

ω -3 不飽和脂肪酸類の測定

*嵯峨友樹、宮廻隆洋、小山維尊、野尻由香里、神谷 宏(島根県保健環境科学研究所)
勢村 均(島根県水産技術センター)、谷 幸則(静岡県立大学)

1. はじめに

島根県東部に位置する汽水湖の宍道湖は富栄養化が進んでおり、植物プランクトンの存在量も多い。そのため、懸濁物食性であるヤマトシジミの一大産地となっている。谷ら(2012)は1年間宍道湖湖心において各植物プランクトンが特異的に含有するカロテノイド類を分析し、2010年9月にはほぼ1ヶ月間藍藻が80%以上で優占していることを明らかにした。笠井ら(2014)は藍藻、珪藻、緑藻をヤマトシジミが同化できるかを安定同位体比を用いて実験を行い、藍藻及び緑藻は餌として不適であることを明らかにした。

藍藻及び緑藻がヤマトシジミの餌として不適であることの一つの理由として生物の成長や産卵等に必要な ω -3 不飽和脂肪酸を含有しているかどうかがある。谷らは静岡県の佐鳴湖において、夏季に単独優占する藍藻の一種 *Synechococcus* sp. が ω -3 不飽和脂肪酸を含有せず、食物連鎖を破綻させる可能性があることを報告している。同様のことが宍道湖でも考えられることから、我々は湖水中のカロテノイド類の分析と同時に湖水中及び培養した藍藻、珪藻、緑藻それぞれ一種ずつの ω -3 不飽和脂肪酸類の測定を試みた。

2. 実験方法

2010年11月14日から2011年6月27日まで、週1回ずつ午前中に宍道湖湖心において現場における水温、電気伝導度等を測定し、ステンレスバケツを用いて表層水を採取した。この湖水200mlを用いて100倍濃縮試料を作製し、光学顕微鏡で出現種の観察を行った。色素分析用と脂肪酸分析用にそれぞれ湖水300mlをWhatman GF/Fを用いて、ろ過を行った。その後、それぞれを抽出し、色素はHPLCで、 ω -3 不飽和脂肪酸はメタノール塩酸を用いてメチル化を行った後にガスクロマトグラフィーで測定を行った。

植物プランクトンの培養実験は、培地としてケイ酸ナトリウム添加IMKダイゴ培地を使用した。塩分濃度は宍道湖水に相当する3psuとした。培養は25°C、2300lux、12時間の周期の明暗サイクルで行った後、同様の方法で ω -3 不飽和脂肪酸を測定した。

3. 結果及び考察

宍道湖における植物プランクトンの色素分析結果と顕微鏡観察による優占状況は概ね一致したが、顕微鏡観察で藍藻 *Synechocystis* spp. が優占していなくても *Zeaxanthin* 量が多い場合があった。これは顕微鏡観察の評価以上に *Synechocystis* spp. が優占していたためと考えられる。宍道湖水の ω -3 不飽和脂肪酸量は、珪藻の含有する色素 *Fucoxanthin* 量との正の相関関係が見られた。しかし、藍藻の持つ *Zeaxanthin* と緑藻の持つ *Lutein* に関しては ω -3 不飽和脂肪酸との相関関係が見られなかった。分離培養した藍藻 *Synechocystis* spp.、珪藻 *Thalassiosira pseudonana*、緑藻 *Pseudodictyosphaerium minusculum* の細胞数あたりの ω -3 不飽和脂肪酸の含有量を比較した結果、緑藻 *P. minusculum* は、珪藻 *T. pseudonana* に比べて ω -3 不飽和脂肪酸の含有量が半分以下であり、藍藻 *Synechocystis* spp. は、ほとんど ω -3 不飽和脂肪酸を含有していないことが分かった。このことから今回の3種の中では藍藻 *Synechocystis* spp. はヤマトシジミの餌として適していないことが分かった。

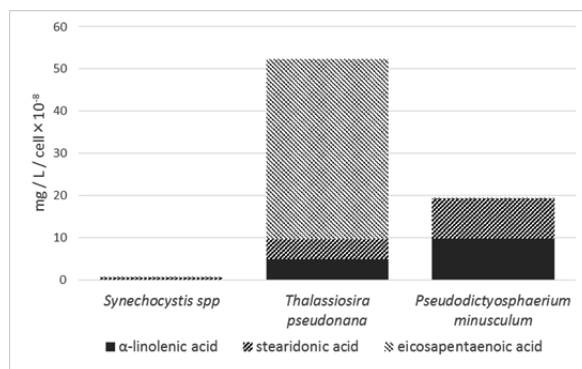


図. 1 細胞数あたりの ω -3 不飽和脂肪酸量

特定とゲノム解析

* 渡邊友浩, 小島久弥, 福井学 (北大・低温研)

1. はじめに

化学合成硫黄酸化細菌 (SOB) は、無機硫黄化合物の酸化によってエネルギーを獲得する。硫黄酸化によるエネルギー獲得の起源は約 34 億年前に遡ると見積もられており、その機構を解明することは生命最古の代謝とその進化を解明する上で重要である。近年、塩基配列決定技術の発展を背景に、様々な環境に由来する系統的に多様な SOB のゲノムが解読されている。この結果、系統ごとに異なる硫黄酸化関連遺伝子が見出され、硫黄酸化経路は従来考えられていたよりも複雑であることが明らかになりつつある。

現在までにゲノムが解読された SOB の多くは、硫黄循環が活発な環境に由来する。一方で、硫黄循環が制限される淡水湖沼に生息する SOB に関しては、ゲノム情報はおろかその実体すら不明だった。このような未知の SOB のゲノム情報は、硫黄酸化経路の進化を考察する上で重要な存在になることが期待される。本研究では、淡水湖沼に生息する SOB の系統を特定し、主要種の硫黄酸化経路の特徴をゲノムから見出すことを目的とした。

2. 材料と方法

淡水湖沼に生息する SOB の系統を特定するために、部分循環湖の嫌気水層の水試料と、地理的位置の異なる 5 つの淡水湖沼の堆積物試料を解析対象とした。全バクテリアを標的とした 16S rRNA 配列のクローニングおよび変性剤濃度勾配ゲル電気泳動 (DGGE)、SOB を標的とした機能遺伝子のクローニング、特定の SOB を定量するための Catalyzed reporter deposition fluorescence *in situ* hybridization (CARD-FISH) を行った。特定した主要な SOB 2 種それぞれの基準株から DNA を抽出し、ゲノムを解読した。配列決定後、NCBI のデータベースに対して全遺伝子領域の相同性検索を実施し、アノテーションと硫黄酸化関連遺伝子の同定を行った。

3. 結果

クローンライブラリーを解析した結果、淡水湖沼環境で優占する SOB は他の環境とは異なり *Betaproteobacteria* 綱に属することが示された。系統関係から、これらの SOB が有する硫黄酸化経路は不完全チオ硫酸酸化型と呼ばれるものであることが推察された。また、CARD-FISH と DGGE 解析の結果、嫌気水層と堆積物の主要種の 1 つが、それぞれ *Sulfuritalea hydrogenivorans* と *Sulfuricella denitrificans* であることが明らかになった。

これら 2 種それぞれの基準株の完全長ゲノムを決定した。ゲノムから硫黄酸化経路を構築した結果、両株の経路が不完全チオ硫酸酸化型であることが明らかになった。*Betaproteobacteria* 綱に属する他の SOB のゲノムを用いた比較解析の結果、この経路が淡水性 SOB に共有されていることが明らかになった。さらに、比較ゲノム解析によって淡水性 SOB が独自に有する遺伝子群 Reverse DSR-associated gene cluster (rDAGC) の存在が明らかとなった。

4. 考察

不完全チオ硫酸酸化型の経路は、別タイプの経路よりも単位基質量当たりのエネルギー獲得効率が高いと考えられている。淡水湖沼環境では硫酸還元による SOB への基質供給が制限されるため、不完全チオ硫酸酸化経路を有することは淡水湖沼環境中での生存に有利だと考えられる。一方で、今回同定された rDAGC の分布は一部の淡水性 SOB に限定的であった。rDAGC には 4 ~ 5 つの遺伝子が含まれているが、そのうち 2 つは硫黄酸化を司る DSR システムを有する SOB にしか保存されておらず、他 2 つに関しては最近になって硫黄酸化に関与する可能性が報告されている。以上の解析結果と最新の知見を総合すると、rDAGC の機能は硫黄酸化に関係する可能性が高く、また淡水環境への適応に関連していることが考えられる。

1. はじめに

春採湖は、北海道釧路市東部市街地に位置し、水深の浅い富栄養化した汽水性の部分循環海跡潟湖であり、冬期に湖水表面が完全結氷する。本格的な陸水学的研究は吉村信吉博士によって行われ、深層湖水において最大で 670 mg/L (約 21 mM) を示す高濃度の硫化水素が検出されている：当時、米国の内陸盆地にある Big Soda 湖を除けば、世界第一であると記載されている (吉村, 1937)。春採湖水深層の硫化水素は、海水由来の硫酸塩を異化的に還元する硫酸還元菌によって生成されたものと容易に推察されるが、これまで詳細な微生物学的研究が行われて来なかった。そこで、本研究では春採湖において硫化水素生成メカニズムを解明するために、分子生物学的手法を用いて主要な硫酸還元菌の特定を行った。

2. 材料と方法

2012 年 5 月に春採湖の最深部 (水深 5.75 m) で湖水を採取した。水温、pH 等の物理的環境因子に加えて酸素、硫酸イオン、硫化水素などの化学物質濃度を水深別に測定した。

主要な硫酸還元菌の系統的位置を明らかにするため、湖水から抽出した DNA 試料を用いて硫酸還元に関わるアデノシン-5'-ホスホ硫酸還元酵素の遺伝子 (*aprA*) を対象としたクローニングを行った。次に、ライブラリ内で割合の高かった系統に属する硫酸還元菌の 16S rRNA 遺伝子に特異的なプライマーセットを用いてクローニングを行った。さらに、細胞内リボゾーム RNA を標的としたオリゴヌクレオチドプローブを用いて特定の微生物のみを高感度で可視化できる *in situ* ハイブリダイゼーション法 (CARD-FISH) により主要な硫酸還元菌の計数を行った。

3. 結果

調査地の物理化学的特徴付けから、化学躍層は 3.5-4.5 m 水深にあることが分かった。酸素のない湖底近くでは 10.7 mM という高濃度の硫化水素が検出された (Kubo, Kojima & Fukui, in press)。

aprA 遺伝子クローニング解析から、硫酸還元菌由来の配列の多くが *Desulfosarcina-Desulfococcus* (DSS) グループに属することが分かった。硫酸還元菌の詳細な系統を明らかにするため、DSS グループに特異的な 16S rRNA 遺伝子のクローニング解析を行ったところ、SEEP SRB-1 (サブグループ d) という未培養の硫酸還元菌の配列が約半数を占めていた。CARD-FISH 法により顕微鏡下で計数を行った結果、DSS グループが化学躍層以深で出現し、嫌氣的な深層でバクテリア全体の 3.2-4.8% を占めていることが明らかになった (DSS658 プローブ, 図 1)。

さらに、DSS グループ内の硫酸還元菌の中でも SEEP SRB-1d を特異的に検出するため、新たにオリゴヌクレオチドプローブを設計し、同様に計数を行った。その結果、DSS グループの 43.5-79.0% を SEEP SRB-1d が占めていることが明らかになった (図 1)。

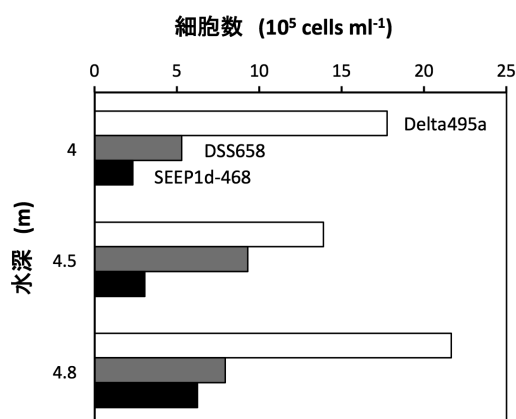


図 1. 春採湖水深層の主要な硫酸還元菌の CARD-FISH による計数。プローブ Delta495a は *Deltaproteobacteria* 綱に属する細菌を検出する。

4. 考察

春採湖の湖水環境因子の垂直プロファイルから、浅い湖沼にもかかわらず明瞭な化学躍層が認められ、また、躍層以深で高濃度の硫化水素が検出されたことから活発な微生物学的硫酸還元が生じていると考えられる。

複数の分子生物学的解析から、DSS グループが春採湖の深層の主要な硫酸還元菌と考えられた。DSS グループの微生物は、様々な有機化合物を代謝に用いることができることが知られている。加えて SEEP SRB-1 はメタンや炭化水素が存在する環境から多く検出されている。春採湖における DSS グループの硫酸還元菌は、難分解性のものを含む様々な有機物を利用し、かつ常に嫌気環境が維持されるような環境を好むと考えられる。今後の拡大が懸念されている嫌気環境で、この硫酸還元菌が硫化水素生成や炭素の無機化にどの程度貢献しているのかを集積や培養実験で明らかにしていく必要がある。

5. 文献

- 吉村信吉. 1937. 湖沼学. 生産技術センター, 1976 年増補版. 508pp.
 Kyoko Kubo, Hisaya Kojima and Manabu Fukui. Vertical distribution of major sulfate-reducing bacteria in a shallow eutrophic lake. *Systematic and Applied Microbiology*, in press.

1C04

Web 公開不希望

1C05

Web 公開不希望

1C06

Web 公開不希望

* 中村 剛也, 相崎 守弘 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)

1. はじめに

霞ヶ浦では、2007 年から 2011 年まで *Planktothrix suspensa* が優占した。これまでの知見から *Pla. suspensa* は弱い光環境において高い競争力をもつことが示唆された。霞ヶ浦では、過去にも *Planktothrix* が出現し、優占している。そこで、本研究は霞ヶ浦(西浦)における *Planktothrix* の長期的な現存量の変動と光環境の変化との関係性を検討した。

2. 材料と方法

本研究では、国立環境研究所の霞ヶ浦データベース <http://db.cger.nies.go.jp/gem/inter/GEMS/database/kasumi/> において公開されている西浦湖心(St.9)の光環境や水質、植物プランクトンのデータを解析した。光環境は、光量子量の測定結果から相対照度を算出して解析に用いた。海洋では、真光層(Euphotic Zone; 相対照度 1%までの深度)と無光層(Aphotic Zone)の間に薄光層(Disphotic zone; Twilight Zone)がある。本研究では、薄光層を相対照度 1%-0.001% までの深度、無光層を相対照度 0.001%以下の深度としてそれぞれ設定し、*Planktothrix* 現存量と比較した。

3. 結果

Planktothrix の現存量と光環境の変化を Fig.1 に示した。霞ヶ浦の光環境は 1993 年まで明瞭な季節変動があり、湖底まで真光層であった。この様な時代において、

Planktothrix は、季節的にブルームを形成したが、出現頻度は低く、通年で出現することはなかった。1993 年以降になると、薄光層の割合が高くなり、*Planktothrix* が年間を通して出現した。しかし、無光層の割合が上昇してくる 1999 年以降は現存量が減少して、2003 年と 2004 年は年間を通じて $0.01\text{mm}^3 \text{ L}^{-1}$ 以下であった。

4. 考察

一般的に、植物プランクトンが増殖を行うことが可能な相対照度は 1%であるとされており、相対照度が 1%以上の真光層が重要視されている。*Planktothrix* は Shade-adapted Species と呼ばれており、より弱い光においても適応できることが指摘されている。本研究では、陸水ではあまり考慮されていない薄光層を設定して、*Planktothrix* の出現との関係を考察した。すると、霞ヶ浦では、薄光層が年間を通じて高い割合を維持していた年は *Planktothrix* が出現し、比較的高い現存量 ($>1\text{mm}^3 \text{ L}^{-1}$) を維持していた。したがって、薄光層が *Planktothrix* 現存量の維持や増殖に重要な役割を果たしている可能性が示された。*Planktothrix* は Twilight-adapted Species と称するべきかもしれない。

謝辞

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

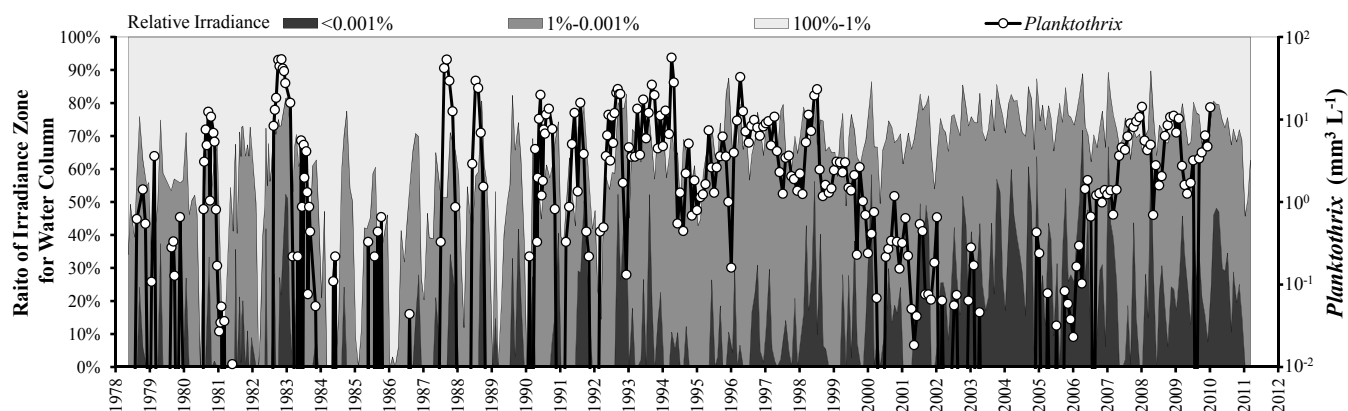


Fig.1 霞ヶ浦(西浦)湖心における真光層(相対照度 100%-1%), 薄光層(相対照度 1%-0.001%), 無光層(相対照度<0.001%)の水柱に対する割合と *Planktothrix* の 1078 年から 2011 年の経年・季節変化. データ参照: 国立環境研究所 霞ヶ浦データベース.

浮葉植物の有無が動物プランクトン群集の ハビタット利用に関わるか

*伊藤和輝（信州大学・理工学系研究科），花里孝幸（信州大学・山岳科学研究所）

1. はじめに

湖沼沿岸域に生育する水草は水質(水温、溶存酸素濃度、pH等)に空間的な多様性を提供しており、多くの生物種がその環境を利用していると考えられている。湖沼生態系において、一次消費者として重要な意味を持つ枝角類は、魚や無脊椎捕食者による捕食回避のために、日中は暗がりとなっている水草帯に分布し、夜間に開放水面に移動する、とする報告がある。湖沼生態系を形作る上で水草が大きな意味を持っていることが示唆される。

近年、長野県中部に位置する諏訪湖の沿岸域において浮葉植物であるヒシが繁茂するようになった。これらは漁船の運行阻害や腐敗による悪臭といった点で問題視され、今年から本格的な刈り取りが行われている。一方で動物プランクトン群集に与える影響については十分に検討されていない。

そこで本研究ではヒシの刈り取りが行われる夏季の諏訪湖において動物プランクトンのハビタット選択を明らかにし、ヒシ刈り取りの影響を検証することを目的とした。

2. 材料と方法

2014年7月17日の日中、夜間の計2回、諏訪湖にて調査を行なった。2014年7月2日以降、諏訪湖では、刈り取り船を用いた、定期的なヒシの刈り取り作業が行われている。刈り取りは湖岸に沿って行われるため、一時的に湖岸から沖に向かって開放水面、ヒシ帯、開放水面、というグラデーションが形成される。調査地としては、湖岸と垂直に幅8mのヒシ帯が形成されている諏訪市湖岸通り沖を選択した。

ヒシ帯中央の定点(N36° 02' 64.7" E138° 06' 29.3")を基準に、湖岸方向、沖方向にそれぞれ4m、8mの計5定点を取り測定を行なった。測定項目は水深、pH、EC、水深、溶存酸素濃度、水温、光量子束密度(日中のみ)である。カラムサンプラーで全層から採水し200μmメッシュのプランクトンネット

で濾したものを4%シュガーホルマリンで固定した。実験室にて動物プランクトンを計数し、地点ごとの個体群密度(ind./L)を求めた。また全層水を一定量採水し、動物プランクトンの餌の指標としてクロロフィルa濃度(μg/L)を測定した。

3. 結果と考察

水深は140cm-185cmであった。日中、夜間とも、ヒシ帯では、開放水面と比較し溶存酸素濃度、水温が低い傾向が見られた。しかし、各地点のいずれの水深においても、魚類の生存に必要とされる3mgO₂/Lは下回らなかった。他方、光量子束密度は開放水面の水深0.25mで30.09μmol/s/m²、ヒシ帯の水深0.25mで1.14μmol/s/m²と大きく異なり、魚からの捕食回避にヒシ帯が有用である可能性が示された。

枝角類の内、開放水面での優占種はゾウミジンコ *Bosmina longirostris* であった。ニセゾウミジンコ *Bosmina fatalis* は個体群密度では劣るものの日中に開放水面に分布する個体の割合がゾウミジンコよりも高く、また夜間はヒシ帯における密度が開放水面の密度を上回っていた。他方ゾウミジンコは夜間にいずれの地点においても日中と比較し密度が低下しており、さらに沖へと移動した可能性がある。すなわち、ゾウミジンコとニセゾウミジンコがヒシ帯内外で棲み分けをしている可能性が示唆された。この他、シカクミジンコ *Alona quadrangularis* 等、昼夜ともヒシ帯に多く分布する種が存在することからも、諏訪湖におけるヒシの有用性が指摘できる。

表1. 枝角類、カイアシ類の個体群密度(ind./L)

	日中		夜間	
	ヒシ帯	開放水面	ヒシ帯	開放水面
<i>Bosmina fatalis</i>	3.64	8.74	11.46	6.79
<i>Bosmina longirostris</i>	29.12	49.50	16.56	28.87
<i>Diaphanosoma spp.</i>	20.02	13.10	12.74	3.40
<i>Alona quadrangularis</i>	54.60	1.46	10.19	1.70
<i>Chydorus spp.</i>	29.12	0.00	11.46	0.00
Cyclopoid(copepodid)	14.56	21.84	10.19	6.79
nauplius	65.51	61.15	12.74	1.70

*中西奈津美 (東邦大院・理), 高木俊 (兵庫県立人と自然の博物館)
西廣淳, 鏡味麻衣子 (東邦大・理)

1. はじめに

湖沼沿岸は、沈水植物、浮葉植物や抽水植物など様々な水生植物が生育し、陸域と水域を繋ぐ移行帯(エコトーン)を形成している。これら水生植物は陸域及び水域の動物に生息場所や餌を提供する。近年、護岸工事などにより、なだらかな移行帯と水生植物帯が減少傾向にあるが、浮葉植物であるヒシ属植物は全国的に増加傾向にある。ヒシの葉は夏季には水面を覆い、餌資源や産卵基質、採餌場所として動物に利用される。夏季における観察では、ヒシの浮葉上でヒシ食者であるジュンサイハムシ(以下ハムシ)とヒシヨコバイ(以下ヨコバイ)、肉食者のアメンボ科、コモリグモ科(以下クモ)が確認されている(日本陸水学会第78大会発表)。しかし、ヒシの葉が消失する冬季にヒシ葉上の動物がどこへ移動しているのか定かではない。冬季も構造を維持する、抽水植物を越冬場所として利用している可能性があり、ヒシの季節消長に応じた、浮葉植物帯と抽水植物帯間での季節的な生物の移動が予想される。

本研究では、ヒシの季節消長が昆虫・クモ類の局所的な分布に与える影響と、ヒシを利用する動物にとっての抽水植物の役割を明らかにするため、(1)ヒシの枯死に伴い、水域のヒシ帯から陸域の抽水植物帯へ動物の活動場所が変化するか(2)ヒシ食者(ハムシ)は抽水植物を越冬場所として利用しているか、を検討した。

2. 材料と方法

調査は、千葉県印旛沼(西印旛沼)の沿岸部で行った。調査地は水域側にヒシ群落、陸域側には抽水植物帯が広がっている。

(1) ピットフォールトラップ調査：水域のヒシ葉上と、陸側の地表面で見られる動物の季節的な活動場所の変化を調べるため、2013年6月から2014年5月まで、月1回調査を行った。陸上と水上の境界部を0mとして、陸上(抽水植物帯) -5, -2.5m、水上(ヒシ帯) 2.5, 5, 10mの地点にピットフォールトラップをそれぞれ5個(計30個)設置した。1週間後回収、水上及び地上を移動する動物を採集した。

(2) ヒシ食者の抽水植物利用調査：ヒシの生育時期から枯死後にかけて、2013年7月から11月まで、沿岸のヨシ・マコモを5株ずつ解体して植物内部および葉鞘や葉の隙間のハムシを計数した。特にヒシが完全に枯死する冬季について、2014年1月には、沿岸から陸側に向かって0-5, 5-10, 10-15mの区間で、植物構造が大きく異なる、ヨシ(通常ヨシ)・ヨシノメバエ属に寄生されたヨシ(寄生ヨシ)・マコモを10株ずつ採集し、ハムシを計数した。

3. 結果と考察

(1) ヒシの葉が水面を覆う6~9月にかけては水上(ヒシ帯)では、ヒシ食者であるハムシおよび湿地性のクモ(主にキクヅキコモリグモとキバラコモリグモ)が多く採集された(図)。クモによる水面のアメンボやヒシ葉上のヨコバイへの捕食が観察され、クモが採餌のために浮葉植物帯を利用している可能性が考えられる。また、ヒシの枯死した11月以降は、ハムシとクモは抽水植物帯で採集された。

(2) 抽水植物帯では、7月にもハムシがマコモの葉鞘や葉の隙間で多く見られた。1月は、ハムシは最も水域寄りの区間(0-5m)で多く採集されたことから、ハムシがヒシの枯死後に越冬場所として、水際に近い抽水植物を利用していたと推察される。また抽水植物の中でも、通常ヨシよりも寄生ヨシ、マコモで多く採集され、隙間の広い構造を持つ抽水植物の方が、ハムシに利用されやすいことを示唆している。

以上、浮葉植物ヒシはその繁茂期に、ハムシやヨコバイのようなヒシ食者だけではなく、それらを捕食するクモにも餌場として利用されていることが示された。また、浮葉植物の枯死後にはヨシやマコモからなる抽水植物帯が、ハムシの越冬場所として機能していることが示唆された。印旛沼も他の湖沼と同様に沿岸環境が変化しており、矢板護岸などで連続的な移行帯が分断されている。しかし抽水植物と浮葉植物の両者が存在することで、本来の移行帯が持つような、陸上と水上の動物に移動経路を提供する機能を担っている可能性がある。移行帯の環境が改変されている場合でも、様々な構造を持つ水生植物が生育できる環境を維持することは、生態系間における動物の移動を助長させ多様な動物相を維持する上で重要であると考えられる。

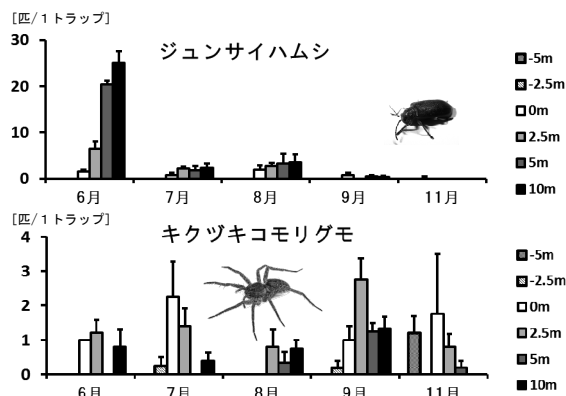


図. 月別の各種個体数(平均±SE)。-5, -2.5mは陸上(抽水植物)、0mは境界、2.5, 5, 10mは水上(ヒシ)での採集。

*酒井 陽一郎（京大生態研），荻部 甚一（茨大・広域水圏），柴田 淳也（広島大学），武山 智博（岡山理科大），陀安 一郎，谷内 茂雄，中野 伸一，奥田 昇（京大生態研）

1. はじめに

高い生物多様性を持つ淡水生態系では，生息地破壊や水質汚染，外来種の移入，地球温暖化といった人為的な要因により，生物多様性の低下が急速に進んでいる．湖沼生態系では，森林伐採や宅地造成といった集水域の人間活動が湖沼環境を改変し，生物多様性を低下させる駆動因となりうる．しかしながら，複数の人為要因が湖沼生態系の生物多様性に与える影響を，因果論的に解析した研究はほとんどない．また，これまでの研究で頻繁に使われてきた湖沼間比較によるアプローチでは，水域毎に異なる群集組成やその来歴が考慮されていないという問題も存在した．

そこで本研究では，大型湖沼である琵琶湖の空間異質性に着目した．琵琶湖沿岸域では，環境および集水域の土地利用様式に高い空間異質性が存在するため，局所群集を用いることで種プールをコントロールした解析が可能である．本研究ではこのシステムを使い，因果論的解析が可能な構造方程式モデリング（Structural Equation Modeling: SEM）を行なうことで，ベントス群集の多様性低下をもたらす駆動因の抽出を試みた．

2. 材料と方法

2005 年 11 月，2006 年 2 月，5 月および 7 月に琵琶湖沿岸域 33 定点において，ベントスを採集した．各サンプリング地点は集水域の影響が検出されるよう，河川流入部から 200m 以内に設置した．ベントスはサーバーネット（30cm×30cm，300μm メッシュ）を用いて各地点 3 連で採集し，出現した分類群を足し合わせて各地点のベントス群集とした．解析に用いるベントス多様性の指標として，分類群の数をを用いた．

ベントス群集の変化を説明する環境要因として，底質の細粒化度（岩礫：1，礫：2，砂：3，泥：4），Chl.a 量，溶存酸素濃度（DO），沈水植物被度等のデータを，ベントスの採集と同時に採取した．さらに，人為駆動因として，集水域の土地利用様式を GIS を用いて集計した．これらの駆動因，環境，生物データをを用いて SEM により生物多様性を低下させる駆動因を抽出した．

3. 結果と考察

解析の結果，琵琶湖沿岸域のベントス多様性を低下させる直接的な環境要因としては，波による攪乱と湖岸底質の細粒化が有意な効果を示した．特に，

底質の細粒化は強い負の影響を及ぼし，細粒化に伴う湖底の微生息環境の均質化がベントスの多様性低下をもたらしたと示唆された．また，底質の細粒化は集水域の水田面積割合によって最も説明されたことから，水田排水の流入増加が底質の細粒化を引き起こすことが示唆された．圃場整備率と兼業農家率の高い琵琶湖集水域では，粗放的水管理により，水田から多量の濁水が琵琶湖に流入することが知られている．流入した陸起源の懸濁態有機物は沿岸域に堆積していることが知られているため，濁水に含まれる微細な粒子が底質の細粒化を導いていると示唆される．

以上より，構造方程式モデリングに基づく因果論的アプローチによって，1. 4 月～5 月に水田からの濁水に含まれる微細な懸濁物が湖底に堆積，2. 微生息環境の多様性を低下，3. 湖底に生息するベントスの多様性が低下というメカニズムが推測された．琵琶湖沿岸域におけるベントス多様性の低下を防ぐためには，濁水流出が少ない農法の選択や，水田からの漏水の防止といった対策が必要だろう．

1C11

Web 公開不希望

蔵王山火山湖および温泉における $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 比の分布

* 松中哲也, 笹公和, 末木啓介, 高橋努, 松村万寿美, 佐藤志彦 (筑波大・AMS グループ)
 松崎浩之 (東京大・総合研究博物館), 後藤章夫 (東北大・東北アジア研究センター)
 渡邊隆広, 土屋範芳, 平野伸夫, 木崎彰久 (東北大・環境科学)

1. はじめに

宮城・山形の蔵王山において, 東北地方太平洋沖地震後, 火山性地震や傾斜変化が観測され, ただちに噴火する状況ではないが火山活動の高まりが確認されている(気象庁, 2013)。東北大グループは, 2013年9月から蔵王山の火山湖と温泉の基礎的な水質調査を開始し, 火山活動に伴う水質変動の把握を目的とした定点観測を実施している。本研究ではその一環として, 熱水系の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ (放射性ヨウ素129と安定ヨウ素127の比) を用いた火山活動モニタリングの試みを行った。

長寿命核種の ^{129}I (半減期: 1,570万年) は, 宇宙線による大気中 ^{129}Xe の核破砕反応, 地層中 ^{238}U の自発核分裂によって生成され, 人為起源として再処理施設, 核実験, 原子力発電所事故から環境中に放出される。核実験実施以前において, 海水中のヨウ素は一定の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ (1.5×10^{-12}) で存在すると推定されている (Moran et al., 1998)。地球規模のヨウ素循環の観点から, 海水の定常値より低い $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ のヨウ素が, マグマ活動などを介して地下から火山熱水系に供給されると考えられる。熱水系の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ は火山の活発化に伴って低下する可能性があり, 今後の火山活動の変化に備え, まず蔵王山の火山湖と温泉における現在の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ を把握した。

2. 材料と方法

2013年10月および2014年5月, 蔵王連峰東斜面に位置する火山湖(御釜, 標高 約1,550 m) 表面から湖水を採取した。2014年5月には, 水深21 m地点からバンドン採水器を用いて水深6 m, 12 m, 18 mの湖水を採取した。周辺の温泉として御釜から北東方向に位置する丸山沢噴気地熱帯(通称かもしか温泉, 標高 約1,250 m), および蔵王連峰西麓に位置する蔵王温泉(標高 約880 m) から温泉水を採取した(かもしか温泉: 2013年9月・11月, 2014年5月; 蔵王温泉: 2014年5月)。また, 2014年5月に御釜とかもしか温泉の周辺から雪水を採取した。採水の際に水温, pHを測定した。試水を0.2 μm のフィルターでろ過し, 試水1Lに対して2 mgのヨウ素キャリアを加えた後, ヨウ素を溶媒抽出・逆抽出で精製し, 硝酸銀を添加してヨウ化銀ターゲットを作

製した。東京大学タンデム加速器施設のAMS (Accelerator Mass Spectrometry) システムによりターゲットの $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ を測定した。試水の ^{127}I 濃度をICP-MSで測定し, 試料本来の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ を算出した。

3. 結果と考察

図1に蔵王山熱水系における $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ と $1/^{127}\text{I}$ の逆数の分布を示した。御釜とかもしか温泉の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ は, それぞれ $(1.5\text{—}4.7) \times 10^{-9}$ と $(0.7\text{—}5.8) \times 10^{-9}$ の範囲にあり, 海水の定常値 (1.5×10^{-12}) と比べて 500—4,000 倍も高かった。現場の天水(雪水)の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ が 2.0×10^{-8} — 2.0×10^{-7} と更に高いことから, 御釜湖水とかもしか温泉は, 人為起源の ^{129}I を含んだ天水の影響を強く受けていると考えられる。一方, 蔵王温泉の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ は 6.8×10^{-12} と低かった(海水の定常値の5倍)。従って, 水質調査を実施した3地点の中で, 蔵王温泉が人為起源 ^{129}I の寄与が最も小さく, 地下からの ^{129}I 寄与が相対的に大きい地点であると考えられる。今後, 蔵王温泉を中心に定点観測を実施し, $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ の経時変化と火山活動の物理パラメータの関連性を検討する必要がある。

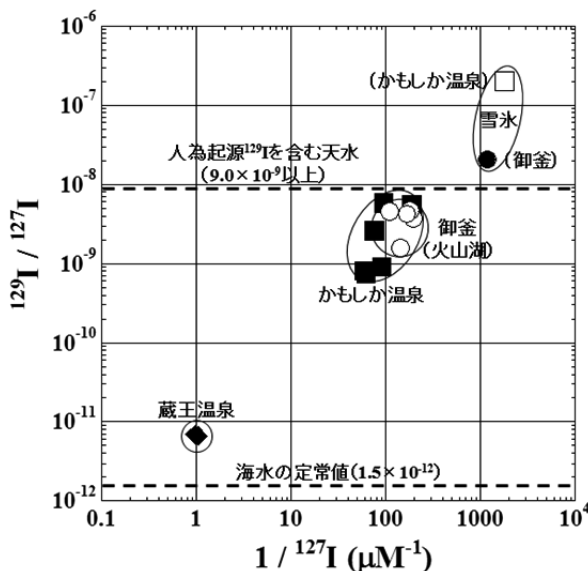


図1. 蔵王山熱水系における $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ と $1/^{127}\text{I}$ の分布

参考文献

- 気象庁 (2013) 火山活動解説資料。
 Moran et al. (1998) Chemical Geology, 152, 193-20.

*奥村浩気，浅見正人(滋賀県 東近江環境事務所)

佐藤祐一，廣瀬佳則，藤原直樹，田中稔(滋賀県 琵琶湖環境科学研究センター)

川崎竹志，廣田大輔 (滋賀県 琵琶湖政策課)

1. はじめに

琵琶湖沿岸には、本来琵琶湖の一部であった水域が土砂等の堆積によって琵琶湖と隔てられて生じた大小さまざまな内湖が存在している。内湖は、自然環境・生態系としての価値や琵琶湖への影響を緩和する緩衝地帯としての価値、人の暮らしを支える価値など、さまざまな機能を有している(滋賀県，2013)。そのため、滋賀県では内湖再生を目指した取り組みを行っている。

中でも面積 222ha の西の湖は、現存する中で琵琶湖最大の内湖であり、2008 年にラムサール条約による登録認定を受け、ヨシ群落は条例による保全地域に指定されるほか在来魚介類の生産の場など、生物多様性保全からも重要である。

滋賀県では、西の湖の水質の状況を把握し、水質保全対策に役立てるため、1978 年度から継続的な水質調査を実施してきた。本研究では、この調査の結果を用いて、現在までの観測成果の評価を行い、内湖再生全体ビジョン実現の一助としたい。

2. 方法

本研究では図 1 に示す西の湖内 5 地点における 1990 年度から 2013 年度の COD、BOD、TN、TP、SS、Chl.a データを使用した。それぞれ 5 月、8 月、11 月、2 月の値から年度平均値を算出し経年変化を把握した。また西の湖流域負荷量を算出するために GIS を用いて 500m メッシュごとの処理形態別人口や事業場、土地利用等を整備し、処理場系(下水処理場、し尿処理場、農業集落排水処理)、生活系(合併浄化槽、単独浄化槽、生活雑排水、農地還元)、産業系(製造業、サービス業等、畜産)、面源系(森林、農業、市街地等)の値を 1985 年から 5 年ごとに算出した。流域負荷量の算出項目は COD、TN、TP、TOC(難分解性、易分解性を区分)とした。



図 1. 調査地点

3. 結果および考察

図 2 には西の湖への COD 流入負荷量の計算結果を示す。西の湖流域における COD 流入負荷量に関しては 1985 年からの 25 年間で約 50%削減された。削減の主な要因としては事業場からの負荷削減と下水道の整備や合併浄化槽の普及による負荷削減が考えられる。西の湖中央(図 1.St.3)における水質の経年変化を図 3 に示す。湖内の COD においても

1990 年代には減少傾向が見られる。しかし 2000 年代においては増加傾向を示した。このことから必ずしも流入負荷量の減少と西の湖内の水質は一致しないことが明らかとなった。また、1990 年代は BOD と TP が減少傾向を示したが 2000 年代は BOD、TP、SS で増加傾向を示した。

西の湖では調査期間内に、水草の刈り取りや浚渫等の水質改善事業を行っており、それらの水質への効果を把握していく必要がある。また、西の湖の平均水深は 1.5m 程度であり、調査期間の平均透明度(±SD)が $0.9 \pm 0.3m$ であることから湖底まで光が届くため湖内の生産力は高いと考えられる。したがって、西の湖の内部生産構造を把握する必要がある。そこで現在、プランクトンの組成および量(バイオマス)の変化を解析中である。

今後は生態学的データや社会学的データについても情報をまとめていき、西の湖の再生につなげていく予定である。

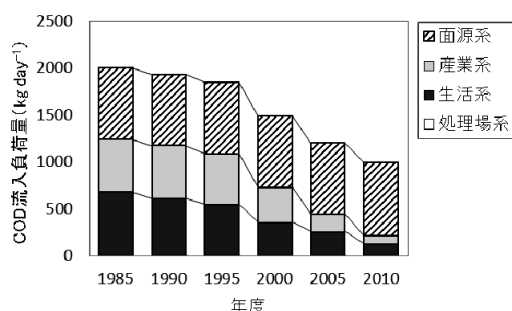


図 2. 西の湖への COD 流入負荷量

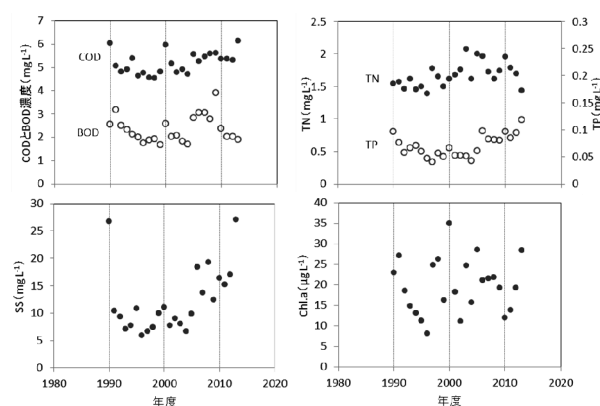


図 3. 西の湖中央(St.3)における水質の経年変化

参考文献：滋賀県(2013)内湖再生全体ビジョン～価値の再発見から始まる内湖機能の再生～

1C14

Web 公開不希望

1C15

Web 公開不希望

*霜島孝一¹, 今井章雄¹, 渡邊未来¹, 高津文人¹, 小松一弘¹, 佐藤貴之¹, 三浦真吾²,
篠原隆一郎¹, 富岡典子¹, 越川昌美¹, 林誠二¹ (1. 国環研, 2. 武揚堂)

はじめに

茨城県に位置する霞ヶ浦は、湖面積日本第二位の国内有数の湖である。湖水は流域住民の上水源として利用されているため、その水質は人々の生活に密接に関係している。近年、霞ヶ浦では富栄養化現象（アオコ）が進行しており、その水質の状況把握と改善が大きな課題となっている。湖沼において、底泥からの栄養塩類の溶出は、水中の栄養状態へ大きく関与するため、底泥溶出に関する知見は湖沼環境の評価に必要不可欠である。しかし、現状、溶出をもたらす底泥自身の堆積過程や構成成分の変動については不明な点が多い。本研究では、湖沼の栄養状態に最も大きな影響をもたらすリン（P）と金属元素の5年間にわたる底泥モニタリングを霞ヶ浦湖心で行った。そして、得られた結果から、底泥へのリンの蓄積に関する金属元素の影響評価を行った。

実験方法

採泥：2003年1月から2008年12月まで、毎月、茨城県霞ヶ浦湖心において採泥を行った。採泥は4 cm コアサンプラーを用いて、底泥表層から15 cm層までを採取した。底泥は0-1、1-2、2-4、4-6、6-8、8-10、10-15 cmの7層に切り分けポリカーボネート製の遠心容器に移した。これを遠心分離により、間隙水と泥に分離し、泥は凍結乾燥し分析まで保存した。

元素分析：凍結乾燥した底泥を、硝酸、過塩素酸とともにテフロン容器に加え、高压分解ポンプを用いて140℃で6時間分解した。分解後、さらにフッ化水素酸を加え200℃に加熱しケイ酸塩の分解を行った。分解液中に含まれるP、アルミニウム（Al）、鉄（Fe）、マンガン（Mn）、マグネシウム（Mg）、硫黄（S）を誘導結合プラズマ発光分光分析により定量した。

重回帰分析：従属変数にP、説明変数にAl、Fe、Mg、Mn、Sを選びAICによる重回帰分析を行った。説明変数の分散拡大要因（VIF）は全て10以下であった。

結果と考察

霞ヶ浦湖心の底泥中のPの鉛直分布を図1に、リンの変動に対する重回帰分析の結果を表1に示す。

霞ヶ浦底泥のリン濃度は2006年以降、表層で1.2 mg/g以上の高い濃度が確認される頻度が顕著に増加した。鉛直的な変化としては、表層から下層に向かい単調的な減少を示す傾向にあった。

霞ヶ浦の底泥中のPは、2-4 cm以深でMnと非常に高い相関を示しており、MnがPと同様の変動を示していることが伺える。0-1cm層において、底泥のPはFeやAlと正の相関を示していた。一般的に、リンは鉄やアルミニウムの水酸化物と共沈することが知られている。これより、霞ヶ浦でも鉄やアルミニウムとリンが共沈し表層堆積していることが示唆された。4-6 cm層まではSと負の相関がみられた。これは、硫酸還元に伴い増加したHS⁻とFe(PO₄)₃やFe(OH)₃の還元によって生じたFe²⁺が反応し、FeSが生じたことが大きな要因と推察される。

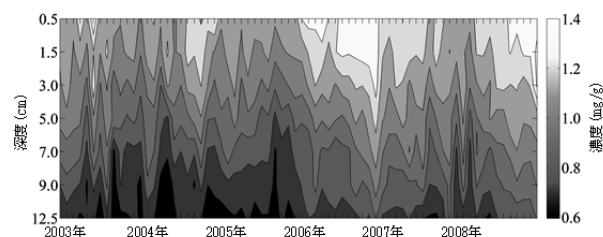


図1 霞ヶ浦底泥中のリンの鉛直分布の経時変化

0-1cm	標準化係数	標準誤差	t	有意確立	VIF	Multiple R ² : 0.7068
(Intercept)	-0.253	0.128	-1.979	0.052	-	Adjusted R ² : 0.6938
Al*	0.009	0.004	2.379	0.020	6.2	p-value: < 2.2e-16
Fe***	0.027	0.007	3.897	0.000	5.9	
S***	-0.096	0.024	-3.983	0.000	1.5	

4-6cm	標準化係数	標準誤差	t	有意確立	VIF	Multiple R ² : 0.7581
(Intercept)	0.140	0.121	1.156	0.252	-	Adjusted R ² : 0.7475
Al***	0.008	0.002	3.563	0.001	2.3	p-value: < 2.2e-16
Mn***	0.565	0.114	4.960	0.000	3.1	
S**	-0.045	0.013	-3.338	0.001	3	

8-10cm	標準化係数	標準誤差	t	有意確立	VIF	Multiple R ² : 0.7476
(Intercept)**	-0.378	0.132	-2.859	0.006	-	Adjusted R ² : 0.7364
Fe**	0.011	0.004	3.078	0.003	1.7	p-value: < 2.2e-16
Mn***	0.591	0.130	4.551	0.000	2.5	
S***	0.032	0.008	4.025	0.000	1.8	

..: p<0.10, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

表1 霞ヶ浦底泥中のリンの変動要因（重回帰結果）

* 吉田明史¹, 北渕浩¹, 永淵修¹, 横田久里子², 鮎川和泰³, 田辺雅博⁴, 手塚賢至⁵
 (1 滋賀県大・環境, 2 豊橋技科大・建築, 3 環境システム(株),
 4 日科機バイオス(株), 5 屋久島生物多様性保全協議会)

1. はじめに

屋久島北部を流れる一湊川には、国指定の天然記念物であるヤクシマカワゴロモが自生する。本種は渓流域の岩に付着するカワゴケソウ科の被子植物であり、屋久島の一湊川にのみ自生する種である。

近年、ヤクシマカワゴロモの表面を被覆するように付着珪藻類(*Melosira varians*)の繁茂がみられ、ヤクシマカワゴロモの衰退が懸念されている。

北渕ら(2013)は、平水時の溶存態の栄養塩は付着藻類の繁茂に直接影響を与えず、降雨時に流出した土砂中の懸濁態の栄養塩を利用し付着藻類が増殖していることを示唆した。そこで本発表では、一湊川において降雨時に伴う濁度の増減を詳細に検討し、このときの水質の変化を明らかにしたので報告する。

2. 方法

2014年4月から屋久島一湊川中流におけるヤクシマカワゴロモの生育域において、水温計、濁度計(カナダ FTS 社 DTS-12)、雨量計、自動採水器 (ISCO 6712 1L24 本採水) を設置した。

採水した水の分析項目は、TP、TN、NO₃-N である。

3. 結果と考察

2014年6月に行った調査期間中で、10 mm/hr 以上の大きな降雨は 6/3 の 20~23 時、6/10 の 18~24 時の 2 回観測された。2 回とも降雨初期にすぐには濁度の上昇が見られず、初期降雨後 2~3 時間後で濁度の上昇がみられた。

詳しく見ると、図 1 より、6/10 の 8~11 時にかけて降った 2~4 mm/hr の降雨では濁度の上昇はほとんどみられず、6/10 の 18~21 時にかけて降った 8~12 mm/hr の大きな降雨では初期降雨から 3 時間後に濁度が 0 ntu 付近から 13.3 ntu まで一気に上昇した。

図 2 に、2014 年 4/13 14:00~4/14 13:00 に行った自動採水器を用いた降雨時における河川水中の栄養塩濃度変動を図 2 に示す。

2012 年に今回の調査地点と同じ地点で採水を行った、一湊川の年平均栄養塩濃度は、PO₄-P が 0.003

mg/L、NO₃-N が 0.090 mg/L、SiO₂-Si が 4.95 mg/L であり(北渕:2013)、もともとの栄養塩濃度が非常に低い。窒素に着目すると、図 2 より、降雨による河川中の NO₃-N 濃度上昇は 0.083 mg/L から 0.120 mg/L まで約 1.5 倍とわずかであった。TN の濃度は 0.151 mg/L から 0.773 mg/L まで約 5 倍と大きく上昇し、降雨による懸濁態窒素流出が大きいことが分かる。また、TP、TN、NO₃-N の濃度は初期降雨から遅れて上昇し、濁度と同じ変動を示すことが分かった。以上のことから、降雨に伴う土砂の流出により渓流水中の濁度が上昇し、土砂中の細粒が堆積する。その後、再溶出する栄養塩を付着藻類が利用して増殖するのではないかと考えられた。

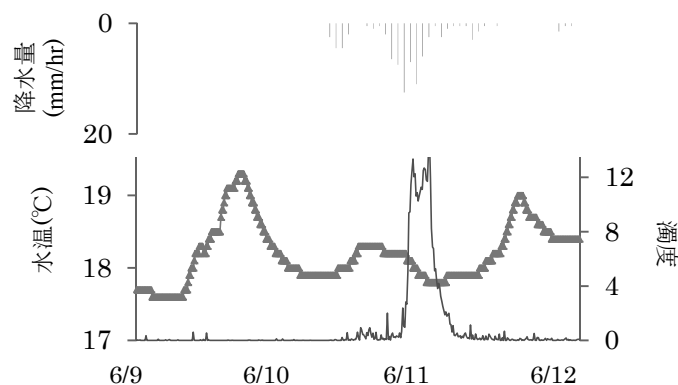


図 1. 2014 年 6 月の一湊川中流ヤクシマカワゴロモ生育域における降雨時の濁度及び水温の初期変動

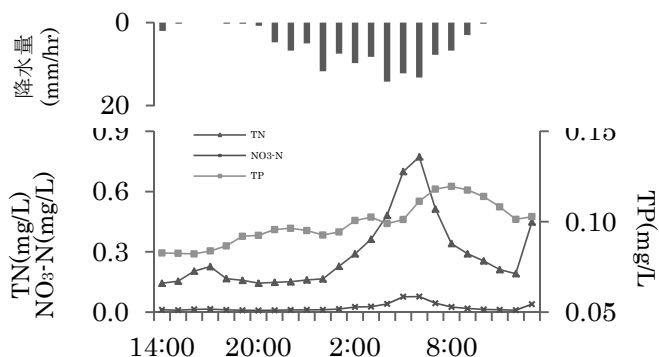


図 2. 2014 年 4/13 14:00~4/14 13:00 の一湊川中流ヤクシマカワゴロモ生育域における降雨時の栄養塩濃度の時間変動 (1 時間おきにサンプリング, n=24)

1. はじめに

溶存有機物 (DOM) は、微生物に取込まれ水域のエネルギーフローを駆動する。陸水において、DOM の約 80 % は腐植物質 (HS) が占めるといわれているが、共役系の複雑な構造を持つ HS は微生物にとって利用し難い。そのため、HS は光や熱といった物理化学的因子により分解、低分子化した後、微生物に取込まれると推察されている。しかし、詳細な HS 分解過程を連続的に提示した例は少ない。

本研究では、HS を多く含む釧路湿原赤沼の水を用いて光および熱による HS 分解実験を行った。HS の連続的な変化は三次元励起蛍光スペクトル (EEM) 法によって測定した。

2. 材料と方法

赤沼の水は岸から採水し、有効保持粒子径 $0.7\ \mu\text{m}$ のガラス繊維ろ紙でろ過後、以下の実験に用いた。

《HS 光分解実験》 沼水を石英フラスコに 100 ml 分取し、以下の 3 つの条件を調製した；太陽光露光 (Sun), $< 320\ \text{nm}$ カットフィルムによる照射 ($> \text{UVB}$), アルミホイルによる暗条件 (Dark)。これらを野外で 5, 10 日間放置した。実験期間中は光量子束密度 (PFD), 紫外線 A 放射度 (UVA), 紫外線 B 放射度 (UVB) を定期的に測定した。実験は 2013 年の夏と秋, 2014 年の春と夏に計 6 回行った。

《HS 熱分解実験》 孔径 $0.22\ \mu\text{m}$ のフィルターでろ過滅菌した沼水を、滅菌した三角フラスコに 100 ml 分取し、遮光した。これらを 10, 20, 30, $40\ ^\circ\text{C}$ の恒温槽内に 10 日間放置した。

《化学分析》 溶存有機炭素 (DOC) 濃度と HS 吸光度 ($240, 260\ \text{nm}$) の測定を行った。また、HS の変化は、EEM 法で測定した。測定条件は励起波長 (Ex) $220\sim 600\ \text{nm}$, 蛍光波長 (Em) $210\sim 620\ \text{nm}$, バンド幅 $3\ \text{nm}$, 積分時間 1 秒とし、蛍光強度の測定を行った。ピークの検出は、目視によるピークピッキングと統計解析 PARAFAC によって行った。

3. 結果および考察

《HS 光分解実験》 Dark においては実験前後で DOC 濃度, HS 吸光度, HS ピークに変化がなく, HS 分解に微生物はほとんど寄与しないことが分つ

た。一方, Sun および $> \text{UVB}$ において, DOC 濃度と HS 吸光度は時間とともに減少した。これは HS が光によって分解し揮発したためと考えられた。EEM 法による HS ピークは, 0 日目において長波長領域

(HS-1 ; Ex/Em = $312\sim 324\ \text{nm}/440\sim 446\ \text{nm}$, HS-2 ; $309\sim 318\ \text{nm}/433\sim 439\ \text{nm}$) でみられたが, 時間とともに短波長領域 (HS-3 ; $306\sim 318\ \text{nm}/422\sim 429\ \text{nm}$, HS-4 ; $300\sim 309\ \text{nm}/411\sim 420\ \text{nm}$) へシフトした (ブルーシフト)。このことから, HS の π 共役系が光によって切断され, 低分子化したと考えられた。また, Sun において実験後に HS-4 が減少した。 $> \text{UVB}$ では減少はみられなかったことから, HS-4 の分解には紫外線 B の寄与が大きいと推察された。HS 光分解に伴ってアミノ酸様物質の放出を予測したが, 明瞭な傾向はみられなかった。

Sun において HS 吸光度, DOC 濃度の減少速度と PFD, UVA, UVB 積算値の間に正の相関が得られた。これらの相関は $> \text{UVB}$ における相関よりも良く, HS 光分解における紫外線 B の重要性が示された。

《HS 熱分解実験》 10, 20, $30\ ^\circ\text{C}$ で実験前後の HS ピークに変化はなかった。 $40\ ^\circ\text{C}$ において HS-1 が消失し, HS-2 が増加した。 $> 40\ ^\circ\text{C}$ の熱で HS-2 はそれ以上変化しなかった。

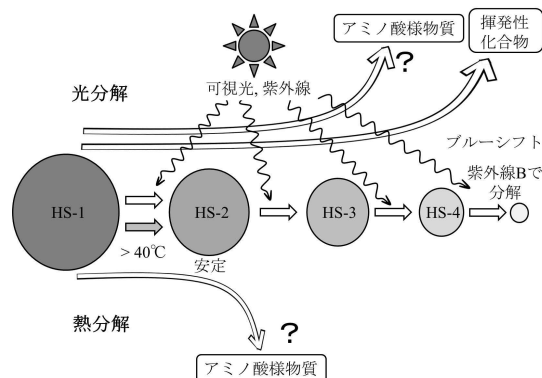


図 1. 本研究で得られた光と熱による HS 分解過程

《まとめ》 湿原における HS は、主に太陽光によって連続的に分解され、低分子化することが示された。また、夏の気温の高い時期に熱によって分解される可能性も示されたが、その寄与は小さいと予測された。

北東シベリア北極圏における 湿地生態系の水分環境と窒素動態

* 両角友喜(北大院・環境), 梁茂厂(同), 新宮原諒(同)
鷹野真也(同), 鄭峻介(極地研), Maximov Trofim C.(IBPC SB RAS)
杉本敦子(北大院・地球環境)

1. はじめに

ロシア連邦の北東シベリアに位置するチョクルダ周辺のインディギルカ川低地には、非常に疎なカラマツ高木を有するタイガ-ツンドラ境界生態系が広がっている。北東シベリアは永久凍土帯に位置し、河川からの距離と地表面の微地形の影響を受けて、高層湿原、低層湿原、ヤナギ及びハンノキからなる氾濫原灌木林、およびカラマツ植生が成立する比較的乾燥した立地からなる。北極圏の温暖化によるタイガ森林限界の北上が予測されており、陸上生態系の生産、物質循環の観点から生物地球化学的な研究が行われている。

本研究では、土壌中溶存態窒素の抽出と土壌・植物の有機物炭素窒素組成、同位体比の測定を行い、湿地生態系内の陸上植生群落における水分環境と窒素動態を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

2012年7月、2013年7月にそれぞれ1か月間調査を行い、代表的なカラマツ(Tree)、灌木(Shrub)、ミズゴケ湿地(Sphagnum)、スゲ湿地(Cotton-sedge)の4植生についてそれぞれサンプルを採取した。

土壌サンプルは、2.5 cm 深度毎に層状に採取した。加えて 10cm 毎の土壌サンプルを採取して蒸留水及び KCl 2mol/l と攪拌し、NH₄、NO₃、NO₂、溶存態 TN を抽出し、孔径 0.45 μm MILLIPORE フィルターでろ過した。植物は、土壌採取地点のコドラート(50 x 50 cm)の葉をすべて刈取り、その一部を試料とした。有機物(土壌及び植物葉)の同位体組成は元素分析計付き同位体質量分析計(コンフロシステム)を用いて測定した。同位体比は下記の式で定義される δ 値(大気窒素に対する千分率偏差)を用いて表した。

$$\delta(\text{‰}) = (R_{\text{sample}} / R_{\text{standard}} - 1) \times 1000 ; R = {}^{15}\text{N} / {}^{14}\text{N}$$

3. 結果

植物葉内の N 含有率は樹木、草本、コケなど植物種ごとに異なる。一つの種に着目すると 4 つの植生ごとに値が変動し、中間湿潤な Shrub 植生、Sphagnum 植生で低い値を示した。

土壌から抽出した溶存態窒素成分は 4 植生とも TN が無機態 NH₄ より高く、土壌中に有機体窒素が多く含まれる。NH₄ に比べて NO₃、NO₂ は微量かまたは検出されなかった。TN は水抽出では Shrub (75 mg N / m²)で最も低い値を示し、Tree (120 mg N / m²)と Cotton-sedge (200 mg N / m²)で高い値をとった。一方 KCl 抽出では NH₄ は水抽出と同様に Shrub で低く、Tree と Cotton-sedge で高い値を示した。しかし、TN は明瞭な傾向は見られなかった。

Shrub の一部、Tree は深度方向に向かって δ¹⁵N の増加(Δ¹⁵N ≈ 2 ‰)がみられたのに対し、Sphagnum、Cotton-sedge は表層(10 cm)では深度による変化が見えられなかった。

4. 考察

より乾燥した植生である Tree、Shrub では δ¹⁵N は深度方向へ増加を示し、森林土壌に一般的に見られる土壌有機物分解の進行を示していると考えられる。Tree では TN、NH₄ プールが大きく、より大きな生産性を支えていると考えられる。また、より湿潤側では基本的に高層湿原よりも低層湿原で N 富むことが知られており、本研究でも Cotton-sedge で TN、NH₄ が高かった。中間域で N プールが小さいのは、ミズゴケの優占によって、難分解性の有機物が蓄積されるためと考えられる。北極圏において湿地から森林生態系への変化では、樹木の生育が可能な乾燥した土壌環境への変化に加えて、樹木の高い生産性を支える利用可能な窒素量の増加が起こると考えられる。

*宮下洋平, 萩原匠

小島千里, 今井一郎 (北大院・水産)

1. はじめに

北海道渡島大沼では、湖水の富栄養化により *Microcystis aeruginosa* をはじめとする藍藻類のブルーム (アオコ) が毎年発生している。アオコは水質悪化と飲料水の毒化, 異臭, 景観の低下, ヘラブリナ等の有用生物の斃死, 最終的には生態系の破壊などを引き起こすことから, 早急な対策が必要である。近年, アオコの防除対策として, 殺藻細菌を活用する環境に配慮された方法が提案されている。実際に, ヨシ茎表面のバイオフィームから殺藻細菌が検出され, ヨシの造成と活用がアオコの抑制に提案されている。そこで本研究では新たに水草のバイオフィームに着目し, 北海道渡島大沼に自生するヒシ、フサモ、タヌキモの3種の水生植物を対象に殺藻細菌を探索した。さらにヒシのバイオフィーム由来の殺藻細菌の付着プロセスを調べ, 人為的なアオコ防除の技術開発について検討を行った。

2. 材料と方法

水草の採集は2012年7月から10月まで, 北海道渡島大沼国定公園の2定点 (SS, JL) で行い, SSにてヒシとタヌキモ, JLではヒシとフサモをそれぞれ採集した。各地点のヒシ試料は, 葉と水中葉を分けて実験に供した。また, 2013年9月9日から7日間, 大沼付近の流山温泉浄化池で炭素繊維及び不織布を設置し1, 2, 3, 5, 7日目にそれぞれ回収した。各試料に滅菌蒸留水を加え, 600回強振することにより表面バイオフィームを剥離し, 適宜希釈後 $ST10^{-1}$ 寒天培地に塗抹して細菌コロニーを形成させ分離した。CT培地で培養した *M. aeruginosa* (Ma17株) を約 1.0×10^5 cells mL⁻¹ で48ウェルプレートに0.8 mLずつ分注し, 分離培養した細菌のコロニーを滅菌爪楊枝で掻き取り各ウェルの *M. aeruginosa* に添加した。温度25°C, 光強度100 μ mol m⁻² sec⁻¹, 明暗周期14hL:10hDの条件下で2週間培養した後, 殺藻の有無を確認し, *M. aeruginosa* に対する殺藻細菌を検出・計数した。

3. 結果

SSにて採集したヒシの葉からは, 7月と8月に殺藻細菌が確認され, その密度はそれぞれ 2.5×10^6 , 3.5×10^6 CFU g⁻¹ wet weight であった。ヒシの水中葉では8月に殺藻細菌が検出され, 密度は 7.8×10^7 CFU g⁻¹ wet weight という値が得られた。専菜沼のヒシの葉については, 7月から9月にかけて殺藻細菌が検出され, 密度は 10^5 - 10^6 CFU g⁻¹ wet weight で推移した。また, ヒシの水中葉では, 殺藻細菌は7月および8月にそれぞれ 1.5×10^6 , 4.1×10^6 CFU g⁻¹ wet weight で検出された。タヌキモからは殺藻細菌は検出されず, フサモについては, 殺藻細菌は7月にのみ検出された (2.5×10^6 CFU g⁻¹ wet weight)。以上からヒシは, 細菌数がフサモやタヌキモと同程度であったにも関わらず, 殺藻細菌数が多い結果を示した。

人工気質への殺藻細菌付着実験の結果をみると, 炭素繊維には実験開始から一貫して殺藻細菌は検出されなかったが, 不織布には2日目と, 5日目に 1.0×10^4 CFU cm⁻² 程度の密度で検出された。

4. 考察

本研究の結果, ヒシの表面に殺藻細菌が特異的に高密度・高頻度に検出された。その要因としては, 殺藻細菌とヒシとの相互関係など様々な可能性が考えられるが, 炭素繊維から殺藻細菌が検出されず, 増殖阻害細菌も格段に少なかったことから, 殺藻細菌がヒシを好み特異的に付着・生息している可能性が示唆された。また, ヒシのバイオフィーム由来の細菌であり, 基質が異なることから殺藻細菌の付着性状が異なっていると考えられる。以上から, ヒシは特異的に付着生息する殺藻細菌を表面のバイオフィーム中に多く有することから, 水中への放出を通じて有毒なアオコの発生制御に大変有望な潜在的可能性を持つ水草であると考えられる。今後の課題としては, ヒシを中心とする水草の繁茂状況や刈り取り状況とアオコの発生の関係について, 多くの湖沼において対応関係を調査し, また小規模な人工的水草帯の設置 (メソコズム) によるアオコの制御実験を行ってその効果を検証する必要がある。