学的解析

佐鳴湖の潜在的浄化能力を評価するため、底泥表層土を用いて脱窒活性の動力学的解析を行った。その結果、 NO_3^--N に対する最大除去速度 (V_{\max}) は $1.64 \text{ mM g}^{-1} \text{ soil} \cdot \text{h}^{-1}$ 、親和定数 (K_S) 値は 1.3 mM (18.2 ppm) であった。また NO_2^--N に対する V_{\max} は $1.64 \text{ mM g}^{-1} \text{ soil} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 K_S は 4.9 mM (68.6 ppm) であった。

同様に、硝化活性の動力学的解析を行った。その結果、 NH_4^+-N に対する V_{\max} は $0.0075 \text{ mM g}^{-1} \text{ soil} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 K_S 値は 0.26 mM (3.57 ppm) であった。

3-4 細菌群集構造解析

底泥表層における硝化および脱窒に関与する細菌群集構造を理解するために、底泥表層土に分布する細菌の遺伝子解析を行った。その結果、脱窒能あるいは脱塩素化能を有すると示唆される細菌などが検出された。以上の結果から底泥表層では、脱窒細菌だけでなく脱塩素化細菌を含め、環境浄化に寄与する細菌群で構成されていることが示唆された。

4. 考察

佐鳴湖は、好気的アルカリ環境 (湖水) と嫌気的中性環境 (底泥) という異なる 2 つの環境で構成されていることが示された。

底泥表層において脱窒菌密度が最も高かったことから、底泥表層において脱窒活性が最も高素除去能の動力学的評価の結果、特に NH_4^+ 酸化反応においては K_S 値が 0.26 mM と親和性が高く、また現場の NH_4^+ 濃度も 0.001 mM 以下のため、 NH_4^+ 除去能力は高いと考えられる。

一方、硝酸除去に対する K_S 値は窒素の環境基準値の約 2 倍であった。しかし除去速度および湖水の滞留時間が 40 日以上であること、また本実験のサンプリングサイトにおける NO_3^--N および NO_2^--N 濃度が高々 1.0 ppm 以下であることから細菌による窒素除去能力は無視できないのではないかと考えられた。現在、詳細な細菌群集構造の解析ならびに機能遺伝子を用いた窒素循環に関与する細菌群の動態解析を進めている。

*二木 功子, 朴 虎東 (信州大学理学部)

1. はじめに

Microcystis が生産するアオコ毒素 microcystin(MC) は溶藻すると水に溶出し、さらなる水質汚染を引き起こす。湖沼の溶藻には Cyanobacteria Lysing Bacteria(CLB)と Microcystin Decomposition Bacteria (MCDB)が大きく関係し、これらのバクテリアによる溶藻や生長阻害物質の探索は藍藻や毒素の消滅メカニズムを知るために重要である。本研究は *Microcystis aeruginosa* の溶藻斑より分離した CLB と MCDB を培養し、藍藻の溶藻機構に関わるこれら CLB と MCDB が藍藻の溶藻時に及ぼす役割を明らかにすることを目的とした。

2. 実験の方法

2008年8月~2009年10月にかけて諏訪湖表層での CLB を分離するために2週間毎に表層水を採集し軟寒天重層法により CLB の溶藻斑の季節変動を調査し溶藻斑からバクテリアを分離した。P1 バクテリアはグラム陽性球菌である。1L の三角フラスコに NIES298 の無菌株と共に CLB(P1)と MCDB (Y2 : *Sphingosinicella microcystinivorans*)をそれぞれに入れた。さらに P1 と Y2 を同時に入れたフラスコとコントロールとして NIES298 のみを設けた。異なる増殖段階の NIES298 を使用した。培養条件は光照射 L:D=12:12, 40 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 室温は 23 $^{\circ}\text{C}$ とした。

NIES298 による *Microcystis* 生長抑制物質と溶藻物質の探索を行った。

3. 結果と考察

2009年の諏訪湖の *Microcystis* は6月から発生して7月の中旬で1回減少し9月に向けて上昇し10月 10^5cells mL^{-1} が急激に 10^4cells mL^{-1} に激減する。10月の減少時溶藻斑は 573PFU mL^{-1} から 4300PFU mL^{-1} に増大した。

Lag phase($1 \times 10^5\text{cells mL}^{-1}$)の NIES298 細胞数は P1 バクテリアを入れると約6日目以降 $3.7 \times 10^5\text{cells mL}^{-1}$ から $1.8 \times 10^5\text{cells mL}^{-1}$ に減少した。MCDB (Y2)

の実験系とコントロールの NIES298 細胞数は増加した。しかし細胞外 MC は検出限界以下であった。

Exponential phase での NIES298 細胞数は $3 \times 10^6\text{cells mL}^{-1}$ から溶藻までに40日を要した。その時の細胞外に放出された MC は16日目以降コントロールと P1 株からは検出されたが Y2 の入っている実験系からは検出されなかったのは MCDB(Y2)による MC 分解である (図1)

透析膜に P1 バクテリアを入れて *M.aeruginosa* への影響を確認した実験からバクテリアは溶藻物質を放出していることが確認された (図2)。諏訪湖の *Microcystis* の消長には CLB の数が影響していた。

本研究は CLB と MCDB の機能を利用して生物学的方法でアオコ制御の可能性を示した。

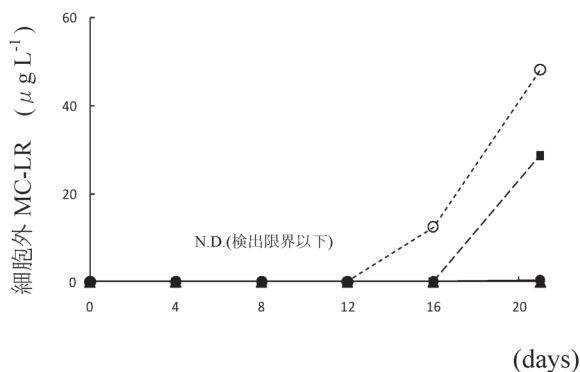


図1 溶藻により細胞外に放出された MC の濃度変化

■ : コントロール(NIES298) ▲ : Y2 株+NIES298
○ : P1 株+NIES298 ● : Y2+P1 株+NIES298

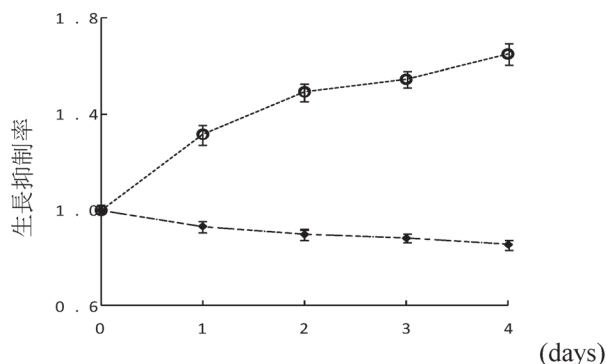


図2 溶藻物質の NIES298 の生長に及ぼす影響

○ : コントロール(NIES298) ◆ : 溶藻物質+NIES298

霞ヶ浦における溶存炭水化物の組成と季節変動 ～湖水、底泥間隙水および流入河川水の特徴～

*佐藤貴之・川崎伸之・小松一弘・今井章雄・高津文人・三浦真吾（国環研）

1. はじめに

溶存炭水化物 (Dissolved Carbohydrate, DCHO) は、湖水の溶存有機物 (Dissolved Organic Matter, DOM) の中で同定可能な数少ない有機化合物の 1 つであり、炭素源として微生物の増殖を促進する効果がある。したがってその動態は、湖内における難分解性 DOM の生成・蓄積と直結している可能性がある。しかし、湖沼生態系における DCHO の動態に関する知見はほとんど見あたらない。本発表では、霞ヶ浦湖水、底泥間隙水および流入河川水における DCHO の組成と季節変動について検討した。

2. 試料および方法

霞ヶ浦 (西浦) の高浜入り (Sts. 1, 3)、土浦入り (St. 7)、湖心 (St. 9) および湖尻 (St. 12) の 5 地点において、2006 年 1 月～12 月の各月に 2m のアクリル製円筒カラム採水器を用いて湖水を採取した。さらに、湖心において深さ 15cm の底泥コアを採取し、窒素ガス雰囲気下で間隙水を採取した。流入河川水は、桜川、恋瀬川、花室川および小野川から採取した。採取した水試料は、450℃で 4 時間加熱処理したガラス繊維ろ紙 (Whatman GF/F フィルター: 公称粒子径=0.7μm) を用いて DOM 画分を採取した。DCHO は、篠原ら (2008) の方法に従い、pH 1.1 の塩酸性条件下で 24 時間加水分解して単糖に変換した後に Dionex の HPLC システム (DX500) を用いて測定した。

3. 結果および考察

霞ヶ浦湖水から検出された単糖類で主要なものは、ブコース、ラムノース、アラビノース、ガラクトース、グルコース、マンノースおよびキシロースの 7 種類であった。霞ヶ浦湖水の DCHO の総濃度は、1.2～3.0 μmol L⁻¹ の範囲であり、DOC に占める割合 (%DOC) は 3～7% であった。図 1 に霞ヶ浦湖心における DCHO 濃度の季節変動を示した。DCHO 濃度は、2, 5, 9 月に上昇し、%DOC も 5%以上と高かった。この濃度変化は、他の採取地点でもほぼ同じだった。底泥間隙水の DCHO 濃度は、1.4～10 μmol L⁻¹ の範囲で、6 cm 以深でとくに高くなる傾向にあった。%DOC は 2～20% の範囲であり、6～10 cm でとくに高く、間隙水 DOM 中に多くの炭水化物が含まれることを示していた。また、DCHO 濃度および %DOC とともに季節変化が大きいことも明らかになった。1～6 月には多量の DCHO が存在したのに対して、7 月以降は DCHO 濃度や %DOC が急激に低下した。一方、底泥間隙水の DOC 濃度は 7 月以降の方が高いことから、この時期に炭水化物が急激に消費されて他の有機物へ変換されたと考えられる。

図 2 に 2006 年の霞ヶ浦湖心における湖水、底泥間隙水および桜川の DCHO 構成単糖の平均組成を示した。霞ヶ

浦湖水の DCHO 組成は年間を通じて変化に乏しく、構成単糖類の中でキシロースが卓越していた。一方、底泥間隙水や流入河川水では、キシロースよりも分解性の高いグルコースの方が卓越する場合が多かった。以上のことから、霞ヶ浦湖水 DCHO は、底泥や河川などから単に供給されたものではなく、湖水中の細菌による分解・変質プロセスの途上にあると考えられる。今後、DOM の生分解性と DCHO 組成の関係を明らかにするためには、底泥、河川や藻類などによって供給された DCHO が分解される際に、その濃度や組成がどのような経時変化をするか詳細に検討する必要がある。

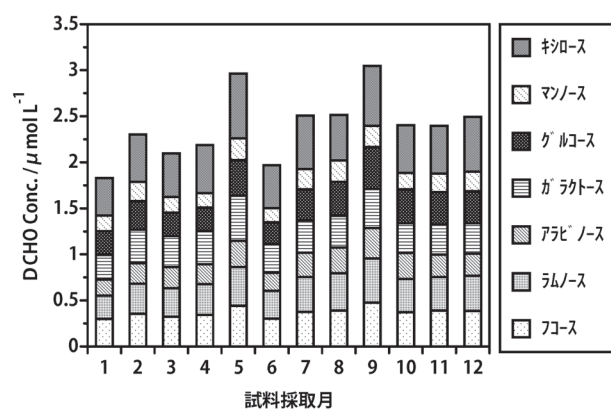


図 1 霞ヶ浦湖心における DCHO 濃度の季節変動

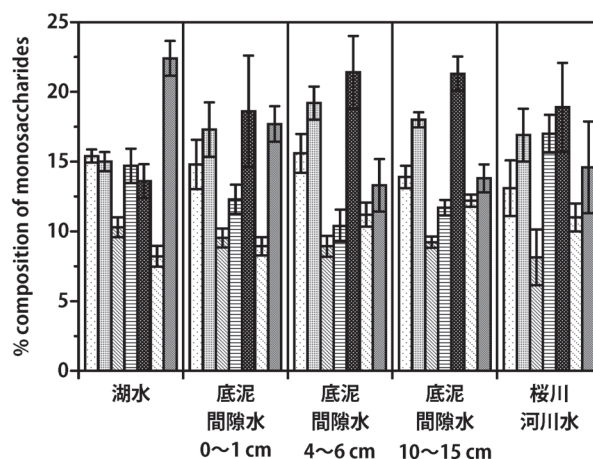


図 2 2006 年の霞ヶ浦湖心における湖水、底泥間隙水および桜川の DCHO の平均組成 (凡例: 図 1 参照)

4. 参考文献

篠原ら (2008)、水環境学会誌 Vol. 31, No. 8, pp.447-454.

謝辞

本研究は、平成 21～23 年度文科省科研費 (基盤研究 (A), 課題番号 21241008) の一環として行われた。

3B-04 千葉県手賀沼水域におけるトリハロメタン生成能と溶存有機物濃度との関係

*佐伯 明義 (財)電力中央研究所・環境科学研究所

1. はじめに

手賀沼は千葉県北西部に位置し、周囲 38 km、面積 6.5 km²、平均水深 0.86 m、貯水量 560 万 m³、平均滞留時間約 6 日の閉鎖系水域で、手賀川を經由して利根川とつながっている。手賀沼では、湖沼水質保全特別措置法（昭和 60 年）の適用を契機に、水質保全を図るための流域下水道・合併処理浄化槽の整備、湖底堆積物の浚渫などが進められ、水質汚濁防止法（昭和 45 年）に基づく上乗せ排水基準が適用されてきた。さらに、平成 12 年度から、北千葉導水事業による浄化用水の本格導入が開始された。これらの汚濁負荷抑制対策と浄水導入により、湖水の化学的酸素要求量（COD）年平均値はピーク時の 28 mg L⁻¹（昭和 54 年）に比べ改善され、平成 14 年～21 年までの COD 年平均値は 8 mg L⁻¹ 台で推移している。しかしながら、手賀沼の水質汚濁は著しく、COD 環境基準（5 mg L⁻¹）の達成には一層の改善が必要とされている。

この他、富栄養化に伴う水質汚濁以外で懸念される事象は、水の浄化処理で添加される塩素と溶存有機炭素（DOC）の反応により、非意図的にトリハロメタン（THM）が生成することである。THM は発癌性物質の一つで、水道二法（厚労省、環境省：1994）には THM に係る公共水域への規制・対策方針などが明記されている。THM は水道水源項目の位置づけで、水道用原水の THM 濃度が基準濃度 100 μg L⁻¹ 未満を達成することが求められる。ちなみに、手賀沼では 1999 年に THM が水道水源項目に追加された。これは、手賀沼の水が最終的には利根川に流入するため、利根川での水道用水取水に配慮し設けられた措置である。

以上の背景から、水中での THM の生成抑制・低減化を図るには、THM の前駆体となる DOC を吸着処理などで除去することが有効と考えられるが、DOC 除去効果の評価に先立ち、DOC の何割が THM に変化するのか把握する必要がある。そこで、DOC から THM への変化率を明らかにするため、手賀沼水域の採水調査と試水の化学分析を実施して、試水中の DOC 濃度と THM 生成能の関係を検討した。今大会では、上記の検討結果から得た知見について報告する。

2. 採水と分析方法

手賀沼では、都市河川からの有機物流入に伴い COD 濃度が梅雨から夏季に上昇傾向にある。このことから、河川流入部付近の表層水を 2009 年 6～8 月の晴天または曇天日に採水した。原水は保冷容器に収納して実験室に持ち帰り、孔径 0.45 μm のガラス繊維フィルターでろ過し試水に供した。試水の DOC 濃度は燃焼酸化—赤外線ガス分析計で測定した。THM 生成能は公定法に準じて求めた。すなわち、異なる量の次亜塩素酸ナトリウムを試水に添加後、pH = 7 ± 0.1 に調整してバイアル瓶に密栓したものを 20°C、24 時間静置した。Incubation 終了後、試水の残留塩素濃度が 1～2 mg L⁻¹ の試料について n-ヘキサンによる抽出を行い溶媒層から分取した画分中の THM 濃度を電子捕獲型検出器付きガスクロマトグラフにより測定した。

3. 結果と考察

手賀沼周辺部のうち、河川の流れ込まない地点での DOC 濃度は 7～8 mg L⁻¹ でほぼ一定なのに対し、大津川、大堀川などの河口付近での DOC 濃度は 9.6～12.4 mg L⁻¹ と相対的に高い値を示し、河川の流入・非流入部で湖水の DOC 濃度が局所的に大きく異なることがわかった。DOC 濃度が最も高かった大津川河口の DOC 濃度と THM 生成能を検討した結果、両者の関係は直線回帰として良く近似することができた（n = 32、r = 0.92、α = 5% で有意）。DOC 濃度と THM 生成能の回帰直線の勾配は、炭素 1mg 当りに対して生成する THM の量を表す。直線の勾配が 16 μg mg⁻¹ と算定されたことから、大津川河口部の水に含まれる DOC のうち 1.6% が THM に変化すると推定された。手賀沼以外の水域における THM 変化率を、同様の手法で既往研究の測定値から算定したところ、霞ヶ浦（茨城県）1.5%、諏訪湖（長野県）1.4%、江戸川（埼玉県）1.9%、千歳川（北海道）2.3%、という結果が得られた。現時点では、検討事例が少ないために断定はできないが、消毒副産物として将来的に生成するであろう THM の量を、DOC 濃度から逆に予測・推定できる可能性を示唆することができた。

3B-05 Free-H₂S・AVS から見た中海・東京湾・尼崎運河・有明海（北東部）の底質環境について

*菅原庄吾・鮎川和泰（島根大総理工）、山中亮一・上月康則（徳島大ソシオ）
牧 秀明（国環研）、奥村 稔・清家 泰（島根大総理工）

1. はじめに

2008年、有明海の北東部において、直上水は貧酸素化することは無かったものの、間隙水中の溶存硫化物は高濃度で蓄積しており、このことが二枚貝の斃死の一因となったため、溶存硫化物の実測の重要性が高まった。この間隙水中溶存硫化物を実測する技術を富栄養化が進行した中海、東京湾、尼崎運河に適用した。

中海、東京湾及び尼崎運河は、夏季には表層では赤潮が発生し、底層は貧酸素・無酸素状態となる。富栄養化が進行した多くの水域には、植物プランクトン等由来の有機汚泥（ヘドロ）が堆積している。このヘドロから赤潮発生要因となる栄養塩や、青潮発生要因となる硫化水素が溶出する。そこで本研究では、底泥堆積物に着目し、硫化物（酸揮発性硫化物：AVSと溶存硫化物）から底質の評価をし、これらの水域の比較検討を行った。（なお、中海は彦名沖、東京湾は東京灯標付近と千葉灯標付近に調査地点を設けた。）

2. 方法

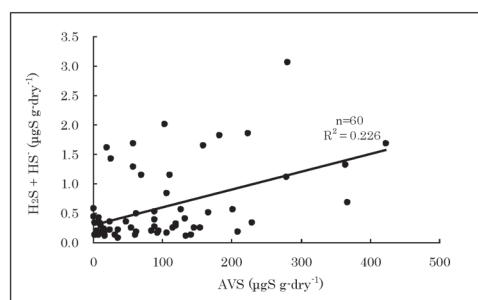
潜水夫又はKK式柱状採泥器を用いて堆積物を柱状に採取し、現場で0-1、1-2、2-3、3-4、4-5、5-6、9-10、15-16、29-30cmの層状に切った。Free-H₂Sは堆積物試料をガラスシリンジに採り、三方活栓を介して窒素置換水を20mL正確に加え、空気を抜いた。攪拌した後、0.45µmろ紙を用いてシリンジからシリンジに10mLろ過し、ろ液を酢酸亜鉛溶液で固定し、実験室に持ち帰った。その後、塩酸で固定を外し、発色試薬を加え、667nmにおける吸光度を測定した。AVSは堆積物試料をガラスシリンジに採り、酢酸亜鉛溶液を添加し実験室に持ち帰った。その後、窒素置換水を20mL、塩酸を添加し60°Cの恒温層に1時間放置した。シリンジからシリンジにろ

過し、発色後667nmにおける吸光度を測定した。

3. 結果と考察

尼崎運河のFree-H₂Sは100mgS/L程度だったが、AVSは3つの水域の中で最も高く4-6mgS/g-dryだった。AVSのうち、大部分が金属等との結合型硫化物だった。これは、運河沿いに金属関係の工場が多数点在しており、工場排水等の影響が考えられる。東京湾にある千葉灯標と東京灯標の堆積物は、どちらも含水率が高く、黒色をしていた。しかし、Free-H₂Sは千葉灯標が約100mgS/Lだったのに対し、東京灯標は約300mgS/Lだった。東京灯標は荒川の河口で、植物プランクトン等が沈降・堆積し、底質の悪化がより進行しているものと考えられる。中海の彦名沖は東京湾の東京灯標と同じレベルの硫化水素が蓄積しており、AVS値も近い値を示した。彦名沖には浚渫窪地が多数点在しており、窪地内は非常に悪化していることがわかった。

また、有明海北東部の1年間継続調査を行った結果から、AVSとFree-H₂Sの相関関係をとったところ、近似曲線は正の弱い相関性を示し、統計的に有意であった（ $n=60$, $p<0.01$, $R^2=0.226$ ）。しかしながら、両者の弱い相関性（ $R^2=0.226$ ）に加え、H₂S（HSを含む）が明瞭な季節変化をしたのに対し、AVSには季節変化が観られなかったため、H₂Sの変動をAVSで代用することはできないと考えられる。



3B-06 木崎湖における深水層酸素欠損：水柱と堆積物の寄与の長期経年変動

*吉山浩平・永田俊（東京大学・大気海洋研究所）

1. はじめに

深水層における溶存酸素量は、湖の状態を表す最も重要な指標の一つであり、底生生物の生息環境やリンの内部負荷、有害物質の溶出に影響を及ぼす。1960年代より欧米を中心に湖の富栄養化問題が顕在化し、それに応じて1970年代後半より深水層溶存酸素の動態に関する数多くの研究がなされた。その結果、深水層酸素欠損（Hypolimnetic Oxygen deficit, HOD）や無酸素指標（Anoxic Factor）といった貧酸素化の度合いを示す指標が考案され、これらを湖の生産性や水温、湖盆形態を説明変数とする経験式が導かれた。

これまでの研究では、深水層酸素消費に関する経験式は湖沼間比較により得られてきた。そのため、湖の生産性や湖盆形態といった説明変数は広い値の幅を持つ。このようにして得られた関係が、一つの湖における深水層酸素消費の経年変動にも適用できるか否かは明らかでない。また、地球温暖化や富栄養化といった人為的環境攪乱が特定の湖に与える影響は、その湖内での変動に基づいて見積もる必要がある。ところがこれまで単一の湖沼での溶存酸素動態を長期データに基づき解析した例はほとんど見られない。

本研究では、山本ら（2004）により発表された木崎湖のデータを用い、深水層溶存酸素量の長期経年変動を解析する。木崎湖では1980年代に富栄養化により水質が悪化したが、1996年以降の取り組みにより水質は大きく改善された。木崎湖がこの期間のHODと湖水中の酸素消費速度（ J_V ）および湖底における酸素吸収量（ J_A ）を推定し、水温やクロロフィル量との関係を調べる。

2. 材料と方法

透明度、水温躍層の深度、および採水深度から、深水層を14m以深と定義した。各深度における湖面積は、地形図をデジタル化し、画像処理を行う事で推定した。平均クロロフィル量、深水層平均水温、深水層中の全酸素量はそれぞれの採水日ごとに湖面積による重み付け平均により得た。深水層溶存酸素量の4月から9月の間の減少量から、

日あたり、単位深水層面積あたりのHODを推定した。 J_V および J_A は、各深度における酸素消費速度と湖盆面積データからLivingstone & Imboden（1996）に従い推定した。

3. 結果と考察

HODと J_V は深水層水温と高い正の相関を示した（相関係数：0.76、0.67）。一方、 J_A と水温の明確な関係は得られなかった。また、平均クロロフィル量との相関が見られたのは、 J_V のみであった。（相関係数：0.44）。

本研究により得られたHODおよび湖水中酸素消費速度と、水温の間で得られた関係は、既存研究と合致した。しかし、既存研究と異なりHODと湖の生産性（クロロフィル量）の間には有意な関係は得られなかった。一方、深水層酸素消費を湖水中（ J_V ）と湖底（ J_A ）の寄与に分割した場合、 J_V は水温、湖の生産性と有意な関係を示したが、 J_A はいずれとも有意な関係は見られなかった。

本研究の結果は、富栄養化と温暖化の相乗効果が深水層酸素量に与える影響を見積もるためには、酸素消費を湖水と湖底の寄与に分ける必要がある事を示唆している。しかし、湖底における酸素吸収量を予測するうえで有効な関係は本研究では得られなかった。湖底における酸素消費プロセスは様々な微生物の代謝と酸化還元反応が関与する。実験、理論、長期データ解析から、 J_A を見積もるに有効な関係式を導くことが今後の課題である。

4. 謝辞

本研究は、環境省の地球環境研究総合推進費（Fa-084）の支援により実施された。

5. 参考文献

Livingstone & Imboden (1996) The prediction of hypolimnetic oxygen profiles: a plea for a deductive approach. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 924-932.

山本雅道、戸田任重、林秀剛（2004）「木崎湖定期観測（1981-2001）の結果（1）」信州大学山地環境教育研究センター研究報告 3:85-121

發
表
辭
退

3B-09 コカナダモの放出する化学物質がミジンコの生活史特性を変える

*井上実佳・花里孝幸（信州大学 山岳科学総合研究所）

【はじめに】

湖沼において水草が化学物質（アレロパシー）を放出しており、それが植物プランクトンの種組成を変化させたり、動物プランクトンの遊泳行動等を変えるということが知られている。

植食性動物プランクトンで、大型ミジンコの *Daphnia* は、植物プランクトン群集に大きな影響力を持ち、湖沼の生態系において重要な役割を果たしている。水草が放出する化学物質が、動物プランクトンの行動に影響を与えているのであれば、その化学物質は、動物プランクトン (*Daphnia*) の生活史特性も変えている可能性がある。そこで、本研究では、アレロパシーを放出することが知られているコカナダモ (*Elodia nuttallii*) を用い、そのアレロパシー物質の *Daphnia* の生活史特性への影響を解析した。

【材料と方法】

コカナダモ (*Elodia nuttallii*) は長野県の白樺湖で採取し、室内で維持したものを使用した。はじめに、室温が 20°C、16 時間明期、8 時間暗期の部屋で、容量 5L の水槽に上水を濾過した水を 5L 入れ、そこにコカナダモを 0g、10g または 30g 入れ、3 日間維持したのち、その水を濾過して、試験水として用いた。室内でクローン培養したミジンコ (*D.pulex*) の抱卵個体を 45 個体用意し、3 種類の試験水で飼育した。その際、9つの 1L ビーカーを用意し、それぞれの飼育水を 3つの容器に入れ、それぞれの容器にミジンコを 5 個体ずつ入れた。数日後に得られた仔虫を、各処理の飼育水で 10 個体ずつ、1 個体/容器で飼育しながら、体長変化、抱卵数、生まれてきた仔虫数と仔虫の体長を毎日測定した。測定は 20 日間行った。抱卵個体は 2 日に 1 度換水し、測定開始以降は毎日換水した。餌はクロレラを使用し、給餌は換水と同時にを行い、 2×10^5 cells/ml の密度になるようにした。

【結果】

各処理区における体長変化を比較したが、明確な差は見られなかった。そこで、生まれた仔虫の体長を比較した結果、有意差は得られなかったが、コカナダモにさらされたミジンコ (*D.pulex*) から生まれ

た仔虫の方が体長が小さくなる傾向が見られた。そこで、累計抱卵数 (Fig.1) と最初の抱卵時における試験個体の体長 (Fig.2) を比較した結果、コカナダモ水にさらされた個体の方が多くの仔虫を産み、最初の抱卵時の体長が小さくなる傾向があった。また、その体長はコカナダモの濃度に依存して低下した。データを元に reproductive effort を算出したところ、コカナダモにさらされた個体のほうが値が大きくなる傾向が見られた。

【考察】

コカナダモにさらされたミジンコ (*D.pulex*) は、そうでないミジンコより体長が小さい仔虫を多く産むという傾向が見られた。また、reproductive effort が高いことから、コカナダモにさらされた個体は、自身の成長に使用するエネルギーを減少させ、生殖活動に使用するエネルギーを増加させていると考えられる。これらの反応は、ミジンコが魚のカイロモンにさらされた時の反応と同様である。この意味について、今後検討する必要がある。

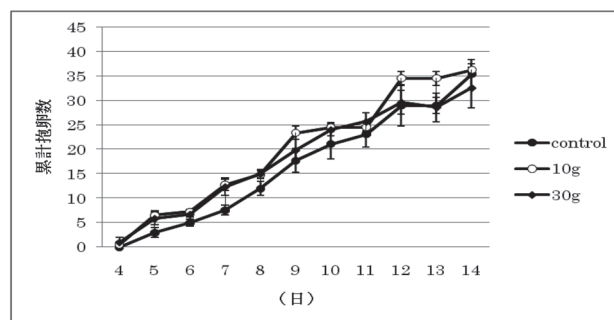


Fig.1 各処理区における累計抱卵数

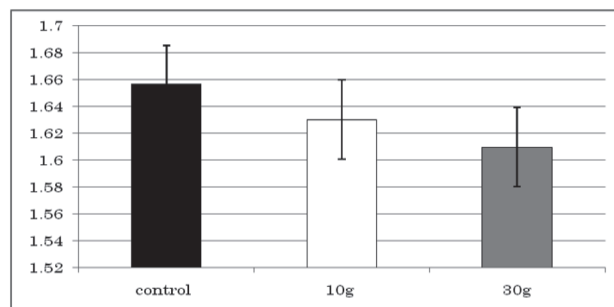


Fig.2 Size at first reproduction

*君島 祥 (信州大学山岳科学総合研究所)
永田貴丸 (信州大学山岳科学総合研究所)
花里孝幸 (信州大学山岳科学総合研究所)

1. はじめに

湖沼における動物プランクトン群集構造を決定する要因として魚や無脊椎捕食者の捕食が大きいと考えられている。その為、多くの動物プランクトンにとって捕食を回避することは重要な意義を持つ。被食者となる動物プランクトンが持つ防御メカニズムのひとつに、捕食者の放出する匂い物質を被食者が感知して行動や形態を変化させ、捕食を回避していることが知られている。ただし、これらの防御メカニズムではコストとして被食者の増殖速度の低下が見られる場合が多い。

このように、捕食者は一部の被食者に対して捕食以外の要因で影響を与え、それが生物間相互作用を介して動物プランクトンの群集に対して複雑な影響を与え、群集構造を変えている可能性がある。そこで本研究では、動物プランクトン群集に対する魚と無脊椎捕食者の匂い物質の影響を明らかにするために、メソコスム実験を行った。

2. 方法

実験は温度と光周期を一定に保った室内で行った。

動物プランクトン群集を構築するため、メソコスム実験を開始する 30 日前に 9 個の 50L タンクにそれぞれ水道水 40L と諏訪湖の湖心で採取した底泥約 1kg を加え、動物プランクトンを発生させた。泥を加えてから 14 日目以降は、3 日に 1 回の頻度で、動物プランクトンの餌として緑藻(*Chlorella vulgaris*)を 5×10^5 cells/ml になるようにそれぞれのタンクに加えた。

メソコスム実験は泥を入れてから 30 日目に始めた。大型の無脊椎捕食者の影響と繰り返し間のばらつきを小さくするため、全ての 50L タンクの水をメッシュサイズが $350\mu\text{m}$ のネットで濾過してからプールし、19 基の 20L タンクに振り分けた。処理区は対照区のみ繰り返し 3 で、その他の処理区の繰り返しは 4 とした。処理区は、①対照区(control)、②モツゴの成魚を 1 匹加えたもの(Fish direct)、③モツゴの成魚を 1 匹加えたメッシュサイズが $67\mu\text{m}$ のチャンバーを 1 個加えたもの(Fish indirect)、④無脊椎捕食者として *Leptodora kindtii* の成体を 9 匹加えたもの

(*Leptodora direct*)、⑤*Leptodora kindtii* の成体を 9 匹加えたメッシュサイズが $40\mu\text{m}$ のチャンバーを 1 個加えたもの(*Leptodora indirect*)である。そして、各タンクにおける動物プランクトン群集の個体群密度の変化を調べた。

3. 結果および考察

動物プランクトン群集に対する魚と無脊椎捕食者の捕食影響を比べた場合、*Leptodora direct* では *Bosmina* の密度が減少し、Fish direct ではワムシ類と枝角類の密度が減少した。従って、魚と無脊椎捕食者の密度は動物プランクトン群集構造に対して捕食影響を与えるものだった。

一方、動物プランクトン群集に対する魚と無脊椎捕食者の匂い物質の影響を比較すると、*Leptodora indirect* では control との差が見られなかった。しかし、Fish indirect では control に比べて *Bosmina* の密度が増加した。*Bosmina* と同じ枝角類の *Daphnia* では捕食者が存在する場合にはより多くの仔虫を産むようになることが知られていることから、Fish indirect では *Bosmina* も *Daphnia* と同様により多くの仔虫を産み、個体群を増加させた可能性がある。

本研究では動物プランクトンの休眠卵が含まれる底泥を除去することで、メソコスム内の動物プランクトン群集が生物間相互作用のみでコントロールされる条件で実験を行った。従って、魚と無脊椎捕食者を比較した場合、魚では捕食以外の要因で動物プランクトン群集構造を変化させることが示せた。

W
E
B
非
公
開
希
望

* 田邊優貴子（国立極地研究所）、工藤 栄（国立極地研究所、総研大・複合科学）

1. はじめに

南極大陸には、氷床から解放され大陸岩盤が剥き出しとなった露岩域と呼ばれる地帯が点在している。氷期-間氷期サイクルという地球規模の環境変動の影響を受け、約2万年前の最終氷期以降に南極氷床が後退して形成された環境である。昭和基地周辺の露岩域には大小様々な湖沼が100以上も存在している。これら湖沼群のほとんどは貧栄養淡水湖であり、その湖底にはまるで森林か草原のような形態のユニーク且つ豊かな植物群落（藻類・コケ類優占）が形成されている。これまでも世界各国の他の南極地域において、南極の浅い貧栄養湖沼中には、時に数メートルにも及ぶ分厚い湖底シアノバクテリアマットによる独特の生態系の存在が知られていたが、昭和基地周辺のようなコケと藻類によるユニークな形態をした植物群落の存在は未だに発見されていない。

本研究では、南極湖沼においてこれら光合成生物の集合体が創り出す形態・構造および機能の謎に迫ることを目指し、その第一段階として潜水調査によって湖底植生の形態の多様性を明らかにし、採集試料を用いて光環境変動に対する光合成生物の応答性を調べた。

2. 材料と方法

2007年12月～2008年2月（第49次日本南極地域観測隊）の2ヶ月間、および2009年1月（第51次南極観測隊）に南極・昭和基地から南に約50kmに位置するスカルブスネス露岩域における複数の貧栄養淡水湖沼で潜水調査とボート上からの調査を実施した。まず、湖盆形態を明らかにするために、ハンディタイプのGPS機と音響測深器を用いてボート上からGPS情報と水深情報を得、ArcGISソフトウェアにて湖盆図を作成した。潜水調査では、水深毎に湖底植生を採集し、湖岸から湖心部に向かって湖底の様子を水中ビデオカメラで撮影した。調査期間中は水温・光・クロロフィルロガーを設置し、30分間隔でデータを得た。さらに、1週間毎に湖底植生を採集し、クロロフィル蛍光測定により光合成応答を調べ、凍結し国内に持ち帰った試料を用いて高速液体クロマトグラフィーにて保持色素を分析した。

3. 結果

潜水調査の結果、各湖沼の湖底植生はそれぞれに特有な形態・構造を持っていることが明らかになった。また、ある程度の深さがある同一湖沼内においても、水深によって、湖底植生を構成する種組成の違いと湖底植生の形態・構造に明確な違いが見られた。ごく近傍に位置する水質と水深が近似した湖沼間においても、各湖底群集の形態はもちろん、光環境に対する光合成応答特性にも違いが見られ、湖底に到達する光・紫外線が強い湖沼ほど、湖底群集の構造が密で堅く、光合成電子伝達速度は低い値をとっていた。しかしながら、全体に共通して湖底群集の表層に光・紫外線防御色素を多量に保持しており、低い値ながらも正の光合成生産をしていることが分かった。

4. 考察

南極の湖沼生態系は、氷期-間氷期サイクルといった地球規模の大規模な環境変動の影響を受けながら今日まで保持されている。これら南極の湖沼生態系は、同一の時間をかけ、同一の気候条件のもと、湖ごとにそれぞれ独立したシステムが成り立っている。近接した湖沼であるにもかかわらず、その多くは河川や集水域によって繋がったものはほとんどなく、全く違った湖底植生の形態・構造となっていた。これはまるで、それぞれの湖が一つ一つ地球規模の実験場となっているものと捉えることもできるのではないだろうか。それぞれの湖沼によって、湖底植生の形態・構造に違いが見られたが、低温かつ貧栄養という光合成反応に障害が起きやすい環境下で、群集の表面に光防御物質を保持することによって有害な光から身を守り、光合成によって生長することを可能にしていた。湖水の透明さゆえに、南極湖沼でほとんど増殖することができない植物プランクトンとは異なり、湖底の光合成生物は群集構造をとることによって繁栄を成し遂げ、豊かな生態系を築き上げることができていると考えられる。今後さらに、湖沼間および水深による湖底植生の形態・構造に多様性をもたらす要因を明らかにするために、物理的環境および生物自身が創り出す環境、種組成と湖沼への侵入タイミングといった面から探っていくのが課題である。

3C-04 諏訪湖で優占する2種のゾウミジンコの季節的遷移とその要因

*坂本正樹（富山県立大・工学）・永田貴丸（信州大・山総研）

花里孝幸（信州大・山総研）

1. はじめに

湖沼生態系は栄養段階の異なる様々な生物種によって構成されている。動物プランクトン群集内のサイズ組成を制御する主要な要因としては、トップダウン効果（魚類による大型種への選択的捕食）が第一に挙げられる。典型的な富栄養湖である長野県諏訪湖では、プランクトン食魚の現存量が高いため、小型種のゾウミジンコ（2種の *Bosmina*）が年間を通じて優占している。2種の *Bosmina* (*B. longirostris* と *B. fatalis*) の優占には季節的な遷移がみられるが、これは2種の無脊椎捕食者（ケンミジンコとノロ）との種特異的な生物間相互作用によって引き起こされると考えられている（図1）。*B. longirostris* はケンミジンコに対して、*B. fatalis* はノロに対してそれぞれ形態を変化させ、被食のリスクを下げるができる。実際はこれ以外の様々な要因（例えば水温や餌量の変化）が同時に作用していると考えられるが、そのメカニズムはほとんどわかっていない。

そこで本研究では、特に春から夏にかけての優占種の入れ替わりを引き起こすメカニズムを明らかにすることを目的とし、諏訪湖長期モニタリングデータの解析を行った。

2. 材料と方法

諏訪湖では20年以上にわたり、水質や生物相の調査が行われている。その中で、*Bosmina* 属の個体群動態に影響を与える可能性の高いケンミジンコについて、大型種と小型種を分けて計数しているのは2003年度以降である。本研究では2003、2004、2005年度の3月～9月の水質、生物に関するデータを用いて解析を行った。データ解析には主成分分析および一般化線形モデルを用い、水温、Chl.a濃度、各捕食者の密度・存在の有無による2種の *Bosmina* の個体群動態への影響を調べた。

3. 結果

水温と各生物の出現の関係を調べてみると、*B. fatalis* とノロは水温が15°Cを超える条件で出現していた。夏に密度が低くなるとされていた *B. longirostris* と大型のケンミジンコ (*Acanthocyclops* と *Mesocyclops*) については、水温との明らかな関係は見られなかった。*Bosmina* に対する餌、競争者及び捕食者（フクロワムシ、ケンミジンコ、ノロ）の影響を調べると、*B. longirostris* の密度とは大型ケンミジンコの密度が正の相関を示したが、*B. fatalis* の個体群動態には他の生物の動態は影響していなかった。出現時期の同調性については、*B. longirostris* は *B. fatalis* と、*B. fatalis* はノロと正の相関が見られた。

4. 考察

諏訪湖のモニタリングデータを解析したところ、諏訪湖のプランクトン群集動態の特徴はこれまでに考えられていたものとは少し違っていた。春に観察される *B. longirostris* の優占は、*B. fatalis* が出現していないことによるが、夏の *B. fatalis* の優占は、*B. longirostris* の密度がノロによる選択的捕食によって低下するためではなく、ノロと共存できる種（防御戦略を持つ *B. fatalis*）が高い密度を保つことによるものであった。

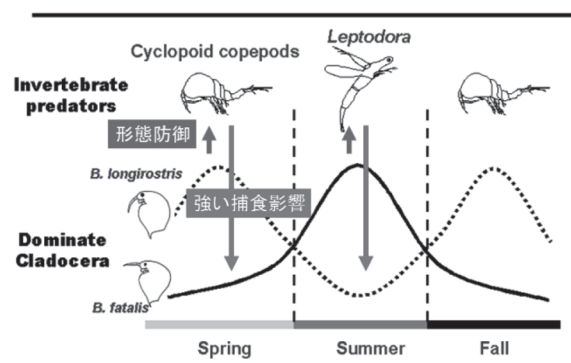


図1. 諏訪湖における2種のゾウミジンコの個体群変動と捕食者の出現時期
Chang and Hanazato (2003)より作図

3C-05 淡水赤潮形成渦鞭毛藻類に対する物理的処理の影響に関する実験

*古里栄一(東京電機大・理工), 久納誠(水資源機構), 有田正光(東京電機大・理工)

1. はじめに

ダム貯水池における渦鞭毛藻類によって生じる淡水赤潮現象の抑制対策の開発を目的として, 物理的処理による赤潮原因藻類(以下, 「赤潮藻類」と記述)の遊泳能力の阻害効果に関する実験を行った。

2. 方法

例年冬季に*Peridinium bipes*による淡水赤潮の発生している四国地方のAダム貯水池において, 平成17年1月17日に赤潮状態となっている*Peridinium*を採取して, 貯水池近傍の陸上部で物理的処理を行った。その後, *Peridinium*の遊泳状態を処理直後から処理12日後まで顕微鏡観察を行うとともに, 遊泳停止に伴う水質変化を室内分析によって把握した。物理的処理は, 井芹ら(2000)と同様な手法とした。処理条件は, 0.67MPaの水中ポンプで実験タンクから取水し, φ5mmノズルから射出し衝撃盤に衝突させた。なお実験ケースとしては, 無処理の対照区も設けた。

3. 結果および考察

図1に処理による遊泳細胞数の時系列変化を示した。なお, 本データはサンプル保管容器を攪拌して沈降した細胞も含めて計測したものである。処理直後はほぼ全ての細胞が遊泳を停止するが, 処理によって直接枯死は生じない。ただし, 処理から数時間経過すると再度遊泳を開始する細胞が確認されはじめ, 処理から約1日後には6~7割程度の細胞が再度遊泳した。ただし, 3~4割程度の停止していた細胞はその後遊泳することは無く, この効果は少なくとも処理12日後までは継続する。図2に上澄み水の分析結果を示した。Chl-aおよびSSの双方で処理による同様な影響が見られた。すなわち, 無処理ケースでは処理12日後においても処理前とほとんど濃度は変わらないのに対して, 処理ケースでは処理直後は処理前と顕著な差は生じていないが, 12日後は*Peridinium*の遊泳細胞数と同様に若干程度低下している。したがって, 本処理による遊泳停止作用は, 若干ではあるが水質値の改善を引き起こしたと言える。淡水赤潮発生時においては, Chl-aだけでなく水質として検出されるT-PやSS等の富栄養化関連項目は赤潮藻類の細胞成分を分析している傾向が強いことから, 赤潮藻類細胞の沈降が水質改善に繋がるためである。

4. 考察

本実験より, 処理した数割の細胞から*P. bipes*の遊泳能力を奪うことが明らかとなった。*Ceratium*を処理すると9割以上の細胞が枯死したこと(井芹ら2000)との違いは, 細胞形状の違いによる作用機構の違いが想定される。

遊泳細胞停止率は数割であったが, 淡水赤潮の発生機構を考慮すると本処理を活用した対策が考えられる。赤潮藻類は増殖速度が小さいことから, 個体群維持のためには沈降や流出, 捕食等の損失の最小化が重要である。本処理は新たな消失要素の付加であるとともに, 赤潮藻類の集積作用に対しても有効となる可能性がある。岸本(2000)は走地性

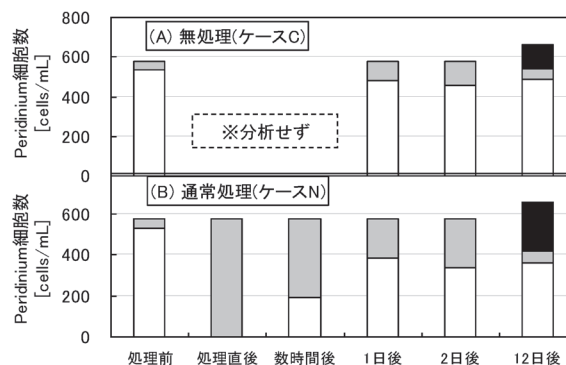


図-1 物理的処理による遊泳細胞数の時系列変化

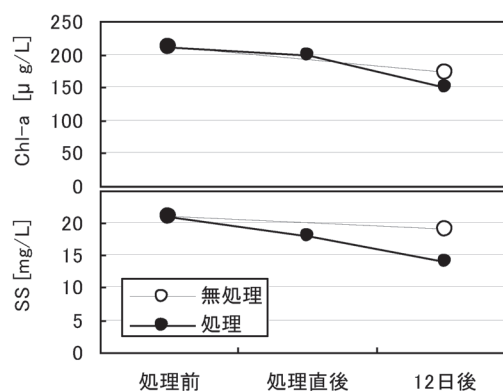


図-2 物理的処理による上澄み水への影響

と走光性の特性とから, 流入端の表層に集積した赤潮藻類が, 夜間に集積状態を解消して下方および下流に分散する現象は, 約3割の細胞が上方へ遊泳しなくなることから生じると推測している。本処理の遊泳停止率はこれと同レベルであり, 淡水赤潮状態の解消にも寄与する可能性がある。対策実施にあたっては, 個体群動態の増加消失プロセスと対応させた適切な施設規模の設定や設置位置の検討を行う必要がある。

今後は, 遊泳停止機構の明確化やこれに応じた適切な処理施設の構造の検討, 現地における工学的な適用方法の検討が必要であると考えられる。

<謝辞>

西日本技術開発の井芹寧博士および(独)水資源機構には現地実験の実施に協力頂いた。龍谷大学岸本直之教授には赤潮集積特性と遊泳細胞割合の関係について貴重なコメントを頂いた。ここに記して謝意を示す。

<参考文献>

- 井芹寧, 横山保夫, Elixat Rahim(2000)物理的衝撃を用いた富栄養化防止手法について, 日本陸水学会第65回大会講演要旨集, p78.
- 岸本直之(2000)ダム貯水池における渦鞭毛藻類*Peridinium bipes*による淡水赤潮の形成要因に関する研究, 京都大学学位論文, 141pp.

3C-06 野外で人為的に発生させたアオコの遺伝的多様性と環境応答

*程木義邦、天野一葉、大林夏湖、小林由紀、田中拓弥、奥田 昇、中野伸一
(京都大学生態学研究センター)

1. はじめに

16S ribosomal DNA や 16S-23S rDNA ITS (internal transcribed spacer) 領域の多型解析などを行った近年の研究により、湖沼で生じる *Microcystis* のブルームは多様な遺伝子型で構成されていることが明らかとなりつつある。一方、ブルーム形成やミクロキスティン等の毒生産と遺伝子型の構成や多様性との関連については未だ知見が少ない。特に、有毒株の環境特性や優占要因については、防御対策の観点からも科学的知見の蓄積が求められている。

本研究グループは、様々な生物化学的環境要因と *M. aeruginosa* の遺伝的多様性や有毒株の優占の関係を解明することを目的としている。本研究では、環境要因の制御が可能である野外実験池にラン藻のブルームを発生させ、出現したアオコの遺伝的多様性とその季節変化について解析を行った。

2. 材料と方法

ラン藻のブルームを発生させるため、容積 70m³(10m×10m)の3基の野外実験池に MA 培地(最終濃度 1/50)とともにプランクトンネットで濃縮した琵琶湖湖水を3段階の量(濃縮前の湖水に換算して、A:3m³, B:0.6m³, C:0m³)で添加、その後2週間おきに栄養塩の再添加を行った。実験は2009年8月20日から2010年1月28日まで行い、その間、3日から7日毎にサンプルの採取を行った。

アオコを形成するラン藻の遺伝子型の解析は、16S-23S rDNA ITS 領域のクローンライブラリー解析により行った。GF/F フィルターにろ集したセストンより DNA を抽出後、ラン藻に特異的なプライマー (CSIF&23ULR, Janse et al. 2003) を用い PCR による DNA 断片の増幅を行った。PCR 産物を精製後、クローニングを行い、ポジティブなコロニーについて塩基配列と遺伝子型の特定を行った。また、植物ブ

ランクトンの計数および栄養塩類の測定も行った。

3. 結果と考察

湖水添加をした処理区では、実験開始から22日後に水面への *M. aeruginosa* の集積が確認された。一方、湖水添加を行わなかった処理区では、実験期間を通しラン藻の顕著な増殖は確認されなかった。また、湖水添加量の最も多い A 池では、63 日後に *M. aeruginosa* の密度が最大の 5.0×10^4 cells mL⁻¹ に達し、その後、水温の低下とともに減少した。56 日後以降 *Aphanizomenon issatschenkoi* が増殖し110 日後まで優占した。

アオコの形成が確認された処理区を対象とし、2週間から1ヶ月毎に採取した8回のサンプルについて遺伝子型の多様性の解析を行った。その結果、すべてのサンプルから *M. aeruginosa* と相同性が高い配列が計103配列検出され、これらは76遺伝子型で構成されていた。また、2回以上、共通して見られたのは8遺伝子型のみであり、遺伝子型の多様性が高いとともに、優占する遺伝子型が短期間で変化している可能性が示唆された。一方、*A. issatschenkoi* は、優占が確認された3回のサンプルで計46配列、15遺伝子型が確認された。また、2タイプの遺伝子型の出現頻度が常に高く全体の60%を占めた。以上の結果より、ブルームを形成するラン藻は、種によって遺伝子型の多様性とその変化パターンが異なる可能性が示唆された。特に、*M. aeruginosa* については、先行研究よりも遺伝子型の多様性が高く2週間から1ヶ月の短期間で遺伝子型の構成が変化していることが示唆された。

本研究は環境省の環境研究総合推進費(D-0905)の支援により実施された。

神門利之, 崎 幸子, *神谷 宏(島根保環研), 丸山将輝, 遠藤睦巳, 林 昌平, 巢山弘介,
相崎守弘(島根大生物資源), 大谷修司(島根大教育), 石飛 裕(自然と人間環境研究機構)

1. はじめに

各地の水道水源でカビ臭が発生し、水道水が着臭するなどの問題となつて久しいが、ここ 2,3 年、汽水域でのカビ臭発生の事例も見られるようになった。島根県宍道湖では 2007 年 5 月にジェオスミンを原因とするカビ臭が発生し、シジミやスズキなどの水産物にも着臭した。原因生物は、今までカビ臭物質を産生することが知られていなかったシアノバクテリア *Coelosphaerium kuetzingianum* であることが強く示唆された。今回、*C. kuetzingianum* の単離培養に成功し、培養液中にジェオスミンが生成されていることを確認し、これが宍道湖のカビ臭原因生物と考えられたので報告する。

2. 方法

試水には、カビ臭が発生している 2009 年 10 月 5 日の宍道湖湖心表層水を用いた。培養には M-11 改変培地(蒸留水に代え宍道湖湖水を孔径 0.45 μ m のフィルターでろ過したものを用いた)を使用した。ピペット洗浄法により湖水から *C. kuetzingianum* を 1 群体取り出し、培地で 6 回洗浄した後培養用試験管に移した。培養条件は 20°C で 12 時間の明暗サイクルとした。カビ臭産生生物としての特定は Persson (1983) が提唱する考え方にに基づき、①生態学的証明、②カビ臭発生の証明、③臭気物質の化学分析による同定、3 点を検証した。植物プランクトンの観察は微分干渉光学顕微鏡を使用し、必要に応じて蛍光 (G 励起) 装置を用いた。培養液中の生物の確認には、エチジウムブロミドによる染色法および 16S rRNA 遺伝子を対象とした PCR-DGGE 法を用いた。カビ臭原因物質の測定は、ジェオスミンおよび 2-MIB を対象として、HS-GC/MS 法により行った。植物プランクトンの計数には、トーマの血球計算盤を用いた。

3. 結果および考察

条件 1 : 生態学的証明

図に 2009 年秋季のジェオスミン濃度と *C. kuetzingianum* 細胞数を示す。これから、ジェオスミン濃度と *C. kuetzingianum* 細胞数の変動傾向がよく一致している。これらのことから、条件 1 は満たされている。

条件 2 : カビ臭発生の証明

培養株の培養液から宍道湖水と同様のカビ臭が感じられたことから、培養株が無菌純粋培養株であるかの確認を行った。光学顕微鏡による観察の結果、形態学的特長から *C. kuetzingianum* の存在を確認し、かつ他のプランクトンは見られなかった。また、エチジウムブロミドによる DNA 染色法によっても *C. kuetzingianum* 以外の蛍光は確認できなかった。さらに 16S rRNA 遺伝子を対象とした PCR-DGGE 法を行った。DGGE の泳動写真には複数のバンドが現れたが、これを切り出して PCR 増幅後バンドの解析を行ったところ、増幅に成功したバンドの塩基配列が全て一致した。したがって培養液中に存在する DNA は単一のものであると断定した。このように、形態学的特徴と DNA の解析結果から、無菌純粋培養に成功したのは *C. kuetzingianum* であると結論付けた。

条件 3 : 臭気物質の化学分析による同定。

HS-GC/MS 法を用いて培養液を分析したところジェオスミンが高濃度に検出された。2-MIB は検出されなかった。したがって、条件 3 を満たしている。

以上のことから *C. kuetzingianum* がジェオスミンを産生することが確認された。

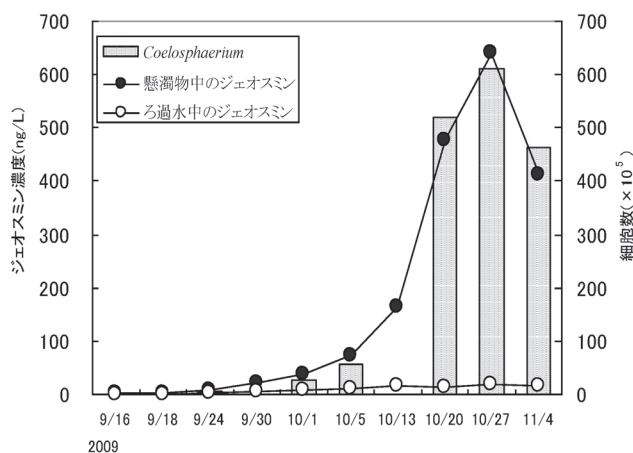


図 ジェオスミン濃度と *C. kuetzingianum* 細胞数の変化

*小畑雄大 永田貴丸 花里孝幸 (信州大学山岳科学総合研究所)

1. はじめに

湖沼の動物プランクトン群集構造は、捕食者 (*Cyclopoid copepods* などの無脊椎捕食者や魚) の捕食によって制御されていることが多い。特に魚は大型の動物プランクトンに対して強い捕食圧を与え、大型種が優占している湖沼などでは動物プランクトンの群集構造を小型種優占へと変える。

捕食者の捕食だけでなく、殺虫剤のような化学物質も湖沼の動物プランクトン群集構造を変化させる要因の一つである。殺虫剤は直接的に動物プランクトンを死亡、行動や形態の変化を起こす。さらに、このような直接影響を動物プランクトンが受けることによって、生物間相互作用が攪乱され間接的な影響も引き起こされることが知られている。例えば、殺虫剤により捕食者の餌となっていた動物プランクトンが減少することによって、捕食者の餌生物が変わること、などである。

いままでは主に、動物プランクトン群集構造に対する捕食者や殺虫剤の影響について、それぞれ別に研究が行われてきており、捕食者と殺虫剤の複合影響についての研究はあまり行われていない。そこで本研究では、魚の捕食と殺虫剤の複合影響が動物プランクトン群集構造をどのよう変えるのかを調べるためにメソコスム実験を行った。

2. 方法

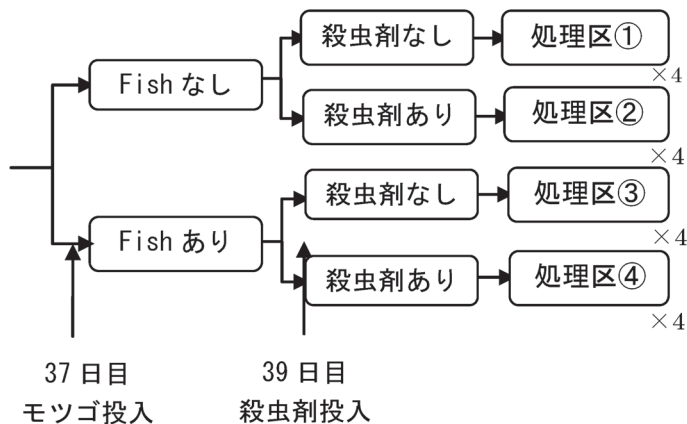
まず始めに動物プランクトン群集を作るために、50L タンク 6 個に上水約 40L と諏訪湖の湖心で採取した底泥を約 2kg 入れ、底泥に含まれる休眠卵から動物プランクトンを発生させた。動物プランクトンの餌として、各タンクに緑藻の *Chlorella vulgaris* を密度が 2.0×10^5 cells/ml になるように加えた。

泥を加えてから 37 日目、動物プランクトン群集を均一化するために、全タンクの水 (プランクトンを含む) を 1 つの大型タンクに移してプールした。その水をゆっくり攪拌して混ぜた後、20L タンク 16 個それぞれに 15L ずつ入れた。16 個のタンクのうち 8 個のタンクには、捕食者として 1 個体のモツゴ成魚 (体長 5cm、湿重 8g) を入れ、残りの 8 個のタンクは魚を入れない対象区とした。

処理区は、①魚なし+殺虫剤なし (control)、②魚あり (fish 処理区)、③殺虫剤あり (insecticide 処理区)、④魚あり+殺虫剤あり (fish & insecticide 処理区) の 4 種類である。それぞれの処理区で 4 個ずつメソ

コスムを用意し、計 16 個のメソコスムを作った。

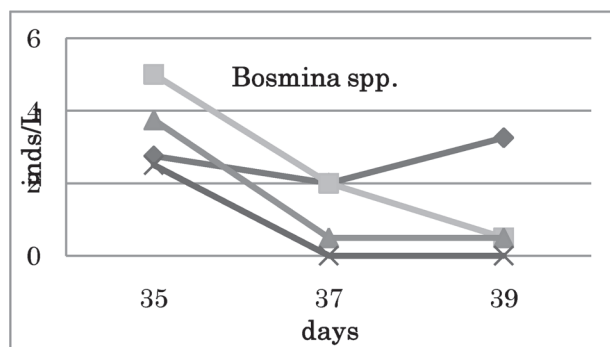
20L タンクに分けてから 2 日目に殺虫剤投与を行った。魚を投入したタンク 4 個と対象区のタンク 4 個にそれぞれ殺虫剤としてカルバリルを 10ppb になるように入れた。動物プランクトンのサンプリングは処理分けをした日から 2 日ごとに行った。



結果と考察

Keratella quadrata は insecticide 処理区では個体数の減少が見られないのに対して、fish 処理区と fish & insecticide 処理区では急激な個体数の減少がみられた。*Cyclopoid copepods* も *Keratella quadrata* と同じような傾向がみられた。これらの種は魚の捕食に強い負の影響を受けると考えられる。

また、*Bosmina* では control 以外の処理区で個体数が減少した。*Bosmina* は今回出現した動物プランクトンのなかでは比較的大型なので魚に見つかりやすく、またワムシ類や *Cyclopoid* に比べて殺虫剤に弱いので、control 以外の処理区で個体数が減少したと考えられる。つまり *Bosmina* は環境ストレスに弱いと言える。



* 栗田 秀男 (群馬県自然環境調査会)

1. はじめに

カルデラ湖榛名湖には1927年からワカサギが導入され,以後本湖はワカサギの冬季氷上穴釣りでにぎわう観光名所になった.1973年頃オオクチバスが密放流され本湖はバス釣りの名所にもなっている.

富栄養化が懸念されて1981年に公共下水道が設置され1985年からすべての下水が湖外へ排出されている.

1995から1999年までワカサギの長期不漁が起こったが,原因が特定されず有効な対策がなされないまま2000年に豊漁に転じた.2003年以降漁獲量の変動が大きく漁獲は安定していない.

ワカサギの漁獲に注目しつつ1997~2001年本湖の湖沼学的研究を継続し,一定の知見を得たので報告する.

2. 調査方法

月1回のペースで榛名湖の湖心部と沿岸部の2定点で水質(水温,pH,DO,COD,NH₄-N,NO₂-N,NO₃-N,TN,PO₄-P,TP,SiO₂,Cl⁻,クロロフィルa)の測定と動植物プランクトンの定量採集を行った.動物プランクトンは10リットルトラップサンプラー(底部にNXX18のプランクトンネットあり)で採集した.植物プランクトンは500m³ほどの湖水を瓶に入れ固定し生物を沈殿させて採集した.

プランクトンをBiomass表示するため特定の方法でプランクトン各種の個体の容積を算出し種別に個体群又は細胞群を湖水1m³中に占める容積で表した.

3. 結果

不漁の進行に伴い大型の動物プラ

ンクトン種 *Daphnia* が現われ,1997~2000年の6月までBiomassで表示すると *Daphnia* 優占の動物プランクトン群集構成になった.この間小型ワムシ類は *Daphnia* の減衰期に増殖した.

Daphnia の増減とほぼ連動して渦鞭毛藻類が増殖した.豊漁年になると *Daphnia* は減衰したが,2001年の6~10月に現われた.

不漁年の1998~1999年には藻類構成や水質が富栄養化傾向を示した.

4. 考察

ワカサギ不漁の進行とともに湖水の透明度が増大し,一見するとプランクトンの乏しいことがワカサギ不漁の原因と錯覚するほどであったが,これはワカサギ個体群の減少によってその捕食を免れて大型の *Daphnia* が増殖したことによるものであった.

個体数(細胞数)で見ると,不漁年に増加するプランクトン種と豊漁年に増加する種が見出されたが,動物プランクトン全量,植物プランクトン全量,クロロフィルa量,透明度は不漁年と豊漁年とで有意な差はなかった.*Daphnia* の捕食影響によればこれらの数値には差があるはずである.1998~1999年の富栄養化状況を考えれば *Daphnia* の捕食影響を軽減させるような原因のひとつとして栄養塩の付加が考えられる.また,2001年には,*Daphnia* が現われて不漁年との差を減少させたことも考えられる.

ワカサギの現存量の変動は湖沼のプランクトン群集や水質に色々な変化をもたらすだろう.

琵琶湖で近年みられる藻類等による漁網への著しい付着現象の地域性、季節性について

*大前信輔、森田 尚、太田滋規、大山明彦（滋賀県水産試験場）

1. はじめに

琵琶湖では 1997 年に北湖の一部水域でエリ網の著しい汚損が確認され、1998 年には北湖全域に拡大し現在にまで至っている。その主な原因は藻類の付着によるものと考えられ、当初はフォルミディウムが主要な原因生物であったが、2004 年ごろを境にしてクチビルケイソウ等の付着珪藻が主体となってきている。

この付着藻類等の著しい増加は、目詰まりなどの漁業被害を発生させており、漁業者からは原因解明と対策が望まれている。

そこで、エリ網への付着現象について、北湖を中心に地域性、季節性を調べた。

2. 方法

北湖（2009 年度：6 地点、2010 年度：9 地点）と南湖（1 地点）に試験エリ網地（10cm×10cm）を水深 0.5m に設置し、概ね 1 ヶ月後ないし 2 ヶ月後に回収して付着量（SS、灼熱減量およびクロロフィル a 量）と種類を調べた。環境条件として、透明度、水温、水質（DIN、DIP およびクロロフィル a 等）を調べた。

3. 結果

1 日あたり網地重量あたりの付着物重量を見ると、北湖北岸の大浦、西岸の今津および新旭の水域で秋から春にかけて 15mg/g 網地/day 以上の増加速度を示した。南湖の志那では、1 月期を除いて 8 mg/g 網地/day 以下の増加速度で推移した。

1 日あたり網地重量あたりのクロロフィル a 量（以下、藻類付着増加速度とする）を見ると、北湖北岸の大浦、西岸の今津、新旭および北小松の水域で秋から冬にかけて 150 μ g/g 網地/day を超える増加が認められたが、南東岸の中主の水域では 1 月期、2 月期共に 100 μ g/g 網地/day 以下であった。南湖の志那では年間を通じて 50 μ g/g 網地/day 以下であった

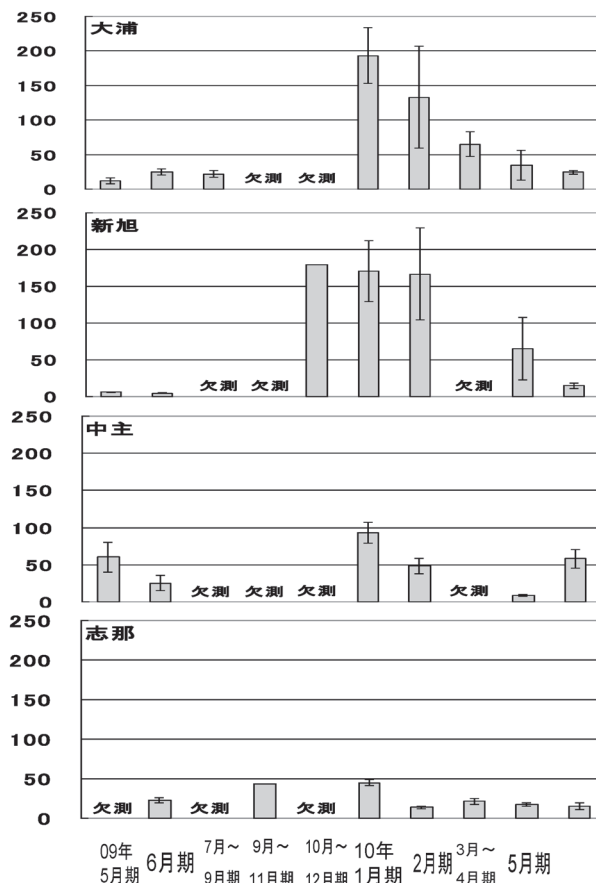


図 試験エリ網地への場所別、時期別藻類付着増加速度
（縦軸：藻類付着増加速度（ μ g/g網地/day）、横軸：設置時期、エラーバーは標準偏差）

（図）。1 月期に付着していた藻類は全地点においてハリケイソウ属やクサビケイソウ属等の付着珪藻が優占した。

4. 考察

試験エリ網の結果から、藻類による操業エリ網への付着は周年的に発生するのでなく秋から冬にかけて特に北湖の北岸から西岸域の沿岸水域で顕著になっていると考えられた。

なお、本研究の一部は環境省環境研究総合推進費（D-1004）の支援により実施された。