

ポスター発表

P01 ~ P24 : 河 川

P25 ~ P61 : 湖 沼

P62 ~ P67 : 汽水域

P68 ~ P70 : 水処理・上下水

コアタイム日時 : 9月11日(水) 奇数番号 13:00~14:00
偶数番号 14:00~15:00

会場 : 2号館109~113 演習室

スギ人工林の伐採施業が 溪流生態系を流れる炭素の ^{14}C 年代に及ぼす影響

*石川 尚人 (海洋研究開発機構), 富樫 博幸 (水研セ東北水研), 加藤 義和 (京大生態研),
吉村 真由美 (森林総研関西), 徳地 直子 (京大フィールド研), 陀安 一郎 (京大生態研)

1. はじめに

本研究では、森林伐採・植栽からの時間経過と河川食物網の ^{14}C 年代との間にどのような関係があるかを明らかにすることを目的とし、集水域の林齢が異なる流域において、付着藻類、陸上植物リター、水生無脊椎動物の放射性炭素天然濃度 ($\Delta^{14}\text{C}$) を測定した。伐採直後は、土壌から多くの栄養塩が溶脱し、かつ河床に到達する光量も増加するため、河川食物網は付着藻類などの内部生産に強く依存するのではないかと考えた。一方で植栽から時間が経過すると、林冠が閉鎖され河床に到達する光量が減少し、かつ土壌からの栄養塩溶脱も減少する。これにより河川内部生産力は低下するため、食物網は陸上植物由来の資源に依存するのではないかと考えた。

2. 材料と方法

京都大学和歌山研究林およびその周辺の森林では、集水域単位の伐採施業（輪伐）が行われ、林齢以外の環境要因がほぼ等しい一次～三次河川が集中的に分布する。このため、スギ人工林伐採・植栽からの森林再成立過程と、それに伴う河川生態系の変化を把握できる。本研究では、伐採・植栽からの経過年数が 5 年、12 年、23 年、38 年、49 年の人工林、および 90 年以上の天然林の計 6 地点を調査地として設定した。これらの調査地流域において、2011 年 12 月 19~21 日に付着藻類、陸上植物リター、各種摂食機能群（刈取食者、破碎食者、ろ過食者、収集食者、捕食者）の水生無脊椎動物を採集し、加速器質量分析計により各試料の $\Delta^{14}\text{C}$ 値を測定した。

3. 結果

調査地では、林齢の進行と共に河床へ到達する光量が減少し、若齢林の集水域では付着藻類食の刈取食者が、高齢林の集水域ではリター食の破碎食者が多く存在していた。調査地集水域の林齢に関わらず、付着藻類の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は極めて低かった ($-631\text{‰} \sim -118\text{‰}$)。一方、陸上植物リターの $\Delta^{14}\text{C}$ 値はほぼ一定 ($+28 \sim +34\text{‰}$) で、かつ現世の大気 CO_2 に近かった。水生無脊椎動物のうち、刈取食者の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は他の摂食機能群よりもやや低く、逆にろ過食者の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は他の摂食機能群よりもやや高かった。その他の水生無脊椎動物の $\Delta^{14}\text{C}$ は、調査地集水域の林齢に関わらず、付着藻類よりも陸上植物リターに近い値を示した。

4. 考察

本研究では、付着藻類と陸上植物リターとの間にある $\Delta^{14}\text{C}$ 値の大きな差を利用し、これら 2 つの炭素起源の水生無脊椎動物に対する相対的寄与率が、林齢の進行と共に変化すると予測した。ところが一部の分類群を除き、調査地の河川食物網は、林齢に関わらず現世の大気 CO_2 を起源とする陸上植物リターに強く依存していることが示唆された。すなわち森林伐採・植栽（およびそこから植生回復）は、河川食物網の ^{14}C 年代にほとんど影響しないだろうというのが、現時点での結論である。しかし付着藻類の $\Delta^{14}\text{C}$ 値が極めて変異に富んでいたことなど、今後検証すべき課題も多く残っており、発表では本研究の将来的な展望についても議論したい。

P02 Ecosystem response to weir construction in the main channel of river (Nakdong River)

*Dong-Il Seo, Sun Woong Kim, Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee Univ.)
Ju-Duk Yoon, Jeong-Hui kim, Sanghyeon Park, Min-Ho Jang (Kongju Univ.)

Dams and weirs are constructed to secure water resource and to prevent floods, landslides, droughts and other natural disasters. In case of Korea 'Four Major Rivers Restoration Project' has progressed from 2008 until 2012, and 16 weirs have been constructed in the mainstream of Han River, Yongsan River, Nakdong River and Geum River. On the other hand, the construction of weir provides lentic environment to its up-stream area, of which biota is quite different from lotic ecosystem. Thus, such discontinuation of river ecosystems can cause various changes to the flowing water ecosystems, both up-stream and down-stream of weir section. In the Nakdong River system, 8 weirs were constructed, and among the weirs, Gumi weir is located at the upper part of the river (220.5 km from estuary). Gumi weir is a huge weir that consists of 103.5 m long movable weir and 270.8 m long fixed weir. It is also designed to control the flow rate of the main channel and especially control the discharge during the event of flood (Fig 1A).

The Nakdong River is the second largest river system in South Korea (drainage area covering 23,817 km² and 525.8 km in length). However, algal bloom occurs due to water body stagnancy and it is also known that plankton community of the Nakdong River is characterized as that of lake especially during the dry season.

The construction of Gumi weir can have various effects on the plankton community not only by the modification of river flow but also by the depth change of the river which deepens to about 10 m by dredge

during the construction. Furthermore, it can be expected that the weir construction differently affects the river ecosystem depending on seasons (rainy and dry seasons).

To study the changes of water quality and the biota in the main channel of river induced by the weir construction, we selected 3 up-stream sites and 2 down-stream sites of the weir for the water quality and plankton community monitoring (Fig 1B). We analyzed the temporal and spatial distribution pattern of zooplankton and phytoplankton in the weir section in relation with water quality changes. We also analyzed fish community structure to estimate the ecosystem response to the weir construction in the upper part of the Nakdong River.

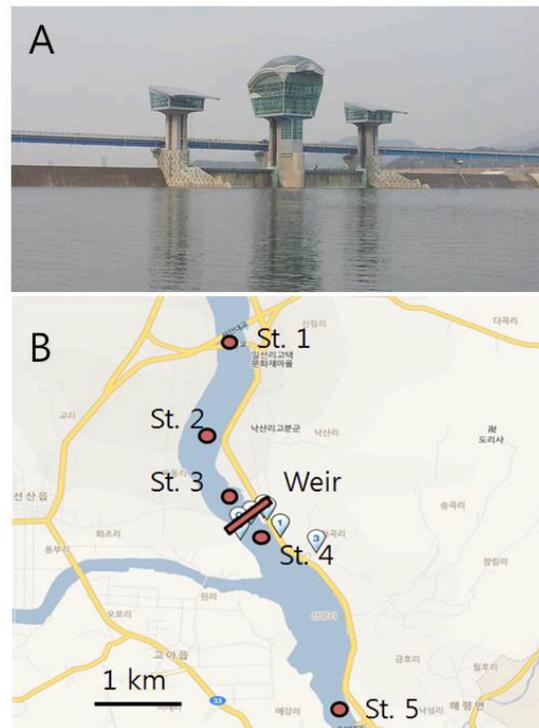


Fig. 1 Gumi weir (A) and study sites (B)

*小澤元生（龍谷大・院・理工），遊磨正秀（龍谷大・理工）

1. はじめに

□アユ (*Plecoglossus altivelis altivelis*) は両側回遊型の生活史を持ち、内水面漁業上重要な種であるため滋賀県でも、積極的に研究や保護が行われてきた魚である。琵琶湖に生息するアユは陸封型であり、春から夏にかけて成長目的で河川を遡上するオオアユと秋に産卵目的で河川を遡上するコアユが存在することが明らかにされている。本種における産卵生態については多くの研究報告があり、琵琶湖のコアユの産卵生態を調査した研究では水深 10~30cm、流速 30~70cm/s、底質は柔らかく堆積した浮石状態の瀬に産卵場が形成され、海産アユの産卵環境に近い事が報告されている。また滋賀県の水産試験場がコアユの資源予測として、毎年産卵の主要な琵琶湖に流入する 11 河川で産卵量調査を実施しており、2012 年度の産卵量は平年比の 6%程度であることが報告されており、非常に産卵量の少ない年であった。本発表はこの 2012 年度において琵琶湖流入 15 河川において産卵調査を行っており、その調査結果を以下の点について着目し報告する。

琵琶湖産アユにおいて平年通りの産卵量であれば、産卵場である河口付近の瀬では至る所で産卵が確認でき、場所によっては瀬が産着卵で埋め尽くされている様な場所も存在するが、本調査では産卵量が極めて少ない為か、同じ瀬内でも局所的な産卵の偏在化が見られた。また産卵が確認できた箇所と確認できなかった箇所が平年と比べより明瞭に表れており、アユが選択している産卵場所がより顕著に表れていたと考えられる。そこで本発表ではこれらの点に着目し、琵琶湖流入河川においてどのような場所が琵琶湖産アユの重要な産卵適地になっているのか議論していく。

2. 材料と方法

本研究では琵琶湖流入河川において、河川内のどのような場所が次世代の再生産に寄与する産卵場となっているのか、また各瀬内においてどのような箇所が産卵に適しているのかを検証するために、2012 年 9 月~11 月において産卵調査及び河川の環境要因調査を行った。

河川内での産卵調査においては滋賀県マキノ町を流れる知内川で、河口から最も近い位置にある瀬から、産着卵を確認しつつ上流に移動し、最上流産卵場までのすべての瀬において調査を行った。

また瀬内においてどのような箇所が産卵に適しているのか検証するために、琵琶湖に流入する河川の中で比較的産卵量の多い 15 河川を対象に、各河川の河口から上流に向かって最初に出現する瀬で産卵調査を行った。

また具体的にどのような場所に産卵が生じるのか、その要因を抽出するため、産卵の有無を目的変数とする一般化線形モデル (Generalized Linear Model: GLM) による分析を行った。モデル選択には、赤池情報量基準に基づく、変数増減法によるステップワイズを用いた。すべての解析には R2.15.1 を使用した。

3. 結果

産卵調査を行った 15 河川中産卵が確認出来た河川は 3 河川のみであり、どの河川も非常に産卵量が少なかった。河川内の最上流産卵場まで産卵調査を行った知内川では、河口から約 2km 地点までの間に、5 か所の瀬において産卵が確認できた。産卵量が多い年は河口付近に産卵が集中する事が知られているが、最も産卵量が多かった地点は河口付近の一番瀬ではなく河口から約 1km 地点の場所であり、産卵量が少ない年は産卵環境の良い瀬から産卵が生じている可能性が示唆された。

また産卵の有無を目的変数に用いた GLM 解析結果から、4~8mm (g/m²) の砂礫重量が正の影響を与える因子であることが確認でき、底層流速が負の影響を与える因子であることが確認できた。海産アユなどは 2mm~32mm 程度の比較的幅の広い大きさの砂礫を産卵に利用する事が知られているが、琵琶湖に生息するコアユは 4~8mm 程度と海産アユに比べ小さいサイズの礫を利用し産卵しているといえる。これは海産アユよりもコアユの体サイズが小さい為、産卵に利用できる河床環境が異なっている為と考えられる。また本研究結果では 4~8mm の砂礫が 1 m² 当たり 280g 以上ある産卵場の全てにおいて産卵が確認できたことから、琵琶湖産アユの産卵環境にとって 4~8mm の砂礫の割合が非常に重要であると考えられる。

表1 選択されたモデルの各パラメータ

| Selected variables | Coefficients | Std. error | z value | p value |
|--------------------|--------------|------------|---------|---------|
| 定数項(Intercept) | -0.4000 | 1.278 | -0.313 | 0.754 |
| 4-8mmの砂礫重量(g) | 0.00895 | 0.00316 | 2.833 | 0.004** |
| 底層流速(cm/s) | -0.0524 | 0.0235 | -2.228 | 0.025* |

4. 考察

本研究結果は非常に産卵量が少ない稀な年の情報であるため、アユの産卵場選好性などが例年よりも顕著に表れている。よって本研究は琵琶湖産アユの産卵適地を検討する上で重要な知見になり得ると考えられる。

本発表では上に述べた事を踏まえ、琵琶湖流入河川において、具体的にどのような場所が次世代の再生産に寄与している産卵適地に成り得るのか考察していく。

*小澤麻帆（龍谷大・院・理工），小澤元生（龍谷大・院・理工）
遊磨正秀（龍谷大・理工）

1. はじめに

河川の水生生物の生息環境を保全するためには、その対象生物ごとの水深、流速、河床材料などの物理的環境を知る必要がある。魚類などは、成長段階によって生息場所を変えているといわれ、様々な成長段階での生息環境を把握することが重要である。ウツセミカジカ (*Cottus reinii*) は琵琶湖固有種であり、分布上重要種とされているが、その小型個体の生息場所についてはまだ知見は乏しい。そこで、河川に生息するウツセミカジカの成長段階を、小型個体（全長～39.9 mm）、中型個体（40.0～59.9 mm）、大型個体（60.0 mm～）に分け、各成長段階でどのような物理的環境の生息場所を選択しているのかを明らかにし、本種の生活史全体を支える環境を備えた河川のあり方を究明することを目的とした。

2. 材料と方法

2011年6月23日～8月15日及び10月18日～11月10日の間、環境要因の調査を2回、ウツセミカジカの生息調査を各3回ずつ計6回、琵琶湖流入河川である和田打川下流部で行った。なお、この間、9月2日と9月21日に台風による河川環境の変化があった。調査域として、水深、流速、底質などの物理的環境が多様な区間（48.5m）を設定し、その区間を上下流方向に2m、横断方向に1m間隔で点を取り、その各点で水深、流速、底質を測った。また、調査区間を下流から6mずつ8区間に区切り、各区間で10分間ずつタモ網を用いて本種を採捕した。採捕した魚は全長、体長を測り、全区間の調査終了後、採捕した元の区間に放流した。地図上に、本種が採捕された点を打ち、その点に一番近い環境要因の測定点のものをその個体を採捕した場所の環境要因とした。各成長段階の生息場所の選択性を、Ivlevの選択指数により解析した。

3. 結果と考察

ウツセミカジカの小型、中型個体は60 cm/秒以上の速い流速の場所を選択していた。また、どの成長段階でも、水深60 cm以上の場所とコンクリートの底質の場所に対して強い負の選択性を示した。小型個体は1～50 mmの礫サイズ、中型個体は51～150 mmの礫サイズの底質を生息場所として利用していた。大型個体は水深や流速よりも、51 mm以上の大きい礫サイズに対して強い選択をしていた（図1）。その個体サイズにあった礫サイズをそれぞれ選択しているように考えられる。本種の生活史全体を支える河川環境には、60 cm/秒以上の速い流速と底質は多様な礫サイズが必要であると考えられる。今回の増水による河川環境の変化では、小型個体を選択してい

た速い流速の場所や、小さい礫サイズの底質が減少し、小型個体の生息場所が減少した。地図による河川環境と本種の分布の比較でも、小型個体が、より流速の速い場所を生息場所として選択していることが明らかになった。大型個体を選択していた大きい礫サイズは、流されにくかったため、大型個体よりも小型個体の生息場所の方が増水などの影響を受けやすいと考えられる。河川改修などによる河川の物理的環境などの均一化はウツセミカジカにとって重要な問題であると言える。河川の直線化は自然攪乱による河川構造の形成などが起こらなくなり、ウツセミカジカの小型・中型個体の生息場所にとって必要である瀬も形成されなくなる。そのため、自然攪乱で瀬が形成されるための蛇行を保全、もしくは再生が必要であると考えられる。

土砂堆積による河床の表面構造の変化が 魚類の空間利用に及ぼす影響

*小野田幸生(土研・自然共生セ), 原田守啓(土研・自然共生セ), 森照貴(土研・自然共生セ), 加藤康充(土研・自然共生セ, 建設環境研), 高木哲也(土研・自然共生セ, 応用地質), 萱場祐一(土研・河川生態チーム)

1. はじめに

土砂の堆積は河川において生じる普遍的な現象であるが、流域の開発や河川の管理などの人為的な活動による土砂の供給量の増加を通じて土砂の堆積が促進される場合がある。そのため、土砂の堆積による生物への影響を評価・予測し、より影響の少ない土砂管理に活かしていく必要がある。

土砂が堆積すると河床の石礫が埋没することがあるため、石礫の間や下部の空隙を利用する生物を対象に影響が評価されてきた。たとえば魚類では、浮き石を利用するカジカやヨシノボリなどの底生魚の密度が、土砂の堆積に伴い低下することが知られている。

一方で、遊泳魚については、土砂の堆積が産卵床に及ぼす影響については評価されてきたが、遊泳魚に対する底質のその他の影響に関する知見は少ない。しかし、遊泳魚も石礫の間や下部の空隙を隠れ場所として利用する。さらに、遊泳魚も石礫の間を流速からの忌避場所として利用することから、土砂の堆積による河床粗度の変化が、河床近傍の流速条件を変えることで、遊泳魚の利用可能な低流速域を変化させる可能性も考えられる。これらのことから、底質の変化による遊泳魚への影響に関する知見は、人為的な土砂の堆積に対する影響を評価するために欠かせないと考えられる。

そこで、本研究では河床空隙を豊富に有する凹凸の多い河床条件を主な対象として、遊泳魚の遊泳行動を観察し河床の空隙を利用するかどうかを確認するとともに、流速分布と魚類の利用空間との関連を調べた。これにより、土砂の堆積に伴う河床表面の変化が空隙量だけでなく、流速の変化も介して遊泳魚に影響を及ぼすかどうかを検討した。

2. 材料と方法

遊泳行動と底質との関連性を把握するため、大型実験水路(長さ10m、幅1.5m)を用いた。この実験水路には観察棟が併設されており、アクリルガラス製の観察窓から水中で遊泳する魚類を観察できる。実験水路の河床に主に巨石や石などを一面に敷き詰め、河床の凹凸が多い状態を用意した。また、実験水路の上を市販の黒色の寒冷紗(遮光率50%)で覆い、上空の状況が遊泳行動に及ぼす影響を排除した。この実験水路内の流量を約 $29\text{m}^3/\text{min}$ (平均流速 70cm/s 程度)に設定し、水路内に30個体のオイカワ(体長10cm前後)を放流し、その遊泳行動を観察した。さらに、遊泳行動と流速との関連性を把握

するために、オイカワが集中的に利用する地点の周辺における流速を、高さ方向に2cm、縦断方向に5cm毎に計測した。

3. 結果と考察

放流したオイカワの多くは中層や水面付近を利用せず、河床の直上(河床表層)やくぼみなどを利用して遊泳していた。河床表層を遊泳するオイカワは河床のくぼみに定位すると、その後もしばらくその地点を利用し続けることが多かった。また、餌資源である藻類の断片などを摂食するために、河床近くにいたオイカワが瞬間的に中層に浮上したとしても、下流へと流されながら河床表層へと戻る行動が繰り返し観察された。観察窓のすぐ向こう側では放流したオイカワの一部が、石礫の間や下部の空隙を利用しているのが観察されたため、遊泳行動が直接確認できなかった個体は、石礫の間や下部の空隙などを利用していると考えられた。

流速は 100cm/s 程度までの範囲におよび、水面に近づくほど速かった。オイカワが集中的に利用していた河床表層とくぼみの部分では、凹凸の多い河床が流速の抵抗として働いたため、流速 30cm/s までの低流速域が形成されていた。この低流速は、供試魚の体長から推測される巡航速度と同じくらいであったため、オイカワが継続的に利用できたと考えられる。したがって、河床表層やくぼみが形成する低流速域は、遊泳魚の流速からの忌避場所として重要であると考えられる。一方、オイカワが継続的に利用していた場所よりも、上層部分では高流速域が形成されていた。そのため、オイカワは浮上する際に、その高流速域を瞬間的に遊泳したとしても、継続して利用するには条件が厳しく、流下しながら低流速域の河床付近に戻ったものと考えられる。これらの結果から、河床表層の構造が石礫の間や下部などの空隙量だけでなく、流速の変化を介しても遊泳魚に影響を及ぼす可能性が示唆された。

以上の結果から、土砂の堆積によって河床表面が滑らかになると、流速に対する河床の抵抗が小さくなるため、低流速域が減少することが予想される。その結果、継続的に利用できる流速からの忌避場所が減少したり、採餌などのために浮上できる高さが減少したりする可能性が考えられる。そのため、遊泳魚に対しても流速変異を介した土砂の堆積による影響を評価する必要があることが本研究から示された。

P06 大分県湯布院地域の河川水水質に及ぼす温泉水の影響について

*緒方ひかる（大分大・大学院），瀬尾千明（大分大・教育福祉科学部）
大上和敏（大分大・教育福祉科学部），大沢信二（京大・理・地球熱学）

1. はじめに

大分県由布市湯布院町は全国的に有名な温泉地である。観光名所のひとつである金鱗湖は湖底から温泉が湧出している大変珍しい湖である。そのため、金鱗湖の湖底から湧き出る温泉や、金鱗湖周辺に多く立ち並ぶ温泉旅館等から排出される温泉水が、湯布院町を流れる河川に多く混入している。この温泉水の混入により、湯布院町の河川は全国の平均的な河川より溶存化学成分濃度が高くなっている。また、最近では温泉排水の河川への流入による水質汚濁を懸念する声も周辺住民よりあがりはじめています。そこで、本研究では金鱗湖の流出水とそれに流れ込む津江川、湯坪川、白滝川を調査地点とし、COD・DO・BOD・化学組成など河川水の分析を行った。その結果より、湯布院町川上地区を流れる河川の水質汚濁状況及び河川水の化学組成に及ぼす温泉水の影響等について報告を行う。

2. 方法

現地調査及び試料水の採取は大分川の源流域にあたる金鱗湖からの流出水と、それに流れ込む津江川、湯坪川、白滝川より8地点を選択して行った。

現地では、気温、水温、pH、電気伝導度を測定し、DO、COD、BOD および主要化学成分（ Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 SiO_2 ）等の分析用試料水については、ポリ瓶および酸素瓶に採取した。

現地調査は2011年5月16日～2012年11月20日までおよそ2カ月ごとに、2013年3月15日からは毎月現地調査を行った。また、2011年～2012年では調査地点が5ヶ所であったが、2013年からは調査地点を3ヶ所増やし、8ヶ所となった。

3. 結果

各測定地点におけるBOD値については、比較的周辺に旅館等が少ない津江川の値は0.3～2.3mg/Lと調査地点の中で最も低かった。一方、河川両岸に飲食店等が数多く立ち並んでいる金鱗湖、湯坪川、および合流後の河川水は0.2～3.7mg/Lと比較的高い値であった。なお、今回の調査地点中で最も高いBOD値を示したのは全ての河川が合流する地点で、BOD値が0.8～4.2mg/Lであった。

水温は、津江川とそれ以外の調査地点において一年を通じて2.8～5.4℃近くの差があった。特に湯坪川と津江川を比較すると、2012年7月においてその温度差が、湯坪川の方が6.6℃高い水温を示していた。

図1に河川水中の主要化学成分の分析結果を示す。

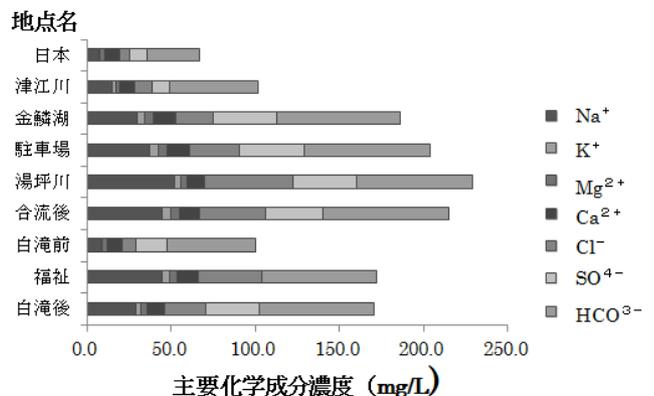


図1.各地点の河川水の総塩分量

図1. より津江川・白滝川における溶存化学成分の濃度は、日本を流れる河川の平均的な値とほぼ同じであったが、それら以外の河川水についてはかなり高い濃度であり、特に湯坪川においては日本の平均値の約5倍に相当する溶存化学成分を含有している事が示された。

4. 考察

津江川と白滝川については、日本の平均的な河川水の値とほぼ変わらないことから、周辺の温泉旅館等からの温泉排水の流入は比較的少ないと考えられる。一方、金鱗湖からの流出水、湯坪川、およびそれらの合流後の河川水については、水温が津江川に比べ一年を通じて2.8～5.4℃高く、さらに溶存化学成分についても2～3倍高い濃度を示していることから、周辺からの温泉排水の混入による影響をかなり受けていると考えられる。

今後は、これら河川水に及ぼす温泉排水の影響について、より定量的な検討を行う予定である。

5. 参考文献

1. 川野田実夫，志賀史光，矢野哲郎（1979）：河川水の水質に及ぼす温泉の影響—大分川水系，大分県温泉調査研究会報告，30，43—48.
2. 瀬尾千明（2013）：大分県由布市湯布院町の河川水の地球化学的研究

ヤクシマカワゴロモの生育する一湊川における 付着珪藻類の増殖

*北渕浩之、永淵修（滋賀県立大・環境科）、横田久里子（豊橋技術大・工）
手塚賢至、手塚田津子（屋久島生物多様性保全協議会）、
鮎川和泰（環境システム（株））、田辺雅博（日科機バイオス）

1. はじめに

ヤクシマカワゴロモは屋久島の一湊川にのみ生育しているカワゴケソウ科の一種である。ヤクシマカワゴロモを含むカワゴケソウ科の植物は流れの速い渓流域の岩に付着する被子植物である。環境省レッドリストで絶滅危惧種 I B 類分類され、国の天然記念物にも指定されている。

2012 年 5 月には *Melosira varians*（以下メロシラ）という付着珪藻類が、2013 年 4~6 月にはメロシラに加え *spirogyra* sp.（以下スピロギラ）という緑藻類が繁茂しているのが確認された。我々の 2008 年のヤクシマカワゴロモ生育状況の調査から 2013 年はかなり生育が少ないことが明らかとなった。また屋久島高校の角田教諭の調査でも同様の結果であった。寺田ら(2009)によると藻類が増えればカワゴケソウ科植物の表面を被覆し、衰退させると報告している。実際、付着藻類が表面についていたヤクシマカワゴロモの群落は著しく密度が低かった。一湊川でも付着藻類が増加したことによって減少した可能性があり、この付着藻類の発生原因を解明する事は一湊川の固有種であるヤクシマカワゴロモの保全にとって最重要課題である。本研究では付着藻類がなぜ増殖し始めたのかを解明する事を目的とする。

2. 材料と方法

2012 年より一湊川のヤクシマカワゴロモ生育域の上流から、生育域下限にかけて観測機器を設置している。観測機器は水質計 (st1、7、8、9)、EC 計 (st2、5)、水温計 (st3、4)、濁度計 (st5)、水位計 (st5)、雨量計 (白川山集落内) であり調査は一湊川の上流から下流にかけての 11 地点で平水時採水を実施するとともに、降雨時採水を行ってきた。分析は EC、pH、TN、DN、TP、DP、 $PO_4\text{-P}$ 、 $SiO_2\text{-Si}$ 及び主要イオン (Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+}) である。

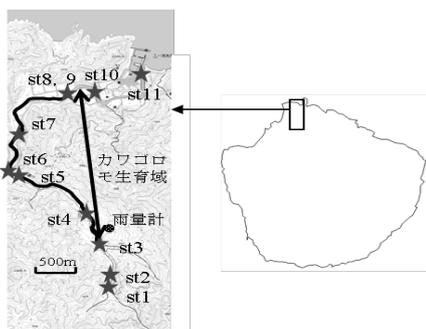


図 1 調査地概要

3. 結果

通常の採水、降雨時採水の結果および、一湊川の水質の経年変化を検討した。その結果、平水時では珪藻類であるメロシラが利用しやすい栄養塩のうち $NO_3\text{-N}$ 、 $SiO_2\text{-Si}$ に年変動（増加）は確認できず（図 2、3）、 $PO_4\text{-P}$ に関しては調査を開始した 2012 年の濃度が 0.003 ± 0.001 mg/l でかなり低かった。また降雨時は平水時と比べて PP、PN が大幅に増加した。

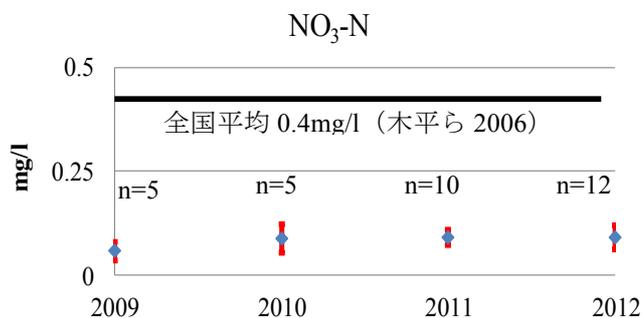


図 2 $NO_3\text{-N}$ の年変動（平水時）

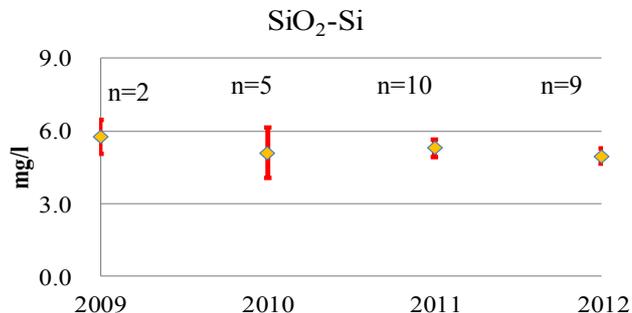


図 3 $SiO_2\text{-Si}$ の年変動（平水時）

4. 考察

平水時の溶存態の栄養塩は付着藻類の繁茂に直接影響を与えていないことが分かった。また降雨時は平水時に比べて PP、PN が大幅に増加するが、降雨後は付着藻類が完全にはぎ取られており、降雨時に水質が大きく変化しても付着藻類の繁茂に関与しているとは考えにくい。しかし、2013 年 4~6 月の調査で水位の低い期間が長くなれば河床の転石上に茶色の浮泥が堆積しているのを確認した。また藻類は懸濁態栄養塩を溶存態に近い状態で増殖に利用すると報告（橘ら, 1986）があり、メロシラが懸濁態の栄養塩を利用可能ならば、この浮泥の中に含まれる PP、PN を利用して増殖する可能性がある。

永淵修（滋賀県大），海老瀬潜一（摂南大）横田久里子（豊橋技科大・工），
手塚賢至，手塚田津子（屋久島生物多様性保全協議会）
田辺雅博（日科機バイオス）・鮎川和泰（環境システム(株)）

1. はじめに

屋久島は周囲 132 km の円形に近い島で，九州最高峰の宮之浦岳（1,936m）を筆頭に，1700m 以上の山岳で中央部は占められている．そのため，屋久杉をはじめとする特殊な森林植生や，亜熱帯から亜寒帯に及ぶ植生の垂直分布など，貴重な自然環境・自然資源が世界的な評価を受け，我が国で最初に 1993 年世界自然遺産に登録された．屋久島には大小合わせて 140 もの河川が放射状に広がっている．

カワゴケソウ科の植物は溪流に生息する沈水植物で，世界で 50 属 300 種以上に分類されるといわれる．主に熱帯のモンスーン地帯に分布しアジアではジャワ半島、インドなどに分布し、東アジアではフィリピン、台湾では自生は知られず、中国南部、日本に分布する．日本には 2 属 8 種が知られ、鹿児島県に 7 種と宮崎県に一種分布し、河川によって生息する種が異なり、2010 年に国の天然記念物に指定された「ヤクシマカワゴロモ」（図 1）は屋久島でも北部に位置する一湊川だけに生育する極めて特異な分布をしている．溪流植物の一つであるヤクシマカワゴロモ（カワゴケソウ）は、急激に増水し、水没するような溪流環境に適応しており、生育には日照、流速が深くかわり、上層を森林で遮断された場所、止水や緩流区間、水深の深い場所には分布しないとされており、一湊川は日本においてカワゴケソウ科植物の生育する南限である．

ここでは、ヤクシマカワゴロモと一湊川の水質、特に栄養塩の関係について検討した結果を報告する．

2. 調査

一湊川は、一湊岳、志戸子岳や吉田岳を源流とした流域面積約 14.2 km²、総延長約 6 km の 2 級河川である．一湊川の水質調査は 1990 年代から年 4 回から 6 回坂下橋で継続的に調査を行ってきた．また、2008 年にはヤクシマカワゴロモの生育する一湊川の特性を知るために中流域に相当する定点および下流地点（海水の流入の遡上地点とヤクシマカワゴロモの生息最下流地点との関係を検討するため）で水温、pH、電気伝導度、濁度に関するデータを多項目水質計（ハイドロラボ社製、Minisonde 5）を用いて調査した（図 2）．この調査は 2008 年 2 月 1 日～12 月 31 日まで行い、同様な調査を 2012 年から現在まで継続して行っている．

3. 結果と考察

1990 年代から現在までの坂下橋での水質調査で顕著な変化を見せたのは NO₃-N である．特に 2000 年以降濃度が上昇し、現在まで上昇した濃度で推移

している．塩化物イオン、硫酸イオンはほとんど変化を見せていないので、一湊川流域での窒素濃度に影響を与える環境変化が起こっている可能性がある．

2008 年の詳細調査の結果、ヤクシマカワゴロモ生息地での水温は、2 月で 8.26 ~ 11.5 °C、夏季の 7 月が 19.7 ~ 25.7 °C である．また、pH は冬季 2 月は 6.28 ~ 7.11、夏季 7 月が 47.9 ~ 55.0 mS/cm である．

ヤクシマカワゴロモは熱帯性の植物であるため、夏季は活発に光合成を行うが、冬季の低温時には活動が制限を受ける．光合成が活発になると、水中の二酸化炭素が消費され、光合成が進行する時間帯は pH が高くなる．また、同様に電気伝導度も水中のイオンが消費され光合成が進行する時間帯は電気伝導度の低下がみられる．

屋久島一湊川は急峻な川であり、流速が早く、藻類やバクテリアの発生や停留が少ない．このため、pH や電気伝導度の変動にはヤクシマカワゴロモの活動が大きく寄与しているものと考えられる．特に冬季と夏季の pH の較差は冬季の水質変動はヤクシマカワゴロモによる光合成の影響を強く示唆するものである（図 3）．また、冬季の pH 低下は寒波襲来時の降水後に発生しており、中国大陸起源の酸性雨の影響が示唆されるものである．

2012 年 5 月からの水質連続観測の結果は、当日のポスターで報告する．

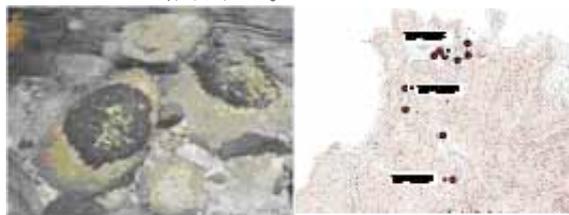


図-1 ヤクシマカワゴロモ 図-2 2008 年の機器設置 St.

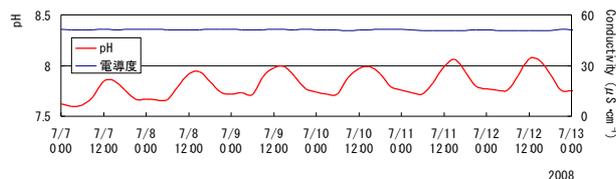


図-3 2008 年夏季の水温と pH 変動

*手塚賢至¹, 手塚田津子¹, 斉藤俊浩¹, 永淵修²
¹屋久島生物多様性保全協議会 ²滋賀県立大学環境科学部

1. ヤクシマカワゴロモ

ヤクシマカワゴロモは屋久島の一湊川にのみ自生するカワゴケソウ科カワゴロモ属の淡水産顕花、種子植物である。カワゴケソウ科植物は急流の水中に生育するよう適応し、水位が増減する川岸や川床の岩の上に生育する。茎や葉は退化して水の抵抗を無くし、岩盤に固着した根に葉緑体があり、水位の低い冬季に開花、結実する特異な形態と生活史を持つ。この植物群は世界中の主に熱帯に産するが温帯にも分布し 43 属、200 種が知られている。東、南アジア一帯ではタイ、インドネシア、中国南部等に見られるがフィリピン、台湾、琉球列島には確認されず植物地理的にも貴重な分布を示す。日本では鹿児島県及び宮崎県の南部に分布が限られ、カワゴケソウ属とカワゴロモ属の2属に6種に分類される。各種は分布域が狭い固有種でほとんどの種において特定の河川に限定され、水系固有種と呼べそうな超狭分布パターンが日本のカワゴロモ科の特徴とされる。その特異性からすべての種が絶滅危惧種(環境省、鹿児島県、宮崎県)である。ヤクシマカワゴロモは 1933 年一湊川で確認された。国内分布の南限地であり屋久島の全河川のみならず世界中でも一湊川だけに自生する貴重種である。1954 年来鹿児島県の天然記念物であったがこの地域固有性、生育環境の安定性等が評価され 2010 年、国の天然記念物に指定された。

2. ヤクシマカワゴロモの分布と生育環境

ヤクシマカワゴロモの自生地は吉田岳(1165m)、等を源流とし屋久島の北部に流域をもつ一湊川である。この種は森林の島、水の島とも称えられる屋久島の豊かな雨量と森林に支えられた澄清な河川に生きる屋久島の自然と生物多様性の豊富さを代表する植物の一つである。分布域(図1)は一湊川河口から約1km さかのぼった A 地点、満潮最高潮位より上流の純正な淡水域から上流 3.5km 間に生育し、最上流は標高 180m の C 地点。ヤクシマカワゴロモ生育地の地理的環境を概観すると大まかに二分される。A~B 間はなだらかな扇状地形で川幅も広く川面を森林が遮蔽しない緩流区間。川岸の片側、所により両岸がコンクリート護岸工事が施されている。B~C 間は両岸が原生的な森林で覆われた緩急相なす自然溪流。両方共に川を横断する砂防堤が築かれているが自然石、コンクリート壁に関わらず生育している。屋久島生物多様性保全協議会では 2009 年に一湊川の自生分布域を調査し(図1)の現状が把握され、A,B2地点では詳細な生育個体位置マップも作成しモニタリングを継続している。同時に永淵等による水質を中心とした水環境、水文分野の調査、研究も連携し進行している。

3 ヤクシマカワゴロモの保全

ヤクシマカワゴロモはこれまでに2回自生が脅かされ

図1 一湊川のヤクシマカワゴロモ分布域 (緑部分が自生域)

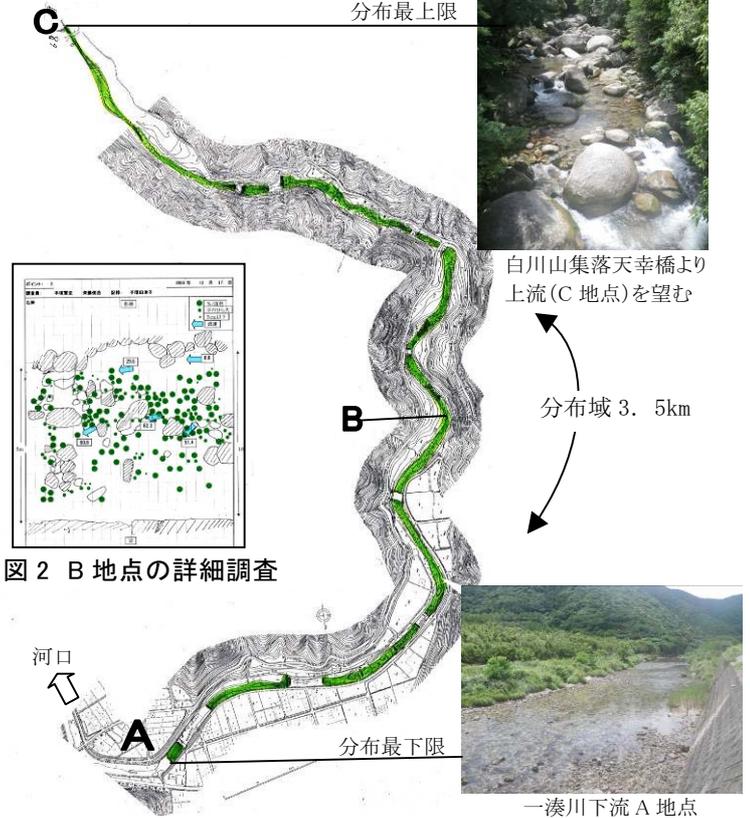
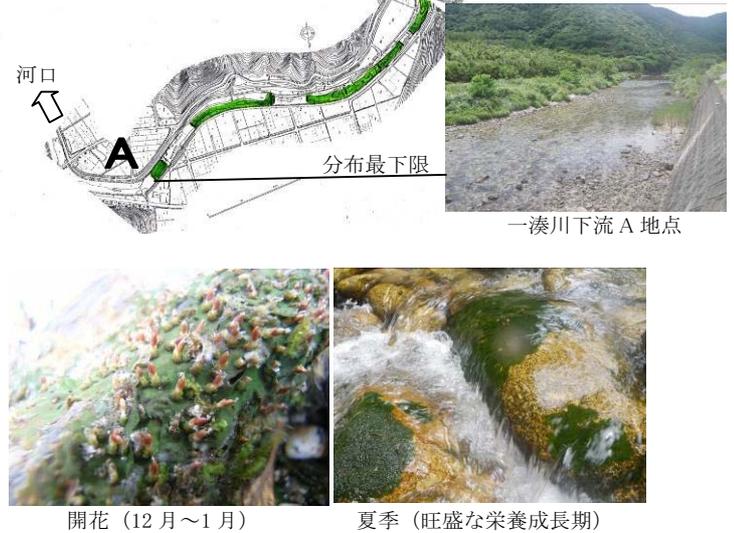


図2 B地点の詳細調査



たことが記録されている。1965 年上流域での森林伐採を機に起きた川の氾濫による土砂等の流出。1978 年水害に対する護岸工事砂防ダムの築堤等による水質汚染。その後川の状態も回復してきたが、こうした人為的な自生地攪乱がこの種の存続に大きな影響を及ぼすことには常に注視する必要がある。実際 2011 年には一湊川本流、源流域での林道工事期に生じた水質汚濁が原因と思われる個体の減少が見られ、そして現在この流域内において大規模な林道開設が計画されている。こうした今後起こりうる様々な事態に警鐘を鳴らすためにもデータの蓄積と解析、モニタリングと生態的な解明、科学的な知見の探求はこの種の保全のために不可欠であろう。

※鮎川和泰^{*1} 永淵修^{*2} 手塚賢至^{*3} 北渕浩之^{*2} 横田久里子^{*4} 中澤曆^{*2}

^{*1}環境システム(株) ^{*2}滋賀県大環境 ^{*3}屋久島生物多様性保全協議会 ^{*4}豊橋技科大工

はじめに

世界遺産である屋久島は多くの自然が残されており、我々の調査対象である一湊川もまた、2009年調査開始当初、電導度 $45 \mu S cm^{-1}$ 、平均 TN は $50 \mu g L^{-1}$ の清流である。この溪流には国の県天然記念物であるヤクシマカワゴロモが生息するが、貧栄養の溪流における栄養塩取得方法に疑問を持ち、著者らは2009年に調査を開始した。また、2012年以降、特に降雨時の栄養塩が高くなることがあり、より詳細な時系列データを得ることを目的に、CDOM (溶存性有機物) センサーを導入し、調査を行った。

使用機材

FTS 濁度計 DTS-12, HYDROLAB 多項目水質計 Datasonde5x, PMECyclops7 CDOM ロガー, ISCO 雨量計 674, ISCO2150 断面流速流量計, SHIMADZU TOC-V CSH

結果と考察

CDOM センサーを溪流に設置後、センサー結果の評価のため、約1ヶ月間連続して採水し、DOC 及び DON との比較を行った結果、比較的良好な挙動を示した (Fig. 1)。本調査期間中、2013年5月1日の降雨を見たとき、降雨後濁度が上昇する約2時間前に CDOM 濃度が最大値を示した。また、濁度分散値 (濁度計測を 20Hz5 秒間計測した濃度分散幅 (指数)) も同様に増加が認められることから、細かな粒子と共に流出する栄養塩が流れ込み、これらをカワゴロモが利用していると示唆される。しかし、2012年からはメロシラ等も生息し、カワゴロモ上に覆う様な状況も見られた。降雨時の栄養塩流出濃度、またはパターンが、カワゴロモにどのように影響しているか、7月以降の調査において流速、流量も考慮し継続調査を行っている。ポスターセッションでは、これらの結果もあわせて報告する。

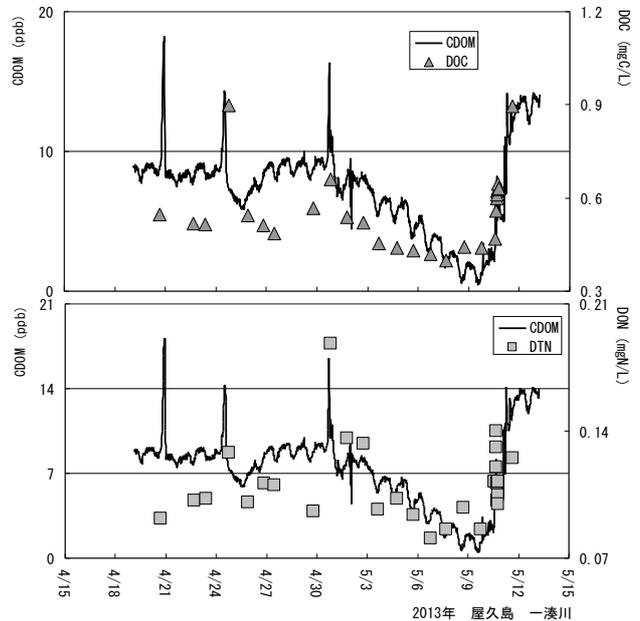


Fig 1. (a) 連続観測CDOM及び、採水によるDOC分析値の時系列比較 (b) 連続観測CDOM及び、採水によるDON分析値の時系列比較

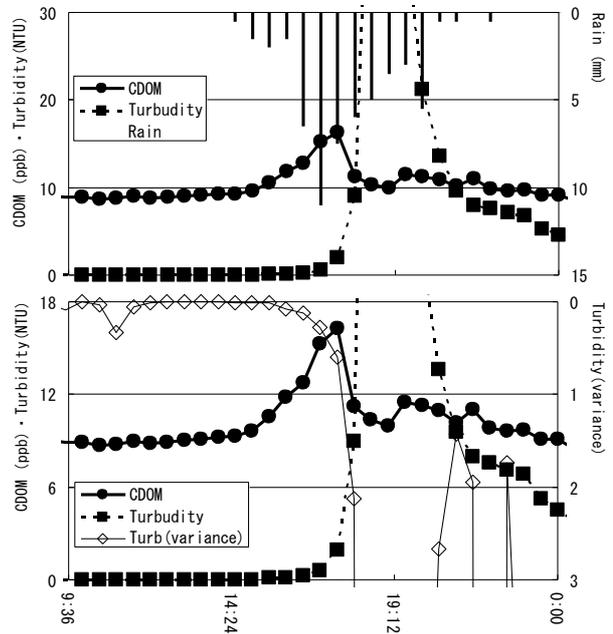


Fig 2. 初期降雨時におけるCDOM, 濁度, 濁度分散値の挙動 2013年5月1日 時間あたり最大降雨53mm

横田久里子（豊橋技科大・工），永淵修，北淵浩之（滋賀県立大・環境科）
 手塚賢至，手塚田津子（屋久島生物多様性保全協議会）
 田辺雅博（日科機バイオス）・鮎川和泰（環境システム(株)）

1. はじめに

屋久島は周囲 132 km の円形に近い 5 角形の島（図 1）で、九州最高峰の宮之浦岳（1,936m）を筆頭に、多くを山岳部分で占められている。そのため、樹齢数千年の屋久杉をはじめとする特殊な森林植生や、亜熱帯から冷温帯に及ぶ植生の垂直分布など、貴重な自然環境・自然資源が世界的な評価を受け、我が国で最初の世界自然遺産に登録されている。屋久島には大小合わせて 140 もの河川が放射状に広がっている。2010 年に国の天然記念物に指定された「ヤクシマカワゴロモ」は屋久島でも北部に位置する一湊川だけに生育する極めて特異な分布をしている。溪流植物の一つであるヤクシマカワゴロモ（カワゴケソウ）は、急激に増水し、水没するような溪流環境に適応しており、生育には日照、流速が深くかわり、上層を森林で遮断された場所、止水や緩流区間、水深の深い場所には分布しないとされており、一湊川は日本においてカワゴケソウ科植物の生育する南限である。

ここでは、なぜ一湊川だけにヤクシマカワゴロモが生育するのか、水文学的にアプローチを試みるために実施した水文観測の結果について報告する。

2. 調査

一湊川は、一湊岳、志戸子岳や吉田岳を源流とした流域面積約 14.2 km²、総延長約 6 km の 2 級河川である（図 1）。河口から約 3.4 km 上流の地点に水位計を、さらに約 1.6 km 上流の地点に転倒ます型雨量計を設置し、2012 年 8 月から観測している。

3. 結果と考察

図 2 に一湊川および屋久島東部沿岸部の雨量観測所の月別降雨量、図 3 に一湊川の降雨量と水位の変動を示す。2012 年 8 月から 2013 年 6 月までの総降雨量は屋久島観測所では 3,521mm であり、一湊川では 7,092 mm と約 2 倍の降水が観測された。これは、年間降水量に換算すると約 7,700mm となり、8,000 ~ 10,000mm とされる屋久島山間部の降水量とほぼ同程度の降水であることが明らかとなった。台風 16 号が東シナ海を北上した 2012 年 9 月 15 日に 266mm、16 日に 510mm を観測し、二日間で 776mm と期間内の約 1 割もの降雨を観測し、最大水位 1.807 を観測した。

降雨の影響を受けない平水時の水位の日変動は夏季 > 秋季 > 冬季の順に小さくなるという季節変動が見られた。図 4 に 8 月 15 ~ 19 日と 1 月 6 ~ 10 日の水位変動を示す。夏季の盛んな蒸発散が水位の変動に影響していることがわかる。

2013 年 7 月からは流速・流量の観測も行っており、ポスターセッションにて合わせて報告する。

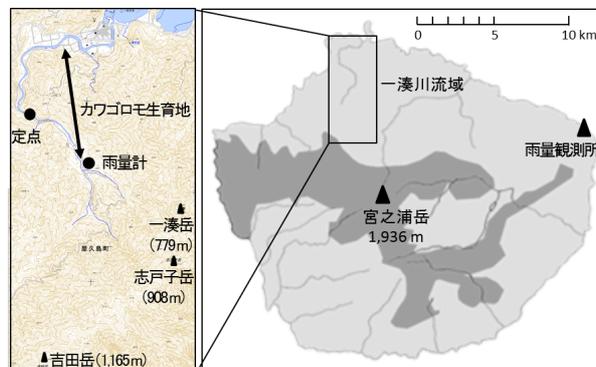


図 1. 屋久島調査地点

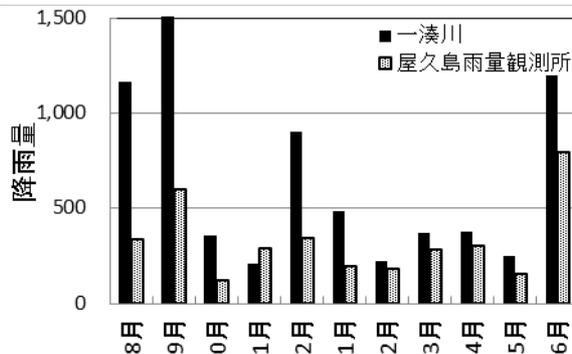


図 2. 屋久島の降雨量

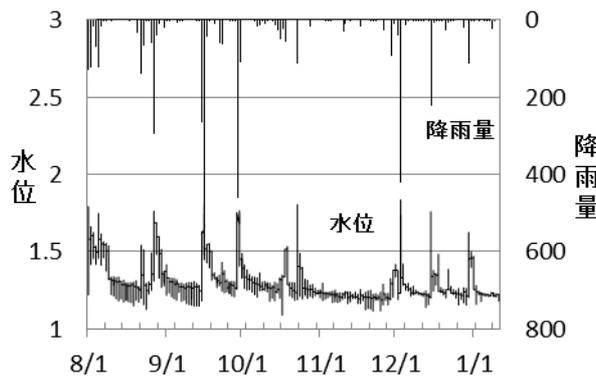


図 3. 降雨量と水位の変動

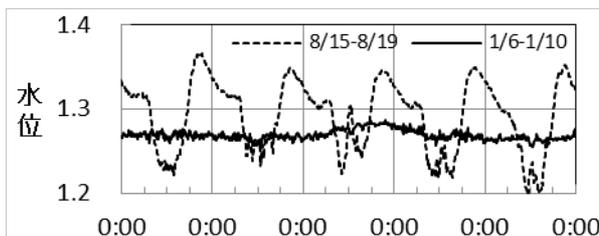


図 4. 8 月と 1 月の水位変動

*對馬 育夫((独)土木研究所)、平山 孝浩((独)土木研究所)
北村 友一((独)土木研究所)、岡本誠一郎((独)土木研究所)

1. はじめに

近年、閉鎖性水域や河川において、種々の対策が行われているにも関わらず栄養塩濃度は横ばい傾向にある。これまで水質改善のために、河川管理者によるマスタープラン策定が行われているが、発生源ごとの水域への栄養塩類の流出機構は明らかにされていない。本研究は、栄養塩類の発生源別の流出機構の解明を行うことを目的とし、印旛沼流域を対象に各河川水質とその集水域の土地利用の関係について調査を行った。

2. 調査方法

本調査は印旛沼流域河川である高崎川を対象に行った。晴天時調査は平成 25 年 1 月から 2 月にかけて 4 回、雨天時調査は平成 24 年 11 月に 1 回行い、流量観測と水質調査を行った。水質調査項目は、水温、pH、EC、SS、VSS、DOC、T-N、T-P、NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N、PO₄-P、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻である。また、土地利用と水質の関係の主成分分析によって解析した。

3. 結果と考察

対象流域の晴天時調査の結果から得られた水質データを基に、土地利用割合、全人口密度、下水未処理人口密度、家畜飼育密度を用いた主成分分析を行った。図 1 に第 1 主成分と第 2 主成分の主成分負荷量プロットを示す。その結果、第 2 主成分までの累積寄与率は 76% となった。主成分 1 は、市街地の割合、全人口密度、肉牛の密度が正、森林の割合が負になっていることから、集水域の都市化に関連する成分と考えられる。主成分 2 は、畑の割合、豚と乳牛の密度が正、水田の割合が負になっていることから、畑の割合と家畜飼育密度に関連する成分と考えられる。水質項目では、T-N 濃度、NO₃-N 濃度、NO₂-N 濃度は、畑の割合や豚の飼育密度の近くに分布した。一方、NH₄-N 濃度は全人口、肉牛の密度、下水未処理人口の密度の近くに分布した。T-P 濃度、PO₄-P 濃度、DOC 濃度は市街地や道路の割合、全人口密度の近くに分布した。

図 2、図 3 に調査地点における時間雨量と各態窒素・リン濃度を示す。溶存態窒素濃度は、いずれの地点でも増水時に低下し、雨量減少とともに上昇した。一方、粒子態窒素濃度は、SS 濃度と連動し、いずれの地点でも増水時に上昇したが、時間雨量ピーク後、速やかに元の濃度まで低下した。溶存態リン濃度はいずれの地点でも低いまま推移した。また、粒子態リン濃度は、SS 濃度や粒子態窒素濃度と同様に、増水時に上昇した。さらに、ピーク時の濃度は上流側で高くなる傾向を示した(図は省略)。

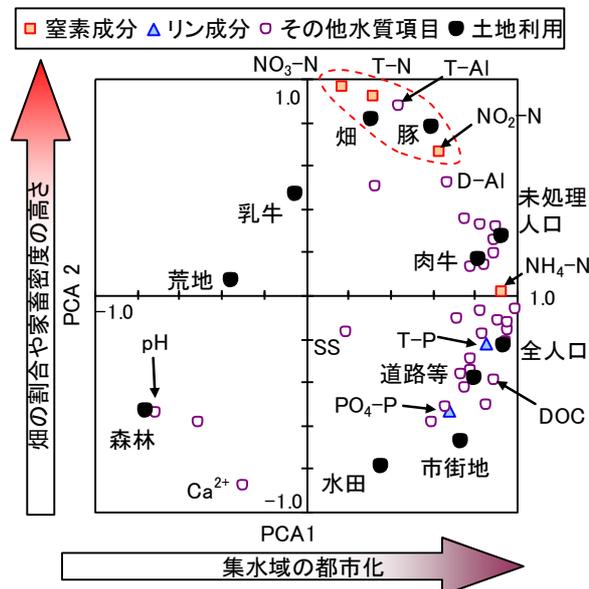


図 1 主成分負荷量プロットに基づく土地利用と各水質項目の関係

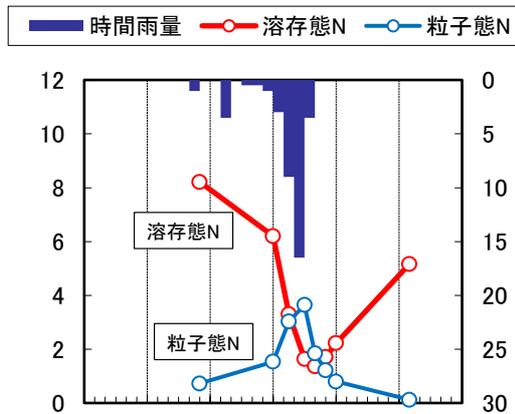


図 2 高崎川における雨天時調査(各態窒素)

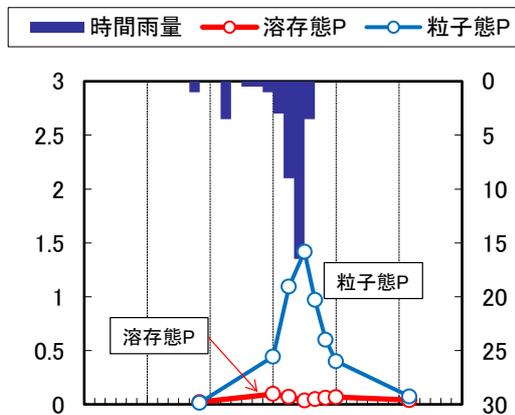


図 3 高崎川における雨天時調査(各態リン)

*植田 真司, 長谷川 英尚, 柿内 秀樹, 赤田 尚史
大塚 良仁, 久松 俊一 ((公財)環境研)

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故により大気中に放出された放射性セシウム (^{134}Cs 及び ^{137}Cs) の一部は広範囲にわたって降下し、土壌に沈着した。沈着した放射性セシウムは土壌に強く吸着しているため、降水時に土壌粒子とともに環境を移動すると考えられ、上流域から下流域へ、そして最終的に下流部の湖沼や海洋に流入し、堆積する。

本研究では、福島第一原子力発電所から北西約 30 km に位置する飯舘村の新田川水系上流河川を対象に、出水（降水イベント）時及び平水時における放射性セシウム濃度、河川流量等を測定し、流域から河川への放射性セシウム流出量を推定することを目的とした。

2. 材料と方法

図 1 に示した福島県飯舘村における新田川支流の比曾川及び割木川で観測を実施した。2011 年 7 月から 2013 年 3 月の期間、出水時 3 回、平水時 9 回の採水を行った。現地観測では、河川水を採取すると共に、流速、水位を測定して、河川断面積と流速から河川流量を求めた。採取した河川水は、実験室にて原水の一部を $0.45\ \mu\text{m}$ メンブランフィルターでろ過し、ろ過水を溶存態として分析に供した。原水及びろ過水における ^{134}Cs 及び ^{137}Cs をイオン交換樹脂を充填したカラムに通水して捕集した後、樹脂を乾燥し、U8 容器に充填した。 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度は、Ge 半導体検出器 (Seiko EG&G ORTEC 社製) で測定した。懸濁態中の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度は、原水中の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度からろ過水中の放射性セシウム濃度を引いて算出した。

3. 結果と考察

比曾川及び割木川における河川水中の放射性セシウム ($^{134+137}\text{Cs}$) 濃度は、出水時に高く、数十 Bq L^{-1} オーダーであり、そのうちの約 9 割が懸濁態粒子であった。一方、平水時の河川水中の放射性セシウム濃度は数 Bq L^{-1} オーダーであり、懸濁態は両河川共に約 4 割と低かった。河川水中の放射性セシウム濃度と懸濁態物質濃度との間に相関関係が認められ、流域に沈着した放射性セシウムの大部分が、降水による土壌浸食によって流出していると考えられる。また、2011 年 3 月 15 日から 12 月 31 日までの 290 日間に河川から流出した放射性セシウム量を見積もり、調査地点より上流域に沈着した放射性セシウム沈着量 (文科省報告値) に占める割合 (流出率) を求めた結果、0.3~0.5% となった (Ueda *et al.*, 2013)。更に、2012 年の同期間における河川からの放射性セシウム流出率は、0.1~0.2% となり、前年の流出率の 3 割から 5 割程度の減少が認められた。

このように、流域に沈着した放射性セシウムの大部分は流域に留まった状態で存在していると判断された。

参考文献

Ueda *et al.*, (2013) Fluvial discharges of radiocaesium from watersheds contaminated by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, Japan. *J. Environmental Radioactivity*, 118, 96-104.

*本記載事項は、青森県からの受託事業により得られた成果の一部である。

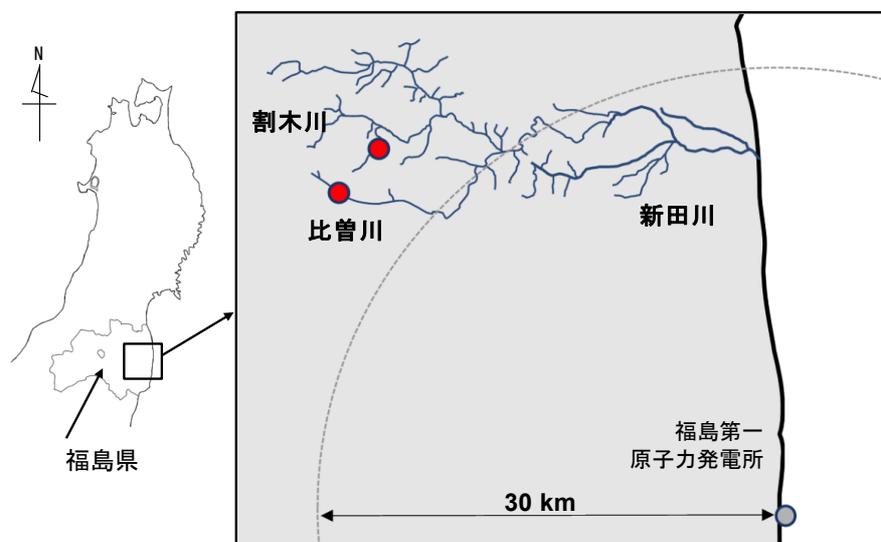


図 1. 飯舘村河川における観測地点

安立亮一, 石崎寛史, 伊藤禎基, 児玉光樹 (静岡大工)

*戸田三津夫, 新家正宏 (静岡大院工)

1. はじめに

浜松市の佐鳴湖は、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 1 位であった。その後、19 年度はワースト 3 位、20 年度はワースト 4 位、21 年度はワースト 10 位 (COD 7.6ppm) と改善の方向に向かっている。主な汚濁負荷は生活系、産業系排水であるが、面源系の栄養塩濃度も高く、上流の湧水の硝酸態窒素濃度 $[NO_3-N]$ は湧き口でしばしば 5 ppm を超える。

佐鳴湖への主な流入河川として、3 万 m^3 /日程度の流量の段子川 (だんずがわ)、2 万 m^3 /日程度の新川があり、段子川の子流として 1 万 m^3 /日程度の権現谷川 (ごんげんやがわ) がある。水の安定同位体比の値 $\delta^{18}O$ の推移は、段子川においては天竜川水系からの用水に、台地法面の湧水が混合して流下、佐鳴湖に注いでいることを示し、新川、権現谷川については、源流から流末まで水のほとんどが湧水であることを示した。(松江大会 P66「安定同位体分析による佐鳴湖流域の水収支解析」参照)

一方、流入河川のうち、権現谷川ではゲンジボタル *Luciola cruciata* が流末より 300 m ほど上流に見られるものの、全般にカワニナ *Semisulcospira libertina* の生息密度は低く、ゲンジボタル生息域付近に特異的に高密度でカワニナが生息する。ここでは少数ではあるが毎年ゲンジボタルの飛翔が見られ、地域の人々に親しまれている。我々は、この権現谷川のカワニナ生息密度の特異性に注目し、名古屋大会の発表で若干のデータを示した。再度、詳細に水質を調査した結果、湧水がいくつかの層から湧き出ており、その違いがゲンジボタル生息数の違いの原因であることを示す新たな知見を得たので今回報告する、この知見は、佐鳴湖流域の水文を理解する上で役立つものと考えられる。

2 材料と方法

ゲンジボタルの出現数とカワニナの生息密度を、設定したサンプリング区間内でさらに計測した。また、生息域に加えて上流部と下流部で採水を行い、水温、pH、溶存酸素濃度、硝酸態窒素濃度 $[NO_3-N]$ 、リン酸濃度 $[PO_4^{3-}]$ に加えて、pH とカルシウムイオン濃度、ケイ酸濃度、他のイオン濃度を測定した。

3. 結果

2011 年 1 月の調査時の水温の分布を図 1 に示した。St. 1 が上流側である。湧水と外気の温度差が大きい冬季においては、湧出水の水温は約 19°C くらい、河川水の水温は 10°C 付近で両者の区別が容

易であった。上流部で湧出して間もない湧水の割合が高く、流下するにつれて大気による冷却で水温が徐々に低下しているのがわかる。

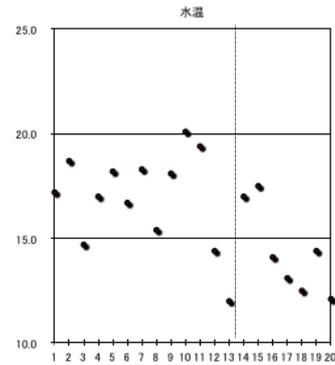


図 1. 権現谷川の水温分布 (Jan. 2011)

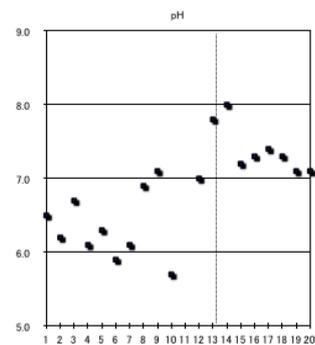


図 2. 権現谷川の pH 分布 (Jan. 2011)

4. 考察

カワニナの生息は、上流域において低密度で、下流域において高密度であった。また、ゲンジボタルの飛翔数は、図 1, 2 の破線で示した箇所を境に下流側のみで見られた。St. 11 付近で湧水が一旦終息するところまで pH がやや酸性寄りで推移している。一方、破線より右の下流側では St. 13 付近から弱アルカリ性の別の層の湧水があり、再び水温が上昇すると同時に pH が急変している。面源負荷としての硝酸イオン、硫酸イオン、ならびにその影響を受けた金属イオンとカワニナ生息の相関の詳細については継続して検討中である。カワニナの餌である附着藻類、カワニナ、ゲンジボタルに影響があると予想される湧水中の汚染物質についても考察を行った。佐鳴湖内で復活の試みを展開しているヤマトシジミについても会場で紹介する。

1. はじめに

水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準（以下、水産基準とする）が改正され、河川農薬モニタリングの重要性が高まっている。河川や農業用水路等の水域へ数日から1カ月間程度浸漬するパッシブサンプラー（以下、PS とする）を用いたモニタリング法（以下、PS 法とする）は、PS に目的物質が吸着されるため、浸漬期間中の平均濃度の算出が可能であり、定量的な評価に加えて、重点的にモニタリングすべき地点や対象農薬の選定等のスクリーニングに有効であると考えられる。本研究では実河川において PS に吸着された農薬の量から算出される平均濃度と従来法による平均濃度とを比較し、PS 法の河川農薬モニタリングへの適応の可能性を検討した。

2. 材料と方法

調査は川幅が約 10 m で最大水深が約 0.7 m の小河川において 2012 年 6 月（6 月）、8 月～9 月（8 月）の 2 回実施した。PS として pharmaceutical-Porlar Organic Chemical Integrative Sampler（以下、POCIS とする）を用い、河床付近に 14 日間浸漬した。回収した POCIS 内の吸着剤（OasisHLB）を取り出しガラスカラムに充填し、メタノールで溶出後、溶出液を乾固した。これをアセトンで溶解し、GC/MS で農薬を定量した。POCIS への吸着量から下記の式を用いて、浸漬期間中の平均濃度を算出した。

$$C_w = M_{st} / R_s \cdot t$$

C_w : 平均濃度、 M_{st} : 期間 t 中の POCIS への吸着量、

R_s : Sampling Rate、 t : 浸漬期間

R_s は農薬が検出されなかった河川水に測定対象農薬を添加し、これに POCIS を 3～28 日間浸漬する吸着試験により得られた値を用いた。

POCIS を浸漬した期間中に従来法によるサンプリングを 1 日から 3 日おきに実施し、ガラスフィルター（Whatman 社製 GF/F）でろ過した河川水を OasisHLB カートリッジ（Waters 社製）に通水し、メタノールで溶出した後、PS 法と同様の手法で農薬を定量した。従来法の平均濃度は時間加重平均濃度とした。

3. 結果および考察

従来法により河川水から 6 月は 18 種類の農薬、8 月は 16 種類の農薬が検出されたが、水産基準の基準値は大きく下回った。6 月と 8 月の調査ではともに従来法で検出された農薬すべてが POCIS に吸着・検出されており、その農薬吸着量から算出された PS 法の平均濃度と従来法の平均濃度との間には正の相関関係があった（図 1）。6 月の調査では PS 法が従来法と比べて 6 割程度であり、8 月の調査では PS 法の平均濃度が従来法とほぼ同程度であった。6 月の調査期間中は水田に使用された除草剤が流出する時期であるため、プロモブチド(0.066～12.5 $\mu\text{g/L}$)にみられるように濃度が大幅に変動しており、従来法ではサンプリングのタイミングが、平均濃度を左右する最も大きな要因となっている可能性がある。PS 法ではその要因が回避されるため、同法の河川農薬モニタリングへの適応の可能性が示唆された。

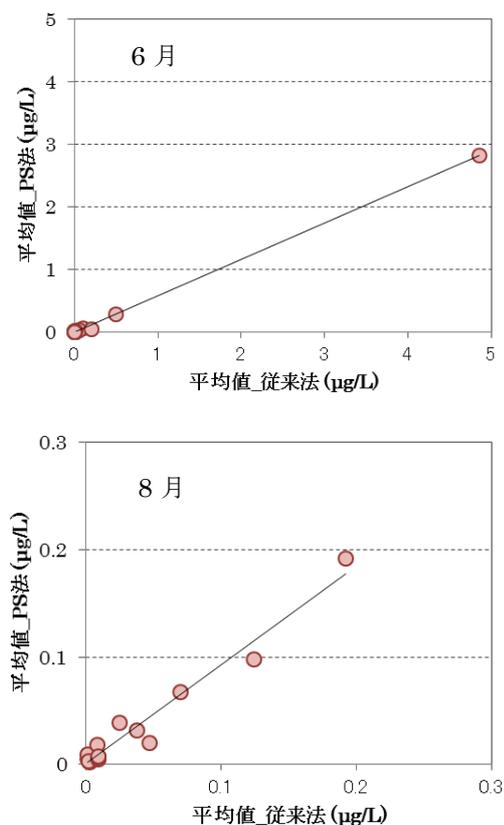


図1 PS法と従来法で検出された各農薬の平均濃度の比較（上図は6月、下図は8月）

本研究の一部は、公益法人 河川財団の河川整備基金助成事業によって実施した。

ダムが河川の水質に与える影響について ～長期・広域の観測データに基づいた解析～

*加藤康充^{1),3)}, 小野田幸生¹⁾, 森照貴¹⁾, 萱場祐一²⁾

1) (独)土木研究所 自然共生研究センター、2) (独)土木研究所 河川生態チーム、
3) (株)建設環境研究所

1. はじめに

水温、濁度（光条件）、窒素やリンなどの栄養塩、等は、河川生態系の一次生産などを規定する重要な要因の一つである。通常、これらの要因は上流から下流にかけて緩やかに変化し、それぞれの流程における生態系を特徴づけている。しかし、これらの要因の流程変化を大きく改変するものとして、ダム堤体がもたらす貯水池の存在が挙げられる。

ダムの存在によるこれらの要因への影響を把握することは、ダム下流の河川生態系の保全にとって重要である。しかし、この変化を把握する際、スナップショット的な短期データを用いると、測定時の瞬間的な環境の変化を反映した値になっている可能性があり、長期的なデータを用いることが必要である。また、変化のパターンには、ダムの運用方法（ダムの管理目的、貯水容量や回転率）、ダムの位置（流程、流域面積）に加え、集水域の特徴（気候、土地利用など）なども影響することから、広域的なデータを用いることが必要である。つまり、これらの要因に対するダム及びダム湖の影響を検証するためには、長期・広域データに基づく解析が必要である。

そこで、本研究では、日本全国における国土交通省及び水資源機構が管理するダム（図 1）のうち、ダムの上流で 10 年以上にわたって継続的に観測された水温データを用いて、ダムの影響について検討した。

2. 方法

ダム及び集水域の特徴（気候、標高等）とダム上下流で観測された水温のデータを比較し、水温に対するダムの影響について解析を行った。国土交通省及び水資源機構が管理するダムで定期的（月 1 回）に行われている採水時に測定された水温データを集め、解析にはダムの上下流で長期間（10 年以上）観測された水温データのみを用いた。また、ダムの特徴は、ダム諸元などを参照し、集水域の特徴は、GIS を用いて算出した。



図 1. ダムの位置

3. 結果と考察

ダム上流と下流の平均水温の差異（ダム上流－ダ

ム下流）は、季節によって異なっていた（図 2）。春季及び夏季はダムにより異なり、秋季及び冬季はダム下流の水温が高いダムが多い。本発表では、どのような特徴のダムを通過すると、水温が変化するのか、特にダムの位置（緯度）、集水域の気候、貯水池の回転率、選択取水の有無などに注目して、議論を行う予定である。

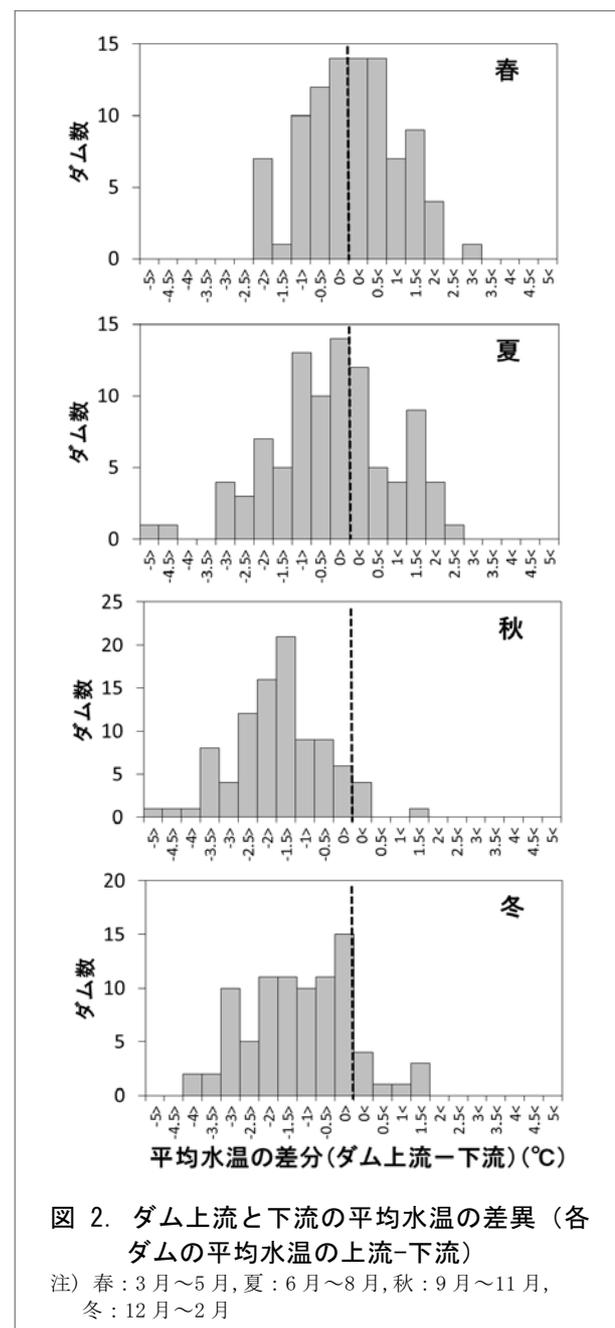


図 2. ダム上流と下流の平均水温の差異（各ダムの平均水温の上流-下流）

注) 春: 3月～5月, 夏: 6月～8月, 秋: 9月～11月, 冬: 12月～2月

*吉村真由美（森林総合研究所・関西支所）

1. はじめに

動物の安定同位体比は、餌生物の安定同位体比を一定の濃縮率で反映することから、食性や食物網構造の解析に広く用いられている。しかし、環境変化や実験操作への安定同位体比の応答速度が遅いため、安定同位体比分析を有効に活用できない場合が多い。昆虫の場合、従来の安定同位体比分析には一匹丸ごとをすりつぶして分析にかけることが多いが、各部位、成長段階によって安定同位体比が変化することが考えられる。 ^{13}C や ^{15}N の取り込み具合や保持力は体の各組織の代謝に依存しており、魚では代謝の不活発な部位における ^{13}C や ^{15}N の保持力は高くなるようである。詳細な変化を捉えることによって安定同位体比分析をより有効に活用できると考える。カワゲラは不完全変態を行なうが、今回は生活史に伴うイベントにおける安定同位体比の変化に注目し、幼虫から成虫、卵に至る過程において、窒素および炭素の安定同位体比がどのように変化していくのか調べた。

2. 方法

野外にて、産卵のために溪流近くで待機している *Amphinemura* sp. (Nemouridae), *Sweltsa* sp. (Chloroperlidae), *Kamimuria tibialis* (Perlidae), *Ostrovus* sp. (Perlodidae) のメス成虫を採集し、脚・翅・頭部・前胸の炭素及び窒素の安定同位体比を測定した。卵については *Amphinemura* sp. と *Sweltsa* sp., 羽化殻については *Sweltsa* sp. において測定した。*Amphinemura* sp., *Kamimuria tibialis*, *Ostrovus* sp. については、1 個体ずつ、*Sweltsa* sp. (Chloroperlidae) については、個体が小さいため 3 個体をひとまとめに

してそれぞれの部位について測定した。

3. 結果と考察

幼虫期の主要な食物源が落ち葉 ($\delta^{13}\text{C}$ は平均-27‰程度) である *Amphinemura* sp. は低い $\delta^{13}\text{C}$ の値を示した。また、*Amphinemura* sp. 幼虫は植食性昆虫であるので、*Amphinemura* sp. 成虫の値は幼虫期に完全な捕食者である *Sweltsa* sp. 成虫の値よりも 3‰ほど低い $\delta^{15}\text{N}$ の値を示した。*Kamimuria tibialis* や *Ostrovus* sp. も幼虫期は捕食者であると考えられているが、これら 2 種の成虫の値は *Sweltsa* sp. のものより低い $\delta^{15}\text{N}$ の値を示しており、幼虫期に落ち葉や藻類など植物性のもも口にしていただと考えられた。また、炭素・窒素安定同位体比は、脚・翅・頭部・前胸・卵・羽化殻で異なっていた。水域における食物網構造の解析において、安定同位体比を用いる場合には、昆虫の生活史を考慮する必要があると考えられる。

Mayumi Yoshimura 2013 Variations in stable isotope ratios of carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) in different body parts and eggs of adult stoneflies (Plecoptera). *Physiological Entomology* 38, in press.

*宮川幸雄¹, 森照貴¹, 小野田幸生¹, 高木哲也^{1,3},
加藤康充^{1,4}, 原田守啓¹, 萱場祐一²
1: (独) 土木研究所 自然共生研究センター
2: (独) 土木研究所 河川生態チーム
3: 応用地質 株式会社
4: 建設環境研究所

1. はじめに

付着藻類は、魚類や底生動物などの餌資源となるため、その現存量の変化は、河川生物に大きな影響を及ぼす可能性がある。また、付着藻類に対し、流下する無機物が沈降し、堆積することが明らかとなっている。堆積した無機物は、付着藻類の生長を抑制し、現存量に影響を与えている可能性がある。しかし、堆積した無機物の量に応じて、生長がどの程度抑制されるか、その抑制がどの程度持続するかについては明らかとなっていない。そこで、本研究では堆積する無機物量を変化させたとき、無機物量および付着藻類が時間経過でどのように変動するか実験を行った

2. 材料と方法

実験にて使用する付着藻類を素焼きのタイル(4.5cm×4.5cm)にて養生した。養生は自然共生研究センターを流れる実験河川で行った。養生したタイル上の無機物量、付着藻類の現存量の指標となるクロロフィル a 量を測定した後、付着藻類に無機物を堆積させるため、図 1 に示す装置を用いて流速と SS 濃度をコントロールした水に曝露した。

無機物を堆積させる条件として、流速を低流速(0.5m/s)、高流速(4.0m/s)に設定した。また、SS 濃度を低濃度(10mg/L)、高濃度(10,000mg/L)に設定した。SS 濃度の調整には、粒径 5 μ m のカオリンを用いた。これらの流速、SS 濃度を組み合わせ計 4 通りの条件を設定した。設定した条件で、装置を 24 時間連続で稼働させた。

その後、無機物の堆積したタイルを養生時と同じ河川水が流れる開水路に固定した。開水路を用いることで、生物の捕食による効果を排除した。また、開水路の流速は、実験河川の平常時の流速である 0.5m/s 前後に設定した。そして、無機物を堆積させ

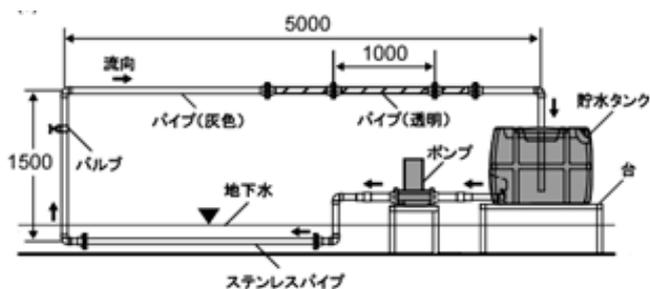


図 1. 無機物の堆積に用いた循環水路の概略図

た直後、1 日、3 日、7 日、14 日後のタイル上の無機物量、クロロフィル a 量を測定した。

3. 結果と考察

低流速、高濃度条件において、曝露直後にタイル上の無機物量が曝露前の 10 倍程度まで増大した(図 2)。増大した無機物は 7 日後において、低流速、低濃度条件と同じ水準まで減少し、14 日後においても同じ水準になった(図 2)。一方、高流速、高濃度条件においては、低流速、高濃度条件よりも無機物の堆積量は少ない結果となった(図 2)。また、クロロフィル a 量は曝露直後に低流速条件で増加し、高流速条件において減少するものの、その後の傾向の違いは見られなかった(図 3)。このため、今後の課題として、堆積した無機物と付着藻類の関係について考察する必要がある。

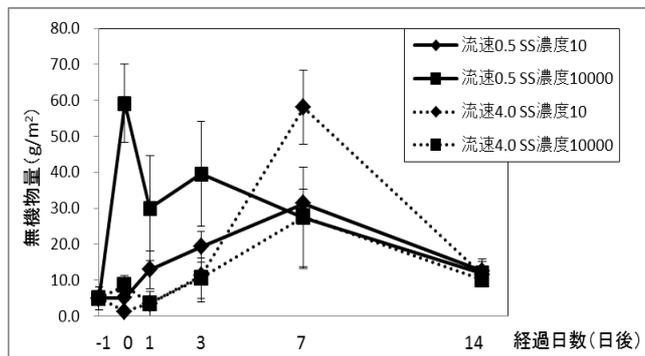


図 2. 無機物量の変化(曝露前の経過日数を-1 とした)

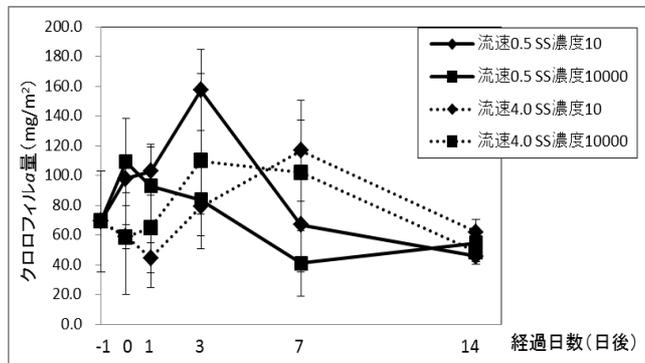


図 3. クロロフィル a 量の変化

陸水生物相の比較

*伊藤 章・帆苺信夫・松本史郎・伊藤正一・富樫繁春・佐藤 豊・
安部信之・帆苺 信・本間義治 (新潟河川生態研究グループ)

1. はじめに

新潟・福島の間境近くに源を持つ信濃川下流右岸支川の刈谷田川、五十嵐川、加茂川は、2004年7月、と2011年7月の二度にわたり該所に発生した集中豪雨で大出水を起こし、破堤や溢水によって大きな被害を受けた。私たちのグループは、2004年に、水害とその復旧工事が水生生物に与える影響を把握するため、陸水生物学的調査を実施し、陸水生物の現状や回復過程を報告してきた。今回、2011年の水害からほぼ回復したと目されるこれら3支川の陸水生物相について、2012・2013 両年に行った3回の調査結果についてまとめたので報告する。

2. 調査定点と方法

調査定点は、各河川とも既報の定点から2定点を選定した(定点1:刈谷田川支川稚児清水川, 定点2:刈谷田川明戸橋, 定点3:五十嵐川清流大橋下手, 定点4:五十嵐川花江橋, 定点5:加茂川美人の湯, 定点6:加茂川葵橋)。調査項目は、環境測定と微小生物、底生動物、魚類とした。

3. 結果

観測 観測時の、流量は少なめ、透視度は70cm以上、電気伝導度は刈谷田川で $160.7 \sim 234.9 \mu\text{s cm}^{-1}$ (K18)でやや高めであったが、他は $30.0 \sim 108 \mu\text{s cm}^{-1}$ (K18)、溶存酸素はほとんどが100%以上、BODは $0.65 \sim 2.43\text{ppm}$ と低値を示し、刈谷田川水系で少々汚濁していたものの全体として清冽な水質であった。

珪藻類 付着珪藻類は、全体で117taxaを同定した。付着細胞数は、 $0.3 \sim 5.0 \times 10^6 \text{ cells cm}^{-2}$ 、多様性指数(H')は $1.52 \sim 4.32\text{bit}$ と変動が大きかった。流下珪藻類は、全体で152taxaを同定し、流下細胞数は $0.17 \sim 4.1 \times 10^6 \text{ cells L}^{-1}$ 、多様性指数(H')は $3.06 \sim 4.51\text{bit}$ と変動が大きかった。

刈谷田川の付着珪藻には *Nitzschia* spp. や *Achnanthisidium* spp. が優占する試料が多く、流下珪藻では、*Nitzschia* spp. または *Encyonema silesiacum* が優占していた。五十嵐川の付着珪藻は、*A. spp.* と *Fragilaria*

spp. が優占し、流下珪藻は *A. spp.* と *Navicula notha* の優占する試料が多く、加茂川では付着・流下珪藻共に *A. spp.* または *E. silesiacum* の出現頻度が高かった。

底生動物 2013年6月の調査で底生動物は、54種、1198個体を採集した。これは、新潟県内の同規模の河川と比較して少なく、動物相は貧弱であった。特に、今回は、稚児清水川と五十嵐川で少なかった。得られた水生動物は種類数・個体数共に3支川の中では加茂川が最も多かったが、採集食者のヒメトビイロカゲロウ、キイロカワカゲロウ、摘み採り食者のシロハラコカゲロウ、捕食者のヨシノマダラカゲロウなどが見られた。五十嵐川と刈谷田川では、カゲロウ類が多く採集されたが、掃き採り食者のヒラタカゲロウ類は極めて少なかった。

魚類 各河川の捕獲種類数は刈谷田川で18種、加茂川で17種であったが、五十嵐川では14種と少なめであった。

今回の調査結果を2011年7月の水害前に行った同一定点の結果と比較すると、捕獲種類数は、五十嵐川で1種少なかったものの、他の2支川では平均して今回の調査の方が多く、3支川とも2011年7月洪水の被害から回復し、従前の状況にあると推測された。また、個体数からみた主要3種を比べてみると加茂川と五十嵐川では前回調査と同じであったが、刈谷田川では2種が異なっており、定点1(稚児清水川)の河川改修による河川環境の変化に起因すると思われた。

4. まとめ

2004年と2011年の水害で大きな影響を受けた信濃川下流右岸3支川の水生生物は、大規模な改修工事の後、河床が安定するに従って急速な回復を示し、底生動物と魚類の採集種類数と個体数は2011年の水害前とほぼ同等程度となり、水害被害から回復しているように見受けられた。一方、種構成の変化には河川改修の影響が現れているように推測されたが、人為採集努力の差も考慮せねばなるまい。

*加藤義和（京都大・生態研），石川尚人（海洋研究開発機構），富樫博幸（水研セ・東北水研），由水千景，奥田昇，陀安一郎（京都大・生態研）

1. はじめに

従来の食物網解析では、栄養段階（TL）や栄養起源を推定するためのツールとして、生物組織全体（バルク）の炭素および窒素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}}$ 、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{bulk}}$ ）が盛んに用いられてきた。しかし、バルクによる解析では、一次生産者の安定同位体比が時空間的に大きく変動する点や分類群によって濃縮係数が違う点など、いくつかの問題点が指摘されている。近年になって、生物に含まれる各種アミノ酸の窒素安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ ）を用いた TL の推定手法が開発されたことにより、単一の栄養起源を起点とする食物網においては、餌源の安定同位体情報に依存せず TL を推定することが可能となった。その一方、複数の栄養起源を利用する消費者の TL を $\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ に基づいて推定する場合には、これらの栄養起源の混合を考慮する必要性が指摘されている。そこで本研究では、河川 - 湖沼生態系のような複数の栄養起源が考えられる系においても $\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ を用いた食物網解析が有効かどうかを検証した。

2. 材料と方法

本研究では、琵琶湖の流入河川（安曇川、野洲川）に生息するヨシノボリ属 2 種（カワヨシノボリ *Rhinogobius flumineus*、トウヨシノボリ *Rhinogobius* sp. OR）について、グルタミン酸およびフェニアラニンの $\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ （ $\delta^{15}\text{N}_{\text{Glu}}$ 、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$ ）に基づく TL および栄養起源の推定を試みた。琵琶湖流域では、両種は陸封型の生活史を示すが、カワヨシノボリは河川の上～中流域で一生活を過ごす一方、トウヨシノボリは生活史の初期を琵琶湖内で過ごした後、河川の中～下流域に遡上、定着するという両側回遊に似た生活史を示す。野外調査では、両河川の上流から下流にかけて複数の調査地点を設定し、2012 年 11 月および 2012 年 5 月に、ヨシノボリ 2 種、礫表面の付着藻類（水域由来の栄養起源）、河川中に落ちていた広葉樹の落葉（陸域由来の栄養起源）を採集した。ヨシノボリ属の食性は雑食性（水生昆虫、付着藻類、デトリタス等を摂食）であり、水域由来と陸域由来の栄養起源を混合して利用すると予想されるため、これら 2 つの栄養起源の混合を考慮した計算式を用い、TL および各栄養起源の寄与率を推定した。 $\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ に基づく結果と比較するため、同一の試料を用いて $\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}}$ 、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{bulk}}$ の測定も行い、TL および各栄養起源の寄与率の推定を試みた。

3. 結果

両河川では、2 種のヨシノボリが同所的に採集された地点はなく、上～中流域にはカワヨシノボリ、

中～下流域にはトウヨシノボリが棲み分けていた。

野洲川では、付着藻類の $\delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$ は上流から下流にかけて大きく上昇し（上流域： $-4\sim 2\text{‰}$ ；下流域： $2\sim 6\text{‰}$ ）、ヨシノボリの $\delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$ も同様に上昇した。一方、安曇川では、付着藻類の $\delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$ の流程変化は野洲川ほど大きくなかった（ $-4\sim 2\text{‰}$ ）。

$\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ に基づく解析の結果、河川に定着したヨシノボリ 2 種は、水域由来の栄養起源に 60～100% 程度依存しており、TL は 2.5 前後と推定された。これらの推定結果は、両種の食性に関する既存の知見とよく一致した。安曇川では、トウヨシノボリの TL はカワヨシノボリよりも有意に高かった。また、2 種のヨシノボリと同一地点で採集した付着藻類の栄養段階（水域一次生産者の $\delta^{15}\text{N}_{\text{Glu}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}} = 3.4$ として計算）および $\delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$ には、2 種間で有意な差は見られなかった。

ヨシノボリ 2 種の $\delta^{15}\text{N}_{\text{bulk}}$ は付着藻類や陸上植物リターの値よりも 2～8% 程度高い値を示した。しかし、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}}$ については、ヨシノボリ 2 種の値が付着藻類や陸上植物リターの値よりも数% 程度高い地点がほとんどであり、混合モデルに基づいた TL や栄養起源の寄与率の推定は行うことができなかった。

4. 考察

野洲川で見られた上流から下流にかけての付着藻類やヨシノボリの $\delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$ の上昇は、河川生態系に取り込まれる人為由来の窒素増加、すなわち集水域での住宅地や耕作地の増加が要因だと推測される。

安曇川において、トウヨシノボリの TL がカワヨシノボリよりも高かった原因として、下流域のトウヨシノボリが第 3 の栄養起源（より高い $\delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$ を示す湖内の植物プランクトン）も利用していた可能性および、安曇川下流では栄養段階の高い餌（水生昆虫等）をより多く摂食していた可能性が挙げられるが、これらについては更なる検証が必要である。

本研究で扱った河川 - 湖沼生態系のように、多様な栄養起源が食物網に取り込まれる複雑な系においては、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ を用いることで TL や異なる栄養起源の寄与率を同時に推定できることが実証された。また、このような系では、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}}$ と $\delta^{15}\text{N}_{\text{bulk}}$ による従来の食物網解析では TL や栄養起源の寄与率の推定が難しい場合があることも示唆された。

多様な栄養起源の混合や、高次捕食者の移動による食物網の結合は、陸水生生態系では普遍的な現象である。今後、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$ を用いた食物網解析が、バルク安定同位体比による従来の解析を補う役割を果たしていくことが期待される。

*村上和仁（千葉工大・工），渡邊賢司（千葉工大・工）

1. はじめに

我が国で河川の底生生物の存在を把握する取り組みは広まってきているが、評価はあまり多くなく。そこで、欧米で広く使用されている BMWP 法を日本の底生生物に合わせて改良したものが「BMWP (Biological Monitoring Working Party) スコア法」である。本研究では、生物学的水質評価法 (BMWP スコア法) を用いて、手賀沼の流入・流出河川の水質を調査することを目的とした。

2. 方法

2.1 調査地点・時期

調査地点は手賀沼周辺河川の6地点、流入河川として北柏橋・二子橋・染井入落（手賀沼から2ヶ所目の橋）、流出河川として浅間橋・手賀干拓一の橋・六軒大橋で調査時期は、春季（2012年5月25日）夏季（2012年8月13日）秋季（2012年11月15日）冬季（2013年1月21日）の計4回実施した。

2.2 調査方法

2.2.1 現地調査： 北柏橋・二子橋・染井入落・浅間橋・手賀干拓一の橋・六軒大橋の6地点で、河川に入りDネットを用いてキックスイープ法によって底生生物を採取した。また、川底に沈んでいる底質（石、落ち葉など）に底生生物が付着もしくは紛れている可能性があるため底質の採取も同様に行った。採取した底生生物は90%エタノールで固定した。

2.2.2 室内分析： 持ち帰った底質から底生生物を採取し、現地で採取した底生生物及び、底質から採取した底生生物を Nikon ネイチャースコープや Nikon 実体顕微鏡 SMZ745 を用いて同定、分類を行った。また、ユスリカ科の同定には下唇板を観察するために顕微鏡も用いて同定を行った。

2.3 評価方法

同定した底生生物にスコア表から1~10点のスコアを与え、そのスコアの合計（総スコア）を同定結果から得られた科数の合計（総科数）で除した ASPT 値 (Average Score Per Taxon) , (科平均スコア) を算出して評価を行った。算出式は ASPT 値 = 総スコア / 総科数である。

3. 結果および考察

3.1 四季による ASPT 評価と生物種の変化

春季(5月)では、カワトンボ科(*Calopterygidae*)、夏季(8月)ではガガンボ科(*Tipulidae*)、秋季(11月)、冬季(1月)ではヨコエビ科(*Gammaridae*)とスコアの高い生物が採取されたが、ミミズ綱(*Oligochaeta*)やユスリカ科(*Chironomidae*)といったスコアの低い生物がいずれの季節でも多数採取されたために評価が低下してしまった。また、冬季ではユスリカ科、ミミズ綱のほかにもヒル綱

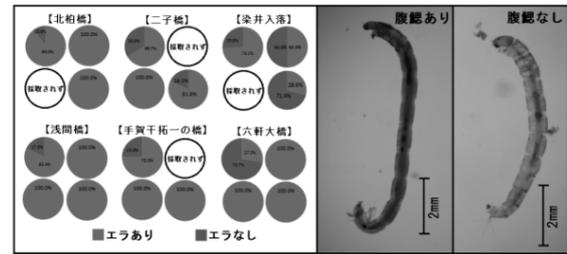


図1 採取されたユスリカ（血鰓の有無）の割合

(*Hirudinea*)も採取されたため、秋季よりも僅かに評価が低いものとなった。

3.2 四季によるユスリカの種の変化

春季、夏季ではユスリカ属(*Chironomus*)、アカムシユスリカ属(*Prosilocerus*)の2種類、秋季ではユスリカ属、クロユスリカ属(*Einfeldia*)の2種類、冬季ではユスリカ属、クロユスリカ属、エリユスリカ亜科(*Orthoclaadiinae*)の3種類が採取された。いずれの季節においてもほとんどの調査地点で腹鰓(血鰓)をもった体色の赤いユスリカが多数採取された。しかし、冬季の染井入落では血鰓をもたず体色が赤色ではないユスリカが多く採取された。

3.3 手賀沼流域の河川環境

調査を実地した6地点は全体的に評価の低いものとなった。これは、河川の流が緩やかなために落ち葉や周辺の抽水植物が枯れたものなどが堆積し、有機物が多くなり汚濁に強いユスリカ科やミミズ綱などが多く採取されるため、平均値である ASPT 値に影響して評価が低下していると考えられる。

また、ユスリカに注目してみると血鰓をもつユスリカと血鰓をもたないユスリカの2種類採取されたが、ほとんどの調査地点で血鰓をもたないユスリカよりも血鰓をもつユスリカが多く採取された。また、採取されたユスリカは体色の赤い個体が多かった(図1)。体色が赤く、血鰓をもったユスリカが多く採取されたことから、手賀沼周辺の河川は汚濁が進行している状態であることが考えられる。

4. まとめ

- 1) 春季、夏季ではユスリカ属(*Chironomus*)、アカムシユスリカ属(*Prosilocerus*)の2種類、秋季ではユスリカ属、クロユスリカ属(*Einfeldia*)の2種類、冬季ではユスリカ属、クロユスリカ属、エリユスリカ亜科(*Orthoclaadiinae*)の3種類が採取された。
- 2) 手賀沼流域河川には体色が赤く血鰓をもつユスリカが優占して生息していることより、河川は汚濁が進行している状態であると考えられる。
- 3) 手賀沼流域河川の ASPT 値は、春季：2.50、夏季：3.13、秋季：4.17、冬季：3.73 であり、四季を通じて汚濁水性と評価された。

* 福田竜也 (愛媛大・院・農)
野崎健太郎 (椋山女学園大・教)
山田佳裕 (香川大・農)

1. はじめに

香川県の新川は水中の有機物濃度が高い。この高濃度の有機物はこれまでの調査で、ため池から流入する浮遊藻類であることがわかってきた。また、流域の浮遊藻類の分布、季節変化について調査を行った結果、新川の主要な藻類は *Microcystis aeruginosa* 等の藍藻、*Cyclotella meneghiniana* であり、流域のため池と同様の分布と季節変化を示した。一方で、流入した浮遊藻類の河川における内部生産については、調査を行っていないため、河川に高い濃度の有機物が存在するメカニズムが十分に明らかになったわけではない。そこで、本研究では、流域からの負荷が、河川へ及ぼす影響を解析する目的で、新川の河川水中の浮遊藻類の一次生産を測定した。

2. 調査方法

調査対象の新川は、全長 55.5 km の中小河川で、流域には大小合わせて約 90 カ所のため池が存在する。2012 年 10 月 27 日から 2013 年 6 月 29 日まで、週一回の頻度で日中に明暗びん法による内部生産の測定を行い、純生産速度と呼吸速度を測定した。さらに、河口堰の水の交換速度を推定するため、観測毎に堰の越流部分の水深を測定している。また、河川水を採取し懸濁態有機物量及びクロロフィル a 量の測定を行った。

3. 結果

2012 年の新川の水温は、冬期は、5 °C まで低下し、2013 年 6 月 29 日には 30 °C まで上昇した。高松市の降水は、2012 年 10 月～2013 年 6 月において 10 mm/day 以上の雨が降った日は 18 回あった。2013 年 6 月 15 日から 6 月 28 日にかけて合計で約 300 mm の降水があり、多いときは一日あたり 50～120 mm の雨が降っている。

新川河口堰におけるクロロフィル a の濃度は、2012 年 10 月 27 日から 12 月 27 日は 50～150 $\mu\text{g/L}$ であった。その後、2 月 14 日に 300 $\mu\text{g/L}$ まで濃度が上昇し、3 月 22 日まで 250 $\mu\text{g/L}$ 程度であった。3 月 28 日から 6 月 29 日まで濃度が低

下し、約 100 $\mu\text{g/L}$ となった。また、河口堰における純生産速度は、2012 年 10 月 27 日は 2.7 mgC/L/day で 1 月 18 日へ向けて低下し、0.4 mgC/L/day となった。その後、4 月 17 日まで純生産速度は上昇し 4.5 mgC/L/day となり、5 月 1 日から 6 月 13 日にかけては値が安定して 3.0 mgC/L/day 程度であった。しかし、6 月 22 から 6 月 29 日にかけて 0.8 mgC/L/day まで低下した。

呼吸速度は、2012 年 10 月 27 日から 2013 年 3 月 14 日にかけて 1.2 mgC/L/day 程度であったが、2013 年 3 月 1 日から 5 月 29 日にかけては 2.5 mgC/L/day と比較的高くなった。しかし、6 月 13 日から 6 月 29 日で 1.0 mgC/L/day 程度に低下した。

4. 考察

2012 年 10 月 27 日から 1 月 18 日にかけて、河口堰における純生産速度は 2.0 mgC/L/day 程度に低下している。しかし、この期間クロロフィル a 濃度は低下していない。さらに、2013 年 1 月 18 日から 4 月 17 日にかけて純生産速度は 4.0 mgC/L/day 程度まで上昇しているが、クロロフィル濃度は上昇していない。また、2013 年 3 月 28 日から 6 月 29 日に向けて純生産速度は低下し、特に 2013 年 4 月 4 日と 4 月 25 日に急激に低下したのに対して、クロロフィル a 濃度の低下は緩やかである。統計的に見ても、新川河口では、浮遊藻類の現存量の指標となるクロロフィル a 濃度と浮遊藻類の活性の指標となる純生産量の変化には関連性がみられなかった ($p > 0.05$)。

2012 年から 2013 年 5 月にかけては、降雨は少なかったが、2013 年 6 月に 50 mm/day を超える雨が短期間に降った時に、純生産速度は大きく低下している。

新川では浮遊藻類の現存量と一次生産の変化は一致しないため、河川の内部生産は、有機物濃度への影響が比較的少なく、新川の有機物濃度には、外部からの負荷の影響が大きいと考えられる。また、多量の降水があった時には、水の交換によって、河川水中の植物プランクトン量が減少し、内部生産が低下することが分かった。

P23 Efficiency and optimal ecological flowrate of nature-like fishway installed in Sangju Weir, Korea

* Jeong-Hui KIM (Kongju National University, Korea)
Dong-Sup KIM (Kwater, Korea) ,
Ju-Duk Yoon (Kongju National University, Korea)
Min-Ho JANG (Kongju National University, Korea)

1. Introduction

In streams and rivers, many artificial structures such as dams or weirs have been constructed to use water resources effectively. In this process, various types of fishway developed and applied depending on the certain situation of streams and rivers to secure fish migration. Among them nature-like fishway has not only the purpose of its original function, pass way but function of habitat. In this study, we evaluated the efficiency of nature-like fishway (length: 700m, slope: 1/100) installed in Sangju Weir using PIT (passive integrated transponder) telemetry. Also the optimal ecological flowrate considering habitat of two dominant species, *Zacco platypus* and *Opsariichthys uncirostris amurensis*, was estimated.

2. Materials and Methods

PIT tag was inserted into fish cavity collected in the lower part of Sangju weir. When fish passes through antennas (total 4 lines) installed in fishway, it detects fish and the data transfers to data logger. Using these data, fish attraction rate, passing rate and passing time were estimated. The optimal ecological flowrate was simulated using PHABSIM (Physical Habitat Simulation System) model for two dominantly collected in fishway.

3. Results

A total of 1539 individuals classified into 23 species were PIT tagged, and 318 individuals classified into 18 species were detected in the fishway (20.6% of detection rate). Of these, 53 individuals successfully passed through the fishway and showed the 16.6% of passing rate. Fish that successfully passed fishway commonly spent more than 10 days for passing, and mean passing time

was 277.27 hours (shortest time: 3.07 hours, longest time: 2134.98 hours). The optimal ecological flowrate of *Z. platypus* and *O. u. amurensis* were 1.6 CMS and 1.7 CMS, respectively.

4. Discussion

The calculated ecological flowrate was matched with hypothetical flowrate of Sangju weir (1.6 CMS) when managed water level, 47m (altitude), maintained. Therefore, sustaining managed water level increases fishway capacity of role of habitat for *Z. platypus* and *O. u. amurensis* which are dominant species in Sangju weir. Although fishway is required for fish migration, actual operation is conducted by human. So, for effective management, accumulation of variety of sources data is needed; therefore results derived from this study will be helpful for operating nature-like fishway in Sangju Weir.

*Abigail P. Cid (Ctr Ecol Res, Kyoto Univ), Uhran Song (Ctr Ecol Res, Kyoto Univ), Ichiro Tayasu (Ctr Ecol Res, Kyoto Univ), Jun-ichi Okano (Ctr Ecol Res, Kyoto Univ), Hiroyuki Togashi (Field Sci Educ Res Ctr, Kyoto Univ), Naoto F. Ishikawa (JAMSTEC), Aya Murakami (Ctr Ecol Res, Kyoto Univ), Takuya Hayashi (Dept Ecol Syst Engineer, Univ Yamanashi), Tomoya Iwata (Dept Ecol Syst Engineer, Univ Yamanashi), Ken-ichi Osaka (Univ Shiga Pref), Shin-ichi Nakano (Ctr Ecol Res, Kyoto Univ), Noboru Okuda (Ctr Ecol Res, Kyoto Univ)

1. Introduction

Phosphorus (P), which is an essential element for all forms of life on earth, often limits the productivity of aquatic ecosystems. Recently, a new isotopic technique has been developed to measure oxygen isotope ratio of dissolved inorganic phosphate ($\delta^{18}O_P$), which distinguishes different phosphate sources and also reflects the degree of phosphate turnover by organisms.

Here we apply the phosphate oxygen isotope analysis to a synoptic survey to identify natural and anthropogenic P sources and evaluate its relative importance to biological P recycling in the Yasu River, the largest tributary river of the Lake Biwa Watershed.

2. Materials & Methods

We collected river waters in October 2012 from 36 sites across the mainstream of the Yasu River and its branches. We also analyzed samples from potential point sources of anthropogenic and natural P source. Samples were treated with magnesium-induced coprecipitation method for phosphate extraction and then converted to silver phosphate after purification through sequence of resin separation and precipitation.

We determined $\delta^{18}O_P$ for each of these silver phosphate samples using a TCEA-IRMS via a helium stream. The delta value was calculated as

$$\delta^{18}O_P = (R_{sample}/R_{VSMOW} - 1) * 1000$$

where R_{sample} is the ratio of $^{18}O/^{16}O$ in our sample and R_{VSMOW} is the ratio of $^{18}O/^{16}O$ in the isotopic standard for oxygen, Vienna standard mean ocean water (VSMOW).

The phosphate oxygen exchange with cellular water oxygen resulting in isotopic equilibrium with surrounding water at the temperature of reaction was calculated using the empirically derived fractionation equation between phosphate and water by Longinelli and Nuti (1973).

$$T(^{\circ}C) = 111.4 - 4.3 (\delta^{18}O_P - \delta^{18}O_w)$$

where T is river water temperature, and $\delta^{18}O_P$ and $\delta^{18}O_w$ are the oxygen isotopic ratios of dissolved inorganic phosphate (PO_4) and of river water (H_2O), respectively.

3. Results

The phosphate concentration of river waters showed a tendency to increase in agricultural and residential areas, suggesting external P loadings from chemical fertilizers

and domestic wastes, respectively. However, the river water $\delta^{18}O_P$ did not vary as a function of its phosphate concentration. The $\delta^{18}O_P$ of agricultural and livestock waste waters were similar to that of a manufacturing phosphate fertilizer which is distributed extensively to this watershed area, suggesting that agricultural P loading can be identified by the $\delta^{18}O_P$ isotope analysis (Fig. 1). Toothpaste phosphate as a candidate of domestic wastes had a considerably depleted $\delta^{18}O_P$ value. Sewage plant waste waters showed two markedly different patterns, possibly due to different processes of sewage treatment.

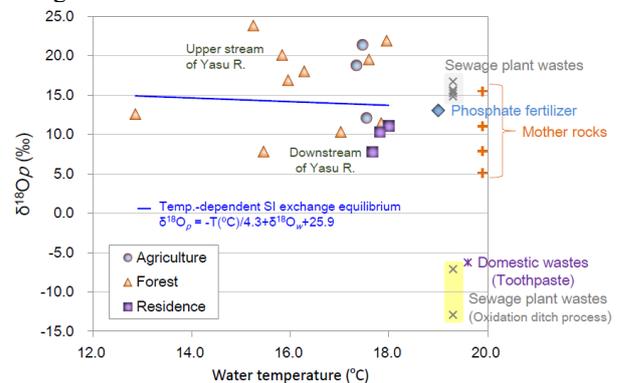


Fig. 1. $\delta^{18}O_P$ as a tool to identify external P loadings

The river water $\delta^{18}O_P$ greatly varied among catchment areas and deviated from the isotopic exchange equilibrium, especially in agricultural and forest areas, while residential areas showed relatively small variation in the $\delta^{18}O_P$ values which were more depleted than the equilibrium (Fig. 1). In the agricultural and residential areas, the great isotopic variation in river water $\delta^{18}O_P$ may be partly due to the difference in isotopic signatures of soil-derived inorganic phosphate among the catchment areas though some mother rock samples have not yet been measured.

4. Conclusion

We demonstrated the possibility to identify sources of external P loading in the watershed ecosystems, using a new isotopic technique, $\delta^{18}O_P$ analysis. To evaluate the relative importance of biological P recycling to external loadings, we need to construct an elaborated isotope mixing model, considering the spatial pattern of geological rock distribution and their isotopic signatures.

Cultivation of *Daphnia* in an outdoor massive culture facility: application of herbivorous zooplankton for algal biomass control in Korean eutrophic reservoir

*Kyung-Jin Park, Hyun-Ah Yuk, Dong-Il Seo, Kwang-Hyeon Chang (Kyung Hee University)
Gui-Sook Nam, Eui-Haeng Lee, Byong Seok Kim (Korea Rural Community Corporation)

Outbreaks of massive algal biomass in water body are a main problem in water quality management, and many efforts have been made to suppress the increase of algal biomass caused by eutrophication. In small size agricultural reservoirs, to suppress algal growth and remove algal biomass from the surface water, coagulation using inorganic and organic flocculants has been applied to water quality management. However, instead of chemical treatment possibly having side-effects on non-target organisms, biomanipulation which is a way to manage algal biomass using proliferation of herbivorous zooplankton can be an eco-friendly water quality management method for eutrophic reservoirs.

Biomanipulation is the method that decreases algal biomass using grazing activity of herbivorous zooplankton in the water body. Among zooplankton, genus *Daphnia* has high control ability for algal biomass control because of their superior feeding ability. For the successful increase of zooplankton, biomass control of zooplanktivorous fish often has been carried out since *Daphnia* is favorable food for many fish species.

On the other hand, in many eutrophic lakes and reservoirs where *Daphnia* has been absent, it is necessary to introduce *Daphnia*, the efficient grazer, for the establishment of grazer community in the system. Artificial repetitive introduction of efficient grazers with high abundance to the eutrophic water body can be biological control to prevent massive algal growth.

This study was carried out as a part of development project of applicable eco-friendly algal controlling method which uses natural grazers of algal species to maintain proper water quality in reservoirs. To provide

Daphnia, main grazer of algae, to the reservoir in efficient way, the facilities for massive culture of *Daphnia* were designed and set up at the eutrophic reservoirs (Fig. 1).

The increasing characteristics of *Daphnia* in the facility and optimal cultivation conditions for its successful supply were estimated using various types of massive *Daphnia* culture systems. The results have suggested that the initial density of *Daphnia* and biological condition (the presence of invertebrate predators) and the physical condition (water circulation with low turbulence) are important factors for increasing and maintaining high population density in the facility. At the same time, seasonal fluctuation of *Daphnia* density according to field condition (food quality changes and weather) and successful survival of introduced *Daphnia* in the reservoir are the main problems to be solved for the application of culture facility as biological water quality management tool in the eutrophicated reservoirs.



Fig. 1 Various types of culture facility for herbivorous zooplankton introduction to eutrophicated reservoirs

*早坂 俊信（山形大学大学院理工学研究科），日野 修次（山形大・理）

【はじめに】

リンは水圏の物質循環における重要な栄養塩の一つであるが、その循環の中で、湖沼堆積物からのリンの溶出が供給源の一つとして考えられる。堆積物を含む底泥からのリン溶出に関しては、主に還元状態が発達した条件で、鉄などの金属と結合したリンが溶出する機構が一般的であると考えられており、酸化状態では、底泥からのリン溶出は殆ど起こらないとされている。一方、北海道朱鞠内湖での研究では、酸化条件下でのホスファターゼ活性の寄与による溶出の可能性も示唆されている(2011, 久住)。また、農地土壌については、ホスファターゼの起源として、植物根からの分泌や土壌微生物細胞の死に伴って放出された酵素が土壌中の粘土鉱物に吸着している場合と、微生物生細胞による場合（微生物が持つ細胞内酵素、または放出される細胞外酵素）の2つが考えられている。

本研究では、底泥堆積物に見出される酵素活性が微生物生細胞によるものであるのか、または生細胞とは関係のない粘土鉱物などに吸着したものであるのかを明らかにする。

【実験方法】

試料は、白竜湖で2012年6~10月に4回採取し、底泥に対する阻害実験を行った。湖沿岸の泥地から、柱状採泥器を用いて表層から10 cm程度までの試料を採取し、腐敗した植物の茎や根を取り除き、過剰な水を濾紙によって一晚除いた後、冷蔵保存した。

土壌微生物の生長、または酵素活性阻害実験では、呼吸系阻害剤・抗生物質（以下阻害剤）として、電子伝達系を阻害するアジ化ナトリウム、細菌の増殖過程の一部であるタンパク質合成を阻害するストレプトマイシン、クロラムフェニコール、細胞壁合成過程を阻害するバンコマイシンを利用して生育又は代謝の阻害実験を行い、酵素活性の低下の程度によって、土壌中の微生物の酵素活性の寄与を推定した。

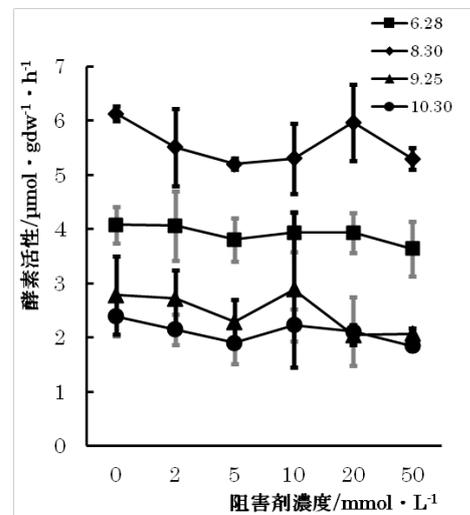
酵素活性の測定は、適量の底泥を正確に秤量し、緩衝液、基質溶液（*p*-ニトロフェニルリン酸二ナトリウム）を加え、6時間反応させた後、分光光度計（SHIMAZU UVmini-1240）を用い、遊離した *p*-ニトロフェノールの吸光度(410 nm)の増加量を測定し、ホスファターゼ活性を求めた。この際、阻害剤を添加しないコントロール系も同時に作成し、阻害剤が酵素活性に与える影響を比較した。培養時間は0時間、120時間とし、0時間では、阻害剤添加後すぐに基質溶液を添加し、直ちに測定することによって、阻害剤の現存する微生物・酵素そのものへの影響を見積もった。120時間では、微生物の増殖に対する阻害の影響を見積もった。

【結果・考察】

阻害剤添加後、直ちに酵素活性を測定した系(0時間)では、コントロール系に対する有意な差は見られず、本研究で用いた各種阻害剤は、アシドホスファターゼ（以下 ACP）活性に対する直接的な阻害効果がないことが確認された。その上で、阻害剤が土壌微生物の生細胞の増殖を阻害する影響を評価するため、120時間培養した系でも、コントロール系に対する有意な差は見られなかった。したがって今回用いた阻害剤では、底泥中の微生物の生理活性、増殖への阻害は認められず、存在する底泥の ACP 活性は、植物の根や、死細胞から放出された酵素など、微生物の代謝によらないものである可能性が示唆された。実際、本研究で採集した底泥からは腐敗した植物の遺体が認められたことよりも推定できた。

一方で、湖沼堆積物中には微生物が全く存在しないということは考えられない。また、土壌粒子には様々な物質を吸着し、安定化する能力があるために、微生物そのものや、細胞外放出酵素が土壌粒子に吸着され、酵素活性が残留している可能性もある。

今後は、植生や泥質の異なる地点、を対象とした実験を行い、比較検討すること、及び、土壌粒子が持つといわれる微生物や酵素の吸着、安定化能力について、培養系を用いた実験による検討が必要だと考えられる。



アジ化ナトリウム・培養0時間の場合の ACP 活性測定結果

*藤永承平、中野伸一（京大・生態研）

1. はじめに

光合成による一次生産（自生成有機物）はほとんどの生態系の基盤となっている。近年、水域生態系、特に湖沼生態系では、陸起源の有機物（他生成有機物）も系内の生物生産を支えていることが明らかになった。陸起源有機物は主に細菌群集により分解、吸収されることで水域生態系に組み込まれる。しかし、このプロセスがどこで盛んに行われているかという時間的、空間的情報は少ない。

環境中に存在する多くの有機物は重合体であり、微生物が同化するには大きすぎる。微生物は酵素を用いて有機物を取り込める大きさ（約 600 Da）にまで変換する。この有機物の一部は微生物に取り込まれ、一部は CO₂ へと変換され、また一部は溶存態として放出される。この微生物群集による有機物の同化と無機化は水域生態系内部の物質循環、及び食物連鎖だけではなく、陸域、大気を含めた地球規模での物質循環に関わっている。

本研究では、河口から沖帯にかけて微生物群集の酵素活性の測定を行うと共に、酵素活性に影響をおよぼす環境要因との関係性を評価した。

2. 材料と方法

調査地は、琵琶湖に流入する野洲川河口から沖帯にかけて水深が 5 m, 10 m, 30 m, 50 m の地点と野洲川河口及び、河口から約 3 km 上流の地点から表層水を月に一度採水した。溶存態窒素（DIN）、溶存態無機リン（SRP）および溶存態有機リン（DOP）濃度を、比色法により測定した。酵素活性は、試水を 5.0 μm, 0.2 μm のポリカーボネートフィルターを用いて分画し、蛍光標識された基質を加えて、25°C で 6 時間から 12 時間培養後に蛍光値を測定した。細菌の細胞密度は、DAPI (4,6-diamidino-2-phenylindole) で細胞を染色することで計数した。

3. 結果

糖のグリコシド結合を加水分解する β-Glucosidase は河川、河口では 10 (nmol/L/h) 以上の値を示すのに対し、4 月の水深 30 m 地点を除いて、湖内では 10 (nmol/L/h) 以下の値を示した。β-1,4-グルカンのグリコシド結合を加水分解する Cellobiohydroase も同様に、11 月を除き河川、河口

では 20 (nmol/L/h) 以上の値を示すのに対し、4 月の水深 30 m 地点を除いて、湖内では 20 (nmol/L/h) 以下の値を示した。一方、リン酸モノエステルを加水分解する Phosphatase は河川、河口に比べて湖内で高い月も多く、この酵素は SRP が低いほど活性が高くなる傾向を示した。

β-Glucosidase と Cellobiohydroase は 0.2 μm - 5.0 μm の画分での活性が最も高く、Phosphatase はこの画分に加えて、0.2 μm 以下の画分の酵素活性も高かった。

4. 考察

水柱に浮遊する細菌の大きさは 0.2 μm - 数 μm とされている。酵素活性が 0.2 μm - 5.0 μm の画分で高かったことから、水中の酵素活性のほとんどは細菌が担っていることが示唆された。0.2 μm 以下の画分の酵素活性は細胞外に遊離している酵素であり、Phosphatase は水中に少ないリンを得るために酵素を広範囲に拡散させていると考えられた。Phosphatase の活性は SRP の濃度が低い程高くなる傾向を示しており、Phosphatase 活性は SRP の濃度に依存していると考えられた。β-Glucosidase と Cellobiohydroase の活性は河川と河口で高かった。これらの酵素は利用しやすい基質が多いほど、活性が低くなることが知られている。河川、及び河口では、DIN の濃度が高いが、SRP の濃度も沖帯に比べて高かった。高濃度のリンを利用するに見合う分だけの炭素を得るために、糖分解に関わる酵素の活性が高くなったと考えられた。

秋から夏にかけて、河川、河口での β-Glucosidase と Cellobiohydroase の活性は高かった。また、DIN, DIP の濃度は河口を境に顕著に低下したことから、河口域は他生成有機物が湖沼へ組み込まれる環境として機能しているが示唆された。

5. 今後の展望

細菌群集は多様な系統群で構成されており、系統群ごとに機能も異なるので、細菌群集の機能は群集組成により異なる。現在、当該水域の細菌群集を、次世代シーケンサーを用いて解析中である。今後は、機能（酵素活性）と群集組成の関係、及び湖岸から沖帯にかけての細菌群集の変遷及び季節変動を明らかにしていく予定である。

水圏生態系への重金属の影響評価 ：メソコスム実験とBLM (Biotic Ligand Model)

* 河鎮龍 (富山県立大学・工学) , 坂本正樹 (富山県立大学・工学)
加茂将史 (産業技術総合研究所)

1. はじめに

重金属の水生生物に対する毒性は水質に依存して大きく変化する。欧米ではこのような重金属の特異性を考慮した生態リスク評価・管理の枠組みを構築しつつある。しかし、日本にはそのような枠組みはまだ存在せず、議論されたことすらほとんどない。水生生物に対する急性毒性影響（遊泳阻害や致死など）は、Biotic Ligand Model (BLM) により推定することが出来る。BLM とは、生物リガンド（陽イオンの取り込み器官）における陽イオンと金属イオンの競合を記述したモデルである。水生生物を対象とした様々な研究により、急性毒性影響はリガンドと金属が複合体を形成してカルシウムなどの取り込みを阻害することで起こることが示されている。そのため、重金属の毒性はリガンドとの複合体形成のし易さと水質（陽イオン濃度）に依存する。このようなメカニズムにより、日本の陸水環境のように硬度が低い（カルシウム濃度やマグネシウム濃度が低い）場合は毒性影響が出やすくなる。しかし、BLM は欧米のような高硬度水を対象として開発されたものであるため、これを日本の陸水環境を対象としたリスク評価に適用できる保証はない。そこで我々は、低硬度の水を想定した BLM の開発を目指し、様々な水質環境下で淡水動物プランクトンを用いた実証研究を行っている。本講演では、①水質（pH や硬度）と銅の毒性の関係と②メソコスム実験による群集レベルでの評価について紹介する。

2. 材料と方法

2.1 水質と銅の毒性の関係

オオミジンコ (*Daphnia magna*) を対象とした急性遊泳阻害試験 (OECD TG-202) を行った。試験水は EDTA 無添加 COMBO 培地に銅を溶かしたものである。試験水中の pH を 5.5-9.0、カルシウム濃度を 1.25-160mg/L (硬度 19.2-415.6mg/L) の範囲でそれぞれ調製し、水質の違いによる 48-h EC_{50} の変化量を調べた。

2.2 メソコスム実験による群集レベルでの評価

ミジンコ急性遊泳阻害試験の結果に基づき、メソコスム実験（動・植物プランクトンとその他の微生物、プランクトン食魚から成る模擬生態系）を 2012 年秋と 2013 年夏の二度行った。水槽 (300L) 内の水の硬度は約 34mg/L に設定した。これにより、上述のバイオアッセイでは検

出できない、生物間相互作用（競争や捕食 - 被食関係）の影響を評価した。

3. 結果と考察

急性遊泳障害試験の結果、試験水中の pH やカルシウム濃度が高くなるとミジンコの銅に対する感受性が高まる傾向が見られた。これらの結果は BLM による予測を支持するものだった。

メソコスム実験では、銅に対する感受性が動物プランクトン種間で大きく異なり（図 1）、高濃度区では動物プランクトンの激減に付随して植物プランクトンの現存量が高くなった。また、*Bosmina* 属のミジンコは *Daphnia* 属と比べて高い感受性を示した。

水圏生態系は複雑な食物網から成るため、生態系構造や機能、毒性と水質の関係などを考慮した評価が重要な研究課題である。

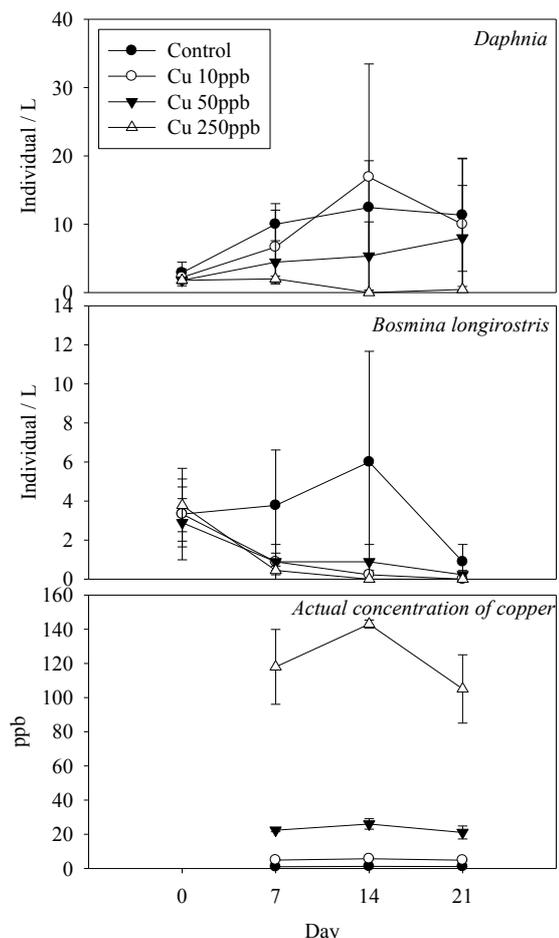


図 1. メソコスム実験 (秋) における動物プランクトン密度と銅濃度の経時変化。

*中西奈津美, 高木俊, 鏡味麻衣子 (東邦大・理)

1. はじめに

一般に湖沼の沿岸には抽水植物や浮葉植物、沈水植物が形成する水生植物帯が存在し、魚類や昆虫類、動物プランクトンなどの水生生物が生息場所として利用することが知られている。それに加えトンボ目やクモ目など陸域と水域を移動する生物も、浮葉植物や抽水植物の水上構造を採餌場所として利用している。しかし、水上の動物群集と水生植物の関係を明らかにした研究は少なく、水生植物の種類や繁茂の程度によって動物の群集構造にどのような違いが見られるかはほとんど分かっていない。

近年日本の湖沼では浮葉植物であるヒシ属が増加傾向にあり、千葉県北西部に位置する印旛沼でも夏季になるとオニビシおよびヒシが繁茂する。抽水植物であるヒメガマも、印旛沼の沿岸部を取り囲むようにヒメガマ帯を形成している。ヒシとヒメガマは両方とも陸域と水域の境界に生育するが、ヒシは葉を広げて水面を覆うのに対し、ヒメガマは群落の内部でも水面が多く見られ、このことからそれぞれの群落を利用する生物群集にも違いが見られることが考えられる。

そこで本研究では、浮葉植物群落と抽水植物群落における水上の節足動物群集の違いを明らかにすることを目的とし、(1) ヒシ群落とヒメガマ群落における水上(植物上)の生物群集構造の比較と(2) 浮葉植物ヒシの被度と各種個体数の関係について解析を行った。

2. 材料と方法

調査は、千葉県印旛沼(西印旛沼)の沿岸部で行った。

(1) 2013年6月14日から21日まで、ヒシ群落とヒメガマ群落それぞれ1地点において調査を行った。測点を0mとした沿岸部と、陸上-5、-2.5m、水上2.5、5、10mの地点にピットフォールトラップをそれぞれ5個(計30個)設置し、1週間後回収を行った。地点間でジュンサイハムシ(以下ハムシ)、アメンボ科、コモリグモ科について各種個体数の比較を行った。解析にはU検定を用いた。

(2) 2012年7月から10月まで、ヒシのある沿岸8地点で月1回の調査を行った。1地点につき3~5測点、50×50cmのコドラートを使用し、その場でハムシ、ヒシヨコバイ(以下ヨコバイ)、アメンボ科、コモリグモ科の個体数、コドラート内ヒシ被度、岸からの距離を目視で測定した。計数は昆虫類・クモ類いずれも体長4mm以上の主に成虫・成体を対象とした。解析には、ヒシ被度が最大となる8・9月のデータを用いた。まず、場所毎のヒシ繁茂の程度と

ヒシ利用生物の個体数の関係を明らかにするため、各種個体数を応答変数、被度を説明変数とし、一般化線形混合モデル(ポアソン分布・対数リンク、ランダム効果:地点)を用いて解析を行った。被度以外に生物個体数を決定する要因を検討するため、被度100%のデータを用いて、それぞれの種の個体数を応答変数、捕食被食関係が想定される種の生物個体数及び岸からの距離を説明変数に、一般化線形混合モデル(ポアソン分布・対数リンク、ランダム効果:地点)による解析を行った。説明変数総当たりでAIC(赤池情報量規準)によるモデル選択を行った。

3. 結果と考察

(1) ハムシはヒシ群落でのみ確認され、これはハムシがヒシ食者であることを示している。アメンボ科・コモリグモ科の個体数はヒシ・ヒメガマ群落において有意な差は見られなかった。しかしアメンボとハネナシアメンボを区別した場合、アメンボはヒメガマ群落で、ハネナシアメンボはヒシ群落で多く確認された。これはアメンボが開放的な水面を好み、ハネナシアメンボが水上の採餌・休憩場所として利用することが知られていることから、植物の構造が生息する生物種に違いを与えている可能性が考えられる。コモリグモ科個体数について、有意ではないがヒシ群落で少ない傾向があったのは、6月のヒシ被度が繁茂期と比較して高くないことが理由として考えられる((2)参照)。

(2) ヒシ被度と各種個体数の関係を見ると、ハムシとヨコバイはヒシが高被度であるほど多くなる傾向が見られた。ハネナシアメンボ(以下ハネナシ)とクモも被度100%の時に多かったが、被度との関係は有意ではなかった。このことから、ヒシを餌資源として利用するハムシとヨコバイにとって、高被度のヒシが好適な生息場所となっていることが推察される。被度の影響を除いた場合、クモは岸との距離と負の、ハネナシ個体数と負のハムシ個体数と正の関係が見られた。またクモによるハネナシの捕食、ハネナシによるハムシの捕食は確認されたが、ハムシの捕食は確認されなかった。このことから、クモの捕食によりハムシ捕食者のハネナシが減少し、ハムシが増加した可能性がある。

*酒井 陽一郎 (京大生態研), 武山 智博 (岡山理科大)

荻部 甚一 (国立環境研), 陀安 一郎 (京大生態研), 奥田 昇 (京大生態研)

1. はじめに

湖沼陸封型である琵琶湖産アユには生活史多型が存在し、集団の大多数を占め秋に産卵遡上するコアユ、春季に遡上して河川で生活するオオアユ、さらに夏に遡上して産卵まで河川下流部で生活する中間型の3タイプが報告されている。いずれのタイプも稚魚期までは湖沼生活を送る。これらの湖沼アユは産卵遡上までの期間、沖合で動物プランクトンを摂餌しながら回遊しているとされているが、特に春から夏にかけて、沖合と河川の移行帯である沿岸域に出現することが知られている。しかし、アユが琵琶湖沿岸域をどのように利用しているのかよくわかっていない。そこで本研究では、長期的な食性の指標となる炭素-窒素同位体比を用いて、琵琶湖沿岸域におけるアユの餌資源利用様式および回遊履歴を調べた。

2. 材料と方法

2006年の5月と7月に琵琶湖流入河川の河口部沿岸域17定点、および、えり(定置網)漁の営まれている7地点でアユを採集した。沿岸定点では水深1mまでの波打ち際で投網や縦網を用いてアユを採集し、えり漁では汀線から水深15m程度までの範囲を回遊するアユを採集した。同時に、アユの採集地点で餌生物である動物プランクトン、および、基盤的餌資源である植物プランクトンと礫付着藻類を採集した。これらのサンプルは、炭素・窒素安定同位体比分析($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$)を行い、植物プランクトンと礫付着藻類の安定同位体比に基づいた2ソースモデルを用いて、アユの栄養段階および各基盤資源への資源依存率を推定した。

3. 結果と考察

5月に沿岸定点で採集されたアユの $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ は、えり漁で採集されたアユと同様の値を示し、沖合の動物プランクトンに比べて $\delta^{13}\text{C}$ で約0~3‰、 $\delta^{15}\text{N}$ で3~5‰程高い値を示した。2ソースモデルによる解析の結果、アユの栄養段階は平均 4.2 ± 0.27 、プランクトンへの資源依存率は平均 $96 \pm 0.07\%$ と推定された。各採集地点間の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ のばらつきが非常に小さかったことから、沿岸で採集されたアユは湖内を広範囲に回遊しているものと考えられる。

7月になると、栄養段階(3.4 ± 0.3)は5月から低下したが、一部の地域を除いて、プランクトン生産依存率(83 ± 0.2)はほとんど変化しなかった。このため、沿岸域に出現するアユは、基本的に動物プラ

ンクトン食性を維持していると結論できる。しかし、湖西および湖北の一部地域、特に湖西の2つの局所集団では、他の地域のアユよりも顕著に高い $\delta^{13}\text{C}$ を示した。これらの集団の栄養段階は 3.1 ± 0.2 と多集団と同様の値を示したが、付着藻類への資源依存率($0.3 \pm 0.3\%$)は他集団よりも有意に高かった。魚類筋肉組織の同位体比は過去1~2ヶ月の平均的な食性を示すことから、これらの集団は、5月から7月にかけて沿岸で定住生活を行い、底生動物食性に移行したものと推察された。このような沿岸定住性は、遡上する個体、特に夏期に河川に遡上する中間型の行動特性である可能性が示唆された。

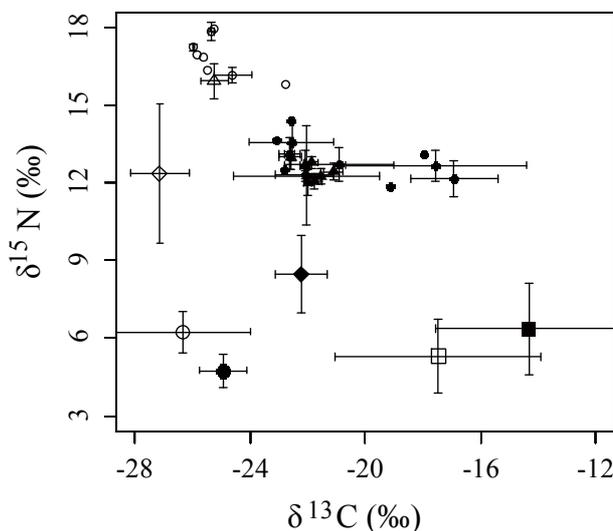


Fig. 1 5月および7月における $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ 食物網マップ。各マーカーが平均値、エラーバーはSDを示す。白抜きが5月、黒塗りが7月。各マーカーは、□:礫付着藻類、○:植物プランクトン、◇:動物プランクトン、○:沿岸アユ、△:漁協アユを示す。

P31 Integrated Ecological Health Assessment of Lake and Reservoir in Korea

* Hyun-Seon Shin (Dep. Of Environmental Science, Kangwon National University, Korea)

Jai-Ku Kim (Dep. Of Environmental Science, Kangwon National University, Korea)

Yunkyung Lee (Dep. Of Environmental Science, Kangwon National University, Korea)

Bomchul Kim (Dep. Of Environmental Science, Kangwon National University, Korea)

1. Introduction

The health assessment tools for lotic ecosystems are developed in last few years ago and now apply to entire river systems to collect data. Unlike lotic systems, no assessment tools were developed in the lentic ecosystem like lakes and artificial reservoirs due to difficulties of the study.

To assess ecological health condition for lentic ecosystems, the Ministry of Environment (MOE) in Korea has been recently developed integrated ecological health index applying for lakes and reservoirs in Korea. The index consists of four main parameters; water quality, phytoplankton, fish and aquatic plant.

The main purpose of this study is to develop ecological health assessment tools applying to lentic ecosystems.

2. Materials and Methods

To evaluate lake health condition, both biotic and abiotic surveys for 30 reservoirs selected by type classification have been conducted for last five years. To classify reservoir type, several factors affecting ecological health condition were considered; surface area, eutrophication, shoreline slope, water level fluctuation, and aquatic vegetation. In large lake, at least 3 samples were collected with consideration of physical zonations of the lake; riverline, transition, and lacustrine zones. Only one sample in the center of the lake was collected in small scale.

3. Results and Discussions

As an ecological health assessment items, we used water quality (COD, TP, Chl.a, Cyanobacteria), fish (Diversity, Tolerant sp. %, Omnivore %, Insectivore %, Number of sensitive sp., Bass proportion %, DELT %), macrophytes (No. of sp., No. of FACW, No. of OBW, No. of NP, No. of Sen. Wet. sp., No. Endangered sp., No. of Endemic sp., % of Sen. Wet. sp., % of Specific Plant, % of Sub. Plant, % of Emergent P (<50%)).

All data collected by field study were normalized by log transformation and standardized by fitting of logistic model. Cumulative distribution function (CDF) of each parameter ranged from 0 to 100 in which five grade systems from excellent to very poor are adopted. Minimum and maximum concentrations were determined by percentile ranges from 5th% and 95th %. Unlike log-linear model, this model has great advantages in extreme values. We was evaluated the ecological integrity in Lakes Wangsong and Chunchen among the 30 Lakes in Korea, as a sample.

Acknowledgments: This study was supported by the

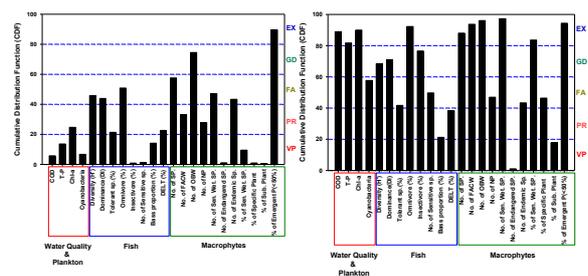


Fig. 1. Evaluation of ecological integrity in Lakes Wangsong and Chunchen.

CAER (Center for Aquatic Ecosystem Restoration) of Eco-STAR project from MOE (Ministry of Environment, Republic of Korea).

*竹内梨菜，竹山輝（山形大学大学院理工学研究科），日野修次（山形大・理）

1. はじめに

水圏における生態系は、それぞれの周囲環境によって独自に発展しており、微生物から大型の生物まで多種多様な生物が存在し、生産、捕食、分解、など相互に作用している。生態系の根底をなしているのは微生物群集であり、植物プランクトンは光合成によって無機炭素を固定し、有機態の炭素に同化する。そして動物プランクトンや魚などのえさとなり、生産者としての役割を担う。また、細菌は生物の死骸や残渣を再利用できる形に分解して再び水中に放出する、あるいは、自らの菌体を合成（増殖）するため、分解者と再生産者として大きな役割を果たしている。したがって、微生物群集構造の変化を明らかにすることは、水圏の生態系を理解するにあたって非常に重要である。

本研究では、微生物群集のなかでも湖内の有機物の分解者、あるいは再生産者、また、生態系の上位者の捕食の対象となる細菌群集に着目した。栄養状態の異なるふたつの湖（猪苗代湖・白竜湖）における細菌群集構造の変動を観察し、そのパターンを明らかにすることを目的とした。これまで主流であった分離・培養を行い、コロニーとして検出した細菌を評価する手法では、培地に適応した細菌種しか検討できないという問題点があった。その点、今回用いた DGGE 法（変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法）では細菌が恒常的に持ち、独自の変異を持つ 16S rRNA の遺伝領域をターゲットとした PCR、電気泳動を行うことによって塩基配列の違いで異なる泳動パターンを得ることができる。本研究では、湖水試料の細菌群集の画分から直接 DNA を抽出することによってほぼすべての細菌群集をバンドパターンとして得ることができ、解析を試みた。

2. 材料と方法

2-1 調査対象

本研究においては 2012 年 4 月から 10 月に福島県のほぼ中央にある猪苗代湖を、2013 年 5 月から 7 月に山形県南陽市にある白竜湖を研究対象とした。猪苗代湖は旧硫黄鉱山の浸出水に影響を受ける流入河川によって 1995 年ころまでは pH が 5.0 程度であったが、近年、流入量の変化などによって pH が上昇傾向にあり、ほぼ中性を保ちつつある貧栄養湖である。一方、白竜湖は周囲が農用地であり、湖水は農業用水に利用されている。猪苗代湖と比較して生物量が豊富で富栄養湖である。

2-2 DGGE 法

両水域で採水後直ちに猪苗代湖では 1000mL、白竜湖では 300mL Watman GF/F, nuclepore filter を使用してろ過を行い、0.2–0.7 μ m 画分の DNA を用い

て DGGE 法を行った。DGGE ゲルは尿素、ホルムアミドを変性剤に用いて 20–70% の濃度勾配をつけ、細菌群集構造をバンドパターンの形で検出した。

3. 結果と考察

2012 年の猪苗代湖水の 4 月から 10 月までの DGGE 電気泳動の結果を Fig 1 に示した。猪苗代湖の細菌群集構造は 4 月と 5 月、6 月と 7 月、8 月以降の 3 つのパターンに分けられた。また、一年を通して検出されるバンドが少なくとも 4 種類確認され、これらが優占的に存在することが示唆された。そのほかのバンドは遷移が認められた。この結果によって、細菌群集構造が何らかの原因で変化していることが確認できた。また、2011 年に湖水から分離した菌株のバンドと比較したところ、*Sphingomonas* spp. が常に存在したバンドと同じ位置に検出されたため、優占種である可能性が高いことがわかった。バンド数＝多様性については 4 月から 10 月で有意差は認められなかった。よって、多様性の変動に大きな変化がないと考えられ、さまざまに細菌種が変動していることで、細菌種が環境因子や捕食などの関係にある生物の変動などによって優占種に変化が起きると考えられる。

白竜湖は、猪苗代湖よりもバンドの数が多く、細菌種の数が多いという可能性が示唆された。白竜湖は、栄養塩（リン、窒素など）濃度が猪苗代湖よりも高いため、多様な細菌種が生育できる可能性があると考えられた。

今後、白竜湖でも年間を通して細菌群集の変動をモニタリングすることで、猪苗代湖の結果と比較し、環境の異なる湖において細菌種の変化がどのように起こるのか、また、湖内の細菌の優占種がどのような理由で変化するのかについて考察する予定である。

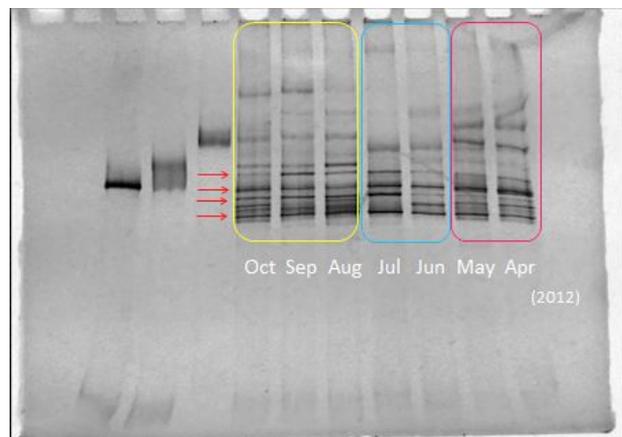


Fig. 1 猪苗代湖湖心にての DGGE 法による細菌群集の変動パターン（2012 年）

琵琶湖北湖における 溶存態ヒ素の化学種別分析及び季節変化

長岡愛理, 丸尾雅啓 (滋賀県立大・環境)

1. はじめに

琵琶湖水中におけるヒ素のほとんどは無機態の As(III)あるいは As(V)の形態で存在し [1], As(III)は As(V)より毒性が高いことが知られている [2]. pH7~8 では As(III)は無機態で, As(V)は陰イオンで存在するため, As(V)は As(III)よりマンガンや鉄の酸化物に吸着され水中から除去されやすい. 従って, 実際の湖水中では As(III)が As(V)より優占することがある [2].

また, 湖水中の植物プランクトンなどは As(V)を取り込み As(III)に還元して湖水中へ放出しており, 生物活動が活発化すると有機態ヒ素濃度が上昇するとされている [1].

このような現象について明らかにするため, 本研究では琵琶湖北湖第一湖盆を観測点とし, 湖水中の表層から中層における As(III), As(V)および一部有機態ヒ素濃度の定量を行った.

2. 方法

琵琶湖北湖第一湖盆に定点を設け, 2012 年春季から 2013 年夏季にかけて採水を行った.

本研究では As(V)以外の As(III)および有機態ヒ素の一部 (UV-As 紫外線照射により As(V):ヒ素に分解される画分) を As(V)としてイオンクロマトグラフィーで測定した.

As(III)の酸化には 0.1% ヨウ化物イオン溶液, 0.1% チオ硫酸ナトリウム溶液を用いた. 有機態ヒ素(UV-As)については低圧水銀ランプを用いて紫外線照射を用いて酸化分解を行い, As(V)の形態に変化させた. なお, この紫外線照射の過程で, As(III)は As(V)に変化しないことを, 実験的に確認している.

3. 結果と考察

ここでは特徴的であった 2013 年 8 月の結果につい

て述べる.

図 1 より, 水深 15 m 付近に水温躍層が生じていることがわかる. 水深 15 m 付近にクロロフィル a 濃度の最高値が見られる. 図 2 において水深 15 m 付近で, As(III), UV-As の濃度が高く, As(V)の濃度が低くなっている. このことから, 水深 15 m 付近の植物プランクトンなどが As(V)を取り込み As(III), UV-As を代謝によって生成している可能性が高いと考えられる.

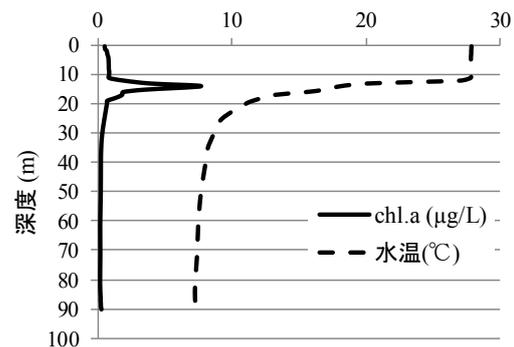


図1. 琵琶湖の水温とクロロフィルa濃度(2012年8月)

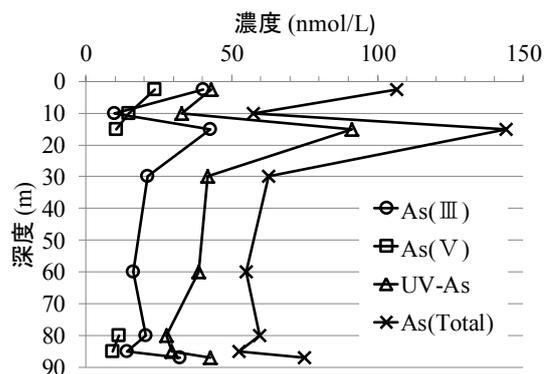


図2. 琵琶湖(2012年8月)

4. 参考文献

- [1] Hasegawa, H et al.: Seasonal changes of arsenic speciation in lake waters in relation to eutrophication. *Sci. Total Environ.*, 2010, **408**, 1684-1690.
- [2] 久永明, 石西伸 環境汚染物質の生態への影響 16 ヒ素. 東京化学同人: 東京, 1985.

琵琶湖水中に溶存する Fe(II)配位子のキャラクタリゼーション

小山和香, 丸尾雅啓 (滋賀県立大・環境科学)

小畑元 (東京大・大気海洋研究所)

1. はじめに

好氣的条件下にある陸水中の鉄は、熱力学的安定性からほとんどが Fe(III)の形態で存在し、Fe(II)の形態は極めて少ないと考えられている。しかし実際は、好氣的な湖水や海水中において、Fe(II)が相当量存在することが多数報告されている。

その理由として、生物還元あるいは光還元による Fe(II)の生成等が挙げられるが、本研究では、Fe(II)が有機物の溶存配位子と錯生成して安定して存在している可能性に着目し、Fe(II)に対する有機配位子の錯体形成能(安定度定数および錯化容量)の分析方法を確立し、季節や深度による差異を比較した。

2. 材料と方法

Fe(II)-有機配位子錯体の条件安定度定数を求める実験は、フェロジン試薬を用いる比色定量法により室内実験を行った。本研究全般にわたり、有機配位子に対する Fe(II)の条件安定度定数および配位子濃度を決定するに当たって、Statham et al. (2012)が海水に適用した手法を琵琶湖水に適用した。Fe(II)濃度を一定にし、フェロジン試薬の濃度を変化させて吸光度の変化を追跡することで、琵琶湖水中における Fe(II)に対する有機配位子の安定度定数および配位子濃度を求めた。この時、Fe(II)-フェロジン錯体の発色、平衡化に約 24 時間必要であるため、試料を試薬添加後 24 時間静置して反応させた後に吸光度を測定した。

3. 結果と考察

本研究全般にわたり、実験試水は琵琶湖水の条件に合わせるために pH を 7 に設定した。実験によって求めた Fe(II) - フェロジン錯体の条件安定度定数は 4.74×10^{14} となり、Gibbs (1976)が酢酸緩衝溶液

(pH4.5)を用いて求めた値と異なった。この結果から、緩衝液の種類または pH によって、Fe(II) - フェロジン錯体の条件安定度定数に差異が生じることが示唆された。この結果を琵琶湖水に適用し、2012 年 5 月から 12 月の琵琶湖水中における Fe(II) - 天然有機配位子錯体の条件安定度定数および錯化容量を求めた結果、全ての試水における Fe(II) - 天然有機配位子錯体の条件安定度定数(K'_{FeL})は $10^{12} \sim 10^{13}$ であり、天然有機配位子濃度は $1.9 \sim 3.5 \times 10^{-8} \text{ molL}^{-1}$ であった。この結果から、全ての試水において Fe(II)と錯生成しやすい有機配位子の存在が確認できた。ここで、仮想的に全溶存 Fe(II)濃度を $5 \times 10^{-9} \text{ molL}^{-1}$ と設定し、求められた季節および深度に存在する天然有機配位子がどれくらい Fe(II)と錯生成しやすい配位子であるか検証した。その結果を表 1 に示す。この結果から、全ての季節および深度において、存在しているほぼ全ての溶存態 Fe(II)は、天然有機配位子と錯体を形成し得ることが示唆された。

表1. 琵琶湖水中のFe(II)と有機配位子の条件安定度定数および有機配位子濃度とそれらを用いて算出した各化学種濃度

| 試水 | 濃度(nmolL ⁻¹) | | | | |
|-------|--------------------------|-----------------------|-------|------|----------------------|
| | K' _{FeL} | [L _{total}] | [FeL] | [L] | [Fe(II)] |
| 5月表層 | 12.1 | 25.0 | 4.98 | 20.0 | 0.02 |
| 5月深層 | 12.8 | 21.0 | 5.00 | 16.0 | 5.0×10^{-5} |
| 8月表層 | 12.1 | 35.7 | 5.00 | 30.7 | 5.0×10^{-5} |
| 8月深層 | 12.6 | 29.6 | 4.98 | 24.6 | 0.02 |
| 11月表層 | 12.7 | 20.7 | 4.99 | 15.7 | 0.01 |
| 11月深層 | 12.9 | 25.3 | 4.98 | 20.3 | 0.02 |
| 12月表層 | 13.0 | 19.0 | 5.00 | 14.0 | 5.0×10^{-5} |
| 12月深層 | 12.8 | 21.0 | 5.00 | 16.0 | 5.0×10^{-5} |

4. 参考文献

- Gibbs, C. R. (1976): Analytical Chemistry
48: 1197-1201.
- Statham, P. J. et al. (2012): Analytica Chimica Acta
743: 111-116.

活性アルミナを用いた琵琶湖溶存有機物の 分画法の検討

*内海理伽(兵庫県立大・環境人間), 早川和秀(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター),
藤嶽暢英(神戸大・農), 木田森丸(神戸大・農), 真木謙造(神戸大・農),
熊谷哲(兵庫県立大・環境人間), 杉山裕子(兵庫県立大・環境人間)

1. はじめに

溶存有機物(Dissolved Organic Matter, DOM)は0.2~1 μm のフィルターを通過することのできる有機物であり、水環境中に広く存在している。物質循環や生態系内において、一次生産の支配、バクテリアの主要な栄養源、他の化学物質との相互作用などの重要な役割を担っている。しかし、DOMは数千種を超える多様な化合物の混合物であるため、分子レベルでの組成や起源の把握は難しい。質量分析等を用いた天然水中DOMの分子レベルでの分析の前処理として、固相抽出法が汎用されている。我々はこれまでに、低極性の有機物を優先的に吸着するとされるC₁₈固相抽出法とDAX固相抽出法の2法で抽出した琵琶湖DOMを比較し、春~夏季の試料における各固相への吸着率はC₁₈法で26~49%, DAX法で23~43%を示し、秋~冬季ではDAX法においてC₁₈法より吸着率が高い(C₁₈:21~39%, DAX:38~46%)ことを明らかにした。また、夏季の吸着画分(吸着率はC₁₈:37%, DAX:39%)について¹³C-NMR分析を行った結果、C₁₈法では直鎖状の脂肪族炭素や糖類を、DAX法ではリグニン由来の腐植物質を、他法より高い割合で捕集していた。今回は、極性の高い物質を選択的に分離することができるアルミナを吸着剤に用い、アルミナに吸着される有機物の特徴について検討し、低極性物質を吸着するC₁₈法との比較を行うことを目的とした。

2. 材料と方法

湖水サンプルは、2013年2月7日、滋賀県琵琶湖の北湖、N4地点(北緯35.38°、東経136.09°:水深92 m)にて採取した。吸着実験には、採水深度15 mの試料を用いた。試料は450℃で2時間焼処理した孔径0.7 μm のGF/Fフィルターでろ過し、暗所で保

管した。活性アルミナを用いた吸着実験は、2 Mの塩酸、0.5 Mの水酸化ナトリウムを用いてpHを2~12に調整したろ過試料(DOC濃度:0.94 mgC/L)40 mLに、活性アルミナの粉末50 mgを加え、2時間振とうした。アルミナは予め450℃で2時間焼処理をしたものを使用した。振とう後、遠心分離によりアルミナを分離し、上澄み液の溶存有機炭素(DOC)濃度測定を行った。DOC吸着率は、吸着前の試料のDOC濃度から上澄み液のDOC濃度を差し引いた値の吸着前DOCに対する割合(%)から算出した。

3. 結果と考察

図1は琵琶湖DOCの、アルミナに対するpH-吸着率曲線である。DOCの吸着率はアルミナの等電点(pH=9)以下のpH、つまり表面電荷が正に荷電する領域で高率を示し、pH5付近で最大値を示した(61.2%)。中性~アルカリ性領域ではDOC吸着率は低下した(23.7~28.5%)。

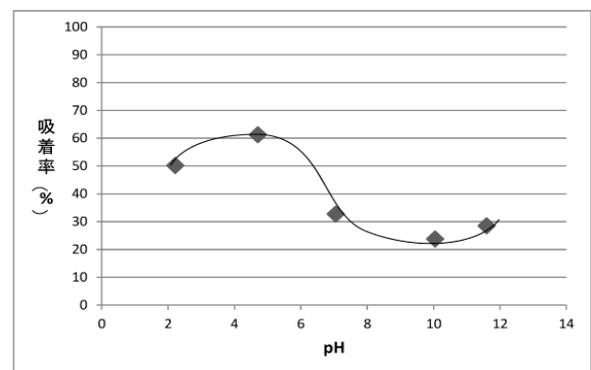


図1. 琵琶湖DOMのアルミナへの吸着曲線

最大吸着率を示した弱酸性領域においては、正に帯電したアルミナに、弱酸性で解離し、負に帯電した有機物が吸着していると考えられる。発表では、C₁₈吸着性の有機物とアルミナ吸着性の有機物の化学的特徴を蛍光分析・¹H-NMRによって比較する。

*上原達弥（東大院・新領域），山室真澄（東大院・新領域）

1. はじめに

湖沼や河川では、水質汚濁防止法に基づき、全リン、全窒素、有機物に対して環境基準が設定されている。有機物負荷においては、河川の有機物量の指標である BOD は減少傾向を示しているが、集水域である湖沼の有機物量の指標である COD は横ばいまたは増加傾向にある。その原因として湖沼の内部生産によって有機物が生産され、分解されにくく、蓄積していくためだと考えられている。

水環境中の有機物はその粒径の大きさの違いから 2 つに分けられている。孔径 0.2~1.0 のガラスフィルターを通過するものを溶存有機物 (Dissolved Organic Matter, DOM)、通過しないものを粒子態有機物 (Particulate Organic Matter, POM) と分類されている。

湖沼中の有機物の約 70% は溶存態であることが知られている。湖沼の内部生産によって生産され、有機物負荷の原因は難分解性溶存有機物 (Recalcitrant Dissolved Organic Matter, RDOM) であるとされている。難分解性溶存有機物の代表的な物として、フミン物質の物質構造について長年研究が行われているが、未だ不明な点が多い。

近年、難分解性有機物の湖沼中の量や変動、その影響に関する研究が進められている。しかし、湖沼の有機物負荷に寄与している起源の特定については進んでいない。

本研究では、水質浄化や自然再生を目的として植栽されている水生植物が湖沼の内部生産に寄与していると仮定し、水生植物由来の難分解性溶存有機物の組成や発生量を明らかにすることで、今後の植生帯の維持管理のあり方に資する知見を得ることを目的とした。この目的に添って、水質浄化効果があるとされている 2 種類の植物の分解実験を行った。

2. 材料と方法

対象とする水生植物は、ヨシ (*Phragmites australis*) とアサザ (*Nymphoides peltate*) である。

ヨシ (*Phragmites australis*) は茎の長さが 1~3m、葉の長さが 2~4cm のイネ科の多年草で抽水植物である。滋賀県の琵琶湖や島根県の宍道湖などで植栽が行われている種である。

アサザ (*Nymphoides peltate*) はミツカシワ科の多年草でスイレンの葉のように丸く、一箇所に切れ込みのある浮葉植物である。茨城県の霞ヶ浦や秋田県の八郎潟なので植栽活動が進められている。更に、ビオトープなどにも導入されている。

上記 2 種は、今後も植栽活動の対象種として用いられる可能性が高く、浮葉植物と抽水植物という生

態の違いがある。

本研究では、枯れヨシの葉、アサザの葉、アサザの茎を対象として、分解実験を行った。

植物の分解実験に用いる容器は、ウォーターサーバー用 12L スクリューボトルを使用し、溶出する化学物質による影響を最小限にするようにした。

水生植物の分解実験に用いた水は環境水として、千葉県北部に位置する手賀沼の水と、Milli-Q の 2 条件を用意した。

実験は室温 20℃、暗室条件で行った。実験中の測定項目は、水温、ph、DO、TOC を定期的に測定した。TOC の測定には (株) 島津製作所製 全有機炭素計 TOC-L CPH を用いて行った。

得られたサンプル中の溶存有機物の分画は、スチレンビニルベンゼン共重合樹脂カートリッジ (Sep-Pak 製 PS-2 Cartridge)、陽イオン交換樹脂 (BIO-RAD 製 AG MP-50 Resin)、陰イオン交換樹脂 (BIO-RAD 製 AG MP-1M Resin) を用いて以下のフローで 5 成分に分画を行った。

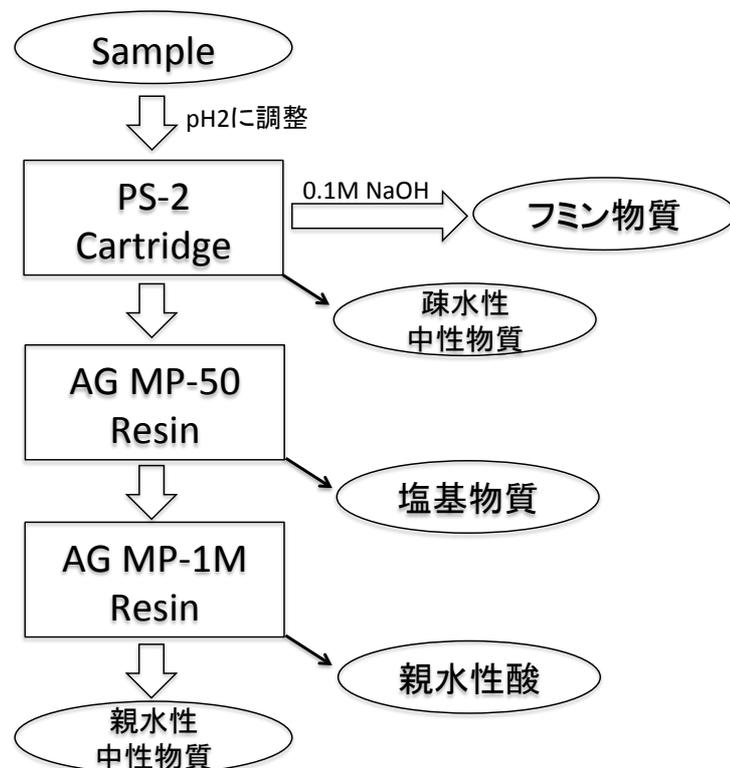


Fig. 1 分画手法のフローチャート

* 荒居博之^{1,2)}・福島武彦¹⁾¹⁾ 筑波大院・生命環境科学、²⁾ 日本学術振興会特別研究員

1. 目的

霞ヶ浦では 1980~2000 年代にかけて、溶存態ケイ素 (Dissolved Si, DSi) 濃度が 2 倍程度に上昇している (荒居・福島、日本陸水学会第 73 回大会)。上昇要因について、発表者らは室内実験に基づく簡単な試算から、2000 年代に増加した底泥巻き上げ物質 (SS_{sed}) からの溶出を指摘した (同第 74 回大会)。一方で、珪藻量は同時期増加傾向にあり、ブルームの時期は春・秋の年 2 回から冬~春の年 1 回へと変化していた (同第 75 回大会)。珪藻ブルームの長期変化要因について、発表者らは過去に簡易モデルによる評価を試み、底泥巻き上げに伴う DSi 溶出や光環境の悪化の影響を示唆する結果を得たが、シミュレーション期間の短さや再現性等に問題を残した (同第 77 回大会)。そこで本研究では、霞ヶ浦における過去 30 年間の DSi 濃度及び珪藻量を連続的にシミュレーションし、DSi 濃度の長期上昇を SS_{sed} からの DSi 溶出で説明可能か確認するとともに、モデルを用いて珪藻ブルームの長期変化要因を評価することを目指した。

2. 方法

霞ヶ浦を 4 つのボックスで近似し、霞ヶ浦のケイ素収支 (Arai and Fukushima 2012) を参考にモデルを構築した。

$$dM_{\text{DSi}} / dt = L_{\text{DSi}} / A - fM_{\text{DSi}} + R - b\mu M_{\text{diatom}} \quad (1)$$

$$dM_{\text{diatom}} / dt = L_{\text{diatom}} / A + (\mu - f - c/h)M_{\text{diatom}} \quad (2)$$

ここで M はあるボックスの単位水柱当たりの物質質量 (DSi は g m^{-2} 、珪藻は $\text{cm}^3 \text{m}^{-2}$)、 t は時間 (day)、 L はボックスへの流入負荷量 (DSi は g day^{-1} 、珪藻は $\text{cm}^3 \text{day}^{-1}$)、 A はボックス面積 (m^2)、 f は流出率 (day^{-1})、 R は DSi 溶出速度 ($\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$)、 b は珪藻被殻のケイ素密度 (g cm^{-3})、 μ は珪藻の成長率 (day^{-1})、 c は珪藻の沈降速度 (m day^{-1})、 h は水深 (m) である。流入負荷量 L は次式で推定した。

$$L = L_{\text{river}} + L_{\text{piston}} + L_{\text{exch}} \quad (3)$$

ここで L_{river} は河川流入、 L_{piston} は上流ボックスからの押し出し流、 L_{exch} はボックス間の交換流による負荷量である。 L_{river} は珪藻では 0 とし、DSi では霞ヶ浦河川事務所による 5 河川の毎時流量と L-Q 式及び流域面積比から推定した。

湖底及び SS_{sed} からの DSi 溶出量 R は、Arai et al. (2012) の室内実験に基づいて推定した。SS_{sed} 濃度は、国交省による湖内の毎時濁度及びクロロフィル濃度から求めた。

珪藻の成長率 μ は次式から推定した。

$$\mu = \mu_{\text{max}} f_1 f_T \left[M_{\text{DSi}} / (K_m h + M_{\text{DSi}}) \right] \quad (5)$$

ここで μ_{max} は最大成長率 (day^{-1})、 f_1 、 f_T はそれぞれ光、温度に関する制限関数、 K_m は DSi 半飽和定数 (g m^{-3}) である。

モデルの計算時間間隔は 1 時間とし、1985、1995、2005 年の 3 ヶ年で校正した。モデルの検証には、国立環境研究所による湖心の毎月の DSi 濃度及び珪藻量を使用した。

3. 結果・考察

SS_{sed} からの DSi 溶出を組み込んだモデル計算により、DSi 濃度の長期上昇を比較的良好に再現できた (図 1)。一方、珪藻量については、ピークの増加傾向は比較的良好に再現できたが、時期にはずれがみられた。これは、モデルで珪藻種の変化や N、P 制限を考慮していないこと、また、珪藻量は日単位で変動しやすく、月ごとの観測値では校正に不十分であること等が考えられる。モデル中で SS_{sed} からの DSi 溶出をなくすと珪藻ブルームが小規模となったことから、近年の珪藻量増加の要因として DSi 溶出が考えられる。また、ブルーム時期が変化した要因として、光環境の悪化による増殖の制限が示唆された。これらの結果は、極度に富栄養化した湖沼においてケイ素が珪藻ブルームの規模の決定因子となりうることを示唆している。また、水-底質相互作用の生態系への影響が示された。

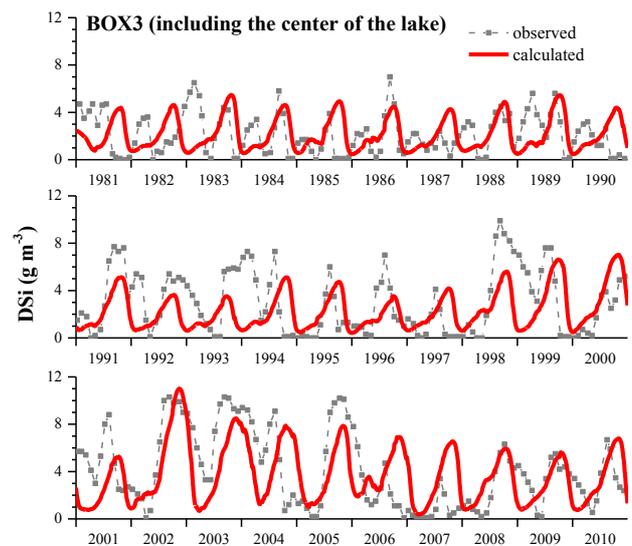


図 1 モデル計算による霞ヶ浦湖心の DSi 濃度の長期変化

参考文献

- Arai H, Fukushima T, Komatsu K (2012) *Limnol* **13**:81–95.
Arai H, Fukushima T (2012) *J Soils Sediments* **12**:1501–1507

*柴山 慶行（独）土木研究所），平山 孝浩（独）土木研究所）
岡本誠一郎（独）土木研究所）

1. はじめに

霞ヶ浦では、近年再びアオコが発生するようになり、H23年には大発生した。一方で、H13年からH19年ごろまでは、発生が少ない期間が続き、アオコ発生に寄与する湖沼環境の変化が考えられた。水の華の発生には、湖盆形態的、気象学的、水理学的、水質学的要因の考慮が必要である（八木，1990）が、本報告では、気象、中でも風について解析を行った結果について報告する。風は、鉛直方向のかく乱による日成層の消滅や底泥の巻き上げ、アオコの吹き寄せに影響を与える等、霞ヶ浦のアオコ発生を考える上で重要な要素である。

2. 材料と方法

国土交通省霞ヶ浦河川事務所が西浦湖心で観測している H13～24 年の 1 時間単位の風速、風向データを用いた。風向は 16 方位で計測されるが、大まかな風向の傾向を把握するために、北(N)，東(E)，南(S)，西(W)にベクトル分解し、1 時間単位を 1 回とカウントしたものを頻度分布で示す。0.2m/s ごとに頻度を算出して表示した（図1と図2）。また、風速の強弱の程度を把握するために、風速の日最小値が 1m/s 以下の日において日較差の分布も示す（図3）。以上の方法により、アオコが少ないとされた H13～19 と多いとされた H20～24 で比較する。

3. 結果

図1と図2では、データ数が異なるため、頻度数ではなく、分布の傾向から特徴を把握する。共通の特徴として、東寄の風が卓越する傾向にあること、次に北寄の風が吹きやすいこと、西寄の風の割合は小さいことが読み取れる。東寄の風は昼間に吹きやすく、北寄の風は、夜間に吹きやすいため、海陸風の一つであると考えられた。

H20～24 では、H13～19 と比較して南寄の風が吹きやすかったことが違いとして挙げられる。これは、夏季の太平洋高気圧の勢力の強さと関係があることが示唆され、日射量や気温、水温と南寄の風の割合の高さは相関関係にあることが推測される。また、2～6m/s の東寄の風の頻度が、H20～24 の方が高いことも違いである。東寄の風がより強かったことは、土浦沖周辺でのアオコ集積に寄与したと考えられる。

図3からは、風速の日最小値が 1m/s 以下の日では、風速の日較差が H13～19 と比較して H20～24 の方が大きかったことがわかる。また、風速の日最小値が 1m/s 以下の日数も H20～24 の方が多かった。弱い風速の日には、鉛直混合が弱まり、表層からの DO 供給が減るため、底層が貧酸素傾向になりやすくなる。底層が貧酸素状態になると底質からの栄養

塩類溶出が促進されて、底層は栄養塩類濃度が高い状態になる。そこに、強い風による鉛直混合でかく乱されることで溶出した栄養塩類が表層に供給され、アオコ発生を促進すると考えられる。したがって、H20～24 で、風速の弱い日において風速の日較差が大きかったことは、アオコ発生が多かったことと関係があると考えられる。

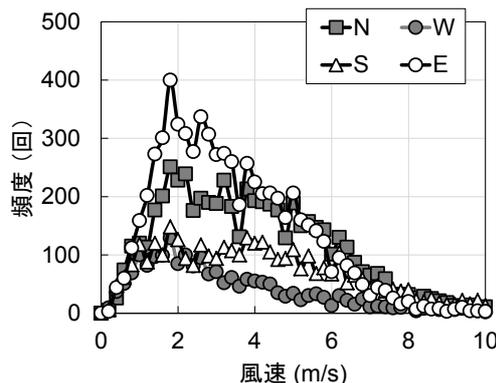


図1. 8～9月の風速の分布 (H13～19)

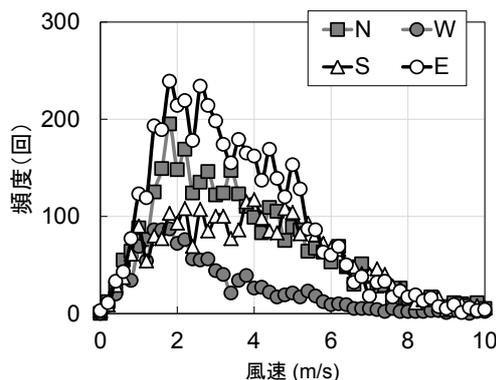


図2. 8～9月の風速の分布 (H20～24)

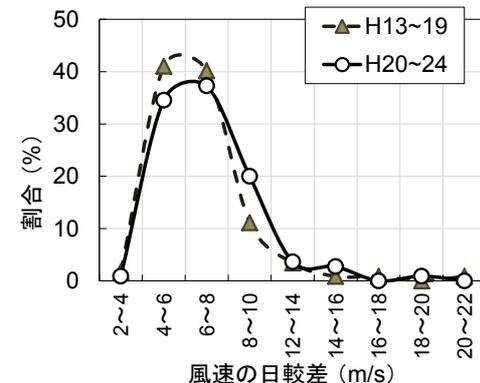


図3. 風速の日最小値が 1m/s 以下の日における風速日較差の分布

文献

八木正一（1990）：湖沼工学．藻類の異常発生と制御，岩佐義朗（編著）：366-393．山海堂，東京．

*宮澤雅光（東大院・新領域），山室真澄（東大院・新領域）

1. はじめに

湖沼における水生植物群落の存在は、水域改善に重要な役割を担う。例えば、富栄養化の原因となる栄養塩類の吸収による水質浄化や、魚類や底生生物への生息場提供などと言った生態系構築には欠かせない機能を有している。一方で、植物が繁茂しすぎた群落では貧酸素化や陸地化などと言った悪影響をもたらす。このため、水域改善のためには適切な群落の維持管理が必要であり、それに向けた様々な知見の集積が課題とされる。

水生植物は、生活型によって抽水植物、浮葉植物、沈水植物などに分類される。近年、日本の湖沼では富栄養化などに伴って沈水植物は減少し、代わりに環境変化に対して適応力や繁殖力の強いタイプの浮葉植物が繁茂するようになった。繁茂しすぎた群落では、有機物が増加して酸素消費が増えるのに加え、光条件の悪化により酸素供給が減少することで貧酸素化が誘発されていると考えられてきた。また、群落内の底質が細粒化していることから、茎や葉などの障害物による流速の低下が予測され、流れの減少による溶存酸素供給の低下も貧酸素化をもたらしていると考えられる。本研究ではこの流速に着目した。

植物群落での流速に関する研究では、群落内での流速の低下や底質の細粒化に関する報告などが挙げられる。しかし、これらの研究の全ては一方向の流れをもった河川を対象としており、流れの複雑な湖沼の群落での流速測定は例がない。そこで本研究では、湖沼の植物群落において、①群落内外での水の流速分布の解明、②水の流れ変化による貧酸素化の誘発の検証、を試みた。

2. 材料と方法

研究対象地は、千葉県北西部に位置する手賀沼のハス (*Nelumbo nucifera*) 群落とした。沼の面積は 6.5km² で最大水深は 3.8m、平均水深 0.86m である。ハス群落は、1965 年に 1.5ha 自生分布しているのが確認され、2012 年時点では 19.0ha にまで範囲を拡大させている。現在の群落の大きさは、長さ 790m、幅 360m であり、本研究では群落内に 5 地点、群落外に 3 地点の調査ポイントを設けた (図 1)。

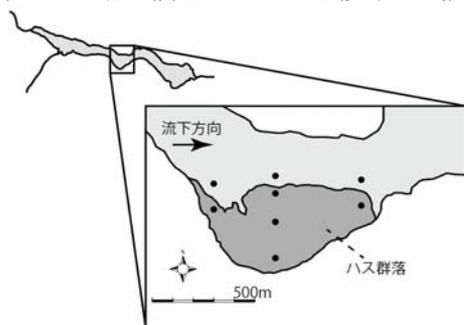


図 1. 手賀沼ハス群落の調査ポイント

①群落内外での流速分布の解明

湖沼のような複雑な流れ場において、群落内外でどのような流速分布を有するかを明らかにすることを目的とした。調査項目は、風向風速、植物密度、流速の 3 項目とした。風向風速は、アメダスによる気象データを参照した。植物密度は、群落内に 1m × 1m のコドラートを複数設け、株密度、植被率、バイオマス量を調査した。バイオマスは、サンプルを採取した後に、花、浮葉、立葉、水中の茎、水上の茎にそれぞれ分別し分析を行った。

一般的な流速測定装置として、電磁流速計や ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) などが挙げられるが、植物群落内で測定する際に精度や技術上の課題がある。そこで、本研究での流速調査には、石膏球による平均流速測定法を採用した。それぞれの調査ポイントにおいて、事前に重量を測定した石膏製の球を骨組みに取り付け、水中に設置した (図 2)。測定には河川などで行われる 2 点法を参考し、水深 × 0.2、× 0.8 地点 (水深 < 1m の時は水深 × 0.6) に石膏球を設置し数日間浸水させた。回収した後に再び重量を測定し、測定前との重量変化や溶けた向きから流向流速の分析を行った。

②水の流れ変化による貧酸素化誘発の検証

流速の調査結果を基に、底質や溶存酸素とどのような関係性にあるかを検証するために、底質分析と水質調査を行った。

底質は、それぞれの調査ポイントにおいて直径 4cm、深さ 20cm の円柱コアサンプラーで採取した。採取したコアのうち、表層部分のみを分析に用いた。分析項目は強熱減量、粒度、間隙水中硫化水素である。

溶存酸素濃度を含む水質の測定は、多項目水質計を用いて行った。それぞれの調査ポイントにおいて、流速を測定する深度に合わせて測定を行った。

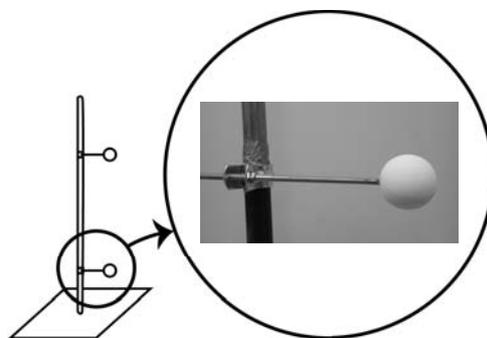


図 2. 石膏球を用いた流速測定装置

*藤林恵（東北大院・工），野村宗弘（東北大院・工），許曉光（東北大・工），李先寧（東南大院・エネルギー・環境），相川良雄（東北大院・工），西村修（東北大院・工）

1. はじめに

湖沼において底質は動物生息の制限因子となるだけでなく、底質有機物の分解に伴う溶存酸素の消費や栄養塩の溶出が水質にも大きな影響を与えている。そのため、底質有機炭素の起源やフローを明らかにすることは富栄養化した湖沼を適切に管理していく上で重要である。湖沼では枯死した微細藻類や高等植物に由来する有機物が底質有機物の主な起源であると考えられる。これらの有機物の寄与が湖沼によって異なるのか、あるいは湖沼のタイプによって特定の傾向を有しているのかはまだ分かっていない。本研究では同じ富栄養化した湖沼であるものの、優占する一次生産者の異なる伊豆沼（ハスが優占）と中国の太湖（藍藻が優占）を対象に脂肪酸バイオマーカーを用いた底質有機物の起源解析を行った。さらに、細菌由来脂肪酸の炭素安定同位体比を指標として、細菌が同化している有機物の起源を調べた。

2. 方法

2011年7月に伊豆沼の12地点から表層1cm以内の底質を採取した。また、高等植物であるハスも採集した。2011年11月には中国の太湖において12地点から表層1cm以内の底質とアオコ状に発達していた藍藻を採集した。また、陸上植物としてヨシを採集した。これらのサンプルは凍結乾燥処理をした後にヘキサンで脂質を抽出し、脂肪酸組成を分析した。底質サンプルに関しては細菌由来脂肪酸である*i*15:0と*a*15:0の炭素安定同位体比も測定した。また、藍藻や高等植物サンプルはバルクの炭素安定同位体比も分析した。

3. 結果と考察

両湖沼ともハスやヨシなどの高等植物に由来する脂肪酸が最も多く底質から検出された（図1）。太湖は藍藻の異常増殖が恒常化しており、藍藻由来の

有機物の供給が連続的に行われていると考えられる。しかし、底質から検出された藍藻由来の脂肪酸は他の有機物起源に比較して少なく、速やかに分解している可能性が考えられた。細菌の脂肪酸の炭素安定同位体比が同化した有機物よりも約3%軽くなる性質を利用して、各底質内の細菌が同化している有機物起源の割合を計算した結果を図2に示した。なおこの計算において藍藻、ヨシ、ハスの炭素安定同位体比は本研究の実測値を、伊豆沼の微細藻類の炭素安定同位体比は既往の研究の値を用いた。伊豆沼底質内の細菌は主にハスに由来する有機物を同化していたのに対して、太湖では藍藻が主に同化されていた。生産者構造の異なる伊豆沼と太湖の底質において、底質に現存する有機物の起源としては両者とも高等植物が卓越していたが、細菌による分解フローまで考慮すると、太湖では藍藻に由来する有機物のフローが大きいことが分かった。

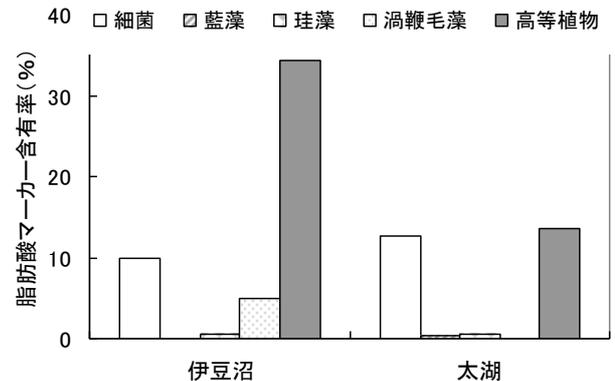


図1 両湖における底質内のマーカー脂肪酸含有率

表1 底質の細菌が同化している炭素起源 (%)

| | 高等植物 | | 微細藻類 |
|-----|------|-----|------|
| | ハス | ヨシ | |
| 伊豆沼 | 76.2 | - | 23.8 |
| 太湖 | - | 5.5 | 94.5 |

謝辞: 本研究は環境省の平成24年度「環境研究総合推進費」(B1004)および科研費(基盤研究(B)課題番号24404008)の支援を受けて行った。

*木塚俊和・石田真也・角谷 拓・高村典子（国立環境研究所）
 赤坂宗光（東京農工大学 大学院 農学研究科）

1. はじめに

ため池は淡水域の生物多様性にとって最も重要な生態系のひとつと言われている。全国に無数にあるため池を効率良く保全する上で、ため池の分布情報は欠かせない。ため池の数や分布を集計する枠組みとしてため池台帳があるが、全国規模での集計は1990年代以降行われていない。本研究では、市販または無償で公開されている最新の地理空間情報を基に、地理情報システム（GIS）を用いて全国のため池の分布を推定した。さらに、池の面積や周囲長など、地理空間情報から得られる環境情報も整理した。

2. 材料と方法

次に示すプロセスに従って、全国の陸域地表水のポリゴンデータ（水域の輪郭を記述した多角形）からため池のポリゴンデータを抽出した。

[1] 水域ポリゴンの整備：ArcGIS データコレクションスタンダードパック Ver. 12R1（ESRI ジャパン）の WATER_SUIBU_ALL（フィーチャ数 187,598）を水域ポリゴンとして使用した。このデータは国土地理院が 2001～2007 年に作成した数値地図 25000（空間データ基盤）の水涯線に基づいている。

[2] 天然湖・ダム湖の削除：水域ポリゴンの内、国土数値情報の湖沼データとダムデータ（いずれも 2005 年度作成）に接するポリゴンを削除した。

[3] 河川・入り江の削除：水域ポリゴンの内、国土数値情報の河川データ（2006～2009 年度作成）上にあるものと海岸線に接するものを削除した。

[4] 天然湿地の水域の削除：環境省自然環境局生物多様性センターの自然環境 GIS 提供システムの内、第 5 回自然環境保全基礎調査湿地調査（1993-1994 年度）に基づく湿地ポリゴンに接する水域ポリゴンを削除した。

[5] 各種処理場の水域の削除：数値地図 25000（地名・公共施設）（2002 年刊行、国土地理院）の各種処理場・輸送管・清掃工場・浄水場・配水施設（分類コード：5-2-15）の地点を示すポイントデータから半径 500 m の円状にバッファを作成し、バッファに接する水域ポリゴンを削除した。

[6] 造成地・干拓地の水域の削除：自然環境 GIS 提供システムより入手した自然環境保全基礎調査（第 2～5 回）の 5 万分 1 植生図の内、集約群落名が「造成地」または「干拓地」のポリゴンに接する水域ポリゴンを削除した。

[7] 工業用地の水域の削除：上記 5 万分 1 植生図の内、集約群落名が「工場地帯」のポリゴンに接する水域ポリゴンを削除した。

[8] ゴルフ場の水域の削除：上記 5 万分 1 植生図の内、群落名に「ゴルフ場」を含むポリゴンに接す

る水域ポリゴンを削除した。

[9] 都市公園の水域の削除：国土数値情報の都市公園（2011 年度作成）のポイントデータから半径 100 m の円状にバッファを作成し、バッファに接する水域ポリゴンを削除した。

3. 結果と考察

全国のため池数は 131,551 箇所と推定された。都道府県単位で見ると、北海道と兵庫県がそれぞれ 10,932 箇所、10,805 箇所と、ほぼ同数で圧倒的に多く、新潟県（8,731）、広島県（7,194）、岡山県（5,663）が続いた。密度では香川県（2.396 箇所 km^{-2} ）が圧倒的に大きく、兵庫県（1.278）、大阪府（1.269）、福岡県（0.878）、広島県（0.838）が続いた。このように瀬戸内海から九州北部にかけて高密度で分布する特徴は、2 次メッシュごとに集計したため池数の空間分布図（図 1）からも把握できた。北海道上川盆地、岩手県一関市～宮城県大崎市、新潟県長岡市にも比較的高密度（約 10 $\text{km} \times 10 \text{ km}$ あたり 200 箇所以上）で分布していた。

全国のため池の面積合計値は 378 km^2 、周囲長の総延長は 26,700 km と見積もられた。湖沼ではそれぞれ 2,752 km^2 、7,502 km （国土数値情報湖沼データの 556 湖沼）であり、ため池の面積は湖沼の 5% 程度であるが、周囲長は湖沼の 3 倍以上であることが分かった。このことから、ため池は水生植物の生息場として重要な沿岸帯を多く有すると考えられ、ため池の重要性が再確認された。

今回作成したため池の分布情報は GIS 上でデータベース化されており、現地調査やリモートセンシングによって得られた生物・環境情報を属性情報として容易に追加・管理することが可能である。こうした集積されたデータは、任意の空間スケールにおけるため池の生物多様性評価や、多様性を低下させる駆動因の解析等に利用することが期待できる。

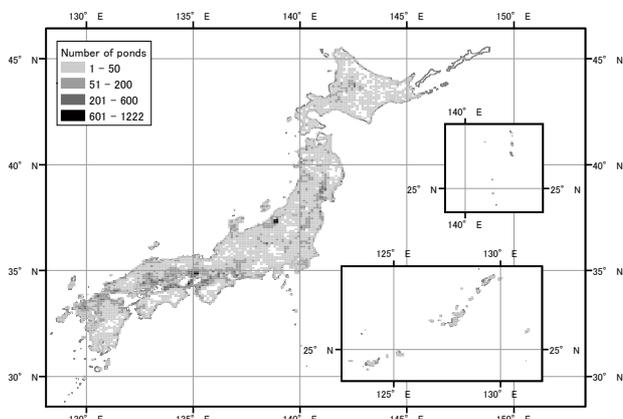


図 1. 2 次メッシュごとに集計したため池数

新聞記事に出現した 湖沼の水利用、水環境に関する語句の分析

*川村志満子, 福島武彦 (筑波大学大学院・生命環境科学)

1. はじめに

湖沼は流域から運搬された汚濁物質が蓄積するという特性を有する。汚濁物質の負荷減少には、技術はもとより、流域社会の協力が不可欠である。では、流域社会は湖沼の何にどのような関心を持ってきたのだろうか。社会の一般的関心事の分析には従来から新聞記事が用いられてきた。本研究もそれに習い、特に湖沼の水利用、水環境に関する記事を分析した。湖沼の水に関する記事内容の変遷から、話題の傾向と一般的な特徴を明らかにし、湖沼の水利用、水環境と社会的関心の関係を考察することを本研究の目的とした。

2. 材料と方法

研究対象湖沼は、霞ヶ浦（茨城県）、琵琶湖（滋賀県）、諏訪湖（長野県）とした。新聞記事は、全国紙で湖沼の記事が多かった朝日新聞の地方版を使用した。茨城県版は1990年、その他の地方版は1997年から刊行されているため、それ以降を対象期間とした。記事検索は朝日新聞記事データ（CD版）と「聞蔵Ⅱ」ビジュアル版にて行った。まず湖沼名で年度ごとに記事を検索、不要な記事を除外して、対象記事を選出した。対象記事を形態素解析して、出現回数の多い語句から養殖、用水、CODといった水利用、水環境を表す名詞を選出し、漁業、上工農水、水質などのカテゴリに分類した。また、記事中の語句集中度から、報じられた内容の主題と種類を分類した。

3. 結果

水利用、水環境の語句を含む記事数は、3湖沼とも年代ごとに増減があり、1997年に比較して近年は減少したことが分った（図1）。カテゴリ別の語句出現回数を霞ヶ浦の結果で述べる。対象記事件数は1990年120件、2010年53件となり、20年前の約半数であった。1990年から10年ごとに記事中に出現する語句の出現回数を集計した（図2）。語句の出現

回数も同様に約半数となった。カテゴリ別の割合は、期間全体を通じて「水質」を表す語句の割合が多かったが、2010年は漁業、上工農水を表す語句の割合が多く、特に漁業は水質よりも多かった。

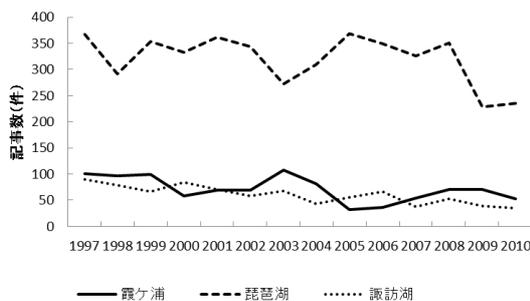


図1 各湖沼の研究対象記事数の変化 (朝日新聞)

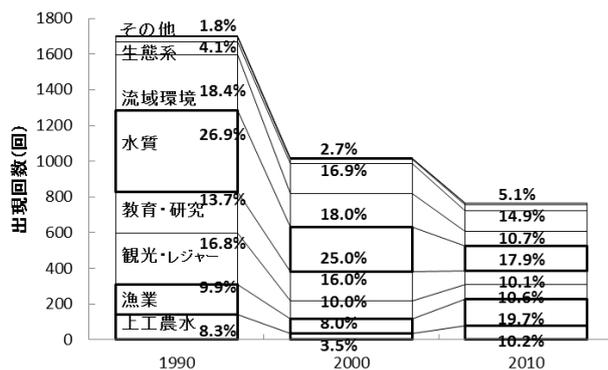


図2 霞ヶ浦のカテゴリ別語句出現回数と各カテゴリの全出現数に対する割合。

4. 考察

各湖沼とも年代ごとに記事の増減があり、増加した年は、特有の話題、例えば2003-2004年のKHVや選挙のマニフェストの影響があると考えられた。霞ヶ浦は、2000年まで水質に関する語句が多かったが近年は漁業、上工農水に移行しており、当時注目されていた霞ヶ浦導水事業の話題に集中したためと考えられた。引き続き分析中であり、その結果を含めて考察を行う。

参考文献

石田基弘, 「Rによるテキストマイニング入門」, 森北出版, 2007.

*尾山洋一, 松下文経, 福島武彦 (筑波大)

1. はじめに

日本の多くの湖沼で水生植物の分布や量の変化が報告されている。しかしながら過去から定期的に水生植物の観測が行われている湖沼は少ないため、変化がいつ頃から始まったのかを確認できる湖沼は限られている。その上、水生植物は広範囲かつ不均一に分布しているため、現地観測では正確な分布量を把握することは非常に困難である。

そこで当研究室ではリモートセンシングによって水生植物の分布変化を観測する手法の開発に取り組んでいる。本発表では、過去 30 年間の浮葉・抽水植物群落の分布変化を観測した結果を報告する。

2. 材料と方法

浮葉・抽水植物のマッピングには Landsat 画像を使用した。Landsat 画像は、1) 1980 年代からの観測データがある、2) 空間解像度が 30m であるため中規模の湖も観測できる、3) 画像が無料で入手できる、という特徴を持つため、長期間の解析を安価で行うのに適している。対象湖沼として水草の分布変化が報告されている塘路湖・達古武沼・シラルトロ湖（以上北海道）・伊豆沼・長沼・内沼（以上宮城県）・印旛沼（千葉県）・諏訪湖（長野県）・藺牟田池（鹿児島県）を選んだ。これらの湖沼の Landsat 画像は米国 NASA が提供している画像検索サイト Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) からダウンロードし、生育量が高いと考えられる夏季（7-9 月）の画像を解析に使用した。

解析手順として、まず画像から湖沼の範囲の切り出しを行い、次に浮葉・抽水植物の抽出を行った。湖沼の切り出しは国土交通省から提供されている湖沼のポリゴンデータを使用し、地理情報システムソフト ArcGIS 上で処理した。切り出した湖沼の画像から浮葉・抽水植物を抽出する方法として、NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) を使う方法が多く用いられているが、この方法はアオコも植物として抽出されるという問題点がある。我々のこれまでの研究から、Landsat の緑 (Band 2) と中間赤外 (Band 5) の波長を使った指標 NDWI (Normalized Difference Water Index) がアオコの影響なしに浮葉・抽水植物の抽出が可能であることが明らかとなっているため、今回は NDWI によって抽出を行った。

$$NDWI = (\text{Band 2} - \text{Band 5}) / (\text{Band 2} + \text{Band 5})$$

最後に、抽出された浮葉・抽水植物のピクセル数をカウントして分布面積を計算し、長期変化を定量化した。

3. 結果

衛星画像解析により、ほとんどの湖沼で浮葉・抽水植物の分布が大きく変化していることを確認できた。シラルトロ湖・塘路湖・達古武湖の釧路湿原湖沼群は、塘路湖ではあまり変化していないにもかかわらず、シラルトロ湖・達古武沼は 2000 年以降から顕著に増加していた。また、伊豆沼・内沼・長沼の伊豆沼湖沼群は、伊豆沼が 1995 年と 2002 年にピークがあるのに対し、内沼では 1996 年と 2001 年、長沼では 2002 年にピークがあり、地理的に近くとも異なる分布傾向を示した。印旛沼は 1970 年代から 1980 年代にかけて著しく増加し、その後 2000 年にかけて減少するが、2007 年頃から再び増加していた。諏訪湖は 1989 年から一貫して増加傾向にあり。これと対照的に藺牟田池では 1980 年代に大きく減少し、その後の増加は見られなかった。

今回は浮葉・抽水植物のみに焦点を当てたが、今後は浮葉植物と抽水植物を分離してそれぞれの分布量を推定する手法、および沈水植物の分布を推定する手法を開発することにより、水生植物分布変化を生活様式ごとに分けて地図化を行う予定である。

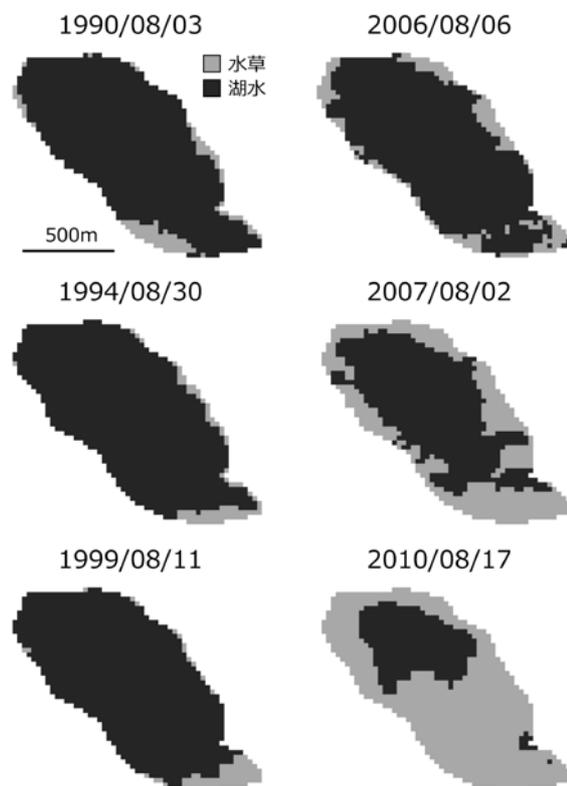


図. 達古武沼の水草（浮葉・抽水植物）の分布変化

*後藤直成, 吉原亜悠 (滋賀県立大学・環境科学部)

三野義尚, 石坂丞二 (名古屋大学・地球水循環研究センター)

はじめに

現在, 衛星リモートセンシングを用いて水域のクロロフィル *a* 濃度を推定する研究が盛んに行われている。衛星リモートセンシングは広大な範囲をほぼ同時刻において観測できるため, 海洋においてその利用が進んできた。一方, 陸水域は“光学的に複雑”な水環境であるため, その利用が一部の湖沼に限られてきた。そこで本研究では, 琵琶湖北湖において船舶観測と衛星リモートセンシング観測を同日に行うことによって, クロロフィル *a* 濃度推定における衛星リモートセンシングの有効性を評価した。

方法

2012年6月~12月(観測日数:9日), 琵琶湖北湖(観測地点:7点)において, 船舶観測と衛星リモートセンシング観測を同日に行った。船舶観測では, クロロフィル *a* 濃度(Chl)および懸濁物質(SS)測定用の試水を水深2mから採取し, 分析に供した。同時に, 水中分光放射照度・輝度計を用いて, 可視域6波長の下向放射照度($E_d: W/m^2$)と上向放射輝度($L_u: W/sr/m^2$)を測定した。

結果と考察

衛星クロロフィル *a* 濃度(Chl_{sate} : 水色センサーMODISによるクロロフィル *a* 濃度)は, 調査期間を通じて, Chlを平均で約12倍(1.6~38.3倍)上回っていた。このように Chl_{sate} が過大評価された要因は, 主に大気補正の演算処理にあると考えられる。大気補正アルゴリズムは外洋域における大気および水中の光学特性に基づいて作成されているため, 陸水域においてはそのまま適用できない場合が多い。また, 沿岸付近では陸域からの迷光作用を受けることも Chl_{sate} の過大評価の一因になったと考えられる。

続いて本研究では, 水中の既存の生物光学アルゴ

リズム(OC3M)を琵琶湖のクロロフィル *a* 濃度推定に適用できるかを検証した。ここで生物光学アルゴリズムとは, 湖面付近における光情報(特定の波長における放射輝度/放射照度比: 船舶観測による測定のため大気補正の必要がない)に基づいて, 水中のクロロフィル *a* 濃度(Chl_{algo})を推定するものである。その結果, 調査期間を通じて, Chl_{algo} は Chlを平均で1.9倍(0.8~4.5倍)上回っていた。特に, 沖域において Chl_{algo} はより過大評価される傾向にあった。沖域における Chl は沿岸域と比較して低く, また Chl/SS 比も低くなった。つまり, 沖域では, 植物プランクトンからのシグナルをバックグラウンド(懸濁物質, 溶存有機物など)シグナルから分離できなかったために Chl_{algo} が過大評価されたと考えられる。

上記の推察を受けて, 本研究ではクロロフィル *a* 濃度別(低濃度: $<2 \mu g L^{-1}$, 高濃度: $>2 \mu g L^{-1}$)に琵琶湖に対応した生物光学アルゴリズムを作成し, その精度を検証した。その結果, 本アルゴリズムで推定したクロロフィル *a* 濃度(Chl_{biwa})と Chl との間には, 高濃度域において正の相関関係($r=0.59$, $p<0.05$, $n=12$)が認められた。一方, 低濃度域においては, 両者間に目立った相関関係は見られなかった。低クロロフィル *a* 濃度水域における生物光学アルゴリズムの開発は今後の検討課題である。

本研究により, Chl_{sate} 濃度が過大評価されたもつとも大きな要因は大気補正処理にあることが明らかとなった。今後は, 陸水域に適用できる大気補正アルゴリズムの開発が必要であると考えられる。加えて, 琵琶湖に対応した生物光学アルゴリズムを開発することにより, 衛星リモートセンシングによるクロロフィル *a* 濃度の推定精度がより向上すると期待される。

太田洋平, 後藤直成, *伴 修平 (滋賀県立大・環境)

1. はじめに

湖沼において植物プランクトン一次生産を測定するときは、通常、光合成に伴う酸素発生量を測定する酸素法、あるいは炭素同位体をトレーサーにして取り込み量を測定する方法が用いられる。これらの手法は多くの時間を必要とし、実験操作も煩雑なため、現場における連続測定は不可能である。一方、近年ではクロロフィル励起蛍光を用いて植物プランクトンの光合成パラメータが簡便に取得できるようになってきており、例えば Fast Repetition Rate (FRR)法や Pump and Probe (P and P)法では測器を湖中に係留するだけで一次生産の測定が可能である。ただし、いずれも測器が高価なため、陸水学ではなかなか利用されないのが現状である。我々は、より安価なクロロフィル蛍光計を係留し、Pulse Amplitude Modulation (PAM)法で簡便に PI 曲線を得ることで比較的低下予算で一次生産を連続測定する方法を提案する。その有効性を確かめるため、酸素法で求めた値と比較した。

2. 材料と方法

現場における植物プランクトン一次生産力の測定は、2012年4月17日～8月26日と同年10月10日～12月17日の期間、琵琶湖北湖の定点 K4 (35° 18.94' N, 136° 11.45' E, 水深約 48 m)にて行った。クロロフィル *a* 濃度と水中光量子量を連続的に測定するため、クロロフィル蛍光光度計 (ACLW-USB と ACLW-CMP, JFE ALEC) と光量子計 (ALW-CMP, JFE ALEC) をそれぞれ 5, 10, 15m と 5, 10m に係留し、いずれも 20 分間隔でデータを記録した。

これとは別に、毎月係留深度の湖水を持ち帰り、これについて PAM 式クロロフィル励起蛍光光度計 (Water-PAM, Walz) を用いて光合成光曲線 (PI 曲線) を求めた。求めた PI 曲線を用いて光量子量の連続データからクロロフィル *a* 量当たりの一次生産力を算出した ($\mu\text{g O}_2 \text{ mg-chl.}a^{-1} \text{ s}^{-1}$)。これにクロロフィル *a* 量の連続データを乗ずることで 3 深度における一次生産力を計算し、これらより有光層内の積算値を求めた ($P_{CF}, \text{g O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)。これを酸素法と区別して CF 法と呼ぶ。

PAM で PI 曲線を求めた同じ日に、酸素法にて一次生産を測定した。上記 3 深度から得られた湖水は船上で 4 本のフラン瓶に分注し、2 本は明瓶としてそのまま、残り 2 本は暗瓶としてアルミホイルで包み、再び採水深度に垂下して 24 時間培養した。培養後は、直ちに酸素を固定し、実験室に持ち帰った後、電位差自動滴定装置 (716DMS, Metrohm) を用いてウインクラ法にて溶存酸素量 (DO) を測定した。各深度の単位体積当たり日間一次生産力は明

瓶の DO から暗瓶の DO を差し引き培養時間で除すことで算出し、これらより有光層内の積算値を求めた ($P_{O_2}, \text{g O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)。

毎月 CF 法と酸素法にて求めた一次生産力について回帰分析を行い、直線の傾きが有意に 1 と異なるか確かめるために両側 *t* 検定を行った。

3. 結果

本研究において、7 回の船舶調査時に湖水表面直下の日積算光量子量は 5.7～35.0 mol quanta $\text{m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ の範囲で変動し、5 月から 8 月にかけて高くなり 10 月から 12 月にかけて大きく減少した。この

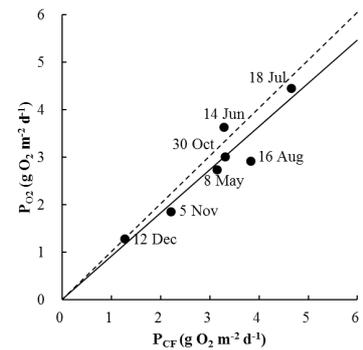


図1 P_{CF} と P_{O_2} の比較。実線は回帰直線を点線は $P_{CF} = P_{O_2}$ のラインをそれぞれ示す。

計算される補償深度は 15.4～23.6 m の範囲で変動し、8 月に最大であった。

2012年4月17日～12月17日の期間、 P_{CF} は 0.28～6.59 $\text{g O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ の範囲で大きく変動した。

CF 法と酸素法で測定した日間一次生産力(それぞれ、 P_{CF} と P_{O_2})の間には、

$$P_{O_2} = 0.91P_{CF} \quad (r^2 = 0.876, p < 0.01, n = 7)$$

の直線関係が認められ、その傾きと 1 との間に有意差はなかった (Two-tailed *t*-test, $t = -0.575, p > 0.05, n = 7$) (図 1)。

4. 考察

本研究期間において、 P_{CF} と P_{O_2} の間には直線関係が認められ、その傾きは 1 と有意に異なることはなかった。これは CF 法を用いることによって、水柱当たりの日間一次生産力が従来法と比較可能な状態で連続的に測定できることを示す。若干のずれは、計算に用いた O_2/ETR 比や植物プランクトンの光吸収係数に依存するのかもしれない。

本研究で求めた P_{CF} は、琵琶湖で得られている光合成商 (1.23) (Goto et al. 2008) で炭素量に換算すると 0.09～2.01 $\text{g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ となり、これまでの研究で求められた日間一次生産力の範囲内によく収まった。観測された日変動は月間あるいは年間の一次生産力を求める際により正確な値を与えることができるだけでなく、ごく短期間の変動を捉えることが可能となるだろう。

Goto et al. (2008) *Archiv für Hydrobiologie*, 172, 121-134.

琵琶湖深水層において 2012 年度に生じた溶存酸素濃度の早期の低下について

* 桐山徳也¹⁾、田中稔¹⁾、岡本高弘¹⁾、七里将一¹⁾、焦 春萌¹⁾、三和伸彦²⁾、
 廣田大輔²⁾、青木眞一³⁾

1) 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター、2) 滋賀県琵琶湖環境部琵琶湖政策課、3) 滋賀県南部流域下水道事務所

1. はじめに

琵琶湖北湖の深水層では、例年春から徐々に溶存酸素濃度 (DO) が低下し、10 月～12 月に最低値となる。その後、冬の水温低下等により上層と下層の水が鉛直混合し、翌年 1 月～2 月頃、表水層から深水層の全層で DO が同程度になることが知られている。

しかし、2012 年度は、例年とは異なり、深水層の DO が 9 月に急激に低下し、DO が 2mg/L を下回る低酸素状態となる現象が確認されたので、その状況を報告する。

2. 方法

調査地点は、琵琶湖北湖の第一湖盆の水深約 90m の今津沖中央定点 (C 点) である。測定水深は、0.5、5、10、15、20、30、40、60、80、85 および湖底直上 1m の 11 水深とした。水温と DO は、hydrolabo 社製のクオンタ水質計を使用した。その他の項目については、バンドーン採水器で採取した水を実験室に持ち帰り、JISK0102 に準拠した方法等で分析した。

また、C 点に自動採水器を設置し、週 1 回の頻度で湖底直上 0.5m の水を採取し、前述の方法で分析した。

さらに、第一湖盆内において、C 点を含む等深線上の 6 地点と中央の最深部 (水深 92m) の 1 地点において、湖底直上 1m の水温と DO を月 1～4 回測定した。

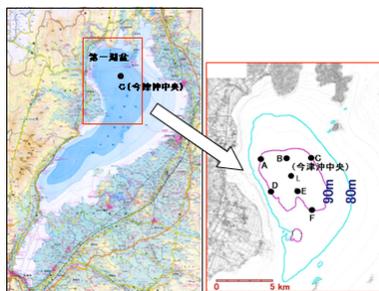


Fig.1 今津沖の調査地点

3. 結果と考察

C 点における湖底直上 1m の DO の経月変化を fig.2 に示す。2012 年度の DO は、4 月から 8 月までは徐々に低下し、8 月 27 日には 6.2mg/L となった。しかし、9 月に入り DO は急激に低下し、9 月 3 日に 4.2mg/L、9 月 10 日には年度最低値の 1.2mg/L となった。同時期に北湖第一湖盆内の湖底直上 1m の 7 地点においても DO が低下しており、DO が 2mg/L を下回る低酸素状態となった地点を確認した期間は 8 月 27 日～9 月 24 日の 28 日間、最低値は 9 月 10 日に B 点で観測した 0.9mg/L であった。

また、C 点で 9 月 18 日に採取した湖底直上 0.5m の水では、マンガン濃度が 0.54mg/L、アンモニア態窒素濃度が 0.17mg/L とそれぞれ年度最高値を示した。

9 月 19 日以降、C 点における湖底直上 1m の DO は 2.6～2.7mg/L と低い値で推移したが、9 月末に台風 17 号が本州を通過した後は 3.5mg/L に上昇した。その後、DO は 9 月の観測値を下回ることなく推移し、翌年 1 月 21 日には表水層から深水層において 10.6～10.9mg/L となり、全層での DO の回復がみられた。

C 点でのクロフィル-a 濃度の鉛直分布を Fig.3 に示す。深度 0.5～10m の表水層において、7 月に大型緑藻類が大量に繁殖したことによりクロフィル-a 濃度が 14.2～20.9μg/L と高値となった。その後、7 月後半～8 月前半にかけてクロフィル-a 濃度は、湖底直上 1m で 1.1～1.2μg/L と比較的高値を示した。このことから、表水層で増殖した緑藻類が湖底に沈降し、深水層における酸素消費が一時的に上昇した可能性が示唆される。加えて、深水層の成層が例年より安定していたことが、深水層において早期に DO が低下した原因の一つであると考えられ、今後さらなる検討を進めていく必要がある。

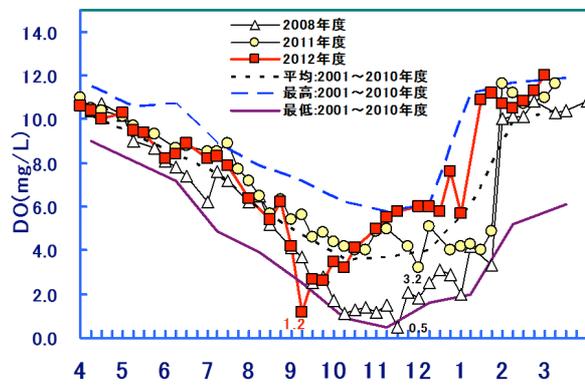


Fig.2 今津沖中央定点 (C 点) での湖底直上 1m の DO の経月変化

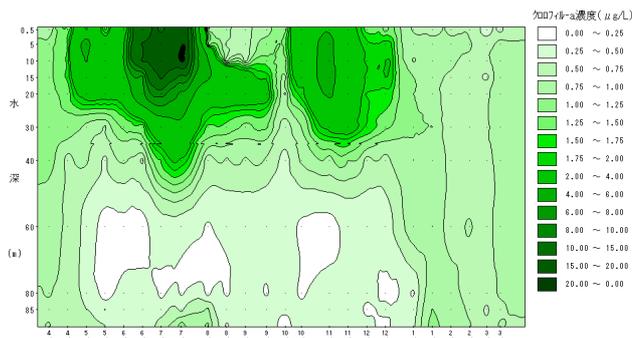


Fig.3 今津沖中央定点 (C 点) におけるクロフィル-a 濃度の鉛直分布

*井上栄壮, 永田貴丸, 石川可奈子, 焦春萌 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

1. はじめに

琵琶湖北湖では、年に1回、冬季に全循環が起こり、水温躍層の発達する成層期晩期の深底部において溶存酸素濃度が低下する。近年、深底部における全循環期前の溶存酸素濃度 (DO) が2 mg/L より低くなる現象が頻繁に起こるようになり、生物群集への影響が懸念されている。

湖底の低酸素化が生物に及ぼす直接的な影響として、焦ら (2012) は、琵琶湖深底部に生息する主な底生生物のうち、スジエビ *Palaemon paucidens*、ビワオオウズムシ *Bdellocephala annandalei* (琵琶湖固有種; 以下ウズムシ)、アナンデールヨコエビ *Jessogammarus annandalei* (琵琶湖固有種; 以下ヨコエビ) の3種について、活動が大きく制限される DO の指標として、呼吸速度が急激に減少する DO 値を Pc (Pressure of critical oxygen concentration) として測定した。その結果、Pc 値はウズムシ、ヨコエビ、スジエビの順に低く、この順に低酸素耐性が高いことを示した。しかし、これらの生物が死亡する DO 値については、これまで直接測定されていない。

本研究では、琵琶湖北湖の深底部に生息する主な底生生物の低酸素耐性を直接的に明らかにすることを目的として、スジエビ、ウズムシ、ヨコエビおよびミズムシ *Asellus hilgendorfi* の4種について、死亡する DO 値を実験的に測定した結果について報告する。

2. 材料と方法

2012年5月から12月までの間、琵琶湖北湖第一湖盆の水深約70m~90mの湖底で採集した上記4種の底生生物を実験に用いた。これらの生物は、実験に供するまでの間、湖底環境に合わせ7°C、24時間暗の恒温庫内でエアレーションを施し、無給餌で飼育した。また、北湖第一湖盆の水深約90m地点の湖底直上1mで採水し、上記と同じ恒温庫内に静置した湖水を実験に用いた。

作業中の水温上昇に注意しつつ、上記の湖水で満たした100mL BOD フランビンに各生物を入れ、蛍光式 DO センサー (LDO101, Hach 社製) を挿入し、隙間をシーリング材で密閉した。これらのびんを7°C、24時間暗の恒温庫内に静置し、生物の死亡から最低15分後まで、各びん内の DO を15分間隔で測定した。生物の死亡は目視で確認し、ヨコエビ、ミズムシ、スジエビについては脚、触角、鰓など体部のすべてが完全に停止した時点で死亡と判定した。ウズムシについては動作による判定が困難であったため、体部の分解を確認した時点で死亡と判定した。

3. 結果と考察

スジエビは 0.21 ± 0.09 mg/L ($n=24$) で死亡した (図1)。ヨコエビは成熟個体 0.08 ± 0.06 mg/L ($n=20$)、未成熟個体 0.04 ± 0.06 mg/L ($n=19$) で死亡したが、うち成熟3個体、未成熟11個体は0 mg/L でも直には死亡せず、その後1日経たず全個体が死亡した (図2)。ミズムシ ($n=10$) とウズムシ ($n=10$) は全個体が0 mg/L でも直には死亡せず、その後それぞれ 1.2 ± 0.79 日、 4.9 ± 1.6 日生存した。すなわち、低酸素耐性はウズムシ、ミズムシ、ヨコエビ、スジエビの順に高く、ミズムシを除く3種については焦ら (2012) と一致する結果が得られた。ただし、野外で急速に DO が低下した場合、本実験で得られた値よりも高い DO で死亡したり、逃避行動ができない可能性がある。今後、野外での DO と底生生物の分布と合わせ、低酸素化が生物の死亡に及ぼす影響について多面的に検証する必要がある。

文献 焦春萌ほか (2012) : 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書 (平成20~22年度), pp.150-181.

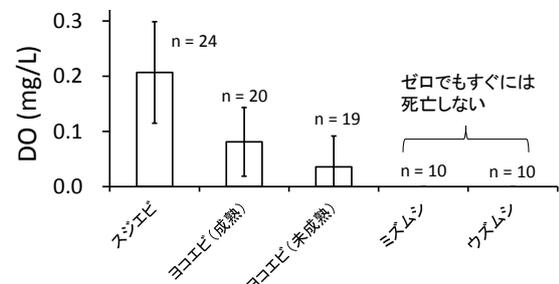


図1. スジエビ、アナンデールヨコエビ (成熟・未成熟)、ミズムシ、ビワオオウズムシ死亡時の溶存酸素濃度。

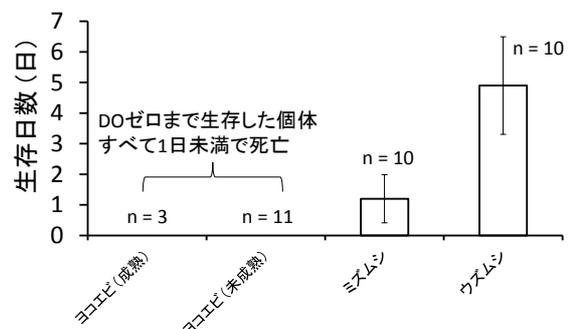


図2. DOゼロでのアナンデールヨコエビ (成熟・未成熟)、ミズムシ、ビワオオウズムシの生存日数。

*永田貴丸, 井上栄壮, 石川可奈子
(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

1. はじめに

琵琶湖南湖では、水草（沈水植物）が大量に繁茂しており、船の航行障害、湖流の妨げによる湖底の低酸素化など、さまざまな悪影響をもたらしている。こういった悪影響を軽減するため、滋賀県では、水草の繁茂状況（現存量）を、水産資源が豊富で人間活動にも悪影響がなかった 1930～1950 年代の状態に戻そうと試みてきた。その一つとして、水草の根こそぎ除去事業がある。水草の根こそぎ除去は、作業船により貝曳き漁具（マンガン）を曳航し、その漁具に根元から水草を絡めて採る。水草を根元から採れるため、有効な除去手法と考えられるが、この作業には多大な労力を要する。また予算にも限りがあるため、除去作業の効率化が大きな課題となっている。本研究では、水草の除去の効率化を図るために、除去の時期（季節）と省力化（作業船の隻数）について検討する水草除去の比較対照実験を実施した。

2. 実験区の設定

2011 年 6 月に南湖の雄琴沖（約 600m 沖）に実験区を設置した（総面積 0.64 km²）。実験区として 4 つの小区画（縦×横, 200 m×200 m; 1 小区画の面積 4 ha）からなる大区画を 4 つ設け、その大区画を A・B・C・D、小区画はそれぞれ A1-A4・B1-B4・C1-C4・D1-D4 とした（図 1）。

2012 年 2 月には、前年に設置した雄琴沖の実験区に加え、4 つの小区画（縦×横, 200 m×200 m 区画の面積 4 ha）からなる E 区画を新たに設けた。

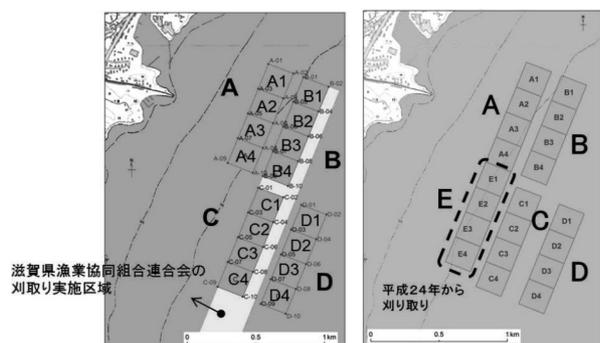


図 1 水草の除去実験区（左 2011 年、右 2012 年）

3. 水草除去と除去効果の求め方

水草の除去は、滋賀県琵琶湖政策課と淡海環境保全財団の協力で行った。2011 年 6 月に A2-A4・B2-B4 区画内の水草を作業船 1 隻/4ha でそれぞれ除去した（滋賀県内の通常の事業の 1/3 の作業船隻数）。水草除去の効果を知るため、水草除去の前後で各小区画をまたぐように東西に船を航行させ、船に設置した魚群探知機（LOWRANCE HDS-10, Lowrance Electronics）で水草群落を撮影した。撮影した画

像から、image J ver. 1.46r (U. S. National Institutes of Health) を用いて水草の群落高を求め、除去の前後および除去の有無の区画で比較した。

2012 年 2 月に、E の全小区画の水草を作業船 1 隻/4ha で除去した（滋賀県内の通常の事業の 1/3 の作業船隻数）。また、同年 6 月に、除去強度（作業船の隻数）の違いによる除去効果を調べるため、E2 と E3 区画内の水草をそれぞれ作業船 3 隻/4ha で除去した（通常の事業での作業船隻数）。本除去強度は、2011 年の 3 倍である。各除去の前後および除去の有無の区画で、水草の群落高を 2011 年と同様の方法で求めて比較した。

4. 結果および考察

2011年6月の除去前後の水草の群落高を比較した結果、除去前に比べて高く、除去効果がみられなかった。琵琶湖南湖の水草は、ほとんどの種が20°C前後で成長率が高くなり、夏季に最大の現存量に達する。このことから、本実験結果は、夏季には作業船1隻/4haの低い除去強度では効率的に水草を除去できないことを示唆しているだろう。

2012年2月の除去前後の水草の群落高を比較した結果、除去前よりも後の方が低くなっていた。この結果より、冬季には作業船1隻/4haの低い除去強度でも水草の群落高を顕著に低下させることができることが分かった。

2012年6月に、除去強度（作業船の隻数）を2011年の3倍にしてE2とE3区画内の水草を除去した結果（作業船3隻/4ha、通常の事業での作業船隻数）、除去を行った後では、水草の群落高が、除去前の約1/3程度まで低くなった。本結果と2011年の結果から、夏季に水草除去で顕著な効果を出すためには、作業船1隻/4haの強度では十分ではなく、4haに作業船3隻以上は必要であると考えられた。

本研究の結果から、省力化して水草の除去効果を出すためには、現存量が最大に達する夏季以前の冬季から春季に除去を行う方が良いことが分かった。水草は増えすぎると人間活動に悪影響を与えるケースがみられるが、一方では魚などの水生動物が利用する重要な存在である。多くの水生動物は、春季から秋季に、産卵の場として水草を利用する。このことから、冬季に水草を除去することは、さまざまな水生動物の保全にも繋がるかもしれない。人間と水生動物が共存するためにも、時期や強度を慎重に判断して水草除去を実施していく必要があるだろう。

5. 謝辞

本研究は、滋賀県琵琶湖政策課と淡海環境保全財団の方々の協力で実施しました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

*早川和秀, 岡本高弘, 一瀬諭, 古田世子 (琵琶湖環境科学研究セ), 田中仁志, (埼玉県環境科学国際セ) 三崎健太郎, 日下部武敏, 清水芳久 (京都大・流域圏環境質研究セ), 藤嶽暢英 (神戸大・農)

1. はじめに

琵琶湖をはじめとする国内のいくつかの湖沼では COD が増加していて、微生物利用性の低い難分解性溶存有機物が蓄積している可能性が指摘されている (岡本・早川 2011)。この原因解明には、難分解性溶存有機物の正体およびその蓄積原因を科学的に解明することが求められるが、水環境中に存在する有機物は数万種におよぶ混合物とされ、その化学的同一性は容易でない。水環境行政で優先すべき課題は、難分解性溶存有機物の解明よりも、難分解性溶存有機物が水環境にとって影響を及ぼすものなら対策を講じなければならない点にある。したがって、難分解性溶存有機物の湖沼の水質や生態系へ影響を明らかにすることが、水環境行政にとって対策の判断基準となる喫緊の課題である。

そこで我々の研究グループでは、水環境における難分解性溶存有機物の生物への影響を評価するために、湖水のフミン物質を難分解性有機物の代表として抽出して、それを OECD の化学物質の生態影響試験などの生物に対する毒性影響評価手法を用いて、藻類等の阻害影響の評価を試みた。

2. 材料と方法

生態影響試験に使用するフミン物質は、2011年11月琵琶湖北湖にて、神戸大が所有する非イオン性樹脂 XAD による吸着回収装置を用いて採取した。本装置にて、湖水を 0.45 μ m フィルターまでろ過した後、塩酸酸性にして XAD 樹脂に通水して湖水中のフミン物質を吸着させた。これを、研究室にてアルカリ溶出してフミン物質を回収し、さらに精製してフルボ酸とフミン酸に分離した (Tsuda et al. 2011)。

生態影響試験には、OECD のテストガイドラインの基づくミジンコ遊泳阻害試験、緑藻クラミドモナス鞭毛阻害、成長阻害試験 (田中 2001)、2, 3 種の藻類を用いた光合成阻害試験を行った。また、OECD のテストガイドラインに基づくムレミカヅキモの成長阻害試験も業務委託により行った。各試験には、琵琶湖水中のフルボ酸に加え、国際腐植物質学会で頒布するスワニー川フルボ酸を比較として行った。

3. 結果

OECD に基づく藻類成長阻害試験は、ムレミカヅキモ *Pseudokirchneriella subcapitata* にて 72 時間の培養を行い、成長速度に基づく半成長阻害率 ErC50 を求める。フルボ酸の曝露濃度を、0~250 mg/L として、阻害試験を行った。ただし、高濃度では、フルボ酸の着色遮光により成長阻害が起きるため、液量を減らして極力遮光を抑えた。また、フ

ルボ酸の添加により窒素の添加効果が考えられるので、比較実験として、アミノ酸のロイシンを添加する実験をあわせて行なった。さらに、実験中の培養光によりフルボ酸の光分解産物が成長阻害を引き起こす可能性があるため、72 時間光照射を行なったフルボ酸培養液に試験藻類を添加する試験も行なった。試験の結果、スワニー川フルボ酸では、最大 250 mg/L で 8%の阻害率で、ErC50 は 250 mg/L 以上と算出された。31 mg/L の試験では、阻害率がマイナスで促進の効果があつた。琵琶湖フルボ酸では、16 mg/L で阻害率は 4%で、ErC50 は同じく 250 mg/L 以上と算出された。

ロイシンの比較試験では、ロイシンの添加による促進効果は見られなかった。光照射後の藻類試験では、光照射の影響は見られなかった。

本試験の結果からは、水性フルボ酸が現状の濃度範囲では藻類阻害は認められず、現実を超えた高濃度でしか阻害がないといえる。促進効果についても考えられない。

ミジンコの遊泳阻害試験では、ミジンコの 2 種類ダフニア・マグナとダフニア・プリカリアを使い、フルボ酸に暴露して 24, 48 時間の遊泳阻害率 EC50 を計算した。琵琶湖のフルボ酸を用いたマグナの実験では遊泳阻害が認められなかったが、プリカリアの実験では 48 時間で EC50 値 198 mg/l と弱い阻害が認められた。プリカリアは北欧から約 20 年前に入ってきて、琵琶湖の深層に分布している種類で、プリカリアはマグナより感受性が高いといえる。スワニー川のフルボ酸を用いた実験では、プリカリアには遊泳阻害が認められなかったが、マグナには EC50 値 300 mg/l と弱い阻害が認められた。

クラミドモナスは、細胞の前端にある鞭毛を用いて遊泳運動をする単細胞藻類で、鞭毛再生試験により、鞭毛が伸びる過程のタンパク質等の生合成の阻害が分かる。スワニー川の標準フルボ酸を 0~500 ppm の数段階の濃度溶液を用意して暴露試験を行った結果、フルボ酸 500 ppm の高濃度でも鞭毛再生を阻害しなかった。鞭毛再生にフルボ酸の影響はない。試験では、むしろ細胞成長量が増加する傾向にあつたが、有意な関係性は見出せなかった。

その他、発表ではその他の試験結果についても報告する。

謝辞

本研究の一部は科研費 24510044 の助成を受けたものです。藻類成長阻害試験は、(財)化学物質評価研究機構へ委託により実施されたものです。

*角田裕志（岐阜大・野生動物管理学研究センター），
浦野隆弘（東京農工大・院・農），大平 充（東京農工大・農）

1. はじめに

コイ目コイ科のハス（*Opsariichthys uncirostris uncirostris*）は琵琶湖・淀川水系と福井県三方湖を原産とする淡水魚である。本種は日本産の純淡水魚では数少ない魚食魚である。生息環境の改変等の影響によって琵琶湖においては個体数の減少が懸念されており、また三方湖の個体群は絶滅したと考えられるため、環境省第4次レッドリスト（2013）において絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。

さらに近年では、ハスに悪影響を与える要因の一つとして、外来魚の侵入による影響が指摘されはじめている。特に、肉食魚であるオオクチバス（*Micropterus salmoides*）は、ハスを捕食すると共に、餌資源を巡る種間競争を通じて影響を与える可能性もある。琵琶湖に生息するハスの餌資源利用については1960年代に調査されているが、オオクチバス侵入（1974年）以降においては十分な調査が行われていない。また、これまでオオクチバスの捕食による在来生物に対する影響は多数報告されており、琵琶湖周辺の内湖ではオオクチバスによるハスの捕食事例も報告されているが、オオクチバスとの餌資源を巡る種間競争については明らかにされていない。

本研究では、近年の琵琶湖におけるハスとオオクチバスの消化管内容物を調査したのでその結果を報告する。

2. 材料と方法

2012年および2013年に琵琶湖の流入河川の河口部付近を中心として、湖岸に計8箇所の調査地点を設定し、魚類採捕調査を行った（図1）。2012年8月には琵琶湖西岸の4箇所において調査を1回実施した。また、2013年7月～8月には琵琶湖西岸と東岸のそれぞれ4箇所において1～2回の調査を実施した。採捕方法はルアー釣りおよび投網として、各回約4時間の採捕を行った。両種の採捕個体は捕獲後すぐに氷冷して、実験室に持ち帰った。また、各調査地点における餌生物相を把握する目的で、複数の漁具を用いて魚類および大型甲殻類（エビ類およびザリガニ類）の採捕調査を実施し、出現種と各種の採捕数を把握した。

採捕個体は実験室において解剖して消化管を取り出し、内容物の分析を行った。魚類と大型甲殻類については可能な限り種まで、その他は目レベルまでの同定を行い、被食個体数と質重量を計測した。各被食生物について、出現比、重量比、個体数比を算出したうえで、これらの3変数を用いて食物重要度指数（IRI）とその相対比（IRI比）を計算し、ハスとオオクチバスの食性を比較した。



図1. 調査地点の位置

3. 結果

2012年8月にはハス23個体、オオクチバス59個体を、2013年7月にはハス57個体、オオクチバス13個体をそれぞれ採捕した。2012年8月に採捕された個体の空胃率は、ハス72.7%、オオクチバス26.7%であった。消化管内に被食生物が確認された個体について、ハスでは全ての個体で魚類のみが捕食されており、被食生物としてアユ（*Plecoglossus altivelis*）が出現した。また、オオクチバスでは魚類が最も重要な被食生物となっており（出現比=60.0%、重量比=76.6%、個体数比=69.2%、IRI比=86.6%）、次いで大型甲殻類（出現比=26.7%、重量比=23.0%、個体数比=26.9%、IRI比=13.2%）、昆虫類（出現比=6.7%、重量比=0.3%、個体数比=3.8%、IRI比=0.2%）であった。被食生物として、アユ、ハゼ科魚類、エビ類、アメリカザリガニ（*Procambarus clarkii*）が出現した。

発表の際には2013年の採捕個体の分析結果も合わせて報告を行い、過去の同湖における各種の消化管内容物に関する先行研究と比較を行う。また、両種が同所的に生息する河口湖における研究結果（浦野ほか、未発表）も参考にしながら、ハスとオオクチバスの種間関係を解明する上での今後の研究展開について議論したい。

相補性解析による琵琶湖沿岸態における多様性保全地域の優先度評価

*柴田淳也（京大・生態研），苅部甚一（国環研），酒井陽一郎（京大・生態研），
武山智博（岡山理大・生物地球），陀安一郎（京大・生態研），
佐藤祐一（琵琶湖環境研セ），谷内茂雄，中野伸一，奥田昇（京大・生態研）

1. はじめに

琵琶湖は、61種の固有種を含む約1700種の水生生物が生息する多様性・固有性の極めて高い貴重な生態系である。しかし、琵琶湖は過去に富栄養化、開発、外来種の移入など様々な影響にさらされ、生物多様性低下のホットスポットの一つとして懸念される。それゆえ多様性保全にむけ高い関心が寄せられているが、大規模湖沼ゆえに全域の保全は実現が困難であり、生物多様性を効果的に保全していくために保全努力を優先すべき地域の選定が重要な課題になる。本研究では、陸域と水域生態系の移行帯に位置し特に人為影響を強く受ける沿岸生態系に着目し、対象地域全体の多様性（ γ 多様性）の保全において重要な地点を選定する相補性解析を用い、琵琶湖生態系の多様性維持において重要性の高い地点の特定を目的とした。また、解析により選定された地点と、現在設定されている自然保護区を比較（ギャップ解析）することで、既存の自然保護システムにおける保全効率の改善にむけた知見の提供を目指す。

2. 材料と方法

琵琶湖沿岸における生物分布データとして、2005年11月から2006年7月に京都大学生態学研究センターが琵琶湖沿岸33地点で観測したベントス・魚類の分布データおよび、2002年から2003年に滋賀県水産試験場が55地点で観測した沈水植物の分布データ（滋賀県水産試験場2005「平成14～15年度琵琶湖沿岸帯調査報告書」）をGISデータ化し用いた。

相補性解析では解析ソフトMarxanを用いて、在来種全てを保全するために最低限必要な保護区候補地を選定した。相補性解析に基づく生物多様性保全の視点から選定された保護区と既存の保護区の景観

的特徴を比較するために、琵琶湖沿岸の景観を湖岸後背地の土地利用とヨシ帯・砂浜の規模（琵琶湖河川事務所2002）に基づき、クラスター分析を用い分類した上で、それぞれの保護区においてどのような景観が選択されていたのかJacobs選択指数を用いて評価した。

3. 結果と考察

相補性解析の結果、底生動物で14地点、魚類で10地点、沈水植物で7地点が選択され、その内、底生動物で4地点、魚類で4地点、沈水植物で1地点が既存の保護区と一致しなかった。これらの地点の追加により、保護区設定による生物多様性の保全効果の向上が示唆された。相補性解析で選定された保護区と既存の保護区の景観的特徴を比較した結果、既存の保護区では、山地湖岸の卓越した景観、または、ヨシ帯がある景観に集中していた。一方、相補性解析で選定された候補地は、解析に用いる分類群間で選択される景観が異なり、様々な生態的特徴をもつ多様な生物を保全するには多様な景観を含む保護区を設定する必要性が示唆された。また、魚類の保護区候補地として、既存の保護区ではほとんど対象となっていない集落卓越・砂浜湖岸型の景観が選択され、既存の保護区が生態系の主要な機能群を網羅的に保全する上で必ずしも有効ではないことが明らかとなった。

*佐竹 潔, 上野 隆平, 松崎 慎一郎, 中川 恵, 吉葉 めぐみ (国環研 生物), 田中 敦 (国環研 環境計測), 野原 精一 (国環研 生物)

1. はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災によって、東京電力福島第一原子力発電所から大量の放射性物質が放出された。

国立環境研究所では環境中の多媒体(大気・水・土壌・生物等)での放射性物質の実態把握・動態解明を目的とした研究を行っている。

その研究の一環として、霞ヶ浦およびその流入河川の河口部付近において湖水や底泥・プランクトン・底生動物・魚類・抽水植物を2011年7月以降に採集して、放射性セシウムの測定を進めてきたが、今回はそのうち底生動物についての発表を行う。

2. 材料と方法

霞ヶ浦の流入河川、花室川および清明川の河口部付近の湖岸帯において定期的に底生動物を採取した。

放射性セシウムを精度よく分析するためにはある程度の量が必要であったので、巻貝のヒメタニシ (*Sinotaia quadrata histrica*)、二枚貝のカワヒバリガイ (*Limnoperna fortunei*)、甲殻類のアメリカザリガニ (*Procambarus clarkii*) を主要な対象種とし、イシガイ類が得られた場合には追加の対象種とした。

前処理として、貝類については軟体部のみを取り出し、甲殻類については全体をすりつぶして、測定サンプルとした。いずれのサンプルもゲルマニウム半導体検出器で十分な時間をかけて測定を行った。

また、2011年7月、2012年11月および2013年6-7月にエクマンバージ採泥器を用いて沖帯(主にSt.3, 7, 9)でユスリカ幼虫を採集した。

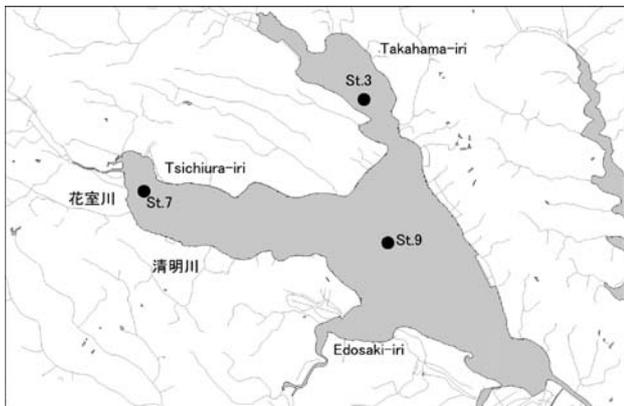


図1. 調査地域(霞ヶ浦)

3. 結果

分類群によって、放射性セシウム ^{137}Cs (以下 ^{137}Cs) 濃度のトレンドが大きく異なることがわかっ

てきた。清明川河口および花室川河口付近の湖岸のヒメタニシとカワヒバリガイの ^{137}Cs 濃度はいずれも、2011年7月以降、減少傾向が認められ、ヒメタニシのほうがカワヒバリガイと比べてやや値が高かった。また、アメリカザリガニの場合は ^{137}Cs 濃度がこの両者よりやや高い傾向を示した。

また、スナッフショットではあるが、2012年11月に採集したユスリカ幼虫の ^{137}Cs 濃度は、 9 Bq wet kg^{-1} であった。2013年6-7月にも採集を行ったので、測定結果が得られれば併せて報告する。

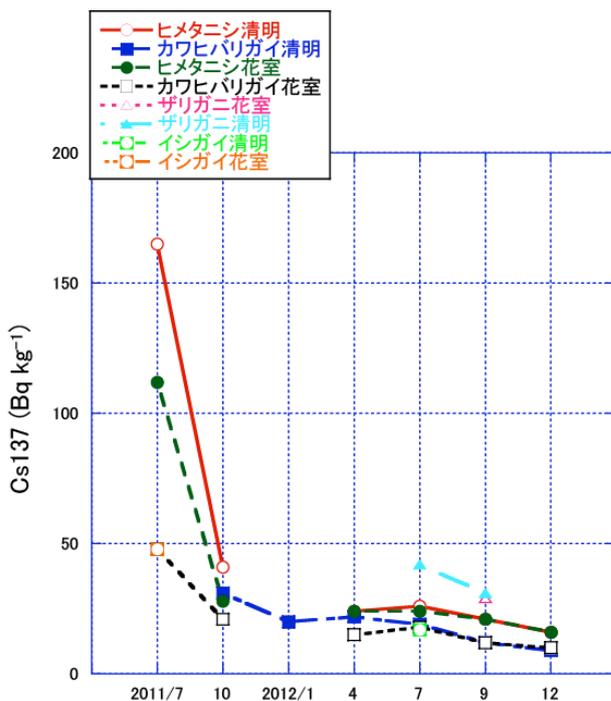


図2. 霞ヶ浦の流入河川およびその河口域の底生動物中の ^{137}Cs 濃度(湿重)

4. 考察

カワヒバリガイやイシガイ類が濾過摂食者であるのに対し、ヒメタニシは付着藻類などを捕食する藻類食者であることから、底生動物のなかでも、食性によって放射性物質の移行・蓄積・排出過程が異なることが示唆された。またユスリカ幼虫はやや低い数値を示したが、今後さらに検討が必要である。

また、安定同位体比による食物網の解析を通じて、生態系の中での底生動物の位置づけを行い、動態の解明へと結びつけること、より長期にわたる時系列データを取り続けて、生態学的半減期を推定し、回復過程を把握することが今後の課題である。

*内井喜美子（広島大・サステナセンター），土居秀幸（広島大・サステナセンター）
源利文（神戸大・発達），山中裕樹（龍谷大・理工）

1. はじめに

近年、水中に浮遊する DNA（環境 DNA）の情報を利用することで、そこに生息する生物の種類や生物量を評価しようとする試みが世界的に活発になっている。環境 DNA を用いた方法は、既に、特定生物の在／不在の判定に有効であることが示されており¹⁾、日本のため池群におけるブルーギル²⁾や、ミシシッピ川流域におけるコイ科魚類ハクレンとコクレン³⁾といった外来種の侵入判定に適用されている。生物自体の捕獲を伴わないこの方法は、外来種の侵入を迅速に検出できる。さらに、DNA 情報を利用することから、見た目では区別のつきにくい隠蔽種の侵入把握に力を発揮することが期待される。本研究では、環境 DNA を用い、遺伝的に非常に近縁である同種内の外来系統の侵入状況を把握する方法の開発と検討を行った。

2. 材料と方法

本研究では、日本全国の湖沼・河川に広く侵入しているユーラシア大陸原産のコイ (*Cyprinus carpio*) を同種内外来種として用いた。この外来系統コイは、日本在来系統のコイとは数百万年前に分岐したと

推定されている⁴⁾。まず、在来系統と外来系統を識別する DNA マーカーを、ミトコンドリア DNA の D-loop 領域について既に報告されている全ハプロタイプの塩基配列情報を利用し、探索した。次に、それらの DNA マーカーを効率的に検出できる方法の検討を行った。

3. 結果と考察

在来系統および外来系統のミトコンドリア DNA に由来する人工合成遺伝子を用いて、系統間の一塩基多型に基づき、リアルタイム PCR にて両者を同時に定量的に検出する方法を開発した。さらに、この方法をコイ飼育水や環境水から抽出した DNA に適用し、手法の有効性を検討した。本発表ではこれらの結果を報告するとともに、環境 DNA 手法の応用可能性について議論したい。

参考文献

- 1) Minamoto *et al.* 2012. *Limnology* 13(2):193-197
- 2) Takahara *et al.* 2013. *PLOS ONE* 8(2): e56584
- 3) Jerde *et al.* 2011. *Conserv Lett* 4(2): 150-157
- 4) Mabuchi *et al.* 2005. *J Fish Biol* 66(6): 1516-1528

*由水千景, 陀安一郎 (京大大学生態学研究センター)

1. はじめに

窒素安定同位体比は、窒素化合物の起源に関する情報を持つとともに、物質代謝を反映して変動することから、窒素動態を明らかにする上で有益な情報をもたらす得るが、それには同位体比の変動機構に関する理解が必須である。粒子状有機物の窒素安定同位体比は、安定同位体法による栄養段階推定の際に一次生産者のプロキシとして用いられるほか、人為的窒素負荷の指標としての有用性も注目されていることから、その時空間分布特性や変動要因を明らかにすることは重要な課題である。

海洋や大型湖沼においては、粒子状有機物の窒素安定同位体比が、表層から深層にかけて深度とともに上昇するという現象が知られている。これを説明するプロセスとしては、食物連鎖を通じての¹⁵Nの濃縮や、微生物分解過程での同位体分別の効果が指摘されている。しかしながら、窒素安定同位体比の変動パターンやその支配機構については、未だ不明な点が多く残されている。本研究では、アミノ酸窒素安定同位体比を用いることにより、湖沼深水層での有機物分解過程における窒素同位体比の変動要因の解明を試みた。

2. 材料と方法

有機物分解実験用の湖水は、琵琶湖北湖近江舞子沖の定点(水深約76 m)にて、2012年2月、6月、8月、10月に、深度2.5mならびに50mから採取した(2月、10月は2.5mのみ)。湖水は実験室に持ち帰った後、ポリカーボネートタンクに分注し、暗条件下、現場温度に近い温度で培養した。培養期間中(42~96日間)の懸濁態窒素濃度とその安定同位体比、ならびに懸濁態アミノ酸濃度とその安定同位体比の経時変化を調べた。

3. 結果と考察

湖沼有機物の分解実験を行ったところ、2月の実験では、懸濁態窒素濃度の減少(1.6から0.7 μM)とともに、その窒素安定同位体比は増加した(6.2から12.8 ‰)。6、8、10月の、2.5mの湖水を用いた実験では、初期から中期(14~42日)は濃度の減少とともに窒素安定同位体比も減少し、その後同位体比は増加に転じるという傾向が見られた。6、

8月の50mの湖水を用いた実験では、窒素安定同位体比は、湖水採取時にすでに15~16 ‰と高く、実験期間中、ほとんど変化は認められなかった。分解実験中の各種アミノ酸濃度の変化は、ほとんどの場合、全窒素と同様の傾向を示した。各種アミノ酸の窒素安定同位体比は、総じては全窒素安定同位体比と同様の变化を示した。しかし、2月の実験では、ほとんどのアミノ酸の同位体比が全窒素と同様に実験開始初期から増加したのに対して、グリシンとセリンは28日目までは大きな変化は見られなかった。

ほとんどのアミノ酸は、代謝の初期反応がアミノ基の脱離反応であるため、代謝にともない¹⁵Nが濃縮、同位体比が増加する。一方で、メチオニンやフェニルアラニンなど、代謝反応の初期反応にアミノ基が関わらないアミノ酸では、代謝にともなう同位体分別が起こらず、同位体比の変動がほとんどみられない。深水層において窒素同位体比が高くなる要因として、捕食による¹⁵N濃縮の寄与が指摘されているが、琵琶湖北湖沖帯においては、代謝の影響を受けないアミノ酸であるフェニルアラニンは、時空間的に、全窒素と同様の変動を示していることから、琵琶湖深水層における窒素安定同位体比の上昇要因として、捕食の効果はほとんど寄与していないことが示唆された。有機物分解過程においては、ほとんどのアミノ酸の同位体比は、全窒素と同様の変動パターンを示し、また、相対的に軽い同位体比を持つアミノ酸(グリシン、セリン)は易分解性ではないことから、琵琶湖においては、分解にともなう¹⁵Nが濃縮する要因として、相対的に軽い値を持つ易分解性の成分による効果はほとんどないことが示唆された。しかしながら、懸濁物を採取した季節や深度によって、分解に伴う全窒素安定同位体比の変動パターンは異なっており、また各種アミノ酸の同位体比の変動パターンも異なることがあった。微生物分解過程における窒素同位体比の変動機構を明らかにする上では、有機物の性質や環境、微生物の懸濁物への寄与率なども含めて、より詳細に検討する必要があるだろう。

*坂本正樹（富山県立大・工），永田貴丸（琵琶湖環境科学研究センター）
真野浩行（土木研究所）

1. はじめに

水圏生態系は複雑な食物網から成り、構成種は相互に影響しあいながら存在している。人間活動由来の化学物質の影響評価には一般に、標準試験生物を用いたバイオアッセイの結果から特定の生物群に対する影響を予測するか、種の感受性分布を作成して群集・生態系への影響を予測する。しかし、実際に“生存や増殖への影響”があらわれるような高濃度の汚染は起こりにくい。従って、低濃度の化学物質が生物間相互作用・生態系機能へ与える影響を評価する必要がある。

化学物質の作用機序の違いにより、食物網構造に与える影響が異なると予想できる。農薬の場合、光合成阻害剤として用いられる除草剤は生産者（植物プランクトン）に強く作用する。殺虫剤（神経系阻害）に対しては動物プランクトンの感受性が高い。殺菌剤（例えば SH 酵素活性阻害）は細菌類に強く作用するため、食物網における生食食物連鎖と微生物ループの寄与に影響を及ぼすと予想される。これらを明らかにするため、メソコスム実験（細菌などの微生物、動・植物プランクトン、魚から構成される食物網）により、低濃度の各種農薬の影響を評価した。

2. 材料と方法

メソコスム実験は 2012 年 6 月から 8 月にかけての 42 日間行った。実験開始前に、桜ヶ池（富山県南砺市）から採集した動物プランクトン、植物プランクトン、その他の微生物（細菌類や原生動物）を別々の屋外水槽内（1/3 に薄めた COMBO 培地 300 L）で十分に増やした。これらを実験用水槽に混ぜ入れ、モツゴ稚魚 3 個体を入れたものをメソコスムとした。実験用水槽は 12 基で、対照区、殺虫剤（フェニトロチオン）、除草剤（シメトリン）、殺菌剤（イプロベンフォス）の 4 処理区、繰り返し数 3 とした。各農薬の濃度は、文献値（US-EPA の Ecotox database 内）から算出した HC5（5%の種が影響を受ける濃度）もしくは PNEC（予測無影響濃度）とし、7 日に一度の間隔で投与した。毎週、農薬投与直前に水と生物のサンプリングを行った。さらに、実験終了時の生物サンプルを用いて炭素・窒素安定同位体を指標とした食物網構造解析を行った。

3. 結果と考察

実験終了時のモツゴ個体あたりの湿重量に明らかな違いは見られなかった（図 1 a）。しかし、その餌生物である動物プランクトンには処理区間で明らかな密度の違いがみられた（図 1 b）。植物プランクトン量は殺虫剤処理区で高くなる傾向がみられた

（図 1 c）。実験終了時の優占種であるマルミジンコ（Chydorus sp.）は、殺菌剤処理区で最も低密度になっていたことから、この種は植物プランクトン以外の餌資源（細菌類や原生動物）への依存率が高かったと考えられる。

処理区間で各生物の特に炭素安定同位体比が異なっていた（図 1 d）。これは、植物プランクトン種組成と消費者の餌選択が変化したことを示唆する。モツゴの窒素安定同位体比と体成長に農薬の影響が見られなかったが、炭素安定同位体比が異なっていたことから、プランクトン群集構造の変化に応じて利用する資源の改変があったと推察される。

これらの結果から、一般的な評価法でリスクが無いと判断される濃度の農薬であっても、生物群集に及ぼす影響は大きいことがわかった。また、作用機序の違いによって、その影響は異なっていた。

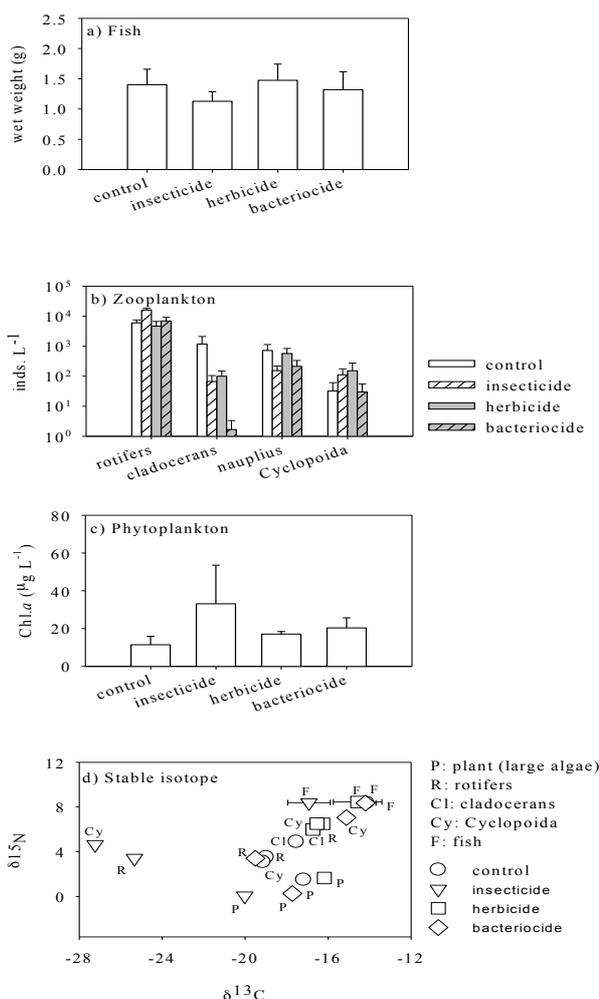


図 1. 実験終了時（day 42）のモツゴの (a) 湿重量、(b) 動物プランクトン密度、(c) クロロフィル a 濃度、(d) 各生物の炭素・窒素安定同位体比。

*新山優子（国立科学博物館），辻彰洋（国立科学博物館），一瀬諭（琵琶湖環境科学研究センター），中川恵（国立環境研究所），高村典子（国立環境研究所）

1. はじめに

1969年に琵琶湖を水源とする水道水にカビ臭が発生することが大きな問題となり、以来、原因生物および原因物質に関する研究が多数行われてきた。カビ臭原因物質は2メチルイソボルネオール（2-MIB）であることが明らかにされた（八木 1983）。原因生物の1つは当初、藍藻の *Phormidium tenue* と同定され、株が分離、確立された。その後、糸状体が緑色を呈し、カビ臭があり2-MIBを産生する株と、糸状体が茶色を呈し、カビ臭がなく2-MIBを産生しない株とが存在することが分かった。これらはそれぞれ、PTG株、PTB株として区別されている。PTG株とPTB株は琵琶湖の生態や水質を考慮し、水を利用する上で重要であるにもかかわらず、分類学的な研究は行われていなかった。藍藻類については近年、形態的特徴だけでなく生理的・生態的特徴および遺伝子解析などを組み合わせた手法による研究が進み、新たな分類体系が発表されている。そこで本研究では、両株の形態を光学顕微鏡で詳しく観察し、また16S rDNAの解析も行って、両者の系統分類学的な関係を明らかにする。さらに、霞ヶ浦から分離した、PTGおよびPTBと非常によく似た形態の株（Kasumi768）との比較も行う。

2. 材料と方法

糸状藍藻はピペット洗浄法を用いて分離した。琵琶湖からは1985年7月～10月に分離し、CT培地またはM11培地を併用した。霞ヶ浦からは2012年3月に分離し、改変C培地を使用した。それぞれの培地10mlの入った試験管を20℃または18℃、2000Lxs、8時間明期/16時間暗期の条件で、静置または回転振とう培養を行った。ほぼ1ヶ月間隔で継代培養を行った。光学顕微鏡による観察は100倍の油浸レンズを用いて行い、細胞の大きさを計測した。

DNAはCTAB法を用いて抽出した。16S rDNAのPCRはシアノバクテリア特異的フォワードプライマ（CYA108f）およびバクテリアユニバーサルリバープライマ（1492r）を用いて行った。系統樹の作成は、ML、NJ法により行い、*Planktolynghya limnetica*を外群として用いた。

3. 結果

PTG、PTBおよびKasumi768株はいずれも *Pseudanabaena* 属の形態的特徴をもっている（新山2012）。すなわち、トリコームは幅2μm以下で、まっすぐまたはやや曲がり、細胞隔壁部で明瞭にくびれ、粘質鞘をもたず、単独または小さな群体を形

成する。トリコームの頂端細胞は他の部位の細胞と形態的に差異がない。カリプトラはない。細胞は円筒形で幅より長さのほうが大きく、ガス胞はない。PTB株の細胞が最も細く、幅0.9–1.3μm、長さ2.5–9.5μm、L/W=2.46–10.56。PTG株は細胞幅1.0–1.5μm、細胞長さ2.9–11.0μm、L/W=2.07–8.46。Kasumi768株は細胞幅1.3–1.9μm、細胞長さ2.4–11.5μm、L/W=1.71–7.33。

系統解析の結果、PTB、PTG、Kasumi768株は、互いに遺伝的に大きく異なることが分かった。PTB株は、*Oscillatoria limnetica* (= *Pseudoanabaena limnetica*) MR1株と遺伝的に一致した。PTG株は、中国のDongqian湖から分離された *Pseudoanabaena* sp. dqh15株と一致した。このdqh15株については、2-MIBに関係する遺伝子も報告されている。Kasumi768株は、上記2株と大きく異なり、*P. mucicola*に近いことが分かった。

4. 考察

形態的・生理的特徴および16S rDNAの解析結果から、PTG、PTBおよびKasumi768株は *Pseudanabaena* 属内の別種と考えられる。PTG株とPTB株に関しては、竹本ら（2012）もPTG株は粘質鞘をもたないがPTB株はもつこと、PTG株の糸状体の太さがPTB株の1.3倍であること、細胞の内部構造にも両者で差があることを報告している。

PTB株は *Pseudanabaena limnetica* と同定される。 *Pseudanabaena* 属において2-MIBを産生する種の報告がないことも考慮し、PTG株は新種 *P. foetida* とすることを提案する。これに関する論文は現在投稿予定である。Kasumi768株については生理的な特徴に関する情報がない。また霞ヶ浦ではこの株以外にも *Pseudanabaena* 属の藍藻が出現することから、今後さらに研究を進める必要があると考えられる。

新山優子 2012. 藍藻類ユレモ目の新分類体系の紹介. 陸水学雑誌 73: 187–196.

竹本邦子, 山本章嗣, 水田剛, 一瀬諭, 吉村真史, 難波秀利, 木原裕 2012. 琵琶湖産の糸状カビ臭産生藍藻 *Phormidium tenue* の細胞内微細構造観察: 軟X線顕微鏡と透過型電子顕微鏡および低真空クライオ走査型電子顕微鏡を用いた比較観察. 日本水処理生物学会誌 48: 157–163.

八木正一 1983. 淡水生物・特に藍藻類に起因する臭気. 衛生化学 29: 16–22.

*岡本高弘¹⁾、田中稔¹⁾、早川和秀¹⁾、七里将一¹⁾、藤原直樹¹⁾、古角恵美¹⁾、佐藤祐一¹⁾、南真紀²⁾、青木眞一³⁾、五十嵐恵子¹⁾、桐山徳也¹⁾、三和伸彦⁴⁾、廣田大輔⁴⁾
 1) 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター、2) 滋賀県衛生科学センター、3) 滋賀県南部流域下水道事務所、4) 滋賀県琵琶湖環境部琵琶湖政策課、

1. はじめに

2012年7月、琵琶湖において大型緑藻の *Staurasturum* が増殖し、これまでにない細胞容積となった¹⁾。その結果、COD をはじめとする有機物濃度の特異的な上昇が見られた。その後、北湖の有機物濃度は例年よりやや低い値で推移したが、南湖の有機物濃度は高い状態で推移し南湖 COD の年間平均値が 3.5mg/L と本調査開始以降の最高値を記録した。今回そのトレンドと変動要因について、水質および気象、水象、植物プランクトンのデータと比較、検討したので報告する。

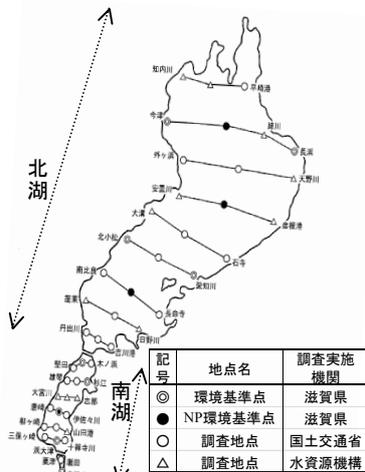


図1. 琵琶湖水質調査地点

2. 方法

水質調査は、1979年度から、図1の地点における表層で、国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、(独)水資源機構琵琶湖開発総合管理所と分担して、毎月1回行った。SS、COD_{Mn}、TN、TP等の分析はJIS-K0102により行った。植物プランクトンは今津沖中央と唐崎沖中央の計数結果を用い、降水量は琵琶湖河川事務所が公開している琵琶湖流域平均日雨量を、気象データは彦根気象台の「滋賀の気象」から引用した。

3. 結果と考察

COD の平均値の月変動を図2に示す。北湖において、2012年7月に19地点平均値で4.6mg/Lと特異的に上昇し、本調査を開始した1979年4月以降の最高値3.8mg/Lを大きく超える値となった。同時に南湖においても28地点平均値で4.8mg/Lと7月の最高値となり、他の月を含めても1985年9月の5.2mg/L、1981年と1994年9月の4.9mg/Lに次ぎ過去4番目の値となった。その後、北湖では8月には2.9mg/Lにまで急減し9月以降は各月の過年度(過去10年)平均値より0.1~0.3mg/L低く推移したため、年間平均値では過年度並みに収束した。クロフィル-a、SS、TPも低下し過年度並みで推移した。各項目の鉛直分布の推移から、*Staurasturum* の沈降により表層から各成分の多

くが除去されたものと推察された。

南湖では8月もCODが4.3mg/Lと調査開始以降の最高値4.0mg/Lを超える値となり、9月も4.2mg/Lと過年度平均値の3.6mg/Lより高い値となった。その後上陸した台風17号の影響を受け、10月以降の水質は過年度平均値並みで推移したが、7月から9月のCOD上昇により南湖CODの年間平均値が本調査開始以降の最高値になった。

この要因を検討するため、同時期の南湖における水質、気象、水象、植物プランクトンのデータを比較した。植物プランクトンは、7月に *Staurasturum* が大増殖した後、8月に赤野井湾で大規模なアオコの発生が見られ、9月初めには南湖の北部を除く水域でアオコ種の *Microcystis* 属が優占した。気象の状況としては、8月の平均気温が記録的に高く、少雨で推移し、日照時間も例年よりやや長かった。また、水象については、湖水温が高く、南湖からの流出量は少なく、湖水の滞留時間も長い状況が続いた。栄養塩については、*Staurasturum* の分解によって回帰したものに加えて、濃度が低い北湖水の流入量が少なく希釈率が例年より低かったことから、濃度が高い状態が継続した。これらが *Microcystis* 属の増殖に寄与したものと考えられた。一方、硝酸態窒素は期間を通じて枯渇しており、粒子態のCN比も通常と同程度の6以下であったことから、局所的な降雨や底質等窒素の供給源について把握するとともに、経年変動については水草の繁茂状況の変化との関連を考慮しなければならないものと考えられる。

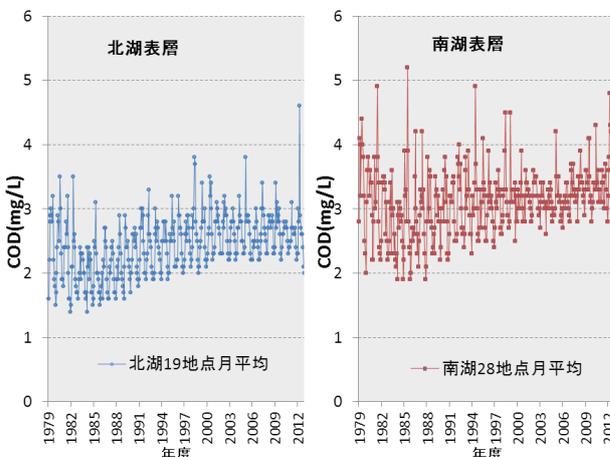


図2. 琵琶湖におけるCODの月変動の経年比較

【参考文献】

¹⁾ 藤原直樹ら：第47回水環境学会年会講演集,p344,2013
 【謝辞】本調査を共同で実施している近畿地方整備局琵琶湖河川事務所と(独)水資源機構琵琶湖開発総合管理所からデータ提供や解析についてご協力いただきました。謝意を表します。

1. はじめに

大阪府には、現在も11,000カ所におよぶ多くのため池があり、農業用水としてだけでなく、豊かな農空間における景観の創出や生態系の保全など親水空間として重要な役割を果たしている。しかしながら、いくつかの池では池水が濁ることや、悪臭を放つことなどにより近隣住民の苦情の対象となることもある。また、大量の有機物の流入や酸素濃度の低下は、水稻の生育に障害を及ぼすため、農業用水としても好ましくない。

そこで本研究では、大阪府内の農業用ため池を対象に、農業用水としての項目と池水の景観にかかわる項目について水質調査を行い、その現状把握を試みた。

2. 材料と方法

平成24年2月～平成25年1月にかけて大阪府内におけるのべ99カ所の任意のため池を対象に水質調査を行った。採水は、池の岸から柄杓あるいはバケツを用いて行った。現地において、池水の見視による清濁の指標として透視度を測定し、さらにpH、DOを測定した。また、池水は速やかに実験室を持ち帰り、植物プランクトンの指標としてクロロフィルa (Chl.a) を測定し、さらに全窒素 (TN)、全リン (TP)、および化学的酸素要求量 (COD) を測定した。

3. 結果と考察

透視度は、7cm～>50cmの範囲内であり、測定を行ったのべ99ヶ所中30cm以上の透視度を示した池は52カ所、50cm以上を示した池は29カ所であった。また、透視度には季節変化の傾向は見られなかった（図1）。

Chl.aは、検出下限値の<0.1 μ g/L～1120 μ g/Lの範囲で検出された。池水中の透視度は、Chl.aが高まるにつれて低くなる傾向が見られた（図2）。透視度50cm以上を示した池水は、計算上の数値として55cmとすると、透視度とChl.aの相関係数は

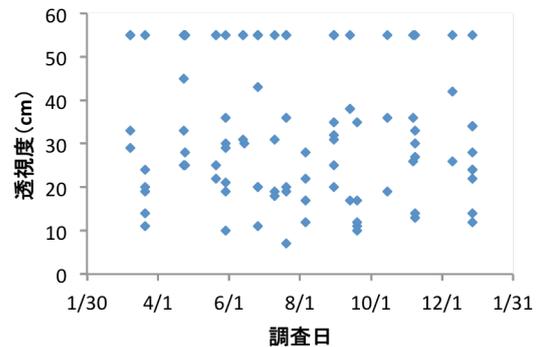


図1 大阪府域のため池の透視度の季節変化

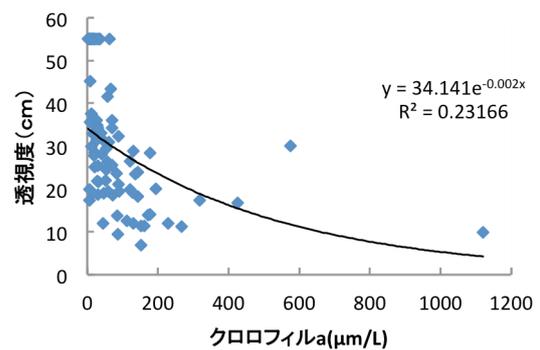


図2 ため池水中の透視度とChl. aの関係

$R^2=0.2317$ と算出され、透視度の低下には、植物プランクトンの増殖が影響していることが示唆された。

pHが6.0～7.5（農業用水基準）の範囲内であった池は、10カ所と少なく、多くの池で7.5を超えた値を示した。CODでは、6mg/L以下（農業用水基準）を満たした池はのべ99ヶ所中で6ヶ所と少なかった。一方で、DOでは、5mg/L以上（農業用水基準）を満たした池はのべ99ヶ所中96ヶ所で、ほとんどのため池が基準値を満たしていた。これらのことから、多くのため池では水中に植物プランクトンが繁茂し、その影響でpH、COD、DOが高まることが推察された。

また、多くの池でTNあるいはTPが高濃度であり、栄養塩の外部からの流入や内部負荷により池の中で植物プランクトンが増殖したことが推察された。

*佐藤貴之, 今井章雄, 小松一弘, 高津文人, 篠原隆一郎, 富岡典子, 三浦真吾 (国環研)

1. はじめに

溶存有機物 (DOM) の分子サイズ分布は, その生分解性や拡散挙動を解析するためにとっても重要な指標である。サイズ排除クロマトグラフィーは比較的簡便な分子量の測定方法として広く用いられてきたが, 従来の検出方法では, 紫外部の光吸収を持たない糖類や低分子有機酸類は検出できないため, それらを除外した形での確度の低い分子量分布が報告されてきた。演者らが所属する研究室では, 全有機体炭素 (TOC) 検出サイズ排除クロマトグラフィーシステム (TOC-SEC) を開発し, その問題を解決した。本発表では, 霞ヶ浦湖水および底泥間隙水に本分析法を適用して DOM の分子量分布を詳細に追跡したので, その結果を報告する。

2. 試料および方法

霞ヶ浦 (西浦) の湖心 (St. 9) において, 2005 年 1 月~2007 年 12 月の各月に 2m のアクリル製円筒カラム採水器を用いて湖水を採取した。さらに, 同地点から深さ 15cm の底泥コアを採取し, 窒素ガス雰囲気下で深さ 1~2cm 毎に 7 層に切り分け, 遠心分離を行って底泥間隙水を採取した。採取した水試料は, 450°C で 4 時間加熱処理したガラス繊維ろ紙 (Whatman GF/F フィルター: 公称孔径=0.7 μ m) を用いてろ過を行い, DOM 画分を採取した。DOM の分子サイズ分布は, 島津製作所製 HPLC システム (UV 検出器 254nm; 蛍光検出器 Ex: 340nm, EM: 430nm, フルボ酸様ピークに対応) に自作の TOC 検出器を連結した TOC-SEC システムで測定した。溶離液はリン酸 Na 緩衝液 (pH 6.8, イオン強度 100mM), 分子量較正にはポリスチレンスルホン酸 Na ポリマーをそれぞれ使用した。

3. 結果および考察

湖水および間隙水 DOM の TOC-SEC 分析の結果から, 1-2kDa にピークを持つ UV 吸収および蛍光を発する画分の他に, 35kDa 以上の UV 吸収も蛍光もほとんど持たない高分子画分の 2 つが存在することが明らかになった (図 1)。また, 湖水および間隙水 DOM とともにこれらのピーク位置はほとんど季節変化しなかったが, 高分子画分の存在割合が試料採取月や底泥の深度に依存して変化した。特に底泥間隙水では, 2005 年秋から 2006 年初夏の間高分子画分の存在割合が著しく増加した (図 2)。この期間の栄養塩類の動態に着目すると, 深さ 12.5cm (10-15cm) の間隙水においても SO_4^{2-} 濃度が上昇し, NH_4^+ 濃度は逆に低下していた。つまり, この期間には湖水から底泥内部へより多くの溶存酸素が供給されたことを意味する。結果, 溶存酸素によって深

層底泥の有機物が分解され, 高分子を多く含む DOM が間隙水中へ放出されたと推察された。湖水および間隙水 DOM の高分子画分の含有率は, DOM の炭水化物含量 (DCHOs-C/DOC) との間に高い正の相関関係を示しており, 炭水化物が主にこの高分子画分に存在することが示唆された (図 3)。

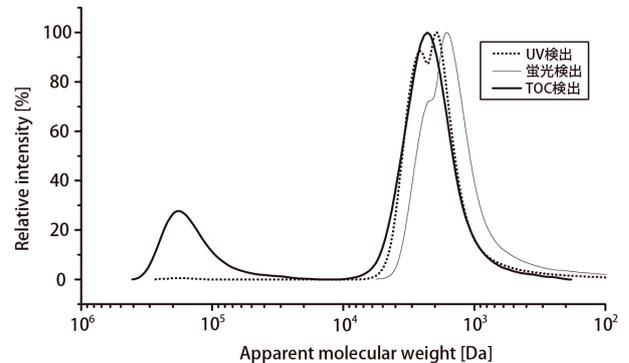


図 1 湖水 DOM の分子量分布の典型例 (2007 年 4 月, 湖心サンプル)

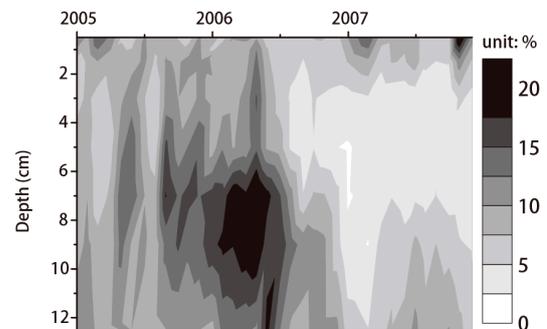


図 2 間隙水 DOM における >35k Da 画分割合の鉛直分布プロフィール

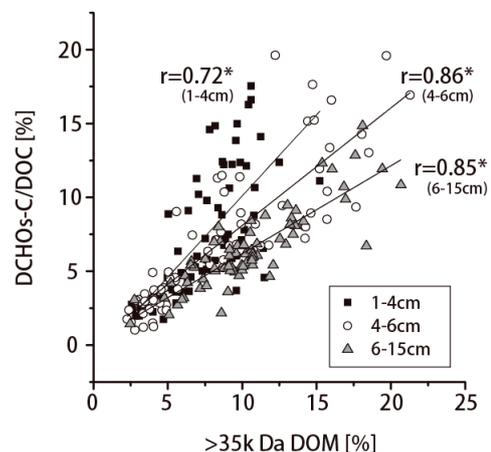


図 3 間隙水 DOM における >35k Da 画分と炭水化物含量の関係

*濱田浩美(千葉大), 田中 敦(国環研), 五十嵐聖貴(道環研), 深澤達矢(北大院)
南 尚嗣(北見工大), 小林 拓(山梨大), 藤江 晋(てしかが自然史研究会), 大八木英夫(日大)

1. はじめに

摩周湖は、北海道東部に位置する日本最大の閉塞湖である。摩周湖の水位は近年 10 年間の観測で 1m の範囲内で変化していることが明らかになっている。水深 212m の摩周湖において、この小さな水位変動は湖水の水収支から考えると相当量の漏水がなければならぬ。

本研究では長期観測から得られた周辺湧水の水質と同位体比の関係から、摩周湖の湖水が湧出する周辺湧水を明らかにし、漏水量を求めることを目的とした。

とする湧水や外輪山への降水が浸透し湧出する湧水、その両方が混合している湧水に分類できる。

図 1 には各湧水の酸素と水素の同位体比とそれぞれの電気伝導度の値を示した。これを見ると同位体比が 3 つのグループに分かれることがわかる。

$$\text{天水線 } \delta D = a \delta 18O + b$$

ここで $a=8$ 、道東地域の b は 11~19 の範囲であると考えられるので摩周湖の湖水は蒸発による濃縮を受け、重い。一方、外輪山斜面の降水起源の湧水は軽くなっている。

2. 調査地域の概要

摩周湖は屈斜路カルデラの一部で、摩周カルデラの凹地に冠水したものである。湖水面標高は 352.26m, 集水域面積 32.4km², 湖水面積 19.6km², 最大水深 212.0m, 湖岸線長 20.0km である。最深部付近には溶存成分に富んだ温湧水の湧出が知られており、1986 年時の湧水温は 43.4℃, 湧水量は 37L・s⁻¹ との報告がある(野尻ら, 1990)。

カルデラ周辺には多くの湧水が存在し、湖水の漏出と考えられているが、それはすべてではなく、水質組成からみると特定の湧水のみ漏出していると考えられる。

3. 結果および考察

①酸素と水素の同位体比

摩周湖周辺には 20 ヶ所程度の湧水が確認されている。その中には摩周湖の湖水を起源

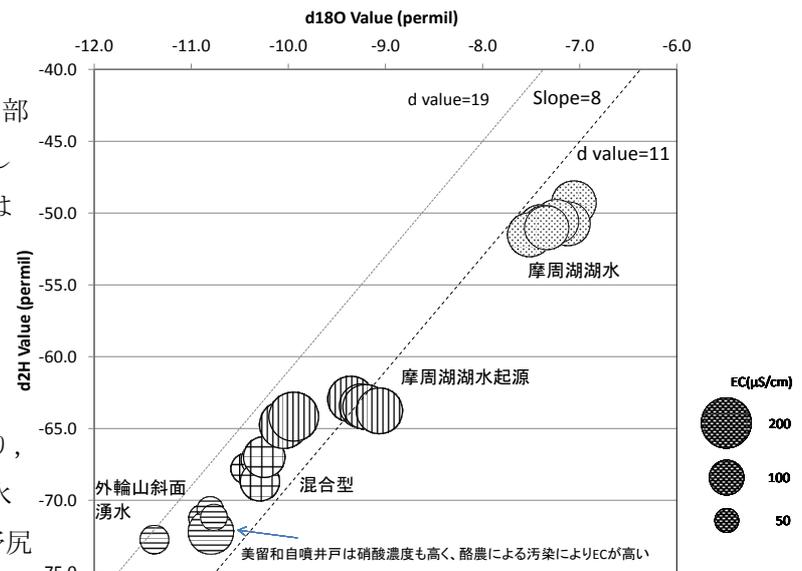


図 1 同位体比と各試水の電気伝導度

②同位体比と電気伝導度

図 1 の各地点の円の大きさは電気伝導度の値を示した。湖水が 140 μ S/cm 程度であるのに対し、外輪山斜面の湧水は 54~63 μ S/cm と低い。一方、西別川流域の半数の湧水と弟子屈町的美留和浄水場水源は 150 μ S/cm 以上の値を示し、同位体比を考慮すると摩周湖湖水起源であるといえる。

中国内蒙古自治区阿拉善の半乾燥地の土地利用が地下水の硝酸汚染に及ぼす影響

咸泳植・*根本磯一・吉崎真司（東京都市大学・環境情報学部）

1. はじめに

乾燥・半乾燥地域では、年間の降水量に比べて蒸発散量が著しく多いため、地下水を水資源として利用せざるを得なく、地下水を飲用水や農業用水などのあらゆる用途で利用しているのが現状である。しかし、農地の拡大等による土地利用割合の変化は、投入される肥料分由来する地下水の硝酸汚染との相関関係があること（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, 2012）が知られているが、その汚染の実態や原因に関するデータ未だ不十分である。

本研究は東京都市大学「日中共同沙漠緑化フィールド研修プログラム」と「NPO 法人世界の砂漠を緑で包む会」と連携し、乾燥・半乾燥地域である中国内蒙古自治区阿拉善盟の地下水を調査対象に硝酸汚染の実態を明らかにすることを研究目的とした。なお、調査地の土地利用、地形、硝酸濃度との関係についても調べた。

2. 調査地と調査方法

研究対象地は内蒙古自治区阿拉善盟であり、北京から西に約 1,000km の中国の中央北部に位置している標高 3,000m の賀蘭山の西麓にある荒漠ゴビとその西側の騰格里沙漠との交錯地帯に位置し、標高は約 1,370m である。気候は大陸性気候で、冬は乾燥して寒く、夏は酷暑で降水が少なく、風砂が強い。年平均気温は 7.8℃、最寒月は 1 月で、最低気温は -33.1℃、最暖月は 7 月で、最高気温は 41℃に達する。降水は 7、8、9 月の 3 ヶ月に集中し、年降水量は 110~180mm、年蒸発量は約 3,200mm、無霜期間は 150~170 日、年平均風速は 4.2m/s である。

2011 年 8 月と 2012 年 8 月に現在飲用水および農業用水として利用している地下水（井戸）を対象に半乾燥地であるゴビ（Gobi：モンゴル語で砂礫を含む草原の意）と農地にてオンサイト分析法で水質調査を行った（図 2）。気温と水温はガラス製のアルコール式温度計で、pH はガラス電極法（コンパクト pH 計 B-212、HORIBA）で、電気伝導率（EC）は交流 2 極法（コンパクト電気伝導率計 B-173、HORIBA）でそれぞれ測定した。なお、試水中の硝酸濃度は、イオン電極法（コンパクト硝酸計 B-342、HORIBA）で測定した。

3. 結果および考察

調査地ゴビにおける地下水の硝酸濃度は、36~58 mgNO₃⁻/L で平均して 45 mgNO₃⁻/L を示した。農地

の地下水の硝酸濃度の場合、58~250 mgNO₃⁻/L（平均 119 mgNO₃⁻/L）を示し、調査地ゴビの結果より平均約 2.7 倍高い結果が得られた（図 1）。調査地ゴビの表層土（0~10cm）15 ヶ所における硝酸濃度は、11~42 mgNO₃⁻/L で平均して 23 mgNO₃⁻/L を示した。農地の表層土 15 ヶ所の硝酸濃度の場合、18~480 mgNO₃⁻/L（平均 78 mgNO₃⁻/L）を示し、調査地ゴビの結果より平均約 3.3 倍高い結果が得られ（図 2）、ゴビに対する農地地下水の硝酸濃度の倍率に類似した結果となった。ゴビの表層土の硝酸濃度を除いてすべての平均硝酸濃度が日本やアメリカなどの国が定めている地下水の環境基準値（44 mgNO₃⁻/L）を超過した。農地の平均地下水と表層土硝酸濃度の場合、50 mgNO₃⁻/L（WHO：World Health Organization, 1970）を超過しているものの、中国の環境基準 133 mgNO₃⁻/L（Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China, 1994）を満たしている。

農地とゴビの地下水と表層土の硝酸濃度は、それぞれ統計的にも有意な相違が認められた（図 1、図 2）。以上の結果より、農業活動のうち、特に窒素肥料の施用が本農地の地下水中の硝酸汚染の主な原因であると考えられる。

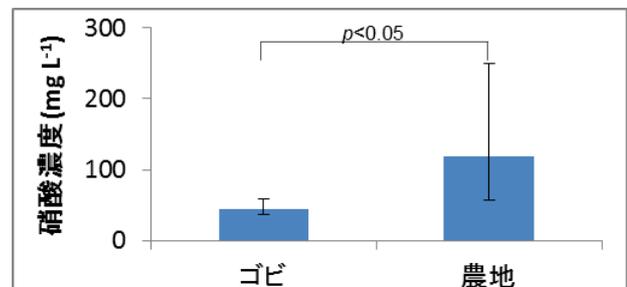


図 1. 土地利用における地下水硝酸濃度の相違（誤差範囲：最大値と最小値、ウェルチの *t* 検定：Welch's *t*-test: SPSS Ver. 19）

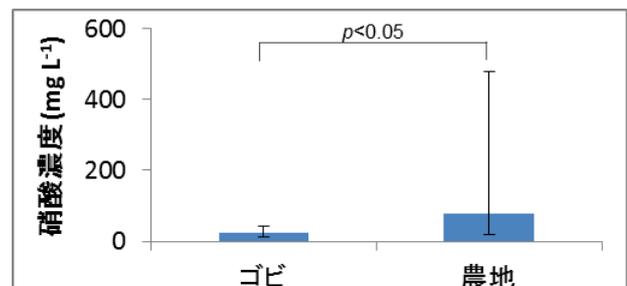


図 2. 土地利用における表層土硝酸濃度の相違（誤差範囲：最大値と最小値、マン・ホイットニ検定：Mann-Whitney's U test: SPSS Ver. 19）

*永島郁（島根大・理工），瀬戸浩二（島根大汽水セ）
吉田明弘（東北大・附属植物園）・篠塚良嗣（北海道大学・地球環境）・山田和芳（早稲田大・人間科学）・米延仁志（鳴門教育大学）

1. はじめに

汽水湖沼は，流入河川からの堆積物の供給や，潮汐，気候変動，人間活動などの影響で湖沼の堆積環境が大きく変化し，それぞれ特徴的な湖沼環境を示す．青森県小川原湖では，2011年に詳細な調査を行い，現在の水環境や堆積環境については明らかになったが，これまでの環境とは異なる結果となった．すなわち，その間に環境変化があったことは明らかであるがその過程については十分に明らかにされていない．このことから本研究では，ルミナス採泥器を用いてショートコアを採取し，近年の堆積システムの変化をコアの記録から明らかにすることを目的とする．調査地域である小川原湖は，青森県東部に位置し高瀬川を通じて太平洋と接している低鹹汽水湖である．湖水は，表水層（0～10m），変水層（10～18m），深水層（18m 以深）の三層構造に区分され，変水層以深では，無酸素～強還元的な環境を示す．

2. 材料と方法

調査は小型船舶を用い，広域底質調査を行った地点である 0g20, 33, 64, 84, 95, 97 の 6 地点で 17cm～43cm のショートコアを採取し，主に泥質堆積物であった．ショートコアは半割し，記録後，1cm 間隔でスライスし，粒度分析および CNS 元素分析を行った．

3. 結果

湖北の 0g20（水深：12.3m）では，上位は緑黒色を示し，下位では比較的明るい色調を示した．黒色層の平均粒径は 6.3ϕ で，下位の明るい層で 5.8ϕ と粗い粒径を示した．黒色層では， 3.5ϕ ， 5.5ϕ ， 7.5ϕ にモードを持つ多峰性の頻度分布を示した．下位の層では 3.5ϕ にモードを持つ正規分布を示した．全有機炭素（TOC）濃度は，上位の層では 6% と高く，下位の層では 2% を示した．全イオウ（TS）濃度は上位では 0.5～1.5% だが，下位では 3.5% にまで達する．湖心の 0g64（水深：24.5m）は，コア全体を通して黒色を示した．平均粒径は $6.5\sim 8.5\phi$ で，上位では 0g20 と同様なモードを持つ多峰性の頻度分布を示したが，下位では 7.5ϕ にモードを持つ正規分布を示した．TOC 濃度は，表層では 9% を示すが，それ以深ではわずかに減少する傾向を示した．TS 濃度は，下位に向かって増加し，最下位では 3% に達した．湖南の 0g84, 97（水深：16.6m, 13.3m）の上位の層は黒色を示すが，それより下位の層では相対的に明るい色調を示した．黒色層の平均粒径は 6.5ϕ で，下位の層は 8.0ϕ を

示し，0g64 と同様なモードの変化を示した．TOC 濃度は，黒色層で 7% 前後を示すが，それ以深の層では減少の傾向にある．一方，TS 濃度は黒色層で 2.5% 前後と比較的高く，それ以深では 0.4% 以下と低い値を示した．

4. 考察

これらの分析結果より，0g33, 64 はコア全体を通して TOC 濃度，TS 濃度ともに高いことから還元的な環境であると考えられる．また，0g84 と 97 の下位の明るい層では，TS 濃度が低いことから，酸化的な環境であり，それより上位の黒色層では，TS 濃度が 3% 前後と増加することから還元的な環境へと変化していると考えられる．

これらのことから，0g33, 0g64 は現在の水質環境における深水層にあたる水深であり，現在と同様に中塩分で還元的な堆積環境であったと考えられる．また，0g95 は現在の水質環境における表水層にあたる水深であり現在と同様に低塩分で酸化的な堆積環境であったと考えられる．次に 0g84 と 0g97 の下位の酸化的な層は現在の表水層にあたる環境で，上位の還元的な層が現在の変水層にあたる環境を示していると考えられる．このことから，近年中層での水質環境が低塩分で酸化的環境から，中塩分で還元的な環境へと変化していることを示唆している．

小川原湖の堆積環境の特徴として，粒度頻度分布が 6 つのモードを持つ多峰性を示す．モード 1 (1.5ϕ) は，浅い水域で波浪による淘汰を受けた粗粒砕屑粒子，モード 2 (3.5ϕ) は，太平洋側からの塩分の流入に伴う密度流に運搬された粒子，モード 3 (5.5ϕ) は，密度流によって形成された浮遊懸濁態起源，モード 4 (7.5ϕ) は，河川から供給された浮遊懸濁態起源であると解釈されている．

粒度分析の結果から，頻度分布の多峰性への変化は南部にかけてより上位に現れた．南部にかけてモード 2, 3 の頻度が低くなっていることから，密度流による堆積物供給が太平洋側だけでなく，湖全域にかけて増加していることを示唆している．

つまり，近年密度流の発達によって太平洋側からの比較的粗粒な堆積物の供給が増加していると同時に塩水も供給されていることから，現在の変水層が形成されたのではないかと考えられる．

現在の水質結果と小川原湖の 1980 年～2010 年の水質結果を比べてみると，塩分，溶存酸素量ともに 2005 年以降から変化があり，中層における高塩分化に伴う貧酸素化によって，還元的な堆積環境へと移行していることを示している．

*加藤みやび（島根大院・総合理工），瀬戸浩二（島根大・汽セ）
山田和芳（早稲田大），米延仁志（鳴門教大）

1. はじめに

沖縄県北西部の羽地内海と塩屋湾は海水と河川の影響を受ける内湾の環境にあり、マングローブ林や希少巻貝などが確認され、生物の多様性が高いといわれている。ともに陸地からの赤色土流出による環境の変化が指摘されており、沖縄のサンゴ礁は陸地からの赤色土の流出による被害を受けているとされている。沖縄の浅海域に生息する大型有孔虫は赤色土が流出しているような水域では生息できないと考えられている。本研究では表層堆積物試料の分析によって、内海へ流れ込む河川から運搬された土砂による底質への影響を明らかにすることを目的としている。

2. 材料と方法

現地調査は2011年7月に行い、多項目水質計による水質調査とエクマンバジ式採泥器による表層堆積物の採泥調査を行った。表層堆積物の採泥は羽地内海で HIS01 から HIS10 の 10 地点、塩屋湾では SOY01 から SOY08 の 8 地点で行った。その後試料の土色計による色調の測定や内部構造の記載などを行い、表層堆積物は、表層から 1cm の範囲を採取し底質試料とした。底質試料は CNS 元素分析、粒度分析、有孔虫分析を行った。有孔虫はローズベンガル液で染色された個体を生体個体とし、各地点 200 個体以上のピックアップ・同定を行った。

3. 結果

羽地内海の塩分は全体的に 32psu 以上を示し、表層よりも底層の方がやや高い値を示す。奈佐田川沖では 30psu 以下の水塊が水面近くに分布しており、この水塊の濁度は 5FTU 前後と湾内では高い値を示しており、奈佐田川からの無機懸濁物の供給を示唆している。また、浅海域でも同様に濁度が高く、河川から湾へ供給された無機懸濁物が波などの影響を受けて再懸濁したものと思われる。クロロフィル a 濃度は全体的に低い値を示す。溶存酸素量は表層で 5.8~7.6 mg/l、底層で 5.5~7.2mg/l と高い値を示すことから比較的オープンな環境と思われる。底質は明度の高い泥質堆積物で、粒度は全域に 7.5φと 11φにモードをもつ多峰性分布である。しかし外海に近い浅海域ではモードが 1.5φ前後であり、波の影響を受けていることが示している。炭酸塩量は 14~40%程である。全有機炭素 (TOC) 濃度は 1%程度、全硫黄 (TS) 濃度は約 0.3%前後、酸化還元環境の指標である C/S 比は 3前後で、C/N 比は 6前後の値を示した。

塩屋湾の水温は全体として 28°C前後。また、塩分は表層で 30psu 以下の水塊が分布しており、水深 1

~2m に明瞭な塩分躍層が形成されている。大保大川沖の濁度は 5FTU 前後と高い値を示すが羽地内海のような再懸濁は見られない。また、クロロフィル a 濃度は、大保大川沖で 2ppb 前後と値が高い。底質は比較的明度の高い泥質堆積物だが、羽地内海と比べ全体的に暗い色調である。粒度分布より、湾奥から湾口部にかけてモードが 5φ前後から 0.5φ前後に移動が見られる。炭酸塩量は湾奥で 10%以下、湾口部では 12~30%程度を示した。また、TOC 濃度は 1.3~1.9%、TS 濃度は約 0.3%前後であり、羽地内海よりも高い値を示すが、C/S 比は 3~6 程度で、羽地内海よりも酸化的な環境を示した。しかし溶存酸素量が表層は 5.3~8.0 mg/l、底層が 2.5~7.9mg/l と、羽地内海と比較するとやや閉鎖的な環境を示す。

両地域の底生有孔虫群集は、*Ammonia tepida* が優勢であり、*Quinqueloculina* spp. と *Textularia* spp. が随伴する。また、貧酸素の環境を示す地点では *Brisalina* sp. が生体個体として見られた。羽地内海に比べ塩屋湾の大保大川沖で *Trochamina hadai* が多数産出した。外海よりの浅海域では大型有孔虫 *Calcarina* spp. などが多く産出したが生体個体は見られず、羽地内海の個体は全体的に摩耗や溶解をしていた。

4. 考察

羽地内海は底質の粒度分布より HIS05 と HIS06 は他より粗い粒径を示す。この地点の有機物負荷量が著しく低い値を示すのは砂質堆積物による希釈によるものと考えられ、河川から運搬された堆積物の影響が小さいとはいえない。

塩屋湾は長年養殖場として利用されていたため養殖魚の残餌等による水質汚染が考えられるが、大保大川沖で C/N 比が高いことから河川から運搬された陸源高等植物起源の有機物負荷が示され、赤色土流出の影響を強く受けるといえる。

羽地内海では *Calcarina* spp. が産出する浅海域は、外海からの影響を受けにくい環境である。このため外海から供給された個体でないといえる。また、この地点では再懸濁が見られるため過去堆積した個体であると考えられる。このことから、羽地内海の *Calcarina* spp. は過去生息していた個体が産出し、現在は生息していないと考えられる。このことから、赤色土流出により沖縄浅海域の大型有孔虫が適応できない環境へ変化したためと示唆される。

1. はじめに

島根県に位置している宍道湖では、近年貧酸素水塊に起因すると考えられる諸問題の発生が顕著になっている。この原因解明・対策を講じる必要があり、そのためには当湖の流動場を正確に把握することが肝要である。これまで幾つかの既往研究において数値計算による流動場の把握が行われてきたが、特に塩分濃度について十分な再現性が得られているとは言い難い(Nakata et al.,2000、Ichikawa et al.,2007 等)。その原因として既往研究では静水圧近似を施された流体力学モデルが用いられていることが考えられ、このようなモデルでは密度流のような鉛直方向に加速度を持つような場の計算は正確にできないことが示唆されている(Heggelund et al.,2004)。そこで、本研究では非静水圧近似(静水圧平衡を仮定していない)の流体力学モデルを用いることで、貧酸素水塊の動態を正確に把握することを目指す。

2. 方法

貧酸素水塊を表現するためには流体力学・生態学結合モデルを考える必要があるが、貧酸素化する機構は定性的に物理場に依存するため、まずは流体力学モデルのみを考え物理的プロセスが十分に再現可能か検証する。使用するモデルは田中ら(2010)が開発した非静水圧計算が可能な LT モデルを用いる。計算期間は計算結果の整合性を確認するため、観測データの欠損が少ない 2009 年 6 月～12 月に設定した。計算格子については水平方向へ 200m、鉛直方向へ 0.1m の間隔で分割した。気象条件については、松江地方気象台の観測データ(日射量・大気圧・気温・風速・風向・水蒸気圧・降水量)を用いた。ただし大気放射量に関しては観測データが存在しないため、二宮ら(1996)の方法より日照時間等を用いて推定した。河川は主要な流入河川である斐伊川と流出河川である大橋川を考慮して境界条件として設定し、そこに与える流速・塩分は国土交通省出雲河川事務所のものを用いた。

* 中村佑希(東大院・新領域)、山室真澄(東大院・新領域)

3. 結果と考察

計算された水温・塩分のデータと宍道湖湖心(35° 27'01.00"N 132° 56'58.00"E)において観測された水温・塩分のデータを比較し、特に成層構造を再現できているかに主眼を置いて検証する。

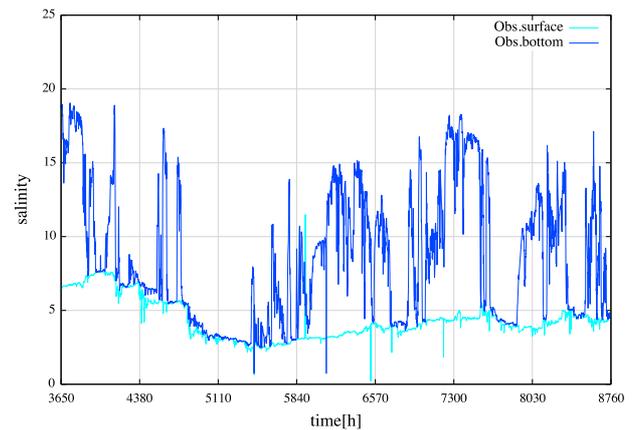


Fig1. 2009年6月～12月塩分観測値(宍道湖湖心)

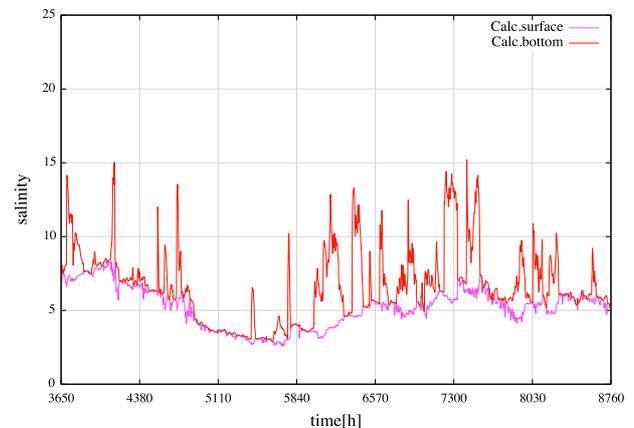


Fig2. 2009年6月～12月塩分計算結果(宍道湖湖心)

水温に関しては既往研究と同様に高い再現性を得ている。塩分に関しては全体の変化傾向は再現しており、塩水侵入が認められる時期には表層と底層で塩分成層していることが読み取れ、既往研究と比較してより良い再現性を得ている。しかし定量的には十分に塩分流入が再現出来ておらず、また一部塩分成層の再現が実現していない。よって、より定量的な精度を高めるために、メッシュ分割や境界条件の見直し等改善方法を検討中である。

*小室隆（東大院・新領域），山室真澄（東大院・新領域）

1. はじめに

湖沼においては、砂浜が卓越する波の高い湖沼（琵琶湖、宍道湖、霞ヶ浦）の水際に抽水植物としてヨシを植栽したり、波あたりが高いところでは生息できない浮葉植物を消波工を作って植栽するなど（霞ヶ浦）、本来の自然環境と相容れない可能性が高い植物が植栽される例が散見される。

宍道湖では高度経済成長期以降、富栄養化や護岸工事によって水辺植生帯が改変されたとされ、近年では自然再生を目的とした水辺植生帯の植栽事業が行われている。しかしその事業では、レファレンスとなるべき改変以前の植生情報が提示されていない。本研究では植栽事業が自然再生につながるのか評価する手段として、レファレンスとなる植生情報と、植栽事業が隣接水域に及ぼした影響を検討する事を目的とした。

2. 材料と方法

宍道湖は島根県北東部に位置し、面積 79km²、平均水深 4.5m の、シジミ漁が盛んな低鹹汽水湖である。西からは斐伊川が流入し、東側は大橋川を介して高鹹汽水湖の中海とつながっている。宍道湖では湖沼生態系において最も重要である沈水植物が 1950 年代中頃から姿を消し始め、1960 年までには消滅した。（Yamamuro et al. 2004）。漁師を対象とした聞き取りによると、現在から 50 年前、高度経済成長期以前の宍道湖では湖岸沿いに水深 2~3m のところまで水草を総称したモバ（海草・海藻などの水中の大型植物を意味する方言）が存在していた。また、湖岸から約 500m まではモバ帯で、その面積は宍道湖全体の約 2 割くらいであった（平塚ほか、2006）。現在では、西部を中心に 2003 年に始まった消波沈床を護岸前面に設置し、竹ポットを用いたヨシの植栽事業が行われているが、湖沼環境の激変以前に抽水植物としてのヨシが存在していたとされる記録は残っていない。

文献情報が存在しない時代の水辺植生の復元手段として、地形図や空中写真による歴史的な地理情報からの判読手法がある。本研究では、現存する最も古いもので入手可能な 1947 年の米軍白黒空中写真を 13 枚と、近年に撮影された空中写真と地形図を用いた。これらのデータを ArcGIS 10 を用いて幾何補正を施した後、抽水植物であるヨシの分布範囲も判読した。それと同時に面積も求め、どの程度広範囲に分布したかを明らかにした。また、抽水植物であるヨシだけでなく、それ以外の水辺の情報である砂浜湖岸、人工湖岸、砂浜植生湖岸、崖に分類することで現在までの環境改変による影響も評価した。

ヨシの判読は東（2002）が用いた以下の 3 つの基

準を判読基準として判読を行った。1) 内水面と陸上部の境界部にある。2) 階調が水域より明るいが荒地、砂地、道路などよりは暗い傾向にある。3) 抽水植物帯は植生域と水域が入り交じることから、植生域の水域との境界は多少不鮮明で、しかも植生域はザラツキ感をもつ。水域と陸上域を分離するために昭和 37 年作成の湖沼図と昭和 23 年作成の地形図を用い、GIS 上で空中写真と重ね合わせ湖岸線を引いた。また、ヨシ以外にも湖岸の改変状況も同様に判読し、図化した。また、空中写真と地形図による改変状況の可視化以外に、粒度組成から環境の変遷を明らかにした。宍道湖全域の 1982、1997、1999、2000、2012 年の粒度組成と堆積物の採取地点をもとにヨシ原造成による影響と、2002 年に整備された消波堤の影響評価を、GIS を用いて解析する事で環境変遷の可視化を図った。

3. 結果・考察

1947 年と 1998 年の湖岸の変化を図 1 と図 2 に示す。抽水植物と人工湖岸の割合が高くなり、かつては存在していた砂浜湖岸と砂浜植生湖岸が急激に減少している。1947 年では抽水植物は湖内には存在せず、流入河川にそのほとんどが分布している。一方、1997 年ではヨシ原が西部を中心に広がっている。抽水植物の拡大のほか、自然湖岸であった所の多くが人工湖岸に変化している。以上より、宍道湖は本来、砂浜湖岸が卓越する湖沼であり、消波堤を設けてのヨシ植栽は自然再生ではなく、むしろ改変である可能性が高い。

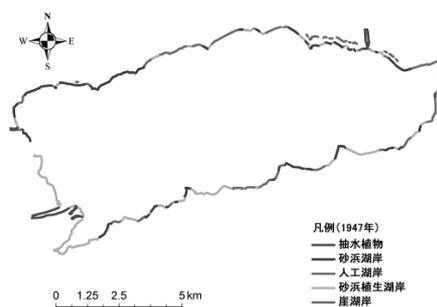


図 1. 1947 年の水辺環境

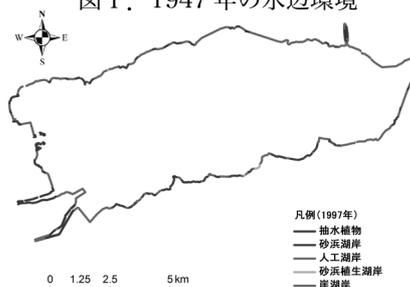


図 2. 1997 年の水辺環境

*森高秀信（島根大・総理）
瀬戸浩二（島根大・汽水セ）

1. はじめに

近年、宍道湖におけるヤマトシジミ（二枚貝）の漁獲量・資源量共に減少してきており、冬季に大量斃死が起きていることが指摘されている。ヤマトシジミは冬季に潜砂し、越冬することが知られている。この潜砂行動とそのときの生態を知ることは大量斃死の原因究明のために非常に重要である。ヤマトシジミの潜砂行動、また、そのときの底質内部の環境を知るために宍道湖東部において2012年11月から毎月1度コアリングを行っている。

2. 材料と方法

コアリングはロシア式コアラーを用いて行い、コアは13本採取した。その内1本を分析用試料に用いた。分析用試料は、記載を行い、土色計により色調を計測した後、1cm間隔で分取し、冷凍保存を行った。頻度分布・肥満度測定は、残りの12本を用いた。採取面積は169.6cm²である。採取したコアは、1cm間隔で分割した後、同じ深度の試料でまとめて1試料とした。各層準の頻度分布・肥満度測定用試料は、1mmのフルイで水洗し、その残渣から生体・遺骸個体をピックアップした。また肥満度測定には殻長10mm以上の個体を使用している。

3. 結果

採取した全てのコアは、全体を通して淘汰のよい細～中粒砂であった。また採取したコアは全て下位に向かって、L値が30前後の暗オリーブ褐色を呈す酸化的な環境を示唆する層、L値が20前後の緑黒色を呈す還元的な環境を示唆する層、L値が35前後だがa、b値が表層より低いため、その上位の層準と同様に還元的な環境である3層準であった。

各月で生残率を求めるにあたり、底質内部の合弁・片殻は、流されないこと溶存がないことを理由に、死亡個体として扱った。死亡個体を合弁と片殻とした場合と合弁のみとした場合の2つの式を使

用したが、合弁のみの場合の方が適正であると判断したため、そちらの結果のみを使用する。

$$\text{生残率 (\%)} = \frac{\text{生残個体}}{\text{生残個体} + \text{死亡個体 (合弁)}}$$

生残率はほとんどの月で約90%以上であったが、7月では約74%と低い値をとった。

全個体数は11月では143個体と多く見られたが、2月では30個体と減少した。また、5月まで30個体前後でほぼ横ばいであったが、7月で68個体と増加した。垂直分布では、11月と12月では深度5cmで個体数が最大となり、3月、5月、7月では2-3cm付近で個体数が最大となった。また、4月は6-7cmで最大となった。

採取したヤマトシジミは、3月、4月、5月を除き、殻長5mm前後の個体が多く見られた。

肥満度に使用した個体は、11月、12月は30個体以上であったが、それ以外の月では7-17個体である。肥満度は各月毎で平均値を求めた場合、11月では0.026を示したが、4月まで減少し続け、0.019となった。5月に0.030まで増加したが、7月では0.020となった。

4. 考察

肥満度が減少した原因は、ヤマトシジミが、水温の低下により低代謝生活を送り、餌を取ほとんどとらないためだと考えられる。生残率の低下は、肥満度の低下により、衰弱し斃死したと考えられる。7月に殻長2mmの個体が増加しているのは、産卵により稚貝が着底したためだと考えられる。殻長5-7mmの個体が増加したのは、殻長2mm程度の稚貝が流れて来て成長したためだと考えられる。個体数が最大となる深度付近で酸化還元の境界が存在している。これは潜砂したヤマトシジミそのものが還元的な環境の形成に寄与している可能性もある。

*瀬戸浩二（島根大・汽水セ）

1. はじめに

島根県から鳥取県にまたがる斐伊川水系河口域には、日本を代表する汽水湖である宍道湖・中海が分布する。これらの海跡湖は、塩分躍層が存在し、上層と下層に分かれることは、よく知られている。一方で、水温、塩分など物理的特性は、気候変化や水域の改変によって、容易に変化することも知られている。しかし、そのような物理的特性は、非常に複雑で変化に富んでいるため、その変化について議論することが難しい側面も持っている。そのような状況の中でも、物理的特性はそれぞれの水域で一定の範囲内にあり、それに基づいて水塊の特徴、変化あるいは動きが検討できる。本研究では、水域における密度の深度変化率に基づいて、水塊構造を定義し、水塊の特徴などを明らかにすることを試みている。本発表では、その中で、詳細な1側線の水質データを利用して試みたものを報告する。

2. 材料と方法

今回用いた水質データは、1999年8月13日のルート水質調査で得られたものである。ルート水質調査は、宍道湖の斐伊川河口から大橋川、中海、境水道を経て、美保湾に至るまでのルート上で、約400m間隔の101地点で行った。調査時間は約9時間であった。水質測定は、多項目水質測定装置（ACL1151-DK：JFEアドバンテック製）を用い、深度10cm間隔で水温、塩分、クロロフィルa濃度のデータを得た。クロロフィルa濃度は、現場型蛍光光度法を用い、中山ほか（1999）の換算式によって濃度を求めた。密度は、塩分と水温から求め、 σ_t に変換して示した。密度深度変化率は、10cm上位と10cm下位の σ_t を差し引いたものに、深度1m当たりの変化率に換算して求めた。

3. 結果

水温：宍道湖、中海表層は、30℃前後であったが、中海底層は、22-25℃と低く、その間に水温躍層が見られた。また、境水道、美保湾は27℃前後であった。

塩分：宍道湖表層で、2~3psu、中海表層で、18~20psu、中海底層、境水道、美保湾で、29~33psuであった。それらの間では塩分変化が大きく、塩分躍層と見られる。

クロロフィルa濃度：宍道湖では全般に20ppb前後と高い値を示した。また、中海の塩分躍層付近で最大33ppbと高い値を示したが、それ以外の水域では、10ppb以下の値を示している。

密度深度変化率：宍道湖の底層、大橋川の表層付近、中海の中層で高い値を示した。中海の中層では、2層の高い値を示す領域が見られた。

4. 考察

密度深度変化率は、最大が40 σ_t/m に達していたが、全データの77%が1 σ_t/m 以下であった。また、2 σ_t/m 以下は、85%、3 σ_t/m 以下は89%である。これらのことから、本研究では、密度深度変化率のデータ占有率の変化が急に大きくなる2 σ_t/m をしきい値にし、基本的にそれ以上の値を示す領域を密度躍層、以下を水塊とした。

宍道湖の表層では、 σ_t が-2前後の水塊が存在する。ここではこの水塊を宍道湖表層水塊（SSW）と呼ぶことにする。一方、底層では水塊は存在せず、密度躍層のみが見られた。宍道湖の西側には、密度躍層の中に σ_t が-2~0を示す薄い水塊が見られた。この水塊は湖底の浅化により湧昇したような領域を示しており、底層水が西側に押されていることを示唆している。この水塊は、宍道湖中層水塊（SIW）と呼ぶ。

中海の表層では、 σ_t が9~11を示す水塊が存在する。底層では、 σ_t が20前後の水塊を示し、美保湾の海水とつながっている。前者を、中海表層水塊（NSW）、後者を中海底層水塊（NDW）と呼ぶ。中海では、NSWとNDWの間に密度躍層が見られた。密度躍層の中には、 σ_t が12~15を示す厚さ50cm程度の水塊（中海中層水塊：NIW）が存在した。

宍道湖と中海をつなぐ大橋川では、表層に薄い水塊が存在するが、 σ_t が-2から9まで下流に向かって大きく増加している。この水塊は宍道湖-中海表層漸移水塊（S-NSTW）と呼ぶ。一方、底層にも水塊が存在するが、同様に σ_t が7から14まで下流に向かって大きく増加している。この水塊の下流側の末端に相当する部分は σ_t が14を示し、NSWとNDWの中間の密度に相当しており、大橋川河口付近で、NSWとNDWが混合して形成され、S-NSTWと混合しながら、遡上していることを示している。この水塊は宍道湖-中海底層漸移水塊（S-NDTW）と呼ぶ。

境水道の表層では、 σ_t が13から17まで下流に向かって増加し、最終的には美保湾の海水とつながっている。この水塊は中海-美保湾表層漸移水塊（N-MSTW）と呼ぶ。

今回の水塊-密度躍層のしきい値を2 σ_t/m としたため、水塊は全データの85%、密度躍層は15%を占めている。水塊は、それぞれの特徴と分布から大きく8つに区分された。もし、しきい値を下げれば、水塊はもっと多く区分され、逆にしきい値を上げれば、単純化する。しかし、2 σ_t/m と3 σ_t/m ではほとんど変わらないことから、今回の事例に関しては、2 σ_t/m は妥当なしきい値だと考える。しかし、今後さらに多くの事例を検証し、本水域のしきい値を検討する必要があるだろう。なお、それぞれの水塊の名称は、今回便宜的に設定したものである。

*清家康平¹⁾・江口雅昭²⁾・上野薫¹⁾¹⁾ 中部大・応用生物, ²⁾ 中部大院・応用生物

1. はじめに

緩速ろ過法とは、1829年にイギリスで開発された上水道の浄水処理方式の1つであり、何層もの砂利層の篩分け作用と表層の生物膜による有機物除去により浄化を行う。そのため、現在先進国で普及している急速ろ過法に比べて、浄化施設面積が必要ではあるが、試薬の使用量が極めて少なく、使用電力も僅かであるために、持続可能な浄水処理法として近年見直されている。しかし、浄水施設ごとに流入水の水質や気候が異なるために、ろ過砂や流速等の実際の管理方法は、地域ごとの経験則に基づき試行錯誤が必要であり、地域ごとの技術の安定化が求められているのが現状である。そこで本研究では、管理技術の確立の一助となるべく、施設の供用化年数が若く浄水能が安定しない緩速ろ過池と、供用化年数が十分に経過しており安定化しているろ過池のろ過砂における微生物群集構造の比較をろ過砂の深度ごとに行い、ろ過池による違いの有無や共通性について把握することを目的とする。

2. 材料と方法

今回供試したろ過砂は、某県のM浄水場(M池)とI浄水場(I池)を対象とし、数ヶ月に一度実施される表層数ミリの砂を掻き取る作業時に現場で採取した表層0~5cmまでの1cmごとのサンプルである。これらのサンプルは、各ろ過池の中心から10~12m間隔に3地点採取し、反復として扱った。なお、採取は両池とも2012年11月に行った。ろ過池の基本的構造や大きさには大差はなく、流入水はいずれも伏流水である。細菌群集構造は、PCR-DGGE法を用いて次の条件で解析した。標的:真正細菌16SrRNA遺伝子のV6-8可変領域、DNA濃度:6.3ng/μl、プライマー:F984GC, R1378、アクリルアミドゲル濃度6%、変性剤濃度勾配50~70%、泳動温度・時間:58°C, 18時間。

3. 結果と考察

①深度間の比較:M池の主なバンドパターンは深度により大きな違いは認められなかった。I池では表層(0~1cm)でのみ確認できるバンドがあり、表層ほどバンド数が多かった。下層(1~2cm以下)では各層位によるパターンの大きな違いは認められなかった。②反復間の比較:両池とも同じ深度であれば濃淡に違いはあるものの、バンドパターンはほぼ同じであった。つまり、菌数には差があるが種数には大差はない。③浄水場間の比較:下層では大きな差は認められなかったが、表層ではM池はI池よりもバンド数が少なく、M池は表層の細菌種数が少ないと判断された。

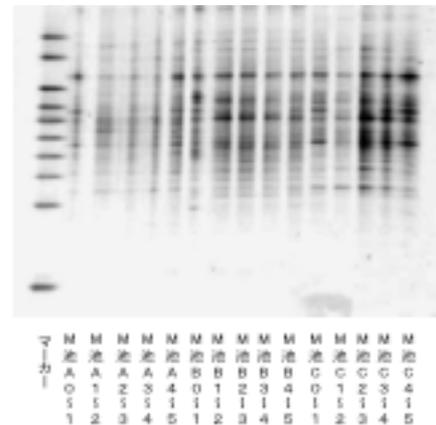


図1 細菌群集構造解析 (M池)

4. まとめ

本研究では、表層0~1cmとそれ以深での細菌の群集構造が異なっており、供用期間の短いろ過池での表層の細菌種数が少ないことが明らかとなった。今後は、得られた特徴的なバンドの細菌の種同定をすすめ、糸状菌等の別グループの群集構造についても把握する予定である。

謝辞:浄水場の皆様には、採取をはじめ終始ご協力いただいた。また本研究は、一般財団法人水と環境の未来研究所の研究助成の一環として実施した。併せて記して御礼申し上げる。

*中野翔（慶熙大・環境），坂本正樹（富山県立大学・工），張光玟（慶熙大・環境）

1. はじめに

緩速ろ過法とは生物膜を形成する藻類や細菌などの微生物の働きと砂によるろ過能力を利用した浄水技術である。この手法では、懸濁物質や病原性微生物、アンモニア、金属類までも除去することが出来る。

本研究では、緩速ろ過法とバイオマニピュレーションの手法を参考に、生物膜、砂ろ過、大型動物プランクトンの働きにより、池の植物プランクトン、栄養塩、溶存有機物の除去を効率的に行うシステムの開発を目的として実験を行った。（図1）

バイオマニピュレーションとは湖沼や池の生態系構造を人為的にコントロールし、生産者である藻類の現存量を抑える手法であり。例えば、プランクトン食魚の現存量を低下させることで、動物プランクトンが増殖し、その餌となる藻類の現存量を低下させる研究がある（Drenner et al., 1999）。

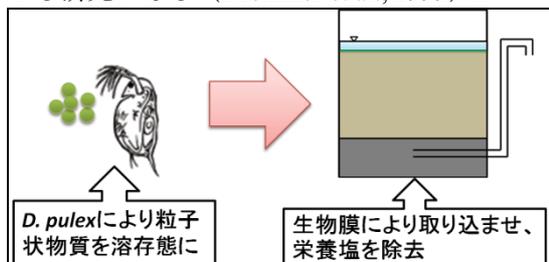


図1 *Daphnia pulex* から期待される効果

2. 材料と方法

緩速ろ過実験は、動物プランクトンを投入するための生物槽および、砂ろ過槽を富山県立大学環境工学棟内にある中庭の池に設置して行った。（図2）実験期間は2012年10月14日～11月4日の21日間である。生物槽には、ミジンコ（*Daphnia pulex*）を50個体投入した。実験開始時、3、7、14、21日後の原水（池の水）、各ろ過槽からの流出水を採取し、水温、pH、溶存酸素濃度（DO）、窒素濃度（T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N）、リン濃度（T-P、PO₄-P）、全有機態炭素濃度（TOC）を測定した。同時に、生物槽内の動物プランクトンを採集し、濃縮後に顕微鏡下で計数した。さらに、砂ろ過槽の表層の砂を採取し、砂の強熱減量（%）を求め、これを生物膜量の指標とした。各水質に対する *D. pulex* と生物膜の効果は、一般化線形モデルおよび共分散構造分析によって解析した。

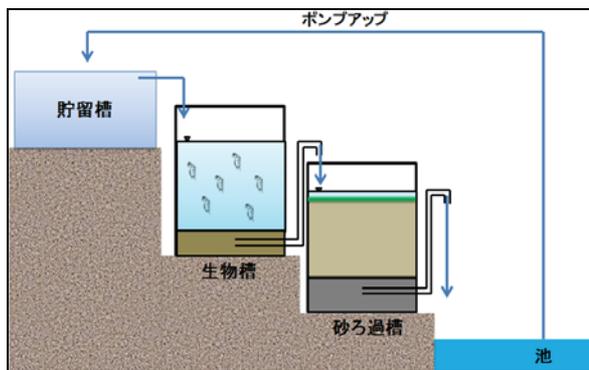


図2 装置の配置図

3. 結果と考察

緩速ろ過実験では *D. pulex* を生物槽に投入することで、NH₄-N の値が上昇した。（図3）これは、*D. pulex* の排泄によると考えられる。砂ろ過槽では、砂ろ過による吸着により、T-N、TOC の除去が可能であることがわかった。また、生物膜による PO₄-P への負の効果が検出されたが、濃度変化の程度が小さかった。これは、原水中の PO₄-P がもともと低く、処理の効果が見えにくくなったためだと考えられる。（図4）

以上の結果から、*D. pulex* の代謝により懸濁態の栄養塩（植物プランクトン）を溶存態にし、それを生物膜に取り込ませるという、従来の緩速ろ過システムに無い、効率的な栄養塩除去システムが成り立つと考えられる。植物プランクトンは浄水場においても砂ろ過槽の閉塞を引き起こす主要な原因生物であるため、このシステムは浄水処理にも応用できる可能性がある。

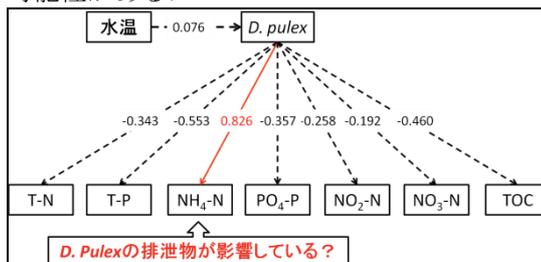


図3 各水質に対する *D. pulex* の影響

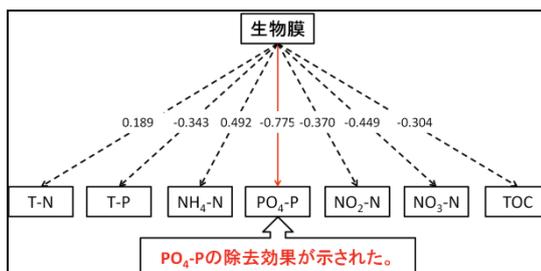


図4 各水質に対する生物膜の影響

*池 晶子 (羽衣国際大・人間生活)

川瀬雅也 (長浜バイオ大・バイオサイエンス)

山川純次 (岡山大・理学)

1. はじめに

日本の水道水は、概ね飲用してもえぐみや渋みなどの少ない軟水であり、水質基準に則って安全性も確保されている。各地の水道水に含まれる各種ミネラル元素濃度や有機炭素の濃度、電導度や pH などの物性は、水道水の原水となる河川水・地下水・湧水の質により左右され、これらの相違は、水道水の味や飲みやすさに影響を与えていると推察されるが、各地で市販されるミネラルウォーターと異なり、水道水を飲み比べる機会は少ない。一方、水道水は長年にわたり飲用されるため地域住民の健康や食文化に大きな影響を与えていると考えられる。本研究では水道水の含有元素や様々な物性により主成分分析を行い、地域特性や官能評価との関係を考察する。

2. 材料と方法

(1) サンプル水

国内 13 か所の自治体の製造するペットボトル詰め水道水を用いた。

表 1. 水道水サンプル

| 水道水 | 都道府県 | 硬度(mg/L) |
|-----|------|----------|
| s1 | 北海道 | 26 |
| s2 | 青森 | 18 |
| s3 | 新潟 | 23 |
| s4 | 埼玉 | 40 |
| s5 | 茨城 | 22 |
| s6 | 東京 | 76 |
| s7 | 神奈川 | 82 |
| s8 | 三重 | 50 |
| s9 | 大阪 | 47 |
| s10 | 大阪 | 40 |
| s11 | 岡山 | 38 |
| s12 | 島根 | 33 |
| s13 | 大分 | 25 |

(2) 物性分析

ミネラル元素は ICP-MS (Ar gas) Agilent 7500S あるいは Agilent 7700 を用いて半定量分析で定量した。有機・無機炭素濃度は Shimadzu TOC-5000A あるいは TOC-V_{C_{SH}} にて定量した。総硬度は EDTA 法にて、DO, pH, EC, TDS, ORP はポータブルメーターにて分析した。

(3) 官能試験

約 50 名の被験者が、基準となる水 (基準水) とサンプル水の味を比較し、相対評価した。基準水には大学で採取した水道水を沸騰させて 4℃ に保冷したものを用いた。

(4) 統計処理

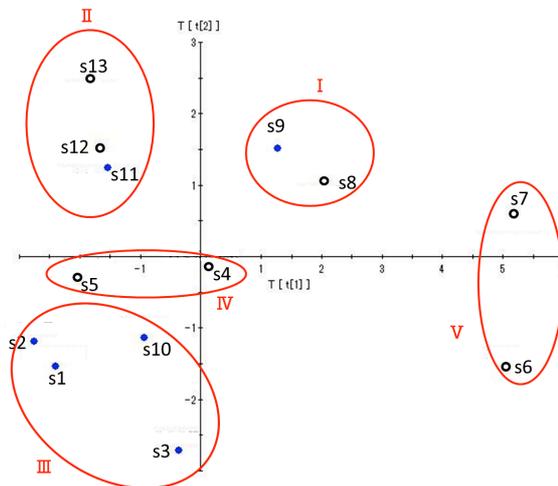
主成分分析には SPSS を使用した。採水地の地質学特性は(独)産業技術総合研究所 地質調査総合センターの地質図表示システム (地質 Navi <https://gbank.gsj.jp/geonavi/>) にて検索した。

3. 結果

水道水を、ミネラル元素 (Na, Ca, K, Mg, Mn, Fe) の含有濃度および物性 (総硬度, DO, pH, EC, TDS, ORP, TC, IC, TOC) のデータをもとに主成分分析を行ったところ、図 1 に示すように I ~ V の 5 グループに分類された。I, II, III グループはそれぞれ水道水の製造された地域が近畿、南日本、北日本であるものが多く属していた。また III グループには官能試験で高評価 (●) を受けた水が集る一方、IV・V には比較的低評価 (○) の水が集まった。主成分分析グラフの横軸に対する硬度の寄与が高いため、V グループには特に硬度の高い水が属していた。

水道水の原水採水地の地質を調べたところ、III グループは新世代以降の新しい地質、I グループは主に中生代に属する古い地質であった。

図 1. 主成分分析



4. 考察

ミネラル元素と物性を別個に主成分分析した場合も地域別の傾向が現れ、官能試験結果との関連がみられた。地質年代が水道水の物性とミネラル含有量の双方に影響し、味の評価にも投影されていると推察された。現在、水道水の種類を増やし、国内で販売されているミネラルウォーターも加えて分析を続行中である。