

*吉崎 えり奈(東大院・農), 及川康子・高村典子(国立環境研究所)

1. はじめに

ため池には、水生生物および生活史の一部で水域を利用する生物が多種生息しているが、近年では多くのため池でブルーギルやアメリカザリガニといった外来生物が確認されるようになり、在来生態系への影響が懸念される。しかしこれらの外来種の影響は、実験的手法により単独種ごとに評価されていることが多く、複数の種が同時に存在することで生じる複合的な影響は明らかになっていない。そこで本研究では、外来生物が複数種侵入することにより在来生態系が被る影響を明らかにすることを目的とし、まず、先行研究により得られている兵庫県ため池生物の定量データを解析した。併せて、外来種の複合的影響を食物網構造に着目して評価することを目的とし、外来種の侵入状況ごとにCNマップを作成して複数の外来種による影響を明らかにする。

2. 材料と方法

【ため池生物定量データ解析】2006年・2007年に兵庫県の64のため池を対象に行われた定量調査による。64の池は(A)未侵入[8池]、(B)アメリカザリガニ侵入[13池]、(C)ブルーギル侵入[27池]、(D)アメリカザリガニ+ブルーギル侵入[16池]に分類できた。ベントス255種に関するデータがあり、本研究では主に二元配置分散分析を行った。

【安定同位体解析】サンプリング期間は2010年5月12日から18日。調査対象地は兵庫県東播磨地方ならびに西播磨地方のため池のうち、12のため池を任意で選択した。調査器具は定置網・カメかご・タモ網・サデ網・プランクトンネットで、定性的に採集した。生物採集項目は魚類・甲殻類・貝類・甲虫類・ベントス・付着藻類・動植物プランクトン。水質測定項目は水温・pH・EC。生物サンプルは冷凍保存ののち、研究室にて凍結乾燥・脱脂・粉碎し、元素分析計EA1110、質量分析計Delta plusを用いて窒素安定同位体比および炭素安定同位体比を測定した。

3. 結果

【ため池生物定量データ解析】ミズムシ亜目の湿重量は、アメリカザリガニもしくはブルーギルの侵入により減少するが、両種が侵入していることで減少が緩和された(図1)。一方、モトムラユリミズなど、それぞれの侵入では増加するが、両種の侵入では増加が緩和される種もあった。このように外来種が複数種になることで在来種への影響が負から正へ、もしくは正から負へ変化することが示され、外来種の複数種侵入は相乗的効果があると推察される。

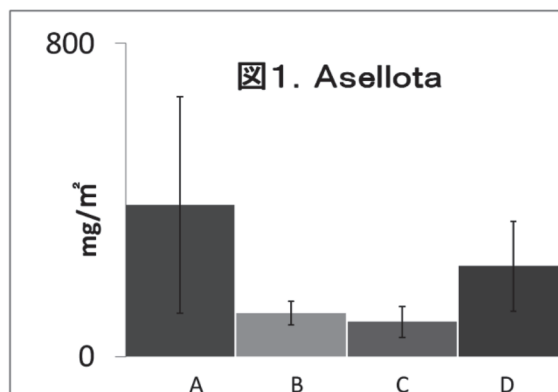


図1.4タイプの池についてのAsellota(ミズムシ亜目)の湿重量。(A)未侵入、(B)アメリカザリガニ侵入、(C)ブルーギル侵入、(D)アメリカザリガニ+ブルーギル侵入。

【安定同位体解析】安定同位体比の測定調査対象とした12のため池では、アメリカザリガニのみ侵入していたため池はあったが、ブルーギルのみ侵入していたため池はなかった。また、クサガメ(在来か外来かの区別が不明)とヤゴが各ため池で採集されたが、それ以外の生物相はため池ごとに異なっていた。水質項目はため池間で大きな差は無く、大まかな環境項目では12のため池が比較可能な程度に均一であった。安定同位体解析の結果はポスターにて報告する。

*中村圭司・高島和希（岡山理科大学・総合情報）

1. はじめに

アカネ属のトンボは、そのほとんどが年一世代発生する生活史を持ち、休眠卵の状態越冬して春に孵化する。アキアカネ (*Sympetrum frequens*) は初夏に成虫が羽化し、山などで夏を越した後、晩秋に平地へ移動して産卵する。

多くの昆虫の休眠期間には、同種であっても地理的変異が存在するが、移動能力が高く産卵時期の遅いアキアカネでは、地域個体群間の変異が小さくなる事が予想される。一方で、水田などの生息環境が変化しやすい一時的な水域に産卵を行なうことから、同一個体群内にさまざまな性質をもった卵が存在する可能性が考えられる。本研究では、日本各地で採集したアキアカネの卵を、異なる光周期と温度条件の下に置いて卵期間を比較することで、休眠による季節適応の地理的な変異と個体変異について明らかにすることを目的とする。

2. 材料と方法

2008年と2009年の10月に北海道、青森県、広島県、熊本県でアキアカネのメス成虫を採集し、産卵させた。卵を25°C、20°C、15°Cの16L-8D（明期16時間・暗期8時間）または12L-12Dの計6条件で飼育し、孵化した幼虫数を週に2回の頻度で記録した。

3. 結果

全ての採集地点と光周期条件において、25°Cの卵期間が最も短くなった。広島については、温度が低くなるほど卵期間が長くなる傾向があったが、それ以外の場所では明確な傾向は認められなかった。地域間で比較したところ、25°Cでは北海道と青森の卵期間が低緯度の2地点より短くなったが、20°Cと15°Cでは明確な傾向は認められなかった。

各個体群内について、親ごとの卵期間を比較したところ、いずれの条件においても個体間の大きなば

らつきが認められた。また、同一の親が産んだ卵についても、孵化までの期間が大きく異なり、特に低温下で顕著であった。

4. 考察

昆虫の休眠期間は初期深度と休眠発育速度の関係で決定され、一般的に低温は休眠発育を促進する。今回、最も水温の高い25°Cで卵期間が短くなったことから、アキアカネの卵休眠では比較的高い温度でも休眠発育が進行すると考えられる。特に、冷涼な気候の2地点では、産卵後に卵が高い水温を経験する期間が短いため、高温条件下で休眠発育を遅くする選択圧を強く受けていないと考えられる。

20°Cと15°Cでは、卵期間に緯度に応じた地理的な傾向は認められなかった。アキアカネは晩秋に産卵を行なうので、卵はすぐに低温下で春の訪れを待つことになる。そのため、緯度に応じた変異が確認されなかったものと考えられる。一方、親によって卵期間には大きな個体差がみられ、同一の親でも孵化開始から最後の卵の孵化までに長期間を要した。環境変化の大きな一時水域における全滅のリスクを軽減するための適応である可能性が考えられる。

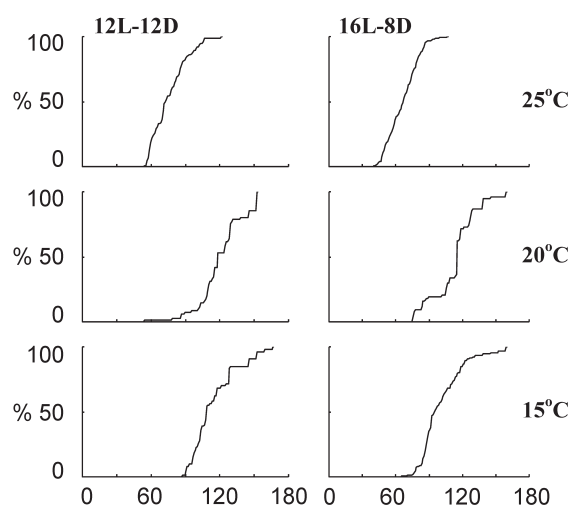


図. アキアカネの卵期間に及ぼす温度と光周期の効果（北海道）

江ノ川水系神野瀬川の支流における、河川環境と 河川底生昆虫の関係について

*松浦 葵 (広島大学院・生物圏科学研究科)

1. はじめに

河川は、人類にとって利水・治水の対象として長きにわたって共存してきた。近年、利水・治水だけでなくレジャーや教育、環境保全、生態系保護等、河川利用の多様化が進んできている。

そこで、治水やレジャー等で利用される機会の多い溪流環境に的を絞り、植生や河川形態等の河川環境と、そこに生息する、種数が豊富で生息範囲が広いユスリカを主とした河川底生昆虫との関係を調査し明らかにすることを通じて、工事などの人間の活動による河川環境の改変が与えるであろう、河川底生昆虫をはじめとした河川生態系への影響の予測や、河川底生昆虫を指標生物とした河川評価などの、将来的な応用も考えながら、河川環境と河川底生昆虫との基礎的な知見を得るために本研究を行った。

2. 材料と方法

広島県山県郡北広島町高野阿佐山を起源とし日本海に注ぐ江ノ川水系の神野瀬川の支流、計 10 地点を調査地点とし、そこで河川底生昆虫を定量採集した。そして、各調査地点周辺の河川形態と植生を計測し、得られた情報と、採集された河川底生昆虫との関係を春期・夏期・秋期・年平均の 4 つの期間に分けて調べた。

3. 結果

ユスリカ幼虫と淵の関係は、春期、夏期、年間平均において、ユスリカ幼虫の個体数と、淵の数との間に相関がみられた。

ユスリカ幼虫と落葉広葉樹の関係は、ユスリカ幼虫の個体数と落葉広葉樹の本数を比較すると、どの期間においても有意な相関は見られなかったが、ユスリカ幼虫の個体数と、河川における淵の占める割合に対する落葉広葉樹の本数を比較すると、春期、夏期、年間平均において、相関がみられた。

種が特定できたユスリカの種数と淵の数との間には有意な相関は確認できなかった。

4. 考察

以上の結果を踏まえると、淵が多くなることにより、川の流れや河床の構造が多様になり、また、落ち葉など河川外に由来する物質をより多く蓄積することなどが考えられ、それがユスリカ幼虫のみならず他の水生昆虫にとっても、餌や生息環境などを多様化させることとなり、結果として個体数を伸ばす原因となったと考えられる。また、ユスリカと淵や落葉広葉樹といった河川環境との間に相関が認められたことから、河川評価として河川底生昆虫を利用することの足がかりになるかもしれない。

—シクリッド魚類のマイクロハビタット指標として—

*篠原 耕平（龍谷大学・院），丸山 敦（龍谷大学・理工）
大塚 泰介（滋賀県立琵琶湖博物館）

はじめに

生物多様性を大きくする要因の1つとして、同じ資源を用いる複数の種が同所的に存在していることが挙げられる。マラウイ湖には300種以上の藻類食シクリッド魚類が生息しており、多種共存機構の研究材料として利用されている。シクリッド魚類の食性研究として、行動観察、胃内容分析、安定同位体比分析などが行われ、シクリッド魚類の摂食角度がニッチの細分化に関係していると考えられている。そこで、消化管内容物でも同定が可能である、また、付着基質、付着角度などによって種組成が影響を受ける珪藻をマーカーとして胃内容分析に組み込むことで、シクリッド魚類の摂食角度を推定できる可能性が高い。

2009年の陸水学会大分大会で、マラウイ湖の岩礁沿岸帯の珪藻植生の一部を示し、また、付着角度によって珪藻の種組成が異なることも示唆された。本研究では、電子顕微鏡を用いることで、より正確な珪藻の植生と空間分布を明らかにし、礫表生付着藻類を摂食するシクリッド魚類の胃内容分析において珪藻の種組成が摂食角度の指標になる可能性を示した。

材料と方法

マラウイ湖は、アフリカ大地溝帯の最南部（亜熱帯）に位置する不完全攪拌湖である。世界有数の古代湖であり、付着藻類食のシクリッド魚類は300種を超えるとされる。

試料は、2006年7～9月および2008年8月に、岩礁沿岸帯7地域で潜水による採集を行った。各地域の水深3, 5, 7m地点において、浮き岩の上面（0°）、側面（90°）、下面（180°）から定量採集した。試料は酸処理を行い、永久プレパラートを作成し光学顕微鏡下（×1000）で同定した。また、必要に応じて走査型電子顕微鏡を用いて、珪藻の殻の詳細な微細構造を観察した。さらに、珪藻

の殻を400枚計数し、付着角度と珪藻の種組成の関係を正準判別分析により検討した。

結果と考察

観察された付着珪藻は、27属75種であった。種数が多い属は、*Afrocybella* 属（5種）、*Encyonema* 属（7種）、*Gomphonema* 属（6種）、*Nitzschia* 属（5種）、*Sellaphora*（8種）の5属であった。属レベルでアフリカ以外から報告されていない *Afrocybella* 属や、やはりアフリカ以外では稀にしか報告されていない *Gomphonitzschia* 属が見られた。さらに、マラウイ湖の珪藻植生の先行研究（Müller 1903-1910）や、同じく東アフリカの古代湖であるタンガニーカ湖よりも、珪藻の種数がすくない結果になったが、岩礁沿岸帯やセディメントなどの採集環境の違いが大きく影響していると考えられる。

付着角度によって、珪藻の種組成が異なった。礫の上面では、浮遊生活が主体の *Aulacoseira* 属などが、側面、下面には、*Cocconeis* 属など基質に付着する生活が主体の種が付着角度の指標に選ばれた。付着角度によって珪藻の種組成が異なることから、ニッチ分割の研究が盛んなシクリッド魚類の消化管内容分析において、摂食角度の指標として用いることができると期待される。しかし、胃内容分析への実用化にあたっては、珪藻群落の遷移段階や捕食圧の強さによる種組成の変化、シクリッド魚類の種ごとの摂食角度の安定性など、幾つかの課題がある。

P-040 旭川中流域に生息するアカザ (*Liobagrus reini*) の食性について

※撫養昂己・遠藤万美子・齋藤達昭・桑澤清明(岡山理大・理)

中村圭司(岡山理大・総合情報)・柏雄介(岡山淡水魚研究会)・吉鷹一郎・若林大喜(関西高校)

1. はじめに

アカザ(*Liobagrus reini*)はナマズ目アカザ科の夜行性の礫河床に生息する底生魚で、食性は水生昆虫を中心とした動物食である。鱗はなく、体色は暗褐色または明るい赤褐色で四対の口ひげを持ち、背びれと胸びれの第一刺にマヒ性の毒を持っている。側線は不完全なため遊泳能力が低く、急流での生息は難しいと考えられる。全国版と岡山県版レッドデータブックで絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。

本研究室では11月1日岡山市民と協働してアカザの生態調査を岡山市立竹枝小学校(岡山市北区建部町)の横の旭川分流部約200 m区間を堰止めて行った。その際、一部のアカザを固定し、胃の内容物について調べたので、今回報告する。

2. 調査場所と実験方法

今回調査をした分流部は、上流から早瀬が大部分をしめるA地点、流れがゆるやかな淵であるB地点、平瀬が大部分をしめるC地点、再び早瀬になっているD地点に分けて調査を行った。

固定したアカザは、捕獲されたアカザ852個体のうちA地点とD地点のアカザ75個体をランダムに選択しエタノールで固定した。液浸標本の魚の口径や体長を測った。その後、解剖を行い、摘出した胃の内容物を個体別に同定した。内容物に含まれる水生昆虫の同定は、確実に属レベルの同定ができるものを対象とした。

3. 結果と考察

捕獲されたアカザの分布は、A地点344、B地点17、C地点175、D地点316であった。早瀬が多く分布している領域にアカザが生息していることがわかった。また、体長は4.1~9.5 cmの体長を示す個体群であった。一方、調査地点別の水生昆虫の生息割合では、B地点ではカゲロウ目が50%を、コウチュウ目がそれに続いた。それ以外の地点ではコウチュウ目が全

体の約4割近くを占め、残りはカゲロウ目やトビケラ目となった。アカザの胃の内容物では調査地点のすべてで確認されたヒラタドロムシをあまり捕食せず、カゲロウ目・トビケラ目をよく捕食する傾向が明らかになった。カワゲラ目やハエ目は生息割合が少ないにもかかわらず、胃の内容物では比較的多くの個体が見られた。

さらに、胃の内容物で見つかったカゲロウ目を属ごとに同定し数えた結果、ヒラタカゲロウ属・タニガワカゲロウ属・コカゲロウ属、トビイロカゲロウ属が同定された。8 cm以上のアカザになると、トビイロカゲロウ属がみられるようになった。トビイロカゲロウ属はB地点で特異的に多く生息している。もしかすると、8 cm以上の遊泳力にあるアカザは、B地点まで移動しトビイロカゲロウ属を捕食してするが、小さいアカザは遊泳能力が低いので、活動範囲が狭くトビイロカゲロウ属を捕食する確率が低いのではないかと思われる。

同様にトビケラ目を同定すると、オオシマトビケラ属・ヒゲナガカワトビケラ属・コガタシマトビケラ属・ウルマーシマトビケラが捕食されていた。7 cm以下のアカザでは小型のコガタシマトビケラ属やウルマーシマトビケラを多く捕食していた。8 cm以上のアカザでは大型のオオシマトビケラ属やヒゲナガカワトビケラ属を好んで捕食していた。7 cm以下のアカザの口径は3~4 mm以下であるので、オオシマトビケラ属やヒゲナガカワトビケラ属のような大型のトビケラを捕食することは困難であると考えられる。

今後は、かいぼり調査を行った秋のみならず、季節によるアカザの食性についても明らかにしていきたいと考えている。

旭川かいぼり調査の準備等に協力してくださった竹枝地区の皆様はこの場を借りて感謝いたします。

*大林夏湖, 程木義邦, 小林由紀, 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

近年, 多型的な遺伝子座を用いた遺伝子型の解析により, *M. aeruginosa* には多様な遺伝子型が見られ, 遺伝子型の構成は水域やブルームの時期によって異なることが明らかとなりつつある. このような解析には, 大別して, 培養株を用いた手法 (16S-23S rDNA Internal Transcribed Spacer (ITS) 領域, MLST 解析) と, 採水したサンプルからラン藻の DNA を直接増幅し評価する手法 (DGGE 法やクローニングによる Clone library 解析) が用いられている. しかし, これらによって得られた遺伝子型の多様度は手法により異なる.

本研究では *Microcystis* 属の分子生物地理学的情報が少ない西日本の湖沼を対象とし, 単離培養株を用いた種内系統解析とともに, 採水サンプルから *M. aeruginosa* の clone library を作成し遺伝的多様性を評価した.

2. 材料と方法

2009年7-11月に西日本の8県14か所(滋賀県・琵琶湖(南湖, 北湖)及び伊庭内湖, 静岡, 大分, 熊本, 佐賀, 福岡, 長崎, 愛媛各県と, 京都大学生態学研究センター内の実験池)からサンプルを採取した. 遺伝子型の解析には以下の2つの手法を用いた.
培養株: 実体顕微鏡下でサンプル中から *M. aeruginosa* のコロニーを採取し CT 培地を用いて培養を行った. コロニーサイズが十分に大きくなったものから改変 CTAB 法により DNA 抽出を行った(培養株). PCR によりミクロキスティン産生遺伝子の一部である *mcyG* 遺伝子の有無を確認するとともに, ラン藻類に特異的なプライマーを用い, ITS 領域の塩基配列を決定し, 遺伝子型の特定と系統樹の作成を行った.

Clone library 解析: 採水したサンプル中のセストン

を GF/F フィルターで濾集して DNA を抽出(採水サンプル)し, ラン藻に特異的なプライマーで PCR 増幅を行った後クローニングを行った. それぞれのサンプルでポジティブコロニーを 50-100 個採取し, DNA 断片の配列を決定し clone library の遺伝的多様性の評価を行った.

3. 結果と考察

培養株の遺伝的多様性と系統関係: 合計 150 株, 36 遺伝子型が確認され, 遺伝子型数は, 琵琶湖南湖で最も高く (44.8%), 伊庭内湖が最も低かった (8.3%). また系統樹を作成した結果, 各クラスターには西日本の様々な地点の遺伝子型が混在しており, 地理的分化は見られなかった.

培養株と clone library の遺伝子型多様性比較: 5 地点のサンプルで比較を行った結果, 培養株よりも clone library で遺伝子型が多く検出される傾向があった. またいくつかの水域では培養株で検出された遺伝子型のほとんどは, clone library の遺伝子型に含まれた(大分, 佐賀, 長崎). しかし琵琶湖では, 培養株と clone library で共通する遺伝子型がみられなかった. これは琵琶湖の *M. aeruginosa* の遺伝的多様性が他の水系に比べ高い可能性を示唆している.

以上の結果から, (a) 環境中の *M. aeruginosa* は多様な遺伝子型で構成される, (b) 単離の際バイアスが働く, (c) (a)と(b)の程度は水域の種類や時期によって異なる可能性が示唆された.

*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.

發
表
辭
退

*岡崎友輔（京大生態研セ）、藤田健吾（愛媛大農学研究科）

岡村嵩彦、森裕美、近藤竜二（福井県大海洋生物資源）

中野伸一（京大生態研セ）

はじめに

湖沼や海洋のプランクトン食物網において、微生物ループは重要な物質循環系である。これまでの微生物ループ研究の多くは、酸素発生型の有機物生産を行なう植物プランクトンが起点となる系においてのみ行なわれており、酸素非発生型の有機物生産を行なう生物を起点とする嫌気環境下の微生物ループの研究は未だ少ない。また、細菌と小型鞭毛虫の食物連鎖についての情報はかなり蓄積されているが、繊毛虫については比較的データが少ない。特に後生動物プランクトンが存在できない貧酸素環境では、微生物ループにおける繊毛虫の役割は重要であると考えられる。本研究では、水柱中に好気・嫌気の対照的な環境を有する福井県・水月湖において、好気層から嫌気層にわたる繊毛虫の現存量と群集組成の変化を2年間にわたる調査から明らかにした。

材料と方法

サンプリングは2008年5月から2010年5月まで2ヶ月毎に行なった。採水は好気層(1 m)、好気-嫌気境界層(4-8 m)より1 mおきに3水深、嫌気層(10 m)の計5水深より行なった。サンプルはグルタルアルデヒドで固定し、沈澱濃縮後、観察・計数を行なった。形態に基づいて、繊毛虫は属レベルまでの同定を試みた。さらに、境界層中層より採水した湖水を5ミクロンメッシュのプランクトンネットで濃縮し直接検鏡することにより、固定処理により細胞が破壊される大型繊毛虫 *Spirostomum* の計数も行なった。

結果と考察

調査期間中、水月湖の物理・化学的環境項目の鉛直的構造は比較的安定していた。いずれの調査においても、水深4 mから8 mにかけて溶存酸素濃度が

急激に低下し、水深10 mでは無酸素状態になった。研究期間を通じて21属の繊毛虫が検出され、内12属は複数回の調査で検出された。それぞれの繊毛虫はその鉛直分布より、主に表層で検出されるもの、主に境界層上部にて検出されるもの、主に境界層下部にて検出されるもの、の3タイプに分類された。嫌気層(10 m)からは繊毛虫はほとんど検出されなかった。

鉛直分布パターンの解析の結果、細胞長70マイクロメートル以下の小型繊毛虫は好気的な環境に出現する傾向が見られたのに対し、細胞長が70マイクロメートル以上の大型繊毛虫は酸素濃度の低い境界層に出現する傾向が見られた。境界層では、好気層に多く出現したワムシ・ケンミジンコがほとんど見られなかったため、ケンミジンコのような大型動物プランクトンによる捕食圧や、ワムシのような小型動物プランクトンとのエサを巡る競争が低下すると考えられる。これらのため、境界層は貧酸素にも関わらず大型繊毛虫が出現しやすい環境であったと考えられる。

また本研究では、頻度高く検出された優占的な属と *Spirostomum* に関しては季節動態を明らかにすることができたが、それらの現存量はいずれも10倍以上の変動幅を示した。この結果より、境界層では比較的安定的な物理・化学的環境にも関わらず、生物相には大きな季節変動があることが明らかとなった。

魚類の栄養多型がもたらすプランクトン群集の変化 ： 栄養構造とストイキオメトリー

*酒井 陽一郎¹, 福森 香代子², 西松 聖乃¹, 陀安 一郎¹, 奥田 昇¹
(¹京大生態研, ² Section of Integrative Biology, University of Texas)

〈はじめに〉

種内の栄養多型は、環境変動に対する適応機構として機能するだけでなく、生態系の構造や機能に影響しうることが認識されつつある。これまで、一次生産者の種内多型が生態系の構造や機能に与える影響は報告されてきたが、高次捕食者の栄養多型が下位群集の栄養構造と資源分布に与える影響についてはほとんど明らかにされていない。そこで、本研究では、湖沼の高次捕食者となる魚類の栄養多型が、栄養カスケード効果を通じてプランクトン群集の栄養構造と資源循環に及ぼす影響を実験的に検証した。

〈方法〉

室内に設置された12基のメソコズム(容量2000L)にプランクトン群集およびベントスを含む湖沼食物網を再現し、高次捕食者としてタモロコ属魚類の密度を固定し、栄養多型頻度を操作した4処理区(プランクトン食魚区, ベントス食魚区, 混合区, 魚無し区)を設定した。実験は魚類の投入から9週間行い、系内のプランクトン群集を6つのサイズに画分して毎週採取した。各サイズ画分の生物量, C・N・P量, Chl.a濃度を測定し, 0, 3-4, 9週目のサンプルについて炭素・窒素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$)を測定した。さらに、各種栄養塩濃度も測定した。体サイズと $\delta^{15}\text{N}$ の関係式から、Jennings et al. (2002)に従って、捕食者-被食者体サイズ比(PPMR)を求めた。各種目的変数の処理区間比較には、一般化線形混合モデルを用い、AICによるモデル選択を行った。

〈結果・考察〉

捕食者の栄養多型は、プランクトン群集の体サイズ構造、栄養構造、資源循環に影響を与えた。プランクトン食魚区では、魚無し区やベントス食魚区に比べて、実験開始3週目以降に20-40 μm 画分の生物量が有意に増加した。体サイズ構造の処理区間変異は、大型動物プランクトンによる栄養カスケード効果の違いを通して、中・小型プランクトンの現存量

が変化したためと考えられる。

一方、ベントス食魚の存在は、PPMRを有意に低下させる傾向を示した(図)。低いPPMRは、同一サイズレンジ内により多くの捕食-被食関係が存在した、すなわち、栄養構造が階層化したことを意味する。また、ベントス食魚の効果は、特に40-70 μm 画分における $\delta^{15}\text{N}$ の増加とC/N比の低下をもたらしたことから、本画分には原生動物やワムシなどの動物プランクトンが優占し、微生物ループが卓越した可能性を示唆した。

他方、両方の摂食型の存在(混合区)下では、PPMRは単一摂食魚区に対して負の相乗効果を示した(図)。さらに、混合区では懸濁態リンの滞留率が高く維持される傾向を示した。これは、異なる摂餌型が半々ずつ存在することにより、中庸な栄養塩回帰とトップダウン栄養カスケードが作用する結果として、植物プランクトンの増加と生食連鎖の卓越が促進されたものと推察された。

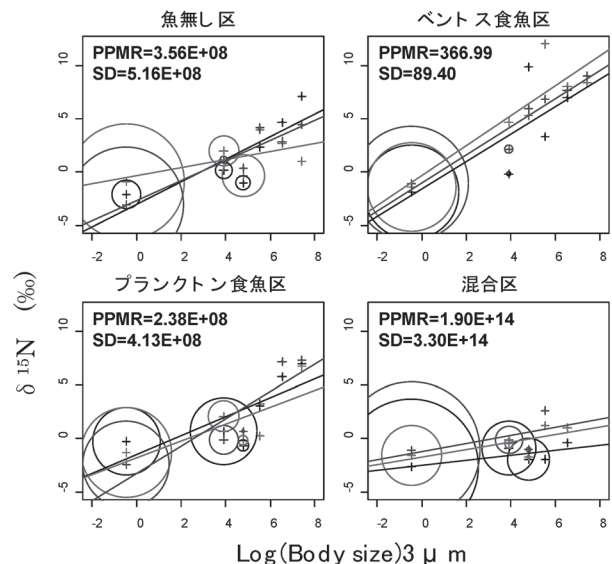


図 各処理区のプランクトン体サイズ構造と $\delta^{15}\text{N}$ の大きさ(生物量を示す) PPMR=10 (3.4/回帰直線の傾き)

*千谷久子（東大院・新領域）、西川潮（新潟大・超域）
高村典子（国環研・リスク）、山室真澄（東大院・新領域）

1. はじめに

北米原産の侵入種アメリカザリガニ (*Procambarus clarkii*) は、沈水植物を摂食・破壊することにより水域生態系全体の構造や機能を変化させる外来キーストーン種である。しかしながら、アメリカザリガニの効果的な駆除法は未確立である。外来植物を対象としたメタ解析の結果からは、外来植物は共進化の歴史を持たない侵入先の在来草食動物によって、その絶対量が抑えられることが示されている（生物的抵抗仮説；Parker & Hay 2006）。はたして、外来動物の侵入に対しても、在来捕食者による生物的抵抗が働くのであろうか？

本研究では、在来・外来の淡水棲カメ類が北米原産アメリカザリガニの管理に有効かどうかを検討した。実験には、在来種ニホンイシガメ (*Mauremys japonica*)、東アジア原産クサガメ (*Chinemys reevesii*)、北米原産ミシシッピアカミミガメ (*Trachemys scripta*) を用いた。カメのザリガニに対する影響は、主に個体数を減らす捕食効果と行動抑制効果の2つがある。アメリカザリガニは、原産地が同じアカミミガメとは共進化の歴史を持つため、相手の匂いなどからその存在をいち早く察知し、対捕食者行動が取れるものと考えられる。一方、共進化の歴史を持たないアジア原産のカメ類に対しては、アメリカザリガニは十分な対捕食者行動が取れないものと思われる。そこで本研究では、1) 在来カメ類は外来ザリガニに対する捕食効果が大きく、2) 外来カメ類は外来ザリガニに対する行動抑制の効果が大きい、という仮説を立てた。昨年の実験からは、①アカミミガメは捕食効果が大きい、②クサガメは行動抑制の効果が大きい、そして③イシガメは捕食効果と行動抑制効果の双方が大きいことが分かっている（仮説 1) と 2) を一部支持）。また、3m四方の隔離水界を用いた実験から、ザリガニによる水草破壊は、イシガメの存在下で大きく軽減されることがわかっている。

これらの背景を踏まえ、本研究では、在来カメ類は外来カメ類と比べてザリガニの水草破壊を抑制する効果が高いかどうかを明らかにするための実験を行った。

2. 実験方法

円柱形の水槽(直径 110cm, 高さ 70cm) 20 個を用い、対照区(カメ、ザリガニなし)、ザリガニ区(カメなし+ザ

リガニ 7 個体)、イシガメ区(イシガメ 1 個体+ザリガニ 7 個体)、クサガメ区(クサガメ 1 個体+ザリガニ 7 個体)、アカミミガメ区(アカミミガメ 1 個体+ザリガニ 7 個体)の 5 処理区を 4 反復ずつ、無作為に割り当てた。各水槽の底には土を敷き詰め、水草用の重りを用いてエビモ (*Potamogeton crispus*) を植栽した。

実験期間中は 1 日 1 回、残存する水草の湿潤重量、水面に浮いた水草の湿潤重量、ザリガニの生存個体数と湿潤重量を測定し、1 つの水槽で水草が全滅した 4 日後に実験を終了した。

3. 結果と考察

カメ 3 種はいずれもザリガニによる水草破壊を抑制したものの、その効果は在来種イシガメで最も高かった。このことから、外来動物の侵入に対しても生物的抵抗仮説が当てはまることが示された。また、アカミミガメ区とザリガニ区ではザリガニの生存個体数と水草減少量との間に正の相関がみられたが、クサガメ区とイシガメ区では、両者の間に統計的に有意な相関が認められなかった。したがって、アカミミガメでは、ザリガニの個体数を減少させることによる間接効果（密度媒介間接効果）、クサガメとイシガメでは、ザリガニの行動抑制を介した間接効果（形質媒介間接効果）が強く働いていたものと思われる。

在来カメは、アメリカザリガニによる水草破壊を抑制することから、これらの保護は、結果として、生態系全体の保護に繋がるものと考えられる。

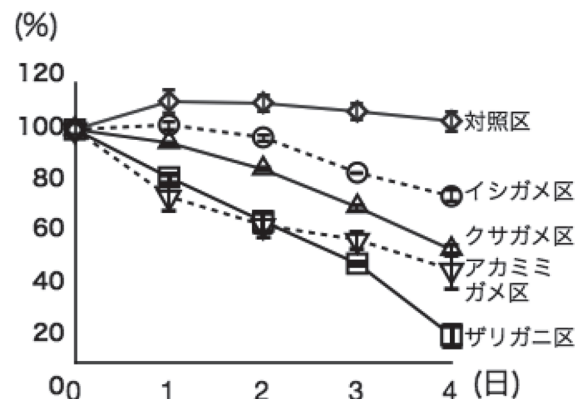


図1 水草残存率の経時変化
縦軸は水草の残存率、横軸は経過日数を示す。

*末吉正尚 (北大院農) 中村太士 (北大院農) 中野大助 (電力中央研)

はじめに

出水による定期的な攪乱は河川・氾濫原において、多様な河川構造を維持・更新する重要なイベントである。河川のほぼ全域に生息する河川底生動物にとっても、攪乱による環境の変化は、長期的な種の多様性を保つ上で重要である。一方で出水攪乱は底生動物を押し流し、短期的（時には長期的）な個体群サイズの減少を引き起こすことが報告されてきたが、この際、底生動物は、攪乱の影響の小さい場所（避難場）を利用することで個体群サイズを維持していると予測されてきた。しかし、避難場とその利用に関しては、出水の予測と調査自体の困難さから、実証研究が非常に少ない。そこで、本研究では予測可能な融雪出水に着目することで、河川底生動物における避難場の解明と種群レベルでの利用の違いを解明することを目的とした。

調査地点および方法

調査地は北海道北部に位置するペンケニウブ川上流 200m 区間である（天塩川水系）。調査期間は、出水前 3 月、出水中 4 月、出水直後 5 月、出水後 6 月の計 4 時期である。各調査時期で、調査区間内の全水域を、視覚的に均質な環境（ユニット）へと区分し、各ユニットから 5 サンプルずつ定量採集（T-sampler: 400 cm³, 0.3 mmメッシュ）と物理測定（水深、流速(6 割水深・河床付近)、優占粒径スコア)を行った。ユニットは、平水時（3, 5, 6 月）6 区分①早瀬 ②平瀬 ③淵 ④よどみ ⑤水たまり ⑥細流、出水時（4 月）は、⑦、⑧浸水域 I・II（平水時の陸域、I が浅く速い環境、II が浅く緩やかな環境）⑨側流路（平水時の陸域、本流から分流した流路）を加えた 9 区分である。

結果および考察

全底生動物の個体数密度の変化をみると、出水前に生息密度が高かった早瀬・平瀬は、出水時には淵と共に他の区分より低い値へと減少した（図 1）。一方でよどみや水たまり、細流はほとんど変わらず、浸水域や側流路には個体の移入が確認された（図 1）。この結果から底生動物にとっての避難場は、よどみや水たまり、細流といった平水時から存在した環境

と浸水域、側流路といった出水によって浸水した環境であることが推測された。

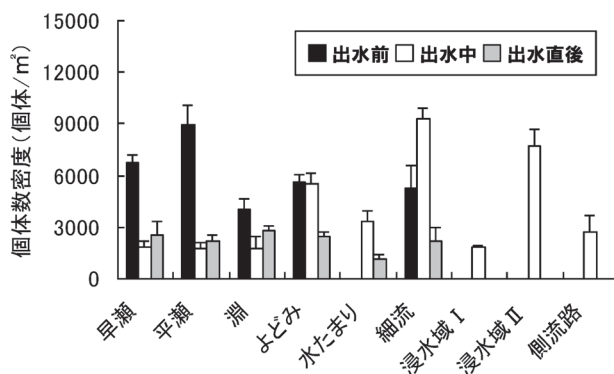


図 1. 出水前（3 月）・中（4 月）・直後（5 月）における各区分での生息密度の変化

一方で、出水前後の密度変化を種群別にみると、それぞれ傾向が異なることが分かった。出水時における避難場での個体数が多く、出水後の攪乱地への移入が早かった種群は、カゲロウ目のコカゲロウ属 spp. やナミトビイロカゲロウ、トビケラ目のアツバエグリトビケラ属 sp., カクツツトビケラ属 spp. であった。一方で避難場での個体数が少なく、攪乱後の移入が遅かった種群はカゲロウ目のヒラタカゲロウ属 spp., ミヤマヒラタカゲロウ属 sp. であった。この結果から、避難場での個体数が多い種群ほど攪乱地への初期優占種になりやすいことが分かった。

回復の早かった初期移入種の内、コカゲロウ属 spp. やナミトビイロカゲロウは多くの既存研究によって出水後の回復が早い種群として報告されてきたが、アツバエグリトビケラ属 sp. やカクツツトビケラ属 spp. などの携巣性の種群は回復が遅い報告が多かった。さらにヒラタカゲロウ属 spp. なども比較的攪乱に強い種群であることが報告されてきた。この違いは、本研究が対象とした出水が多くの既存が対象とした降雨による短期的な出水とは異なり、約 2 ヶ月間という長期的な出水であり、流量の増加・減少も緩やかであることが理由として考えられる。

河床間隙生物のポンプ採集法の有効性 ～山地溪流の砂礫砂州での検討～

*田中亜季, 谷田一三 (大阪府大院理)

はじめに

河床間隙には、メイオファウナと呼ばれる大きさの微小甲殻類や線虫、ワムシ、クマムシなどの多種多様な後生動物が生息しており、マクロベントスとなる水生昆虫の若齢も一時的に生息する重要な場所でもある。また、河川生態系において物質の滞留や分解の場であることから水質浄化の場としても期待されている。そのため、河床間隙生物を種類や生物量を調べることは、河床間隙の河川生態系における機能や構造を知るためにも重要である。

しかし、一般的に河床間隙での調査は、河床間隙の河床材料の質や構成の条件により、場所ごとの特性に応じた方法を取らざるを得ない場合が多く、様々な特殊な装置が提案されている。

ポンプ法も、古くから河床間隙生物の採集方法として提案されている方法の一つであるが、この装置により得られたデータを定量的に扱う際の条件についてはいまだに議論がある。その一つに、定量単位の問題がある。ポンプ法によるデータでは、生物個体数を調べる際には、1番最初に揚水された伏流水中に含まれる生物数が重要であるとされているが、その量は1L, 5L, 10Lなど、様々な量が提案されており、近年では、少量であればあるほど良いとされている。また、種類数についても、その適切な揚水量は様々な議論されている。しかし、これらの揚水量の問題について1Lの少量から50Lの大量までを連続的に採集して比較した例はまだない。

そこで、本研究では、個体数や種類数について、1Lに代表される少量ごとに採集するのと、10Lに代表される大量ごとに採集するのでは、どちらの方がより生物の評価に適しているかを検討する。

材料と方法

調査は、2010年5月20日、紀ノ川の上流、奈良

県東吉野村高見川の砂礫砂州で行われた。かつては、この砂礫砂州は、河床材料が固化しており、ポンプ採集法で使用するパイプが埋められないほどであったが、2009年の台風による洪水の影響で河床が緩み、砂礫河川でありながらパイプが埋めやすい状況に変化した。

砂礫砂州に、3本のPVCパイプ(内径43mm, 長さ500mm)をそれぞれ互いに影響がないと思われる距離(3m以上)をとり、河床間隙に埋設した(深さ25cm)。このパイプには、下方5～25cmの間に、直径4mmの小孔が100個開けられている。

これらのパイプから、電動ポンプで河床間隙生物を伏流水ごと揚水した。伏流水は、0～10Lまでは1L毎に、10～50Lまでは10L毎に分けて採集され、それぞれ0.063mmメッシュの篩で生物をこし、ホルマリン固定してボトルに保存した。

研究室において、生物は同定、計数され、適切な揚水量についての検討を行った。

結果と考察

種類数については、1～10Lの間に累積種類数が一度平行状態になるような状態が見受けられたが、20L以降になって再度さらに種類数が増加する傾向が全パイプで確認された。20L以降新たに加わったタクサは、全種類数の23～35%に相当した。ただし、20L以降に加わった種類は、今回の調査で確認された総個体数の0.5～3%程しか得られなかった稀なタクサであった。これらのことから、優占種のみを比較検討するような研究であれば、0～10Lまでのサンプリングでも十分であるが、現場の生物の構成要素をより正確に得たい場合は、10L以上についても生物を採集した方がよいと思われる。

個体数の推定については、さらにデータの分析を進めて、適正な揚水量を検討する。

*藤野 毅 (埼玉大・理工学)、Hnin Wityi (埼玉大院・理工学)、西垣功一 (埼玉大・理工学)

1. はじめに

ヒゲナガカワトビケラ属は旧北亜区の南東などに広く分布しているが、その行動範囲は極めて狭く、地理的隔離による遺伝的多様性の高さが指摘されている。他方、近年では、サハリンやベトナム、台湾などで新種が発見されたり、命名されていない種が多数ある。これらは成虫の形態的な相違(表現型)を元に区別されるが、遺伝的(遺伝子型)にはどの程度の近縁性があり、それが形態的な相違とどの程度の対応があるかを調べた例は極めて少ない。

近年では、mtDNAによる種系統の解析が主流になっているが、「遺伝子の水平移行」によって、すべて”正統な”遺伝子とは言えない場合があることも指摘されている。そこで、本研究ではゲノムプロファイリング法(GP法と称する(Nishigaki *et al.*, 1991))を採用し、細胞に含まれるDNA全体を“広義のゲノム”として捉え、その1断面(プロフィール)を見ることで、国内外で採取した複数のヒゲナガカワトビケラ属の同種および異種間の近縁性を解析する。

2. 方法・材料

解析に使用した標本は全て幼虫であり、国内では、*S. marmorata*(採取地:北海道、秋田、神奈川、山口、大分)、*S. sauteri*(秋田)、*S. schmidi*(沖縄)であり、国外では、*S. siamensis*(タイ南部)、*S. taiwaneses*(台湾の判別不明種)であり、現在他にも調査中である。

DNAの抽出のための試料は、頭部0.1~0.5mgを用い、アルカリ抽出法により行う。抽出したDNAの増幅に用いたプライマーとその塩基配列はpfM19(5'-CAGGGCGCGTAC-3')であり、特定の領域に特異的に結合するプライマーを利用せず、ゲノムDNAの種々の領域から断片を複製する。複製した試料を温度勾配ゲル電気泳動装置(TGGE)にかけて、複数のバンドパターンを観察する。ここで、内部参照試料として、fdファージのgeneVIIIを含ませることで、温度変調による各DNAバンドの特異点(二本鎖の融解開始点)を決定する。明瞭なDNAバンド8本から

10本の特異点(名称:spiddos)のパターン類似度を計算(0から1までの値)し、これをさらに距離の概念にあてはめる。ここで得られる距離を「ゲノム距離(Genome distance)」と定義する。ここで、従来の単一遺伝子に関する情報を元にする「遺伝的距離(Genomic distance)」と性質は同様であるものの、厳密なゲノム距離として全ゲノム配列同士のハミング距離を当てるという点で大きく異なる。

3. 結果

10地点全5種間のゲノム距離を計算し、ワード法によって系統図を描かせてみた。現在まで、国内種については、東日本(秋田と神奈川)と西日本(山口、大分、沖縄)でそれぞれ1つのグループとなり、沖縄の種は山口・大分と異なるものの、近縁性が高かった。一方、北海道産の*S. marmorata*はどちらの地域にも属さず、秋田産の*S. sauteri*とより近い結果となった。また、タイ南部と台湾で高い類似度が得られた(但し、再現性の確認は今後行う)。

4. 今後

GP法は、ゲノム解析の操作を迅速化・簡便化しているだけでなく、得られる情報量が多い特徴を有している。今後は別のプライマーで得られたものと比較したり、各種に共通するDNAバンドを選択し、その塩基配列を解読することによって、より厳密な種系統の解析を行い、未確認種や異種間との関係や由来の推定、地理的隔離や異なる生活史の違いによる遺伝情報の相違の検証を試みる。

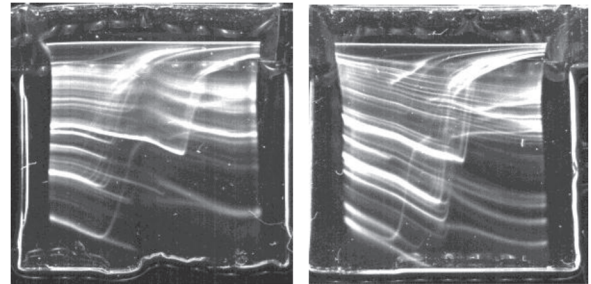


図:ゲノムプロファイルの一例(左:*S. marmorata*(神奈川)、右:*S. taiwaneses*(台湾))

*境 優 (京都大・地球環境)、夏原由博 (名古屋大・地球環境)
福島慶太郎 (京都大・農)、加藤 真 (京都大・地球環境)

1. はじめに

近年、日本各地でニホンジカ (*Cervus nippon*; 以下、シカ) の顕著な増加に伴い、下層植生の減少および多様性の低下、ササ群落の衰退、稚幼樹の更新阻害、種子採食、樹皮剥ぎによる枯死、など様々な直接的影響が植物に及んでいる。さらに、これらの影響は、間接的に訪花性昆虫、植食性昆虫へも波及している。また、シカによる下層植生の過採食は、林床の裸地化に続いて、土壌物理性の改変、土壌浸食の進行などにも影響が及ぶ。特に土壌物理性の改変、土壌浸食の進行が引き起こされると、森林斜面から運搬される土砂が溪流に流入し、降雨イベント時の SS 供給量が増加したり、河床の細粒堆積物を増加させたりする。

溪流に棲息する底生無脊椎動物は、溪流内の多様なマイクロハビタットに適応し、例えば、匍匐型、掘潜型、遊泳型、固着型などといった様々な生活型に分類することができる。上述のシカによる下層植生の衰退が引き起こす河床の細粒堆積物の増加は、特に1次谷における溪流のマイクロハビタットの単一化を招き、細粒堆積物をハビタットとする掘潜型の分類群の割合を増加させ、溪流内の群集構造をも改変することが、シカを排除した流域と対照流域との対照実験で示された。また、摂食機能群に注目すると、同じく1次谷で、主に FPOM 摂食する収集食者の割合が対照流域で高くなることも示された。一方、2次谷では、陸域から供給される細粒土砂が1次谷よりも強力な掃流力によって速やかに下流へ流され、シカを排除した流域と対照流域とでは河床の粒径分布は似通っていた。結果、底生無脊椎動物群集も1次谷に比べて互によく似た構造をしていた。

しかしながら、こういったシカのインパクトが底生無脊椎動物の食物網に対してどのように及ぶのか

は、不明である。そこで本研究では、上述の研究対象地である1次谷、2次谷と、さらに下流の3次谷を流れる溪流で底生無脊椎動物、リター、付着藻類を採集し、それらの炭素・窒素安定同位対比を分析することで、それぞれの流域における食物網の比較を行った。

2. 材料と方法

研究対象地は、京都大学芦生研究林 (京都府南丹市) 内を流れる由良川源流部の1次谷 (8流域)、2次谷 (2流域)、3次谷 (1流域; 3地点) の溪流である (図1)。芦生研究林では1990年代よりシカによる下層植生の衰退が顕在化している。図1中央の5つの採集地点を含む集水域 (約13ha) は、2006年より防鹿柵によって囲まれておりシカが侵入できないようにしている。これらの流域では、スギ、ブナ、ミズナラ、トチノキ、サワグルミなどが主に生育する天然林が分布している。

底生無脊椎動物、リター、付着藻類の採集は、下層植生の状態が防鹿柵内外で最も異なる植生繁茂期 (2009年8月) に行い、これらのサンプルの炭素・窒素安定同位体比を分析した。

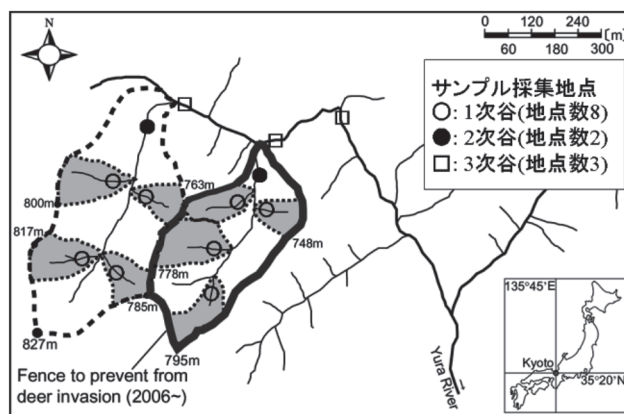


図1 研究対象地概要

W
E
B
非
公
開
希
望

ダムからの排砂による下流砂州の土砂堆積分布と 植生分布に対する窒素律速の影響

*大山恭平、浅枝 隆(埼玉大学理工学研究科)、関根英明、坂本健太郎(建設技術研究所)

1. はじめに

ダムが建設されると下流へ土砂が供給されなくなり、また、ダムに土砂が堆積することは、ダム本来の目的を達成できなくなる。こうしたことに対処するために、ダム湖に堆積した土砂を下流に排出することが試みられているが、ダム湖に堆積した土砂は高濃度の栄養塩を含むことから、下流への影響が懸念される。その中で、本来貧栄養な砂州に栄養塩、特に窒素が供給されることは、砂州の植生を大きく変化させることが予想される。こうした背景から、本研究では、ダムからの排砂を行っている黒部川の砂州における砂州上の窒素濃度と草本類との関係把握を行った。

2. 調査地点と方法

日本で有数の急流河川の黒部川の宇奈月ダムから約8km下流、河口から8.8kmのところの砂州を対象にした。方法としては、砂州を50×50(m²)の升目上に分け、各々の地点で50×50(cm²)中の草本類のバイオマスと上層土壌中のTNを測定し、草本類のバイオマスの分布図とTNの分布図にまとめた。

3. 結果

Fig 1は、2010年6月に測定した砂州上のTNの濃度分布を示す。図中に水面からの高さを破線で示す。1本の破線ごとに標高が0.5mずつ上がっている。砂州下流部中央の標高の高い部分は冠水頻度が3年に一度程度と少なく、大量の草本類が生育している。そのために、TNの濃度は他の比較して高くなっている。砂州上流部の標高の低い部分では、毎年排砂時にダム湖に堆積していた砂、シルト分が堆積することから、TN濃度は0.19%（重量濃度）と極めて高くなっている。Fig 2に、単位面積当たりの草本類の乾燥重量の分布を示す。TN濃度が高くなっている部分は概略草本類のバイオマスが高くなっていることがわかる。

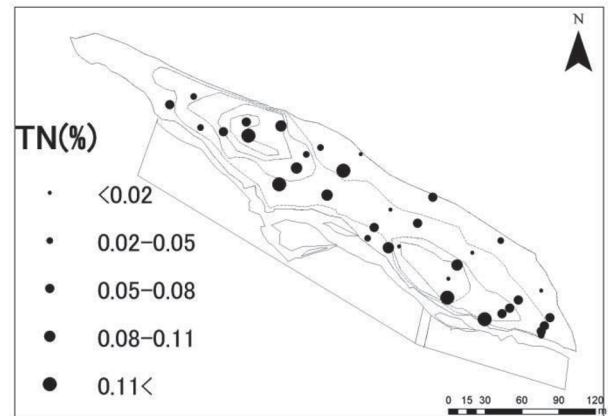


Fig 1: TN の分布図

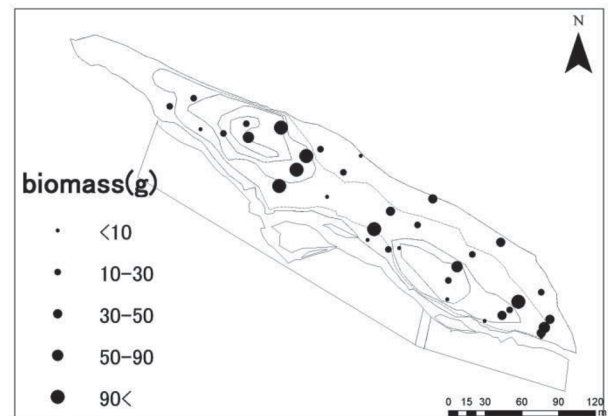


Fig 2: 草本類のバイオマスの分布図

4. 考察

砂州上の土壌においては、冠水頻度が少なく草本類の多い場所だけでなく、排砂時に冠水する場所においても、高いTN濃度が観測された。また、図からわかることは標高の最も高い場所(>2.0m)では、TN濃度も乾燥重量もともに上昇している。最も標高の低い場所(<0.5m)ではTNの上昇とともに急激にバイオマスが増加している。こうしたことは、ダムからの富栄養な土砂の排砂によって下流の砂州の草本類を増加させることを示しているといえる。

*中村祐太、浅枝隆、福山朝子（埼玉大学院理工）、浅見和弘（応用地質株式会社）

1. はじめに

ダム湖岸の植生は湖岸の侵食防止効果、周辺生物の住処となることなどから環境の維持に大きな役割を果たす。福島県の三春ダムでは治水目的のため6月から10月の洪水期には制限水位、10月から5月の非洪水期には常時満水位に保たれ、その間には8mの水位差がある。しかし、それにもかかわらず、前貯水池においては、この領域にタチヤナギや草本類の繁茂がみられる。そうした中、近年、根粒菌共生植物であるイタチハギ (*Amorpha fruticosa*) の著しい増加がみられ、水質に対する影響が懸念される。こうした背景のもと、本研究では、イタチハギの窒素利用形態を調べた。

2. 調査地・調査方法

調査地は三春ダムの流入河川下流における牛糞

(St. 1)、蛇石 (St. 2)、蛇沢 (St. 3) の3か所の前貯水池を設定した。

調査では、各前貯水池において8~14箇所においては、イタチハギと周辺植生(根粒菌非共生植物)の個体および土壌のサンプリングを行い、また、土壌については125 μ m以下の成分について、分析サンプルとした。サンプルの成分分析については主に、全窒素(以下、TN)、および、窒素安定同位体比($\delta^{15}\text{N}$)

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

を求めた。さらに、Yoneyama *et al.*(2000)に従い、また、Yoneyama *et al.*(2000)の用いた式から大気中窒素固定寄与率(以下、%Ndfa)を算出した。

$$\delta^{15}\text{N} - \% \text{Ndfa} \\ = (\delta^{15}\text{N}_{\text{非共生}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{共生}}) / (\delta^{15}\text{N}_{\text{非共生}} - B)$$

ここで、BはFig.2の近似曲線の切片(soil TN=0の際の根粒菌共生植物 $\delta^{15}\text{N}$)、-3.6704を代入した。

3. 結果

Fig. 2は土壌中のTNの値とイタチハギ中の $\delta^{15}\text{N}$ の関係を示したものである。全体的にみて高い正の相関関係がみられる。

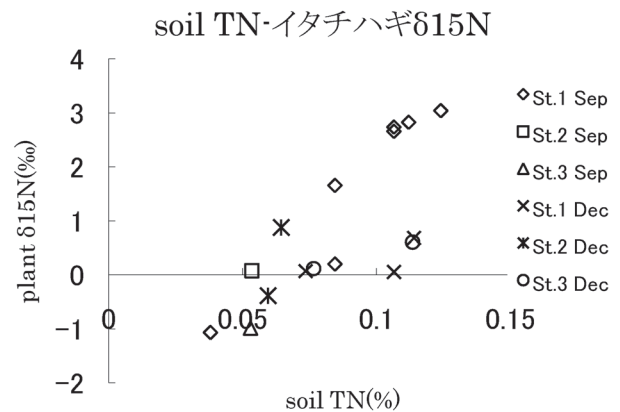


Fig. 2 土壌中 TN とイタチハギ中 $\delta^{15}\text{N}$

Fig. 3は土壌中のTNと%Ndfaの関係を示したものである。全体的に見て緩やかな負の相関がみられる。

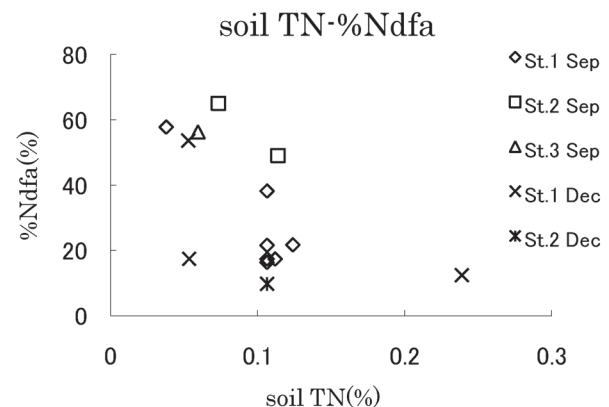


Fig. 3 土壌中 TN とイタチハギ%Ndfa

Fig.4は標高とTNの関係を示したものである。

*菅原久嗣、浅枝 隆（埼玉大学院理工）

1. はじめに

河川の低水敷にみられる砂礫地などの貧栄養な氾濫域においては、特に植物体の生育に必要不可欠な窒素が不足し、多くの植物が生育できない環境にある。しかしながら、根粒細菌と共生する植物は大気中の窒素固定を行う根粒細菌との共生器官である根粒を形成し、根粒細菌を介して大気中の窒素を植物体に吸収することができる。このような植物が多く自生すると、氾濫域での土砂堆積、その他の植物の繁茂に繋がり、河原の消失、樹林化を引き起こすと考えられている。しかし、これまでに土壤、植物中の栄養塩の分析が行われているものの、詳細には解明されていない。本研究は、根粒細菌と共生する植物の生育環境要件及び生育領域の変遷及び植物の窒素利用について明らかにすることを目的とする。

2. 調査地・調査方法

観測場所は、多摩川の河口から 22.1km の左岸、狛江（以後狛江 Komae, K）、33.6km の右岸の大栗川合流点下流（以後大栗 Ohguri, O）、34.6km の左岸、府中四谷橋を挟んだ上流および下流地点（以後府中 Fuchu, F）である。観測は各場所において概ね月一度の頻度で行った。ほぼ同様な土壤条件を備えた地点において、それぞれ土壌と 3 サンプルの植物個体を根や地下茎を含めてサンプリングし、実験室に持ち帰った。実験室内では、植物に関しては、洗浄後、根、茎、葉に分け、乾燥炉において乾燥させ、乾燥重量を測定した。また、土壌サンプルに関しては、粒径別に重量を測定、また、湿潤重量を測定後、重量変化がなくなるまで炉乾燥の後、乾燥重量を測定した。分析に関しては、植物サンプルおよび土壌サンプルに含まれる TN、TC、TP、炭素および窒素の安定同位体の量を測定した。安定同位体比（千分比 [‰]）は次のように示す。

$$dR = (R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}} - 1) \times 1000$$

3. 結果

図 1 に調査地点毎の土壌の窒素安定同位体比 $d_{15}N$ の値と土壌中の TN の濃度の関係を示す。土壌中の TN の値が 0.1% 以下と低い場所では $d_{15}N$ の値は 2-7 ‰ と高い値を示しているのに対し、土壌中の TN 濃度の増加と共に減少している。また、図 2 にクズの茎の最下部の $d_{15}N$ の値とその部位に含まれる TN の値の関係を示す。 $d_{15}N$ の値は、土壌中の窒素濃度が高いほど低い値となった。ここで低い値になっていた場所は、頻度に冠水する府中地区である。一方、狛江や大栗のような冠水頻度が低い場所では、窒素濃度は高くなっていた。

4. 考察

河川氾濫原の窒素濃度は本来低い値を示すものであり、低い窒素濃度で得られる $d_{15}N$ の値は本来上流から河川によって運ばれてきた窒素の持つ $d_{15}N$ と考えられる。多摩川のような都市河川では人為起源の窒素の割合が高く、府中での濃度に比して高くなっている余剰の窒素は、通常の河川によって上流から運ばれてくるものとは別の起源の窒素と考えられる。

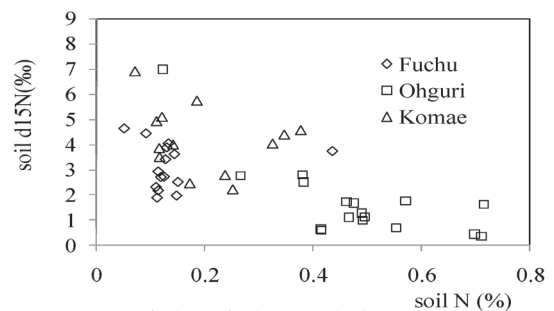


図 1. 土壌窒素含有率と安定同位体比

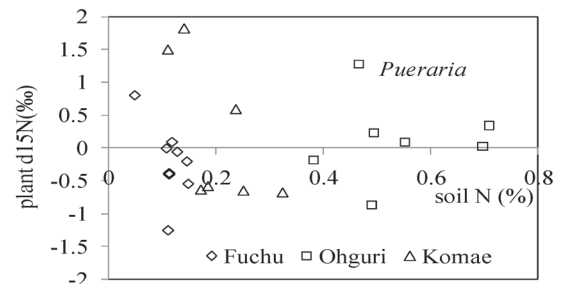


図 2. 土壌窒素含有率と植物窒素安定同位体比

*下土井崇、河合幸一郎、今林博道（広島大・生物圏科学研究科）

1. はじめに

ユスリカ科は双翅目昆虫の中でも大きな科であり、日本からは7亜科、約1200種が報告されている。人との関わりとしては気管支ぜん息のアレルゲンという害虫の面と、幼虫の水質浄化作用や、釣り、観賞魚の餌として利用されているように、魚類の餌としての益虫の側面がある。特に魚類の餌としては、ユスリカ幼虫が淡水生態系において種数、個体密度で卓越することが多いことから、一次生産者から上位消費者へのエネルギー転送者として重要な役割を担っている。

現在、岡山県児島湖ではオオユスリカ、アカムシユスリカが大量発生している。この2種は成虫の体長が1cmほどで、ユスリカの中では大型な種である。このユスリカが民家やコンビニの明かりに誘引され壁一面を覆うため住民より不快害虫として嫌われており問題となっている。そこで本研究ではユスリカ発生数のコントロール法として魚類による捕食の利用を試み、まずはその前段階として魚類が潜在的にどれほどのユスリカ捕食能力を持っているかを調べることを目的とした。

2. 材料と方法

i. 捕食実験

屋内水槽に魚類1個体とユスリカ幼虫100個体を入れ、10分間あたりの捕食量を調べ、それを魚類1kg1時間あたりでの捕食量に換算した。実験には14種の魚類（カネヒラ、カワヒガイ、ギンブナ、コイ、コウライモロコ、シロヒレタビラ、タイリクバラタナゴ、タモロコ、ツチフキ、ニゴイ、ヌマムツ、ヤリタナゴ、モツゴ、ワタカ）とセスジユスリカ、アカムシユスリカの2種の終令幼虫を用いた。また、コイ、タモロコ、ヤリタナゴについては10個体で同様の実験を行い、1個体での捕食量と差があるか検証した。

ii. 釣り実験

児島湖とその周辺水域で9~1月にアカムシユスリカ幼虫、練り餌、ミミズの3種の餌を用いて釣りをを行い、得られた魚類個体数、種数を比較した。

iii. 魚類胃内容物調査

飼育実験が困難な種を中心に児島湖及びその周辺水域で採集されたマハゼ、ボラ、サッパ、スズキ、オオクチバス、ブルーギル、カムルチー、アユ、フナ、ワタカ、コウライモロコ、ヤリタナゴの体長、体重、消化管内容物重量を計測し、消化管内容物をユスリカ（幼虫、蛹、成虫）とその他に分け、個体数を計数した。

3. 結果

i. 捕食実験

ユスリカ2種のどちらの場合でも捕食効率が最も良かったのはニゴイで、その捕食効率はセスジユスリカでは132353個体/kg/h、アカムシユスリカでは32787個体/kg/hであった。最も悪かったのはコウライモロコとなりセスジユスリカでは0個体/kg/h、アカムシユスリカでは1073個体/kg/hであった。10個体での実験では、コイ、ヤリタナゴでは1個体での捕食量と有意な差が見られなかったが、タモロコでは1個体での場合の2.5倍のユスリカを捕食した。

ii. 釣り実験

期間中に計23時間行い、アカムシユスリカで18種338個体、練り餌で10種122個体、ミミズで15種256個体が得られた。アカムシユスリカでは魚種で練り餌の1.8倍、ミミズの1.2倍、個体数では練り餌の2.8倍、ミミズの1.3倍の魚類が得られた。アブラボテ、タイリクバラタナゴ、ツチフキ、ヨシノボリはユスリカのみで得られた。

iii. 魚類胃内容物調査

マハゼ、ブルーギル、フナ、コウライモロコ、タモロコの消化管よりユスリカが確認でき、淡水魚だけではなく海水魚にも捕食されていた。ユスリカは幼虫、蛹、成虫のどの段階でも捕食されていた。

4. 考察

釣り実験よりユスリカは他の餌に比べ種数、個体数共に多いため児島湖において一般的に捕食されている餌生物であると考えられる。本研究では魚類の本質的な捕食能力を調べることを目的としたため消化管内容物調査はほとんど行っていないが、実際の野外での捕食量を調べるためにはより多くの個体を調べる必要があるだろう。

今回の実験結果と2007年での児島湖におけるアカムシユスリカ幼虫の最大密度1500個体/m²から、1日当たりの捕食時間が2時間、捕食効率が常に一定と仮定すると、魚類がユスリカを捕食可能な羽化期の10~11月の2ヶ月間にニゴイ2,074kg(体長25cmの個体9,200個体に相当)を放流することで、羽化数を半減させることが計算上可能である。

ユスリカの発生数を減少させるには現在生息量が少なく、捕食効率の良かったニゴイを増加させることが有効だと考えられる。

*村上和仁 (千葉工大・生命環境)

杉浦 桂 (相模女大・栄養科学)

1. はじめに

金属は水圏生態系において深刻な毒性を示すことが知られているにもかかわらず、金属類の生態リスクについては十分な知見が得られていないのが現状である。個々の生物種に対する毒性リスク評価ではなく複雑な生物間相互作用を有する生態系システムに対する生態リスクを評価する上では、生産者・消費者・分解者からなるモデル微生物生態系であるマイクロコズムが有用なツールとなり得る。

本研究では、金属類の生態リスク影響評価に供するための基礎的知見の集積を目的として、Mn、Al、Cd、Cu、Zn といった金属の添加がマイクロコズム生態系の P/R 比の推移に如何なる影響を及ぼすかについて検討をおこなった。

2. 方法

2.1 供試マイクロコズム: 分解者として4種の細菌類 *Bacillus cereus*、*Pseudomonas putida*、*Acinetobacter* sp.、coryneform bacteria、生産者として2種の緑藻類 *Chlorella* sp.、*Scenedesmus* sp.、1種の糸状藻類 *Tblyplothrix* sp.、捕食者として1種の原生動物繊毛虫類 *Cyclidium glaucoma*、2種の後生動物輪虫類 *Lecane* sp.、*Philodina erythrophthalma*、1種の後生動物貧毛類 *Aeolosoma hemprichi* の組合せからなる Gnotobiotic 型マイクロコズムを用いた。なお、このマイクロコズムは高い安定性と再現性を有する。

2.2 金属負荷: 公共用水域において要監視項目に位置づけられている Mn をはじめとして、Al、Cd、Cu、Zn を対象とした。添加量 (負荷量) は、0mg/l (対照系) から段階的に設定し、マイクロコズム培養開始後 16 日目の安定期に添加した。

2.3 培養方法及び測定項目: マイクロコズムの培養は、ポリペプトン濃度を 100mg/l となるよう調整した TP 培地 200ml を 300ml 容三角フラスコに入れ、2ヶ月間継代培養しているマイクロコズムを種として 5ml 接種した後、25°C、2,800lux (明 12hr/暗 12hr.)、静置条件とした。マイクロコズム内の DO 変化を経時的に連続測定し、P (生産量)、R (呼吸量) および P/R 比の推移を求めた。培養開始後、0、2、4、7、14、16、18、20、23、30 日目にマイクロコズム構成微生物の個体数を計測した。

3. 結果および考察

3.1 P/R 比からの評価: Mn 添加後 14 日間の P/R 比の挙動パターンを対照系 (非添加系) と比較して、Mn の生態リスク影響を評価した。その結果、1.0mg/l で特に呼吸量に対して影響が生じ、P/R 比が減少したが、その後、P/R 比=1 程度 (安定系) に回復した。これより、Mn 1.0mg/l は一時的に毒性を示すが、慢性的な毒性ではないと考えられた。

3.2 添加後の挙動パターンからの評価: Mn 添加後 14 日間の各構成微生物の挙動パターンを対照系と比較して、Mn の生態リスク影響を評価した。その結果、マイクロコズムを構成する代表的な種の挙動を比較してみると、特に原生動物 *C. glaucoma* が Mn 1.0mg/l で大きな影響を受けていることがわかる。すなわち、共存系においても生物種によって影響の大きさが異なることが示された。

3.3 安定期の個体数 (N_{30}) からの評価: Mn 添加後 14 日目 (培養開始 30 日目) における各構成微生物の個体数を対照系と比較して、Mn の生態リスク影響を評価した。その結果、対照系と添加系における生物個体数の比をとると、対照系に比べて個体数が増加している生物群 (微細藻類) と減少している生物群 (微小動物) に区分されることがわかった。

3.4 添加後の現存量 (B_{16-30}) からの評価: Mn 添加後 14 日間の各構成微生物の現存量 (面積個体数密度) を対照系と比較して、Mn の生態リスク影響を評価した。その結果、対照系と添加系における現存量 (面積個体数) の比は、 N_{30} と同様に、生物群が二分された。

4. まとめ

1) 各金属のマイクロコズム無影響濃度 (m-NOEC) は、Mn: 1.0mg/l、Al: 0.3mg/l、Cd: 0.64mg/l、Cu: 1.0mg/l、Zn: 4.8mg/l と見積もられた。

2) マイクロコズムにおける P/R 比からの評価と生物相からの評価は概ね一致することが示された。

3) マイクロコズムを活用した P/R 比からの生態リスク評価では生態系機能への影響評価が可能となり、有効なリスク評価手法となることが示された。

追記: 本研究は、環境省平成 21~23 年度環境研究総合推進費課題 (S2-09) 「マイクロコズムを用いた生態リスク影響評価システム手法の開発」の一環として実施された。

P-056 新谷川（阿賀野川水系）における長期的酸性化傾向と季節変動

*小林亮¹⁾, Yani Sumarriani²⁾, 山下尚之¹⁾, 太田勉¹⁾, 家合浩明¹⁾, 中田誠³⁾, 佐瀬裕之¹⁾

¹⁾アジア大気汚染研究センター, ²⁾Research Center for Water Resources, Indonesia, ³⁾新潟大学

1. はじめに

公共用水域調査の河川データ解析では長期的な河川酸性化傾向が新潟県と岐阜県で指摘されている。新潟県では地域で地質が異なり、花崗岩が広がる下越地方では有意な低下傾向の河川が多かった (Matsubara et al. 2009)。pH 低下傾向が見られる河川の中から、阿賀野川の支流の新谷川を調査地として、以下の方法で河川水の季節変動について調査した。

2. 材料と方法

人為影響を避けるべく新谷川の公共用水域調査の行われている地点より約6km上流の金山橋で調査を行った。2006年6月から2010年6月まで、月に2回採水をして、pH, EC, アルカリ度, イオン濃度, SiO₂, D-N, DOC を測定した。センサープローブ (HORIBA W22-XD) を設置し、pH, EC 等の詳細な変動をモニタリングした。また、リキッドサンプラー (Sigma Model 900) を設置し、降雨または融雪により新谷川の水位が短期的に増減する時を見計らい、河川水を自動採水し、定期採水と同様の項目を測定した。

3. 結果と考察

降雨期及び融雪期に pH の低下が見られた。降雨期は pH の低下と共に EC が低下するのに対し、融雪期は pH の低下に対して EC が増加した。pH, EC の細かな変動については集中モニタリング及びセンサープローブによって確認された。

図に新谷川における融雪期(2010年4月1日~3日)に増水した際の集中モニタリング結果の一例を示す。雪融けと降雨による流量の増加により、EC や主なイオン濃度が低下する中で NO₃⁻のみ増加し pH が低下した。これらの現象は主に増水による希釈と、表層付近からの流出による影響と考えられたが、最も pH が下がった時は NO₃⁻の再度の上昇と SO₄²⁻の増加が見られた。また、SO₄²⁻流出中に EC はそれ以上上下がらなかった。大気沈着由来の積雪中の酸性物質の急激な流出が示唆され、は希釈の効果のみならず融雪による酸性化、いわゆるアシッドショックも同時に進行していると考えられた。

謝辞 本研究の一部は EANET Fellowship 及び地球環境総合推進費 (C082) 等により実施された。

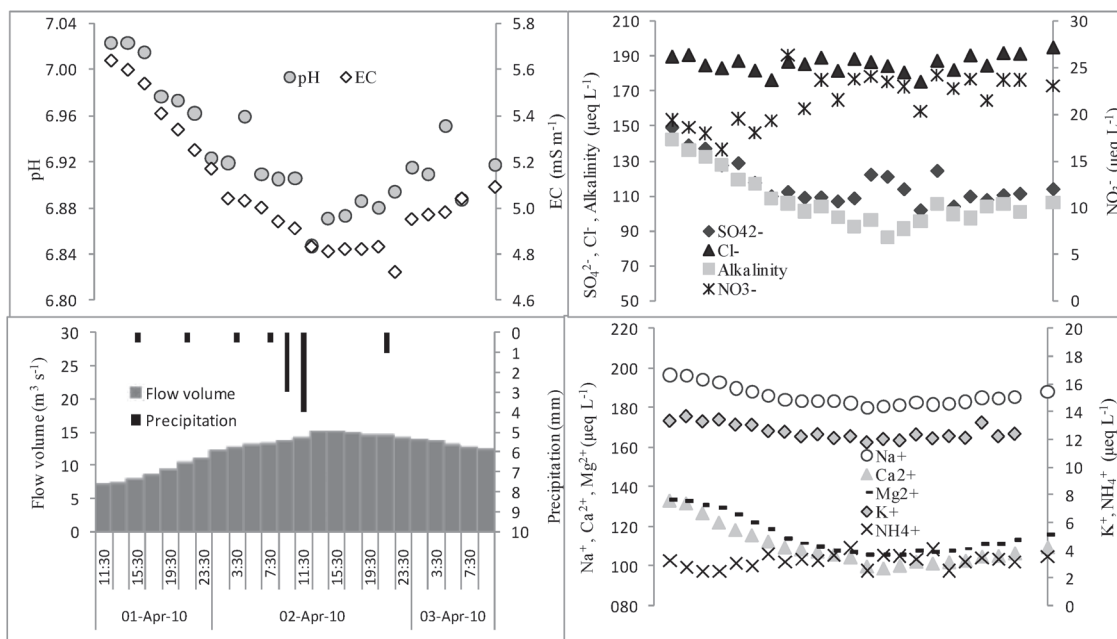


図 新谷川における融雪期の集中観測結果

P-057 大気由来窒素化合物の指標元素と雨水・渓流水の水質に関する研究

*福本 将・韓 波・佐竹研一 (立正大学・院・地球環境科学研究科)

日置綾野・菅野郁美 (立正大学・地球環境科学部)

1. はじめに

近年、人間活動による化石燃料の燃料や自動車の排気ガスとして、大量の窒素化合物が大気に放出され、大気中の窒素化合物量が増加している。河川や湖沼、森林に降下・流入する窒素化合物が増加したことにより、河川や森林生態系の富栄養化が生じている。その一例として、荒川の支流であり、埼玉県で唯一名水百選に選ばれている日本水・風布川水系は、渓流河川でありながら、硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)濃度が 2.0mg l^{-1} を超えていることが報告されている。人為的影響の少ない渓流河川が汚染される原因としては、都市域から発生した汚染物質が大気輸送によって移流・拡散し、大気からもたらされたと考えられる。そのため、大気由来窒素化合物追加の実態を解明することが求められている。

本研究では大気由来窒素化合物が河川に与える影響を明らかにするため、林外雨及びブスギ林内雨の無機態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$) 降下量の測定を行い、降水が日本水・風布川水系の硝酸態窒素濃度($\text{NO}_3\text{-N}$) にどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的とした。また、アンチモン(Sb)、バナジウム(V)、鉛(Pb)が窒素追加指標元素と成り得るのかを検討するため、立正大学構内で採取したスギ林内雨中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度とこれらの金属元素濃度との関係について検討した。

2. 調査地及び研究方法

埼玉県熊谷市に位置する立正大学構内と埼玉県寄居町に位置する金尾つつじ山(以下寄居)で2週間に1回、バルク式雨水採水器を用いて、林外雨及びブスギ林内雨の採取と日本水・風布川水系でサンプリングを行った。採取したサンプルはpHメータ(HORIBA, D-50)を用いて、pH・EC・水温の測定を行った。溶存イオン濃度は試水を $0.45\mu\text{m}$ フィルターでろ過したものを、イオンクロマトグラフ(DIONEX, DX-120)を用いて測定を行った。スギ林内雨中のSb, V, Pb濃度はICP-MSを用いて測定を行った。



図1 林外雨及びブスギ林内雨採取地点(●)

3. 結果及び考察

林外雨の窒素降下量($\text{kg N ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$)は立正大学で 16.1kg 、寄居で 5.3kg であった。スギ林内雨は立正大学で 63.6kg 、寄居で 32.3kg であった。立正大学の林外雨における窒素降下量は 10kg を超えていることから、大気から多量の窒素が附加されていることが明らかとなった。

日本水・風布川水系の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と試水採取日から3日間の降水量を比較したところ、秋から冬頃に雨が降ると $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が上昇するという傾向が見られた。このことから、大気中の窒素が降雨によって、風布川水系の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を増加させることが明らかとなった。

自動車のブレーキパッドには固体潤滑剤として、硫化アンチモン(Sb_2S_3)が使用されている。大気中のSbの主な発生源は、ブレーキダストと廃棄物焼却飛灰であることから、大気中の NO_3 の発生源と同じである。そのため、VやPbに比べ、Sbと $\text{NO}_3\text{-N}$ は高い相関性があった(図2)。よって、Sbは大気由来(自動車起源)の窒素追加指標元素として有効であることが明らかとなった。

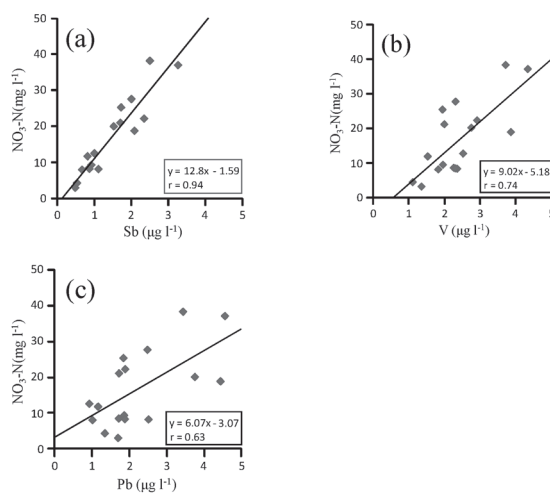


図2 スギ林内雨中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度とSb(a), V(b), Pb(c)の相関関係

4. 参考文献

- 飯島明宏 (2010) 大気粉塵中アンチモンの発生源の解明及び大気への影響評価, BUNSEKI KAGAKU, Vol. 50, No. 2, 151-152.
- Takamatsu T, Watanabe M, Koshikawa K. M, Murata T, Yamamura T, Hayashi S. (2010) Pollution of montane soil with Cu, Zn, As, Pb, and nitrate in Kanto, Japan, Science of the Total Environment, 408, 1932-1942.

*福崎康司（京大・院・農）、河本晴恵（京大・農）、大槻あずさ（京大・院・農）
吉岡崇仁・徳地直子・福島慶太郎・向昌宏（京大・フィールド研）

1. はじめに

陸域から河川を通して供給される物質は河口沿岸域の生物生産に大きな影響を与える。鉄は水圏の基礎生産を担う植物プランクトンにとって必須の元素である。鉄は海水中では酸化されて極めて難溶性の水酸化物として沈殿するため、容易に水中から除去される。従って、海洋中において生物にとって利用可能な溶存態の鉄は不足しやすく、海洋の基礎生産を律速する要因の一つであることが知られている。ところが、水中に溶存する腐植物質は鉄と安定な錯体を形成するため、鉄の溶存状態を保持する働きがあり、この腐植物質と錯形成した鉄が河口沿岸域の基礎生産を支えるキーとなる可能性が指摘されるようになった。しかし、河川の流下過程における溶存鉄の分布・動態を詳細に調べた研究は乏しく、集水域の土地利用形態が溶存鉄の流出に与える影響は解明されていない。

本研究では由良川流域を対象に溶存鉄の濃度分布と動態を明らかにし、流域の土地利用との関係を考察することを目的とした。なお本研究は京都大学フィールド科学研究教育センター・木文化プロジェクトの一環として行なわれている。

2. 調査地、調査項目と方法

京都府北部に位置する由良川（幹線流路延長146km、流域面積1880km²）において、本流と支流で合計40数地点を定めて調査を行った。2009年6月1～4日、10月4～7日の2回調査を行なった。

採水には2Lのポリエチレン製角型びんを採水地点の河川水で十分に共洗いを行った上で使用した。採水時にEC、pH、水温を測定した。ポリビンに採取した河川水は、酸洗浄したガラス繊維ろ紙（Type GF/F）でろ過し、SCC（Surface Contamination Control）ポリプロピレン製広口びんに保存した。試料採取後、濃HClあるいは濃HNO₃を加えてpHを2にして分

析まで冷蔵保存した。溶存鉄濃度は、誘導結合プラズマ発光分光分析装置（ICP-AES）を用いて測定した。

3. 結果と考察

由良川流域全体での平均濃度は、6月が0.39±0.03 μM、10月が0.43±0.03 μMであった。

由良川本流の溶存鉄濃度は、最上流においてやや高い濃度（0.23-0.50 μM）であったが、流下に従いいったん極小値（0.006-0.17 μM）を示し、中流の綾部市、福知山市付近で濃度が高くなる傾向があった（6月では0.7 μM程度、10月では1.1 μM程度）。また、最下流の地点では濃度が低下する傾向が見られた。支流では、特異的に濃度の高い地点があった。また、支流合流後に濃度の変化が見られ、支流の濃度によって本流の濃度が左右されている可能性が示唆された。最下流域の地点で、濃度の低下が見られたのは海水の影響により鉄の沈殿がおきたことによるものと考えられるが、今後より詳細な時空間分布の調査が必要である。現在、2010年2月、4月、7月に行なった採水調査の結果について解析中であり、ポスターでは計5回分のデータについて議論する予定である。

中・上流域での溶存鉄濃度の変動について、集水域の土地利用との関係を調べたところ、溶存鉄濃度と市街地率・耕作地率との間に正の相関がみられた。このことから、溶存鉄の供給源としては、森林集水域よりも、市街地・耕作地といった人間活動からの流出の寄与が大きいことが示唆された。

4. 謝辞

堤直人、相本道宏（新日本製鐵株式会社）の両氏には測定法に関するアドバイスや、ICP-質量分析計による測定結果の提供を受けた。ここに記して感謝申し上げる。

發
表
辭
退

P-061 Influence of optically active substances on the light field in inland waters in terms of Secchi depths

*M. Terrel • T. Fukushima • B. Matsushita (Univ. of Tsukuba • Life and Environmental Sciences)

Introduction

Inland waters are typically influenced by optically active substances (OAS) such as phytoplankton, tripton (non-planktonic suspended solids) and dissolved organic matter carried to the water by rivers from the surrounding land or re-suspended from the lake bottom (Reinart et al., 2003). Previous studies related Secchi depths (SD) with OAS by using two approaches: a widely used empirical model and a model based on water optics theory; the later had a further attempt because many considerations should be taken in order to prepare the input parameters for the model.

In this study, we compare the two approaches evaluating their performance, merits and demerits; and elucidate each OAS contribution to SD variation and to SD predicted value. Identifying which OAS dominates the light field deserves special attention to appropriate lake management.

Methods and data

Both models have been developed and tested using long term data sets of two Japanese lakes: Lake Biwa and Lake Kasumigaura, which offer a broad range of water quality data and optical properties.

Empirical model (Multivariable regression model)

This model takes into account all OAS conc. to predict the reciprocal of Secchi depths in an additive form.

$$SD^{-1} = a_1x[Chla] + a_2x[Tr] + a_3x[DOC] + b_1$$

Semi-analytical model

Based on the theory of Secchi disc (Tyler, 1968), and using the luminosity function, the visual range of an object such as a Secchi disc is inversely proportional to the diffuse $K_d(\lambda)$ and beam attenuation $c(\lambda)$ coefficient weighted by the spectral sensitivity of the human eye:

$$SD^{-1} = \beta^{-1} * \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} Y(\lambda)[c(\lambda) + K_d(\lambda)]d\lambda / \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} Y(\lambda) d\lambda$$

Where: $Y(\lambda)$ express the photopic luminosity function and β is a measurement conditions factor (dimensionless).

Light attenuating processes involve light absorption (a) and scattering(b) coeff. expressed as OAS contributions (simple summations of their conc. multiplied by their specific inherent optical properties (SIOPs)). SIOPs obtained in these lakes were assumed to be constant and then used for semi-analytical models. This assumption could be tested on a temporal and spatial basis using ANOVA. Moreover, the OAS contribution analysis was performed by Global Sensitivity Analysis (GSA).

Results and Discussion

Empirical model performances were higher than the semi-analytical ones in both lakes; they could explain more than 60 % of the observed Secchi depths variations. On the other hand, empirical models are found not to be appropriate for the analysis of what controls the light regime; for this purpose, semi-analytical models can explain other optical factors involved in light penetration in detail.

Tripton has been identified to be the most influential component that controls the light regime in the two lakes, followed by DOC in Lake Biwa and Chl-a in Lake Kasumigaura. In addition, from the contribution analysis to the SD variations, DOC variation was found to be insignificant in Lake Biwa, but still its contribution to the SD predicted value showed a high influence.

The use of constant SIOPs in order to predict Secchi depths would likely overestimate the early records. From the temporal and spatial prediction performances, it is possible to get some idea about how SIOPs may have changed. Empirical models do not give any chance for improvement regarding the use of the SIOPs, but semi-analytical models could do.

References

- Reinart et al. (2003) J Sea Res. 49:357–366
- Tyler (1968) Limnol. Oceanogr. 13:1-6

W
E
B
非
公
開
希
望

*戸田三津夫（静岡大工）、新家正宏（静岡大院工）、鈴木孝志（静岡大工）、
秋田進哉（静岡大院工）、上原和也（静岡大院工）

1. はじめに

静岡県西部に位置する佐鳴湖は、平成13年～18年の間、環境省の公表する「CODの高い湖沼」のワーストであった。その後、19年度はワースト3位（COD 9.3 ppm）、20年度はワースト4位（COD 9.0 ppm）と着実に改善の方向に向かっているものの、環境基準の5.0 ppm達成の目処はたっていない。主な汚濁負荷は生活系、産業系排水であり、面源負荷も大きい。

佐鳴湖は、三方原台地の南縁に位置する海跡湖であり、その水源は三方原台地の法面からの湧水を集めた数本の小河川である。湛水量240万tを総流入量5万t/dayで割った単純滞留期間は48日前後である。一方で、佐鳴湖は浜名湖に通じており、潮汐の影響を大きく受けて塩分濃度は2～15‰の間を変動する。水深2mに対して水位が最大50cm程度変動することから、一潮汐での水の出入りは、30～50万tに達すると推定される。しかし、塩分濃度25‰程度の浜名湖と佐鳴湖の間の河道容積が50万tよりも大きいため、降雨がない期間でも塩分濃度の上昇は緩やかである。大雨により湖内の塩分がほとんどなくなってから平均的な5‰に達するのに1ヶ月以上を要する。

佐鳴湖の流域負荷と浄化を考えると、水の由来と動きを明らかにする必要がある。これまで、流速計と河道断面積測定、塩分等の測定により部分的に情報は得られていたが、特に上流河川については水の由来を客観的に明らかにする研究例はなかった。そこでわれわれは、湖水、雨水、河川水、水道水（天竜川水系取水の公共水道）の安定同位体分析によりそれを明らかにすることを試みた。

2 材料と方法

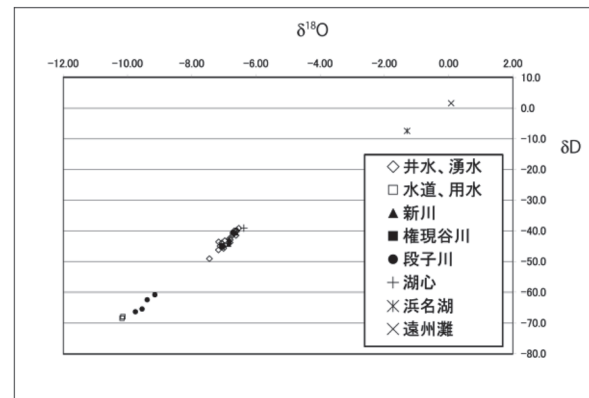
湖水は、上層と下層について週一回の採水を行った。雨水については、佐鳴湖直近、2km、7km上流側に離れた3地点でのタンク式採水器による1カ月毎の採水を行い、それとは別に降雨イベントをとらえた短いインターバルでの採水も行った。雨量データは、集めた雨の量を記録するとともに、気象庁の公表データを用いた。

集めた水は、ろ過ののち必要に応じて塩分濃度と δD 、 $\delta^{18}O$ を測定し、海水と淡水の混合、由来の異なる淡水の混合について解析を試みた。

3. 結果

遠州灘（外海）の海水、浜名湖の海水、佐鳴湖の湖水、流域の河川水、湧水、井水、水道水を分析した。その結果、従来、塩分分析でのみ行われていた客観的な水収支混合解析が、安定同位体比による淡水の識別によりさらに精度を増し、また、新たな知見が得られることとなった。

水循環のリザーバである外海がもっとも安定同位体比が高く、次いで淡水が1/3ほど混合した浜名湖海水が高い値を示し、全体のデータポイントの近似直線は、標準の天水線よりもやや傾きの小さい、 $\delta D = 7.0 \times \delta^{18}O + 4.4$ となった。



また、上流河川の新川、権現谷川がほぼ湧水由来であるのに対して、最大の流入河川である段子川が水道水に近い安定同位体比を示し、従来考えられていたことと異なる結果となった。

4. 考察

佐鳴湖の流域が住宅地になってしまっていること、主な水源が台地からの湧水であることを考えると、現在効果をあげてきている下水道整備の次の浄化対策として「地下水の涵養」が重要である。今回の解析で、雨水と湧水の関係、湧水と水道由来の水の混合で上流河川の淡水ができること、海水との混合により湖水となることなどがそれぞれの成分の比率という形で見えてきた。絶対的な水収支解析にはなお不足データが多いが、雨水浸透柵や緑地保護など、地下水を増やして佐鳴湖の浄化を促す施策のために役立つ知見を得ることができた。

*福島慶太郎・吉岡崇仁・上野正博・徳地直子（京大フィールド研），
福崎康司・大槻あずさ（京大院・農）

1. はじめに

森林から流出する渓流水には、森林土壌の表層に存在する落葉落枝や腐植物質由来の粒子状有機物(POM)や溶存態有機物(DOM)を含む。このような有機物は、河川の濁度と密接に関係するとともに、難分解性画分を含み、河川生態系のエネルギー源にとって重要な影響を与える。また、DOMの一部である腐植酸は、鉄などの金属元素をキレート化して溶存態の状態を下流に輸送するキャリアとしての機能を有することが知られている。鉄が生物生産の第一制限要因となる沿岸・海域生態系においては、森林から供給される溶存態の腐植酸鉄が重要である。すなわち、森林より下流の河川・沿岸生態系の生産・分解を考える上でも、森林から流出する渓流水の水質を把握することが必須である。

一方、日本の河川の多くは、森林に囲まれた上流域でもダムが設置され、ダム湖が形成されている。ダム湖では、水が長期的に貯留され、なおかつ直達日射量も多いため、湖水表層では植物プランクトンの繁殖や紫外線分解によってDOM, POMの変質が起こる。また、湖底には森林から流出する土砂や粗大有機物などが堆積し、嫌気的条件下で有機物分解が進むため、森林土壌とは大きく異なるプロセスでPOM, DOMが生成されることが考えられる。このように、森林から沿岸までPOMやDOMが輸送される際に、ダム湖でこれらの有機物が分解・生成・堆積・変質され、河川の連続性を分断する可能性が考えられるが、POMやDOMの動態についてそれらの化学性に着目した研究はあまり行われていない。そこで本研究は、河川上流部のダム湖を対象とし、ダム湖に流入する河川源頭域の森林溪流からダム湖、及びダム下流のPOM, DOM, 他の水質成分の濃度や化学性を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

本研究は、京都府を流れる一級河川の由良川流域と、和歌山県を流れる二級河川の有田川流域で行った。由良川に設置されたダムのうち最上流部にあるものは有効貯水量が2132万m³の大野ダムであり、有田川のダムで最上流部のものは有効貯水量が1920万m³の二川ダムである。由良川流域では、大

野ダムより上流の森林溪流(由良川支流)約10地点、由良川本流6地点(ダム前5地点、ダム後1地点)を2009年6月、10月、2010年2月、4月、7月に採取した。有田川流域では、二川ダム上流の森林溪流(有田川支流)10地点、有田川本流5地点(ダム前4地点、ダム後1地点)を、毎月採取している。

採取したサンプルについて、溶存有機態炭素・窒素(DOC・DON)濃度、POM濃度、硝酸態窒素・全窒素・全リン・全鉄濃度を測定した。由良川流域のサンプルでは、DOMの質の指標として3次元蛍光光度分析を行った。3次元蛍光光度については、測定値をラマン補正して標準化し、その後Parallel Factor Analysis(PARAFAC)処理を行って得られた蛍光強度からDOMの形態を評価した。

3. 結果および考察

由良川、有田川とも、ダム湖を通過することによってDOC濃度が1.2~2倍上昇し(図1)、NO₃⁻濃度は約0.9倍まで低下した。このことから、ダム湖内ではNO₃⁻の消費、DOMの生成が卓越しており、ダム湖内での生物活動が流域の河川水質に影響を与えていることが示された。また、由良川流域の大野ダムのダム湖前、ダム湖表層、ダム湖後では、全鉄濃度の上昇、腐植様物質由来の蛍光強度の上昇傾向が認められたが、単位DOCあたりの全鉄濃度、腐植様物質蛍光強度の値には変化が見られなかったことから、ダム湖は腐植酸鉄のソースである可能性が考えられた。大野ダムでは、ダム湖内の水質の鉛直分布を把握する調査も行っており、本発表ではその調査結果についても議論する。本研究の一部は平成21年度日本生命財団(若手研究)を用いて行われた。

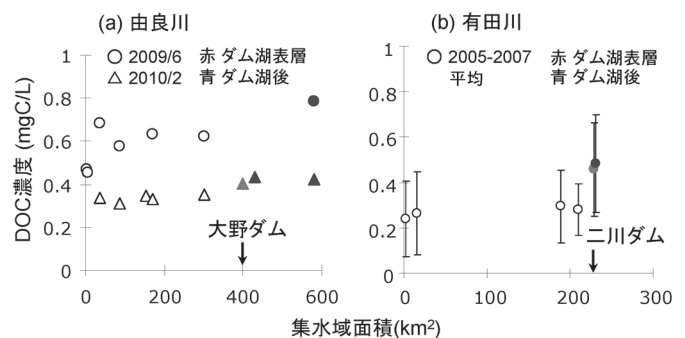


図1 由良川(採水日データ)・有田川(2年間の平均データ)の流下にもなうDOC濃度変化

W
E
B
非
公
開
希
望

琵琶湖の水深 90m 地点での 2009 年度の深層部の溶存酸素濃度の低下について

*青木 眞一，奥村 陽子，橋本 信代（滋賀県琵琶湖環境科学センター）

1. はじめに

琵琶湖北湖の深層部では、富栄養化や地球温暖化が原因と指摘される溶存酸素濃度の低下が観測されている。その低下は、生物生息環境の悪化および重金属や栄養塩類の溶出などを引き起こす可能性がある。そのため溶存酸素濃度の低下の要因を検討することは重要である。演者らは 2009 年の本学会で、水深 90m の地点で、その年の水深 0.5m の総細胞容積と湖底直上 1m の溶存酸素濃度の年度最低値には、負の相関があり、深層部での溶存酸素濃度の低下に、その年の表層での植物プランクトンの生産量が寄与している可能性があることを報告した。ここでは琵琶湖の水深 90m の地点で行った 2009 年度の水質調査の結果から、強風の影響による深層部での溶存酸素濃度の一部回復などについて報告する。

2. 方法

水質調査は、琵琶湖第一湖盆の水深約 90m の今津沖中央定点 (C 点) で行った。測定水深は、0.5, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80m および湖底直上 1m の 10 水深とした。測定は月 2 回の頻度で実施した。水温と溶存酸素濃度は、Hydrolab 製ケーブル式のクオンタ水質計を使用した。その他の水質項目は、バンドーン採水器で採水し、実験室に持ち帰り、JIS K0102 に準拠した方法等で測定した。

風向風速は、彦根地方気象台の観測データを使用した。

3. 結果と考察

C 点での水温の鉛直分布の時間変化を Fig.1 に示す。夏季には温度成層の形成により、表層と深水層の水は混合せず、表層から深水層への酸素供給も断たれる。

C 点での湖底直上 1m の溶存酸素濃度の経月変化を Fig.2 に示す。2009 年度の溶存酸素濃度は、過年度 10 年間の平均値を 5 月から下まわり、9 月には過年度 10 年間の月最低値をも下まわり、10 月 5 日には年度最低値の 2.5mg/L となった。しかしその後 1 月まで一部回復がみられ、2 月 9 日には表層から深層部までの湖水の鉛直混合によると考えられる溶存酸素濃度の全層での回復が見られた。全層での回復の時期は例年並みであった。

湖底直上 1m の溶存酸素濃度は、毎年低下と回復を繰り返しているが、前年の 2008 年度の年度最低値は 0.5mg/L と過去 30 年間の最低値であった。Fig.2 の上部に日最大風速と風向を示したが、2008 年度は、4 月から 1 月の間に台風の通過はなく、日最大風速で 15m/s 以上の風は吹いていない。これに比べて、2009 年度は、10 月 8 日には台風通過による日最大風速 15.5m/s の風が吹いている。C 点での溶存酸素濃度の鉛直分布の時間変化を Fig.3 に示す。10 月 8 日の台風通過後に、水深 80m 以深での混合によると考えられる溶存酸素濃度の一部回復がみられた。このように湖上での強風が、深層部での水の混合を生じ、溶存酸素濃度の一部回復に寄与していると考えられる。

また栄養塩類については、1979 年度からの C 点での湖底直上 1m の珪酸濃度の年度平均値の経年変化から、2009 年度まで濃度は上昇傾向であった。湖底直上 1m の全りん濃度も 2005 年度以後、年度平均値は 5 年間に上昇傾向であった。

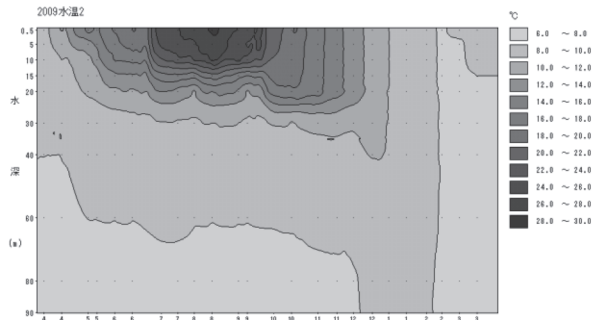


Fig.1 今津沖中央定点 (C 点) での水温の鉛直分布の時間変化 (2009 年度)

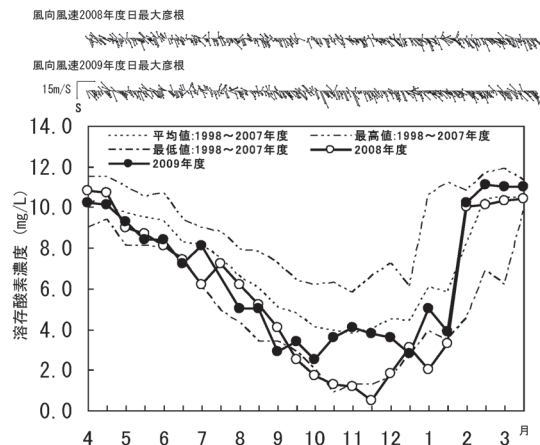


Fig.2 今津沖中央定点 (C 点) での湖底直上 1m の溶存酸素濃度の経月変化

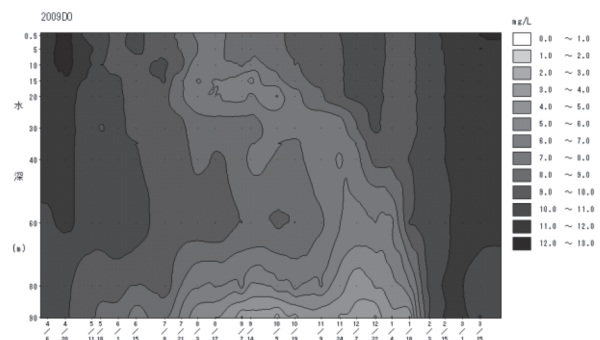


Fig.3 今津沖中央定点 (C 点) での溶存酸素濃度の鉛直分布の時間変化 (2009 年度)

4. 参考文献

青木眞一ら (2009) 琵琶湖の水深 90m 地点での 2008 年度の深層部の溶存酸素濃度の低下について, 93, 日本陸水学会第 74 回大会講演要旨集

5. 謝辞 31 年間の継続した観測に関わられてきた多くの皆様の努力に感謝します。

W
E
B
非
公
開
希
望

*石川 尚人（京大生態研），内田 昌男（国立環境研）
柴田 康行（国立環境研），陀安 一郎（京大生態研）

1. はじめに

本発表では、琵琶湖集水域における河川生態系の食物網構造を、景観要素と生物体に含まれる放射性炭素の天然存在比（ $\Delta^{14}\text{C}$ ）との関係に着目しながら示す。陸域—海域インターフェイスとしての河川生態系の構造を解明することは、地球規模での炭素循環を理解する上で極めて重要である。河川生態系の炭素循環に食物網が密接に関わっていることは、これまで概念的に理解されてきた（Vannote *et al.* 1980）。しかしながら、食物網と炭素循環を同次元で評価できる指標が今まで存在しなかったため、実証的な研究例は皆無であった。一方、集水域の炭素プール中の $\Delta^{14}\text{C}$ を測定することで河川生態系の炭素循環を明らかにする試みが近年始まってきている（Raymond *et al.* 2004; Mayorga *et al.* 2005）。 ^{14}C は時間と共にベータ崩壊を起こし、5730 年の半減期を示すため、 $\Delta^{14}\text{C}$ の測定により生態系の時間軸を明らかにすることができる。しかしながら、食物網の $\Delta^{14}\text{C}$ を測定した研究はまだないため、河川の生態系構造は未だ解明されていない。発表者らは、 $\Delta^{14}\text{C}$ を食物網研究へ応用する新しい方法論を世界で初めて提示した（Ishikawa *et al.* 2010）。ここでは、 $\Delta^{14}\text{C}$ は地下部から風化する年代の古い炭素と現在の大気 CO_2 との混合で値が決まるため、底生藻類が光合成によって固定する無機炭素（ $\Delta^{14}\text{C} < 0\text{‰}$ ）と、主に陸上植物の落葉に由来する粒状有機物（ $\Delta^{14}\text{C} \sim +50\text{‰}$ ）という、河川食物網の2つの炭素起源が異なる炭素年代情報をもつことを利用し、 $\Delta^{14}\text{C}$ により生物への炭素起源の寄与率推定だけでなく、食物網の時間軸構造をも明らかにできることを示した。

2. 方法

本研究ではこのような背景を踏まえ、2007、2008年の4-7月に、集水域景観要素の異なる6河川の上下流にて生物のサンプリングおよび $\Delta^{14}\text{C}$ 分析を行った。集水域の景観要素は、土地利用・母岩形態・森林植生・流域面積などのGIS情報を用いて評価した。上下流での食物網の $\Delta^{14}\text{C}$ 値の変化は、天然のトレーサーとして河川中の炭素の流れを評価できると予測される。これに加えて、生物群集に着目することで $\Delta^{14}\text{C}$ 値の長期変動を平均化した指標が得られると考えられる。以上のことから、河川食物網の炭素起源にどのような集水域景観要素が影響するのかを明らかにできると考えられる。また、上下流の比較により、河川炭素循環上における流程の生態学的プロセスの効果を検出できると考えられる。

3. 結果と考察

$\Delta^{14}\text{C}$ 分析から、食物網は現在の大気 CO_2 由来の有機物よりも古い年代（数千～数万年スケール）の炭素を利用していることが明らかとなった。さらに、付着藻類の $\Delta^{14}\text{C}$ 値の流程変化から、食物網が様々な年代の炭素を混合していることが示された。現在一部サンプルの $\Delta^{14}\text{C}$ を分析中であるが、既に予備的なデータから、琵琶湖集水域の様々な景観要素（土地利用・母岩形態など）が食物網の炭素起源を規定していることが示唆されている。本研究の成果により、集水域スケールで見た場合の河川生態系の食物網と炭素循環との関係が明らかになることが期待される。本発表では発表者らのこれまでの研究成果と共に、食物網の時間軸構造に関する今後の展開についても議論する。

*久住貴紀, 松田あゆみ (山形大学大学院・理工学研究科)
高野敬志 (北海道衛生研究所), 日野修次 (山形大学・理学部)

1. はじめに

北海道北部(幌加内町)に位置する朱鞠内湖は、1943年に完成した国内最大のダム湖である。この湖では、集水域周辺からの畜産排水(窒素, リンを含む)の流入により、「アオコ」の大量発生に見られるように、富栄養化の問題が指摘されている。当研究グループにおいては、8年前から朱鞠内湖の物質循環にかかわる研究を実施した。その結果、この湖では、炭素、窒素に対し、リンがやや不足した傾向にあることが分かっている(相馬 2006)。リンは、生体の細胞膜および核酸の構成要素となっており重要な成分である。湖水へのリンの供給源は、河川からの流入、湖内での回帰、底泥からの溶出が考えられる。底泥からの溶出は、一般的に還元的条件下で起きるとされているが、微生物のもつリン化合物の加水分解酵素活性により、酸化条件下においても溶出する可能性も考えられる。そこで、本研究では、リン化合物の加水分解酵素のうち、フォスファターゼ(Phosphatase)活性に係るリン溶出メカニズムおよび回帰量の推定を行った。

2. 実験方法

底泥試料(以下、コアサンプル)の採取は、2008年5月~11月のうち5回実施した。コアサンプルを3 cmごとにスライスし冷凍保存した。

酵素活性測定は、基質を *p*-ニトロフェニルリン酸とし、緩衝液は、Acid Phosphatase では Acetate Buffer (pH 5.5), Alkaline Phosphatase では Tris-HCl Buffer (pH 8.5) を用い、それぞれ 30 °C で反応させた。反応終了後、反応液に塩化カルシウムと水酸化ナトリウムを加え、懸濁成分を沈殿させた。その後、ろ紙(No.5C)でろ過し、分光光度計(SHIMADZU UV-mini 1240)を用いて、遊離した *p*-ニトロフェノールを吸光度 410 nm で測定した。

乾泥の C:N:P 比について、炭素、窒素は CHN コーダ(Yanagimoto MT-5 型)で、リンはペルオキシ二硫酸カリウムを加え、120°C, 2気圧で30分加水分解後、モリブデンブルー法により分光光度計で測定した。

3. 結果及び考察

Acid Phosphatase については、ほとんどの季節、地点において、表層部で酵素活性が高く、底層部になるにつれて活性が徐々に低くなる傾向がみられた(Fig. 1のとおり)。また、St. 3や湿地帯Aに比べ、湿地帯B(水草が多量に生息している)での活性は表層での

活性は著しく高い傾向が見られた。しかし底層部では他の地点と同じ程度か、若干高い程度の活性であった。これらのことより、底泥中表層は沈降してまもない懸濁態物質であるため活性も高いと考えられる。また、深層部では経年変化による活性が低下していると思われる。特に、湿地帯Bの表層部では炭素量も多く、生物遺骸や細菌類を中心とした新生堆積物の影響で活性が著しく高いと考えられる。

これに対し、Alkaline Phosphatase については、表層部で活性が高く深層部で低いという傾向はある程度認められるが、深層部でも高い活性を示す場合もあった。生体内に常に存在し、リンの代謝にかかわる Acid Phosphatase と異なり、Alkaline Phosphatase は、体内のリンが欠乏したとき、必要に応じて生産される酵素であるため、その必要性に応じて活性の変動が見られたと考えられる。

C,N,P量について、炭素量については湿地帯Bでは著しく高く、窒素量、リン量についても、表層部においては湿地帯Bで著しく高い傾向が見られた。また、比の値で見てみると、深層部で C/P 比が著しく高く、炭素量が著しく多い、又はリン量が著しく低いといったことが考えられる。これを絶対量から判断すると、炭素は著しく多く、一方でリンはそれほど変化が認められないことが分かる。さらに、平均 C:N:P 比は、St. 3では 189:14:1, 湿地帯A及びBでは、それぞれ 228:18:1, 379:23:1 であり、炭素、窒素と比較して、リンがやや不足している傾向が顕著に見られた。

なお、酵素活性(ポテンシャル値)から見積もった1時間、1 m²あたりの底泥堆積物からのリン放出は、含有量の 5.8~29.4%であった。

酵素活性の阻害実験については、アジ化ナトリウムは 20 mmol L⁻¹, ストレプトマイシンは 10 mmol L⁻¹, クロラムフェニコールは 1 mmol L⁻¹以下の添加で完全に阻害されることが分かった。

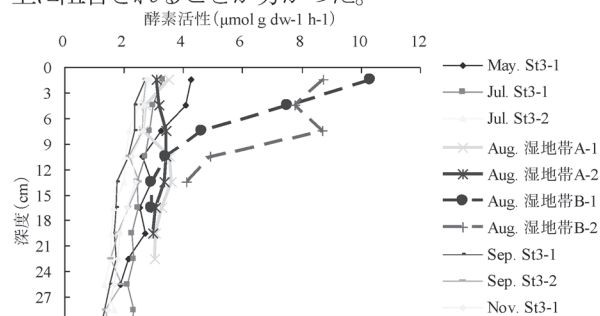


Fig. 1 Acid Phosphatase 活性 (2008 年)

*北野史子¹, 早川和秀², 西本鷹耶³, 小島礼慈¹, 原 都³,
熊谷 哲¹, 高橋勝利⁴, 藤嶽暢英⁵, 杉山裕子¹

(¹ 兵庫県立大学大学院環境学研究科, ² 滋賀県琵琶湖環境科学センター,
³ 兵庫県立大学環境人間学部, ⁴ 産業技術総合研究所, ⁵ 神戸大学農学研究科)

はじめに

溶存有機物の分子組成を明らかにし、水環境と有機物組成の関係を解明する目的において質量分析などの分子レベルキャラクタリゼーションが注目され、これらの分析を行うに先立って脱塩・濃縮などの目的で様々な分画法が汎用されている。限外ろ過膜法は、分子サイズにより有機物を分離できる物理的分画法の一つであり、C₁₈ 固相抽出法は、試料中の低極性物質を優先的に分離・濃縮できる化学的分画法の一つである。本研究は、C₁₈ 固相抽出法と限外ろ過膜法により分離される有機物の特徴の違いを明らかにする目的で、両法を用いて琵琶湖 DOM を分画し、蛍光スペクトルおよびフーリエ変換イオンサイクロトロン質量 (FT-ICR MS) 分析結果を比較した。

試料採取および測定

試料は、2009 年 7 月 9 日に滋賀県琵琶湖北湖 N4 地点(北緯 35.38°東経 136.09°: 水深 90m)の 10 水深(2.5m, 4m, 8m, 10m, 13m, 15m, 40m, 80m, 85m, 90m)にて採取した。採取した試料は、ポリカーボネート製採水瓶に保存し、氷冷下で研究室に持ち帰った。持ち帰った試料を孔径 0.7 μm の GF/F フィルターでろ過した。ろ過試料に対して有機炭素(DOC)・3 次元励起蛍光スペクトル測定を行い、さらに以下の分画を行った。

ろ過(DOM)試料をタンジェンシャルフロー型限外ろ過器(Millipore-Pelicon2-mini Cassette)により、分子サイズ 1000Da 以上の高分子量(HMW)DOM・1000Da 以下の低分子量(LMW)DOM に分離した。また、C₁₈ 固相抽出ディスク(Empore Disk, 3M)を用いた疎水性(Ho) DOM・親水性(Hi) DOM の分離を行った。それぞれの分画で得られたフラクションについて DOC・蛍光測定を行った。また、水深 8m, 85m にて採取した試料の HMW DOM および Ho DOM に対して、FT-ICR MS 測定を行った。溶存有機炭素(DOC)濃度測定は Shimadzu-TOC5000、3 次元励起蛍光測定は Jasco-FP6200 蛍光分光光度計、フーリエ変換イオ

ンサイクロトロン質量分析(FT-ICR MS)は産業技術総合研究所所有のブルカーダルトニクス製 Apex-Q-94e を用い、検出はネガティブモードで行った。

結果と考察

試料の DOC 濃度は、0.97~1.50 mgC/L で分布し、表層(0~15 m)においては 1.19~1.50 mgC/L を示し、水温躍層付近(8m~20 m)を境に低下して中層から底層 40~90 m では 0.98~1.04 mgC/L でほぼ一定濃度を示した。また、限外ろ過分画においては、HMW DOC は 0.56~0.93 mgC/L, LMW DOC は 0.33~0.66 mgC/L を示し、HMW DOC が 51~69% を占めた。HMW DOC は表層水・底層水では比較的低い割合(51~59%)、中層では高い割合(63~69%)を占めた。また、Ho DOC・Hi DOC は、それぞれ 0.15~0.86 mgC/L, 0.46~0.72 mgC/L を示した。バルク DOC 濃度に対する Ho 分画の割合は 15~60% と水深により変化し、表層(2.5~13 m)で高濃度(0.73~0.86 mgC/L)かつ 55~60% の高い割合を占めた。また水深 10~15 m にかけては急激に減少(0.85~0.49 mgC/L)し、水深 15~85 m でさらに減少(0.49~0.15 mgC/L)し、水深 85 m で最低値 0.15 mgC/L を示して、水深 90 m で 0.50 mgC/L を示した。

FT-ICR MS 測定の結果、試料の質量イオンピークは水深 8m, 85m の Ho DOM, 水深 8m の HMW DOM ではほぼ全てが m/z 値 1000 以下で検出された。一方、水深 85m の HMW DOM の質量イオンピークは m/z 値 1000 以上においても検出された。また、質量イオンピークの精密分子量から予想された分子式の元素比を基に作成した van Krevelen Diagram によって構成有機物の組成を比較したところ、C₁₈ 吸着 DOM, HMW DOM とともにリグニン様物質、タンパク様物質が主な構成成分であることが示唆された。また、C₁₈ 吸着 DOM には多糖類、縮合型炭化水素が、HMW DOM には不飽和度の高いフミン様物質、加水分解性タンニン様物質が含まれていることが示唆された。