

ポスター会場

要 旨

9月29日（火曜日）10:00 ～ 14:00

コアタイム 11:30 ～ 13:30

P-1 ～ P-59

ポスター番号に * を付しているポスターは

ポスター賞の対象発表

天竜川の河川機能回復のための提案

*戸田三津夫（静岡大学・院工）

1. はじめに

天竜川中流域の佐久間ダム（1956年竣工，総貯水容量約3億 m^3 あまり，電源開発（株））の堆砂が1億 m^3 を超えて久しい。支流の美和ダムと小渋ダムでは排砂バイパストンネル，黒部川の出し平ダムでは排砂ゲートなどにより堆砂排出が試みられたが，結果は良好でない。佐久間ダムでも排砂バイパストンネル設置が検討されているが，下流に浜松市の利水をになう秋葉ダムがあり，新たな問題が予想される。そこで，天竜川沿いに鉄道を建設し堆砂を下流や河口へ運び，ダム湖内に清水バイパスを設け，水窪川へ魚道バイパスを抜くことによりダム下流部の長期濁水と水生生物往来を改善することを提案する。

2. 現状と解決策

佐久間ダム周辺は，中央構造線などの地勢要因から地質が脆弱で崩壊地が多く，以前より川は大量の土砂を運び，遠州平野を形成し，遠州灘海岸を前進させてきた。ダム設置後は土砂の運搬が阻害され，大量の堆砂が発生するとともに，下流域では砂の流出と河床の低下，河床かく乱の減少と浮き石の消失，海岸の浸食と後退が著しい。天竜川では比較的大きい機能維持流量（鹿島にて $86\text{m}^3/\text{s}$ ）を設定しているため断流はないが，出水後はダム湖に濁水が発生するため年の大半で佐久間発電所放水口より下流で濁水となり，容易に透明度が回復しない。それが景観を害し，アユの生息生育を阻害している。また，最下流の船明ダムには魚道があるが，その上流の秋葉ダム，佐久間ダムにはなく，水生生物の移動ができず，利水で河川流量も減少している。一方で，日本の電源としての水力発電の重要性は増している。

3. 提案

ダムに様々な弊害があるとはいえ，現状では撤去もままならない。まずは，堆砂などの障害をなくして選択肢を増やすべきである。すでに，膨大な良の

ダム堆砂の運搬手段は事実上鉄道のみであることを述べてきた。今回は，長期濁水を解消するために大嵐（おおぞれ）付近（図中A）から旧飯田線水没区間を利用して清水バイパスを設置し，透明度の高い水をダム取水塔（図中Dの地点）へ直接供給することにより下流の濁水を解消することを提案する。

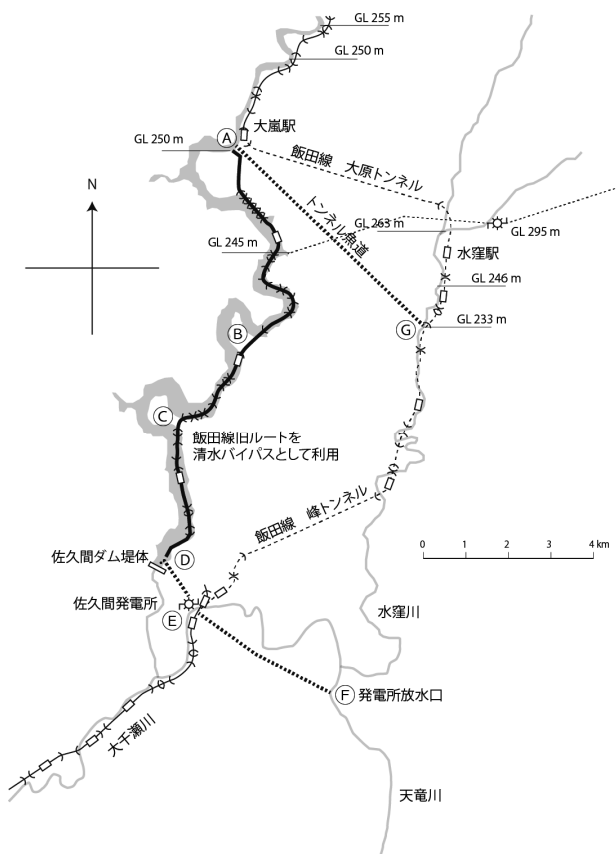


図. 佐久間ダム周辺の状況と提案内容

また，大嵐付近から水窪川に魚道を通すことにより水生生物の往来を確保することを提案する。

4. おわりに

国は，河川とエネルギーの政策における諸問題の抜本的長期的対策を提示できないでいるが，本提案も含めて改善案の検討を急いでいただきたい。

*根立竜馬, 佐藤 翼, 千賀有希子 (東邦大・理)

1. はじめに

千葉県習志野市にある谷津干潟では、近年グリーントイド現象と呼ばれる海藻 *Ulva* sp. の異常増殖が起こっている。グリーントイドが発生すると、*Ulva* sp. の被覆に伴って堆積物が還元化し H_2S が発生する、他の水棲生物の生長を妨害するなど、干潟生態系に様々な問題を及ぼす。本来、干潟生態系は潮汐の干満により酸化的状態と還元的状態が繰り返されるため、有機物や栄養塩類を浄化する微生物機能が高い場であるといわれている。そのような微生物機能に対してグリーントイドが及ぼす影響が懸念されるが、その詳細についてはほとんど明らかになっていない。

本研究では、グリーントイドによる微生物機能への影響について明らかにするために、*Ulva* sp. の主要な構成成分であるセルロースの分解に関与する β -グルコシダーゼ活性 (GA)、リンの無機化に関与するフォスファターゼ活性 (PA)、窒素の浄化に関与する脱窒活性 (DA) の経月変化を調べた。また、単回帰分析および主成分解析 (PCA) により各活性と環境因子の関係を検討した。さらに、水槽を用いた *Ulva* sp. 培養実験および分解実験を行い、*Ulva* sp. の増殖または枯死に伴う各活性の変化をみた。

2. 方法

経月変化

2014年9月から月に1度、現場で堆積物を採取し GA、PA、DA の測定を行った。GA と PA の測定では基質としてそれぞれ 1 mM 4-Methylumbelliferyl- β -glucoside 溶液、1 mM 4-Methylumbelliferyl-phosphate 溶液を堆積物 1 g に 1 mL 加え、現場の温度で 1 時間培養した。培養後、励起波長 360 nm、蛍光波長 445 nm において上澄み液の蛍光強度を測定し、各活性値とした。DA の測定についてはアセチレン阻害法に準じた。70 mL バイアル瓶に堆積物を 5 g、海水を 15 mL、基質として 7 mM KNO_3 溶液を 1 mL、 C_2H_2 を 3 mL を加え、20 °C、還元、暗条件下で 5 時間培養した。培養後、 N_2O 濃度を測定し活性値とした。

水槽実験

谷津干潟の堆積物 4.4 kg、海水 14 L を水槽に入れ、さらに *Ulva* sp. 80 g を入れた。また、コントロールとして *Ulva* sp. を入れていない水槽も用意した。こ

れを蛍光灯下で 169 日間静置し、その後水槽を黒ビニールで遮光して 72 日間 *Ulva* sp. を分解させた。時間を追って培養時と分解時の *Ulva* sp. の有無による各活性の変化を調べた。

3. 結果と考察

2014年9~10月においては *Ulva* sp. の活発な生長がみられたが、2014年11~2015年2月にかけては衰退し分解されていた。また、2015年3~4月にかけては *Ulva* sp. が大幅に減少し、ほとんどみられなかった。GA は *Ulva* sp. が活発に生長していた 2014年9~10月と分解時の 12月に高かった。また、PA は *Ulva* sp. 分解時の 2014年11月、2015年1月に他の月と比べて大きく低下した。DA は *Ulva* sp. がみられなかった 2015年3~4月に高くなった。

各活性の経月変化と環境因子についてピアソンの積率相関係数を求めたところ、GA は全ての環境因子と相関がみられなかった。PA は地温 ($r=0.61, p=0.012$) と海水中の NH_4^+ 濃度 ($r=0.52, p=0.041$) との間に相関がみられ、夏期に還元的な環境で活性が高くなると考えられた。DA は堆積物中の有機物量 ($r=0.51, p=0.044$) と海水中の NO_3^- 濃度 ($r=0.55, p=0.029$) との間に相関がみられ、*Ulva* sp. や他の水棲生物による有機炭素と NO_3^- 基質の供給が関与することが示された。また、2015年4月までに得られたデータより PCA 解析を行ったところ、現場の温度と栄養塩濃度の変動が各活性に対して大きく寄与することが示唆された。

水槽実験では、GA は培養時と分解時ともに *Ulva* sp. 有りの水槽の方がわずかに高くなった。このことから、GA は *Ulva* sp. の存在で高くなることが示めされた。PA については *Ulva* sp. 培養時と分解時ともに *Ulva* sp. の有無による違いがみられなかった。DA については、*Ulva* sp. 分解時に *Ulva* sp. 有りの水槽より *Ulva* sp. 無しの方が活性が高くなった。これは *Ulva* sp. 有りの水槽が還元的な環境となり、発生した H_2S が DA を抑制したためと考えられた。

以上の結果より、谷津干潟において GA は *Ulva* sp. の存在下で高くなる、PA は夏期の還元環境下で高くなり冬期の *Ulva* sp. の分解時に低下する、DA は H_2S が発生するような還元環境下で抑制され、*Ulva* sp. がみられない時期は高くなると考えられた。

P-3

汽水湖における有機汚濁指標

*小川竜平（静岡大・院工），戸田三津夫（静岡大・院工）

1. はじめに

浜名湖に接続している佐鳴湖は汽水湖であり，平成13年度から18年度まで化学的酸素消費量(COD)の値が日本でワースト1位であった。CODは試料を処理するときに消費される酸化剤の量を酸素の量に換算したもので，被酸化性物質は有機物が主であるため，CODを有機物の相対的な尺度とみなすことができる。水環境において有機物量が水質の指標となることから，CODが有機汚濁指標として湖沼の水質評価に利用されている。しかし過去の研究から，酸化剤によって値が異なる，特にCOD_{Mn}（酸化剤が過マンガン酸カリウム）では酸化が不十分で値が過少となる，また有機物の種類によっても値が異なるといった報告がされている。さらに酸化時の条件，還元性無機物の存在によっても値が変化するという問題点も存在する。佐鳴湖のような汽水湖では，還元性無機物が多く存在するため，COD値が過大になる恐れがある。これらのことからCODが有機汚濁指標として妥当でないという指摘がある。本研究では酸化剤，有機物，加熱条件との関係を検討することで，CODの特性を調査した。

2. 方法

CODの標準測定はJIS K 0101に準じて行った。加熱処理にはHACHのDigital Reactor Block 200を用いた。COD_{Mn}とCOD_{Cr}（酸化剤が二クロム酸カリウム）を測定し，これらの比較を行った。また加熱温度を変化させることでCOD値の変動を観察した。

3. 結果と考察

各有機物のCODの測定結果をTableに示した。COD_{Mn}では酸化が不十分で，有機物の種類によって値が異なるため，有機汚濁量が判断しにくい。一方，COD_{Cr}は理論値に近い値となり，有機物量を表す尺度として適しているということが分かった。(Table)

Table 有機物とCOD測定値（換算O₂g/基質g）

	理論値	COD _{Mn}	COD _{Cr}
エタノール	2.08	0.55	2.1
2-プロパノール	2.53	0.28	2.3
フェノール	2.38	1.8	2.3
アセトン	2.20	0.031	2.0
酢酸	1.07	0.12	1.0
安息香酸	1.97	0.11	1.8
ジエチルエーテル	2.59	0.22	1.9
酢酸エチル	1.97	0.34	1.3

COD_{Cr}測定での加熱温度の影響をFig.に示した。理論値を酸化率1としたときの相対的な比として示している。佐鳴湖水に関しては，組成不明で理論値が存在しないため，150°Cでの測定値を1とした。

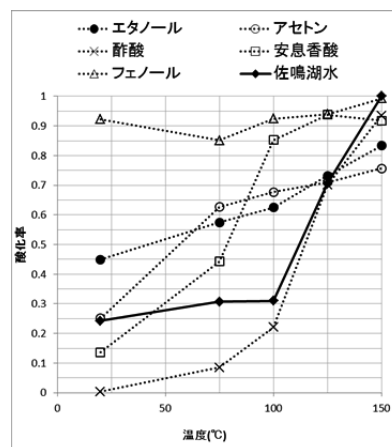


Fig. COD_{Cr}と加熱温度の関係
(標準条件は150°C，120分)

佐鳴湖水は低温で酸化率が低く，酢酸や安息香酸と同様の傾向を示した。このことから佐鳴湖水の被酸化性物質はカルボン酸のように酸化反応が進みにくいという性質があることが分かった。(Fig.)

酸化剤の種類，測定時の加熱温度によってCOD値が変化することが分かった。また加熱温度による指標有機物とサンプル水の傾向の比較から，汽水湖の被酸化性物質の性質の評価が可能であると考えられる。

P-4

Web 公開不希望

*植田真司，長谷川英尚，落合伸也，柿内秀樹，大塚良仁
久松俊一（環境科学技術研究所）

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故により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、陸域の土壤に沈着した。沈着した放射性セシウムは土壤に強く吸着しているため、降水時に土壤粒子とともに環境中を移行すると考えられ、上流域から下流域へ、そして最終的に下流域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、浮遊砂サンプラーを設置して浮遊砂（懸濁粒子）を採取し、懸濁粒子中の ^{137}Cs 濃度、及び河川流量を測定し、河川からの懸濁粒子態 ^{137}Cs の流出量を推定した。

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曽川及び割木川で観測を実施した。採取地点の上流部の主な土地利用形態は、比曽川では水田であり、割木川では森林である。

写真 1 に示すように、河川水中に全長 1 m の浮遊砂サンプラー（塩ビ製パイプ、内径 100 mm、先端開口部内径 4 mm、容積 8 L）を約 40~50 日設置して、パイプ中の残留物を回収し、懸濁粒子試料とした。試料採取は、2014 年 6 月から 2015 年 2 月までの期間、計 6 回行った。また、河川の流速、水位を測定して、河川断面積と流速から河川流量を求め、河川からの懸濁粒子態 ^{137}Cs 流出量の推定に用いた。

採取した懸濁粒子試料は、60℃で乾燥後、U8 容器に充填した。懸濁粒子中の ^{137}Cs 濃度は Ge 半導体検出器（Seiko EG&G ORTEC 社製）で測定し、全有機炭素（TOC）濃度は元素分析計（Thermo Fisher Scientific 社製）を使用して測定した。

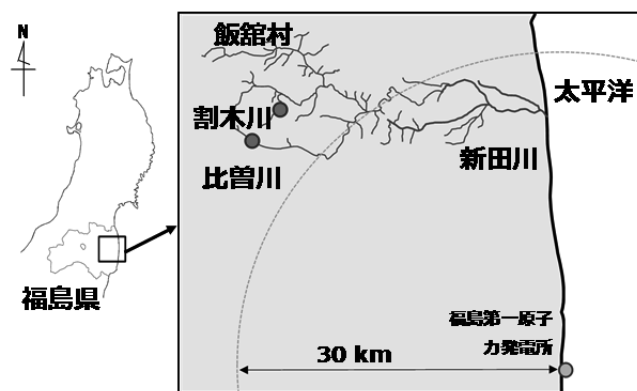


図 1. 飯舘村河川における観測地点

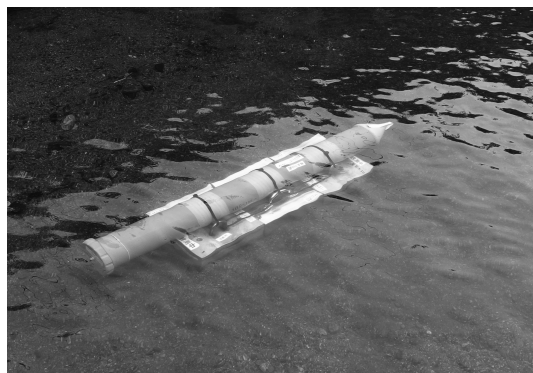


写真 1. 割木川に設置した浮遊砂サンプラー（上が上流側）

3. 結果と考察

浮遊砂サンプラーに溜まった懸濁粒子は一日当たり 0.1~2 g の範囲であった。懸濁粒子中の平均 TOC 濃度は、比曽川及び割木川でそれぞれ 120 及び 80 mg g⁻¹-乾となり、比曽川のほうが割木川より大きかった。比曽川及び割木川における懸濁粒子中の平均 ^{137}Cs 濃度（平均値±SD）はそれぞれ 34±8 Bq g⁻¹-乾及び 25±11 Bq g⁻¹-乾となり、比曽川のほうが割木川より大きな値となった。先行研究でも、同調査地点より上流域に沈着した総 ^{137}Cs 沈着量に占める流出率は、割木川より比曽川が若干大きかった（Ueda *et al.*, 2013）。これらの差異は、両河川流域の ^{137}Cs 沈着量（文科省、2011）が同程度であることを考慮すると、土地利用形態に起因しているものと考えられる。

各期間に採取した懸濁粒子中の ^{137}Cs 濃度と河川流量の結果を用いて、河川からの懸濁粒子中 ^{137}Cs の流出量を推定した。その結果、両河川ともに年間当たり 10⁸ Bq オーダーの ^{137}Cs 流出量が推定された。2014 年時の両河川流域の ^{137}Cs 沈着量は 10¹² Bq オーダーであることから、 ^{137}Cs 沈着量に対して 1%未満が河川を通して懸濁粒子態 ^{137}Cs で流出していると考えられる。

本結果から、両河川から流出している ^{137}Cs は高濃度であるが、流域に沈着した放射性セシウムの割合からみると小さく、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

文科省（2011）放射線量分布マップ、H23.4.29.
Ueda *et al.*, (2013) *J. Environ. Radioact.*, 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。

放射性セシウムの輸送と分布

* 福島慶太郎, 橋本達範 (首都大院・都市環境)
河野益近 (京大・工), 横山勝英 (首都大院・都市環境)

1. はじめに

2011年3月の東日本大震災後に発生した福島第一原発の事故は、原発周辺だけでなく、関東から東北地方にかけて広く放射性物質が拡散した。時間経過とともに当該地域の空間線量率は減少しているが、放射性物質が森林生態系内の物質循環の中に取り込まれたり、降雨時に河川へ流出したりと、時々刻々とその分布が変化している。事故発生当初に放射性物質が沈着した時点から、数年間の移動・蓄積の実態解明が不可欠であるといえる。

福島原発からおよそ170km離れた、岩手県南東部から宮城県北東部に位置する気仙沼湾流域圏では、上流部の山地に空間線量率が $1\mu\text{Sv h}^{-1}$ のやや高い地点が見られる。事故後、流域内での放射性物質の移動・拡散を予測し、対策を講ずるためにも、定期的に流域環境中の放射性物質の存在量や移動量を把握する必要がある。

本研究では、放射性セシウム(^{134}Cs と ^{137}Cs)に注目し、2012年の12月から2013年9月にかけて、気仙沼湾流域圏内の表層土壌、平水時及び降雨時における河川水中の溶存態・懸濁態物質、海水中の溶存態・懸濁態物質、海底底質に含まれる放射性Csを測定した。これにより、原発事故から約2年経過した時点での気仙沼湾流域圏における放射性Csの空間分布と流域内での移動様式を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

本研究では、気仙沼湾とそこに流入する3つの河川(大川・鹿折川・舞根川)からなる流域を気仙沼湾流域圏とした。流域圏内の森林や耕作地など15地点で、 $20\times 20\text{cm}$ 区画で表層有機物及び深さ5cmまでの鉍質土壌を採取した。土壌は風乾後にプラスチック容器に詰め、放射性Csを測定した。河川は大川の上流と下流及び3つの支流を対象に、平水時に1度、20L採水を行った。また2013年7月の降雨出水時には、降雨開始、流量ピーク、流量低減、降雨終了の4回、それぞれ20Lずつ採水した。出水翌日

には大川河口付近で海水を50L採水した。河川水及び海水サンプルは、 $40\mu\text{m}$, $20\mu\text{m}$, $0.3\mu\text{m}$ メッシュのフィルターで順次濾過を行い、サイズの異なる懸濁態物質を得、フィルターを放射性Csの測定に供した。濾液は、リンモリブデン酸アンモニウム(AMP)共沈法によって溶存態Csを濾紙に回収し、濾紙を放射性Csの測定に供した。さらに、出水2ヶ月後に海底底質の表層1cmを37地点で採取し、乾燥試料をプラスチック缶に詰めて放射性Csの測定に供した。試料中の放射性Cs(^{134}Cs と ^{137}Cs)をGe半導体検出器によって測定した。

3. 結果および考察

気仙沼湾流域圏の陸域では、文部科学省が公開している空間線量率の高い大川上流において、表層土壌中の乾燥重量当たりの放射線量($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$; $\text{Bq kg}^{-1}\text{dry}$)、大川中・下流域および鹿折川・舞根川流域の土壌に比べて1.2~3倍ほど高かった。大川とその支流の河川水に含まれる溶存態の放射性Csは、平水時はどの地点においても約 $2\sim 3\text{mBq L}^{-1}$ とわずかであったのに対し、降雨出水時には10倍以上に上昇した。河川水中では1L当たりの放射線量は溶存態に比べ、懸濁態が約3~50倍ほど高かった。また、粒径の細かい懸濁態物質ほど単位重量当たりの放射線量が高かった。この画分は、どの地点においても降雨開始から流量ピークまでの間に多く流出しており、土壌表層や河床に堆積していた粒径が細かく、放射線量の高い懸濁態物質が流出したものと考えられる。

海域では溶存態・懸濁態とも放射性Csはほとんど検出されなかったが、海底に堆積した底質の表層は、大川の河口付近で $700\sim 800\text{Bq kg}^{-1}\text{dry}$ と、他の海域及び他の河川河口付近に比べて8倍以上高かった。このことから、陸域に降下した放射性Csは、事故から2年経過した時点で、土壌表層に蓄積されており、降雨時に粒径の細かいこれらの懸濁物が流出し、河口付近の海底に堆積していることが示された。

体長・食性との関係

*鏡味麻衣子, 泉川幸希, 風呂田利夫 (東邦大学・理), 石井伸昌 (放医研)

1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性物質は、千葉県においては北西部を中心に降下沈着した。印旛沼流域においては、手賀沼流域よりは濃度は低かったものの特に底泥中から検出されており、一部の地域では増加傾向にあることも明らかになっている。水中や底泥中など環境中の放射性物質の濃度は調査されている一方、生物中の濃度については、有用魚種（水産物）をのぞき、殆ど調べられていない。

放射性セシウム Cs は同族元素のカリウム K と化学的性質が似ているため、K と区別されずに生体に取り込まれてしまう。生体内の放射性 Cs の蓄積には生物の栄養摂取方法や代謝速度が関係している可能性がある。そこで、本研究では、印旛沼の魚類と底生生物（ベントス）中の ^{137}Cs 濃度を測定し、食性、生息場所、体サイズ、栄養段階（安定同位体比による推測）との関係を検討した。また、体内での ^{137}Cs の挙動を把握するため器官毎に濃度を比較した。

2. 材料と方法

北印旛沼やその周辺の河川等において、2014年4月から11月の間、定置網およびタモ網を用いて魚類およびベントスを捕獲した。採取した試料は個体ごとに湿重量を測定し、全長 20cm 以下のものは 60°C で乾燥、または、凍結保存後に凍結乾燥させた。20cm 以上の個体については、器官毎に分け、同様に乾燥させた。乾燥させた試料は、ミルサーを用いて粉碎し、ゲルマニウム半導体検出器を用いて測定した。また、上試料のうち北印旛沼で捕獲された魚類は栄養段階を求めるため、窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) 分析を行った。 ^{137}Cs 濃度と湿重量、もしくは栄養段階 ($\delta^{15}\text{N}$) の関係は、それぞれ単回帰分析により解析した。また、T 検定により食性（雑食、肉食）もしくは生息環境（底生、遊泳かつ底生）の違いによ

り ^{137}Cs 濃度に差があるかを解析した。

3. 結果および考察

採取した試料のうち、フナ類、ニホンウナギ、オクチバス、アメリカナマズ、ニゴイ、ブルーギル、コイ、ボラ、カムルチー、ワタカについて、器官毎の測定を行った結果、筋肉、消化管、生殖巣、肝臓の順で ^{137}Cs 濃度が高かった。筋肉が最も ^{137}Cs を蓄積する部位であり、人やその他実験動物を用いた先行研究の結果とも一致する。

食性では肉食魚のほうが雑食魚よりも ^{137}Cs 濃度が有意に高かった。また、栄養段階 ($\delta^{15}\text{N}$) と ^{137}Cs 濃度の間では有意な相関関係が見られた。淡水魚の Cs 蓄積には餌による摂取が影響を与え、肉食性の魚種は Cs の摂取が多いことが推察される。さらに、食物連鎖を通じた段階的な Cs の蓄積が示唆された。

生息環境（底生、遊泳かつ底生）の間では ^{137}Cs 濃度に有意な差は見られなかった。Cs が多く存在する底泥近くに生息する魚種で必ずしも高い Cs の高い蓄積が生じるわけではないことが明らかとなった。

湿重量と ^{137}Cs 濃度の間には有意に正の相関関係が見られた。体サイズ（湿重量）は代謝を決定づける要因の一つであることが知られ、体サイズが大きいほど単位重量当たりの代謝速度は減少する。体サイズに係る代謝速度が Cs の蓄積に影響していることが推察される。また、湿重量と ^{137}Cs 濃度の関係は食性により傾きが異なり、肉食性の魚種では有意に正の相関関係が見られた。Cs の摂取が多い肉食性においてサイズ効果の影響は強いのかもしれない。

淡水魚における ^{137}Cs 濃度には食性、 $\delta^{15}\text{N}$ 、湿重量が影響していた。淡水魚における Cs 蓄積は栄養摂取と代謝速度が複合的に影響を与えていると考えられる。

金沢市近郊を流れる 4 河川の水質特性を 溶存化学種のプロファイルから観る

*藤永 薫, 大嶋俊一, 渡辺雄二郎, 小松 優 (金工大院・バイオ化)

1. はじめに

金沢市を流れる市民にとって身近な河川である犀川、浅野川、金腐川、森下川の 4 河川について、これら 4 河川の平常時の水質を知ることを目的に水質調査を 2006 年から毎月一回定期的に行っている。本研究では、蓄積されたデータから平年値を算出し、4 河川の水質特性を溶存化学種のプロファイルによって紹介する。

2. 材料と方法

2.1 採水方法

採水は、2 L ポリボトルに 1 Kg の釣り用鉛製錘をビニールテープで巻き付けて、ビニル紐を付けた自製の採水器を用いて、橋の上から流心部の水を採取した。4 河川とも最下流地点で 1 m 程度、上流部の多くの地点で水深は 30 cm 程度と浅く、鉛直方向での成層は無いものと考えて表層部の水を採取した。採水地点は、各河川の上流域と下流域各 1 地点を任意に選んだ。

2.2 分析方法

最初に 660 nm で濁度を測定した後に、試料水 500 ml を計り取り、0.45 μm のメンブランフィルターを使用して吸引ろ過を行った。メンブランフィルターは、100°C で 4 時間焼成させ、SS 値を求めた。陽イオン種 (Na⁺, Mg²⁺, K⁺, Ca²⁺) は試料を 20 倍希釈行って ICP-OES (VARIAN 社製、VISTA Pro-AX 型) で、陰イオン種 (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) は試料を 10 倍希釈行って高速液体クロマトグラフ分析装置 (Waters 社製 2690 Separations Module 型, Waters 社製 432 Conductivity Detector 型) を、NH₄⁺ はフローインジェクション分析装置 (AQUALAB 社製 FI5010V 型) で、PO₄³⁻ は紫外・可視吸光度計を用いてモリブデンブルー法によって定量した。

3. 結果と考察

3.1 栄養塩類

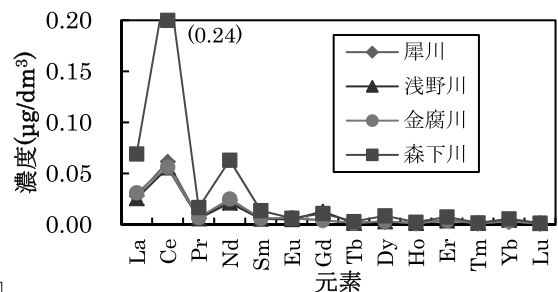
栄養塩類として、NH₄⁺-N について計測した平成 19-24 年の 6 年間の平均値を表 1 に纏めたが、浅野川下流

地点が特異的に高い値を示している。浅野川の上下流地点で有意の差があることから、両地点間で支流から流入している可能性が考えられる。PO₄-P についても、同じ傾向が認められる。□□□□□□□□□□□□□□表 1 □各河川における NH₄⁺-N 濃度

河川	2007-2012 平均値
犀川上流	0.136±0.0393 mg/dm ³
犀川下流	0.714±0.343 mg/dm ³
浅野川上流	0.526±0.99 mg/dm ³
浅野川下流	3.42±1.66 mg/dm ³
金腐川上流	0.454±0.423 mg/dm ³
金腐川下流	0.343±0.383 mg/dm ³
森下川上流	0.244±0.154 mg/dm ³
森下川下流	0.169±0.0647 mg/dm ³

3.2 Na⁺, K⁺イオン □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
犀川と浅野川は、下流の Na⁺ と K⁺ イオン濃度が上流よりも高く、支流から流入負荷されている。一方、金腐川と森下川は流入河川が少なく、上下地点間で両イオン共に濃度変化が殆ど無い。□□□□□□□□

3.3 希土類元素 □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
各河川における希土類元素の元素毎の濃度を下図に示す。図 1 で明らかなように、森下川の濃度が最も高い。この濃度分布は、宇宙における希土類元素の存在度と一致しており、森下川流域の土壤成分の影響を反映していると考えられる。□□□□□



□ □ 図 1 下流地点における各希土類の濃度

このように、非常に隣接して流れている河川にも拘わらず、溶存化学種のプロファイルはそれぞれ異なっていることが明らかになった。

P-10

Web 公開不希望

懸濁態生物起源ケイ素の分析法改良とバイカル水系試料への適用

*細田 耕（京都大院・人間環境学），望月陽人（京都大院・人間環境学），三村徹郎（神戸大・理学），渡辺泰徳（立正大・地球環境科学），佐藤泰哲（山形大・理学），Valentin V. Drucker（ロシア科学アカデミー・陸水学研究所），Vladimir A. Fialkov（ロシア科学アカデミー・バイカル博物館），杉山雅人（京都大院・人間環境学）

1. はじめに

生物起源ケイ素（Biogenic Silica: BSi）とは、生物活動を通じて作り出された非晶質の粒状態ケイ素の総称である。これらは、海洋や湖沼において珪藻などにより生産される。堆積物や懸濁物中の BSi を測定することによって、生態系や Si の生物地球化学的循環を解析する上で重要な情報が得られる。

BSi を求めるためには、共存する粘土鉱物中のケイ酸塩鉱物由来ケイ素（Lithogenic Silica: LSi）の影響を除く必要がある。BSi の分析で広く利用されているのが、アルカリ抽出法である。この方法は、BSi がアルカリ溶液に対して LSi よりもはるかに溶けやすいという、溶解速度の違いを利用したものである。アルカリ抽出法を懸濁態 BSi の測定に用いた分析法として、Ragueneau らが提案した方法がある。この手順としては、検水をろ過したフィルターを遠沈管に入れ、0.2 M の NaOH を 4.0 ml 加える。これを 100℃、40 分間加温する。冷却後、1.0 M の HCl を 1.0 ml 加えて抽出をとめ、遠心分離で上澄み液と残った懸濁物を分離する。ピペットを用いて上澄み液 2.5 ml を回収する。遠沈管の残留物を蒸留水で洗浄した後、同じ操作をもう一回行う。得られた二回の抽出液中の Si と Al を測定する。一回目、二回目の抽出液の Si と Al の濃度をそれぞれ [Si]₁、[Si]₂ 及び [Al]₁、[Al]₂ とすると BSi の濃度 ([BSi]) は次の式により求まる。

$$[BSi] = [Si]_1 - [Al]_1 \times [Si]_2 / [Al]_2$$

この方法は、

- ① 一回目の操作では、ケイ酸塩鉱物由来の Si や Al とともに、すべての BSi が抽出される。
 - ② 二回目の操作では、ケイ酸塩鉱物にのみ由来する Si と Al が抽出される。
 - ③ 一回目と二回目に抽出されるケイ酸塩鉱物由来の Si と Al の比 (Si/Al) は同じである。
- という三つを前提としている。

演者らはこの分析法について検証し、いくつかの問題点があることを見出した。そこで、改良法について検討したので、ここで報告する。

2. 分析法の問題点

Ragueneau らの分析法についての問題点は、

- ① 遠心分離後の抽出液中の Si や Al の濃度が一様ではない。
 - ② 一回目と二回目に抽出されるケイ酸塩鉱物由来の Si/Al は異なる。
- の二点である。

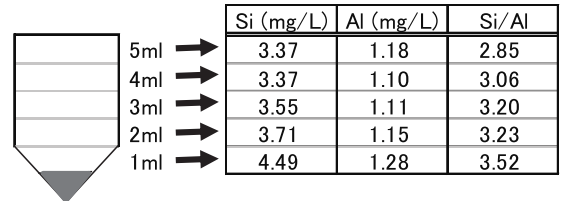


図 1 花崗岩のアルカリ抽出

演者らは、いくつかの岩石標準物質を用いて、Ragueneau らの分析法と同じ条件でアルカリ抽出を一回行った。遠心分離後の抽出液を、上から 1 mL ずつ分取し、Si と Al の濃度を誘導結合プラズマ発光分析法で求めた。花崗岩についての結果を、図 1 に示す。抽出液中の濃度は一様ではなく、それぞれの層で濃度が異なり、Si では下層ほど濃度が高いという結果となった。そのため、抽出液の上澄み 2.5 ml を分取した場合、どの位置で分取するかで、Si と Al の濃度が変わることになる。

また、同様にいくつかの岩石標準物質を用いて、アルカリ抽出を二回行い、Si と Al の濃度を求めた。花崗岩では一回目と二回目の Si/Al はそれぞれ 2.43 と 3.05 となり③の前提が成立していなかった。これは、一回目の抽出で懸濁物の化学的・物理的状態が変化しており、二回目の抽出の際には、一回目とはそれらの状態が異なるためと考えられる。

3. 改良法の検討

問題点①については、遠心分離ではなく、ろ過により抽出液と懸濁物を分離することで、解決できると考えた。問題点②については、次のように改善した。培養した珪藻から BSi が 10 分以内に抽出されることを確認し、一回目の抽出時間を 10 分と定めた。いくつかの岩石標準物質を用いて、一回目の抽出による Si/Al に近い比となる二回目の抽出時間を求め、これを 10 分と定めた。

この方法を検証するため、京都の琵琶湖疏水の水を測定した。検水を 300 ml ろ過したもの 3 検体、400 ml ろ過したもの、300 ml ろ過した後に妨害物質として花崗岩を 1 mg 加えたものの 3 種類を測定した。その結果、それぞれ 12.1~17.3 μg/L、16.8 μg/L、17.8 μg/L と近似した結果が得られた。

講演では、ロシアのバイカル水系の BSi の測定結果についても報告する。

1) Ragueneau et al.(2005), Continental Shelf Research, 25, 697-710

*大八木麻希 (四日市大学・環境情報), 加藤義久 (東海大学・海洋)、
八木明彦 (愛知工業大学・工)

1. はじめに

深見池は長野県下伊那郡阿南町大下条にある天然富栄養湖である。ここは北緯 35° 19', 東経 137° 49', 海拔 484 m の所に位置し, 湖の短径は 150 m, 長径は 300 m, 面積は 2.1 ha である。集水域面積は, 0.247km² (長野県, 1991) であり, 2008 年の集水域内の人家は 12 戸である。栄養塩流入の施肥に関する土地利用については護岸工事以前には果樹園も存在したが, 現在では水田と畑のみであり, それぞれ集水域面積の 4%(0.010km²), と 65% (0.16km²) である。流入口は 10 カ所 (常時流入しているのは 7 カ所), 流出口は 1 カ所である。

深見池では, 水環境整備事業 (事業主長野県) として 1992 年に護岸工事が行われた。その結果, 周辺の家庭雑排水の湖への流入は停止し, 周辺に遊歩道が整備され, 集水域からの表層水の流入はほとんど無くなった。なお, 湖岸整備前後でただ一つある流出口の位置と高さは変わっていない

深見池の護岸工事による内部生産量に変化が生じたかを見るために, 過去 50 年間の文献値と新たな観測結果から透明度と堆積速度を用いて考察した。

2. 材料と方法

透明度はセッキ板を用いて湖心にて測定した。測定期間は, 1978 年~2009 年までであり, 1993 年~1998 年の 6 年間の欠測期間があるものの概ね月一回であった。新生堆積物は, 2007 年 1 月~2008 年 12 月に湖心にて, 深度 7m の水中にトラップとしてポリ容器 (容量 3L) を固定し約一ヶ月ごとに回収した。なお, 夏季に湖上にて花火大会が開催されるため, やむを得ず 2007 年 7 月 22 日~29 日, 2008 年 7 月 20 日~30 日は中断した。底泥はエクマン・バージ採泥器 (採泥面積 20×20cm) を用いて湖心で採泥した。測定期間は 2007 年~2009 年の概ね月一回であった。堆積速度を求めるために含水率と比重を測定した。

堆積速度の算出には小山ら (1989) の式

$$h = (b / a c) \times (100 / (100 - w)) \times 365$$

を用いた (h : 一年間の堆積速度 (cm yr⁻¹), a : 沈殿ビンの入り口面積 (cm²), b : トラップ中の堆積物の乾燥重量(g), c : 湖底堆積物表層の比重 (小山 (1972) から算出), w : 湖底堆積物表層部 (0-8 cm) の平均含水量 (%))。2011 年の体積速度は鉛 210 (²¹⁰Pb; 半減期 22.3 年) は Kato et al. (2003) の方法に基づいて測定した。

3. 結果及び考察

透明度については, 1950 年代には 0.7m~2.8m (平均値±標準偏差, 1.38±0.67m) の値を示した。その後 (1970 年代) から護岸工事前(1992 年 4 月)は 0.50m~2.30m (1.04±0.30m) の値をとっており, 1950 年代と比較して平均値と季節変動がともに小さくなっている。護岸工事以降 (データは 1999 年 7 月~2011 年 12 月) は, 0.35m~4.70m (2.00±0.84m) と平均値が顕著に高くなった。護岸工事前後での栄養塩の硝酸態窒素のデータは護岸工事前の 1978 年~1979 年には, 10~50 μgat l⁻¹(0.14~0.70mg l⁻¹) という高い NO₃-N の値が 10 月から 5 月にかけて観測された。8 月から 10 月初旬には 1 μgat l⁻¹(0.014 mg l⁻¹) 程度の低い値であった。護岸工事後の 1999 年~2000 年には, 0.4~7 μgat l⁻¹(5.6~98 μg l⁻¹) の値をとった。護岸工事前後で季節変動は似た傾向を持つが, 硝酸態窒素濃度は 10% 程度に低下した。護岸工事後の硝酸濃度低下は透明度の上昇に寄与したと推察された。

次に深見池の最大深度は, 1951 年に 9.3m であったのが, 1979 年には 8.5m, 1992 年には 8.1m, 2015 年には 7.8m と著しい深度低下が生じている。堆積速度は護岸工事前の 1979 年には 3.1cm year⁻¹, 護岸工事後の 2008 年には 1.1cm year⁻¹ であった。この結果を護岸工事前後での値とした場合, 実際の深度低下とよく対応する結果となった。これらのことから, 護岸工事後にも富栄養化は進行しているが, 内部生産量は著しく減少していることが明らかとなった。

P-13*

深見池における微量元素鉛直分布の特徴

*登めぐみ (愛知工業大院・工), 寺野ひろ実 (愛知工業大院・工)
岩月栄治 (愛知工業大・工), 八木明彦 (愛知工業大・工)

1. はじめに

深見池は、長野県下伊那郡阿南町にあり、北緯 35°32'55"77, 東経 137°81'93"56 に位置する天然の富栄養湖で、短径 150 m, 直径 300 m, 表面積 2.1 ha, 体積 $1.4 \times 10^5 \text{ m}^3$, 容積 $1.0 \times 10^5 \text{ m}^3$, 最大深度 7.70 m である。酸化還元と密接な関係がある鉄やマンガンについては多くの成果があり、また、微生物過程についても詳細に研究されてきた。今回はそれら以外の微量元素についても溶存態と懸濁態に分けて鉛直分布を求めた。

2. 方法

最大深度 (7.70 m) で船上よりサイホン式手動ポンプで採水した。水温と溶存酸素 (DO) は投入電極式 (蛍光法) を用いて測定した。微量元素は、テフロンろ紙 (PTFE, $0.5 \mu\text{m}$, $\phi 47 \text{ mm}$) でろ過し、溶存態 (D) と懸濁態 (P) に分離した。ろ液に濃 HCl を添加、沈殿物は王水で処理し、島津 ICPE-9000 (平成 24 年度 文科省私大研究設備整備費等補助金) で定量した。分析元素は、Al, As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, S, Se, Si, Sn, Ti, V, Zn である。

3. 結果と考察

深見池湖心における微量元素鉛直分布の変化は 5 パターンに分けられることが判った。

3. 1 酸化還元境界層付近から増加 (図 1 左上)

深見池では、長期の水温成層の結果、DO が 0.5 mgL^{-1} 以下、 H_2S が 0.5 mgL^{-1} 以上共存する層が出現し、酸化還元境界層とした。成層期において、DCa, PMg, DMn, DSi がこの様な変化を示した。底泥付近の DCa の増加は、大量に存在する緑色硫黄細菌が H_2CO_3 (CO_2) を摂取し、底泥中の炭酸カルシウムの溶解を促したことや、水中の PCa が底泥に蓄積する前に溶存化したためだと考えられる。

3. 2 酸化還元境界層と深水層で極大値 (図 1 右上)

DFe, PFe, DMg, DNa, DBa, PBa でこの様な分布が確認され、最大値はそれぞれ、DFe 7 mgL^{-1} , PFe 6.1 mgL^{-1} , DMg 3.61 mgL^{-1} , DNa 36.5 mgL^{-1} , DBa 4.59 mgL^{-1} , PBa 15.6 mgL^{-1} であった。

3. 3 酸化還元境界層で極大値 (図 1 左下)

PCa, PMn が相当し、深水層に懸濁物として堆積せず、溶存化したためだと考えられる。最大値はそれぞれ、 4.28 mgL^{-1} , 1.52 mgL^{-1} であった。

3. 4 各深度でばらつき (図 1 右下)

成層期において、生物の生育に関与していないとされている Al でこの様な分布を示し、DAI, PAI の最大値は 1.1 mgL^{-1} , 0.53 mgL^{-1} であった。さらに、PCr と PSi も同様な変化を示した。

3. 5 全層でほぼ一定値

循環期においてほぼ全ての微量元素で求められた。

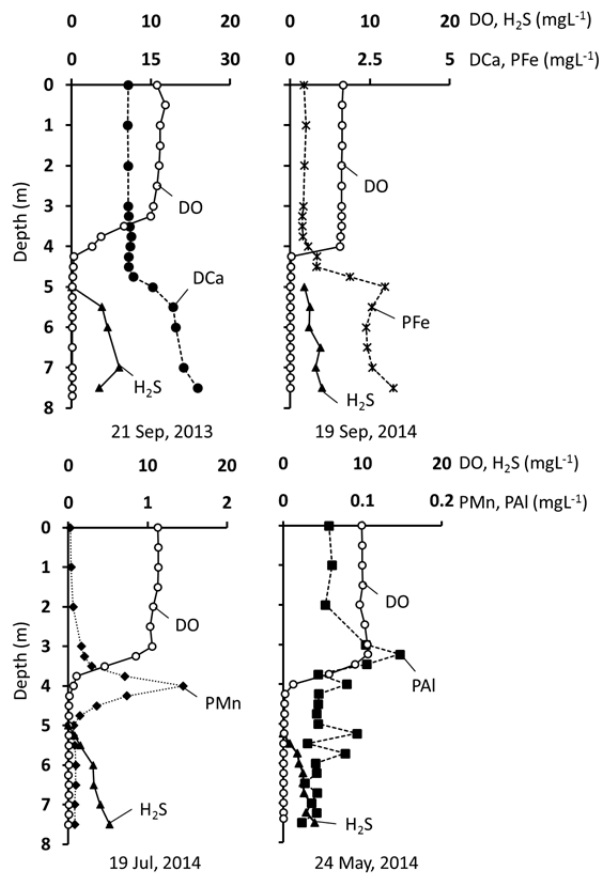


図 1 湖心における DO, H_2S , 微量元素の鉛直分布

淡水湖沼底泥における間隙水中溶存有機物の 分子サイズ分布と糖類組成の関係

*佐藤貴之, 今井章雄, 高津文人, 霜鳥孝一, 小松一弘 (国環研・地域 C)
岡本高弘, 桐山徳也 (滋賀県・琵琶研セ)
篠原隆一郎, 富岡典子 (国環研・地域 C)

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。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、霞ヶ浦湖水および底泥間隙水 DOM の中に紫外吸収や蛍光をほとんど持たない高分子画分が存在することなどを明らかにしてきた。本発表では、貧栄養および中栄養湖などの栄養段階が異なる淡水湖沼から底泥のコアを採取し、間隙水中 DOM の分子サイズ分布と中性糖組成などの関係について検討を行ったので、その結果を報告する。

2. 試料および方法

2013 年から 2014 年にかけて、霞ヶ浦西浦、猪苗代湖、中禅寺湖、十和田湖および琵琶湖南湖および北湖から内径 11cm、深さ 42cm の底泥コアを採取し、窒素ガス雰囲気下で 1.5~3cm 毎に 15 層に切り分け、遠心分離を行って底泥間隙水を採取した。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) 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。DOM 中の糖類は、pH 1.1 の塩酸酸性 & 100°C の条件下で 24 時間加水分解して単糖に変換した後に Dionex 製の糖類分析システムを用いて測定した。

3. 結果および考察

底泥間隙水 DOM の重量平均分子量 (Mw) は、霞ヶ浦を除き、ORP が -50mV を下回った場合に顕著に低下していた (図 1)。また、霞ヶ浦では、ORP が 25mV 以下および 100mV 以上の場合に Mw が低下しており、底泥表層の酸化還元特性が DOM の分子量分布に大きな影響を及ぼしていることが明らかと

なった。さらに、Mw と中性糖組成の間に明瞭な関係は見られなかったが、Mw と DOM 中の糖類由来炭素量の間には極めて高い正の相関関係があり、湖沼の栄養段階や水深の違いによる影響は見られなかった (図 2)。以上の結果から、間隙水 DOM の高分子量画分は、湖沼の栄養段階に関係なく炭水化物類を多量に含み、その存在量は底泥の酸化還元環境の違いに依存した生物反応に影響されている可能性が示唆された。

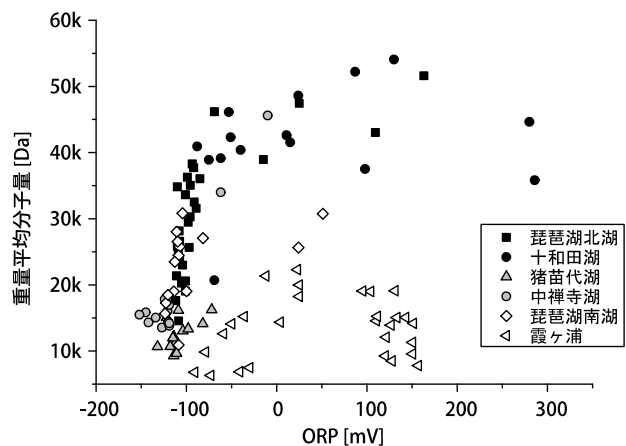


図 1 底泥間隙水の ORP と Mw の関係

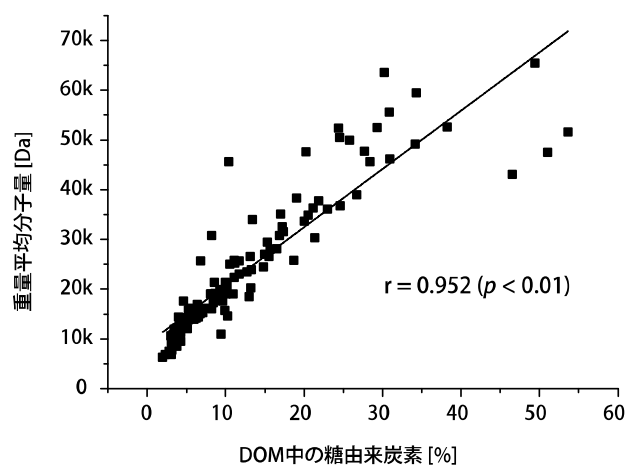


図 2 DOM の糖由来炭素量と Mw の関係

* 吉田 知可(信州大学・総合工学系研究科),
宮原 裕一(信州大学・山岳科学研究所)

1. はじめに

近年諏訪湖では水中の窒素・リン濃度が減少したにもかかわらず、湖底の溶存酸素濃度の低下が問題となっている。この貧酸素状態が長期にわたれば溶存酸素、アンモニアや硫化水素の発生を促進し、さらなる魚類や底生生物の減少にもつながる。また近年では、貧酸素状態が魚類に対して環境ホルモン様の作用をすることも知られてきており(Wuら,2003)、貧酸素の成因解明や規模の推定を行うことは、湖沼生態系の保全のため重要な課題と言える。

そこで本研究では、諏訪湖の溶存酸素濃度の経年変化を見るとともに、貧酸素を引き起こす環境要因の推定を試みた。

2. 実験方法

諏訪湖における溶存酸素濃度の経年変化を明らかにするため、信州大学山地水環境教育研究センターによる定期観測データ^{1,2)}を用いての溶存酸素濃度の解析を行った。解析の対象とした期間は1977年から2011年の夏期(6月から9月)とした。

貧酸素化を引き起こす環境要因として、表層と底層の水温差、植物プランクトン量(クロロフィル a 濃度)、風速について検討した。水温およびクロロフィル a 濃度^{1,2)}も1977年から2011年までのデータを用いた。風速は、気象庁の気象統計情報から得た。また、解析に用いた風速は、溶存酸素濃度の測定を行った日の前日の平均風速とした。

貧酸素の規模の変動を見るために、溶存酸素濃度が $3\text{mg-O}_2/\text{L}$ 以下となる状態を貧酸素と定義し、水深と溶存酸素濃度の回帰直線から決定係数が0.9以上となる点を選択し、その回帰式をもとに、貧酸素層の厚みを求めた。

3. 結果と考察

貧酸素に関連する環境要因を明らかにするため、クロロフィル a 濃度、風速、水温と底層(5m)の溶存酸素濃度との関係について検討した。

表層(水深:0m)と底層(水深:5m)のクロロフィル a 濃度と底層の溶存酸素濃度はそれぞれ正の相関が見られた(表層:0.12, $P \geq 0.05$, 底層:0.30, $P \geq 0.001$)。これは湖内の溶存酸素が植物プランクトンから供給されていることを示唆するものの、一方で湖水が混合すると、植物プランクトンが底層に輸送されることも考えられた。続いて前日風速と溶存酸素濃度との関係を見たところ、両者との間に弱い正の相関が見られた(0.11, $P \geq 0.005$)。これは風により鉛直混合がなされていることを支持している。

底層(水深:5m)の溶存酸素濃度と貧酸素層の厚みには強い負の相関が見られた(-0.82, $P \geq 0.001$)。また表層(1m)と底層(5m)の水温差とも同様の強い負の相関が見られた(-0.61, $P \geq 0.001$)。この強い相関が示す通り、諏訪湖の貧酸素化とその規模の変動に最も影響する環境要因は表層と底層の水温差であった。つまり諏訪湖の貧酸素化は表層と底層の水温差の拡大により、湖内の鉛直混合が抑制されたことが大きな要因であると考えられた。

また、近年の水温差が拡大した理由として、温暖化による気温上昇と、それに伴う湖面表層の水温上昇が考えられた。さらに、流入河川の水温は、諏訪湖底層の水温に近く、底層へ河川水が流入したことによる水温成層の強化も考えられた。

引用文献

- 1)信州大学理学部付属諏訪臨湖実験所報告, 第10号
- 2)信州大学山地水環境教育研究センター研究報告, 第1号, 5号, 9号

溶存・懸濁態炭素に着目した温度成層湖である 涌池の好気・嫌気環境における炭素循環の解析

*丹 佑太 (東工大・総理工), 中川麻悠子 (東工大・ELSI)
大八木英夫 (日大・文理), 豊田 栄 (東工大・総理工)
吉田尚弘 (東工大・総理工, ELSI)

1. はじめに

水環境の炭素循環は生態系を理解するための多様な情報を与える。好気的水環境では植物プランクトンなど酸素発生型光合成が一次生産者となる炭素循環モデルが提唱されている。そして、水温、pH、富栄養度などの環境条件がモデル内パラメータへ及ぼす影響について研究されてきている^{1,2}。一方湖底、堆積物中など嫌気的環境では微生物叢が複雑であり、特に、化学合成独立栄養細菌、光合成細菌の一次生産への寄与が定量的に評価できていない。本研究では好気・嫌気的両環境条件で利用できる炭素循環の統合的なモデルの構築を最終目標とし、両環境条件が揃う単循環成層湖にて季節毎に有機・無機炭素化合物の炭素安定同位体比・濃度分析を行い炭素循環の定量的解析を行った。

2. 実験方法

研究対象地は長野県長野市に位置する温度成層湖“涌池”である。この湖は恒常的な流入河川と流出河川を持たず、4月頃から成層し、11月頃に循環する⁴⁾。嫌気層にて緑色硫黄細菌と紅色硫黄細菌が確認されている⁵⁾。採水は2014年5,8,10月,2015年2,5月の5回行った。流入水の他に表層から1m毎に8mまで採水し、躍層がある場合は、躍層も採水した。採取した湖水をGF/Fで濾過し、浮遊物とろ液に分離した。濾紙は懸濁態有機・無機炭素(POC・PIC)に、ろ液は溶存態有機・無機炭素(DOC・DIC)分析に用いて濃度・炭素同位体比を測定した。

3. 結果および考察

2014年8月は、4.5m付近に水温躍層があり、溶存酸素濃度が5m以深にて0.0mg/Lであった。POC濃度は表層から4mにかけての好気層では大きな変

化は見られず0.7mgC/L程度であったが、4.5m付近で急激に増加し、最大値3mgC/Lであった。またPOCの炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$ 値)は-21.1~-34.4‰の範囲を示し、5mで最も低かった。一方DICの $\delta^{13}\text{C}$ 値は-3.6~-14.3‰の範囲を示し4.5mで最も高くなった。また、DICの濃度は2mにて0.12mgC/Lで最も高く、4.5mにて0.035mg/Lで最も低かった。このことから、2mで呼吸作用が大きいことを示唆し、好気層における光合成生物と従属栄養生物分布と比較する必要がある。そして4.5m付近の境界層では嫌気光合成によりDICが消費され、炭酸固定による同位体分別を受けた低い $\delta^{13}\text{C}$ 値のPOCが増加したと考えられる。

POC, DOCはいずれも流入水より湖水中で濃度が高く、 $\delta^{13}\text{C}$ 値は低かったことから、湖水中の光合成による炭酸固定で有機物量が多くなったと考えられる。他の季節毎のデータも加えて季節毎、年間を通じた好気層、嫌気層の生物生産を見積もる。

謝辞

溶存有機炭素の濃度の測定の際、東京農工大、木庭啓介 准教授、矢野翠博士にご指導いただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献：1) J. Middelburg, *Biogeosciences* 11, 2357-2371 (2014); 2) Bade et al., *Limnology and Oceanography* 49, 1160-1172 (2004); 3) Yoshimura, *陸水学会誌* 4, 11-27 (1934); 4) Oyagi, *Journal of Japanese Association of Hydrological Sciences* 35,2, 65-80(2005); 5) Jinbou, 涌池の冬期状態と硫黄細菌. *生態研*, 5,2,160-161(1939)

*大八木 英夫（日本大学文理学部）・丹 佑太（東京工業大学・院）

中川 麻悠子（東京工業大学）

1. はじめに

内陸に位置する涌池は、鉱泉水や海水のような高密度の流入水はないため外的な影響による密度成層の形成ではなく、水温によって密度成層が形成され、これにより深層に高濃度の硫化水素が溶存し、部分循環湖的特性がある湖沼として注目されてきた。部分循環湖に関する研究は、三方五湖・水月湖、甕島湖沼群・貝池などの沿岸域に位置する汽水湖を中心に行われてきた。しかし、内陸に位置する涌池のような部分循環湖的要素を持つ湖沼の研究成果は比較的少ないのが現状である。そこで本研究では、涌池を対象に、湖水の循環機構を明らかにすることを目的として、特に、涌池における水温躍層に注目し、その形成機構と秋季循環期における湖水循環速度に関わる溶存酸素の挙動について考察する。

2. 調査概要

涌池は、長野市中心部より西南方約 15km の犀川流域に位置する。湖盆の成因は、1847 年に善光寺一帯をおそった M7.4 の地震により、虚空蔵山の傾斜地が崩壊し、元来より湧水があった場所が堰止められたことによるとされる。面積 0.02km²、最大水深 10.8m の小規模な湖沼である。恒常的な流入河川と流出河川は無い閉塞湖（浸透湖）であるが、夏季には灌漑用水としての人為的な利用があるために水位が低下し、2～3m の年水位変動が認められる。

本湖沼では、水位と水温の観測を 2002 年より継続的に実施し、2009 年 9 月からは現在まで、湖心部において水温の自記観測を行った。水温の自記録計は、表層から 0m・2m・4m・6m・7m・湖底に設置した。また、2012 年からは、EC（表層と湖底）・DO（表層のみ）・濁度（表層のみ）の計測を行った。現地では、水温および EC（電気伝導度）、DO（溶存酸

素量）、Chl.（クロロフィル）、濁度は、CTD センサー RINKO-Profilier（JEF アドバンテック社製）を用いて測定した。溶存主要成分については、イオンクロマトグラフ法、HCO₃⁻を 4.8 アルカリ度法にて測定した。

3. 結果および考察

涌池の湖水温は、表層 0m では 0.4～33.3℃で、湖底水温は 3.7～12.3℃となった。過去に測定された水温躍層は、夏季に水温躍層が 3～4m の深度に 1 年間の中で最大の温度降下率が検出され、8.6℃・m⁻¹ が 9 月に観測されていた（2004 年 9 月）。2009 年以降、水温の連続計測の結果から、表層下 2m と 4m の最大の温度差は、13.4℃・2m⁻¹（2010 年）・16.4℃・2m⁻¹（2011 年）で、いずれも 9 月に観測された。結果的に、過去の資料以上の温度降下率が確認され（過去の最大における 2～3m の温度降下率は 2.0℃・m⁻¹：単純計算によれば 10.6℃・2m⁻¹ と算出）、本結果は、過去に計測された値よりも高い数値であったといえる。

秋季循環期における表層の DO の挙動は、表層と湖底の水温が同じになる直前に一時的に無酸素となった。これは、涌池では、夏季停滞期において水深 4m 以深により無酸素層が形成されることから、その層との循環混合により表層の DO が低下し、その湖水鉛直循環が湖底に達するまでの期間であると考えられる。また、表層の DO が無酸素（1%未満）となる時間帯は、午前 4～9 時頃であり、日中は、約 20% まで回復し、7 日間ほどを繰り返された。その後、表層の酸素は湖底と表層の全循環が行なわれ、飽和状態に回復するまで 3 週間ほどかかった。このように、循環期には日変化と全層循環ともに繰り返され、湖水循環期における DO の挙動が確認された。

P-18

Web 公開不希望

尾瀬ヶ原池澮の溶存有機物の解析

*成岡知佳 (東邦大学・理), 野原精一 (国立環境研究所), 千賀有希子 (東邦大学・理)

1. はじめに

水域において、溶存有機物 (DOM) は水質を左右する物質の 1 つである他、光吸収による紫外線からの水棲生物の保護や微生物への炭素源の供給など様々な機能をもつ。一般に水域における DOM はその起源により、自生性と外来性に分けられる。自生性 DOM とは、主にその水域の藻類や水生植物によって生産される有機物であるのに対して、外来性 DOM は集水域由来の有機物をさす。湿原は、生産性が高いため DOM の生成に富み、河川や湖沼に外来性 DOM を多く供給する場の 1 つである。しかしながら、湿原における DOM は水系腐植物質 (AHS) が大半を占めると漠然と理解されているものの、詳細な動態については不明瞭である。

本研究では、湿原における DOM の組成と動態を明らかにするために、まず三次元励起蛍光スペクトル (EEM) - PARAFAC 法を用いて尾瀬ヶ原の池澮水および河川水の DOM を解析し、環境因子との関係を検討した。また、樹脂吸着-炭素量測定法を用いて AHS の定量を行い、尾瀬ヶ原の DOM について EEM - PARAFAC 法の結果とあわせて考察した。

2. 材料と方法

2013~2015 年の 8 月において、湿原水の試料として尾瀬ヶ原の池澮水 (2013 年 18 ヶ所, 2014, 2015 年 40 ヶ所) および河川水 (2013 年 5 ヶ所, 2014, 2015 年 10 ヶ所) を採水した。溶存有機炭素 (DOC) 濃度の測定は全有機炭素測定装置 (TOC - 2300, 平沼産業株式会社) で行った。DOM 成分は EEM - PARAFAC 法で解析を行った。EEM 法とは、DOM に含まれる蛍光特性を持つ成分の、それぞれの励起波長における蛍光を連続的に測定できる方法である。EEM 法の測定条件は、励起波長 (Ex) 220 - 600 nm, 蛍光波長 (Ex) 210 - 620 nm, バンド幅 3 nm, 積分時間 0.5 秒とした (Aqualog, HORIBA Scientific)。個々の成分のピークの検出は、多変量解析の 1 つである PARAFAC を用いて行った

(Solo+Mia, ver7.9.0.529, Eigenvector Reserch)。また、

PARAFAC により得られた成分の蛍光強度は、10 $\mu\text{g/l}$ の硫酸キニーネ溶液の Ex/Em = 350 nm / 450 nm 付近のピークの蛍光強度を 10 QSU (Quinine Sulfate Unit) として規格化し求めた。さらに、2015 年の試料に関しては、樹脂吸着-炭素量測定法 (Tsuda et al., 2012) を用いて AHS の定量を行った。

3. 結果と考察

池澮の DOC 濃度は河川と比較して高かった。また、DOC 濃度と pH の間に統計的に良い負の相関が得られた。これは、有機酸の特徴を示す腐植酸画分が pH を下げているためと推察された。

2013, 2014 年の試料における DOM を EEM - PARAFAC 法により解析した結果 (n = 73), AHS に起因する 2 つの成分のピークが分離された

(Stedmon and Markager, 2005): AHS-1 (Ex/Em = 336 nm / 486 nm), AHS-2 (Ex/Em = 309 nm / 406 nm)。AHS-1, 2 の相対蛍光強度は pH と負の相関を示した。このことから、両 AHS 成分とも有機酸として機能する可能性が示唆された。さらに、AHS-1, 2 ともに、その相対蛍光強度は溶存酸素 (DO) と負の相関を示した (下図)。一般に、AHS は太陽光により分解されるが、その際に DO を消費すると報告されている (Helms et al., 2014)。したがって、AHS-1, 2 が多く存在する池澮ほど光分解により DO を消費しているため、DO 値が低かったと考えられた。

2015 年の試料を用いた EEM - PARAFAC および樹脂吸着-炭素量測定については現在検討中である。

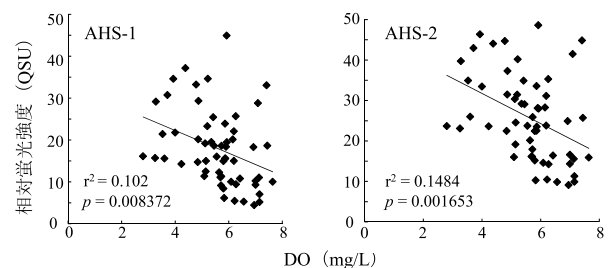


図. 2013, 2014 年 8 月の尾瀬ヶ原における AHS-1, 2 の相対蛍光強度と DO の関係

P-20

Web 公開不希望

*飯泉佳子（国際農研）・近藤始彦（農研機構作物研）・渡辺 武（国際農研）

1. はじめに

ベトナム・メコンデルタでは、水稻の2期作あるいは3期作栽培が盛んに行われており、世界でも有数のコメ生産量を誇っている。しかし、広範な地域において雨期作は乾期作と比較して反収が低く、両期間における日射量など気象要素の違いだけでは収量の違いを説明できないことが指摘されている。メコンデルタにおける水稻収量を安定、増加させることは、世界の食料生産を考える上で重要である。

酸性硫酸塩土壌地域ではないが、田面水中に硫酸イオンが高濃度で存在し、雨期に硫化水素によるイネの生育障害が発生している可能性のある地域を対象に、田面水や地下水に溶存する硫黄の起源を推定するため、土壌中の硫黄の分布と存在形態について調査した結果を報告する。

2. 試料と方法

メコンデルタの中央付近に位置するクーロンデルタ稲研究所（CLRRI）内の圃場において、調査を実施した。2012年4月には試験圃場に隣接する水田より、2mの土壌コア試料2本を採取した。採取した試料は、現地で過酸化水素水を用いた酸性硫酸塩土壌の判定試験を行ったほか、10cmごとにスライスして実験室に持ち帰り、含水比、水溶性硫酸イオン濃度などを測定した。2013年7月には、試験圃場の番外より2mの土壌コア試料3本を採取し、表層から20cmまでは10cmごとに、20cm以深は20cmごとにスライスし、実験室内で蛍光X線分析装置（XRF）とX線回折装置（XRD）を用いて、それぞれ化学組成と鉱物組成の分析を行った。

3. 結果および考察

XRDによる鉱物組成分析の結果、試験圃場より採取した3本の土壌コア試料において、それぞれ120cm、140cm、180cmより深層でパイライトの存在が確認された。硫黄含有率の平均は、パイライトを含む層で1.5wt%、それより上層で0.5wt%であった（土壌中のNa、Mg、Al、Si、P、S、K、Ca、

Ti、Feの総重量を100とした）。また、土壌中に含まれる元素の鉛直分布を見ると、表層付近において相対的に鉄はやや少なく、アルミニウムやチタンなどは若干多い傾向があった。採取した複数の土壌コア試料において、土壌層境界面の深度や元素の分布などは厳密に一致するものではないが、これらはおおよそ同じ傾向を示すと考えられる。そこで、異なる土壌コア試料の測定値ではあるが、硫黄含有率と水溶性硫酸イオン濃度の関係性を評価した（図）。検討の結果、各土壌試料は3グループに分類された。グループ1は0cmから60cmくらいまでの比較的浅層の土壌、グループ2は60cmからパイライト層より上に位置する土壌、グループ3はパイライト層の土壌がそれぞれ分類された。土壌中に含まれる水溶性硫酸イオン濃度と土壌中の硫黄含有率（wt%）の比（ SO_4^{2-}/S ）を取ると、グループ2が平均して最も大きいことがわかった。パイライトを含む層では、硫黄の存在量は相対的に多いが、パイライトは酸化されなければ安定的に存在するため、硫黄の存在量に比べて水溶性の硫酸イオン濃度は低くなると思われる。

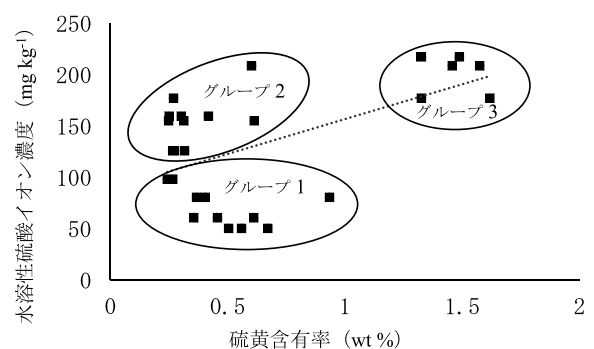


図 土壌の硫黄含有率と水溶性硫酸イオン濃度の関係

【謝辞】

本研究はJSPS 科研費 25304024 の助成を受けたものです。

*梶浦平旭（香川大・院・農），山田佳裕（香川大・農）

1. はじめに

香川県では河川中下流での有機物濃度が高い。通常、日本の河川は短く、急勾配であるため、植物プランクトンは短期間に海に流れ、河川中で増殖することができない。しかし、香川県では乏しい水資源を有効利用するため、河川中に堰を設け、灌漑用水を効率的に使用している。その結果、河川は堰やダムで分断され、水は河川内に長く滞留し、浮遊性の植物プランクトンの増殖による、有機物汚濁が引き起こされる。

河川での植物プランクトンの動態を解析するためには、河川水の動きを明らかにする必要があるが、香川県の場合、人為的攪乱が大きく、流量等のデータを効果的に得ることが難しい。そこで、河川水温を指標に河川水の分断化を解析することを試みた。本研究では、基礎的な段階として、香川県の綾川において、水温の時空間的分布を連続的に取得したので報告する。

2. 観測地点と期間及び方法

調査は香川県の綾川に測定地点を10箇所設けて行った（上流から St. 1～St. 9 および St. K）。綾川は香川県の主要河川で、全長は38.2 km、流域面積は130.3km²である（香川県 1993）。St. 2と St. 3の間には長柄ダム、St. 7と St. 8の間に府中ダムが存在する。また、St. 5と St. 6の間には、吉野川からの導水である香川用水（St.K）が流入する。2014年6月1日から河道中の上記地点にロガー一付水温計（HOBO製 CO-UA-001-08）を設置し、30分に1回の間隔で水温を計測した。

3. 結果と考察

概して、河川水温は流下に伴い上昇した。夏季の晴天時（例えば、2014年9月8日14:00、日最高水温）、最上流のSt. 1に比べ、最下流のSt. 9では約10℃高かった。冬季では（例えば、2014年12月6日14:30、日最高水温）、約3℃高かった。しかしながら、流下距離にともなった規則的な上昇はみられなかった。これは、各地点での日変動の振幅に差があるためで、地点間の変動を詳細にみると、上昇や下降を繰り返していた。

貯水池を挟んだ区間の水温変動は、夏季の長良ダムにおいて（St. 2と3）、晴天時の日中（2014年9月8日14:30、日最高水温）は21.4℃から20.6℃に降下、府中ダムにおいて（St. 7と8）、25.5℃から24.4℃に降下した。夜間（5:00、日最低水温）は反対に、それぞれ、18.7℃から20.5℃、21.6℃から24.8℃に上昇した。冬季の晴天時の日中（2014年12月6日、14:30日最高水温）では長良ダムの前後で（St. 2と3）、7.4℃から10.5℃に上昇、府中ダムでも（St. 7と8）、9.2℃から11.5℃に上昇した。夜間でも（23:30、日最低水温）、それぞれ、5.7℃から10.0℃、7.2℃から10.1℃に上昇した。このように、必ずしも河川水温は日射や気温の影響により変化しているのではなく、灌漑等による人為的な操作に大きな影響を受けていることがわかった。

香川用水流入の直下である St. 6 での水温は日周期変動が小さく、1日を通して収束する特徴的であった。この原因として、上流で灌漑用水が取水され、河川水量が減少することと、水温の日変動が小さい吉野川の水が、St. 6直上の St. K から導水されることが考えられる。これは、灌漑期には、河川から多くの水を取水する一方で、吉野川から導水するため、綾川の河川水が吉野川の水と入れ替わっていることを示している。非灌漑期の冬季には St. K 直下の St. 6 における水温は St. 5 と同程度であり香川用水の影響は受けていない。（2014年8月平均：28,900 m³/d 2014年12月平均500 m³/d 水資源機構）。

一般的には、河川水温は日射等の影響により流下時間に応じた変化を示すと考えられるが、綾川では河川水温は流下距離に応じた一様な変化を示していなかった。これは、貯水池や堰、灌漑用水の導水等により、河川水の連続性が分断されているためである。綾川は一般的な河川と比べて流域の分断化が著しく、その程度が大きい。今後、綾川をモデルケースに河川水温の時空間的分布をもとに、河川の分断化の定量化を行いたいと考えている。

環境教育教材の作成を目的とした中国山西省 沁河における水質調査

* 渡邊圭司, 木 持謙, 王 効挙, 田中仁志 (埼玉県環境科学国際センター)
袁 進, 喬 曉榮, 李 超, 恵 曉梅, 齊 朔風 (山西省生態環境研究中心)

1. はじめに

近年, 中国では, 急速な経済発展にともなう水質汚濁や水圏生態系への深刻な影響などが大きな問題となっている。これらの問題を解決するためには, 未来を担う小中学生などの若い世代に, 水環境を身近に感じてもらうとともに, このような問題が存在し, 将来的にどのような影響を及ぼす可能性があるのかを広く認知してもらう必要がある。

我が国では, 既に水生生物指標による水質汚濁評価などの体験型環境教育が広く普及している。中国においては, このような取り組みは始まったばかりであり, 中国の水環境を反映した環境教育教材の充実が求められている。

埼玉県では, 姉妹省県の提携を行っている中国山西省の生態環境研究中心と共同で, 山西省における小中学生を対象にした体験型環境教育の実施を目指している。本講演では, 水生生物指標による水質汚濁評価のための教材作りの一環として, 山西省晋城市を流れる沁河を対象に, 簡易水質分析キットを用いた水質の実態調査を行ったので報告する。

2. 方法

山西省は中国華北地方に位置し, 西に黄河, 東に太行山脈が広がっている。面積は 156,300km² であり, 人口は約 35,712,000 人である。本研究では, 山西省南部の晋城市内を流れる沁河の B, C, D, F の 4 地点 (2015 年は支川の S 地点も追加) について水質調査を行った (図 1)。沁河は, 晋城市内河川長が 168km, 落差 449m, 流域面積 4,854km² である。また, 沁河では, 途中にいくつかのダムが設置されており, 地点 B および地点 F はダムの下流に位置している。環境教育では, 現場で素早く水質を把握する必要があるため, 簡易水質分析キットであるバックテスト (株式会社共立理化学研究所) を用

いて, 沁河の水質分析を行った。調査は, 2014 年 6 月 25 日~27 日, 2015 年 5 月 29 日, 30 日の 2 回行った。

調査項目は, pH, COD, NH₄-N, NO₃-N, PO₄-P, 硫化物, 亜鉛, 銅, フェノール, SiO₃, 全硬度等とした。

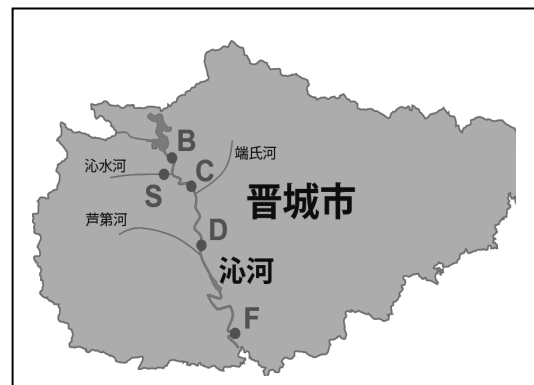


図 1.調査地点

3. 結果および考察

沁河 4 地点のバックテストによる水質調査の結果は, pH が 7.7~7.8, COD (mg/L) が 3~7, NH₄-N (mg/L) が <0.2~0.4, NO₃-N (mg/L) が 0.8~4, PO₄-P (mg/L) が <0.02~0.5, 硫化物(mg/L)が <0.1 であった。中国の地表水の環境基準に照らし合わせると, 沁河は I~II 類に該当しおり, 水生生物も多種, 豊富に観察された。支川の S 地点では, NO₃-N および PO₄-P が高い値を示していた。本事業では, 水質調査の他, 魚類や水生昆虫の調査も並行して行っている。今後は, これらのデータを合わせた上で, 中国山西省の水環境を反映した水生生物指標による水質汚濁評価のための教材作成を進める予定である。

謝辞

本研究の一部は, 文部科学省科学研費 (基盤研究 [B]海外学術調査, 課題番号 15H05126) の助成を受けて遂行したものである。ここに記して謝意を表す。

*田中仁志、木持謙、渡邊圭司、王 効挙（埼玉県・環科国セ）
袁 進、李 超、喬 曉榮、恵 曉梅、齊 朔風（山西省・生環研セ）

1. はじめに

埼玉県と中国山西省とは、昭和 57 年(1982 年)10 月に友好県省を締結し、環境分野では平成 6 年度から環境保全技術研修員の受入れを行うなど交流を深めてきた。山西省は人口 3,571 万人(2011 年 11 月、埼玉県の約 5 倍)、面積 156,266km²(埼玉県の約 41 倍)、省都は太原市で、黄土高原に位置する内陸省であるが¹⁾、大気汚染や河川汚濁が問題となっており、対策が求められている。姉妹友好州省の締結 30 周年を迎え、埼玉県では山西省の要請に応じて、山西省晋城市(図 1)の沁河流域を対象とした水環境保全に関する新たな事業を展開することになった。河川修復手法に関するガイドラインの策定のため、河川水質及び河川生態系の修復を検討することになった²⁾。現在、平成 25 年度から 3 年間の計画で中国側カウンターパートの山西省生態環境研究センターと「山西省水環境保全モデル事業」(以下、モデル事業)において、人工湿地による水質浄化及び水生生物による水質評価方法の構築を実施している。平成 27 年度からは新たに科研費の助成を受け、中国の水環境の持続的保全に寄与するために、水生生物を用いた水質調査による環境学習の実践へと研究発展を図っている。本発表ではモデル事業の紹介及び沁河で行った水生生物調査結果の一部を報告する。

2. 方法

2. 1 調査河川

対象河川は山西省の南部に位置し、河南省と接する晋城市を流下する沁河である。沁河は黄河の支流で全長 485km、流域面積 13,532km²、山西省内は 363km、12,264km²で多くの支流を有する³⁾。晋城市内は 168km、流域面積 4,858km²、落差 449m である⁴⁾。調査地点は晋城市域の沁河において 6 地点(A~F)及び支流 1 地点(S)を設定した(図 2)。

2. 2 調査方法

水生生物は水生昆虫等⁵⁾及び魚類を対象にして、長柄網を用いて調査地点あたり 30 分間の網羅的採集を行った。生物学的水質判定は中国の小学校等を対象にした環境学習へ導入することを踏まえ、我が国で普及している簡便法⁵⁾を参考にした。各調査地点では簡易水質検査を行った⁶⁾。2014 年 6 月及び 2015 年 5 月の 2 回、日中合同で調査した(図 3)。

3. 結果及び考察

2014 年 6 月の調査結果を示す(魚類除く)。B 地点はダム湖放流水のため、気温が 25℃であったのに対して水温は 15℃程度で冷たく感じられた。河床一面が糸状藻類に覆われていたが、透明度は>100cm と高かった。シジミ類、タニガワカゲロウ類等が採取できたが、耐汚濁種は確認できなかった。

C 地点は、川底はこぶし大~頭大の石で瀬があり、チラカゲロウやタニガワカゲロウ類等が確認できた。

D 地点は、河床はこぶし大の石が主体であるが、泥の堆積があった。タニガワカゲロウ類、ヒル網、シジミ類等が確認できた。

以上、我が国の指標生物を沁河へ適用した場合、各地点の生物学的水質階級は、B 地点は水質階級 I~II、C 及び D 地点は水質階級 II と考えられた。

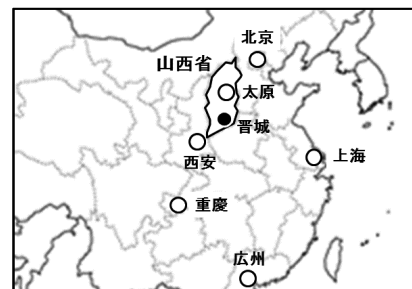


図 1. 中国山西省晋城市位置図

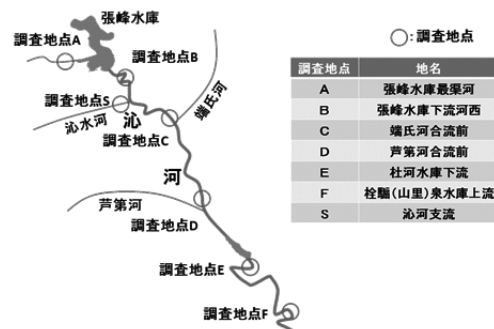


図 2. 山西省晋城市沁河調査地点



図 3. 水生生物の日中合同調査風景(沁河 B 地点)

謝辞 本研究は埼玉県の山西省水環境保全モデル事業として実施し、一部、科研費 15H05126 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1)埼玉県国際課(2013)山西省との交流の概要。2)埼玉県環境科学国際センター(2013)国際貢献、センター報、p. 16。3)李・潘(2004)山西河流、科学出版社、北京。4)晋城市水利局(2009)晋城推理図冊。5)環境省・国交省編(2012)川の生きものを調べよう。6)渡邊ら(2015)本陸水学会函館大会で発表。

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

1. はじめに

落堀川は、新潟県北部の胎内市から新発田市を走る南北 14km の櫛形山脈に源を持ち、西に流下して日本海に注ぐ流路延長 12.9km、流域面積 86.5km² の二級河川である。櫛形山脈と海岸砂丘地に挟まれた平低地には、かつて塩津潟と呼ばれた 2000ha におよぶ潟湖が広がっていた。十八世紀初めにこの潟の排水・干拓のため砂丘を開削し、日本海への排水路として作られたのが落堀川である。その後、周辺河川の流入防止や放水路建設などの関連工事により広大な干拓地が造成され、現在は、近隣水系から干拓地に供給される農業用水の排水河川となっている。

落堀川は、山地の流れを除いて大部分が鋼矢板で護岸された人工河川であるが、流路には植生が豊富で自然性が高い。そこで、この河川の水生生物の実態を明らかにするため、2014年4月7月10月の3回にわたって陸水生物学的な調査を行った。今回は、水質観測と底生動物・魚類についてまとめたので報告する。

2. 調査定点と方法

落堀川は、舟戸川、見透川、十文字川が合流して日本海に注ぐ河川である。定点は、まず落堀川本川に定点1（河口付近）、定点2（落堀橋）を定めた。次に支川である十文字川に定点3、舟戸川に定点4（落堀川統合堰）と定点5（半山橋）を、見透川に定点6を定めた。最後に見透川の支川である箱岩川に定点7を設け、それぞれ観測と採集を行った。

観測は、現場で気温、水温、pH、DO、EC、透視度、流速を測定し、さらに採水した河川水から、BOD、COD、NO₃⁻、NH₄⁺、PO₄⁻、クロロフィル量を測定した。

3. 結果と考察

河川環境は、定点1は感潮域で底質は砂であった、定点2は低水護岸の外側にアシ、マコモ、ヤナギ類が密生し、底質は泥となっていた。定点3は河道内にコウホネなどの群落があり、底質は深い泥であった。定点4は取水堰の直下で、人頭大の礫から泥まで底質は変化に富み、水際植生も多様で豊富であっ

た。定点5は河川勾配が急となり、礫底で上流景観となっていた。定点6は中礫底で流れがやや速くセキシヨウモが生育していた。定点7は緩流で、水際に植生が多く底質は泥であった

水質は、pHが6.2~7.0で弱酸性であった。ECは定点1で159.0~1024μScm⁻¹と他の定点より高く、塩水の影響がみられた。定点7で4月と10月にクロロフィルa量が他の定点より高い傾向を示した。原因は明らかでないが、同時にクロロフィルc量もやや高い値を示していることから珪藻類の流量が多かったことによると推察された。DOは5.68~12.87mgL⁻¹、BOD、CODはともに低値で水生生物の生息に大きな影響を与える値は認められなかった。

底生動物は定点1~4で13~20種が得られ、採集個体数が多かったのはユスリカ科昆虫であった。定点5では、38種と7定点中最も多く、そのうち水生昆虫が28種を占めたが、個体数そのものは少なかった。定点6は、25種が採集され、個体数ではオオエゾヨコエビとチョウセンコソブムシが特に多かった。定点7は26種が得られ、サホコカゲロウが多く、次いでオオエゾヨコエビ、ミズムシが多かった。

魚類は26種が採集された。捕獲個体数と地点数からみて、アブラハヤ、オイカワ、タモロコ、ウキゴリ、クロダハゼ類が落堀川の主要魚種と目された。感潮域で得られた海産汽水魚を除いても22種が捕獲されており、落堀川の魚類は県内の同規模河川と較べて種類数及び個体数ともほぼ同等であった。しかし、新潟県内の河川では普通に見られるウグイは1尾も採集することが出来なかった。一方、10月にアユが1個体捕獲されたが、落堀川には産卵環境は少ないと思われた。捕獲魚の中に、国内外からの外来魚が6種（23%）みられた。この中に、国内移入のカジカ小卵型とみられるカジカ類11個体が採集され注目された。

これらの結果を踏まえ、さらに魚類の生息状況と河川環境や底生動物との関係を検討してみたい。

*片野泉¹, 中村大作¹, 小林優太郎¹, 三橋弘宗², 土居秀幸³
(¹兵庫県立大学 環境人間学部, ²兵庫県立人と自然の博物館,
³兵庫県立大学大学院 シミュレーション学研究科)

1. はじめに

貯水ダムは河川下流域の河床物理環境を変化させ、河川の生態系へ影響を及ぼす。近年、ダム下流域の環境対策事業として「土砂還元」が注目されている。この土砂還元によりダム下流の河床環境が改善され、底生生物の多様性も増加したという報告もなされており、土砂還元を実施するダムは今後、日本各地で増加することが予想される。しかし、土砂還元の詳細な効果については未だ知見不足であるとも指摘されている。先行研究における、土砂還元の効果を検証は、土砂還元の「直前と直後」の時期のみを比較したものが多く、より環境修復効果の高い土砂還元を行うためには、土砂還元の適切な時期や回数などを長期的な調査で検証する必要がある。中でも年一度の土砂還元による効果の「持続期間」の考察は特に重要であるといえる。

本研究では、土砂還元が河川に与える効果を「季節変動」の観点で検証することを目的として、年1回の土砂還元事業を実施中のダムにおいて、1年間を通して河床物理環境と底生動物群集を対象とした野外調査を行った。

2. 方法

兵庫県川西市の一庫ダム（淀川水系支川一庫大路地川）の上流地点(St.U)、ダム直下 0.1km 地点(St.D0)、下流 0.7km 地点(St.D1)、1.6km 地点(St.D2)の計 4 地点を調査地点として（図 1）、土砂還元前の 2012 年 4 月、土砂還元後の 2012 年 7 月、11 月、2013 年 2 月に野外調査を行った。調査時には、環境変数・河床細粒度・河床固化度の測定、付着藻類・河川水・底生動物の採取を行った。底生動物の採取はハンドネットを用いて、3 分間×6 回の時間単位定量採集とし、ホルマリンで固定して実験室に持ち帰った。実験室ではソー

ティングの後、1mm 以上の個体について同定・計数し、底生動物変数を算出した。底生動物変数は、個体数密度（匹/分）、種数、多様性指数 H' 、%EPT、摂食機能群（FFG）、生活型とした。

3. 結果と考察

St.D0 では、土砂還元前の 4 月には上流の St.U と比べて河床最粒度が低かったものの、土砂還元後の 7 月に河床細粒度が有意に増加していることから、土砂還元がダム直下の河床の粗粒化を改善することが示された。11 月、2 月の同地点においても河床細粒度は高い値を維持していることから、河床細粒度だけで見れば、ダム直下地点の粗粒化改善効果は年間を通して持続しており、年 1 回の土砂還元でも十分効果的であるといえる。一方で、河床固化度を比較した結果、St.D0 では土砂還元前後で大きな変化はなかったものの、St.D1 では 7 月の河床固化度が大きく増加した。St.D1 は河床勾配が緩く、河道内に橋脚が設置されているため、細粒河床材料がとどまりやすい構造となっている。このように、河川の地形によっては、土砂還元が固化を促進させる可能性も示された。

底生動物群集の摂食機能群では、7 月の St.D0 で濾過食者の個体数が 4 月より増加していた。オオシマトビケラ *Macrostemum radiatum* がその主体となっており、オオシマトビケラのように河川に堆砂した土砂を巢材に利用する種は土砂還元によって顕著に増加する可能性が示唆された。

ダム河川において土砂還元をより効果的に行うためには、その効果の持続期間や伝搬距離を考慮にいれながら適切な回数を行うこと、加えて、ダム直下での置土だけでなく、様々な地点での置土を検討することが、土砂還元の効果を促進する上で重要ではないだろうか。

P-27

Web 公開不希望

P-28

Web 公開不希望

東アジア地域のマダラカゲロウ種群 (昆虫綱・カゲロウ目・マダラカゲロウ科)における比較分子系統地理学的研究

*趙 在翼 (信州大学・総合工学系)・東城幸治 (信州大学・理・生物)

1. はじめに

マダラカゲロウ類は、河川の流程に沿って、また、同所的に生息している種群においては河道内の微細な環境 (マイクロハビタット) の違いによる「すみわけ (ニッチ分割)」が生じていることが知られている。これらの観点から、マダラカゲロウ類の群集構造と遺伝構造を比較・検討することは興味深く、本研究ではマダラカゲロウ種群の遺伝子解析を実施した。

2. 材料と方法

本研究で実施したマダラカゲロウ類の遺伝子解析では、ミトコンドリア DNA COI 領域 (683-bp) を対象とし、日本列島・朝鮮半島・ロシア沿海州地域から採集したサンプルを用いた。

3. 結果と考察

Drunella 属のマダラカゲロウ類は 7 種 (*D. basalis*, *D. latipes*, *D. trispina*, *D. cryptomeria*, *D. tryacantha*, *D. ishiyamana*, *Drunella*. sp.), *Cincticostella* 属は 3 種 (*C. elongatula*, *C. levanidovae*, *C. tshernovae*), *Uracanthella*

属は、2 種 (*U. punctisetae*, *U. chinoi*) を解析対象として、遺伝的類縁関係を比較・検討した。*Drunella* 属における遺伝子解析の結果、各々の種レベルでの単系統性は強く支持された。オオマダラカゲロウ *D. basalis* 種内での遺伝的分化は小さく、地理的距離と遺伝的距離の間に相関は認められなかった。*Cincticostella* 属における遺伝子解析の結果においても、各々の種レベルでの単系統性が強く支持された。オオクマダラカゲロウ *C. elongatula* は、それぞれの単系統性が支持される遺伝的に分化した 3 つの系統群から構成されることが明らかとなり、各系統群は地域性のある分布傾向が示唆された。オオマダラカゲロウおよびオオクマダラカゲロウは、どちらも上流域の早瀬に分布する種であるが、地理的な遺伝子構造は種間で大きく異なることが明らかとなった。一方、アカマダラカゲロウ *U. punctisetae* でも、朝鮮半島内においてそれぞれの単系統性が支持される遺伝的に分化した 2 つの系統群 (I, II)、日本列島内においても遺伝的に分化した 3 系統群 (III-V)、から構成され、それぞれ側所的に分布していることが明らかとなった。

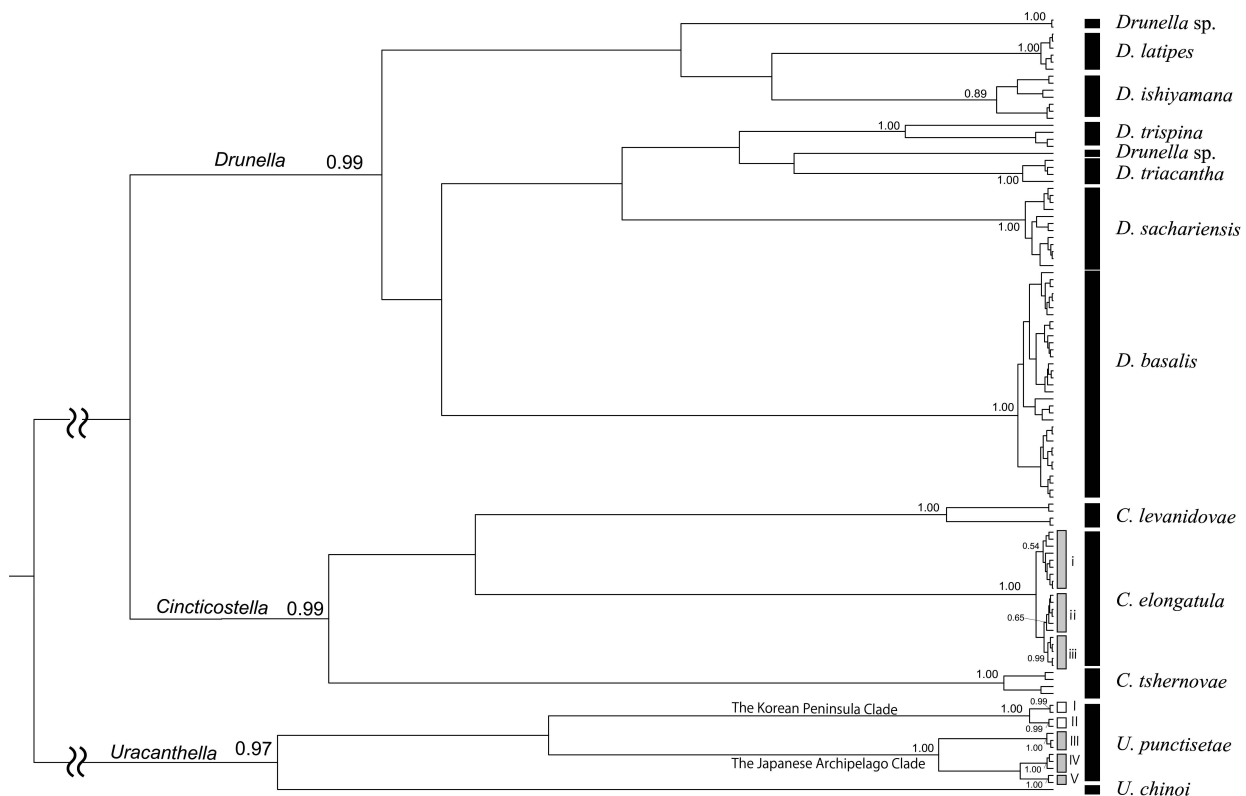


図. トゲマダラカゲロウ *Drunella* 属、トヨウマダラカゲロウ *Cincticostella* 属およびアカマダラカゲロウ *Uracanthella* 属のマダラカゲロウ種群における mtDNA COI 領域 (683-bp) の塩基配列データに基づくベイズ樹 (各主要分岐点には事後確率を示す)。