

B 会場

要　旨

9月28日（月曜日）

午前 一般講演 2B01 ~ 2B11

午後 一般講演（優秀講演賞審査対象）

2B12 ~ 2B25

9月29日（火曜日）

午前 一般講演 3B01 ~ 3B09

2B01

Web 公開不希望

咸 淳植 (東京都市大)

1. はじめに

地下水は地球全体の水の 0.62%にすぎないが、人類が利用可能な淡水の約 30~60%を占めている (B.J.Skinner,1982)重要な水資源である。また、地下水は飲用水、ミネラルウォーター、農業用水、工業用水などに利用されており、人類最後の水源として位置づけられている。しかし、窒素肥料の施用による地下水の硝酸汚染は様々な国々から報告されている (Barringer et al., 1990; Burkart and Kolpin, 1993; Eckhardt and Stackelberg, 1995; Levallois et al., 1998; Ahn and Chon, 1999; McLay et al., 2001; 咸ら、2002・2004・2013)。日本では農地と都市域から硝酸汚染が報告されたことがある (宮崎・別役、1990・1991; 鶴巻、1992; 熊沢、1999)。

本研究では、①農地、林地、都市域（市街地）が分布している横浜市都筑区の地下水（井戸水）を対象に硝酸汚染の実態を明らかにすることを研究の目的とした。②また、自然の環境要因である地形学的な要因（標高）と人為的な環境要因である土地利用と地下水の水質との関連性について調べた。③また、地下水の理化学性のクラスター分析を用いて目に見えない地下の地下水をグループ化し、硝酸の汚染源の無い地下水の硝酸汚染の原因究明を試みた。

2. 調査地と調査方法

都筑区は横浜の北部に位置しており、区内の北部と中央部は港北ニュータウン地域であり、自然環境を守りつつ、都市と農業の共存した町づくりが行われている。区内の中心部は商業・サービス関係の施設が集積されており、人々の生活に役立っている。また、都筑区内には横浜市の他の区に比較して農地の割合が高く、都市農業が盛んである。

2013 年～2014 年の間に 70 件～65 件の井戸水から試水を採取できた。現地では井戸水を 200ml 採取し、天気、気温、水温をそれぞれ測定した。試水はすべて分析するまで冷凍保存した。pH は pH メーター (HORIBA, LAQUA F-72)、EC は EC メーター (HORIBA, LAQUA DS-72)、酸化還元電位 (ORP) はポータブルメーター (HANNA, Water Test) でそれぞれ三回ずつ測定を行った。また、硝酸イオン濃度はイオンクロマトグラフィー (Dionex, ICS-1100) での測定を行った。イオンクロマトグラフィーでの測定項目は陰イオン (F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 HPO_4^{2-} 、 SO_4^{2-})、陽イオン (Li^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+}) である。以上の分析項目から各地下水の理化学性を調べた。

データの統計解析は IBM SPSS Ver. 19 を用いた。

3. 結果および考察

3.1 地下水の水質について

2013 年調査した地下水の pH は、最小値 6.2、最高値 9.6 であり平均 7.8 であった。水道法第 4 条に基づく水質基準値 (5.8~8.6) を超過している地下水は 70 件中 11 件 (15.7%) であった。一方、2014 年の調査では水道法第 4 条に基づく水質基準値を超過した件数 0 件 (0%) に変化したことが分かった。2013 年の地下水 pH の上昇の原因については、pH とアンモニウム濃度が正の相関 (スピアマンの順位相関係数 0.463、1% 水準で有意) を示した結果から、何かの原因によって発生したアンモニアガスが pH を上げた可能性があると考えられる。

2014 年の横浜市都筑区の井戸における酸化還元電位 (ORP) の値 (点線 : 250mV 以上が酸化状態、250mV 未満は還元状態) は、最小値 145mV、最大値 350mV、平均値 222mV であった。酸化状態にあったものは 11 ケ所 (18.3%) であり、還元状態にあったものは 49 ケ所 (81.7%) であった。

2013 年の地下水の硝酸性窒素 (NO_3^- -N) + 亜硝酸性窒素 (NO_2^- -N) 濃度は、最小値 0mg/L、最大値 17.1mg/L、平均値 3.0mg/L であった。環境基準値 (10mg/L) の超過率は 70 件中 4 件 (5.7%) であった。2014 年の地下水の硝酸性窒素 (NO_3^- -N) + 亜硝酸性窒素 (NO_2^- -N) 濃度は、最小値は 0mg/L、最大値 14.4mg/L、平均値 2.8mg/L であった。環境基準値の超過率は 65 件中 2 件 (3.1%) が環境基準値を超過していた。

3.2 地下水の理化学性のクラスター分析によるグループ化

2013 年に調査した土地利用別の地下水の環境基準値の超過率は、住宅地 2.5% (40 件中 1 件)、農地 11.8% (17 件中 2 件)、林地 7.7% (13 件中 1 件) であった。農地以外の場所で発生している硝酸汚染の原因については未だに原因が明らかでない。本研究では、地下水の理化学性のクラスター分析によるグループ化を用いて地下水の硝酸汚染の原因を究明することを試みた。本研究では、地下水の理化学性 (pH, EC, ORP, Cl, Br, NO₃, PO₄, SO₄, Na, NH₄, K, Mg, Ca) のクラスター分析が硝酸濃度だけのクラスター分析結果より地下水を細かくグループ化することができた。以上の結果から地下水の硝酸濃度だけでなく地下水の理化学性を示す分析項目を増やすことによってより正確な分類 (グループ化) ができると考えている。今後、地下水汚染の未然防止対策と水質保全につなげていきたい。

咸 泳植 (東京都市大)

1. はじめに

日本では近年 2003 年に水域の河川、湖沼、海域における生活環境項目として亜鉛 ($30\mu\text{g}/\text{L}$ 以下 = $0.03\text{mg}/\text{L}$ 以下) が環境基準に新設された。いくつかの国々で定められている水生生物の保全のための亜鉛の環境基準値は $9.4\sim65\mu\text{g}/\text{L}$ の範囲であり、日本より厳しい基準を設定している国もある (U.S. Environmental Protection Agency, 1987; The National Institute for Public Health and the Environment, Government of Netherlands, 1999)。一般に河川における亜鉛を含む重金属汚染については生活排水と工業排水が深く関連していると報告されている (Bugenyi and Lutalo-Bosa, 1994; Estebe et al., 1997; Fernandez, 1997; Mohaupt et al., 2001; Kobori & Ham, 2007)。日本では、水生生物の保全の観点から、その環境基準の維持・達成を図るため、2006 年より水質汚濁防止法に基づく排水基準を $5\text{mg}/\text{L}$ から $2\text{mg}/\text{L}$ 強化している。

本研究では、7 割ほど都市化が進んでいる横浜市の主要河川を対象に、亜鉛の濃度を調べ、亜鉛濃度の評価とその環境要因との関連性について分析した。 $30\mu\text{g}/\text{L}$ (= $0.03\text{mg}/\text{L}$) 現在はあまり使用されないものの土壌などの自然域と自動車などの都市域にも存在しているため、河川にまで流れ込む可能性について検討した。横浜市における 4 大河川の支流から本流を含む上流から下流まで約 80~100 地点の亜鉛濃度とカドミウム濃度並びにそれらの現状、そして環境要因が与える濃度への影響を明らかにする。

2. 調査地と調査方法

1 次調査では、鶴見川の下流にある大綱橋地点で 2011 年 10 月～2012 年 10 月の間に毎月晴天時と晴天時に調査と採水を行い、化学的酸素要求量（共立理化学研究所、パックテスト）、電気伝導率 (EC)、pH、亜鉛濃度 (HITACHI、原子吸光光度計 A-2000) をモニタリングした。

2 次調査では、2014 年 11 月から 2014 年 12 月の間に調査および採水を行った。調査地点は先行研究 (Kobori & Ham, 2007) を参考にし、横浜市内の主要 4 河川の本流と支流の上流から下流まで、鶴見川 41 地点、帷子川 13 地点、大岡川 14 地点、境川 30 地点、合計 98 地点を調査した。pH は pH メーター (HORIBA, LAQUA F-72)、EC は EC メーター (HORIBA, LAQUA DS-72)、陰イオン (F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 HPO_4^{2-} 、 SO_4^{2-}) と陽イオン (Li^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+}) 濃度はイオンクロマトグラフィー (Dionex, ICS-1100)、亜鉛濃度は原子吸光光度計 (HITACHI, A-2000) を用いて分析した。

日降水量データは気象庁ホームページからダウン

ロードし、データの統計解析は IBM SPSS Ver. 19 を用いた。

3. 結果および考察

2011 年 10 月～2012 年 10 月のモニタリング調査(1 次調査) では、鶴見川の亜鉛濃度の季節変動は見られなかった。鶴見川の亜鉛濃度は、晴天時には $0\sim0.06\text{mg}/\text{L}$ の範囲で平均 $0.02\text{mg}/\text{L}$ を示し、雨天時には $0.01\sim0.05\text{mg}/\text{L}$ の範囲で平均 $0.03\text{mg}/\text{L}$ を示した。鶴見川において亜鉛濃度の環境基準の超過率は、晴天時には 13 ヶ月のうち 4 ヶ月間環境基準値 ($0.03\text{mg}/\text{L}$ 以下) を超過していく約 30% の超過率を示し、雨天時には 13 ヶ月のうち 5 ヶ月間環境基準値を超過していく約 40% の超過率を示した。統計解析では、日降水量 (採水時の日の累積降水量) が多いほど亜鉛濃度が高くなる正の相関が認められた (ピアソンの積率相関係数 0.632、5% 水準で有意)。

2014 年 11 月～2014 年 12 月の横浜市の 4 つの主要河川の 98 地点の調査では、鶴見川の亜鉛濃度は $0\sim0.04\text{mg}/\text{L}$ (平均 $0.006\text{mg}/\text{L}$) で 41 地点のうち下流の 1 地点が環境基準を超過した (2.4% の超過率)。一方、帷子川は $0\sim0\text{mg}/\text{L}$ (13 地点の平均 $0\text{mg}/\text{L}$)、大岡川は $0\sim0.02\text{mg}/\text{L}$ (14 地点の平均 $0.004\text{mg}/\text{L}$)、境川は $0\sim0.01\text{mg}/\text{L}$ (30 地点の平均 $0.001\text{mg}/\text{L}$) の亜鉛濃度を示し、いずれも環境基準を超過した結果は得られなかった。横浜市の 4 つの主要河川 98 地点で得られたデータによる統計解析では、水温と電気伝導率が高いほど亜鉛濃度が高くなる正の相関が認められた

(スピアマンの順位相関係 : 0.394 と 0.399、1% 水準で有意)。また、pH が低いほど亜鉛濃度が高くなる負の相関が得られた (スピアマンの順位相関係 -0.236、5% 水準で有意)。河川の pH が低いほど亜鉛濃度が高くなる有意な負の相関が得られた原因としては土壌が酸性になるほど亜鉛を含む様々な重金属が溶脱し、川にまで流れ込むことが考えられる。

今回分析で唯一河川に対する環境基準を超過した鶴見川の亜鉛濃度は、肥料の主成分である硝酸、亜硝酸、アンモニウム、カリウム濃度と有意な正の相関が得られた。土地利用分布の分析では農地が多くなるほど亜鉛濃度が増加する傾向が見られた。窒素施肥は土壌酸性化をもたらす主な原因となっており、酸性化では土壌に含まれている亜鉛が溶脱して河川にまで流入されやすい環境になりかねない。今後の対策・改善策としては、窒素肥料を施用する農地の中で土壌酸性化が進んでいる場所を中心に石灰などの酸中和剤を用いて中和する方法や必要以上窒素肥料を施用しないなどの科学的な根拠に基づいた施肥量の計画的な削減など適切な農地管理が望まれる。

1. 富士山地下圏を流れる水と微生物

* 加藤憲二（静岡大）

1. はじめに

平均涵養標高 1500m と推定される雨や雪が地下水浸透し、およそ 20~30 年の歳月をかけて富士山麓南東に広がる三島溶岩流の末端から湧出する日量 100 万トンの地下水で柿田川は生み出される。上流を持たず、安定した量と質の湧水で形成され、流程 1.2km で狩野川に合流する柿田川は、私たちにどのようなことを語りかけているのか、柿田川生態系研究会（事務局：（公財）リバーフロント研究所）の活動を通して明らかになってきたことがらを紹介し、このユニークな湧水河川から川との向き合い方について考察したい。

2. 材料と方法

水分子の動態については酸素と水素の安定同位体の測定（水同位体比アライザー L2120-i, PICARRO, Co., California, USA）、溶存イオンについては液体クロマトグラフィー ICS-3000 (Japan Dionex Co., Osaka, Japan)、シリカ濃度はモリブデンイエロー法、原核生物数の推定は DNA 染色による蛍光顕微鏡計数、その群集構成については 16S rRNA 遺伝子を対象としたイルミナ MiSeq 次世代シーケンサー (Illumina Inc., California, USA) を用いたアンプリコンシーケンス、網羅的遺伝子解析による。

3. 結果

2005 年から 2015 年にわたって富士山の北麓をのぞく標高 726m 地点から 10m にかけての 20 カ所近い地点でおこなった観測結果から、湧水の水温はおよそ 13~15°C、湧き出す水は例外なく酸素を豊富に含み、その溶存イオンの組成はすべての地点においてヘキサダイアグラムで示される Ca-HCO₃ 型であった。柿田川を涵養する湧水も水温は 14~15°C、pH は 6.4~7.1、溶存酸素濃度は 8.6~10.6 mgO₂/L と飽和しており、さらに硝酸イオンは 0.5~6.7 mg/L、リン酸イオンも 0.3~1.3 mg/L 含むことが示されている。原核生物数については、 $0.58 \times 10^3 \sim 4.3 \times 10^4$ cells/ml と自然環境水中の細菌密度としては、演者が知る限り最小値と思われるほどの小さな値を示している

(Griebler and Lueders, 2009)。（データの詳細は、Segawa et al., Geomicrobiology J. 2015 および、ホームページ URL; <http://www.ipc.shizuoka.ac.jp/~skearth/fieldintro.html> を参照されたい。）

4. 考察

清澄だが栄養塩を含んだ水

観測された原核生物数の少なさからも、柿田川を涵養する湧水の清澄さが認められるが、20 年あるいは 30 年に亘る地下圏における岩石との相互作用で水は栄養塩を豊富に含んでいる。

密度は小さいが多様性が大きな原核生物群集

富士山麓の地下水から私たちが遺伝子解析によって得た原核生物の多様性は、今までに世界の地下圏から報告された (Farnleitner et al., 2005 ほか) すべての綱（原核生物の分類群としての比較はしばしばこのレベルで行われる）の原核生物を含んでいた。さらに次世代シーケンスによって存在する微生物 DNA を網羅的に解析した結果、柿田川の水の中に 4000 種(Operational Taxonomic Unit, OTU) の原核生物が存在することがわかった。

住み場所で変わる構成種

日量 100 万トンの湧水が河川水となっておよそ 3 時間あまりで流れくる柿田川は、しかし驚くほど豊かな水と生物が作り出す反応系のいくつもの断片を見せてくれる。河床に繁茂する水草は微生物の格好の住み場所であるが、水草の種によってその多様性も構成も異なっていることがわかりはじめた。コカナダモには 5,200 種、葉面積が大きなナガエミクリには 6,300 種の原核生物が認められた。構成種の違いが、ダイナミックな速度で水が入れ替わるケモスタッフとも言える生態系で、どのような異なった“仕事”をしているのか、考察を進めたい。

本研究は、総合地球環境学研究所の同位体環境学共同研究事業のご支援、（公財）河川財団の河川整備基金の助成および（公財）リバーフロント研究所のご支援を受け行われました。

2B05

Web 公開不希望

*竹門康弘（京都大）

1. はじめに

柿田川は、富士山・箱根山系の地下水を起源とする湧水河川であり、以下の特徴を有している。1) $9.8 \text{ m}^3/\text{sec}$ の基底流量が年中安定している。2) 全流程が 1.2km と短い。3) 水温が年中 15-16°C で安定している。4) 貧栄養で透明度が高い割には、栄養塩濃度が高い。5) 全流程が峡谷となっており集水域面積が小さいため増水が起こりにくい。6) 攪乱が少ないために水生植物と両岸植生が発達している。瀬にも水生植物が繁茂している。

本研究では、まず柿田川の河床地形や微生息場構造と底生動物の群集組成との関係を分析した。また、底生動物の胃内容分析による食物網構造を示した。次いで、柿田川の付着藻類、各種水生植物、ならびに各種水生動物の窒素・炭素安定同位体比を測定し流程変化を調べた。本講演では、これらの結果に基づいて、柿田川における水生植物の炭素起源ならびに水生動物の栄養起源の流程変化を記載するとともに変化の原因について考察する。

2. 材料と方法

本研究では、地形・微生息場・底生動物群集について 2000 年 8 月～2003 年 2 月に、水生植物ならびに底生動物の安定同位体比については 2004 年 10 月～2009 年 1 月に採取した試料を用いて分析した。柿田川の湧水源 (0-50m), 中流の公園下～清水小学校前 (450-650m), 下流の眼鏡橋上下流(900-1100m) の 3 流程について、河床景観単位（小滝、早瀬、平瀬、淵、サイドプール）の有無や、微生息場（全 16 種）の有無を現地で目視確認する調査を行った。

底生動物群集の調査では、流程ごとに水生植物群落を各 5-10 個、石礫底を各 3 個、計 29 個の試料を定量採集した。採集には、 $25\text{cm} \times 25\text{cm}$ のコドラート付きサーバーネット（網目 0.245mm）を用いた。試料はふるい分け選別後、実体顕微鏡と顕微鏡を使用して種・属・科まで同定した。

安定同位体比分析用の各種試料については、水生動物は消化を除去し、植物・藻類は蒸留水で洗浄し

た後乾燥させた。測定は京都大学生態学研究センターの共同分析装置 Finnigan MAT delta-S を用いた。

3. 結果と考察

底生動物は全 121 タクサ, 19,981 個体が得られ、コカゲロウ科(12 タクサ), マダラカゲロウ属(4), ヒゲナガトビケラ科(4), カクスイトビケラ科(3), ナガレトビケラ科(3)が多く、ヒラタカゲロウ科(2), ヒメフタオカゲロウ科(0), トウヨウマダラカゲロウ属(1), トグマダラカゲロウ属(0), シマトビケラ科(2)が少なかった。これらの特徴は、遊泳型や携巣型の個体数が多く掘潜型や固着型の個体数が少ない特徴に対応しており、水生植物が卓越し石礫底が少ない底質条件が原因であると考えられた。

また、摂食機能群と胃内容分析の結果、採集食者や濾過食者に付着藻食者が見られ、刈取食者、破碎食者、捕食者に FPOM 食者がいなかった。さらに刈取食者、破碎食者、捕食者に水生植物食者が含まれていた。これらの結果は、柿田川生態系では生食連鎖が卓越することを示している。

底生動物群集の組成と餌内容には、流程変化が認められた。湧水源では、栄養起源として落ち葉に依存する割合が高い傾向があった。湧水源では谷幅が狭く林冠による光遮断があるため、一次生産量が下流よりも少ないことが原因として考えられる。

いっぽう、水生植物の窒素・炭素安定同位体比には、種によって極めて大きな変異があった。コナダモ、コケ植物、フサモの炭素安定同位体比は-40% と極めて低く、ナガエミクリ、セリ、バイカモは-35% と比較的高かった。ただし、いずれも陸上植物の示す-30% よりも顕著に低かった。さらに、水生動物の炭素窒素安定同位体比の値は、群集レベルでこれらの影響を強く受けており、下流ほど炭素安定同位体比が高まる傾向を示した。これらの結果は、柿田川では 1.0 km の流程において地下水生態系由来の二酸化炭素から大気由来ないし呼吸由来の二酸化炭素の割合が高まり水生動物群集の栄養起源にも反映していることを表している。

2B07

Web 公開不希望

海老瀬一(前摂南大)・川村裕紀(キヨーワ)・永淵修(滋賀県大)

1.はじめに

南西から北東へ細長く伸びる日本列島の高山は偏西風帶にあり、海陸風・山谷風の局地風の影響も受け、風向・降水量・気温等に差違がある。特に円錐形状孤立峰山麓では、その方位分布の差違が顕著で、気象・水文学的に特異な調査フィールドである。中国大陸方面から大気汚染物質長距離輸送による酸性沈着物や海塩影響が見られ易い東シナ海・日本海側で、放射状流下溪流が多数存在する高山は、溪流水質方位分布の卓越風との関係を検討できる場である。

2. 調査山系

標高1500mを超えて冬季冠雪する円錐形状孤立峰で、放射状流下溪流群が多数存在する岩木山(1625m)・鳥海山(2230m)・大山(1729m)と、高山群が円錐形状を成す屋久島で、同年の秋季・春季融雪期・夏季の連続3回調査をして、溪流の水質方位分布特性の比較検討を行ってきた。また、さほど高くはなく放射状溪流群がある両子山系(721m)、多良岳山系(1076m)、内陸部に存在する御嶽山(3063m)・九重山系(1791m)、離島の隱岐道後・佐渡島・天草下島等でも調査を行って、火山・温泉影響がなければ、酸性沈着物や海塩の影響が西側で顕著なことを確認した。



図-1 羽越地方の飯豊山・朝日岳・月山

さらに、白山を含む両白山地や伊吹山地の南北に伸びる脊梁山地東西両側の流下溪流群調査を実施し、西側で同様の水質分布特性を明らかにした。今回は羽越地方の日本海側高山で孤立峰と見なせる飯豊

山・朝日岳・月山の放射状流下溪流群調査を加えた。

3. 調査結果

2015年5月20~22日に飯豊山・朝日岳は西側、月山は北側から反時計回りに周回し、それぞれ1日ずつで溪流水質を調査した。先行降雨影響もあったが、豪雪地帯高山部残雪の雪解けにより、溪流流量は大きかった。また、冬季積雪通行止めが続き、上流側の支川群に分けた調査ができない溪流も存在した。月山では、火山成因影響の大きな溪流群を解析から外しても、 SO_4^{2-} 濃度は南側で高く、北側で低かった。 Cl^- や Na^+ 濃度が西側で高く、南側で低く、海塩影響が考えられた。朝日岳では、 SO_4^{2-} 濃度は南側で高く、西側で低かった。 Cl^- や Na^+ 濃度は北側で高く、東側で低かった。飯豊山では、南側の SO_4^{2-} 濃度の高い溪流を除外し、表-1のように平均値で比較した。 Cl^- や Na^+ 濃度が西側で高く、東側で低く、海塩影響と考えられた。pHやアルカリ度は西側で低かったが、 SO_4^{2-} 濃度は調査地点標高の高い東側で高かった。三山とも、西側溪流で NO_3^- -N濃度が高かった。

表-1 飯豊山溪流水質の方位分布

方位	溪流数	標高m	E C mS/m	pH	アルカリ度 $\mu\text{eq/l}$	$\text{Cl}^- \text{mg/l}$	$\text{SO}_4^{2-} \text{mg/l}$
北	4	268	3.20	6.80	1.36	2.91	2.13
東	4	513	3.47	6.92	1.84	1.69	3.47
南	3	278	3.72	6.93	1.76	2.79	2.55
西	7	166	3.47	6.80	1.36	3.43	2.33

方位	溪流数	距離km	NO_3^- -N mg/l	K^+ mg/l	NH_4^+ -N mg/l	Na^+ mg/l	Na^+/Cl^-
北	4	15.9	0.158	0.326	0.474	2.83	1.53
東	4	20.0	0.100	0.364	0.436	2.13	1.94
南	3	16.4	0.133	0.682	0.449	3.03	1.67
西	7	24.1	0.203	0.469	0.451	3.35	1.50

4.まとめ

日本海側で冬季冠雪する孤立峰高山で放射状の流下溪流群が多数存在する場合、溪流水質分布に中国大陸方面からの酸性物質沈着負荷や海塩の気象・水文影響による方位別差違が現れる限られた貴重なケースである。豪雪地帯ゆえ、北側・東側の溪流で残雪量や雪解けによる溪流水質への影響が大きかった。

引用文献：海老瀬(2013)環境科学会誌 26(4)。

海老瀬(2014)水質流出解析(技報堂出版)。

2B09

Web 公開不希望

*小寺浩二・浅見和希・齋藤圭(法政大)・濱侃(千葉大)

1. はじめに

長野県と岐阜県の境に位置する御嶽山が、2014年9月27日午前11時53分頃、35年ぶりに水蒸気爆発噴火した。戦後最悪の被害を出した今回の噴火では、発生した火山噴出物が山頂付近の湖沼や周辺河川に入り込み、周辺水環境への影響が考えられる。そこで、噴火による水環境の変化を確かめるために、当研究室では御嶽山周辺の河川水質調査を月に1度の間隔で継続して行っている。

噴火直後の2014年10月から2015年8月までの結果について報告する。

2. 研究方法

調査は月1回の間隔で、現地調査項目はAT, WT, pH, RpH, EC等である。また、王滝川にはデータロガーを設置し1時間おきに水位・水温・ECを記録中で、御岳湖への河川水流入地点では、ALECを用いた多点で鉛直方向の水質測定を行い、横断面図を作成している。2015年5月からは、山体を取り囲む12箇所で雨水を採取中で、採水したサンプルは、研究室にてTOC、主要溶存成分の分析を行っている。

3. 結果と考察

1) 1979年噴火との比較

調査地点やその数は違うものの、1979年噴火の1月後の調査結果と今回の噴火後約1月経った10月末の結果を比較すると、非常に似通った分布を示し、降灰地域がほとんど同じであることも影響して、周辺河川にもほぼ同様の影響があったと考えられる。

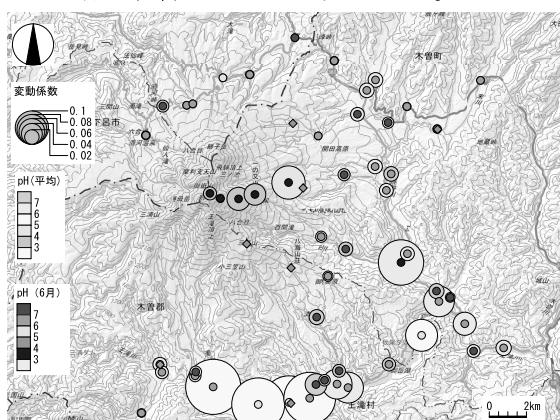


図1 pHの分布(2015年6月)と変動

2) 噴火直後～冬季積雪期

火山噴出物の影響を強く受けた濁川と濁川合流後の王滝川では、電気伝導度の値は次第に下がり、pHは上がって、それぞれ1月末には安定した値を示した。しかし、濁水が貯留された御岳湖では、全循環期の影響をうけて湖水全体に濁水が広がり、その後の放水により、下流でECが上がりpHが下がる現象が観測された。

3) 融雪期

融雪の影響は2月から現れ始め、4月末にピークに達した。基本的には、ECの値が下がり融雪による希釈傾向を示したが、pHでも同様の傾向を示したのは、火山噴出物というよりも融雪水の低pHが影響したものと考えられる。

4) 融雪期後～梅雨期

5月末には融雪の影響がほとんどなくなり、6月は梅雨の影響で、改めて火山噴出物の影響でECが上がり、pHが下がる地点が多くなった。

4. おわりに

噴火直後から、降雪・融雪の影響、梅雨の降雨の影響などについても、正確に把握することができた。9月の調査を含め、1年間の変化として整理したい。

参考文献

小寺浩二・浅見和希・齋藤圭(2015)：御嶽山噴火(140927)後の周辺水環境に関する研究(1), 日本地理学会2015年度春季学術大会講演要旨集.

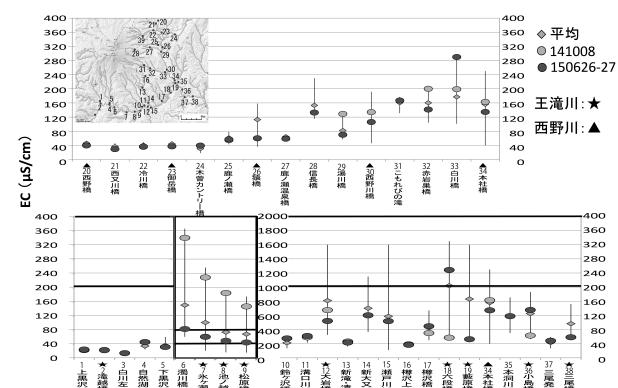


図2 EC変動(2014年10月～2015年6月)

北海道に産する腐植質含有温泉の疎水性酸性物質と その C : N : P 比

*高野敬志・内野栄治（北海道衛生研）

1. はじめに

北海道においてモール系温泉は、澄明で褐色に呈色した外観的特徴を持ち、人気の高い温泉である。この褐色の呈色は、含有する腐植物質によるものである。腐植物質は、公的な温泉成分分析法では「腐植質」の項目名で表されており、酸性沈殿－重量法によりフミン酸を簡易的に測定することで評価されている。我々は、北海道内の温泉の腐植質濃度を明らかにしてきたが、水溶性の腐植物質はフミン酸とフルボ酸が該当するため、その 2 成分を含めた疎水性酸性成分の情報も必要と思われた。疎水性酸性成分は非イオン系の樹脂カラム (Supelite DAX-8 など) に吸着および脱着させることにより分離して測定することができる。

腐植物質は、地下に埋没した生物の遺骸が物理的、化学的および生物学的に分解されて変移し、生成したものと考えられている。なかでも生物学的な地下における分解や変移の様式を推定したり、温泉湧出後における生物学的な変化過程を予想するためには、含有する炭素、窒素およびリンの情報が重要である。これまで、北海道内で湧出する腐植質が含まれる温泉について、腐植質の質的な情報は少ない。本研究では、北海道内で湧出し、腐植質が検出された 4 温泉について、疎水性酸性成分を分離した。その炭素、窒素およびリンの構成成分比を明らかにすることで、各温泉の腐植物質の質的特徴を示すことを目的とした。

2. 材料および方法

2014 年 3 月 3 日～2015 年 2 月 23 日に、北海道標茶町、由仁町、遠別町および音更町の温泉源泉取水口または浴室注入口から試料を採取した。温泉試料は Whatman GF/F フィルターでろ過し、各種分析を行

った。疎水性酸性成分は、塩酸で pH2 に調整した試料 100 ml を流速 1 ml min^{-1} で Supelite DAX-8 カラムに通して樹脂に吸着させ、カラム逆方向から 0.1 mol l^{-1} NaOH 溶液を流して脱着することにより分離した。疎水性酸性成分を含む 0.1 mol l^{-1} NaOH 溶液中の総炭素、総窒素および総リン濃度は、それぞれ TOC 分析計、過硫酸カリウムによる分解後の紫外線吸光光度法およびモリブデン酸アンモニウム法によって求めた。

3. 結果および考察

4 つの温泉水から分離された疎水性酸性成分の C : N 比 (モル比) は、6.6 - 37.8、C : P 比 (同) は 147 - 1600、N : P 比 (同) は 7.8 - 239 の範囲内であった。泥炭等が生物学的な分解を受けることにより生成した有機物の C : N 比は、分解の程度により変化し、分解が進むと低くなり、泥炭の C : N 比である 40~100 から 8 程度に落ち着くことが知られている。各温泉水中の疎水性酸性成分の C : N 比を表 1 に示した。この値が低い標茶および由仁は、生物学的な分解が進んだ疎水性酸性成分を持つ温泉と考えられる。

表 1 各温泉水の疎水性酸性成分中の C : N 比

	C : N
標茶	6.7
由仁	6.6
遠別	15.2
音更	37.8

各温泉水中の疎水性酸性成分中の C : N : P 比はそれぞれ異なった値を示した。このモル比は、モール系温泉水の質的評価や分類等を行う必要がある際に、有効な指標となると考えられる。

*牧野 晶, 知北和久 (北大・理)

大八木英夫 (日大・文理), 支笏湖・水とチップの会

1. はじめに

本研究では、火山性深湖の北海道・俱多楽湖で 2012 年 9 月～2015 年 5 月の期間、水温の鉛直分布をモニタリングし、水位・気象データを用いて同湖の貯熱量変化を求めた、これによって、長期気象変動に対する俱多楽湖の熱的応答を明らかにする。

2. 方法

俱多楽湖の最深点(148m)に、2012 年 9 月から TidbiT 水温計 (精度±0.2°C) 30 台を係留設置し、1 時間間隔で水温測定した(図 1)。設置水深は 0-10 m で 1 m 間隔、10 m-130 m で 10 m 間隔で、残りは 135m, 140m, 141m, 142m, 143m, 144m, 145m である。湖畔には気象観測点を設け、気温、湿度、気圧、全天日射量、風向、風速を 10 分インターバルで測定した。

3. 結果と考察

俱多楽湖は冬に結氷する 2 回循環湖であるが、2014 年度の冬は暖冬で結氷は確認されなかった。このような気象変動に対する俱多楽湖の水温変動を考察するため、湖全体の熱収支について検討した。なお、俱多楽湖は流出河川のない閉塞湖で、流入河川の流量はごく少なく、これによる熱移流、および地下水による熱流束は無視できるとした。このとき、次の熱収支式が成り立つ。

$$G = R_n - H - IE + Q_p \quad (1)$$

ここで R_n : 湖面での正味放射量 (W/m^2)、 H : 湖面での顕熱輸送量 (W/m^2)、 IE : 湖面での潜熱輸送量 (W/m^2)、 Q_p : 湖面への直接降水による熱輸送量 (W/m^2)、 G : 湖の貯熱量変化 (W/m^2)、である。このとき、 G は収支期間 Δt での貯熱量の変化 ΔS として

$$G = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \int_0^Y \frac{d(C_p \rho_w T_w)}{dt} dz \quad (2)$$

と表すことが出来る。ここで Y : 一年を通じて水温変化のない水深 (m)、 C_p : 水の定圧比熱 (J/kg/K)、 ρ_w : 水の密度 (kg/m^3)、 T_w : 水温 (K) である。

俱多楽湖における 2012 年 10 月～2015 年 5 月の R_n , H , IE , G , Q_p 値の月平均変動を図 2 に示す。貯熱量の変化 G に注目する

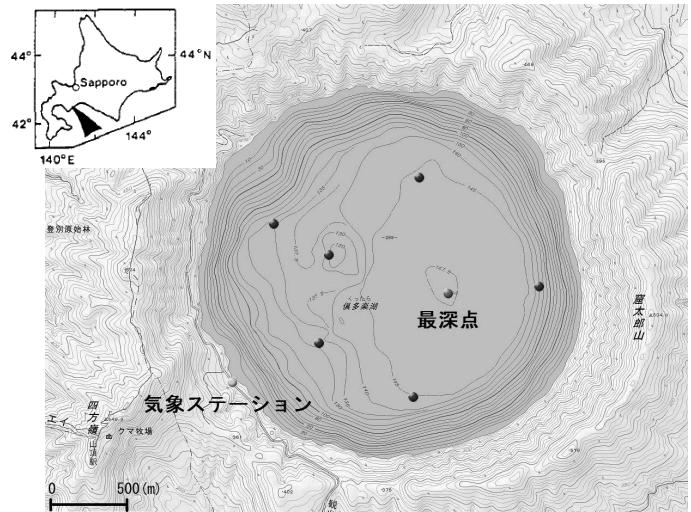


図 1. 北海道・俱多楽湖における観測点の位置

と、2013 年より 2014 年の貯熱量が増加しており、2013 年の 170 W/m^2 に対し、2014 年は 232 W/m^2 と増加している。 G の年平均をとると 2012 年 10 月～2013 年 10 月で -10.2 W/m^2 、2013 年 8 月～2014 年 8 月で 7.2 W/m^2 という値をとった。このことから、1 年間で G の積算はゼロとならず、深い湖の熱環境は気象変動の履歴を持って変動していることがわかる。発表時は、(1)式の各項について計算誤差を見積もり、これに基づいて鉛直循環時や結氷・解氷の臨界時における湖の熱特性について詳細に議論するつもりである。

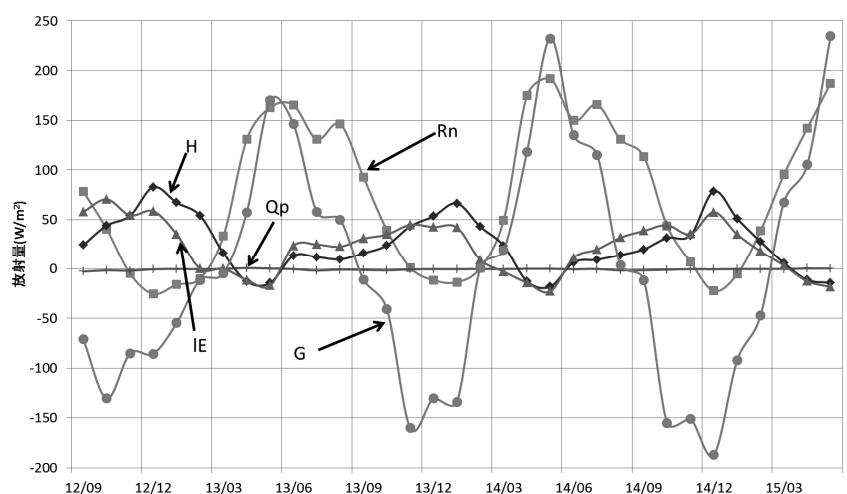


図 2. 計算された俱多楽湖の各熱収支項の月平均値変化

前田紳吾, 知北和久, ホセイン・Md・モタレブ (北海道大学・理)

阪田義隆 (北海道大学・工)

1. はじめに

北海道東部の十勝地方沿岸には、年に数回、外海と隔てる砂州の一部が決壊して湖水が流出する海跡湖群が存在する。この沿岸の南東約150 kmには、海岸線にほぼ平行に千島海溝が存在し、これまで同海溝を発生源とする津波が襲来している。結果として、今回対象の生花苗沼周辺(図1)には、多くの津波堆積物が確認されている。Chikita et al. (2012)によると、砂州内にある津波堆積物(レキ層)を通して、沼水は外海へ被圧地下水流出すると考えられている(図2)。この報告では、生花苗沼の砂州上掘削調査で得た堆積コアの解析に基づいて、津波堆積物が沼の水循環に与える影響について考える。

2. 方法

本研究では、生花苗沼の南東部に位置する砂州上の2点(図1のSB-1, SB-2地点)にて、2015年6月に掘削調査を行った。採取された堆積コアに対し層相解析を実施し、粒度組成・透水係数を調べた。なお、SB-1地点の5.5~6.5m深とSB-2地点の5~6m深でスラッグ棒を用いた現場透水試験を行った。

3. 結果・考察

結果として、SB-1地点では10m、SB-2地点では14m長のコアが得られた(図3)。現場透水試験によって、砂混じりレキ層(図3白枠部分)の透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ m/sと求められた。七山ほか(2002)によると、津波堆積物は海から遠ざかるほど細粒化し、海から100m地点で中レキが発見されている。今回のコアでも、直径20mm以上の中レキを含む層が確認され、これは津波堆積物である可能性がある。

SB-2地点の7.8~11m深でシルト層が見つかった。この層には有機物が多く含まれており、堆積した当時、この地点は沼の一部であった可能性がある。

■	砂またはレキ混じり砂
■	レキまたは砂混じりレキ
■	砂混じりシルト
■	シルト混じり粘土

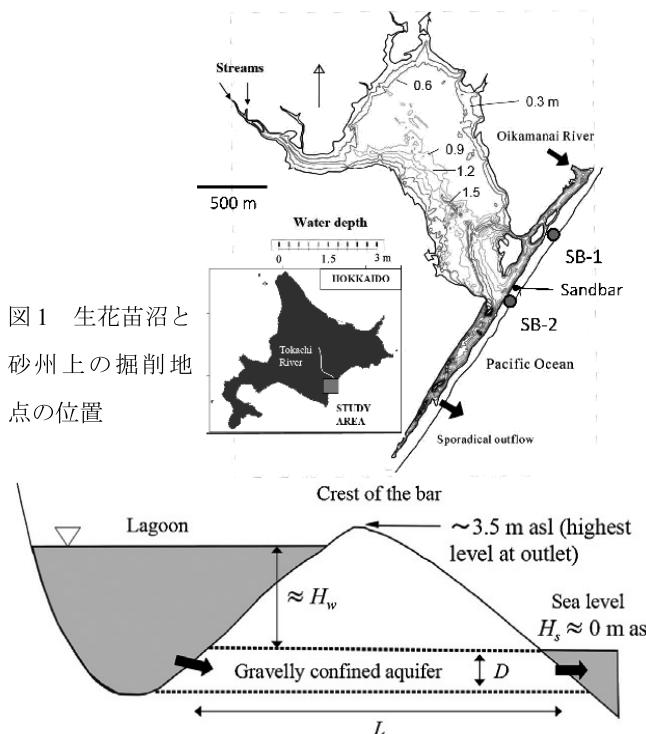


図1 生花苗沼と砂州上の掘削地点の位置

図2 砂州の構造と外海への地下水流出(模式図)

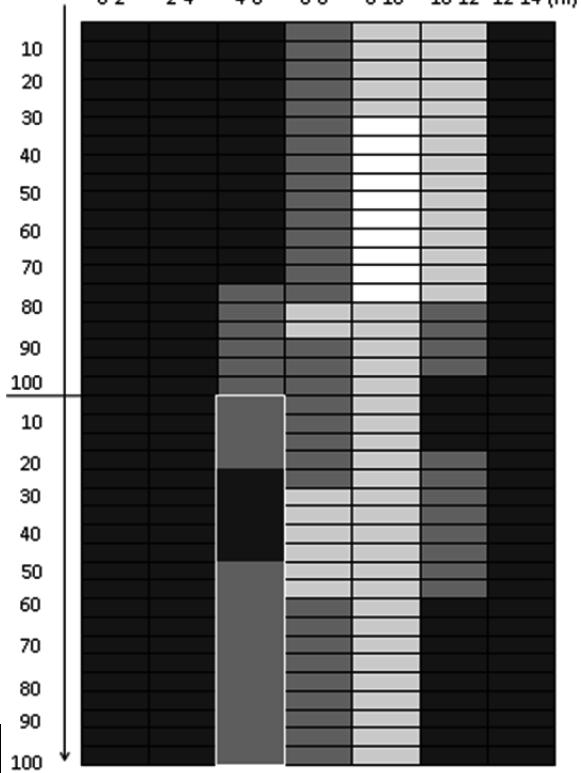


図3 SB-2地点の層相解析結果

*水野勝紀, 劉曉飛, 片瀬冬樹, 浅田昭 (東京大学生産技術研究所),
村越誠 (株AGS), 八木田康信 (本多電子株),
藤本泰文, 嶋田哲朗 (宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団)、渡辺好章 (同志社大学)

1. はじめに

近年, 堆積層内の空間的な情報を非侵襲で詳細に把握したいという要望が増えており, 浮泥の厚み, 根菜の分布状況, 底生生物の生息状況など, その要望は多岐に渡る. 例えば, 宮城県北部に位置する伊豆沼・内沼では, 高濁度の水域で観察されるハス *Nelumbo nucifera* が大きな群落を形成し, 水面上を覆うことから沈水植物の生育環境を悪化させ, 富栄養化を促進させる要因の一つとして考えられている. しかし, ハスは主に湖底下に埋没している蓮根を伸ばしながら生育域を拡大するため, その実際の生育状況を把握することは極めて困難である.

本研究では, 堆積層内の蓮根(直径 3-5 cm 程度)の検出に適する高い分解能と, 生態モニタリングに必要不可欠な高い再現性を備えた, 現場型の堆積層内三次元音響可視化システム(三次元音響コアリングシステムと呼ぶ)を開発し, 堆積層内の蓮根検出を試みたので報告する.

2. 観測地点と観測系

フィールド試験は, 宮城県伊豆沼横のため池で実施し, ため池内の同一地点で音響コアリング及び, 柱状コアリングを行った. 尚, 計測を実施したため池は, ハスが繁茂し, その底質も伊豆沼と良く似ており, 計測システムの設置と監視も容易であったため, 試験を実施するのに適した場所であった. 開発した三次元音響コアリングシステムを図 1 に示す. 本システムは, 防水の 2 軸ステージ駆動部 ($1.2 \times 1.2 \times 0.6 \text{ m}^3$, custom-made, Arc Device, Koganei) と音響計測部から構成され, Labview (National Instruments, Texas) をプラットフォームとして開発したソフトウェアによって制御される. 事前にプログラムした 2 次元平面の計測領域内で音響計測部を自動走査しながら音響データを取得し, 計測後, 専用に開発した 3 次元音響画像構築ソフトによって音響データを可視化する. 本計測では, 1 cm 刻みで走査しながら 80(X) × 85(Y) cm² の範囲内を計測した.

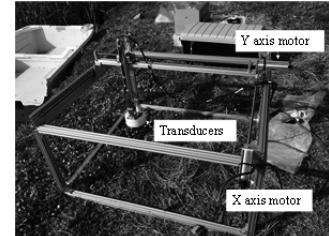


図 1. 三次元音響コアリングシステム

3. 結果

得られた音響データから構築した三次元音響画像を図 2 に示す. 湖底表面には, 折れ曲がったハスの茎が確認された. また, 水平位置(x, y) = (69 cm, 78 cm)において, 強い反射を示す反射体が確認された. 音響計測後に実施した柱状コアリングの結果から, このは深度約 54 cm の位置に埋没する直径 25-30 mm 程度の蓮根であることを確認した.

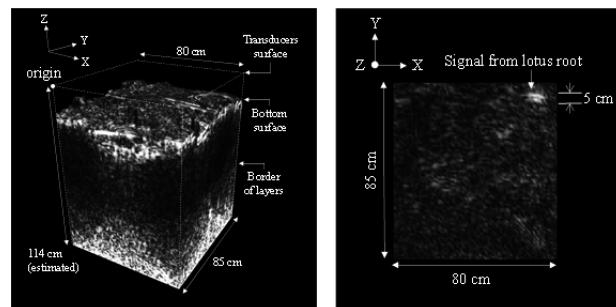


図 2. (左) 三次元音響画像, (右) 二次元断面図

4. まとめ

堆積層内を *in situ* で三次元的に可視化するための三次元音響コアリングシステムを開発し, フィールド試験を行った. 湖底約 54 cm 深度に埋没する直径 25 mm 程度の蓮根の可視化に成功した. 今後は, 計測時間の短縮と長期的な生態モニタリングを目指し, より実用的なシステムへと改良を進める.

謝辞

本研究は, 公益財団法人村田学術振興財団及び, 科学研究費(若手研究 B, 25870153)により助成を受けて行われた.

中井康平（京都大・総合人間）、*大西菜月（京都大学大学院・人間環境）
杉山雅人（京都大学大学院・人間環境）

1. はじめに 火山地帯の渓流・湖沼・温泉水には硫酸や塩酸を高濃度に含み強酸性を呈するものがある。これらを源流とする河川は非常に pH が低いため、通常の河川で主要成分である Na や Ca に加えて、微量元素である Fe、Al、Mn、P、V 等の化学成分も高濃度に溶かし込んだ無機酸性水域を形成する。酸性河川の pH が流下途中で中性河川と合流することにより上昇すると、Fe や Al は水酸化物沈澱を形成する。これら水酸化物沈澱は P や V 等の微量元素に対して高い吸着能を有し、河川水中の微量元素の濃度変化に影響を及ぼす。

本研究では東北の酸性河川水について流下に伴う pH と化学成分の濃度変化を明らかにすることを目的とした。また、酸性河川中の Fe、Al、P ならびに V の挙動の相関について考察した。

2. 材料と方法 調査対象水域は源流に温泉や廃鉱山が存在する東北地方の酸川-長瀬川水系（福島県）と酢川-須川水系（山形県）とした。現地調査は 2014 年 5 月 23 日～26 日、9 月 21 日～29 日、2015 年 5 月 22 日～26 日の計 3 回行った。現地にて水温、電気伝導度、溶存酸素濃度、pH を測定した。採水した試料はろ過処理を行い、Na 等の陽イオン測定用試料は 0.02 mol/L 硝酸酸性にして冷蔵保存し、Cl、SO₄ の陰イオン測定用試料についてはろ過後そのまま冷蔵保存した。

各化学成分の分析法を以下に示す。

Na : 炎光分析法

Ca、Fe、Al : 誘導結合プラズマ発光分析法

V : ビンドシェドラーズグリーンロイコ塩基による接触分析法

Cl、SO₄ : イオンクロマトグラフィー

流下に伴う Fe と Al の挙動を明らかにするため、室内にて混合実験を行った。各水系の酸性河川水と中性河川水を様々な割合で混合し、溶存態の Fe、Al 濃度を測定した。

3. 結果と考察 混合実験の結果より、Fe は pH 3 前後、Al は pH 4 前後で沈澱が生成し始めた。一方、各調査地点での水酸化鉄（III）あるいは水酸化アル

ミニウムの沈澱に関する飽和度の測定から、水系で沈澱生成が始まる pH を求めたところ、混合実験での値と良い一致にあった。

横軸に SO₄ 濃度、縦軸にそれぞれ Fe、Al、V 濃度をとり、酸川-長瀬川水系での測定結果をプロットした。例として [Fe] と [SO₄] のプロットを下記の図に示す。中性河川水と比べると酸性河川水中には SO₄ が極めて高濃度で含まれているため、SO₄ の濃度変化は希釈によってのみ起こると仮定できる。この仮定のもとで、ある元素についても希釈によってのみ濃度変化したとすると、酸性河川の源流と中性河川を結んだ直線（図内、点線）上に全地点のプロットが乗るはずである。しかし、Fe、Al は pH 3.26、V は pH 2.71 の地点よりも下流でプロットが直線から下に外れ、Fe、Al、V は希釈以外の要因による濃度の低下がみられた。

V に関しては pH 4～8 の範囲で 100 % 近くが水酸化鉄（III）に吸着することが報告されている（石橋ら, 1964）。[V]-[SO₄] プロット図において pH 4.48 では河川水中の V 濃度がずいぶん低下していた。また、混合実験の結果において pH 3 付近から徐々に Fe 沈澱が生成し始めていたことより、V の濃度減少は中性河川との合流による希釈の他に Fe の水酸化物による吸着除去も一因だと考えられる。

4. 参考文献 石橋ら (1964). バナジウム (IV) の水酸化鉄 (III) 沈澱による共沈. 日本化學雑誌, 85 (11), 763-766.

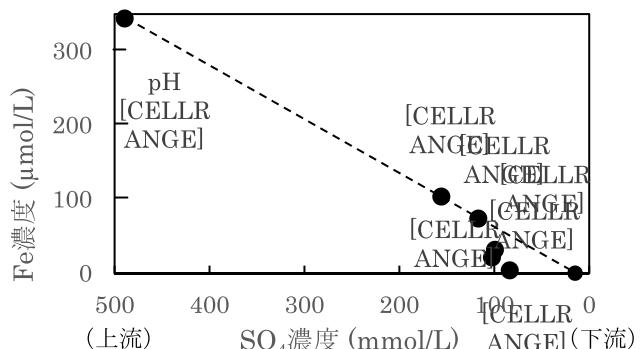


図. 酸川-長瀬川水系の[Fe]-[SO₄] プロット。

＊石川尚人（海洋研究開発機構），陀安一郎（総合地球環境学研究所），
山根雅子，横山祐典（東京大学），坂井三郎，大河内直彦（海洋研究開発機構）

1. はじめに

河川水中の溶存無機炭素（Dissolved Inorganic Carbon, DIC）、溶存有機炭素（Dissolved Organic Carbon, DOC）、粒状有機炭素（Particulate Organic Carbon, POC）は、流域炭素循環の主役となる重要な画分である。近年、炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) および放射性炭素天然存在比 ($\Delta^{14}\text{C}$) を用いて、河川生態系における各種炭素画分の起源や滞留時間を推定する研究が報告されてきている。それらによると、アマゾン川やハドソン川などの大河川においては、 ^{14}C 年代の新しい有機物が選択的に分解されていることが示唆されている。しかしながら、比較的小規模な河川における、各種炭素画分の $\delta^{13}\text{C}$ や $\Delta^{14}\text{C}$ を測定した例は少ない。そこで本研究では、流域地質が石灰岩の河川と花崗岩の河川の上流域で、DIC、DOC、POC を採集し、それらの $\delta^{13}\text{C}$ および $\Delta^{14}\text{C}$ から、DIC に対する大気 CO_2 、有機物分解、炭酸塩風化の相対的寄与率を推定することを目的とした。

2. 材料と方法

2009年6、9、12月および2010年3月と4月に、滋賀県を流れる芹川上流（北緯35度15分、東経136度20分、地質は石灰岩、以下、芹川）と大同川上流（不動寺試験地内、北緯34度55分、東経136度00分、地質は花崗岩、以下、不動寺）において、採水調査を実施した。DIC 試料は、現場で河川水に塩化水銀（II）飽和水溶液を加えて微生物活性を失活させた後、密閉容器に採集した。DOC と POC 試料は、河川水を GF/F（口径0.7μm）で濾過し、濾水とフィルターを凍結乾燥することにより、それぞれの画分を得た。また、芹川からは炭酸塩岩の試料を採集した。これらの試料は、安定同位体質量分析計を用いて $\delta^{13}\text{C}$ を、加速器質量分析計を用いて $\Delta^{14}\text{C}$ を測定した。最後に、大気 CO_2 、有機物、炭酸塩の $\delta^{13}\text{C}$ と $\Delta^{14}\text{C}$ を端成分とする混合モデルから、各成分の DIC に対する相対的寄与率を算出した。

3. 結果

芹川では、DIC の $\delta^{13}\text{C}$ ($-7.4\text{\textperthousand} \sim -6.9\text{\textperthousand}$) は DOC の $\delta^{13}\text{C}$ ($-26.3\text{\textperthousand} \sim -19.9\text{\textperthousand}$) や POC の $\delta^{13}\text{C}$ ($-26.9\text{\textperthousand} \sim -19.8\text{\textperthousand}$) よりも季節変動が小さかった。一方、不動寺では DIC の $\delta^{13}\text{C}$ ($-9.4\text{\textperthousand} \sim -6.4\text{\textperthousand}$) は DOC の $\delta^{13}\text{C}$ ($-28.5\text{\textperthousand} \sim -28.3\text{\textperthousand}$) や POC の $\delta^{13}\text{C}$ ($-28.1\text{\textperthousand} \sim -27.7\text{\textperthousand}$) よりも季節変動が大きかった。全ての画分において、 $\Delta^{14}\text{C}$ は不動寺よりも芹川のほうが低かった。DIC の $\Delta^{14}\text{C}$ （芹川： $-238\text{\textperthousand} \sim -174\text{\textperthousand}$ ；不動寺： $-23\text{\textperthousand} \sim +10\text{\textperthousand}$ ）は、DOC の $\Delta^{14}\text{C}$ （芹川： $-400\text{\textperthousand} \sim -138\text{\textperthousand}$ ；不動寺： $-2\text{\textperthousand} \sim +3\text{\textperthousand}$ ）や POC の $\Delta^{14}\text{C}$ （芹川： $-164\text{\textperthousand} \sim -60\text{\textperthousand}$ ；不動寺： $-55\text{\textperthousand} \sim +37\text{\textperthousand}$ ）よりも季節変動が小さかった。 $\delta^{13}\text{C}$ と $\Delta^{14}\text{C}$ を用いた混合モデルから、DIC に対する（1）大気 CO_2 の寄与率は、芹川で 47%～57%、不動寺で 74%～90%、（2）有機物分解の寄与率は、芹川で 29%～35%、不動寺で 4%～21%、（3）炭酸塩の寄与率は、芹川で 14%～22%、不動寺で 4%～6% と見積もられた。

4. 考察

両河川とともに、土壤有機物や炭酸塩風化に由来する ^{14}C 年代の古い炭素が、河川生態系を流れていることが示された。特に、流域に石灰岩を有する芹川では、DIC に対する炭酸塩風化の寄与が大きいのに對し、石灰岩をもたない不動寺では、大気 CO_2 からの溶存の寄与が大きいことが明らかとなった。また、これらの結果を大河川（ハドソン川、アマゾン川など）で報告されている先行研究の結果と比べたところ、溶存無機炭素に寄与する有機物分解の相対的な割合は、河川サイズ（流域面積および流量）と正比例した。この結果から、流域スケールの炭素循環の駆動力として、生物生産が大きな役割を果たしていることが示された。本研究から、河川生態系の炭素循環を理解するためには、 $\delta^{13}\text{C}$ と $\Delta^{14}\text{C}$ を用いた混合モデルにより、さまざまな河川を比較するアプローチが有効であると結論づけられた。

*望月陽人, 細田耕, 杉山雅人 (京大院・人環)

1. はじめに

ウランは、微量ながら自然界に広く分布する放射性元素である。放射能毒性に加えて化学毒性も有するため、飲料水や公共用水における濃度基準値が国内外で定められている。こうした背景から、高いU濃度を示す水系においては、その起源や供給機構を明らかにする必要がある。

われわれは、沖縄島中南部に位置する比謝川・国場川のU濃度が特異的に高い（全国平均値の各24倍・37倍）ことを発見した^[1]。この高濃度が海水の混入ならびに流域に分布する石灰岩の溶解のみでは説明できないことを、以前に報告した^{[2][3]}。本講演では、その後行った島中南部の河川・湧水における調査の結果を報告する。また、河川周辺に分布する岩石・土壤の室内溶解実験を行い、溶存態Uの供給機構の解明を試みたので、その結果も紹介する。

2. 材料と方法

(1) 現場調査

沖縄島中南部の河川と湧水において、2014年4、6月と2015年7月に調査を行った。試水は採取後ただちに、孔径0.45 μmのフィルターでろ過した。

実験室での測定項目とその方法を以下に示す。

Na、K	: 原子吸光光度法
Mg、Ca	: 誘導結合プラズマ発光分析法
U	: 誘導結合プラズマ質量分析法
Cl、SO ₄	: イオンクロマトグラフィー
アルカリ度 ([HCO ₃ ⁻] + 2[CO ₃ ²⁻])	: 酸塩基滴定法

(2) 室内溶解実験

河川周辺で採取した岩石（石灰岩・泥灰岩）と土壤（摩文仁統土壤）を粉碎・乾燥し、10 gを超純水1 Lに加えた。ここにCO₂ガスと空気を吹き込み、pHを6.5～7.0の間で一定にした。

1日後、気体の吹き込みを停止すると、pHが時間経過とともに徐々に上昇した。これに合わせて試料を採取し、孔径0.45 μmのフィルターでろ過した。ろ液中の成分濃度を上記の方法で測定した。

3. 結果と考察

(1) 現場調査

2014年の調査において、島中南部に位置する河川水中のU濃度は340～3000 ng/L（全国平均値の8.4～74倍）であった。南部の報得川と国場川における濃度は、日本の公共用水基準値（2000 ng/L）を超えていた。これに対して、湧水中のU濃度は河川水の1/5程度（240～440 ng/L）であった。両者の主要イオン濃度は同程度であったことから、Uは地下ではなく地表において供給されたと考えられる。

(2) 室内溶解実験

石灰岩および泥灰岩を用いた実験では、U濃度に大きな変化は見られなかった（図1）。泥灰岩の実験序盤におけるU、Ca濃度ならびにアルカリ度は、河川水の値と同程度であった。

摩文仁統土壤を用いた実験では、時間経過とともにU濃度が大きく增加了（図1）。実験終盤におけるU濃度とpHは河川水の値と同程度であったが、Ca濃度とアルカリ度は河川より低かった。

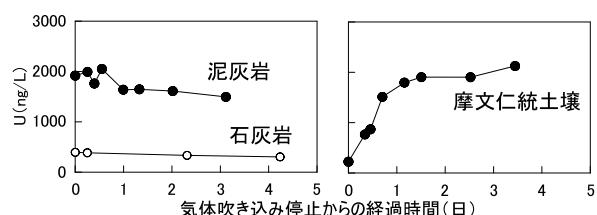


図1. 室内溶解実験におけるU濃度の時間変化

熱力学的平衡モデル MINEQL+と熱力学的定数^[4]を用いた計算から、河川水および実験溶液中の溶存態Uは大部分が Ca₂UO₂(CO₃)₃⁰ (aq) であることが示された。Uはこのような錯体を形成して泥灰岩から溶出したか、石灰質が溶解し高pHとなった水との接触により土壤から溶脱したと考えられる。

4. 参考文献

- [1] 望月・杉山 (2012), 陸水学雑誌, 73, 89-107.
- [2] 望月ら (2013), 日本陸水学会第78回大会要旨集, p. 61.
- [3] Mochizuki et al. (2015), *Geochim. J.*, 49, e9-e14.
- [4] Dong and Brooks (2006), *Environ. Sci. Technol.*, 40, 4689-4695.

中途停滯水域の出現が河川化学環境に及ぼす影響とその経時変化

—岡山県奥津湖における事例研究—

*橋本奈民子（京大院・人環）、宮下奈緒子（京大・総人）
望月陽人（京大院・人環）、大西菜月（京大院・人環）、杉山雅人（京大院・人環）

1. はじめに

ダムの出現によりそれまで流れていた水が堰き止められて出来る中途停滯水域、ダム湖では、河川では発生することのない、気温上昇に伴う湖水の成層化、植物プランクトンの増加、粒子状物質の沈降が起こる。それはダム湖の上流と下流の河川水質に不連続性をもたらす。河川水質の不連続性は、ダム下流域の生態系に大きく作用する。

2004 年に岡山県の吉井川上流に苦田ダムが設置された。本研究ではそれによって出来た奥津湖とその周辺水域を調査対象とした。ダム運用直後の 2006 年から 2007 年にかけて行った調査と、2014 年から 2015 年にかけて行った調査の結果を比較しながら、ダム設置による河川水質の変化を議論した。

2. 材料と方法

流入河川と流出河川の水質季節変動を観測するため、最大の流入水量を持つ吉井川と比較的流入水量が多い 4 つの流入河川及びダムからの流出河川を調査した。加えて湖中央での鉛直方向とダムサイト表層で調査を行い、湖内水質の季節変動を観測した。2006 年 5、7、8、12 月、2007 年 1 月の各月と 2014 年 5 月から 2015 年 5 月の毎月に調査を行った。

現場では、水温、pH、電気伝導度、溶存酸素濃度(DO)を観測した。その他各測定項目とその方法

表 測定方法一覧。

測定項目	方法
K, Na	原子吸光光度法
Ba, Ca, Fe, Mg, Mn, Si, Sr	誘導結合プラズマ発光分析法
NO ₃ -N	カドミウムカラム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法
PO ₄ -P	モリブデンブルー法
クロロフィル	吸光光度法

を表に示す。

3. 結果と考察

[1] ダム湖における各成分の留置効果

ある月の吉井川における成分濃度にその月の総流入量を掛けて、月間負荷量を算出した。流出河川も同様にして流出量を算出した。2014 年 5 月から 2015 年 5 月までの全負荷量と全流出量の差から、奥津湖内での留置量を求めた。また、留置量を全負荷量で割ることによって、留置率を算出した。

その結果、栄養塩である NO₃-N、PO₄-P、Si が高い留置率を示し（それぞれ 28、68 及び 7%）、その中でも最も高い留置率を示したのは PO₄-P であった。レッドフィールド比を C:N:P:Si=106:16:1:16（モル比）とする。最大流入河川の吉井川の N/P 比と Si/P 比はどちらも 16 を大きく上回っており（それぞれ 116 と 1151）、奥津湖の生物生産はリンによって制限されていると推測される。このような理由によって、PO₄-P の留置率が最も高い値を示したと考えられる。

[2] ダム運用当初からの経時変化

ダム建設当初と比べて、濃度分布に最も明瞭な変化を示した元素は Mn と Fe であった。2006 年夏期と 2014 年夏期を比較すると、深層の溶存態 Mn と Fe の濃度に大きな差があった。夏期深層の DO は 2006 年よりも 2014 年のほうが低濃度であり、より還元的雰囲気となった堆積物中で Mn 及び Fe の酸化物が還元され、水相へ溶出したと考えられる。

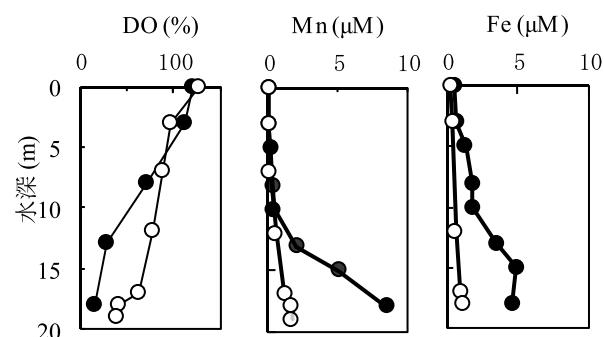


図 奥津湖中央における DO、溶存態 Mn ならびに溶存態 Fe の鉛直分布。—○—：2006 年 7 月 28 日、—●—：2014 年 7 月 28 日。

*管原庄吾（島根大・院・総理工）、神谷 宏（島根県保環研）
朴 紫暎、江川美千子、清家 泰（島根大・院・総理工）

1. はじめに

宍道湖では、大橋川を介して海水が塩水楔上に侵入し、湖盆部で底成層を形成する。底成層とは、密度や物質分布の大きな鉛直勾配が、湖底近傍にのみ偏在するような構造のことで、この底成層の形成は宍道湖特有の現象とも言える。底成層は、風等による物理的な影響で破壊され、その層厚はせいぜい数十cm程度である。そのため、底成層の水質計測や、北原式採水器やバンドーン採水器による採水は困難であることから、底成層の実態については不明点が多い。

2012年9月19日に宍道湖西岸で青潮が発生した。青潮発生前の宍道湖湖心において、約1.5mの層厚の底成層がみられ、湖底上0~5cmの湖水中から21.5mgS L⁻¹の硫化水素が検出された。このことから、底成層の発達が宍道湖の水質に大きな影響を及ぼすことが明らかとなり、底成層のモニタリングの重要性が見出された。そこで本研究では、夏季の宍道湖湖心を対象に底成層の実態調査を行った。また、気象や水質データから底成層の形成と破壊について検討した。

2. 材料と方法

底成層に着目した観測は、2014年7月から10月にかけて計6回行った。宍道湖湖心において、潜水作業により直径70mm、長さ1500mmのアクリルパイプを用いて湖底堆積物ごと湖水を柱状に採取した。得られたコアの堆積物表層を基準として5cm層毎に分取し、溶存酸素(DO)、塩分、硫化水素、リン酸態リン(PO₄³⁻)及び溶存無機態窒素(DIN: NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻)を定量した。湖底堆積物試料は、潜水作業により直径50mm、長さ700mmのアクリルパイプを用いて堆積物を柱状に採取した。堆積物表層を基準として1cmまたは2cmの層状に切り、管原ら(2010)の手法を用いて湖底堆積物中硫化水素の分析に供した。

3. 結果と考察

底成層が最も発達した2014年8月7日、湖底上100cmから深くなるにつれて塩分が6.6psuから16psuまで上昇し、湖底上50cm以深で貧酸素、20cm以深でほぼ無酸素状態を呈していた。その無酸素層(20cm以深部)において、0.17~0.26mgS L⁻¹のH₂Sが検出された。また、DINとPO₄³⁻の濃度は深度が深くなるにつれて上昇し、その濃度はそれぞれ250~1000μgN L⁻¹及び30~350μgP L⁻¹であり、DINの大部分をNH₄⁺が占めていた。DIN、PO₄³⁻及びH₂Sは湖底由来(内部負荷)である可能性が高い。台風等に起因する強風が観測された後には、湖底の無酸素・還元状態が解消し、DINとPO₄³⁻の濃度が大きく減少した。底成層が大きく発達した2012年と、強風等により底成層の発達が抑制された2014年の湖水中H₂Sの最大値はそれぞれ21.5mgS L⁻¹及び0.26mgS L⁻¹だった。また、湖底堆積物中のH₂Sの最大値は、2012年と2014年においてそれぞれ約150mgS L⁻¹及び15mgS L⁻¹だった。このことから、底成層の破壊は底層への酸素供給のみならず湖底堆積物中の嫌気化に対する抑制効果もあることが示唆された。

宍道湖の底成層の形成の要因となる海水は、中海と宍道湖の水位差による海水の流入に加え、強い西風が観測された後により高塩分の海水が流入した。これは、エクマン効果による日本海の海水面の上昇や中海の密度界面の振動によるものだと考えられる。

以上のことから、底成層は台風等に起因する強風によって破壊されることが明らかになったものの、底成層の解消及び底質改善には100%自然の力に頼っているのが現状である。このことから、宍道湖の水質保全には、底成層のモニタリング及びその対策が重要だと考える。また「風」は、宍道湖の水質・底質環境に大きな影響を及ぼすことから、注視しなければならない環境要因の一つであると言える。

Chlorella sp. および *Nitzschia palea* 產生有機物の特性解析

*森 朱音, 千賀有希子 (東邦大・理)

1. はじめに

水域において藻類から生産（光合成, 自己分解）される有機物、藻類產生有機物（AOM）はエネルギーフローの起点として重要であると考えられている。一方、飲料水の観点において、異臭味・毒性物質になる可能性があると指摘され注目されている。その様な重要性があるにもかかわらず、AOM の構成成分およびその詳細な挙動は不明である。

蛍光特性を持った溶存有機物成分を解析する方法として、三次元励起蛍光スペクトル（EEM）法に統計解析 PARAFAC を組み合わせた EEM-PARAFAC 法が注目されている。この方法は、その成分を迅速かつ簡便に検出できるという利点がある。

本研究では、EEM-PARAFAC 法を用いて緑藻類 *Chlorella sp.* および珪藻類 *Nitzschia palea* が生産する AOM の解析を行った。さらに、これらの AOM について生分解実験を行い、その特性を EEM-PARAFAC 法によって解析した。

2. 材料と方法

実験に用いた *Chlorella sp.* と *Nitzschia palea* は四尾連湖（山梨県）の湖水から単離した。

培養実験 両藻類について、約 12 日間の無菌培養を行った。*Chlorella sp.* の培地として、ろ過した水道水に栄養塩として NO_3^- , PO_4^{3-} をそれぞれ 10 mgN/L, 1 mgP/L となるように添加した。*Nitzschia palea* においては、さらに SiO_2 を 10 mgSi/L となるように添加した。培地を滅菌後、両藻類を一定量となるように植継ぎ、蛍光灯下、室温で培養を行い、時間を追って培養液を採水した。

生分解実験 ろ過した培養実験後半の培養液 50 mL を 450 °C で強熱処理した 100 mL 三角フラスコに入れ、手賀沼の湖水 1 mL を添加した。コントロールとして、滅菌水 1 mL 添加した。これらの試料を 30 °C, 暗条件下で振盪した。時間を追って採水し、微生物による AOM の分解について検討した。

化学分析 培養液および生分解液の溶存有機炭素 (DOC) 濃度、AOM 成分の測定を行った。AOM 成

分の測定は、EEM 法 (Aqualog, HORIBA Scientific) により、励起波長 250-600 nm, 蛍光波長 210-620 nm, バンド幅 3 nm, 積分時間 1 秒で行った。各成分の分離は、多変量解析 PARAFAC (Solo+MIA ver7.9.0.529, Eigenvector Research) によって行った。その他の成分の指標として炭水化物濃度、SUVA (Abs 260 nm/DOC 濃度) の測定を行った。また、増殖の指標として濁度、クロロフィル a (Chl.a) 濃度を測定した。

3. 結果および考察

Chlorella sp. 濁度、Chl.a 濃度、DOC 濃度は、時間とともに増加し、*Chlorella sp.* の増殖に伴って AOM が生産されることが示された。EEM-PARAFAC 法 ($n = 153$) により、蛍光特性を持った 4 つの AOM 成分、アミノ酸様 ($\text{Ex}/\text{Em} = 280 \text{ nm}/340 \text{ nm}$; Yamashita and Tanoue, 2003), 腐植様 (325/420; Stedmon and Markager, 2005), 微生物起源様 (260/455; Cory and McKnight, 2005), 還元系キノン様物質 (310/440; Cory and McKnight, 2005) が検出された。これらの成分は、培養最終日まで増加し、DOC 濃度と良い正の相関を示した。また、炭水化物濃度についても時間とともに増加し、DOC 濃度と正の相関を示した。SUVA 値は、培養初期で増加し、その後減少した。従って、高分子性の芳香族化合物の生産は、培養初期と比べ培養終期で低下すると考えられた。

Nitzschia palea 濁度、Chl.a 濃度、DOC 濃度は、*Chlorella sp.* と同様に、時間とともに増加し、*Nitzschia palea* の増殖に伴って AOM が生産されることが示された。EEM-PARAFAC 法 ($n = 80$) により、蛍光特性を持った 4 つの AOM 成分、アミノ酸様、腐植様、微生物起源様物質、また *Chlorella sp.* では得られなかった腐植酸様物質 ($\text{Ex}/\text{Em} = 430/530$; Stedmon and Markager, 2005) が検出された。これらの成分は、培養最終日まで増加し、DOC 濃度と良い正の相関を示した。また、炭水化物濃度と SUVA 値に関しては、*Chlorella sp.* と同様の傾向が見られた。

生分解実験 生分解実験については、現在検討を行っている。

富田遼平（首都大学東京大学院 都市環境科学）

福島慶太郎（首都大学東京），横山勝英（首都大学東京）

1. はじめに

河川水中の溶存有機態炭素（DOC）は、全球的な炭素循環の中で、陸域から海域への輸送経路を担う重要な画分である。さらに河川内で生成・消費・変質するほか、微量金属と錯体を形成するなど、水域生態系の物質動態に重要な影響を与えており、しかし、陸域から海域までの一連のDOCの動態や質的特徴に関して未だ十分明らかにされていない。

DOCの質的特徴を測定する方法に三次元励起蛍光分析（EEM）があり、EEMの解析手法として、多変量解析の一つであるParallel Factor Analysis (PARAFAC)が近年用いられている。本研究では、気仙沼湾とその流入河川を対象に、DOC濃度や蛍光特性の空間分布を明らかにし、陸域から海域までのDOC動態について検討した。

2. 材料と方法

研究対象地は宮城県気仙沼湾である。気仙沼湾に流入する3河川（大川、鹿折川、舞根川）において2013～14年にかけて計6回、18地点（湿地1点）で採水を行った。また、湾内では2014年11月～15年2月に6地点で深度別での採水も行った。採水後は速やかにガラス纖維濾紙（GF/F）でろ過を行い、全有機炭素計（TOC-V、島津製作所）でDOC濃度を、分光蛍光光度計（FP-8100、日本分光）で三次元励起蛍光（EEM）を、励起波長（Ex）260～585 nm、蛍光波長（Em）230～600 nmの範囲で測定した。蛍光強度は硫酸キニーネ単位（QSU）で表記した。測定したEEMデータは河川水と海水に分け、Matlab上でPARAFAC解析を行った。流域の土地利用は環境省の植生図（1/50000）を用いて分類した。

3. 結果および考察

PARAFAC解析を行い、蛍光成分を分離して得られた因子を既往研究と比較した（表1）。河川水は腐植様が3つ（com1～3）、タンパク様が1つ（com4）に、海水は腐植様が3つ（com1'～com3'）、タンパク様が2つ（com4'、com5'）の因子に分離された。

河川のDOC濃度は、3河川とも上流から下流へと上昇し、河口で高い値となった。com1～3は大川では上流で高く鹿折川、舞根川では下流で高い値であった。一方com4は3河川とも上流から河口へ上昇する傾向がみられた。

河川水中のcom2と海水中的com3'は、蛍光強度のピークとなるEx/Emがほぼ等しい領域にあり、陸域から流入して海域で残存する画分であるものと推察される。

河川水で得られた4つの因子の蛍光強度と、集水域内における各土地利用の面積比率との相関を表2に示す。3つの腐植様ピークは広葉樹、耕作地、水田との相関が高いのに対してタンパク様は市街地、耕作地、水田といった人為的な土地利用と相関が高い傾向がみられた。

海域でも存在するcom2の腐植様ピークは、他の腐植様ピークに比べて広葉樹面積率との相関がより強く、人為的な土地利用との相関がより低かった。このことは、広葉樹林から流出するDOC中の腐植様物質は、耕作地や市街地から生成される画分に比べて、海域まで輸送される可能性が考えられた。

表1 PARAFACにより分離された因子

	No.	Ex / Em (nm)	source
河川水	component1	265/449.5	Fulvic acid
	component2	315/398	Fulvic acid
	component3	270/502	Fulvic acid
	component4	280/339	Protein-like
海水	component1'	260/529.5	Fulvic acid
	component2'	270/472	Fulvic acid
	component3'	320/407	Fulvic acid
	component4'	285/333.5	Protein-like
	component5'	260/280.5	Protein-like

表2 河川水中の各因子と、集水域内の各土地利用面積比率間での相関係数行列

	com1	com2	com3	com4
広葉樹	0.624**	0.682**	0.531**	0.247**
市街地	0.216*	0.106	0.294**	0.497**
耕作地	0.771**	0.677**	0.773**	0.549**
水田	0.628**	0.510**	0.685**	0.582**

* P<0.05 ** P<0.01

2B22

Hydrostatic pressure induced variations of 2-methylisobroneol and pigments in filamentous cyanobacterium *Pseudanabaena galeata*

Helayye Damitha Lakmali Abeynayaka, Takashi Asaeda

Department of Environmental Science and Technology Saitama University Japan

1. Introduction

Plenty of artificial de-stratification methods are using to prevent unnecessary cyanobacterial bloom in lakes. Recently artificial vertical mixing of lakes is used as more effective controlling method. This mixing causes movement of cyanobacteria from surface water to hypolimnion layer while making high hydrostatic pressure on cyanobacteria cells. Understanding about the effect of such environmental factors on fresh water cyanobacteria is less studied.

During the present study fresh water cyanobacterium *Pseudanabaena galeata* (*P. galeata*) was tested for variation of cell growth, photosynthetic pigments chlorophyll a (Chla), carotenoids (Car), phycocerythryne (PE) and phycocyanin (PC) and odor compound 2-methylisobroneol (2MIB) concentration with increase of hydrostatic pressure.

2. Methodology

Cyanobacteria cultures in BG 11 medium (Rippka et al., 1979) were pressurized up to 0.2, 0.4 and 0.6 MPa (corresponding with 20,40 and 60 m deep water) in transparent pressurizing vessels and kept in incubator at 20 °C under 12L: 12D white light intensity with 20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Control was 0 MPa. After 3 days chla, car (Porra et al., 1989), PE, PC (Lawrenz&Fedewa, 2011), cell concentration, and 2-MIB concentration in cells (Kakimoto et al, 2014) were measured.

3. Results and Discussion

Cell concentration of *P. galeata* ($F= 18892.46$, $p= 0$) and 2-MIB concentration per cell ($F= 98.911$, $p= 0$) were reduced significantly with increasing hydrostatic pressure from 0 to 0.6 MPa (figure a) while all the pigments concentrations inside the cell have increased significantly (Chla $F= 6.52$ $p=0.015$; Car $F= 24.433$ $p=0$; PC $F= 11.864$ $p=0.003$; PE $F= 9.38$ $p=0.005$). The decrease of 2-MIB per cell was caused by inhibition of 2-MIB synthesis in side cells by hydrostatic pressure.

Furthermore this observation was supported by Q-PCR analysis of genes related with 2-MIB synthesis (data not given in this article). Drastically reduction of cell concentration with higher pressures values indicated negative effect of excessive pressure on growth of cyanobacteria yet increase of chla and accessory pigments in higher pressure values (Car, PE and PC) provide higher survival ability for remaining cells.

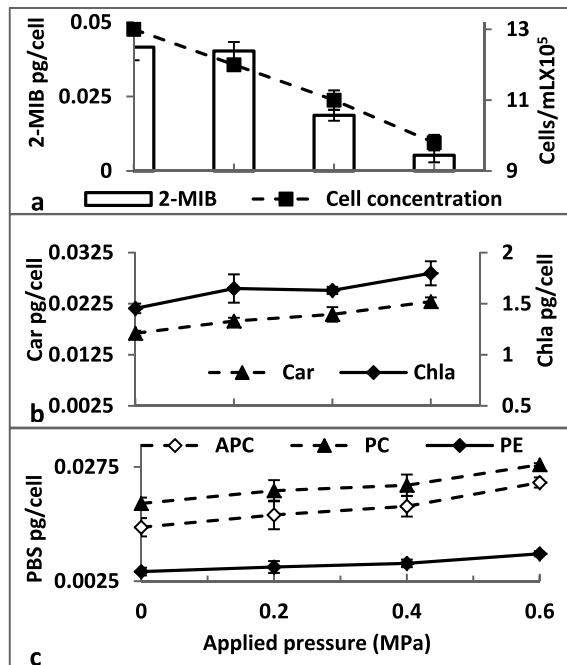


Fig 1: Variation of Cell concentration, 2-MIB and photosynthetic pigments in *P. Galatea* with increase hydrostatic pressure

Conclusions

When *P. galeata* is subjected to an excessive hydrostatic pressure it leads reduction of cell growth and 2-MIB metabolism in side cells, even there is an increment of photosynthetic pigments. Movement of surface cyanobacteria to deep water by artificial mixing, can use as a control technique for odor compound formation by *P. galeata*.

に対する成長阻害物質の同定

* 船山 啓・吉田智恵子・朴 虎東（信州大学大学院 理工学系研究科）

村田英明（株島津製作所 分析計測事業部）

はじめに

長野県松本市の千鹿頭池において、2003年から2010年までにアオコが優占していたが、2011年以降はアオコが衰退して代わりにヒシが繁茂するようになった。植物プランクトンと水草の間には水温、光条件、栄養塩類といった環境要因で競争関係にある。さらに、水生植物からはポリフェノールが放出されており、藻類の成長を抑制すると報告されている。富栄養化した湖沼に優占するアオコを制御する新たな方法として水生植物の二次代謝産物の利用が研究されており、天然化合物であるため水環境に悪影響を与えないとして注目を集めている。本研究では、水草ヒシの抽出液による藍藻 *Microcystis aeruginosa*への成長抑制効果を評価し、成長阻害物質を同定することを目的とする。

材料と方法

試験生物は藍藻 *M. aeruginosa* (NIES-298) を使用した（細胞濃度 1.0×10^7 cells/mL）。ヒシ (*Trapa japonica*) は2014年6月に長野県松本市にある千鹿頭池で採取し、浮水葉の乾燥粉末 (DW) 1 g に 80% メタノールを 30mL 加え 12 時間放置し、遠心分離 (3000 rpm) 及びガラスフィルタ (GF/C) で濾過することでヒシ抽出液を作成した。バイオアッセイについて、マイクロプレートに藍藻培養液 150 μ L とヒシ抽出液 100 μ L を添加して吸光度を測定 (655 nm) することで影響を評価した。定性・定量分析については、液体クロマトグラフ質量分析計 (LCMS-2020; Shimadzu) によりヒシ抽出液の溶存物質を測定した。移動相は 0.1% 嘌酸水とメタノール、カラムは COSMOSIL C₁₈ を用いた。また、ヒシ

抽出液中の溶存物質を ODS カートリッジにより精製し、上記と同じ方法でバイオアッセイを行った。

結果と考察

ヒシ抽出液のバイオアッセイについて、暴露後 2 日目で *M. aeruginosa* の成長抑制が見られ、濃度が増加するに伴い成長抑制効果が高まった ($EC_{50}=10$ mg/L)。LC/MS (SIM) により、ヒシ抽出液には Eugeniin (t_R : 18min), Ellagic acid (t_R : 26min), Quercetin (t_R : 32min) のポリフェノールが含まれており、各々の濃度は 2.13, 1.92, 0.70 mg/gDW であることがわかった。また、ヒシ抽出液から eugenin を精製し (0.97 mg/gDW) バイオアッセイを行ったところ、成長抑制を示した。ポリフェノール (apigenin, luteolin) には植物プランクトンに対し光合成システムの妨害、細胞膜の破壊、酸化ダメージを引き起こすものもあると報告されている (Huang et al., 2015)。以上のことから、eugenin は *M. aeruginosa* に対する成長阻害物質の一つであると推察される。また、同定した他のポリフェノールも *M. aeruginosa* への成長抑制に影響を及ぼしている可能性が示唆される。

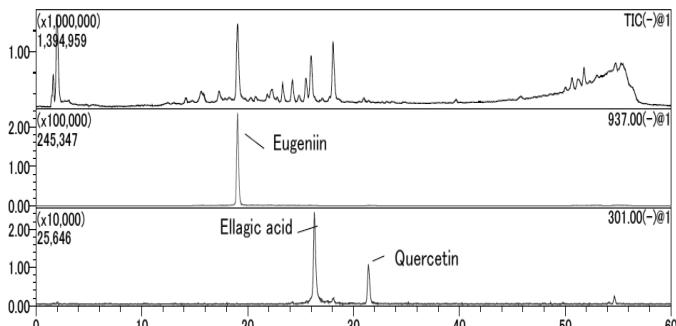


図 1 ヒシ抽出液の MS クロマトグラム

2B24

Web 公開不希望

*韓 智仙, Jeon Bong-seok, 朴虎東 (信州大・理), 大林市幸 ((株)三祐コンサルタンツ)

1. はじめに

富栄養した水域で優占する藍藻の中には、飲料水の悪臭や毒性の問題を引き起こす種がある。その理由から、藍藻の除去や抑制方法に関して、様々な研究が行われている。

他の藻類に比べて、藍藻は乱流混合に弱いため、混合装置を利用して藍藻を制御する研究が報告されている。自然湖沼に人工混合を行うと優占種が藍藻から珪藻や緑藻に替わるが、混合を止めると再び藍藻が優占した報告がある (Jef Huisman et al., 2004)。さらに、乱流混合装置が藍藻の細胞密度の減少やコロニーの破壊を引き起こすことも報告されている (Katherine R. O'Brien et al., 2004)。

本研究では振動発生装置を用いて、藍藻の成長阻害の効果を調べた。

2. 材料と方法

2.1. 室内実験

水平と斜めの2つの翼で構成される直径約3.5 cm のシリコン製の振動発生装置を用いた。この装置は攪拌方向によって、水の流れや攪拌様子が異なる特徴を持っている。

振動発生装置の成長阻害効果を確認するために、処理無しの対照区、振動発生装置区、攪拌子、プロペラなどの攪拌装置区を用いた。実験は約7 Lのアクリル製の水槽に、*Microcystis ichthyoblabe*の培養株 (TAC95) を用いた。実験は6~10日間を行い、毎日吸光度(OD_{405nm})を測定した。

さらに、振動発生装置による細胞損傷に起因する microcystin (以下MCと略す)溶出の影響も調べるためにMC分析も行った。前述と同じ条件で、7日間実験を行い、吸光度(OD_{405nm})、細胞内と細胞外の MC-LRの濃度を測定した。

2.2. 室外実験

水質や優占種が類似な2つの池を選択し、1つの池はControl、もう1つの池には振動発生装置を設置した。実験は5~8月の4ヶ月間を行い、chl.a濃度、細胞密度、種組成を測定した。

3. 結果と考察

3.1. 室内実験

処理なしの対照区、攪拌子区、プロペラ区は時間経過に伴ってOD_{405nm}で現した細胞濃度が増加した反面、振動発生装置では約3日までは他の処理区と類似したが、その後からは減少する傾向を示した。

その減少結果は振動発生装置の攪拌方向に関係なく見られた。従って、振動発生装置によって、*Microcystis*の成長が阻害されたと考えられる。

また、実験7日後の細胞外毒素濃度でも、振動発生装置処理区では初期濃度の20%以下で、他の処理区とあまり差が見られなかった。硫酸銅や硫酸アルミニなどの化学剤処理を行うと、細胞損傷によって、大部分の細胞内毒素が溶出されて、高濃度の毒素処理の問題が引き起こされる。しかし、振動発生装置は高濃度の毒素溶出も引き起こさず、*Microcystis*の成長を阻害することが可能である。

3.2. 室外実験

振動発生装置の設置前は水質や細胞密度が類似したが、設置後から処理池では藍藻が減少する傾向を示した。特に設置54日目には100倍以上の総細胞数の差が見られた。従って、振動発生装置によって、藍藻の成長が阻害されて、アオコ形成の抑制効果が期待できる。

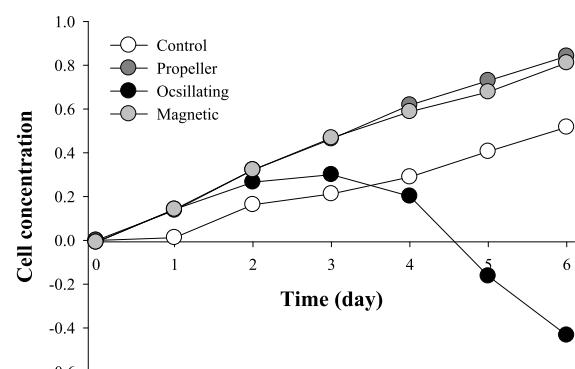


図1. 室内実験での振動発生装置による細胞密度の変化

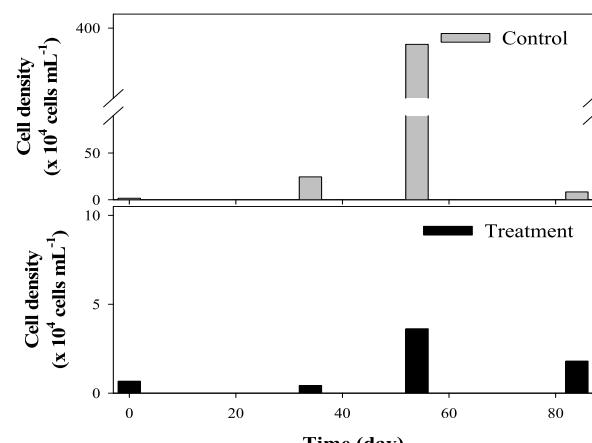


図2. 室外実験での振動発生装置による細胞密度の変化

福原晴夫 (NPO 法人河北潟湖沼研究所)

1. はじめに

尾瀬アカシボ研究グループは、尾瀬の融雪期にアカシボ現象と呼ばれる彩雪中に高密度の無脊椎動物（アカシボ動物）を見出した（福原ら, 2012）。これらは従来の「雪氷動物（glacial fauna）」には位置づけされていない。そこで、アカシボ動物を含め、広く雪氷に出現する動物群の分類を試みた。

雪氷（snow and ice）は「雪と氷を区別する必要のない場合あるいは雪と氷の総称」（前野, 1986） 「雪や氷のこと」（新編雪氷辞典）と定義されていることより、雪氷動物（snow and ice animal or fauna）を「雪または氷に出現する動物」と定義する。トウホクノウサギのように冬季に白毛となつて雪に適応した脊椎動物も知られるが、ここでは無脊椎動物を対象とする。

雪中の動物は紀元前から知られ、アリストテレスは雪から蛆が発生することを記している。日本での最初の科学的記述は鈴木牧之の「北越雪譜」（1837）と言われ、「雪蛆」としてユスリカ科とクロカワゲラ科の一種が描かれている。

主な雪氷には氷河（南極の氷床を含む）、氷（海水、湖氷）、雪（積雪、雪渓）、凍土がある。このうち凍土からの動物の報告はない。

2. 主な雪氷動物とその分類

雪氷動物の分類試案を表に示す。

(1) 氷河動物：氷河上で成長や繁殖の期間すべてを過ごす。氷河上動物(supraglacial fauna)とする場合がある。コオリミミズやヒヨウガユスリカ、ヒヨウガソコミジンコ、クリオコナイトホールから、上記以外にワムシ類、線虫類、カワゲラ類、トビムシ類など少なくとも 25 種以上が発見されている（Zawierucha et al., 2014）。南極の氷床下の氷河下湖や血の滝からは動物の報告がないが、発見されれば氷河下動物(subglacial fauna)と言える。

(2) 氷原動物：北極・南極両海の冬の海水面積は地球表面積の約一割強に達し、特異な生態系となっている。海水には凍るとき生じた隙間が存在し、その隙間にウズムシ類、ワムシ類、ソコミジンコ目、カラヌス目、ケンミジンコ目、オキアミ

目、端脚目などに属する種が海氷動物として知られている。湖氷動物としてはピレーヌ山脈の Redon 湖の氷から、繊毛虫の *Askensia*, *Holophyra* や *Kelliottia* や *Polyarthra*などのワムシが見出されている（Laybourn-Parry et al., 2012）。

(3) 雪原動物：成長や繁殖の一時期に積雪や雪渓の表面、積雪の中、積雪と地面の境界に現れる。雪上動物：積雪の表面で活動する。クモ目、カニムシ目、ザトウムシ目、シリアグムシ目、トビムシ目、ハエ目、カワゲラ目、トンボ目に属する種が知られ、日中雪氷上で活発に活動し、あるいは繁殖をする。日本ではユキクロカワゲラ（セッケイカワゲラ）、ニッポンクモガタガンボなどが良く知られている。雪中動物：積雪表面や積雪境界への移動時を除いて、雪氷の中に出現する動物である。ガガンボ科・ユスリカ科・ヌカカ科の幼虫、貧毛類、ケンミジンコ類、ソコミジンコ類、ウズムシ類などのアカシボ動物が知られている。積雪下動物：冬季に積雪と地面の境界で活発に移動、活動する。貧毛類、ダニ目、クモ目、カニムシ目、トビムシ目、コウチュウ目、ハエ目、ハチ目、シリアグムシ目などが知られている。

(4) 雪氷面落下動物：冬季や残雪期の雪氷上に飛翔中や周囲の樹木などから受動的に落下した動物。アラスカの標高 1100m の研究では、1.7~10.9 個体/m² (6-8 月の残雪) で個体数の割合はハエ目 61%，ハチ目 28%，ヨコバイ亜目 5.2% という報告がある（Edwards and Banko, 1976）。

低温と積雪環境への適応、雪氷原食物連鎖についても述べる。

表 雪氷動物の分類

(1) 氷河動物	(glacial fauna)
(2) 氷原動物	(ice fauna)
1) 海氷動物	(sea ice fauna)
2) 湖氷動物	(lake ice fauna)
(3) 雪原動物	(nival fauna)
1) 雪上動物	(supranivean fauna)
2) 雪中動物	(internivean fauna)
3) 積雪下動物	(subnivean fauna)
(4) 雪氷面落下動物	(supranivean faulout fauna)

*小林草平（京都大・防災研）、三上賢司（信州大・理）、野崎隆夫（神奈川・二宮町）
東城幸治（信州大・理）、竹門康弘（京都大・防災研）

1. はじめに

瀬田川（滋賀県）と宇治川（京都府）は琵琶湖の形成とともにその流れが続いてきた河川である。湖下流という特殊な環境と琵琶湖の形成年代の古さを考えると、瀬田・宇治川に適応し進化した種がいでもおかしくはないが、実際に固有種として知られる生物は少ない。

宇治川で毎年大発生するナカハラシマトビケラ (*Hydropsyche setensis*, 以降ナカハラ) は本州、四国、九州に広く分布する種である。演者らは、他河川で報告されてない幼虫の頭部斑紋や雌成虫の腹部器官の発達具合を示すナカハラ個体が宇治川に多いことを見つけた。宇治川のナカハラは、その優占度や成虫発生期間の長さから、湖下流の環境に適応した個体群である可能性がある。

本研究では、ナカハラにおける宇治川個体群と全国の他の個体群の形態的・遺伝的な差異を明らかにするため、宇治川と全国の河川でナカハラの幼虫と成虫個体を採取し、形態と遺伝的な関係を調べた。また、遺伝子系統樹と湖形成に関わる地史情報から、ナカハラにおいて遺伝分化をもたらしうる地史要因について考察した。

2. 材料と方法

ナカハラは河川の主に中下流や平地流に分布する。幼虫は速い流れの比較的安定した石や岩に巣網を張り生活する。岩手県から宮崎県までの20以上の府県の河川においてナカハラの幼虫または成虫を採取した。幼虫は頭部斑紋について、一般的に知られるタイプ（濃色型、パンダ型）とそれ以外の斑紋タイプの出現を記録した。雌成虫の腹部第5節の側面にはフェロモンに関係する可能性のある器官が通常存在するが、宇治川ではそれが消失または極小までに退化した個体が確認される。各地の雌の腹部器官について在り、極小、無しの出現を記録した。各河川で採取されたナカハラ個体について、種内多型が検出されるミトコンドリア COI 領域の塩基配列 (554-bp) を解析し、系統解析ならびに分岐年代

の推定を試みた。

3. 結果

瀬田・宇治川では、幼虫の頭部斑紋は淡色（黄色）型やまだら型の個体が多く、一般的なタイプの個体は少なかった。一方、全国の他の河川（京都や滋賀を含む）では、一般タイプのいずれかまたは両方が多く、河川によってはこれらの中間にも見える小斑点型の個体も出現した。九州の1河川でのみ、まだら型の個体が確認された。

雌の腹部器官では、宇治川では器官在り、極小、無しの個体がそれぞれ出現した。一方、九州を除く河川では、1個体を除く全ての個体において器官の存在が確認された。九州の河川では極小と無しの個体のみ確認され、後者がより多かった。

遺伝子解析の結果、まず九州とその他全国の河川での遺伝分化が検出された。次に後者においては、瀬田・宇治川に単系統性が認められ、全国の他の河川との分化が確認された。さらにこの分岐年代は40-150万年前と推定された。これら以外には、遺伝構造における明瞭な分化はなく、岩手から広島まで、地域性や地理的距離には関係しない遺伝構造が検出された。

4. 考察

瀬田・宇治川のナカハラは、幼虫の頭部斑紋が特殊であることが確かめられたが、雌腹部器官の発達具合は、九州とその他全国で異なり、瀬田・宇治川には両方の型が見られた。推定した分岐年代から、瀬田・宇治川のナカハラは琵琶湖の形成とともに進化した個体群である可能性が示された。この隔離機構は定かではないが、分岐後に湖に依存しない個体群が全国に分布を広げたとみられる。九州の陸域の歴史は古く、300万年前以前の鮮新世に発達した湖もあり、ナカハラの祖先型個体群の存在はこうした過去の湖や盆地の形成と関わりがあるかもしれない。

新井谷梨鈴（東京大院・新領域）・伊藤富子（北海道水生生物研究所）・
*東城幸治（信州大・理・生物）

はじめに

カメノコヒメトビケラ *Palaeagapetus* 属は湧水や河川源流域の細流に生息する小型のトビケラ類で、日本国内に 6 種、北米大陸に 2 種、極東ロシアに 2 種（うち一種は北海道中北部に分布する種と共通種）の分布が確認されている。また 2014 年には、我々の調査により朝鮮半島においてもロシア沿海州産種と同一種の生息が確認された。この他、バルト海岸の琥珀化石種、ニュージャージー州の白亜紀後期（チエロニアン期）の琥珀から化石種がそれぞれ一種ずつ発見されている。

ユーラシア大陸中西部からは現生種は発見されていないものの、同じカメノコヒメトビケラ亜科に属する *Ptilocolepus* 属が分布しており、トビケラ目の分子系統解析において近縁性が示されている (Kjer et al. 2002)。

日本国内には、マガリカメノコヒメトビケラ *Palaeagapetus flexus* (サハリン～北海道中北部)、カメノコヒメトビケラ *P. ovatus* (北海道南部～本州中北部) とフクイカメノコヒメトビケラ *P. fukuiensis* (福井県)、コガタカメノコヒメトビケラ *P. parvus* (本州中～南西部)、シコクカメノコヒメトビケラ *P. shikokuensis* (四国)、キュウ シュウカメノコヒメトビケラ *P. kyushuensis* (九州) が、ほぼ側的に分布している。これら、日本産種群に加え、ロシア沿海州や朝鮮半島産 *P. finisorientis*、および北米産の 2 種 *P. nearticus*、*P. celsus* も追加し、現生する全既知種を対象とする分子系統地理学的研究を実施した。

ミトコンドリア DNA の Cytochrome c oxidase I (COI) 領域、および核 DNA の Histone H3 (H3) 領域、Carbamoylphosphate synthetase (CAD) 領域を対象に分子系統解析を行い、カメノコヒメトビケラ類の系統関係と遺伝的集団構造を解析した。

結果・考察

独立して解析したいずれの領域においても、ほぼ同様の類縁関係が得られ、各種群の単系統性は高く評価された。

カメノコヒメトビケラ類全体が世界的スケールにおいて大きく分化した二大系統群から構成されることが明らかとなった（下図の系統①、②）。

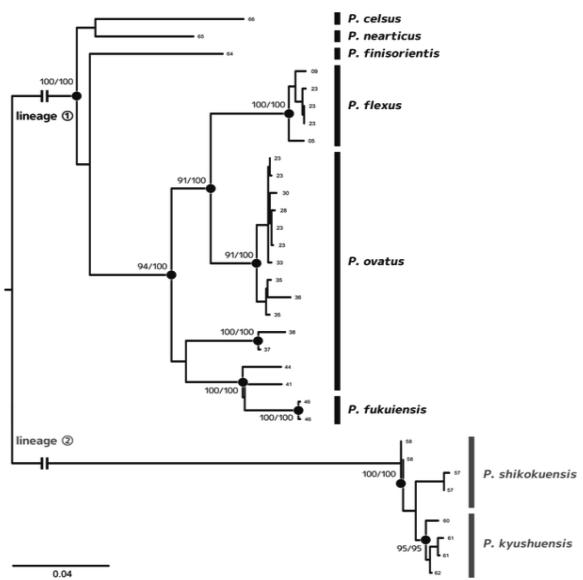


図. COI-H3-CAD 領域コンバインド分岐図（樹形は ML 法）。黒丸は ML 法による 1,000 回反復ブートストラップ値 80%以上/ベイズ法の事後確率 90%以上のノードを示す。数字は 1,000 回反復ブートストラップ値 /ベイズ法の事後確率を示す。

ユーラシア大陸（その大陸要素が大部分を占める日本列島）や北米大陸の種群も含めた全記載種を対象とした遺伝子解析での二大系統群の検出であるが、この遺伝分化の障壁はベーリング海ではなく、日本列島の、しかも本州の中部地域であることが明らかとなった。フォッサマグナの西端（糸魚川-静岡構造線）を境界に「東日本+サハリン+ユーラシア大陸（ロシア沿海州+朝鮮半島）+北米大陸（ロッキー・シェラネバダ山脈、アマラチア山脈）」という広域種群から構成される系統①に対し、「西日本」産種群のみで構成される系統②が遺伝的に大きく分化するという驚くべき結果であると言える。

これは東-西日本がそれぞれ独立して起源したとされる日本列島の「観音開き型形成」説に深く関連した興味深い遺伝構造であると考えられる。

*加賀谷隆, 天野浩美 (東大院・農学生命科学)

1. はじめに

生息場所パッチの面積と動物種の生息密度は、正の関係、負の関係、無関係（一定の関係）となる場合のそれぞれが知られており、主に、パッチの質、パッチへの移入に関わる個体の移動行動、種内競争などの密度効果が関与すると考えられている。しかしながら、渓流の水生昆虫種における面積 - 密度関係についての評価や、それを生じる要因の検討は十分になされていない。

渓流の水生昆虫の移動手段として、水流にのって下流に移動する流下は重要である。流下によるパッチへの移入には、各パッチに対して受動的、あるいはパッチ面積に関してランダムである要素がある。流下移動におけるこれらの要素は、面積 - 密度関係が負の関係または無関係となるように作用する。森林渓流において、渓畔植生由来の植物リターは落葉破碎食者（シュレッダー）の餌資源となるだけでなく、パッチ状に堆積して様々な水生昆虫種の生息場所となる。

本研究は、渓流の淵に形成されたリターパッチに生息する様々な昆虫種について、パッチ面積と生息密度の関係を明らかにすることを目的とする。本要旨では、現時点で得られている結果を報告する。

2. 方法

多摩川水系の2次河川である小坂志川を調査地とし、2014年12月、2015年3月、6月の3回、野外調査を実施した。渓流の淵に形成された様々な面積のリターパッチ 24~45 個にリターバッグを設置し、

4~7日後に回収した。リターパッチは、淵の中央部付近に形成される淵央パッチのみを対象とした。バッグに定着していた昆虫を同定、計数し、各種について面積 - 密度関係を解析した。リターバッグの設置時および回収時には、パッチのサイズ、形状、構成、位置に関わる様々な環境条件を測定した。

3. 結果

これまでに解析が終了している、2014年12月の調査における60%のリターパッチのサンプルについて、各種の面積 - 密度関係を解析した。渓流のリターパッチに生息する昆虫には、パッチ面積と生息密度の関係が正となる種、負となる種、無関係な種のすべてが存在した。ヒラタカゲロウ科、クロカワゲラ科、ミドリカワゲラ科、コカクツツトビケラ種群若齢幼虫では正の傾向、トビイロカゲロウ属、ヤマガタトビイロトビケラ若齢幼虫では負の傾向が認められ、オナシカワゲラ科、コカクツツトビケラ種群のサトウカクツツトビケラ終齢幼虫では無関係であった（図）。

各パッチの面積と水深との間には正の相関、各パッチの面積と周囲長：面積や、岸までの距離：川幅との間には負の相関が認められた。したがって、観察された面積 - 密度関係は、パッチ面積以外の環境要因の交絡による可能性がある。今後、パッチ面積以外の環境要因の影響を検討するため、全サンプルの処理後に重回帰分析を行う予定である。大会ではその結果も含めた上で、各種について移動様式を踏まえ、面積 - 密度関係を生じる要因を考察する。

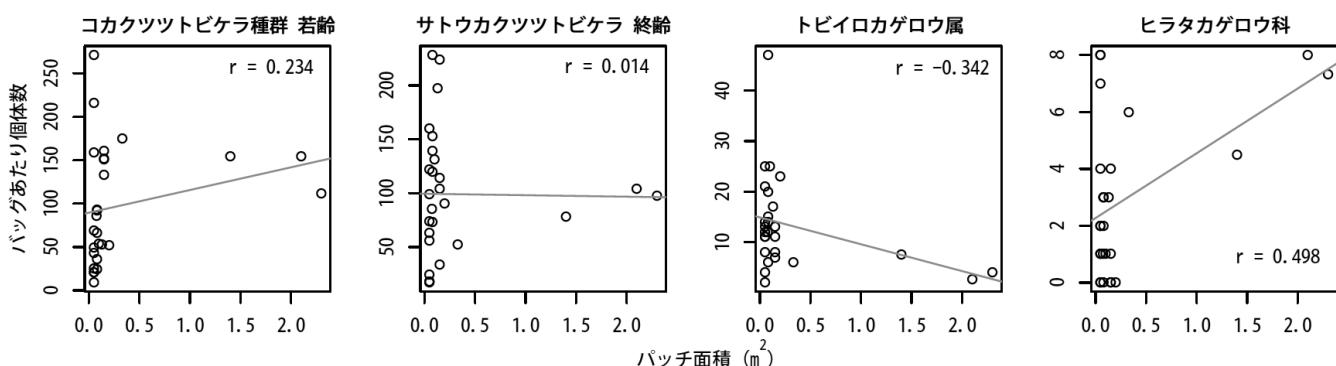


図 淀のリターパッチに生息する水生昆虫各種における面積-密度関係

*辻 英樹, 高津文人, 佐藤貴之, 伊藤祥子, 林誠二 (国立環境研究所)

1. はじめに

福島県浜通り北部では、福島第一原発事故以降、山林部に沈着した放射性 Cs が河川を通じて徐々に下流へ運搬されている。中でも、この地域の主要河川である宇多川では、上流にある松ヶ房ダムが放射性 Cs 濃度の高い流入土砂をダム湖内部に貯留していることから、今後放射性 Cs の蓄積量増加に伴う流出負荷への影響が懸念される。そこで本研究では、松ヶ房ダム底質中における放射性 Cs 濃度の鉛直分布の時空間的な変化について調査を行った。

2. 方法

図 1 に示す上流(St.1)・中流(St.2)・下流(St.3)の 3 地点において不搅乱柱状コア(内径 11 cm, 長さ 16~42 cm)を 1 本ずつ採取した。採取日は 2012 年 11 月 22 日(St.3 のみ)、2013 年 10 月 24 日(St.1~3)、2014 年 11 月 20 日(St.1~3)であった。底質コアは、鉛直に 1~3 cm 間隔でスライスを行い、凍結乾燥および 105°C 炉乾により乾燥密度(g/cm³)を測定し、さらに 90 mL 容 U-8 容器に充填してグルマニウム半導体検出器により乾燥土壤の ¹³⁷Cs 濃度(Bq/kg)を分析した。

3. 結果と考察

底質の乾燥密度は 2013 年・2014 年ともに流下方向に小さくなる傾向が見られた(図 2)。また、¹³⁷Cs ピーク濃度は下流ほど高かった(図 3)。微細粒子ほど重量あたりの ¹³⁷Cs 濃度は高くなることから(He and Walling, 1996)、以上の結果は、流下過程に伴い、流入した懸濁物質のうち微細な粒子が下流に堆積したことを表していると考えられた。一方、¹³⁷Cs 濃度がピークを示す深さは、特に St.3 では 2012 年から 2013 年にかけて沈み込む傾向が見られたが、2014 年の濃度ピークは 2012 年とほぼ同じ深さであった(図 3)。また、コアサンプルの ¹³⁷Cs 量は 2012 年から 2013 年にかけて増加傾向が見られたが、2014 年では 2012 年とほぼ同じレベルであった(表 1)。したがって、底質中の ¹³⁷Cs 鉛直分布は狭い空間スケール

内でも顕著なばらつきがあることが示唆された。

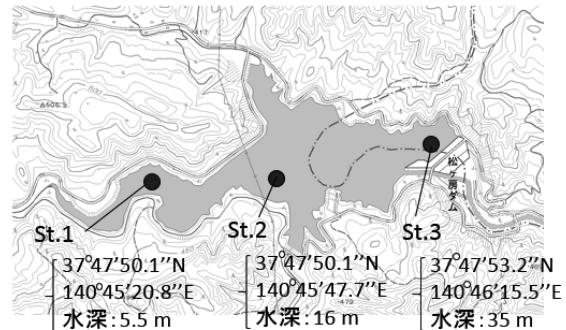


図 1 コアサンプルの採取地点

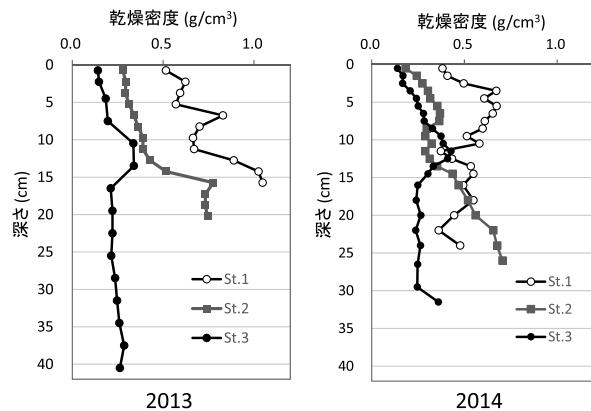


図 2 松ヶ房ダム底質の乾燥密度の鉛直分布

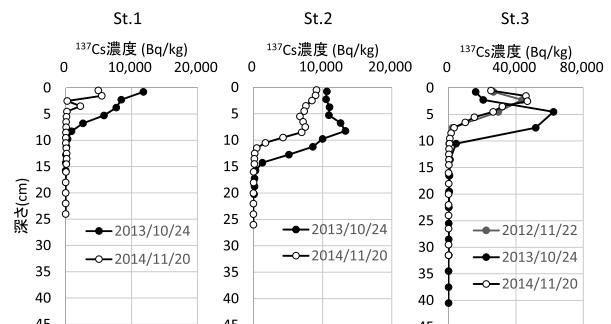


図 3 松ヶ房ダム底質中の ¹³⁷Cs 鉛直分布

表 1 底質中 ¹³⁷Cs のインベントリ

	単位: kBq/m ²		
	St.1	St.2	St.3
2012年			434.3
2013年	335.3	484.6	703.2
2014年	53.8	228	409.6

*野原精一・亀山哲・玉置雅紀（国立環境研究所）、
金山 進（五洋建設技術研究所）

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質は地表や水界等に沈着し、更に湖水中や底質へ移行した。特に山岳地域の閉鎖性貧栄養湖ではその汚染が長期化するため水理・水質を考慮した放射性セシウム濃度の陸水学的な研究が求められている。そこで、福島県金山町沼沢湖のヒメマスの放射性セシウム汚染の長期化問題を解決するために、水理・水質を考慮した陸水学的調査研究を行った。現地調査は福島県内水面水産試験場、沼沢湖漁業協同組合の協力で遂行された。

2. 調査地及び方法

阿賀野川の支流、只見川の右岸より約1kmの距離にある沼沢湖（沼沢沼）は約5000年頃に火碎流噴火を起こした小型のカルデラ湖である。湖の水面高度474m、湖岸線7.5km、面積2.98km²、最大深度96.0m、平均深度は60.4mで湖岸は非常に急深である。湖と只見川の二つ落差を利用して昭和27年より揚水発電が行なわれていた。災害で2011年に停止していたが2014年から再開している。

国土地理院地形図数値情報から沼沢湖の集水域の区分及び集水域面積を計算し、更に表層流路図を作成した。8月及び9月にはGPS魚群探知機

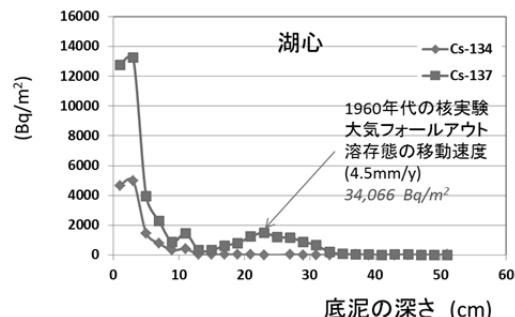
(LOWRANCE, HDS5 GEN2) を用いて、水深、位置、魚類の有無を約800ヶ所観測し、水深図を作成した。水位は、水位計(HOBO)を水位標に固定し、30分毎に観測し大気圧で補正し求めた。この水深データを元に後に揚水発電の評価を行った。沼沢湖の実測水深および実際の揚水パターンでの検討を行った。2014年8、9月の測深データから50m×50mの水深データを作成し、文献(倉沢ら、1963)に記載のデータ1962年8月の測定結果を採用した。日射等による熱収支は無視して計算を行った。

採水調査は2014年4月より10月まで5回実施した。湖水は0、5、10、20、40、60、80、90mの各水深でニスキン採水器(20L)を使って採水し、只見川、流入河川(前ノ沢)で表層水を採水した。多項目水質計(東亜DKK)を用いて水質を測定し、水温、電気伝導度及び水深はCTD(YSI, CastAway)を用いて毎月測定した。湖水をGF/Fで濾過してメタノ

ール抽出してChl-a量を比色分析で求めた。SS量は同じくGF/Fフィルターで濾過して重量法で計測した。植物プランクトンは各水深別に採水し、ルゴール液で固定した後、濃縮して検鏡した。動物プランクトンは目合い200μmの直径40cmのネットを0~20mの水深の垂直引きを行い、シュガーホルマリンで固定して検鏡した。湖心と沿岸のブイに、直径10cm長さ50cmの塩ビ管を水深20mに4本係留し、沈殿物を回収した。全ての沈殿物は、ビーカーに移し90°Cで乾燥して重量法で求めた。蒸発乾固した沈殿物は蒸留水で回収してU-8容器に移して、ゲルマニウム検出器で放射性セシウムを分析した。8月には現場測定型の粒度分析計(LISST-100x)にて水深別に粒径分布を現地観測した。10月には底泥を内径5.4cmの佐竹式コアサンプラーを用いて湖心と沿岸で不搅乱の柱状サンプルを採取して、実験室に持ち帰り層別に切り分け、生重量、乾重量を測定後、U-8容器に詰めて、放射性セシウムを分析した。

3. 結果及び考察

2014年には年間500g/m²の沈殿物があった。沼沢湖の湖心と沿岸で底質コアを採取し、放射性セシウムのインベントリー(4.3万Bq/m²)を明らかにした(図)。底泥表層から約20cmに火山灰層と¹³⁷Csのみが見出された。文献(山元、2014)によると6世紀(1500年前)の榛名テフラと推定され、堆積速度は約0.14(mm/y)となった。更に、¹³⁷Csのピークがあり、1963年頃の核実験時期のフォールアウト(当時約3.4万Bq/m²)のピークと確認された。一般には移動しないとされる放射性セシウム¹³⁷Csはここではセシウムが溶存態として移動する(4.5mm/y)と推定され、沼沢湖では地下水と共に¹³⁷Csが極わずかの速度で下方に移動することが初めて確認された。



*吉村真由美（森林総合研究所・関西支所）、赤間亮夫（森林総合研究所）

1. はじめに

2011年3月に福島沖で起きた地震及びそれに伴って発生した大津波によって、太平洋に面している福島第一原子力発電所(FDNPP)は大きな打撃を受け、その結果、大量の放射性物質が大気中に放出されました。FDNPPから放出された放射性物質は数百キロメートルも遠く離れた場所にまで広がり、広範囲の森林・土壤・草地・湖沼・河川などを汚染しました。

放射性物質による汚染は生物に何らかの形で影響をもたらしますが、その現れ方は分類群によって異なるようです。しかし、放射性物質による生態学的な影響について、分かっていないことが多く、溪流魚の主な餌となる水生昆虫に関しては放射性物質による汚染に関する研究はほとんどありません。

溪流魚や水生昆虫は、溪流生態系の主要な構成要素です。また、溪流魚は釣りレジャーの主要な対象魚種であり、食物として消費されることもあることから、魚の放射能汚染除去は喫緊の課題となっています。しかし、国の安全基準値(100Bq/kg)を上回っている放射性セシウムを含んだ魚が、FDNPPから数百kmも離れたところでも見つかっており、一日も早い汚染の解消が待ち望まれています。中禅寺湖に生息している魚：ブラウントラウトもその一つです。昨年度、この中禅寺湖に流入している河川における水生生物の放射性物質による汚染について、発表いたしました。湖に生息するブラウントラウトの放射性セシウム濃度は河川に生息するものより高い濃度の放射性セシウムで汚染されていました。ブラウントラウトの高い濃度は湖の比較的深い所に生息するけいこうがあるというこの魚の特性と関係して

いるのではないか、と推測されました。そこで、この中禅寺湖から流出している唯一の河川：大谷川に生息する水生生物の汚染度を調べ、湖からの放射性セシウムの流出度合いを推察しました。

2. 方法

栃木県奥日光中禅寺湖から流出する唯一の河川：大谷川において2箇所、大谷川に下流で合流する近隣の河川にて1か所および足尾地区の久蔵川1か所において、2014年に3回、藻類・落葉・底砂・水生昆虫のサンプル採取を行い、放射性セシウム濃度を測定しました。これらの調査地点における空間線量率は0.05–0.11 μ SV/h（採取時）でした。

3. 結果

流出河川の水生生物の放射性セシウム濃度は若干高い傾向を示しましたが、中禅寺湖から大量の放射性セシウムを含んだ物質が流れ出ているような現象は検出されませんでした。また、水生生物の汚染度は分類群によって異なっていました。

中禅寺湖から大量の放射性セシウムを含んだ物質が流れ出ているような現象は検出されなかったため、中禅寺湖およびその流下河川の汚染は長期間続くと予想されます。

*井上源喜（大妻女子大学・社情）、川野田實夫（大分大学名誉教授）、日田市環境課

1. はじめに

大分県の日田市は温泉地で水郷の里と呼ばれている観光地であるが、1987年頃より川面に泡状物質が漂い景観を損ね問題になっている。冬季の日本海沿岸では波の華と呼ばれる大量の泡状物質の発生が風物詩となっているが、中善寺湖、四万十川、宇治川および筑後川などでも大量の泡状物質が観測されている。泡状物質の原因としては水生植物や陸上植物の落葉などから溶出する多糖類が関与しているとされている。また、南極マクマードドライバーの湖沼でも夏期の湖岸に顕著な泡状物質がみられ、バイオマーカーの特徴より湖岸などに広く分布するシアノバクテリアに由来することが報告されている (Matsumoto *et al.*, 1985)。最近、登別温泉の大湯沼（水温 49.8°C）の湖岸にも泡状物質がみられ、分岐脂肪酸がかなり多く含まれ真正バクテリアの寄与が大きいことが明らかになった (井上智ら, 2014; 井上, 2014)。本研究では日田市地域の筑後川水系（三隈川水系）における泡状物質の起源を明らかにするために、本水系の調査を行い泡状物質と藻類懸濁物を採取し、それらに含まれる脂質バイオマーカーの分析を行い、それらの特徴を明らかにし起源生物の解明を試みた。

2. 材料と方法

日田市地域の三隈川水系の大山川、玖珠川および高瀬川における現地調査を、2015年2月3~4日に実施し、泡状物質と浮遊藻類試料を採取した。試料採取はステンレスパイプをつけたヒャクヤスパチュラを用い、ガラス瓶(100 mL)に採取し冷凍保存した。バイオマーカーの分析は Matsumoto *et al.* (1979, 1982, 2003) の方法に準じて行った。泡状物質および藻類懸濁物を含む試料は塩酸酸性(pH<2)にし酢酸エチルで抽出した。酢酸エチル抽出液は乾固後 0.5M KOH/メタノールでケン化(80°C, 2時間)し、塩酸酸性(pH<2)にしてから酢酸エチルで抽出した。抽出液は濃縮後、シリカゲルカラムクロマトグラフィーにより、ヘキサンで炭化水素画分、酢酸

エチルで極性画分(脂肪酸、ステロール等)を得た。極性画分は 1/2 をジアゾメタンエチルエーテル溶液で脂肪酸メチルエステルとし、残り 1/2 はステロールトリメチルシリル (TMS) 誘導体とした。バイオマーカーの測定は JEOL JMS 1000 GC/MS で行った。

3. 結果および考察

三隈川水系における泡状物質の成因を明らかにするために、これらに含まれるバイオマーカーの炭化水素、脂肪酸およびステロールの分析を行った。非環式炭化水素は奇数炭素優位の *n*-アルカンが卓越し、分岐アルカンと一部の試料では unresolved complex mixture of hydrocarbons (UCMH) がみられ、生物起源の炭化水素と石油関連物質による汚染性の混合物であることが明らかになった。トリテルパンおよびステランは熱変性を受けた一連の化合物が検出され、UCMH の存在と合わせて石油関連物質による汚染性の炭化水素がかなり多いと判断される。脂肪酸は短鎖の *n*-アルカノイック酸(*n*-C₁₆)および/または *n*-アルケノイック酸(*n*-C_{16:1}, *n*-C_{18:1})が主成分で、少量の長鎖 *n*-アルカノイック酸と分岐脂肪酸が検出され、藻類の寄与が大きく、維管束植物と真正バクテリアの寄与は少ないとみることができる。ステロールは C₂₇~C₂₉ ステノールおよびスタノールが検出されたが、コレステロールのみが主成分で、藻類(珪藻を除く)の寄与が大きく維管束植物や珪藻の寄与は小さかった。これらの結果より、泡状物質の生成には藻類の寄与が大きく、維管束植物や真正バクテリアの寄与は小さいと考えられる。

今後はさらに大山川上流や玖珠川上流を含め、三隈川水系のバイオマーカーおよび懸濁物などの詳細な調査研究を実施することが必要である。特に懸濁物質は河川水の透明度を低下させるため、成因の解明が必要である。一方、光合成色素やカロチノイド等の色素の研究も藻類群組成の判定に重要な情報を見出せるものと思われる。これらの研究成果が三隈川水系における泡状物質の消失および水質の改善の糸口になればと期待している。

3B09

Web 公開不希望